

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS: ENGENHARIA AMBIENTAL  
LUDMILLA GUILHERME DE ARAÚJO

**UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE BAIXO IMPACTO AMBIENTAL NA CONSTRUÇÃO  
CIVIL:**

Uma perspectiva geral da sustentabilidade aplicada ao processo construtivo.

UBERLÂNDIA

2017

LUDMILLA GUILHERME DE ARAÚJO

**UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE BAIXO IMPACTO AMBIENTAL NA CONSTRUÇÃO  
CIVIL:**

Uma perspectiva geral da sustentabilidade aplicada ao processo construtivo.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos  
requisitos para obtenção do título de Engenheiro  
Ambiental.

Orientação: Prof. Dr. Roberto Terumi Atarassi

UBERLÂNDIA

2017

LUDMILLA GUILHERME DE ARAÚJO

**UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE BAIXO IMPACTO AMBIENTAL NA CONSTRUÇÃO  
CIVIL:**

Uma perspectiva geral da sustentabilidade aplicada ao processo construtivo.

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Dr. Roberto Terumi Atarassi

(Orientador - Universidade Federal de Uberlândia)

---

Profa. Dra. Tatiane Pereira Morais Santos

(Examinadora - Universidade Federal de Uberlândia)

---

Emanuele Giuliani Franciscon

(Examinadora - Universidade Federal de Uberlândia)

Uberlândia

2017

Dedico este trabalho aos meus pais, amigos, professores e a todos que de alguma forma me encorajaram e incentivaram durante a minha graduação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais pela oportunidade que me proporcionaram sempre de buscar meus sonhos e me apoiarem em todas as decisões.

Aos meus amigos que me encorajaram e incentivaram em todos os momentos difíceis.

Ao Prof. Dr. Roberto Terumi Atarassi, orientador deste trabalho, por ter acreditado no tema e por ter me auxiliado na elaboração e aperfeiçoamento do mesmo.

E a todos os professores que transmitiram seu conhecimento durante a minha graduação e que me possibilitaram chegar até aqui preparada para o mercado de trabalho.

## RESUMO

No atual cenário mundial há uma preocupação crescente com a sustentabilidade e sua importância em diversos aspectos de nossas vidas. Desta forma, a indústria da construção civil, que é uma grande causadora de impactos ambientais, procura adotar medidas voltadas à integração da sustentabilidade em seu setor, garantindo um desenvolvimento de baixo impacto ambiental. Este trabalho consiste em uma revisão bibliográfica com foco nas gestões de materiais, resíduos, de energia e de água nas diversas fases do processo construtivo e tem como objetivo identificar propostas e estratégias que podem ser aplicadas na construção sustentável e construção verde, com a finalidade de promover o desenvolvimento sustentável, a preservação do meio ambiente e o bem-estar humano.

**Palavras-chave:** sustentabilidade, construção civil, construção sustentável, construção verde, gestão sustentável.

## **ABSTRACT**

In today's world scenario there is a growing concern about sustainability and its importance in many aspects of our lives. Therefore, the civil construction industry, that causes a lot of environmental impacts, is looking to adopt measures with the objective of integrating sustainability in its sector, guaranteeing a low environmental impact development. This work consists on a bibliographic review, focused on materials, waste, energy and water managements in the various phases of the construction process and aims to identify proposals and strategies that can be applied in sustainable construction and green building design, with the purpose of promoting sustainable development, preservation of the environment and human well-being.

**Keywords:** sustainability, construction, sustainable construction, green building, sustainable management.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Uso temporário da madeira em formas de concretagem .....	29
Figura 2 - Uso definitivo da madeira como assoalho e móveis .....	29
Figura 3 - Resíduos gerados em uma construção: sacos de cimento .....	33
Figura 4 - Resíduos gerados em uma construção: madeira e aço .....	34
Figura 5 - Baías de separação de RCC.....	35
Figura 6 - Lixeiras para reciclagem de lixo doméstico.....	36
Figura 7 - Esquema de composteira doméstica com minhocario .....	38
Figura 8 - Clarabóia como iluminação natural .....	42
Figura 9 - Conforto térmico através da ventilação natural.....	43
Figura 10 - Beiral (overhang) como alternativa para sombreamento .....	43
Figura 11 - Esquema de funcionamento de um painel solar .....	45
Figura 12 - Esquema de um aquecedor solar .....	46
Quadro 1 – Comparação entre os tipos de lâmpadas .....	48
Figura 13 – Selos Procel e Energy Star .....	49
Figura 14 - Dados de redução de consumo energético do edifício Eurobusiness.....	50
Figura 15 - Esquema de funcionamento de cisterna aparente .....	54
Figura 16 - Cisterna subterrânea.....	55
Figura 17 - Coleta de água pluvial por barril simples .....	56



