

**DARCI ROBERTO TOLEDO**

**Estudo sobre construções unifamiliares: análise de viabilidade**  
técnica, ecológica e econômica

**Darci Roberto Toledo**

**Estudo sobre construções unifamiliares: análise de viabilidade**  
técnica, ecológica e econômica

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Márcia Regina de Freitas

Toledo, Darci Roberto  
T649e      Estudo sobre construções unifamiliares: análise de viabilidade técnica, ecológica e econômica / Darci Roberto Toledo – Guaratinguetá, 2017.  
78 f. : il.  
Bibliografia : f. 71-78

Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2017.      Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Márcia Regina de Freitas

1. Construção civil. 2. Construção sustentável. 3. Sustentabilidade.  
4. Reaproveitamento (Sobras, Refugos, etc.) I. Título.

CDU 69

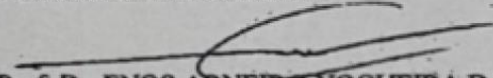
Luciana Máximo

Bibliotecária-CRB-8/3595

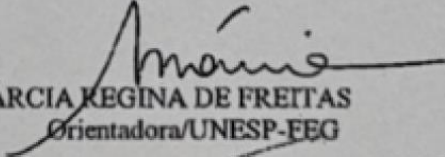
**DARCI ROBERTO TOLEDO**


ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO  
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE  
"GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL"

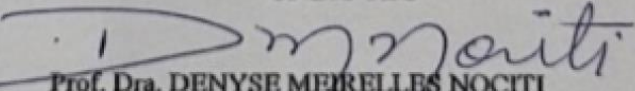
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

  
Prof. Dr. ENOS ARNEIRO NOGUEIRA DA SILVA  
Coordenador

**BANCA EXAMINADORA:**

  
Prof. Dra. MÁRCIA REGINA DE FREITAS  
Orientadora/UNESP-FEG

  
Prof. Dr. ENOS ARNEIRO NOGUEIRA DA SILVA  
UNESP-FEG

  
Prof. Dra. DENYSE MEIRELLES NOCITI  
Membro Externo

Dezembro de 2017

## **DADOS CURRICULARES**

### **DARCI ROBERTO TOLEDO**

**NASCIMENTO** 08.04.1994 – Guaratinguetá / SP

**FILIAÇÃO** Antonio Carlos de Toledo  
Josely Cursino Silva Toledo

Dedico este trabalho a todos os membros da minha família, amigos e minha namorada, por todo o suporte recebido ao longo destes cinco anos.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço aos meus pais *Antonio Carlos de Toledo* e *Josely Cursino Silva Toledo* que nunca deixaram de me incentivar e motivar aos estudos tanto antes quanto durante a faculdade,

à minha namorada, *Ariane Pinheiro Andrade*, que sempre esteve do meu lado e me apoiou em cada tomada de decisão e ação, sempre me incentivando e nunca me deixando desistir,

aos meus amigos, os amigos de verdade, que sempre me ajudaram e me apoiaram nos momentos difíceis, seja com palavras, tanto com ajuda durante as disciplinas,

aos meus colegas de classe, sem vocês esses anos todos seriam monótonos demais,

aos meus professores, muitos dos quais hoje considero não só como colegas de profissão, mas como amigos, por todo ensinamento, por cada conversa de corredor e cada ensinamento de vida,

ao *Centro Acadêmico da Engenharia Civil (CAEC)*, onde passei grande parte da minha graduação e foi aqui que estes cinco anos realmente fizeram sentido para mim, fiz grandes amigos, tive acesso a muitas oportunidades (que mudaram a minha vida), participei e coordenei projetos muito importantes. O CAEC ajudou no processo de moldagem no homem que hoje sou, muito obrigado CAEC!.

“O que nós queremos de fato é que as ideias  
voltem a ser perigosas”

1968, lido nos muros de Paris



## RESUMO

Este trabalho surgiu da necessidade de prover aos envolvidos com construções de residências unifamiliares, informações quanto ao correto trato ambiental que se pode dar à obra de uma maneira geral. Hoje em dia, muito se fala sobre sustentabilidade e o papel da construção civil na redução dos impactos ambientais, porém, o pequeno e médio construtor não necessariamente tem informações sobre o que ele precisa fazer para seguir neste caminho. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é de analisar, dentre os sistemas construtivos mais utilizados atualmente, quais podem ser usados em substituição à construção em concreto armado, visto o seu potencial agressivo ao meio ambiente, analisando em termos de aplicabilidade técnica, sustentável e econômica. Analisar materiais e metodologias ecológicas, nos mesmos critérios supraditos e verificar a sua viabilidade de utilização. Verificar modos de minimizar as perdas e geração de Resíduos de Construção e Demolição nos canteiros de obra, estudos das normas técnicas, legislações e regulamentações atuais pertinentes e também das certificações ambientais. Com este trabalho foi possível concluir que existem estudos diversos sobre os mais variados assuntos no que tange à sustentabilidade na construção e que só precisam ser centralizadas, com o objetivo de prover conhecimento e conscientização aos envolvidos na construção para, assim, serem discutidos com a sociedade como um todo. Foi possível identificar quais sistemas construtivos podem ser utilizados na substituição da alvenaria comum em residência unifamiliares, assim como quais materiais e métodos ecológicos podem ser usados. E por fim, a importância do conhecimento dos preceitos e conceitos das certificações ambientais, seja em novas construções ou em reformas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Construção civil. Sustentabilidade. Certificação ambiental. Resíduos. Gestão de resíduos.

## **ABSTRACT**

This work arose from the need to provide those involved with single family dwellings with information about the correct environmental treatment that can be given to the work in general. Nowadays, much is said about sustainability and the role of construction in reducing environmental impacts, however, the small and medium builder does not necessarily have information about what he needs to do to follow this path. Therefore, the objective of this work is to analyze, among the most commonly used construction systems, which can be used instead of reinforced concrete construction, considering its aggressive potential to the environment, analyzing in terms of technical, sustainable and economic applicability. Analyze ecological materials and methodologies, using the same criteria and verify their feasibility. Verify ways to minimize losses and generation of construction and demolition waste at construction sites, technical standards studies, pertinent current legislation and regulations, as well as environmental certifications. With this work it was possible to conclude that there are several studies on the most varied issues regarding sustainability in construction and that only need to be centralized, with the objective of providing knowledge and awareness to those involved in the construction to be discussed with society as a whole. It was possible to identify which construction systems can be used to replace common masonry in single-family homes, as well as which ecological materials and methods can be used. And finally, the importance of knowledge of the precepts and concepts of environmental certifications, whether in new constructions or in reforms.

**KEYWORDS:** Construction. Sustainability. Environmental certification. Waste. Waste management.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Alvenaria Comum/Concreto Armado .....	24
Figura 2 – Alvenaria Estrutural .....	25
Figura 3 – <i>Light Steel Framing</i> .....	26
Figura 4 – Sistema Construtivo <i>Wood Frame</i> .....	27
Figura 5 – Parede de Concreto Moldado <i>In Loco</i> .....	28
Figura 6 – Estrutura Metálica .....	29
Figura 7 – Construção com <i>Containers</i> .....	30
Figura 8 – Destinação dos resíduos cimentícios e cerâmicos das obras, quando há demolição .....	55
Figura 9 – Destinação dos resíduos cimentícios e cerâmicos das obras, quando não há demolição .....	56
Figura 10 – Destinação dos resíduos de solo.....	58
Figura 11 – Destinação dos resíduos de madeira das obras .....	60
Figura 12 – Destinação dos Resíduos de Gesso na Obra .....	61

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Diferença na utilização de bambu no lugar do aço na construção, levando em conta custos e emissão CO2.....	52
--	----

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Análises do total reciclado e aplicação em alguns países europeus .....	32
Tabela 2 – Estudo da viabilidade técnica, ecológica e financeira dos sistemas construtivos..	49
Tabela 3 – Estudo da viabilidade técnica, ecológica e financeira dos materiais e métodos ecológicos .....	54

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Condições para Reciclagem de Resíduos Cimentícios e Cerâmicos.....	57
Quadro 2 – Condições para reutilização do Resíduo Solo .....	59
Quadro 3 – Condições para Reutilização da Madeira.....	60
Quadro 4 – Condições de Reciclagem do Gesso.....	62
Quadro 5 – Responsabilidades e disposição dos resíduos por classe e tipo.....	64

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ATT	Área de Transbordo e Triagem
BIM	Building Information Modeling
COV	Composto Orgânico Volátil
GBC-BR	Green Building Council Brasil
IGRF	International Green Roof Association
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
NBR	Norma Brasileira Reguladora
OSB	Oriented Strand Board
PGRCC	Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
PUR	Poliuretano Rígido
QAE	Qualidade Ambiental do Edifício
RCC	Resíduos da Construção Civil
RCD	Resíduo de Construção e Demolição
RSU	Resíduo Sólido Urbano

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	<b>20</b>
2.1	OBJETIVO GERAL.....	20
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	20
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>21</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>23</b>
5.1	CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS E O MEIO AMBIENTE.....	23
<b>5.1.1</b>	<b>ALGUNS SISTEMAS CONSTRUTIVOS USADOS EM CONSTRUÇÕES UNIFAMILIARES</b> .....	<b>23</b>
5.1.1.1	ALVENARIA COMUM .....	23
5.1.1.2	ALVENARIA ESTRUTURAL.....	24
5.1.1.3	LIGHT STEEL FRAMING.....	26
5.1.1.4	WOOD FRAME.....	26
5.1.1.5	PAREDES DE CONCRETO MOLDADO IN LOCO.....	27
5.1.1.6	ESTRUTURA METÁLICA.....	28
5.1.1.7	SISTEMAS CONSTRUTIVOS MODULARES .....	29
5.2	GERAÇÃO E GESTÃO DE RESÍDUOS EM CONSTRUÇÕES.....	30
<b>5.2.1</b>	<b>RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL</b> .....	<b>31</b>
<b>5.2.2</b>	<b>REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS EM CONSTRUÇÕES</b> .....	<b>33</b>
5.3	ALGUNS MATERIAIS E SISTEMAS APLICÁVEIS NA CONSTRUÇÃO DE RESIDÊNCIAS VISANDO A MELHORIA NO TRATO AMBIENTAL .....	35
<b>5.3.1</b>	<b>TIJOLO ECOLÓGICO</b> .....	<b>35</b>
<b>5.3.2</b>	<b>CIMENTO ECOLÓGICO</b> .....	<b>35</b>
<b>5.3.3</b>	<b>TINTAS NATURAIS</b> .....	<b>36</b>
<b>5.3.4</b>	<b>TELHAS ECOLÓGICAS</b> .....	<b>36</b>
<b>5.3.5</b>	<b>BAMBU</b> .....	<b>36</b>
<b>5.3.6</b>	<b>TELHADO VERDE</b> .....	<b>37</b>
<b>5.3.7</b>	<b>TELHA DE FIBRA VEGETAL</b> .....	<b>38</b>
<b>5.3.8</b>	<b>ESPUMA ISOLANTE TÉRMICA</b> .....	<b>38</b>
<b>5.3.9</b>	<b>PAINEL SOLAR</b> .....	<b>38</b>
5.4	BASE CONCEITUAL SOBRE AS CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS APLICÁVEIS ÀS CONSTRUÇÕES DE RESIDÊNCIA .....	39



<b>5.4.1</b>	<b>CERTIFICAÇÃO LEED.....</b>	<b>40</b>
<b>5.4.2</b>	<b>CERTIFICAÇÃO SELO CASA AZUL CAIXA.....</b>	<b>41</b>
<b>5.4.3</b>	<b>CERTIFICAÇÃO AQUA.....</b>	<b>42</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>45</b>
6.1	ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA, AMBIENTAL E ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE OUTROS SISTEMAS CONSTRUTIVOS X ALVENARIA COMUM .....	45
<b>6.1.1</b>	<b>ALVENARIA COMUM .....</b>	<b>45</b>
<b>6.1.2</b>	<b>ALVENARIA ESTRUTURAL .....</b>	<b>46</b>
<b>6.1.3</b>	<b>LIGHT STEEL FRAMING .....</b>	<b>46</b>
<b>6.1.4</b>	<b>CONTAINERS .....</b>	<b>47</b>
<b>6.1.5</b>	<b>ESTRUTURAS METÁLICAS.....</b>	<b>47</b>
<b>6.1.6</b>	<b>PAREDES DE CONCRETO MOLDADO IN LOCO .....</b>	<b>48</b>
<b>6.1.7</b>	<b>WOOD FRAME .....</b>	<b>48</b>
<b>6.1.8</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>49</b>
6.2	ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA DO USO DE MATERIAIS E MÉTODOS SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO.....	50
<b>6.2.1</b>	<b>TINTAS NATURAIS .....</b>	<b>50</b>
<b>6.2.2</b>	<b>TELHA ECOLÓGICA .....</b>	<b>50</b>
<b>6.2.3</b>	<b>TELHADO VERDE.....</b>	<b>51</b>
<b>6.2.4</b>	<b>CIMENTO ECOLÓGICO .....</b>	<b>52</b>
<b>6.2.5</b>	<b>BAMBU .....</b>	<b>52</b>
<b>6.2.6</b>	<b>PAINEL SOLAR .....</b>	<b>53</b>
<b>6.2.7</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>53</b>
6.3	ESTUDO SOBRE A DISPOSIÇÃO, REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL, DE ACORDO COM A PRECONIZAÇÃO DA RESOLUÇÃO DO CONAMA 307/2002.....	54
<b>6.3.1</b>	<b>RESÍDUOS DE CONCRETO E CERÂMICOS .....</b>	<b>54</b>
<b>6.3.2</b>	<b>SOLOS.....</b>	<b>58</b>
<b>6.3.3</b>	<b>MADEIRAS .....</b>	<b>59</b>
<b>6.3.4</b>	<b>GESSO.....</b>	<b>61</b>
<b>6.3.5</b>	<b>PLÁSTICO.....</b>	<b>62</b>
<b>6.3.6</b>	<b>PAPEL/PAPELÃO.....</b>	<b>62</b>
<b>6.3.7</b>	<b>VIDRO.....</b>	<b>63</b>

<b>6.3.8</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS QUANTO À DISPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS ...</b>	<b>63</b>
<b>6.3.9</b>	<b>ALTERNATIVAS DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS E AS DEVIDAS RESPONSABILIDADES.....</b>	<b>64</b>
6.4	AVALIAÇÃO DA IMPORTÂNCIA DAS CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS PARA AS EDIFICAÇÕES .....	66
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>69</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>71</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....</b>	<b>77</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a crise ambiental enfrentada pelo planeta e todos os seus habitantes não é mais segredo para ninguém, tendo em vista as constantes veiculações de notícias pelas mídias, pelas produções de filmes e documentários, que tem por objetivo chamar a atenção da sociedade para o problema e, então, buscar soluções de mitigação e interrupção dos mesmos.

Um dos maiores problemas enfrentados nesta crise ambiental são os resíduos gerados pelo homem. Estes são gerados em quantidades que o planeta não tem condições de absorver e acabam por induzir mais complicações, sejam elas por poluição de mares, rios e lagos, poluição do ar, sonora e pela poluição do solo e de galerias de água subterrâneas, causando um grande impacto ambiental. Todos esses problemas são causados, principalmente, pela disposição incorreta dos resíduos em sua totalidade. De acordo com a NBR ISO 14001, “este impacto ambiental pode ser definido como qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, dos aspectos ambientais da organização”.

Um dos setores da economia e da prestação de serviços que mais geram resíduos é a construção civil, especialmente os resíduos sólidos. Os chamados Resíduos de Construção e Demolição (RCD) representam uma parcela muito significativa do total dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e assim, causam impactos ambientais, sociais e econômicos grandes. Este panorama atual se deve ao fato de que, desde os primórdios da construção, esta atividade se caracteriza pelo trabalho artesanal, o que implica num elevado nível de desperdícios, potencial poluidor e de geração de resíduos. “A construção civil é uma das atividades mais antigas que se tem conhecimento e desde os primórdios da humanidade foi executada de forma artesanal, gerando como subproduto grande quantidade de entulho mineral” (LEVY; HELENE, 2000).