Figura 18 – Esquema de filtração de água pluvial através de barril de coleta .....	57
Figura 19 - Esquema de funcionamento de jardim de chuva (rain garden) para drenagem de água pluvial .....	58
Figura 20 - Jardim de chuva ( <i>rain garden</i> ) .....	59
Figura 21 - Lagoa de bioretenção ( <i>bioswale</i> ) para tratamento de água pluvial .....	60
Figura 22 - Esquematização de um telhado verde .....	63
Figura 23 - Telhado verde com estufa e <i>planterbox</i> na Universidade do Distrito de Columbia .....	64
Figura 24 – Estufa presente em um telhado verde na Universidade do Distrito de Columbia .....	65
Figura 25 – Parede verde.....	66
Figura 26 – Concreto poroso.....	68
Figura 27 - Pisograma.....	68
Figura 28 - Pavimento permeável com drenagem de excesso para cisternas .....	69
Figura 29 – Torneira com temporizador .....	71
Figura 30 – Torneira com aerador.....	71
Figura 31 – Torneira com sensor de presença.....	72
Figura 32 – Vaso de caixa acoplada com duplo acionamento .....	72
Figura 33 – Redução do custo operacional de água e energia .....	73
Figura 34 – Redução do consumo de água no edifício Iguaçu .....	74

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fases do Processo Construtivo.....21

Tabela 2 - Classificação e destinação dos RCC conforme Resolução CONAMA no. 307  
.....31

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RCC	Resíduos de Construção Civil
MMA	Ministério do Meio Ambiente
ACV	Análise do Ciclo de Vida
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DOU	Diário Oficial da União
UACDC	<i>University of Arkansas – Community Design Center</i>
ANA	Agência Nacional de Águas
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
AQUA-HQE	<i>Haute Qualité Environnementale</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivo .....</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Sustentabilidade .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2</b>	<b>Desenvolvimento Sustentável .....</b>	<b>19</b>
<b>2.3</b>	<b>Baixo Impacto Ambiental aplicado na Construção Civil .....</b>	<b>20</b>
<b>2.4</b>	<b>O Processo Construtivo .....</b>	<b>20</b>
<b>2.5</b>	<b>Gestões da Construção Civil .....</b>	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>TÉCNICAS DE APLICAÇÃO .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1</b>	<b>Gestão de Materiais .....</b>	<b>24</b>
3.1.1	Fornecedores.....	25
3.1.2	Materiais utilizados na Construção Civil .....	26
3.1.2.1	<i>Madeira Certificada.....</i>	<i>28</i>
<b>3.2</b>	<b>Gestão de Resíduos .....</b>	<b>30</b>
3.2.1	Resíduos de Construção Civil.....	30
3.2.2	Reciclagem .....	34
3.2.3	Compostagem Doméstica.....	36
<b>3.3</b>	<b>Gestão energética.....</b>	<b>39</b>
3.3.1	Fase de concepção.....	40
3.3.2	Fases de Construção, Ocupação e Manutenção .....	44
3.3.2.1	<i>Energia Fotovoltaica .....</i>	<i>44</i>
3.3.2.2	<i>Aquecedor Solar .....</i>	<i>45</i>
3.3.2.3	<i>Sistemas de Economia de Energia .....</i>	<i>47</i>
3.3.2.4	<i>Eletrodomésticos e medidores de energia.....</i>	<i>48</i>