Sendo assim, tendo em vista as características negativas deste setor e a necessidade atual do planeta por uma melhora urgente nos seus altos níveis de poluição e contaminação ambiental, fica claro que mudanças devem ser tomadas para que possa ser feita a reversão deste quadro. Para isso, inúmeras legislações, resoluções e normas técnicas têm sido desenvolvidas justamente para auxiliar, frear, reduzir e extinguir a geração de resíduos e propagar e estimular a adoção de práticas de construção e desenvolvimento sustentáveis.

A Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 307/2002 demonstra a preocupação do poder público ao exigir medidas que devem ser tomadas para se dar o correto gerenciamento dos resíduos gerados pela construção civil, uma vez que sua prerrogativa é: “Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da

construção civil”. Além dessa resolução, há a Lei nº 12.305/2010 que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, e as Normas Brasileiras Reguladoras da Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR ABNT) de nº 10004/2004 que trata da classificação dos resíduos sólidos e as nº 15112 a 15116/2004 que tratam dos resíduos de construção civil.

Pode-se pensar que desta forma, com todas as notícias, normas e leis, os problemas ambientais vinculados ao setor da construção civil acabariam, porém, a realidade ainda não é esta. Um dos grandes empecilhos é a falta de conscientização ambiental das partes interessadas nos processos de construção civil (engenheiros, escritórios, empresas, pedreiros, serventes, clientes, contratantes, prestadores de serviço, etc.) e, em muitos casos, da inércia do poder público tanto nos âmbitos federal, estadual e municipal. Pensando nessa falta de conscientização, é possível observar a quantidade de resíduos que são gerados devido às atividades da obra e, ao mesmo tempo, pode-se ver como o seu descarte é feito de maneira incorreta e, além disso, como não ocorre a sua reutilização e/ou reciclagem.

Nos grandes empreendimentos de construção gerenciados por construtoras, estes problemas são menos frequentes, pois a empresa se responsabiliza pela correta orientação e treinamento do setor financeiro, visando diminuir seus gastos e evitando futuros problemas com fiscalizações. Porém, em obras residenciais pequenas, e principalmente nas unifamiliares, não se encontra este cenário. Geralmente, há uma grande quantidade de caçambas onde são depositados os resíduos sem a correta separação por classes, além da disposição em lugares incorretos e sem o tratamento ambiental necessário para evitar a geração de futuros problemas. Por tratamento ambiental, entende-se a correta destinação para um aterro de inertes, com a sua reincorporação na cadeia produtiva do empreendimento.

Segundo Souza (2005), nos centros urbanos existem constantemente caçambas para retirada de entulhos espalhadas pelas ruas da cidade. Percebe-se que estas caçambas não são encontradas apenas nas novas construções gerenciadas por grandes construtoras, mas também na fração do mercado da construção, dito informal, tanto nas novas construções, assim como nas reformas.

Apesar de todos os problemas ambientais gerados pelos RCD e o fato de que a construção civil afeta a crise ambiental, pouco ainda é feito. Para reverter esse quadro lamentável, é preciso que o poder público enfatize, ainda mais, as atitudes que vão desde a conscientização das pessoas, seja nas escolas, programas sociais, cartilhas e cursos educacionais, até a estipulação e criação de áreas para receber e tratar os resíduos decorrentes das atividades. Tendo em vista que esta é uma obrigação de cada município, deve ainda aumentar a fiscalização sobre os empreendimentos e aplicar multas e tomar todas as medidas

cabíveis de punição para todos que não fazem a correta reutilização, reciclagem e destinação final dos RCD.

Apesar destes dois problemas fundamentais já expostos, existem práticas que estão sendo desenvolvidas pelo mercado para minimizar a problemática ambiental. O mercado da construção civil vem se desenvolvendo e apresentando produtos sustentáveis (sejam eles com uma cadeia de produção sustentável e com a minimização dos impactos ambientais, ou então provenientes de reuso e reciclagem de materiais) como: blocos ecologicamente corretos, bisnagas de aplicação de argamassas, equipamentos de projeção de argamassas e concreto, dentre outros. Além disto, modernizando suas técnicas de construção que podem ir de telhados verdes, aos métodos construtivos inovadores que têm como resultado, economia de tempo, dinheiro e recursos minerais. Alguns exemplos são: construção em *light steel framing* e *wood frame*, paredes de concreto moldadas *in loco*, construção em *containers*, etc.

As certificações ambientais ganharam destaque no setor da construção civil, sendo avaliações feitas dos empreendimentos e que lhes geram uma pontuação que obedece a critérios ambientais, como: uso de materiais reciclados, minimização da geração de resíduos, geração de sinergia deste com o meio em que está inserida, que geram conforto ao usuário final e que prezam pelo desenvolvimento sustentável, respeitando seus três princípios fundamentais: social, ambiental e econômico. Com isso, recebem um reconhecimento na forma de um selo, mostrando que este empreendimento e seus responsáveis estão buscando a qualidade ambiental da sua obra, levando a um reconhecimento por preservarem pela qualidade do meio ambiente, tendo assim seu valor de mercado e visibilidade aumentados.

Justifica-se o atual trabalho por atender a uma carência encontrada pelos profissionais responsáveis por pequenas obras, relacionada ao fato de os mesmos não realizarem uma correta gestão ambiental do empreendimento, ou seja, por não praticarem a construção sustentável. Foram abordados os métodos construtivos mais usuais e delimitados os seus respectivos resíduos gerados para que possa ser dado o correto trato ambiental para os mesmos. Foram apresentadas técnicas construtivas mais eficientes e materiais ecologicamente corretos que geram menor desperdício e impacto ambiental, assim como um estudo sobre as certificações ambientais mais usais, para que alguns de seus critérios possam ser empregados nestas obras de construção unifamiliares e possam gerar um impacto positivo na sociedade, no entorno, no meio ambiente e nos seus ocupantes.

## 2 OBJETIVO

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar o estudo dos sistemas construtivos e materiais ecológicos, visando analisar a sua viabilidade de aplicação, levando em consideração que a sua utilização será dada em residências unifamiliares (aplicabilidade: técnica, sustentável e econômica). Além de avaliar a importância da gestão dos resíduos da obra.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elencar alguns sistemas construtivo da construção civil:
  - Analisar a diferença do impacto ambiental gerado entre a alvenaria comum frente aos demais citados;
  - Apresentar alternativas de sistemas construtivos.
  
- Apresentar propostas e métodos de construção mais sustentáveis:
  - que minimizam a geração de resíduos;
  - que propõe a reutilização e reciclagem de resíduos de acordo com sua categoria nas Resoluções CONAMA, normatizações da ABNT e de acordo com as legislações pertinentes;
  - uso de materiais inovadores e ecologicamente corretos;
  - métodos construtivos mais eficientes.
  
- Indicar os locais corretos de disposição de resíduos para cada resíduo em específico;
- Discutir a importância das certificações ambientais no atual cenário da construção civil.

### 3 JUSTIFICATIVA

A conscientização ambiental é um assunto que faz parte da vida do ser humano, visto as constantes exposições na mídia e meios de comunicação. Porém, tal fato não implica que sejam tomadas as medidas necessárias para minimização dos impactos ambientais, também na construção civil que é uma das atividades mais poluentes que existem. Isso se deve em parte ao fato de que, apesar de os profissionais responsáveis pelos empreendimentos de Engenharia Civil terem noção que precisam se atentar para minimizar os resíduos/impactos gerados pela atividade, eles não o fazem da maneira correta por desinformação e negligência técnica, principalmente na construção de residências unifamiliares.

Justifica-se este trabalho pela necessidade de avaliar de forma técnica, ecológica e econômica, a forma como a construção de residências unifamiliares é feita atualmente. Propõe-se o estudo de variados sistemas construtivos com o objetivo de analisar de forma crítica os seguintes fatores: como minimizar a geração de resíduos, como tratar da disposição ambiental correta destes, como a utilização de materiais e métodos sustentáveis agregam valor a obra sem onerar o orçamento final. Por fim, visa-se entender como o uso de prerrogativas das certificações ambientais podem fazer com o que o empreendimento siga o caminho da construção sustentável.

## 4 METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido seguindo os seguintes passos:

- Foram realizadas pesquisas em bases de bibliografia nacional (Portal de Periódicos CAPES, doutorados e mestrados da USP, UNICAMP, UNESP e outras faculdades) e internacional (*Web of Science* e *Scopus*), com uso das seguintes palavras chave: “construção civil”, “gestão de resíduos”, “sustentabilidade na construção”;
- Foi feito um levantamento dos métodos construtivos inovadores, materiais ecologicamente corretos e métodos de reuso/reciclagem de resíduos gerados na construção;
- Realizou-se visitas a campo para verificar a tendência de trato ambiental que é dado aos resíduos, durante o estágio na empresa L&R Galvão LTDA, em Guaratinguetá-SP, por meio da análise do canteiro de obras (observação e registros fotográficos e escritos pelo autor);
- Foram levantados métodos de mitigação de impactos ambientais, com enfoque na análise das melhores alternativas para ser feita a disposição de resíduos.



## **5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **5.1 CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS E O MEIO AMBIENTE**

A construção com qualidade é uma necessidade que precisa ser sanada sem o comprometimento do meio ambiente. Segundo Florim e Quelhas (2005), um conceito importante e inerente à sustentabilidade na construção civil é a eco eficiência, ou seja, fornecimento de bens e serviços a preços acessíveis, que satisfaça a necessidade humana e, ao mesmo tempo, tragam conforto e qualidade de vida, propiciando a diminuição dos impactos ambientais e do consumo de recursos naturais.

Corroborando com esta ideia, Cimino (1992) atesta que do total de recursos extraídos, 60% são consumidos pelo setor construção, sendo assim, aumentou-se o uso de sistemas construtivos ecologicamente corretos e de materiais sustentáveis que já partam do pressuposto da reutilização e reciclagem do mesmo no ciclo construtivo, feita uma análise de seu ciclo de vida, analisando os custos desde sua fabricação até a sua disposição final.

Importante ressaltar o papel das certificações ambientais no desenvolvimento da construção sustentável, pois estas trazem métodos de gestão do empreendimento que se corretamente aplicados, mesmo sem a presença de engenheiro responsável, trazem qualidade ambiental (eco eficiência) ao ambiente construído.

#### **5.1.1 Alguns Sistemas Construtivos Usados Em Construções Unifamiliares**

Sabbatini (1989) define como sistema construtivo, todo conjunto de métodos usados para construção da estrutura e vedação de um empreendimento.

A seguir são apresentados sistemas construtivos usuais para a construção de residências unifamiliares no Brasil.

##### **5.1.1.1 Alvenaria Comum**

O método construtivo da Alvenaria Comum ou construção em Concreto Armado, se caracteriza pela construção com blocos de cerâmica ou concreto que fazem o papel de alvenaria de vedação, apenas servindo como divisor de ambientes, fazendo o uso de pilares, lajes e vigas de concreto armado para garantir a estabilidade estrutural, como pode ser visto na Figura 1.

A alvenaria de vedação pode ser definida como a alvenaria que não é dimensionada para resistir a ações além de seu próprio peso. O subsistema vedação vertical é responsável pela proteção do edifício de agentes indesejáveis (chuva, vento etc.) e também pela compartimentação dos ambientes internos. A maioria das edificações executadas pelo processo construtivo convencional (estrutura reticulada de concreto armado moldada no local) utiliza para o fechamento dos vãos paredes de alvenaria (SILVA; GONÇALVES; ALVARENGA, 2006).

Figura 1 – Alvenaria Comum/Concreto Armado



Fonte: Revista Técnica (2006).

Com relação ao seu potencial gerador de resíduos e suas características, pode-se destacar algumas das seguintes desvantagens no seu emprego:

- elevado tempo de construção;
- grande geração de entulhos;
- perda de massa de revestimento de paredes;
- maior utilização de madeiramento para pilares, vigas, lajes, vergas e contra vergas se comparado com outros métodos construtivos;
- perda de aço e metais;
- perda de concreto;
- perda de blocos cerâmicos e de concreto;
- elevado uso de água.

#### 5.1.1.2 Alvenaria Estrutural

Alvenaria Estrutural se caracteriza pela construção com blocos cerâmicos e de concreto que exercem a função de alvenaria de sustentação, pois são paredes autoportantes, ou seja, não necessitam da instalação de vigas e pilares, como na alvenaria comum, vide Figura 2. Neste sistema, as vigas e pilares são inseridas entre os blocos por meio de armação, nos lugares pré-determinados pelo engenheiro estrutural. Os blocos são projetados e produzidos para resistir aos esforços horizontais e verticais.

Quando comparado com a alvenaria comum, este método construtivo apresenta várias vantagens, pois tem menor uso de matérias primas, menor tempo de construção e menor uso de mão de obra.

De acordo com Pereira et al (2014), quando comparado a construção em concreto armado, esta tem menos etapas construtivas por justamente já ser um sistema racionalizado, sendo assim, pode-se atentar mais a detalhes de controle da qualidade e produção, de modo que a construção tenha parâmetros de qualidade e desempenho superiores.

Quanto ao seu potencial gerador de resíduos, destaca-se o seguinte:

- geração de entulho;
- perda de blocos cerâmicos e de concreto;
- perda de aço;
- perda de madeiras;
- perda com massas de assentamento e revestimento.

Figura 2 – Alvenaria Estrutural



Fonte: Bastos (2014).

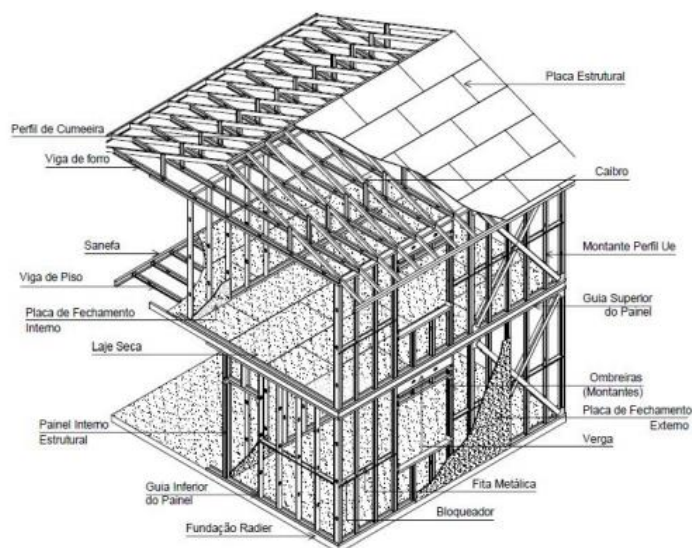
### 5.1.1.3 *Light Steel Framing*

Muito utilizado em outros países, a construção em *Light Steel Framing* é caracterizada pela construção em perfis de aço leve, usando o gesso como revestimento, vide Figura 3. É um método construtivo que vem ganhando mais espaço no cenário nacional, porém, em obras mais comuns ele não é muito usado. Usa de um processo mais rápido, com menor geração de resíduos e mão de obra mais especializada. Este último, aliado a dificuldade de aquisição de matéria prima, acaba virando empecilho para sua realização. “(...) a tecnologia do material consiste em placas pré-moldadas, confeccionada por chapas compostas de camadas de enredados de aço galvanizado e de gesso (...)” (BARBOSA, 2015)

Os principais resíduos gerados da sua utilização são:

- aço;
- gesso.

Figura 3 – *Light Steel Framing*



Fonte: Vivan (2011).

### 5.1.1.4 *Wood Frame*

A construção em *Wood Frame* é caracterizada pelo uso de perfis leves de madeira maciça (*pínus spp*), contraventados com chapas estruturais de madeira do tipo OSB (*Oriented Strand Board*), vide Figura 4. Estas chapas são formadas de tiras de madeira reflorestada, orientada em três camadas cruzadas e perpendiculares entre si, unidas com resinas e posteriormente prensadas.