<b>3.4</b>	<b>Gestão da água .....</b>	<b>50</b>
3.4.1	Fase de Concepção.....	52
3.4.2	Fase de Construção.....	52
3.4.2.1	<i>Instrumentos de captação da água pluvial e reaproveitamento de água cinza</i> .....	53
3.4.2.2	<i>Drenagem e filtração da água pluvial</i> .....	61
<u>3.4.2.2.1</u>	<u><i>Telhado verde</i></u> .....	62
<u>3.4.2.2.2</u>	<u><i>Parede verde</i></u> .....	65
<u>3.4.2.2.3</u>	<u><i>Instalações permeáveis no solo</i></u> .....	66
<u>3.4.2.2.4</u>	<u><i>Paisagismo</i></u> .....	69
3.4.3	Fase de Ocupação.....	70
 <b>4</b>	 <b>CONCLUSÃO .....</b>	 <b>75</b>
	 <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	 <b>76</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O cenário da construção civil vem se destacando não só pela sua grande importância econômica e social, mas também pelos impactos ambientais que causa, e de acordo com Ferreira (2016), estes impactos estão relacionados, na maioria das vezes, ao consumo de recursos naturais, modificação da paisagem, geração de Resíduos de Construção Civil (RCC), geração de ruído, poluição visual, do ar, água e solo, poluição proveniente de demolições e materiais particulados, intenso consumo e desperdício de água e energia.

O pensamento das empresas de objetivarem apenas o lucro e atingirem suas metas sem uma preocupação maior com o meio ambiente muda a partir do momento em que as mesmas começam a entender a importância de se conscientizarem, se tornarem ambientalmente responsáveis e de atenderem à uma nova demanda crescente dos consumidores, que é a preocupação com as questões ambientais. Sendo assim, como forma de proporcionar a redução de impactos do ramo da construção civil e incorporar esta demanda, surgem os conceitos de construção sustentável e construção verde.

Sobre a introdução do conceito de sustentabilidade na construção civil, Yudelso afirma em sua obra “Projeto Integrado e Construções Sustentáveis”:

O movimento de edificação sustentável ganhou força a partir de 2004. Seus princípios resultaram em enormes inovações no desenvolvimento de produtos e materiais, assim como no projeto de edificações; além disso, uma mudança fundamental no processo de construção de edificações – denominado projeto integrado - ajudou os construtores a cumprirem a promessa de sustentabilidade (YUDELSON, 2013, p.161).

Logo, passou a ser considerado o design integrado dos fatores e sistemas presentes no processo construtivo através de uma conexão interdisciplinar das estratégias, a fim de gerar soluções de baixo impacto ambiental.

De acordo com Kibert, em sua obra “Sustainable Construction – Green Building Design and Delivery”, o conceito de construção sustentável se baseia em princípios diversos:

Os princípios da construção sustentável consistem em reduzir o consumo, reciclar e reutilizar recursos, proteger a natureza, evitar o uso de substâncias tóxicas, aplicar análises de custos e focar na qualidade”. De forma direta, “[...] Aborda problemas econômicos, ecológicos e sociais de um empreendimento no contexto de sua comunidade e contribui para uma visão abrangente de sustentabilidade” (KIBERT, 2016, p. 61, tradução nossa).

Ainda para o Engenheiro, a construção verde manifesta-se como prática específica da construção sustentável, também em resposta às mudanças negativas que afetam o meio ambiente:

O termo construção verde (*Green building*) refere-se à qualidade e características da estrutura atual criada usando os princípios e metodologias de construção sustentável. Apesar do uso prevalente destes termos, edifícios comerciais verdes verdadeiramente sustentáveis com sistemas de energia renovável, laços de material fechado e integração total na paisagem são raros a inexistentes. “[...] Edifícios convencionais são projetados por arquitetos e engenheiros que muitas vezes tem pouco ou nenhum treinamento em construção sustentável. Apesar desses obstáculos, os edifícios verdes geralmente são superiores aos projetos convencionais em termos de eficiência energética e de água, seleção de materiais, saúde do edifício, geração de resíduos e utilização do local” (KIBERT, 2016, p. 61 tradução nossa).

A implantação destes conceitos promove benefícios, uma vez que agrega valor à imagem da empresa, reafirmando um compromisso de responsabilidade com a sociedade. Possibilita também o favorecimento da modernização, integrando todas as áreas em um projeto, valorização do imóvel para revenda, o reaproveitamento de materiais, diminuição da geração de resíduos, redução no consumo de água e energia e incentiva o uso de produtos que possuam baixo impacto ambiental.

Uma vez caracterizados os processos atuantes no meio ambiente e os impactos provenientes dos métodos tecnológicos que compõem a construção do empreendimento em suas diversas fases, são propostas práticas sustentáveis que propiciam a

aproximação do social com o meio ambiente, promovendo sustentabilidade na construção civil e que vão contra os desperdícios e impactos ambientais, mitigando-os, de forma a favorecer um incremento na vida útil dos ambientes construídos, sempre através de uma visão preventiva e de baixo impacto ambiental.

O movimento da construção sustentável é uma resposta sensata aos problemas que geram impactos expressivos e se encontra em constante crescimento no mundo, devido aos resultados dinâmicos e substancialmente benéficos que proporciona. Uma comprovação é a emergência de certificados verdes, que atestam e regulamentam a sustentabilidade em projetos da construção civil, como os certificados LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) e AQUA-HQE (*Haute Qualité Environnementale*). Estas certificações são ferramentas que apresentam técnicas de implantação e de avaliação de ganhos ambientais, além de classificar o empreendimento como verde e sustentável.

Em suma, o mercado da construção sustentável se encontra em um estado de crescimento ininterrupto, e através dele é criado um ambiente de responsabilidade e de alta eficiência e performance que se utiliza de estratégias sustentáveis e inovadoras da construção verde, com a finalidade de atingir altos padrões sociais, ambientais e econômicos.



## **1.1 Objetivo**

O presente trabalho teve como objetivo apresentar, através da revisão da literatura, as principais gestões que embasam uma construção de baixo impacto ambiental e identificar técnicas sustentáveis e estratégias de design da construção verde utilizadas com a finalidade de promover o desenvolvimento sustentável, a preservação do meio ambiente e o bem-estar humano na construção civil.

## **2 CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

Esta seção foi composta principalmente por bibliografia nacional, incluindo teses e dissertações e apresenta os principais conceitos relacionados ao tema estudado, que consistem na incorporação de tecnologias e práticas sustentáveis que asseguram o bem-estar humano e a conservação do meio ambiente nas diferentes fases dos processos construtivos da Engenharia Civil.

A construção sustentável incorpora conceitos como sustentabilidade, desenvolvimento sustentável e de baixo impacto ambiental e os associa com tecnologias e práticas detalhadas no presente trabalho. Estas práticas podem ser inseridas no processo construtivo e segundo Yudelson (2013), são apresentadas através de quatro gestões diferentes, de forma a favorecer a manutenção da qualidade de vida e dos recursos naturais.

### **2.1 Sustentabilidade**

A Sustentabilidade “[...] consiste em um conceito sistêmico, que correlaciona e estabelece equilíbrio entre o socialmente desejável, economicamente viável e ambientalmente sustentável” (AGOPYAN; JOHN, 2011).

Logo, este conceito representa a capacidade da sociedade de se conservar em funcionamento, garantindo o futuro das próximas gerações, uma vez que permite à elas o acesso aos recursos que temos hoje. Na construção civil representa a mesma ideia, assegurando que a construção perdure e não influencie negativamente a sociedade em nenhum momento, uma vez que procura preservar o equilíbrio entre os seus três tripés: econômico, social e ambiental durante todo o projeto.

De acordo com Corrêa (2009), como abordado em sua monografia “Sustentabilidade na Construção Civil”, os princípios básicos da construção sustentável são:

Aproveitamento de condições naturais locais; utilizar mínimo de terreno e integrar-se ao ambiente natural; implantação e análise do entorno; não provocar ou reduzir impactos no entorno; qualidade ambiental interna e externa; gestão sustentável da implantação da obra; adaptar-se às necessidades atuais e futuras dos usuários; uso de matérias-primas que contribuam com a eco-eficiência do processo; redução do consumo energético; redução do consumo de água; reduzir, reutilizar, reciclar e dispor corretamente os resíduos sólidos; introduzir inovações tecnológicas sempre que possível e viável; educação ambiental: conscientização dos envolvidos no processo. “[...] A base para a sustentabilidade na construção é alinhar ganhos ambientais e sociais com os econômicos, daí a necessidade e importância de inovações.” (CORRÊA, 2009, p. 22 e 30)

Já este conceito incorporado ao processo construtivo é relacionado da seguinte forma por Florim e Quelhas em seu artigo “Contribuição para a Construção Sustentável: Características de um projeto habitacional eco-eficiente”:

A sustentabilidade de um empreendimento está comprometida com aspectos econômicos, sociais e ambientais, devendo levar em consideração desde a definição da demanda, na fase de planejamento, até a manutenção na fase de uso e ocupação. Os processos devem ser executados conforme planejamento prévio, fruto de projetos arquitetônicos feitos de maneira a minimizar o desperdício de material e consequente a produção de sobras. (FLORIM; QUELHAS, 2004, p. 129).