As residências em *Wood Frame* são econômicas, com bom isolamento térmico, o que proporciona o máximo de conforto. Este sistema de construção permite também a criação de estilos arquitetônicos dos mais variados e tradicionais, até a arquitetura futurística. (VASQUES; PIZZO, [s.d.]

Figura 4 – Sistema Construtivo *Wood Frame*



Fonte: Revista *Téchne* (2010).

#### 5.1.1.5 Paredes de Concreto Moldado *In Loco*

Este método construtivo é caracterizado pela prévia instalação e colocação de formas, que podem ser de aço, alumínio ou plástico, já dispostos corretamente de acordo com os projetos do empreendimento e com posterior concretagem, vide Figura 5.

É um sistema construtivo vantajoso quando comparado aos mais comuns, pois evita a quebra dos blocos para passagem das tubulações e encanamentos, usa menos mão de obra e diminui os resíduos gerados na obra. Porém, este sistema necessita de uma grande quantidade de investimento para sua concretização, além das conformidades de todos os projetos complementares.

Segundo Lordsleem Junior (1998) *apud* Sacht (2008, p 51)<sup>1</sup> esse método de construção possui uma quantidade menor de etapas construtivas do que uma obra de alvenaria comum, principalmente pelo fato de ser um processo construtivo mais industrializado.

Figura 5 – Parede de Concreto Moldado *In Loco*



Fonte: Revista Técnica (2011).

#### 5.1.1.6 Estrutura Metálica

Este método construtivo é um dos representantes da importância do desenvolvimento da indústria da construção civil. Com a montagem prévia dos perfis metálicos (em aço), a construção se torna mais rápida, uma vez que os perfis vão se encaixando, vide Figura 6. Uma de suas características é a economia de recursos e principalmente de água.

Segundo Guarnier (2009), a fabricação destas estruturas se caracteriza por processos industriais racionalizados. Sendo assim, a eficiência de fabricação e montagem está intrinsecamente ligada ao detalhamento criterioso do projeto e compatibilização dos mesmos e dos diversos sistemas complementares.

---

<sup>1</sup> LOORDSLEEM JÚNIOR, A. C. O processo de produção das paredes maciças. SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS VEDAÇÕES VERTICAIS – TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS. São Paulo, 1998 *apud* SACHT, H. M. **Painéis de vedação de concreto moldado in loco**: avaliação de desempenho térmico e desenvolvimento de concretos. São Carlos, 2008.

Figura 6 – Estrutura Metálica



Fonte: Coelho (2003).

#### 5.1.1.7 Sistemas Construtivos Modulares

A construção modular se caracteriza por ser versátil e com baixo nível de desperdício. É uma solução industrializada, praticamente com todo o processo moldado em fábrica, o que acarreta um menor tempo de produção e de implantação *in loco*.

Atualmente no mercado imobiliário, existem vários sistemas construtivos disponíveis que visam dinamizar racionalmente um empreendimento sob vários aspectos: elementos em perfis metálicos, elementos de vedações maciças em concreto (paredes mais esbeltas), pré-fabricados alveolares e afins em concreto, sendo executados *in loco* ou com produções seriadas em fábricas, moldados em fôrmas de alumínio, aço e até mesmo em plástico (MAYOR, 2012).

Um exemplo característico da construção modular é a construção em *container*, sistema construtivo que é visto como uma alternativa de construção ecologicamente correta. É proveniente do aproveitamento dos *containers* que já perderam a sua validade para uso comercial, mas que ainda preservam a sua estrutura física inalterada, vide Figura 7. O revestimento das paredes funciona com o sistema parecido com o *Drywall*. É mais rápido e com geração de resíduos praticamente nula. Segundo Milaneze et al. (2012), a casa-*container* agrega nos seguintes pontos: já que se trata de tecnologia alternativa para habitações, que fornecem abrigo, e de forma sustentável, pois aproveitam-se de *containers* descartados.



Figura 7 – Construção com *Containers*

Fonte: Milaneze et al. (2012).

## 5.2 GERAÇÃO E GESTÃO DE RESÍDUOS EM CONSTRUÇÕES

A construção civil tem um alto poder de geração de resíduos, uma vez que a produção é feita em grande escala e volume, e tem impacto direto no ambiente, pois acompanha o desenvolvimento da sociedade. Segundo Marques Neto (2005), a geração dos RCD tem gerado muita discussão no Brasil, uma vez que estes representam de 51% a 70% do total dos resíduos sólidos gerados.

De forma geral, os RCD são vistos como resíduos de baixa periculosidade, tendo como principal impacto o grande volume gerado. “Contudo, nesses resíduos também são encontrados materiais orgânicos, produtos perigosos e embalagens diversas que podem acumular água e favorecer a proliferação de insetos e de outros vetores de doenças” (KARPINSKI, 2009).

Qualquer que seja a atividade que envolva a construção civil existe um alto potencial de geração de resíduos, seja com reformas, reparos, desenvolvimento dos empreendimentos e até mesmo como fruto de escavações e movimentações de terra, como preconiza a Lei Federal nº 12.305/2010. Ainda segundo o CONAMA, por meio da sua resolução de nº 307/2002, os resíduos da construção civil são:



“(…) os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha” (CONAMA, nº 307/2002).

De acordo com Sjöström (1992), o setor da construção se caracteriza pelo alto grau de utilização de recursos naturais, estima-se que sejam em torno de 20% a 50% de todos os resíduos consumidos pela sociedade.

O alto índice de perdas de materiais que ainda é inerente à atividade, assim como o alto desperdício e as péssimas condições sanitárias do país, apontam para o fato de que o total de resíduos gerados é um número em torno de 163 a mais de 300 quilos/habitante no ano, segundo Pinto (2005). De acordo com Pinto (1999), o grave problema estrutural que enfrentamos devido à perda de materiais/resíduos indica uma geração de resíduos que varia de 230-760 kg/habitante no ano. Segundo Santos (2009), os RCD gerados em empreendimentos novos são um total de 20%, 21% para edificações novas acima de 300 m<sup>2</sup> e para os casos de reformas, ampliações e demolições, a representação é de 59% dos resíduos.

Não existe nenhuma indústria, processos ou produções que não gerem resíduos, porém, não faltam estudos e regulamentações que auxiliem justamente na tratativa desses problemas. Pensando exclusivamente no setor da construção, a resolução CONAMA nº 307/2002 implementou o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) que é de caráter obrigatório para todas as empresas desde de 2005, e tem por finalidade analisar e gerenciar os resíduos, desde a instalação do canteiro de obras até a sua finalização, servindo muito para minimizar a geração de resíduos. Porém, não basta simplesmente ter um plano estruturado se ele não é posto em prática, e aqui entra a conscientização de todas as partes interessadas e que estão envolvidas nos processos de construção civil, sendo um dever da iniciativa pública e privada prezar.

### **5.2.1 Reciclagem de resíduos da construção civil**

O início da reciclagem dos RCD se deu após a 2ª Guerra Mundial (1939-1945) na Europa, onde tais resíduos posteriormente foram reutilizados de forma britada para produção de agregados. A efetiva reciclagem na construção civil, ou seja, a reciclagem dos RCD, caminha junto com a iniciativa global do “desenvolvimento sustentável” e este estabelece que: "Para se alcançar o desenvolvimento sustentável, a proteção do meio ambiente deve

constituir parte integrante do processo de desenvolvimento e não pode ser considerada isoladamente em relação a ele".

Paralelo a esta iniciativa, tem-se que a partir da Agenda 21, surge o princípio da “construção sustentável”, oriundos da preocupação com os recursos ambientais e a qualidade ambiental. Tal princípio preconiza a sustentabilidade em toda a cadeia produtiva da construção civil: extração das matérias-primas, produção, qualidade do trabalho e das condições dos trabalhadores, qualidade e custo de produção.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, de uma forma geral, a reciclagem é um conjunto de técnicas de reaproveitamento de materiais descartados, reintroduzindo-os no ciclo produtivo. É uma das alternativas de tratamento de resíduos sólidos (lixo) mais vantajosas, tanto do ponto de vista ambiental, quanto do social: ela reduz o consumo de recursos naturais, poupa energia e água, diminui o volume de lixo e dá emprego a milhares de pessoas.

“Sem dúvida, é de grande importância que esse conceito seja adotado na indústria da construção civil, já que ela representa 40% da formação bruta de capital internacional e consome entre 14% e 50% dos recursos naturais extraídos no planeta” (SCHENINI; BAGNATI; CARDOSO,2014).

Como publicado pela Revista Técnica nº 152 (2009), em países como Holanda, Dinamarca, Alemanha e Bélgica são encontradas elevadas porcentagens de resíduos efetivamente reciclados, pois estes apresentam políticas ambientais austeras e leis rigorosas que punem a incorreta disposição dos resíduos e ao mesmo tempo, premiam as empresas e soluções empregadas, visando a sustentabilidade.

Analisando a Tabela 1, pode ser visto a porcentagem de resíduos reciclados e a utilização que lhes é dada.

Tabela 1 – Análises do total reciclado e aplicação em alguns países europeus

País	Produção anual (x10 <sup>6</sup> t)	Reciclada %	Aplicação da porcentagem reciclada	
Bélgica	7,0 (1990)	87%	Agregados para concreto: 19,5%	Estradas: 80,5%
França	24,0 (1990)	15%	Agregados para concreto: 10%	Estradas: 54,5%
Reino Unido	30,0 (1999)	45%	Agregados para concreto: 4,5%	Contenções e aterros: 35,5%
Espanha	38,5 (2003)	10%	Bases e sub-bases de rodovias: 30%	Estradas: 20%
				Contenções e aterros: 75,5%
				Base de solos: 35%
				Aterros: 35%

Fonte: Revista Técnica (2009).

No Brasil, a reciclagem de RCD passou a ter mais importância a partir da instauração da Resolução CONAMA 307/2002, que foi um marco na mudança do cenário da construção sustentável no país. Depois dessa, mais regulamentações surgiram como normas técnicas da ABNT 15114 (Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação), e a Lei Federal nº 12305/2010 que instaurou a Política Nacional dos Resíduos Sólidos. Sendo assim, ficou bem claro que é dever do estado, seja em âmbito municipal, estadual ou federal, dispor as corretas formas e prover os meios adequados para reciclagem destes materiais.

### **5.2.2 Reutilização de resíduos em construções**

A reutilização dos RCD causa uma diminuição expressiva no potencial gerador de poluição dos mesmos, uma vez que é diminuído seu descarte ilegal e incorreto. Como já preconizado pela Resolução CONAMA nº 307/2002, “divide-se os RCD em quatro classes distintas e já indica quais são os resíduos que atualmente são passíveis de passarem tanto por um processo de reciclagem, quanto de reutilização, como segue”:

- Classe A - São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) De construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) De construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; c) De processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;
- Classe B - São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras, gesso e outros;
- Classe C - São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação;
- Classe D - São os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos, lâmpadas fluorescentes, pilhas e baterias ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais, telhas de amianto e outros.

De acordo com o manual emitido pelo Instituto Centro de Capacitação e Apoio ao Empreendedor, existem algumas vantagens que tangem a reutilizações de materiais:

- economia gerada pela não necessidade de compra de novos materiais;
- economia pela não necessidade de remoção de resíduos, uma vez que estes não foram gerados;
- ganho ambiental.

Os materiais podem ser usados com o mesmo propósito anterior como portas, vidros e telhas. Assim como outros podem ter um uso totalmente diferente, como embalagens, telhas e tijolos quebrados.

Alguns exemplos de materiais que podem ser reutilizados:

- MADEIRAS: fôrmas e escoramentos (ambos têm sua reutilização limitada devido à resistência dos materiais) e sobras de serviços de carpintaria;
- MATERIAIS CERÂMICOS: blocos, telhas e pisos;
- MATERIAIS CIMENTÍCIOS: blocos de alvenaria, concreto e argamassas;
- METAIS: escoramentos, formas, esquadrias, tubulações e ferramentas;
- PLÁSTICOS: fiações e tubulações;
- GESSO;
- TECIDOS;
- SOLOS;
- PAPÉIS.

Essa reutilização dos materiais se desenvolve paralelamente ao princípio da reciclagem dos RCD e podem ser posteriormente adaptados em processos de britagem e/ou trituração, utilização como agregados para preparo de concreto e de argamassas, como preconiza, por exemplo, as NBR 15115 e 15116, que falam respectivamente de: “Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos” e “Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos”.

Vale ainda ressaltar que a Lei Federal 12.305/2010 versa sobre a reutilização dos resíduos, responsabilidade compartilhada e logística reversa, levando em consideração as esferas municipais, estaduais e federais.

### 5.3 ALGUNS MATERIAIS E SISTEMAS APLICÁVEIS NA CONSTRUÇÃO DE RESIDÊNCIAS VISANDO A MELHORIA NO TRATO AMBIENTAL

#### 5.3.1 Tijolo ecológico

Sua constituição se dá a partir do uso de terra, água e cimento, o que implica a não utilização de energia, ou seja, não vai para o forno, não ocorrendo queima de madeira, deixando de ser um gerador de gases do efeito estufa.

Além disso, os tijolos são blocos modulares, o que leva a facilitação do encaixe dos mesmos, acabando por acarretar um menor desperdício de materiais, além de aumentar a produtividade do trabalhador.

Segundo Betsuyaku (2015), existem uma série de vantagens na utilização dos tijolos ecológicos, dentre elas:

- sua fabricação é feita com baixo consumo de energia e não é utilizada a queima, como nos tijolos convencionais;
- nas pequenas construções (até 50 m<sup>2</sup>), dispensa-se o uso de pilares e vigas;
- não precisa de formas;
- economia no custo da mão de obra, mais rapidez e limpeza, além de mais eficiência no assentamento;
- redução de resíduos pós-obra

#### 5.3.2 Cimento ecológico

O cimento ecológico nada mais é que o CPIII (Cimento Portland de Alto Forno, como assim é denominado), que já é utilizado comumente na maioria das construções. Na sua produção, ele utiliza uma quantidade muito grande dos resíduos gerados nas usinas siderúrgicas.

Segundo Oliveira (2009), o cimento CPIII é alternativa mais sustentável e econômica. Antes dos cimentos serem reaproveitados pela indústria, esse material gerava uma quantidade

muito grande de entulho, mas agora, é reaproveitado e pode até mesmo melhorar muitas de suas características.

### **5.3.3 Tintas naturais**

São tintas que não são derivadas do petróleo e tem baixa concentração de compostos orgânicos voláteis (COV's), que ao evaporarem prejudicam a camada de ozônio. As tintas naturais são elaboradas a partir de elementos extraídos da natureza (de fontes animais, vegetais ou minerais), sem adição de produtos químicos, componentes sintéticos ou insumos derivados do petróleo. “São obtidas a partir de compostos orgânicos feitos com moléculas de carbono combinado com hidrogênio e, em alguns casos, com oxigênio ou nitrogênio” (FARIA, 2015).

Atualmente são conhecidas diversas possibilidades para a obtenção de pigmentos para tintas naturais, como nozes, cascas, raízes, frutas, pétalas, madeira, folhas, partes de flores, plantas, insetos, terra, argila entre outros. As plantas, por exemplo, fornecem mais de 500 cores, e a terra oferece diferentes tonalidades para pigmentos (IECOD, 2012).

### **5.3.4 Telhas ecológicas**

São fabricadas a base de resíduos sólidos e possuem composição predominante de papel, plástico (exemplo: PET) e metal. Estas atuam na reflexão da luz solar, o que leva a uma melhor climatização no interior da residência.

Teske, Gonçalves e Nagalli (2014), exemplificam uma das formas de telhado ecológico, com o chamando “telhado branco”, este usa gesso em sua fabricação. As vantagens obtidas se manifestam na sua propriedade de refletância da energia solar, pois ao reduzir a absorção e acumulação de calor, é possível causar um efeito redutor da temperatura interna da edificação, comparado com os telhados convencionais.