## **2.2 Desenvolvimento Sustentável**

O desenvolvimento sustentável é um termo criado em 1987 e definido como o “[...] desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazer as suas próprias necessidades” (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1988, p. 46).

Este conceito concilia os três tripés da sustentabilidade, de modo que promova o desenvolvimento econômico e a inclusão social, prezando sempre que possível, pela

manutenção da qualidade ambiental através de programas de retorno que preveem o alcance dos objetivos.

Como sugerido por Oliveira (2011), pode ser aplicado na construção civil na forma de um plano de logística ambiental, que visa a criação de novos métodos e estratégias e fomenta garantir resultados sustentáveis efetivos, como o amortecimento de impactos ambientais.

### **2.3 Baixo Impacto Ambiental aplicado na Construção Civil**

A prática de baixo impacto ambiental consiste na aplicação da sustentabilidade em toda e qualquer prática presente no processo construtivo, a fim de promover benefícios ambientais, econômicos e sociais concomitantemente.

De acordo com Kibert (2016), ela prevê a mitigação de impactos e a gestão verde da obra a partir da integração de práticas e tecnologias diferentes, gerando eficiência com responsabilidade. É um método de controle e de incorporação do desenvolvimento sustentável na construção civil.

Um projeto de baixo impacto ambiental nada mais é do que um projeto que propõe soluções a fim de aumentar a resiliência do empreendimento, que consiste na habilidade de se adaptar com facilidade às intempéries, incorporando os princípios de sustentabilidade e construção verde na construção civil, nessa conformidade, integra todos os aspectos a serem abordados.

### **2.4 O processo construtivo**

A incorporação da sustentabilidade na construção civil pode se apresentar de forma diferente em cada fase do processo construtivo, dependendo da necessidade e disponibilidade presente em cada fase, possibilitando a atuação de diferentes princípios, métodos e técnicas sustentáveis, que serão explicitados na metodologia deste trabalho.

Para entender como cada prática pode atuar nas fases do processo construtivo, é necessário antes saber do que se trata cada uma delas.

**Tabela 1 – Fases do Processo Construtivo**

Fases do Processo Construtivo	
Concepção/Planejamento	Escolha do terreno, projeto de arquitetura, projetos complementares de engenharia, orçamentos e criação do roteiro das etapas a serem seguidas para implantação do projeto.
Construção/Operação	Fase onde se coloca em prática o roteiro de etapas e os projetos desenvolvidos: montagem do canteiro de obras, construção de fundações, estruturas, paredes, lajes, coberturas, instalações elétricas, hidrossanitárias e complementares, acabamentos, esquadrias, louças e metais, paisagismo, etc.
Uso e Ocupação	Uso do edifício pelos usuários: mobílias, decoração e mudança.
Manutenção	Reposição de elementos, equipamentos e sistemas caso necessário, devido ao aparecimento de problemas estruturais, hidráulicos ou elétricos em sua maioria das vezes.

Fonte: Adaptado de Degani e Cardoso (2002, p. 03)

A construção de uma obra é contemplada pelas etapas apresentadas na Tabela 1, e “[...] em cada uma das fases do ciclo de vida dos edifícios são desenvolvidas atividades que podem interagir com o meio ambiente” (DEGANI; CARDOSO, 2002, p. 03), causando impactos no meio físico, biótico e sócio-econômico.

Resumidamente, como apresentado por Yudelson (2013), o projeto ideal analisa a dinâmica da cidade e da região onde o empreendimento será inserido através de

leituras de contexto histórico, padrões de crescimento, análise climática, disponibilidade de recursos e estudos ambientais e leva em conta as necessidades urbanas, sociais, econômicas e ambientais de forma integrada e equilibrada, onde se faz necessária a adoção de uma postura preventiva e a identificação de oportunidades que possam ser incorporadas nas fases do processo construtivo, integrando sustentabilidade à construção civil.

## **2.5 Gestões da Construção Civil**

O desenvolvimento do trabalho tem foco principal em quatro tipos de gestões dentro da construção civil: de materiais, resíduos, energia e de água. Estas serão definidas brevemente abaixo e detalhadas posteriormente, segundo as referências que serão abordadas.

A gestão de materiais utilizados na construção civil se alicerça no uso e descarte adequado de todos os materiais utilizados nas fases do processo construtivo, sendo eles, preferencialmente naturais, com origem local, certificados, com baixa energia incorporada, duráveis e não poluentes.

A gestão de resíduos é fundamentada na reutilização, recuperação, reciclagem e descarte adequado dos elementos. Pode ser adotada uma política de gestão de resíduos diferente em todas as fases do processo construtivo, tratando dos elementos não só na fase de construção em si, mas também na fase de ocupação, como é o exemplo da compostagem, que consiste no reaproveitamento do lixo orgânico produzido, além da coleta seletiva de lixos inorgânicos.

A gestão energética leva em conta a análise dos fatores climáticos da região de implantação da obra e corte nos custos com utilização de energia, visando sempre o benefício social através do conforto, o benefício econômico com a promoção de um menor gasto energético e maior benefício ambiental com a manutenção dos recursos. Bons exemplos são o uso de aparelhos certificados, uso de energia renovável e aproveitamento de corrente de ar e luz natural.

Na gestão da água é estabelecida uma relação com todas as fases do processo construtivo, uma vez que a mesma é consumida durante todo o processo, através de usos diversos. Para esta gestão são propostas medidas como o controle de gastos através de uso de aparelhos econômicos, reaproveitamento de águas pluviais e residuais domésticas e a criação de áreas de infiltração e drenagem através de telhados verdes e paredes verdes por exemplo.

### **3 TÉCNICAS DE APLICAÇÃO**

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica e documental, com característica descritiva, a partir da qual se buscou uma compreensão aprofundada da implantação de técnicas e práticas voltadas para o desenvolvimento de baixo impacto ambiental de uma construção, visando sempre favorecer a sustentabilidade em todas as fases do processo construtivo.

#### **3.1 Gestão de Materiais**

É de extrema importância a escolha correta dos fornecedores e dos materiais a serem utilizados no processo construtivo, uma vez que são diretamente responsáveis por garantir uma construção verde de baixo impacto ambiental.

Como expresso por Valente (2009) em sua monografia “Certificações na Construção Civil: Um comparativo entre LEED e HQE”:

Os materiais são parte essencial da construção sustentável e se usados incorretamente podem causar grande impacto no ambiente. Na hora de selecioná-los é importante analisar se o produto está dentro dos padrões de qualidade e é necessária a redução no consumo dos mesmos, a fim de reduzir as perdas, utilizando um projeto compatibilizado, com modulação para facilitar a execução com qualidade no canteiro de obras (VALENTE, 2009, p. 21).

Yudelson (2013) também julga importante considerar a efetividade do emprego destes produtos no início do projeto e ele afirma que é conveniente projetistas contarem com dados de energia integrada ao ciclo de vida e com impactos ambientais gerados pela escolha de materiais estruturais.



Em suma, o uso de materiais adequados não garante só a qualidade da obra, como também interfere no desenvolvimento sustentável da mesma. Um planejamento efetivo deve considerar o ciclo de vida da edificação, tal que a escolha de fornecedores, tipos e quantidades de materiais seja eficaz, reduzindo o desperdício e aumentando a eficiência do empreendimento, tornando-o verde.

### 3.1.1 Fornecedores

Os fornecedores são escolhidos durante a fase de Planejamento e Operação, ambas são etapas de tomadas de decisões de extrema importância, que pesam no resultado final da obra quando avalia-se o impacto causado e os gastos realizados. Para a escolha de empresas fornecedoras, “[...] deve-se levar em conta o ciclo de vida total do prédio, incluindo a energia investida na produção dos materiais e produtos utilizados, que representa cerca de 20% da energia do ciclo de vida total do empreendimento.” (KIBERT, 2016, p. 57, tradução nossa).

A localização do estabelecimento deve ser considerada, uma vez que os impactos ambientais gerados pelo transporte dos produtos são relevantes. O local do canteiro de obras também influencia na escolha, como afirmado pelo Engenheiro:

Tem se tornado claro com o passar do tempo que a localização do empreendimento é um fator chave em reduzir o consumo de energia uma vez que a energia gasta na transportação pode ser até duas vezes maior do que a energia operacional gasta. Não somente este significativo nível de energia gera impactos ambientais, como também representa um custo para os empregados que fazem o deslocamento diário. Está claro que quanto menor o consumo de energia no prédio, maior a proporção de energia usada no deslocamento. Sendo assim, faz sentido reduzir a energia de transporte junto com o consumo energético do empreendimento para causar um impacto significativo no consumo total de energia. (KIBERT, 2016, p.56, tradução nossa).