As telhas de PET (polímero) são produzidas a partir da extrusão e injeção do material polimérico com carbonato de cálcio, sendo incluídos também aditivos de proteção anti UV. As telhas feitas de resíduos de PET apresentam diversas vantagens, entre elas: não apresentam alta porosidade evitando assim o acúmulo de umidade e mofo, e por isso não há necessidade de limpeza constante dos telhados, maior durabilidade, formas diferenciadas, e o diferencial ambiental (TESKE; GONÇALVES; NAGALLI, 2014).

### **5.3.5 Bambu**

É uma matéria prima muito sustentável, pois o seu ciclo de renovação é muito rápido, o que permite que a sua extração não cause impactos. Além disso, é uma alternativa viável à utilização de aço, concreto e madeiras (seu uso está mais bem detalhado na seção de discussão, capítulo 6), como pode ser visto pelas seguintes conclusões:

Segundo Pereira e Beraldo (2007), as vantagens na utilização do bambu em substituição à madeira e aço são: baixo custo, leveza, possibilidade de curvatura, superfície lisa, coloração atrativa, resistência à tração comparado ao aço, maior resistência à compressão que o concreto, alto rigor estético e, finalmente, viável para a fabricação de estruturas, tubulações, drenos, móveis e habitações.

### **5.3.6 Telhado verde**

Os telhados verdes são formados pela aplicação de gramíneas, arbustos, árvores em lajes de empreendimentos já previamente impermeabilizada. As suas vantagens, além de uma qualidade arquitetônica interessante, vão de uma maior drenagem e captação de águas pluviais, além de proporcionar um conforto térmico para o usuário e diminuir a emissão de gases do efeito estufa para a atmosfera. O que foi dito anteriormente corrobora com Jobim (2013) que justamente diz que este sistema construtivo, geralmente, possui uma manta, substrato e vegetações que são sobrepostos em coberturas de edificações com o objetivo de trazer benefícios de natureza sócio econômica e ambiental, como: isolamento termo acústico, biodiversidade e redução do escoamento superficial.

Os telhados verdes podem ainda ser divididos em intensivos, semi-intensivos e extensivos.

Os extensivos geralmente são aplicados onde o ambiente será visitado ou visto por pessoas, e tem sua beleza espelhada em um parque gramado. “Tem como principal característica o cultivo de plantas rasteiras de pequeno porte e necessitam de um volume de água menor e pouca manutenção” (SILVA, 2011). “Por esses motivos tem um impacto menor de sobrecarga sobre os elementos da cobertura, dos pilares e da fundação” (VECCHIA, 2005).

Segundo a *International Green Roof Association (IGRF)*, os telhados verdes intensivos, por comportarem plantas de nível médio a grande, precisam de uma estrutura que comportem maior capacidade de carga, pois precisam de uma camada de solo que varia entre 15 a 40 cm e a carga prevista varia entre 180 Kg/m<sup>2</sup> a 500 Kg/m<sup>2</sup>.

“Sua manutenção é a mesma de um jardim comum, pois comporta desde gramíneas até árvores frutíferas. Neste tipo de vegetação, o telhado verde também protege a cobertura da radiação ultravioleta aumentando sua vida útil” (SILVA, 2011).

Os telhados verdes semi-intensivos reúnem as características dos tipos intensivos e extensivos.

### **5.3.7 Telha de Fibra Vegetal**

Estas telhas se caracterizam por não ter, na sua constituição, nenhum traço de amianto, que é um composto extremamente prejudicial à saúde. Por sua vez, este material apresenta justamente fibra vegetal, o que permite que eles possam ser descartados diretamente em aterros sanitários, além do fato de que o seu processo de criação respeita os conceitos de equilíbrio ambiental e sustentabilidade, e toda a água utilizada na fabricação é reutilizada.

Segundo Henriques et al (2014), adição de fibras vegetais como reforço, proporciona às matrizes cimentícias maior resistência ao impacto, causado por maior absorção de energia e um aumento na capacidade de isolamento termo acústico.

### **5.3.8 Espuma isolante térmica**

Este material é uma espuma rígida produzida com poliuretano, que pode tanto ser usado nos telhados ou fachadas das casas para proporcionar um maior equilíbrio térmico, um exemplo é o Elastopor<sup>®</sup>, produzido pela BASF.

“A larga aplicação das espumas de poliuretano rígido (PUR) utilizadas nos diversos segmentos industriais, comerciais e doméstico é devido suas propriedades térmicas, resistência mecânica e leveza.” (SAINT-MICHEL, et al., 2006; JINGJIANG, et al., 1991; SAINT-MICHEL; CHAZEAU; CAVAILLÉ, 2006; ALIMENA, 2009)

### **5.3.9 Painel Solar**

Os painéis solares são uma alternativa para produção e redução da utilização de energia nas residências. Apesar do alto valor inicial, este é um investimento que se dilui ao longo dos anos e que traz benefícios ao usuário final: aquecimento de água, uso propriamente dito de energia e apresenta a possibilidade de venda de energia para as concessionárias, o que faz



retornar o valor investido previamente. Segundo Torres (2012), a energia solar fotovoltaica é obtida por meio da conversão da luz captada em eletricidade, o que configura o “efeito fotovoltaico”. Esta conversão é feita de maneira efetiva pelas células fotovoltaicas.

#### 5.4 BASE CONCEITUAL SOBRE AS CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS APLICÁVEIS ÀS CONSTRUÇÕES DE RESIDÊNCIA

As Certificações Ambientais vêm ganhando força no cenário da construção civil nos últimos anos. O propósito destas certificações é de classificar os empreendimentos de Engenharia Civil, de acordo com os princípios do desenvolvimento sustentável, preservação ambiental, minimização do uso de recursos naturais, energia, dentre outros. Ou seja, cada sistema de certificação adota alguns parâmetros e critérios norteadores, e estes têm uma pontuação específica. Conforme o empreendimento toma forma e aliada à gestão do mesmo, este vai sendo avaliado e, neste processo, lhe são atribuídas pontuações na medida que os requisitos são cumpridos. A soma das notas recebidas indicará qual a faixa de classificação da construção.

Geralmente o sistema de classificação vem delimitado em faixas de pontuação. Então, o empreendimento no qual se deseja aplicar a avaliação para obtenção da certificação ambiental escolhida, caso alcance uma pontuação mínima, será classificado na faixa que reflete a sua concepção e execução, segundo os parâmetros sustentáveis.

O processo de obtenção de uma certificação ambiental, invariavelmente, depende da presença de um gestor de projetos especializado nesta área do conhecimento, pois é preciso ter um profissional que detenha o domínio dos pré-requisitos e conceitos para que possa fazer a correta gestão da obra. Tal fato acaba por elevar o custo final, o que faz com que muitas empresas desistam de obter as certificações, porém, estas não percebem que todo esse custo é compensado e diluído a longo prazo, sem falar na satisfação que proporcionam ao usuário final, ou seja, falta ainda conscientização neste sentido.

É necessária muita organização para se tornar uma empresa capaz de aferir às suas obras, selos de certificações ambientais. É preciso organização nas execuções de todos os projetos anteriores à realização da obra e é necessário que um esteja integrado ao outro, ou seja, os projetos precisam estar compatibilizados para que possam evitar retrabalhos, inconsistências construtivas, falhas no projeto estrutural, choques de instalações, dentre outras.

Levando isto em consideração, um conceito importante de gestão de obras é o *Building Information Modeling (BIM)*. Com o uso da metodologia BIM, é possível fazer a integração de todos os projetos e verificar se existem incompatibilidades entre eles. Pode-se verificar se estes se adequam a um sistema de classificação de certificação ambiental que é de interesse, como demonstrado por Nguyen et al. (2012) quando codificaram no *software Autodesk Revit*, os critérios de classificação da sistema *Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)*, para avaliação de um empreendimento modelado neste programa. O resultado foi positivo e tornou possível determinar o selo de classificação do projeto testado.

#### **5.4.1 Certificação LEED**

A certificação *Leadership in Energy and Environmental Design - LEED* estabeleceu um conceito de qualidade de construções nos empreendimentos civis nunca vistos até então, mudando a forma como os edifícios e comunidades são construídos, planejadas e administradas. Segundo o *Green Building Council Brasil (GBC-BR)*, líderes de mais de 160 países fizeram desta certificação o principal meio de consulta para garantir a qualidade do ambiente construído nos chamados edifícios verdes, constando com mais de 170 mil m<sup>2</sup> certificados diariamente.

O LEED possui quatro tipologias para classificação, que levam em consideração as diferentes necessidades para cada tipo de empreendimento, sendo esta nas esferas: novas construções (BD+C), *design* de interiores (ID+C), edifícios existentes (O+M) e bairros (ND).

Os projetos que são submetidos à avaliação para obtenção da certificação LEED passam pela verificação em oito dimensões:

- Localização e transporte;
- Espaço sustentável;
- Eficiência de uso da água;
- Energia e atmosfera;
- Materiais e Recursos;
- Qualidade Ambiental Interna;
- Inovação e Processos;
- Créditos de Prioridade Regional.

Todas estas dimensões possuem pré-requisitos (obrigações) e créditos (recomendações), que irão gerar a pontuação da edificação. Os níveis de classificação variam de 40 a 110 pontos e são diferenciados em: Certificado (40-49), Silver (50-59), Gold (60-79) e Platinum (80+).

O GBC-BR chegou à conclusão de que no Brasil foram registradas as seguintes médias de redução de uso de recursos naturais e geração de resíduos: 40% de água, 30% de energia, 35% de CO<sub>2</sub> e 65% resíduos.

Ainda segundo o GBC-BR, os benefícios econômicos são: diminuição dos custos operacionais e dos riscos regulatórios, valorização do imóvel para revenda ou arrendamento, aumento na velocidade de ocupação e da retenção, modernização e menor obsolescência da edificação. Os benefícios sociais são: melhora na segurança e priorização da saúde dos trabalhadores e ocupantes, inclusão social e aumento do senso de comunidade, capacitação profissional, conscientização de trabalhadores e usuários, aumento da produtividade do funcionário; melhora na recuperação de pacientes (em Hospitais); melhora no desempenho de alunos (em Escolas); aumento no ímpeto de compra de consumidores (em Comércio) incentivo a fornecedores com maiores responsabilidades socioambientais, aumento da satisfação e bem estar dos usuários e estímulo a políticas públicas de fomento a Construção Sustentável. E por fim, os benefícios ambientais: uso racional e redução da extração dos recursos naturais, redução do consumo de água e energia, implantação consciente e ordenada, mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, uso de materiais e tecnologias de baixo impacto ambiental e a redução, tratamento e reuso dos resíduos da construção e operação.

#### **5.4.2 Certificação selo Casa Azul CAIXA**

A certificação Selo Casa Azul CAIXA é o primeiro sistema de classificação de sustentabilidade em construções ofertado no Brasil. Esta certificação tem o intuito de avaliar e balizar critérios envolvidos nos seguintes temas:

- Qualidade urbana;
- Projeto e conforto;
- Eficiência energética;
- Conservação de recursos materiais;
- Gestão de água;
- Práticas sociais.

Um dos aspectos importantes e que são destacados pela certificação é que uma construção de um empreendimento e os seus respectivos projetos devem:

- Aproveitar em sua totalidade as condições bioclimáticas e geográficas locais;
- Construir de maneira a gerar baixo impacto ambiental;
- Garantir a existência de áreas permeáveis e arborizadas;
- Adotar técnicas e sistemas que propiciem o uso eficiente de água e energia, e que também o façam na adequada gestão de resíduos;
- A habitação também deve ser duradoura e adaptar-se às necessidades atuais e futuras dos usuários, criando um ambiente interior saudável e proporcionando saúde e bem-estar aos moradores.

O Selo é aplicado a todo e qualquer tipo de construção habitacional apresentados à Caixa; é importante destacar que mesmo com essa definição, o empreendimento só é efetivamente avaliado quando é do desejo dos tomadores de decisão, ou seja, não é obrigatório; e estes tomadores de decisão podem ser construtores, o poder público, empresas públicas, cooperativas, associações e entidades representativas de movimentos sociais.

Dentre os seis temas expostos previamente, estão inseridos 53 critérios no total. Para um empreendimento obter os selos de classificação da Caixa, que podem ser bronze, prata e ouro, devem cada um apresentar classificação em determinados números de critérios. O instrumento de verificação para obtenção dos selos começa já na parte do pré-projeto (com análises no local da obra e seu entorno), durante o projeto, durante a construção e por avaliação do projeto final.

#### **5.4.3 Certificação AQUA**

O processo de certificação AQUA-HQE é um processo internacional de eco construções primeiramente desenvolvidas na França (*Démarche HQE*), aplicado no Brasil pela Fundação Vanzolini. De acordo com a Fundação Vanzolini, o processo de certificação traz exigências de um Sistema de Gestão do Empreendimento que permitem o planejamento, a operacionalização e o controle de todas as etapas de seu desenvolvimento, partindo do comprometimento com um padrão de desempenho definido e traduzido na forma de um perfil de Qualidade Ambiental do Edifício (QAE).

A avaliação da Qualidade Ambiental do Edifício é feita para cada uma das 14 categorias de preocupação ambiental e as classifica nos níveis base, boas práticas ou melhores práticas, conforme perfil ambiental definido pelo empreendedor na fase pré-projeto.

Para um empreendimento ser certificado AQUA-HQE, o empreendedor deve alcançar no mínimo um perfil de desempenho com três categorias no nível Melhores Práticas, quatro categorias no nível Boas Práticas e sete categorias no nível Base.

Os benefícios da certificação, segundo a Fundação Vanzolini, são para o usuário, o empreendedor e para a sociedade e meio ambiente.

Para a sociedade e meio ambiente:

- Menor demanda sobre as infraestruturas urbana e de recursos hídricos;
- Redução das emissões de Gases de Efeito Estufa e da poluição;
- Melhores condições de saúde nas edificações;
- Melhor aproveitamento da infraestrutura local;
- Menor impacto à vizinhança;
- Melhor qualidade de vida, gestão de resíduos sólidos e gestão de riscos.

Para o usuário:

- Economia direta no consumo de água e de energia elétrica;
- Menores despesas condominiais gerais: água, energia, limpeza, conservação e manutenção;
- Melhores condições de conforto e saúde;
- Maior valor patrimonial ao longo do tempo;
- Consciência de sua contribuição para o desenvolvimento sustentável e a sobrevivência no planeta.

Para o empreendedor:

- Comprovar a Alta Qualidade Ambiental das suas construções;
- Diferenciar seu portfólio no mercado;
- Aumentar a velocidade de vendas ou locação;
- Manter o valor do seu patrimônio ao longo do tempo;

- Associar a imagem da empresa à Alta Qualidade Ambiental;
- Melhorar o relacionamento com órgãos ambientais e comunidades;
- Ter um reconhecimento internacional.

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **6.1 ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA, AMBIENTAL E ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE OUTROS SISTEMAS CONSTRUTIVOS X ALVENARIA COMUM**

#### **6.1.1 Alvenaria comum**

A alvenaria comum, como já descrito anteriormente, se caracteriza pela construção com a concretagem de pilares, vigas, dentre outros, para criar a sustentação do edifício e usando blocos de alvenaria ou concreto para completar a vedação do mesmo. É um método artesanal e largamente difundido que tem as seguintes vantagens:

- Maior resistência à umidade e aos movimentos térmicos;
- Maior resistência à pressão do vento;
- Resistência às infiltrações de água pluvial;
- Segurança para usuários e ocupantes;
- Adequar e dividir ambientes;
- Isolamento térmico e acústico;
- Resistência mecânica ao fogo;
- Facilidade de produção por montagem ou conformação;
- Facilidade e baixo custo dos componentes;
- Excelente versatilidade e flexibilidade;
- Ótima aceitação pelo usuário e sociedade.