Sobre as empresas fornecedoras “[...] é sensato adquirir materiais e serviços das que possuam certificação de sistema de gestão ambiental e contratar as que possuem certificação de sistema de gestão de qualidade” (OLIVEIRA, 2011, p.159), é necessário averiguar sempre quais fornecedores seguem as leis e normas.

### 3.1.2 Materiais utilizados na Construção Civil

De acordo com Yudelson (2013), na maioria das vezes, na construção civil, dá-se pouca ou nenhuma atenção aos impactos causados pelas atividades de produção de materiais e pela instalação dos produtos, resultando em um enorme gasto e desperdício.

Como expresso por Grigoletti em sua dissertação “Caracterização de Impactos Ambientais de Indústrias de Cerâmica Vermelha do Estado do Rio Grande do Sul”,

A produção de materiais de construção, como qualquer outra atividade industrial, causa perturbações que alteram as características naturais do meio ambiente, trazendo como consequência riscos à saúde, segurança e bem-estar da população, alterações nas atividades sociais e econômicas, afetando a biota e as características naturais, estéticas e sanitárias dos recursos naturais (água, solo, ar e vegetação) (GRIGOLETTI, 2001, p. 33).

A partir disso, Oliveira (2011) considera importante ressaltar a necessidade de avaliar cada aspecto de cada material a ser utilizado em um canteiro de obras, como a utilização de recursos naturais no decorrer de sua produção, o consumo energético durante a fabricação e transporte, geração de resíduos sólidos e líquidos na manufatura e após o uso, perdas durante o processo, emissões aéreas (material particulado, gases, CO<sub>2</sub>, fumaças e ruídos).

Todos os fatores relacionados à fabricação, uso e disposição dos produtos precisam ser levados em conta, assim como afirma Kibert:

Como parte do sistema de entrega de edifícios ecológicos, os produtos manufaturados são avaliados quanto aos impactos no ciclo de vida, incluindo consumo de energia e emissões durante a extração de recursos, transporte, fabricação e instalação de produtos durante a construção; impactos operacionais e efeitos da disposição de resíduos (KIBERT, 2016, p.62, tradução nossa).

Os materiais utilizados no empreendimento, de preferência devem possuir certificação ou passar por uma análise de ciclo de vida (ACV). Como citado pelo Arquiteto em sua obra “Minha Casa Sustentável”,

A análise do ciclo de vida avalia o quão sustentável é o produto, investiga desde a extração do material na natureza, sua transformação e uso na fase de construção até o destino final em uma posterior demolição da edificação. Na fase de extração avalia-se o impacto causado na natureza devido à extração do produto, no ambiente em que foi retirado. Durante a transformação são avaliadas as substâncias utilizadas durante o processo, os poluentes liberados e o gasto energético para sua transformação, bem como o tipo de embalagem do produto final. Durante o uso deve haver o mínimo possível de geração de resíduos, assim como a economia de energia e não liberação de poluentes. Na fase de reciclagem o produto retorna à natureza de forma sustentável ou pode ser reaproveitado em outra obra. (VENÂNCIO, 2010, p. 159)

Para garantir uma construção de baixo impacto ambiental, caso os materiais não possuam certificado ou ACV, pode-se dar preferência por produtos inovadores, ecológicos, ambientalmente responsáveis ou produtos em loop, que são mantidos produtivos através do seu uso, reuso e reciclagem, sendo reaproveitado após sua utilização.

Além disso, é imprescindível manter-se atento ao desperdício gerado após o uso dos materiais, tendo sempre uma preocupação com a elaboração de um planejamento efetivo do uso de produtos, para que não haja produção desnecessária de resíduos, e gastos com a disposição devida dos mesmos.

De acordo com Venâncio (2010), existem vários tipos de materiais sustentáveis que podem ser utilizados no processo construtivo, como por exemplo areia reciclada, tijolos, cerâmicas e ladrilhos ecológicos, paredes de *Dry Wall*, telhas tecnológicas e ecológicas e a madeira certificada, que está presente em grande quantidade durante ambas as fases de construção e ocupação.