Porém, também apresenta as seguintes desvantagens:

- Baixa produtividade na execução;
- Domínio técnico centrado na mão de obra executora;
- Deficiente na limpeza e higienização;
- “Desconstrução” para instalação de rede hidrossanitária e elétrica, o que gera desperdício;
- Mão de obra sem qualificação;
- Durante a sua execução quebras e desperdícios de materiais e mão de obra;

- Maior possibilidade de erros durante a execução;
- Redução de área útil;
- Cronograma mais oneroso;
- Superfícies irregulares;
- Aparecimento de fissuras e trincas;
- Umidade ascensional;
- Descolamento do revestimento;
- Vedação fixa, grande volume de material, sobrecarga nas fundações e estruturas.

### **6.1.2 Alvenaria estrutural**

O método de construção de alvenaria estrutural não é um método ecologicamente correto, pois como já foi apresentado anteriormente, ela possui uma alta capacidade de geração de impacto ambiental, considerando toda a poluição que pode ser proveniente de suas ações. Apesar disto, o método traz aspectos importantes que valem a pena ser destacados, pois já é um método que leva em consideração a racionalização da construção, e é feito com blocos cerâmicos ou de concreto, sendo que o primeiro tem um coeficiente térmico maior que o segundo.

Um estudo realizado por Jacoby (2012), evidenciou do ponto de vista econômico que, quando comparada à alvenaria de vedação, a relação graute/concreto permitiu uma economia de 31% e na relação com o uso do aço, diminuiu em 37%. Apesar de ter ocorrido um aumento no consumo dos blocos em 126%, foi visto que a economia total foi de 12%.

Do ponto de vista ambiental, por se tratar de um método industrializado/racionalizado, o desperdício de materiais é mais baixo, a quantidade de resíduos gerados também é menor, além da chance de retrabalhos ser menor.

### **6.1.3 *Light Steel Framing***

O método construtivo em *Light Steel Framing* é um método de construção que já tem um viés mais ecológico, por também levar em consideração a racionalização da construção com o uso de chapa de gesso acartonado pré-fabricadas e acondicionadas em perfis de aço leve pré-moldados.



“Comparado com a alvenaria de vedação: o resultado é positivo levando-se em consideração todos os benefícios que ele apresenta, como redução de mão de obra, redução de desperdício, menor tempo de execução, redução da carga da estrutura e fundação” (BARBOSA, 2015).

Do ponto de vista econômico, analisando o custo das placas de *Drywall* especificamente, a vantagem vem da não necessidade de demãos de massa corrida, uma vez que esta só necessita uma demão, já a alvenaria precisa de duas a três.

Do ponto de vista ambiental, além da utilização de concreto ser mínima e, por consequência, também o é a geração de resíduos e perdas de materiais. Barbosa (2015) constatou que é possível alcançar uma diminuição de 83% na carga das estruturas e fundações, o que leva a uma economia de materiais/dinheiro.

#### **6.1.4 Containers**

A construção com *containers* é uma alternativa sustentável, pois ela já inicia partindo do pressuposto da reciclagem, com a reutilização de *containers* que perdem a sua vida útil depois de 10 anos de uso como transporte de carga, porém, para fins estruturais, continua eficiente. “A Habitação de Interesse Social projetada a partir do uso de *containers* reciclados se mostra adequada para o propósito habitacional com valores sustentáveis” (AGUIRRE, OLIVEIRA; BRITTO CORREA, 2008).

Segundo Milaneze et al. (2012), o projeto do arquiteto Danilo Corbas de São Paulo mostra que o uso de *containers* para construção de moradias, além de ser sustentavelmente correto, tem como característica marcante uma obra limpa, gerando um percentual mínimo de resíduos e economia de recursos naturais que não são utilizados para a estrutura da casa, como areia, tijolo, cimento, água, ferro e outros.

Do ponto de vista da construção, tem-se uma construção em tempo menor e com maior eficiência. Pensando no lado econômico, um estudo feito por estes mesmos autores na cidade de Criciúma, mostrou que é feita uma economia de 8,56%.

#### **6.1.5 Estruturas metálicas**

O uso do aço é uma alternativa ecologicamente interessante, pois por ser um processo industrializado, tem uma geração de resíduos minimizada assim como na utilização e desperdício de materiais. “O aço na construção civil deve ser sinônimo de construção

racionalizada sendo imprescindível seu uso aliado a componentes construtivos industrializados” (MACHADO, 2012).

Do ponto de vista econômico, a construção em aço ainda é mais cara que a construção em alvenaria, o que acaba sendo um fator que pode inviabilizar a construção de determinados tipos de construção.

“Apesar de ser uma solução considerável para diminuição dos impactos da construção, os produtos industrializados e as estruturas metálicas podem vir a ter um custo muito alto, se comparados aos métodos tradicionais, e exigem mão de obra mais qualificada para a montagem, o que ainda inviabiliza a aplicação em grande parte das construções brasileiras” (MACHADO, 2012).

#### **6.1.6 Paredes de concreto moldado *In Loco***

As paredes de concreto moldadas *in loco*, assim como os métodos construtivos anteriormente analisados, apresentam uma minimização na geração de resíduos (caso a concretagem seja bem feita e com um controle de produção rigoroso) e baixo uso de materiais, pois é um processo totalmente racionalizado, então é viável do ponto de vista ambiental.

Porém, quando se analisa do ponto de vista econômico, vê-se que o custo é alto quando comparado com a alvenaria convencional, porém, este pensamento é válido somente em construção única. Mas, quando replicado em vários empreendimentos, como em casas de habitação popular, como programas do Minha Casa, Minha Vida, vê-se que o custo se dilui e esta já passa a ser uma alternativa preferencial. Como atestado por Nemer (2016), por ser uma alternativa rápida e eficiente de construção com formato mais industrializado, teve um aumento na sua incidência no setor de edificações residenciais com foco nos programas populares, pois apesar de usar muitos recursos comparado aos sistemas construtivos tradicionais, tem alta produtividade, o que em obras com alto nível de repetições acaba por compensar financeiramente.

#### **6.1.7 *Wood Frame***

O método *Wood Frame* também entra na lista dos métodos racionalizados, uma vez que a construção se baseia basicamente na utilização de perfis de madeira, dando a sustentação e sendo completada por placas de OSB.

Vasques e Pizzo (2014), chegaram à conclusão, por meio de um experimento, que comparado à alvenaria de vedação, a construção em *Wood Frame* tem as seguintes vantagens econômicas e ambientais:

- O custo dos serviços preliminares e da fundação representam um percentual do total da obra bem menor, comparado à alvenaria;
- A duração da obra é muito mais rápida;
- As instalações hidrossanitárias e elétricas são embutidas na parede na hora da construção, não sendo necessário quebrar as mesmas depois de já feitas, o que diminui consideravelmente o entulho e os RCDs a serem tratados.

### 6.1.8 Análise dos resultados

Para analisar os resultados de forma concreta, a partir dos estudos realizados foi desenvolvida a Tabela 2 para verificar a viabilidade técnica, ecológica e financeira de cada método, de acordo com o fator que se sobressai ao comparar, de modo geral, cada um dos sistemas.

Tabela 2 – Estudo da viabilidade técnica, ecológica e financeira dos sistemas construtivos

<b>SISTEMA CONSTRUTIVO</b>	<b>VIABILIDADE TÉCNICA</b>	<b>VIABILIDADE ECOLÓGICA</b>	<b>VIABILIDADE FINANCEIRA</b>
Alvenaria Comum	X		
Alvenaria Estrutural	X		X
<i>Light Steel Framing</i>	X	X	X
<i>Containers</i>	X	X	X
Metálica		X	
Paredes de Concreto Moldadas <i>In Loco</i>	X	X	X*
<i>Wood Frame</i>	X	X	X

\* Viabilidade comprovada quando o empreendimento apresenta altos níveis de repetição.

Fonte: Autor (2017).

## 6.2 ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA DO USO DE MATERIAIS E MÉTODOS SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO

### 6.2.1 Tintas naturais

As tintas naturais, são fabricadas totalmente através de insumos retirados da natureza (fontes animais, vegetais ou minerais), e ainda sem a adição de produtos químicos, componentes sintéticos ou materiais derivados do petróleo, podendo substituir as tintas industrializadas presentes hoje no mercado.

Pensando do ponto de vista da duração da tinta, ela precisa de manutenção num período maior que a tinta industrializada, o que é normal de se perceber, uma vez que a mesma não passa por todos os processos químicos que a outra. Porém, quando se analisa o custo, apesar de hoje as tintas comuns já estarem mais acessíveis ao público de baixa renda, a extração dos pigmentos na natureza, torna o custo baixo.

No entanto, se forem utilizadas alternativas ecologicamente mais viáveis (em especial, se for considerada a energia embutida), como a goma de babosa, goma de cacto ou polvilho, este valor é nulo se considerarmos que a extração da matéria prima para pigmentos seja simples (FARIA, 2015).

Ainda segundo Faria (2015), os usos das tintas naturais agregam os seguintes benefícios à edificação: diminuição dos impactos ambientais (emissão dos COV's), gasto em energia embutida (fabricação da tinta industrializada, quando comparada ao processo manual de fabricação da tinta natural), saúde humana e salubridade dos ambientes internos (não sofrendo com a síndrome do edifício enfermo).

### 6.2.2 Telha ecológica

As telhas ecológicas são vantajosas de serem utilizadas quando comparadas às telhas de cerâmica comuns, simplesmente pensando na sua definição, por serem telhas concebidas através da reutilização de resíduos sólidos como o concreto, a madeira, plásticos e até mesmo gesso.

Segundo o estudo realizado por Tesky, Gonçalves e Nagali (2014), pode se ver de um modo geral que as telhas ecológicas trazem as seguintes vantagens: tem maior durabilidade e facilitada manutenção (o que diminui muito o custo), seu descarte após a vida útil pode ser feito diretamente em áreas de transbordo e triagem e também em aterros sanitários (o que

contribui para sua reutilização e minimização de impactos ambientais), dependendo do material utilizado podem diminuir o albedo (razão entre os raios de luz incidentes em uma superfície que são refletidos e difundidos, pela quantidade total de raios incidentes), o que em grandes capitais, diminuem a incidência de ilhas de calor, apresentam maior eficiência no isolamento térmico.

É importante ressaltar que ainda existem algumas desvantagens na sua utilização e elas se resumem basicamente ao custo. Como foi demonstrado por esses mesmos autores citados, apesar de trazerem todos esses benefícios, ainda existe um alto valor agregado, seja pelo tratamento de reutilização de um determinado resíduo, seja pela instalação e operação de um determinado maquinário para fabricação das mesmas.

### **6.2.3 Telhado verde**

Como poder ser visto a seguir, a opção pela utilização de telhados verdes nas construções serve sim como um modo de lutar pela diminuição dos impactos ambientais oriundos da atividade humana e do ambiente construído.

Outro aspecto importante é que com a instalação de telhados verdes, as cidades se tornam ambientes habitáveis, recuperando espaços e trazendo o benefício da convivência de espécies não comumente vistas nas grandes cidades como formigas, aranhas, besouros, maçaricos, entre outros, além de espécies de plantas como as orquídeas que, em Zurique na Suíça, numa cobertura verde de 95 anos, é um refúgio para novas espécies (SILVA, 2011).

Com base nisso, o profissional da construção civil tem uma grande responsabilidade no sentido de integrar e trazer sempre inovações para o ambiente construído, principalmente nos grandes centros urbanos.

Sendo assim, de acordo com Baldessar (2012), a solução de utilização do telhado verde traz os seguintes benefícios: economia de energia gerada pós construção, retenção e aproveitamento das águas pluviais (o que diminui o risco de enchentes e alagamentos), benefícios psicológicos e sociais, além de toda a questão da qualidade arquitetônica. Todos esses benefícios compensam o alto custo inicial que se dilui ao longo do tempo de utilização.

Confirmando o que já foi dito anteriormente, o estudo conduzido por Silva (2011), mostrou que apesar de existirem várias formatos e formas de construir um telhado verde (sejam eles em sistemas extensivos, intensivos ou semi-intensivos), este tem boa capacidade de armazenar água da chuva, o que acarreta na diminuição do escoamento superficial.

### 6.2.4 Cimento ecológico

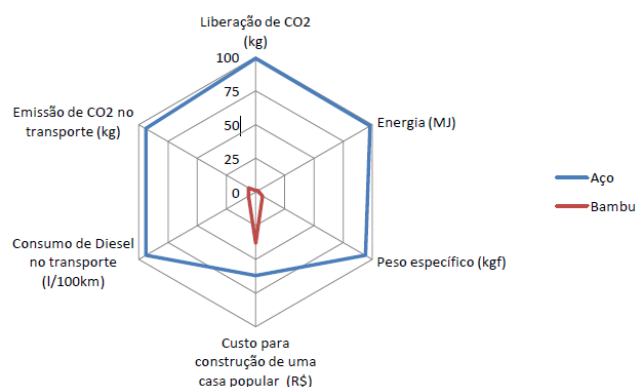
Antes de mais nada, é importante ressaltar que a solução ideal para o problema dos resíduos provenientes do uso do cimento, e conseqüentemente, das argamassas e concretos, vem da diminuição da utilização das mesmas, o que pode ser feito com o uso de madeiras, aços, polímeros, dentre outros, como já foi previamente discutido.

Porém, quando o cimento ainda for a opção necessária, fazer o uso do cimento ecológico já auxilia na diminuição dos impactos gerados. A alternativa mais considerada hoje é o uso de resíduos da própria construção como agregado. “Esta medida aliada à preferência por cimento que possua menor energia embutida, conteúdo de resíduos (CPIII e CP IV) e menor emissão de CO<sub>2</sub> na fabricação, pode ser uma solução mais sustentável para o uso deste material tão flexível e globalizado” (OLIVEIRA, 2009).

### 6.2.5 Bambu

De acordo com Delgado (2011), o bambu apresenta estabilidade estrutural até temperaturas de 200°C. Independentemente da idade do mesmo, sua capacidade de sequestro de carbono é de 45%, valores estes similares às madeiras pinus e eucalipto, porém, levando em consideração a rapidez de crescimento e sua produtividade anual, acaba sendo mais vantajoso. Ainda pensando no seu desempenho estrutural, quando comparado com o aço, pode se ver que aquele apresenta mais vantagens que este como pode ser visto no Gráfico 1:

Gráfico 1 - Diferença na utilização de bambu no lugar do aço na construção, levando em conta custos e emissão CO<sub>2</sub>



Fonte: Delgado (2011).

Como pode ser observado, o bambu possui características químicas e física viáveis, rápido crescimento, fácil cultivo e manejo, baixo custo. Pode ser amplamente explorado na substituição de outros materiais, como a madeira e o aço na construção civil, e como reforço a outros materiais, como no caso dos polímeros, quando explorada a fibra de bambu. Pode também ser usado em substituição à madeira em móveis e artefatos, armazenando carbono e contribuindo com a diminuição dos problemas ambientais.

### **6.2.6 Painel solar**

Parando para analisar a matriz energética brasileira atual por uma simples observação a jornais e mídias televisivas, vê-se que a energia hidrelétrica não se faz mais tão presente devido a ainda persistente crise hídrica, e constata-se que tem sido utilizada cada vez mais a matriz termoeletrica. Esta última além de ser extremamente agressiva ao meio ambiente (por fazer uso de madeiras e principalmente carvão, que emitem muito CO<sub>2</sub>), aumentam muito as tarifas e, por consequência, o custo da utilização desses serviços (segundo dados divulgados pelo DIEESE em 2007, entre 1998 a 2006, o custo da tarifa elétrica residencial aumentou no total de 146,17%). Analisado isso, o uso de painéis solares, mesmo com alto custo inicial, é uma das alternativas energéticas mais interessantes atualmente.

Desse modo, o dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos voltados para a autossuficiência energética da edificação torna-se uma alternativa viável, proporcionando ao consumidor/gerador injetar o excedente gerado na rede e dela adquirir a energia gerada de forma convencional nos períodos nos quais não há insolação. (TORRES, 2012).

### **6.2.7 Análise dos resultados**

De modo a verificar a aplicabilidade dos materiais e métodos em obra, foi montada a Tabela 3 para avaliar a viabilidade técnica, ambiental e econômica, como resumo do estudo.

Tabela 3 – Estudo da viabilidade técnica, ecológica e financeira dos materiais e métodos ecológicos em obras

<b>MATERIAIS/ MÉTODOS</b>	<b>VIABILIDADE TÉCNICA</b>	<b>VIABILIDADE ECOLÓGICA</b>	<b>VIABILIDADE FINANCEIRA</b>
Tintas Naturais	X	X	X
Telha Ecológica	X	X	
Telhado Verde	X	X	X
Cimento Ecológico	X	X	X*
Bambu	X	X	X
Painel Solar	X**	X	X***

\* Cimento comumente utilizado nas construções, fica vantajoso economicamente quando comparado a cimentos CPIV e CPV

\*\* Sujeito a disponibilidade de instalação na região

\*\*\* Retorno financeiro a longo prazo

Fonte: Autor (2017).

### 6.3 ESTUDO SOBRE A DISPOSIÇÃO, REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL, DE ACORDO COM A PRECONIZAÇÃO DA RESOLUÇÃO DO CONAMA 307/2002

#### 6.3.1 Resíduos de concreto e cerâmicos

Estes dois tipos de resíduos são passíveis de serem reutilizados nas obras como agregados, sendo eles miúdos ou graúdos, podendo entrar na fabricação de blocos de alvenaria ou concreto, ou na mistura de argamassa. Diversos autores como Brasileiro (2015); Reis (2006) e Silva (2006), já atestaram a isto e seguem algumas das conclusões que são um consenso no meio prático e acadêmico:

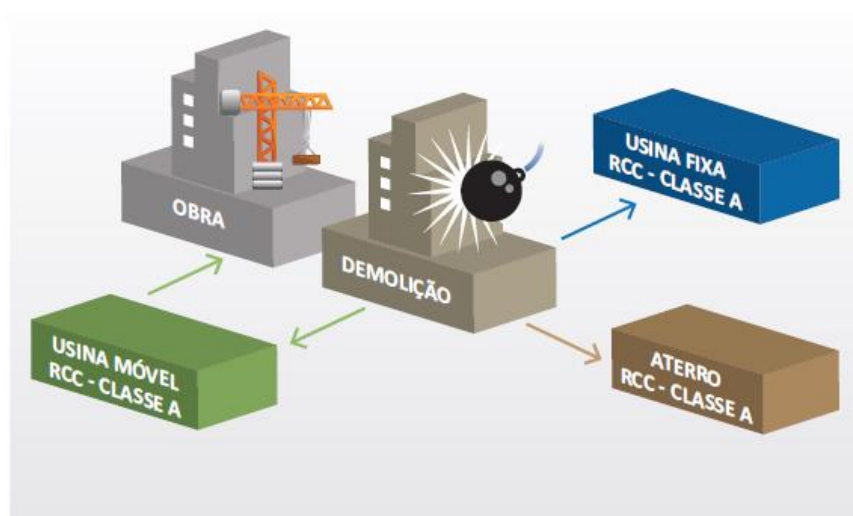
- Os resíduos de concreto e cerâmicos tem potencial para gerar “um novo material”, que é economicamente mais interessante;
- A granulometria é muito influenciada pelo processo de britagem;



- A resistência à compressão é muito pouco influenciada pela presença dos agregados reciclados. Quando é feito o concreto somente com agregado reciclado, a resistência chega até a ser maior, atendendo inclusive a algumas exigências normativas (por exemplo: NBR 7173 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural e NBR 9781 – Peças de concreto para pavimentação);
- A qualidade dos agregados reciclados depende do estado do resíduo original, ou seja, quando são provenientes de várias fontes e sem prévia separação, podem levar a sua inutilização. Existe uma correlação quanto ao processo de demolição, britagem, peneiramento e armazenamento deste novo material;
- Os agregados reciclados absorvem muita água, então é preciso ter cuidado na hora de fazer a dosagem no concreto, pois pode atrapalhar a trabalhabilidade do mesmo;
- Para a fabricação de blocos cerâmicos, a incorporação dos agregados (valores em porcentagem), influencia na temperatura final que será usada na fabricação dos blocos.

A Figura 8 esquematiza as opções que podem ser dadas a estes resíduos quando a sua origem vem de atos de demolição.

Figura 8 - Destinação dos resíduos cimentícios e cerâmicos das obras, quando há demolição



Fonte: Ângulo et al (2015).

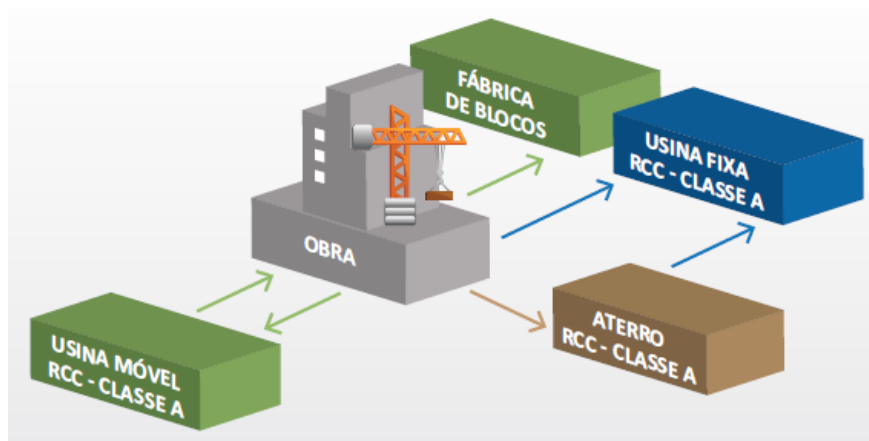
Geralmente, a solução convencional é mandar os resíduos para os aterros de inertes, porém, esta não é a melhor solução, pois, além de gerar mais custos com aterros distantes e que, normalmente, não são munidos de britadores para fazer a reciclagem dos materiais.

Outra opção é encaminhar o resíduo para uma unidade fixa de reciclagem, fora da obra, que fica a uma distância menor da mesma e permite que o agregado seja reutilizado no empreendimento. Esta solução só não é tão boa, pois ainda demanda que os resíduos sejam transportados entre lugares, o mais interessante é a unidade móvel de reciclagem, pois esta além de permanecer na obra, já facilita a logística reversa, incorporando o agregado reciclado.

Na destinação convencional, os resíduos (classe A e B) são geralmente depositados em caçambas fora do local da obra, e depois enviados para uma área de transbordo e triagem (ATT). Após a triagem os resíduos classe A são enviados para aterro de resíduos inertes de construção civil ou então para usinas de reciclagem fixa (neste caso, acaba ocorrendo a reciclagem dos mesmos).

Outra alternativa é o envio dos resíduos diretamente para os fabricantes de artefatos de concreto/cerâmicas, pois eles já fazem todo o processo de reciclagem e posteriormente, os responsáveis pela obra compram os artefatos do produtor. Outra opção é a utilização de unidades móveis de britagem, além de viabilizar a logística reversa, já garante a utilização dos agregados reciclados na obra (Figura 9).

Figura 9 - Destinação dos resíduos cimentícios e cerâmicos das obras, quando não há demolição



Fonte: Ângulo et al (2015).

A Quadro 1 conceitua as condições que viabilizam a reciclagem dos resíduos cimentícios e cerâmicos na obra:

Quadro 1 - Condições para Reciclagem de Resíduos Cimentícios e Cerâmicos

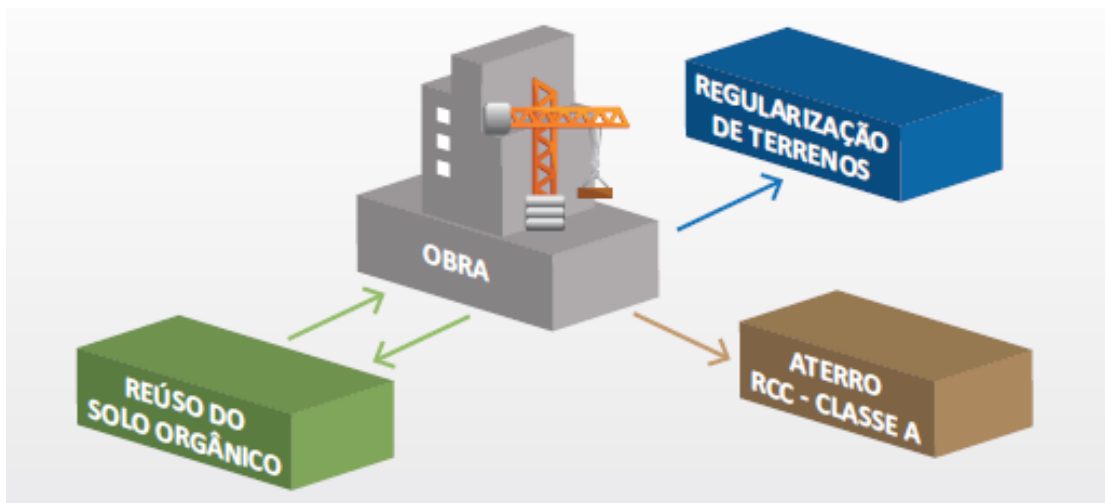
<b>Destinação</b>	<b>Ganhos Ambientais</b>	<b>Limitantes</b>
ATT e/ou aterros RCC	Simple, porém não gera os melhores ganhos ambientais possíveis	Não há
Aterros RCC	Simple, porém não gera os melhores ganhos ambientais possíveis	Precisa triar entre os resíduos classe A e B
ATT e/ou usinas fixas de reciclagem (fora da obra)	Permite a reciclagem e aproveitamento do material de construção Custo de transporte é normalmente menor que o para envio à aterros Segunda alternativa que mais reduz custos com a gestão do resíduo	Precisa triar entre os resíduos classe A e B, não pode conter solo de escavação Pode haver restrição de recebimento de cargas com grande concentração de cerâmicas Altos volumes de resíduos e destinação muito concentrada pode inviabilizar a destinação
Fábrica de blocos de concreto (fora da obra)	Permite a reciclagem e aproveitamento do material na construção Não haverá custo de destinação, mas pode haver o de transporte	Alvenaria tem que ser executada com blocos de concreto Os blocos que formaram o resíduo têm que ser do fabricante que está se propondo a reciclá-los Deve haver uma triagem muito bem feita para separação dos resíduos de todas as classes Altos volumes de resíduos e destinação muito concentrada pode inviabilizar a destinação
Usinas móveis de reciclagem (dentro da obra)	Permite a reciclagem e aproveitamento do material na construção Não possuem custos de destinação Alternativa que mais reduz custos com a gestão deste resíduo	Precisa triar entre os resíduos classe A e B, não pode conter solo de escavação Requer volume mínimo de resíduo a ser triado (1000m <sup>3</sup> ) Deve ser dada a preferência para utilização de grande parte dos resíduos reciclados A redução de custo depende da quantidade e tipo de agregado natural (brita ou areia) substituída pelo reciclado

Fonte: Adaptado de Ângulo et al (2015).

### 6.3.2 Solos

A reutilização do solo enquanto resíduo de construção civil pode ser dada tanto como material de regularização de terreno em outras obras, quanto como solo orgânico dentro da própria obra, sendo esta última opção, a mais interessante pois não envolve o transporte do material. Para a sua disposição, por também se tratar de um resíduo classe A, basta enviá-lo para um aterro de inertes, como pode ser verificado na Figura 10.

Figura 10 – Destinação dos resíduos de solo



Fonte: Ângulo et al (2015)

O Quadro 2 reúne as condições necessárias para reutilização/disposição do solo como resíduo de construção.

Quadro 2 – Condições para reutilização do resíduo Solo

<b>Destinação</b>	<b>Ganhos Ambientais</b>	<b>Limitantes</b>
Aterros RCC	Simples, porém não gera os melhores ganhos ambientais possíveis	Precisa triar entre os resíduos classe A e B
Regularização de terrenos (fora da obra)	Permite a reciclagem e aproveitamento do material na construção Custo de transporte é normalmente menor que o para envio à aterros Reduz custos com a gestão de resíduos classe A	Garantir que o solo não está contaminado Compatibilidade com o solo local. Analisados com base na caracterização de resíduos/valores pela CONAMA Verificação sobre a legalidade do local para uso do solo
Minimização, por meio do planejamento de corte e aterro na implantação do projeto, ou reuso do solo orgânico (dentro da obra)	Permite a reciclagem e aproveitamento do material na construção Não haverá custo de destinação e nem de transporte Alternativa que mais reduz custos com a gestão de resíduos classe A	Requer estudos e alteração do projeto de implantação Requer grande área de estoque no canteiro para reuso Requer a adoção de procedimentos específicos de escavação durante as atividades de terraplenagem

Fonte: Adaptado de Ângulo et al (2015)

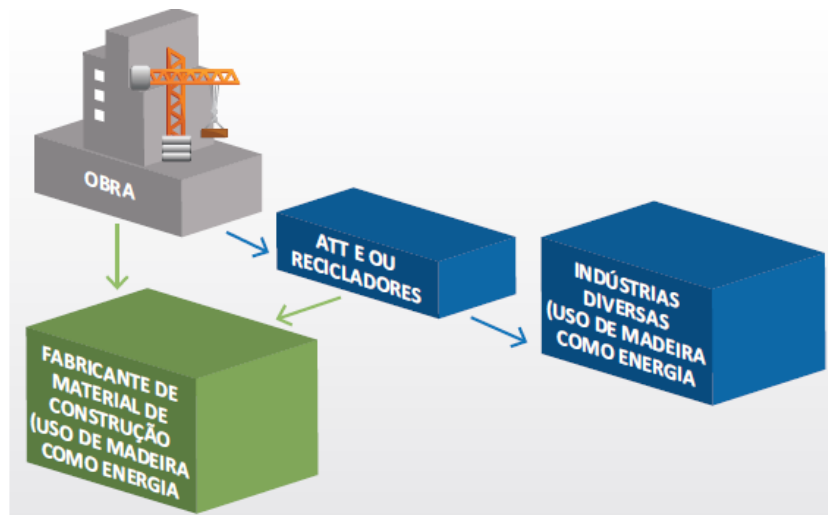
### 6.3.3 Madeiras

Os resíduos de madeira podem ser reciclados/reutilizados principalmente destas formas, segundo o estudo do SINDUSCON-SP (2015), da maneira que segue:

- Reutilização dos resíduos para queima em fornos de olarias, no formato de cavacos (mais perigoso ambientalmente, pois o processo de queima não é tão controlado e ocorre a emissão de gases);
- Reutilização como combustível em empresas que fabricam material de construção (exemplo: MDF), apesar de não existir o apelo da logística reversa, é mais ecológico, pois a queima é feita de maneira controlada.

Um fator importante de ser ressaltado é que a disposição do resíduo de madeira em aterros sanitários não deve ser feita de qualquer forma, pois ao ser disposto e coberto com terra, na sua decomposição, ele irá soltar gás metano, que é muito mais poluidor que o gás carbono. As melhores práticas estão descritas na figura 11 e quadro 3 abaixo:

Figura 11 – Destinação dos resíduos de madeira das obras



Fonte: Ângulo et al (2015)

Quadro 3 – Condições para Reutilização da Madeira

Destinação	Ganhos Ambientais	Limitantes
ATT e/ou reciclador de madeira para outras indústrias (fora da obra)	Simple, porém não gera os melhores ganhos ambientais possíveis	Não há
Reciclador de madeira para a construção (fora da obra)	Permite a reciclagem e aproveitamento dentro do setor da construção Reduz custo de destinação e nem de transporte Alternativa que mais reduz custos com a gestão de resíduos classe A	Requer controle das condições de armazenagem dos resíduos de madeira, de forma a garantir material bem compactado (aprox. 230 kg/m <sup>3</sup> ) para o transporte Requer concentração de maior volume de resíduos de madeira e uso de caçambas de maior porte (caixas <i>roll on, roll off</i> ) nas obras

Fonte: Adaptado de Ângulo et al (2015)

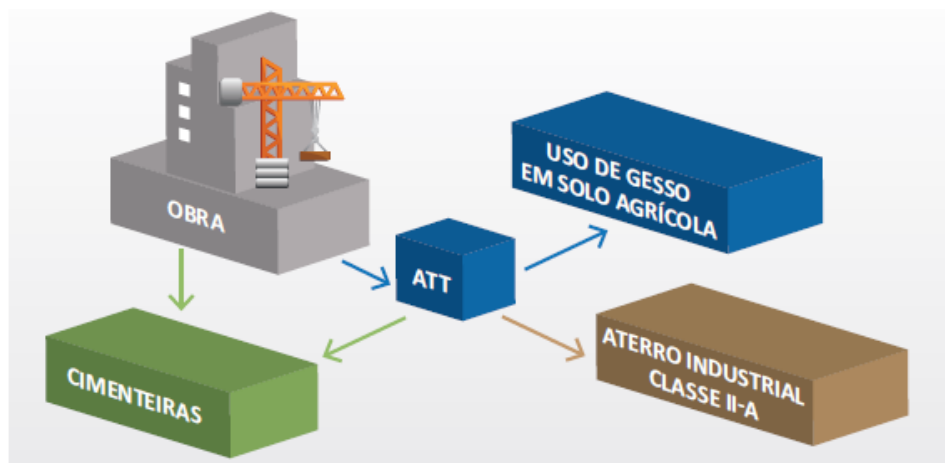
### 6.3.4 Gesso

Dentre as possíveis formas de reutilizar e reciclar o gesso, pode-se destacar as seguintes:

- Indústria cimenteira: para retardar o tempo de pega do cimento (propicia a logística reversa);
- Setor agrícola: para corrigir a acidez do solo e melhorar suas características;
- Na própria indústria de fabricação de gesso.

O maior problema ambiental que cerca o gesso, vem na hora de sua disposição, pois o mesmo precisa ser disposto em um ambiente controlado. Resíduos de gesso só podem ser aterrados sob condições restritas. A lixiviação do gesso pode contaminar a água e o solo (JANG; TOWNSEND, 2001). A disposição de resíduos de gesso em aterros sanitários, juntamente com resíduos orgânicos, também não deve ser feita por conta dos riscos ambientais associados à formação de gás sulfídrico (MONTERO et al., 2010). Deste modo, o gesso deve ser disposto em local impermeabilizado e longe de resíduos orgânicos, conforme esquema da figura 12 e quadro 4.

Figura 12 – Destinação dos Resíduos de Gesso na Obra



Fonte: Ângulo et al (2015)

Quadro 4 – Condições de Reciclagem do Gesso

<b>Destinação</b>	<b>Ganhos Ambientais</b>	<b>Limitantes</b>
ATT e/ou aterro industrial classe II A	Simple, porém não gera os melhores ganhos ambientais possíveis	Não há
ATT e/ou uso agrícola	Permite reciclagem e aproveitamento do material	Controle de triagem rigoroso, resíduo de gesso de alta pureza
ATT e cimenteiras (fora da obra)	Permite a reciclagem e aproveitamento dentro do setor da construção Reduz custo de transporte e destinação final dos resíduos	Controle de triagem rigoroso, resíduo de gesso de alta pureza

Fonte: Adaptado de Ângulo et al (2015)

### 6.3.5 Plástico

O plástico é um resíduo Classe B e a ele podem ser dadas as seguintes reutilizações/reciclagens:

- Pode ser usado como matéria prima na substituição, por exemplo, de madeira quando a carga que lhe é aplicada não envolve a necessidade de grande resistência estrutural (o que pode por exemplo, diminuir a derrubada de árvores);
- Na substituição da madeira em estruturas de telhado, por ser mais resistente à ação da água, o plástico não apodrece e proporciona maior resistência ao longo do tempo;
- Além de fazer a reciclagem para a produção de plástico novamente, através da sua queima de maneira controlada.

Caso a opção venha a ser a disposição do resíduo, as alternativas são a disposição em aterros controlados, aterros sanitários e em área de transbordo e triagem.

### 6.3.6 Papel/Papelão

Tanto o papel quanto o papelão são resíduos que se enquadram na Classe B. O estudo feito pelo SINDUSCON-SP (2015) preconizou as seguintes reutilizações:



- Quando o papel é reciclado, ele pode vir a se tornar novamente embalagens de materiais de construção;
- Tubos de papelão podem ser usados tanto para vedação quanto para a parte estrutural da obra. Porém, seu uso deve ser bem dimensionado para poder aguentar aos esforços mecânicos, pois sua resistência é baixa, e devidamente tratado para resistir a absorção da umidade;
- O papelão pode ser usado em diferentes formas estruturais: arcos, treliças, tesouras, com exceção de vigas.

Quando for necessária à sua disposição, o correto é enviar o resíduo para uma ATT, onde será devidamente encaminhado para uma unidade de reciclagem de papel.

### **6.3.7 Vidro**

O vidro pode ser reutilizado/reciclado diretamente na produção de fibra de vidro. Esta por sua vez, pode ser incorporada diretamente na construção civil, através de sua aplicação em argamassas e calçamentos. Para sua disposição, o correto é fazer a separação do resíduo de qualquer outro para ajudar na coleta e não ferir o profissional de limpeza, e quanto o mesmo não for enviado para uma usina de reciclagem, pode ser enviado para uma ATT ou para um aterro de inertes.

### **6.3.8 Considerações finais quanto à disposição dos resíduos**

É muito importante ter o conhecimento da área onde se está construindo ou reformando, além do conhecimento de todo o entorno, pois isso irá auxiliar na hora de dar a correta destinação final aos resíduos.

Duas NBRs muito importantes que valem a pena o destaque aqui, são as de número 15112 e 15113, que falam respectivamente sobre: “Resíduos de construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação” e Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação”.

Para saber mais informações quanto à ATT, aterros sanitários e de inertes, basta consultar o setor de obras públicas do município em questão. E em casos mais específicos que

envolvam a logística reversa, o conhecimento das empresas locais junto com o contato com as mesmas, facilita neste sentido.

### 6.3.9 Alternativas de disposição de resíduos e as devidas responsabilidades

A Quadro 5 tem o objetivo de abordar alguns resíduos, separados em classes A/B/D, e mostrar por onde pode ser dada a sua destinação e de quem é a responsabilidade da reciclagem (quando aplicável) e da disposição final.

Quadro 5 – Responsabilidades e disposição dos resíduos por classe e tipo

(continua)

Classe dos resíduos	Subcategorias	Destinos Legais	Tipo de Ação
Classe A	Cimentícios e Cerâmicos	Aterro de resíduos de construção civil (Aterro RCC), passando ou não por ponto de entrega voluntária (PEV) ou área de transbordo e triagem (ATT)	Responsabilidade Compartilhada
		Usina fixa de reciclagem (uso fora da obra), passando ou não por PEV ou ATT	Logística Reversa
		Fábricas de blocos de concreto ou outros fabricantes de materiais (uso fora da obra)	Logística Reversa
		Usina móvel de reciclagem (uso dentro da obra ou em outras obras próximas)	Logística Reversa
	Solos de Escavação	Aterro de resíduos de construção civil (Aterro RCC), passando ou não por PEV ou ATT	Responsabilidade Compartilhada
		Regularização de terrenos (uso fora da obra)	Logística Reversa
		Paisagismo (uso do solo orgânico dentro ou próximo da obra)	Logística Reversa

Quadro 5 – Responsabilidades e disposição dos resíduos por classe e tipo

(continuação)

Classe dos resíduos	Subcategorias	Destinos Legais	Tipo de Ação
Classe B	Papel/Plásticos (PE, PP, PVC)	Outras indústrias (incineração com uso da energia), passando ou não por PEV ou ATT ou intermediários (sucateiros, ONGs de catadores, etc.) Fabricantes de papéis e plásticos de uso na construção, passando ou não por PEV, ATT ou intermediários (sucateiros, ONGs de catadores, etc.)	Responsabilidade Compartilhada  Logística Reversa
	Madeira Serrada	Biomassa (outras indústrias) passando ou não por PEV, ATT, intermediários (sucateiros, catadores, etc.)	Responsabilidade Compartilhada
	Madeira industrializada (compensados, MDFs, OSBs)	Paisagismo, passando ou não por PEV, ATT ou intermediários (sucateiros, catadores, etc.)	Logística Reversa
	Metals (incl. Latas de tinta totalmente vazias)	Fabricantes de madeira industrializada (uso como biomassa-queima > 800°C), passando ou não por PEV, ATT ou intermediários (Sucateiros, catadores, etc.)	Logística Reversa
	Gesso	Siderúrgicas (sucata metálica), passando ou não por PEV, ATT ou intermediários (sucateiros, catadores, etc.)	Logística Reversa
	Tinta endurecida à base d'água (<1/3 lata)	Aterro Classe II A (industrial), passando ou não por PEV ou ATT Solo agrícola, passando ou não por PEV ou ATT	Responsabilidade Compartilhada Responsabilidade Compartilhada
	Tinta fresca à base d'água (>1/3 lata)	Cimenteira, passando ou não por PEV ou ATT	Logística Reversa
		Indústrias, passando ou não por PEV ou ATT (incineração como energia)	Responsabilidade Compartilhada
		Reuso (escolas, igrejas), passando ou não por PEV ou ATT	Logística Reversa

Quadro 5 – Responsabilidades e disposição dos resíduos por classe e tipo

(conclusão)

<b>Classe dos resíduos</b>	<b>Subcategorias</b>	<b>Destinos Legais</b>	<b>Tipo de Ação</b>
Classe D	Tinta com metal pesado à base de solvente	Incineração e aterro resíduo Classe I, passando ou não por PEV ou ATT	Responsabilidade Compartilhada
	Madeira tratada (CCA etc.)	Aterro resíduo Classe I (incineração pode não ser recomendada), passando ou não por PEV ou ATT	Responsabilidade Compartilhada
	Cimento amianto	Aterro resíduo Classe I, passando ou não por PEV ou ATT	Responsabilidade Compartilhada
	Outros	Consultar o destino recomendado pelas Fichas de Informações de Segurança do Produto Químico (FISPQ)	Responsabilidade Compartilhada

Fonte: Adaptado de Ângulo et al (2015)

#### 6.4 AVALIAÇÃO DA IMPORTÂNCIA DAS CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS PARA AS EDIFICAÇÕES

Esta seção de discussão tem o objetivo de mostrar a importância das certificações ambientais e os impactos positivos que elas causam na sociedade quando efetivamente postas em prática, como mostra um estudo de caso na Turquia, realizado por Aktas e Ozorhon (2015).

Este estudo de caso analisou seis construções já existentes e que passaram por um processo para torná-las aceitáveis aos requisitos para obtenção do selo da certificação LEED. Para isso, foram feitas as análises dos métodos utilizados e entrevistas com todas as partes interessadas envolvidas nos projetos. Foram analisados sete critérios: motivações, recursos, implementação dos métodos sustentáveis, barreiras, facilitadores, benefícios e impactos. Os resultados obtidos foram comparados com os dados presentes na literatura, referente a novas construções e a antigas.

Dos seis empreendimentos analisados, cinco pertenciam à esfera privada e um à esfera pública. Pode ser observado que o setor privado toma a dianteira por dois motivos: a facilidade na alocação de recursos e devido à competitividade entre as empresas. Enquanto o setor público se caracteriza por fazer novas obras e o setor privado foca nos dois vieses.

Como resultado, percebeu-se que, para edificações novas:

- O maior motivador para realizar este processo de tornar-se um prédio ambientalmente sustentável com base nas certificações, vinha das políticas ambientais dos clientes;
- O maior custo nos investimentos vem em contratar um especialista em certificações ambientais;
- As renovações envolviam várias medidas de aumento da eficiência energética de acordo com o *design* e performance das instalações;
- As maiores barreiras foram a não disponibilidade de materiais aprovados para o LEED e dificuldades nas documentações;
- O comprometimento dos donos, suporte dos principais gerenciadores, e o trabalho colaborativo entre as partes interessadas do projeto foram os principais facilitadores;
- Grandes reduções foram alcançadas no consumo de água, gás e eletricidade;
- A imagem corporativa das empresas foi mais valorizada e várias lições foram aprendidas.

Quando comparado com edificações novas, observou-se o seguinte nas reformas:

- A auto-regulamentação foi o fator principal para iniciar o processo de tornar sustentáveis os prédios, diferentes dos novos, que seguem as determinações governamentais. Além de que a vontade do cliente de adequar o seu prédio as novas regulamentações são muito importante, o que faz com que esse processo de tornar sustentável os prédios existentes, depende muito mais da sociedade tomar a iniciativa, para que isso sirva de estímulo para todos;
- A arquitetura do prédio limita o processo de renovação. O nível desta e a classificação que se irá atingir depende altamente do *design* arquitetônico e da atual eficiência destes. Ou seja, para cada prédio existe uma forma diferente de agir, o que não se observa em construções novas, estas que apresentam maior flexibilidade;
- Em prédios existentes, os donos não buscam o custo com um fator limitante do processo de renovação, ao contrário de novas construções, pois os benefícios

superam os gastos. A sua própria política ambiental determina o nível de reforma e grau de certificação na medida em que eles mesmos determinam o quanto vão gastar;

- O maior impacto da certificação é o reconhecimento e aumento da imagem da empresa, além desse fato, existem impactos adicionais em novos prédios, assim como novas experiências e aumento na capacidade técnica e organizacional.

Como pode ser visto neste estudo de caso usado como exemplo, é viável a aplicação dos conceitos das certificações em edificações novas e a sua adaptação em obras já finalizadas. Destaca-se aqui as demais certificações, com ênfase na AQUA e Selo Casa Azul, com o seu potencial de prover uma mudança na forma como as construções podem ser feitas, no sentido de mesmo que não exista um gestor de projetos contratado especificamente para a sua avaliação, mas que ainda assim possam trazer mais qualidade à construção, diminuir a sua agressividade no meio, diminuir o desperdício de energia e água, promover a gestão de resíduos gerados e diminuir o uso dos recursos naturais.

## 7 CONCLUSÕES

Com a realização deste trabalho e levando em consideração as conclusões obtidas tanto pela revisão na bibliografia e na observação das práticas e tomadas de decisão em campo, pode-se observar a importância que a conscientização e principalmente o conhecimento sobre o meio ambiente tem na construção civil. É um dos itens fundamentais para a solução do problema da geração de resíduos no setor. Como já foi discutido anteriormente, é muito importante existirem políticas públicas realmente eficientes no sentido de conscientizar todos os envolvidos na cadeia da construção para os problemas ambientais, e para aqueles que já tem o tato para esta situação, muni-los com informações e métodos sustentáveis, para que possam efetivamente causar uma mudança e praticar a construção sustentável.

Priorizando neste caso o fator conhecimento, neste trabalho é possível avaliar diversos sistemas construtivos existentes, enfocando as residências unifamiliares, que em sua maioria acabam por serem construídas em concreto armado, o que gera muitos resíduos, muitos desperdícios, retrabalhos, descartes ilegais e muito dano ao meio ambiente. Neste caso, a falta do conhecimento sobre a viabilidade técnica, econômica e ecológica sobre outras possibilidades em termos de sistemas construtivos, materiais e técnicas dificulta mudanças no atual cenário referente a tais edificações. Para minimizar possíveis problemas ao máximo e ainda proporcionar uma construção que seja viável técnica e economicamente, pode ser feita a opção pela construção em *light steel framing*, *wood frame* e construção em *containers*. Indo mais além, e pensando em empreendimento de habitações populares, o sistema construtivo que se destaca, levando em consideração os três critérios de viabilidade, é o método da construção de paredes de concreto moldadas *in loco*.

Para trazer mais sustentabilidade à obra, existem materiais e metodologias ecológicas alternativas que, além de diminuir a geração de resíduos, propõem a reciclagem e reutilização dos mesmos e diminuem o seu impacto ambiental como um todo. Pode-se então destacar a utilização dos seguintes materiais na construção de edificações: tintas ecológicas, cimentos naturais e bambus. E, pensando nos ganhos ambientais que podem ser gerados quando analisando a longo prazo, podem ser agregados à construção, a utilização de telhados verdes e painéis solares.

Outra conclusão vem da importância de saber quais devem ser os possíveis destinos, reuso e reciclagem que podem ser dados aos resíduos na obra. Para facilitar a gestão, primeiro deve-se separá-los corretamente nas suas respectivas classes (de acordo com a Resolução CONAMA 307/2002) e em suas famílias características (resíduos de alvenaria, concreto,

cerâmicos, gesso, etc.). Uma vez feito isso, basta analisar caso a caso e optar pelo método sustentável que menos cause impacto ao meio ambiente, que invariavelmente será: sua disposição (seja em áreas de transbordo e triagem, aterros de inertes ou aterros sanitários), reciclagem (interno ou externo a obra) e sua reutilização no ciclo construtivo (reuso sem nenhuma transformação, ou por meio da logística reserva com a transformação em outros materiais).

E por fim, destaca-se a importância do conhecimento das certificações ambientais e principalmente de seus critérios e métodos de avaliação. Em alguns casos, pode ser difícil e oneroso contar com um profissional de gestão de projetos para avaliação do empreendimento, porém, o simples fato dos envolvidos saberem quais atitudes durante a obra podem ser tomadas para promover o desenvolvimento e obter a construção sustentável, já serve para minimizar a geração de resíduos, propor uma construção mais limpa e eficiente, preservar os recursos naturais, economizar água e energia e diminuir o potencial agressivo do setor da construção civil no meio ambiente.



## REFERÊNCIAS

- AGUIRRE, L. M.; OLIVEIRA, J.; BRITTO CORREA, C. Habitando o container. *In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL NUTAU 2008 – ESPAÇO SUSTENTÁVEL – INOVAÇÕES EM EDIFÍCIOS E CIDADES*, 7., 2008, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Universidade de São Paulo - USP, 2008.
- AKTAS, B.; OZORHON, B. *Green building certification process of existing buildings in developing countries: cases from turkey*. *Journal of Management in Engineering*, Istanbul, v. 31, n. 6, p. 1-8, 2015.
- ALIMENA, L. A. M. **Estudo comparativo do coeficiente de condutividade térmica de espuma rígida de poliuretano obtida por reciclagem mecânica e química**. 2009. 56 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) – Faculdade de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- BALDESSAR, S. M. N. **Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada**. 2012. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- BARBOSA, E. M. L. **Análise comparativa entre alvenaria em bloco cerâmico de vedação e drywall**. 2015. 21 f. Monografia (MBA Gerenciamento de Obras, Tecnologia & Qualidade da Construção) - Instituto de Pós-Graduação, Uberlândia, 2015.
- FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU. **Introdução à alvenaria estrutural**. Disponível em: <http://www.feb.unesp.br/pbastos/alv.estrutural/Alv.%20Estrutural%20-%20Introducao.ppt>. Acesso em: 18 dez. 2018.
- BETSUYAKU, R. Y. **Construção de eco tijolos com adição de areia diatomácea**. 2015. 136 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Materiais) – Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 14001**: sistemas de gestão ambiental: requisitos com orientações para uso. Brasília: ABNT, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15112**: dispõe sobre resíduos da construção civil e resíduos volumosos: áreas de transbordo e triagem: diretrizes para projeto, implantação e operação. Brasília: ABNT, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15113**: dispõe sobre resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: aterros: diretrizes para projeto, implantação e operação. Brasília: ABNT, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15114**: dispõe sobre resíduos sólidos da construção civil: áreas de reciclagem: diretrizes para projeto, implantação e operação. Brasília: ABNT, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15115**: dispõe sobre resíduos sólidos da construção civil: agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: execução de camadas de pavimentação: procedimentos. Brasília: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15116**: dispõe sobre resíduos sólidos da construção civil: agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural: requisitos. Brasília: ABNT, 2004.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 307**: estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília: CONAMA, 2002.

Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>. Acesso em: 04 jun. 2017.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº. 348**: altera a resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Brasília: CONAMA, 2004. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama>. Acesso em: 04 jun. 2017.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 431**: altera o art. 3o da resolução no 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. Brasília: CONAMA, 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>. Acesso em: 04 jun. 2017.

BRASÍLIA. Decreto Nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2010. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm). Acesso em: 04 jun. 2017.

BRASÍLIA. Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2010. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm). Acesso em: 04 jun. 2017.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**, Teresina, v. 61, n. 358, p. 1-12, 2015.

CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO DO BRASIL. **Leis federais**. Disponível em: <https://transparencia.caubr.gov.br/leisfederais/>. Acesso em: 12 maio 2017.

DELGADO, P. S. **O bambu como material eco-eficiente**: caracterização e estudos exploratórios de aplicações. 2011. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011.

DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. **Nota técnica nº 58**. Disponível em: <https://www.dieese.org.br/notatecnica/2007/notatec58TarifaEnergia.html>. Acesso em: 07 jul. 2017.

FARIA, F. C. **Produção de tintas naturais para construção civil: testes de preparação, aplicação e avaliação do intemperismo acelerado.** 2015. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. **Certificação LEED.** Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-leed/>. Acesso em: 24 ago. 2017.

GUARNIER, C. R. F. **Metodologias de detalhamento de estruturas metálicas.** 2009. 396 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

HENRIQUES, J. D. O. *et al.* Avaliação da viabilidade técnica de produção de telha de fibrocimento usando fibras alternativas. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA*, 10., 2014, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: COBEQ, 2014, 8 p.

INSTITUTO ECO DESENVOLVIMENTO. **Tintas naturais.** Disponível em: <http://www.ecodesenvolvimento.org/posts/2012/agosto/ecod-basico-tintasnaturais#ixzz2Nv9cAyAb>. Acesso em: 14 ago. 2017.

INTERNATIONAL GREEN ROOF ASSOCIATION. **Green roof.** Disponível em: <http://www.igra-world.com>. Acesso em: 27 out. 2017.

JACOBY, P. C. **Comparação de custos de um edifício residencial executado em alvenaria estrutural e em concreto armado.** 2011. 18 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2011

JINGJIANG, L. *et al.* *Morphology and dynamic mechanical properties of AB crosslinked polymers based on polyurethanes.* *In: JINGJIANG, L. et al. Polymer.* China: Elsevier, 1991, v. 32, cap. 8, p. 1361-1368.

JOBIM, A. L. **Diferentes tipos de telhado verde no controle quantitativo da água pluvial.** 2013. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

KARPINSKI, L. A. **Proposta de gestão de resíduos da construção civil para o município de Passo Fundo-RS.** 2007. 160 f. Dissertação (Mestrado em Infraestrutura e Meio Ambiente) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2007.

KARPINSKI, L. A. *et al.* **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental.** Porto Alegre: EDIPUCRS, 2009. 163 p.

LEVY, S. M.; HELENE, P. R. L. Durabilidade de concretos produzidos com resíduos minerais de construção civil. *In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL: PRÁTICA RECOMENDADAS*, 3., 2000, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: IBRACON – CT-206 Meio Ambiente, 2000.

LOORDSLEEM JÚNIOR, A. C. O processo de produção das paredes maciças. *In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS VEDAÇÕES*

VERTICAIS – TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1., 1998, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo, 1998.

MACHADO, R. T. **Análise da viabilidade econômica do projeto estrutural de edifícios de múltiplos andares com estrutura de aço**. 2012. 267 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

MARQUES NETO, J. C. **Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil**. São Carlos: RiMa, 2005. 165 p.

MAYOR, W. R. S. **Sistema construtivo modular**. 2012. 105 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

MILANEZE, G. L. S. *et al.* A utilização de containers como alternativa de habitação social no município de criciúma/sc. *In: SIMPÓSIO DE INTEGRAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO SUL CATARINENSE*, 1., 2012, Santa Catarina. **Anais [...]**. Santa Catarina: SICT-Sul, 2012.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Reciclagem**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/informma/item/7656-reciclagem>. Acesso em: 24 jul. 2017.

NEMER, P. C. C. **Avaliação do sistema construtivo paredes de concreto moldado no local a luz das normas técnicas vigentes**. 2016. 106 f. Monografia (Especialização em Produção e Gestão do Ambiente Construído) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

NGUYEN, T. H. *et al.* *Automated green building rating system for building designs*. **Journal of Architectural Engineering**, Pennsylvania, v. 22, n. 4, p. 1–10, 2012.

OLIVEIRA, C. N. **O paradigma da sustentabilidade na seleção de materiais e componentes para edificações**. 2009. 198 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma**. 2 ed. Bauru: Canal 6 Editora, 2016. 352 p.

PEREIRA, T. S. *et al.* Estudo comparativo entre alvenaria estrutural e alvenaria de vedação comum. *In: ENTEC – ENCONTRO DE TECNOLOGIA DA UNIUBE*, 8., 2014, Uberaba. **Anais [...]**. Uberaba: EnTec, 2014.

PINTO, T. P. Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do SINDUSCON-SP. **Manual de Resíduos Sólidos**, São Paulo, v. 1, n. 1, 48 p., 2005.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

REIS, J. P. **Incorporação de resíduos industriais em massa cerâmica usada na fabricação de tijolos**. 2007. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2007.

CORREA, M. R. S. *et al.* Reciclagem de materiais de construção. **Revista Técnica**, São Paulo, n. 152, p. 92, 2009.

SAINT-MICHEL, F. *et al.* *Mechanical properties of high density polyurethane foams: I effect of the density.* In: SAINT-MICHEL, F. *et al.* **Composites science and technology**, Hamburg: Elsevier, 2006, v. 66, p. 2700-2708.

SAINT-MICHEL, F.; CHAZEAU, L.; CAVAILLÉ. *Mechanical properties of high density polyurethane foams: II effect of the filler size.* In: SAINT-MICHEL, F.; CHAZEAU, L.; CAVAILLÉ. **Composites science and technology**, Hamburg: Elsevier, 2006, v. 66, p. 2709-2718.

SANTOS, A. L. **Diagnóstico ambiental da gestão e destinação dos resíduos de construção e demolição (RCC):** análise das construtoras associadas ao SINDUSCON/RN e empresas coletoras atuantes no município de Parnamirim. 2009. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

SCHENINI, P. C.; BAGNATI, A. M. Z.; CARDOSO, A. C. F. Gestão de resíduos da construção civil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 6., 2004, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

SILVA, N. C. **Telhado verde:** sistema construtivo de maior eficiência e menor impacto ambiental. 2011. 63 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

SILVA, R. C.; GONÇALVES, M. O.; ALVARENGA, R. C. S. S. Alvenaria racionalizada. **Revista Técnica**, São Paulo, n. 112, p. 86, 2006.

SILVA, J. R. M. C. **Incorporação de resíduos de barro vermelho em argamassas cimentícias.** 2006. 102 f. Dissertação (Mestrado em Construção) – Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2006.

SJÖSTRÖM, C. *Durability and sustainable use of building materials.* In: LLEWELLYN, J. W.; DAVIES, H. **Sustainable use of materials.** London: BRE/RILEM, 1992.

SOUZA, U. E. L. **Como reduzir perdas nos canteiros:** manual de gestão do consumo de materiais na construção civil. São Paulo: Pini, 2005. 128 p.

SOUZA, E. L. **Construção civil e tecnologia:** estudo do sistema construtivo *light steel framing*. 2014. 137 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

TESKE, S.; GONÇALVES, P. F. A.; NAGALLI, A. Desenvolvimento de modelo conceitual de telha ecológica a partir de resíduos de PET e gesso da construção. **Cerâmica**, Curitiba, v. 61, n. 358, p. 1-8, 2014. 8 p.

TORRES, R. C. **Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais**. 2012. 164 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

VASQUES, C. C. P. C. F.; PIZZO, L. M. B. F. Comparativo de sistemas construtivos, convencional e *wood frame* em residências unifamiliares. **Cognitio**, Lins, v. 1, n. 1, p. 1-17, 2014.

VECCHIA, F. Cobertura verde leve (CVL): ensaio experimental. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUIDO (ENCAC), 6., 2005, Maceió. **Anais** [...]. Maceió: ANTAC, 2005.

**BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

- AZAMBUJA, R. R. **Aproveitamento de resíduos de construção e demolição para produção de painéis aglomerados**. 2015. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
- CALDAS, T. C. C. **Reciclagem de resíduo de vidro plano em cerâmica vermelha**. 2012. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) - Universidade Estadual Do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campo dos Goytacazes, 2012.
- CIMINO, M. A. Construção sustentável e eco-eficiência. **Engevista**, Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 121-132, 2004.
- CRISIGIOVANNI, C. L. M. **Uma abordagem sócio-ambiental e tecnológica da reciclagem dos resíduos de vidro**. 2010. 101 f. Monografia (Pós-Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia) - Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, Curitiba, 2010.
- COELHO, R. A. **Sistema construtivo integrado em estrutura metálica**. 2003. 157 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.
- COSTA, M. L.; CESAR, S. F.; CUNHA, R. D. A. Identificação, caracterização e gestão dos resíduos de madeira produzidos em obras de edificações em salvador. *In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONSTRUÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS*, 3., 2007, Recife. **Anais [...]**. Recife: ELECS, 2007.
- FLORIM, L. C.; QUELHAS, O. L. G. Contribuição para a construção sustentável: características de um projeto habitacional eco-eficiente. **Engevista**, Niterói, v. 6, n. 3, p. 1-12, 2005.
- GONÇALVES, C. K. **Pirólise e combustão de resíduos plásticos**. 2007. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- GONÇALVES, R. D. C. **Agregados reciclados de resíduos de concreto: um novo material para dosagens estruturais**. 2001. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.
- INSTITUTO CENTRO DE CAPACITAÇÃO E APOIO AO EMPREENDEDOR. **Reutilização e reciclagem de vidro**. Disponível em: <http://www.centrocape.org.br/arquivos/a785f3213789bdeeaab23d02b24ad1f1.pdf>. Acesso em: 25 out. 2017.
- KEMERICH, P. D. C. *et al.* Fibras de vidro: caracterização, disposição final e impactos ambientais gerados. **Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 10, n.10, p. 1-10, 2013.
- MAIA, S. F. D. **Viabilidade técnica de plástico reciclado na fabricação do frechal utilizado na construção de habitação unifamiliar**. 2013. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.

OLIVEIRA, P. **Utilização de resíduos do gesso da construção civil na produção de novos materiais**. 2015. 14 f. Monografia (MBA Gerenciamento de Obras, Tecnologia & Qualidade da Construção) - Instituto de Pós-Graduação, Tangará da Serra, 2015.

PINHEIRO, S. M. M. **Gesso reciclado: avaliação de propriedades para uso em componentes**. 2011. 330 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia**. 1989. 334 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SALADO, G. C. **Construindo com tubos de papelão: um estudo da tecnologia desenvolvida por Shigeru Ban**. 2006. 193 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Selo caixa casa azul**. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/sustentabilidade/produtos-servicos/selo-casa-azul/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 07 dez. 2017.

SILVA, J. E. O. **Desenvolvimento de cerâmica vermelha utilizando rejeitos de construção civil**. 2007. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

SILVA, L. R. A. **Utilização do entulho como agregado para a produção de concreto reciclado**. 2004. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: avanços institucionais e melhorias técnicas**. Disponível em: <http://www.sindusconsp.com.br/wp-content/uploads/2015/09/MANUAL-DE-RES%C3%8DDUOS-2015.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2017.

VIVAN, A. L. **Projetos para produção de residências unifamiliares em *light steel framing***. 2011. 226 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Exatas e da Terra) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.