### 3.1.2.1 Madeira Certificada

A construção Civil é um setor cujo consumo de madeira é altamente considerável e como abordado por Ferreira (2016), é essencial que se conscientize sobre os usos e origem da madeira, não levando em conta apenas sua qualidade e custos, como também a análise do contexto histórico desta mercadoria como um todo, considerando sua origem.

De acordo com o SEBRAE (2014) (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas),

Ao planejar um empreendimento com caráter sustentável, as empresas do ramo da construção civil devem buscar, primeiramente, reduzir o uso da madeira em seu processo construtivo, em especial a fração de uso temporário. Quando não for possível reduzir esse consumo, é importante observar a viabilidade de reutilização e/ou reciclagem dos produtos adquiridos, atendo-se sempre para o uso de produtos autorizados pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA). (SEBRAE, 2014, p. 08)

O processo de certificação florestal “[...] ocorre a partir do mapeamento das espécies e das técnicas que permitam a regeneração vegetal, conservando as funções ecológicas do ambiente florestal e possibilitando reuso futuro” (SEBRAE, 2014, p. 06), garante a origem e manejo adequados da madeira, assim como a sua qualidade, além de obedecer critérios ambientais e permitir o rastreamento do produto.

A madeira pode ser utilizada de várias formas durante as fases do processo construtivo, e seu uso pode se dar de maneira temporária ou definitiva, principalmente na aplicação de estruturas leves ou pesadas, estruturas internas ou externas, decoração e assoalho, como ilustrado pelas figuras 1 e 2. Além disso, segundo o SEBRAE (2014), a utilização da madeira certificada viabiliza uma oportunidade de investimento para empreendedores que procuram produtos de baixo impacto ambiental com qualidade.

**Figura 1 - Uso temporário da madeira em formas de concretagem**



Fonte: Acervo pessoal (2017)

**Figura 2 - Uso definitivo da madeira como assoalho e móveis**



Fonte: Madeira de demolição (2017)

### 3.2 Gestão de Resíduos

A Gestão de Resíduos é indispensável visto que a geração de lixo em um empreendimento, em todas as suas fases, é significativa. Como explicitado por Yudelso (2013), quando se considera uma construção verde, deve-se pensar em atender as necessidades geradas devido à produção de resíduos, tendo a preocupação de buscar alternativas para destiná-los adequadamente, de forma que promova benefícios econômicos, sociais e ambientais, como são os casos da destinação correta dos RCC, compostagem doméstica, reciclagem e reutilização de materiais.

#### 3.2.1 Resíduos de Construção Civil (RCC)

Os resíduos da construção civil se originam das operações nos canteiros de obras, como escavações, demolições, reformas e construções; posto isso, há a produção de diferentes quantidades e tipos de resíduos, logo, cada atividade deve ser levada em conta, tornando-se necessária a elaboração de um plano de manejo adequado que vise o descarte ideal dos resíduos gerados, como exposto por Oliveira (2011) em sua metodologia.

Os RCC na visão de Nunes e Mahler, como abordado em seu estudo “Resíduos Sólidos da Construção Civil (RCC)”,

São resíduos inertes, de baixa periculosidade, cujos impactos ambientais originam-se basicamente do expressivo volume gerado e da sua disposição ilegal em locais não adequados, tais como ruas, calçadas, terrenos baldios, encostas, leitos de córregos e rios, etc. A prática de deposição ilegal é observada frequentemente em quase todas as cidades brasileiras. (NUNES; MAHLER, 2004, p. 03)

A deposição ilegal de RCC é extremamente comum, assim como citado por Yemal, Teixeira e Nãas em seu artigo “Sustentabilidade na Construção Civil”,

Diante do cenário competitivo no setor da construção civil, muitas empresas descartam seus resíduos da forma mais econômica e rápida, sem a devida responsabilidade com o meio ambiente. Com isto ocorre uma crescente preocupação ambiental em que construtoras buscam a reestruturação em técnicas mais viáveis para melhor reutilização destes materiais, buscando um desenvolvimento sustentável para seu negócio. (YEMAL; TEIXEIRA; NÃÃS, 2011, p. 01)

A Resolução CONAMA no. 307, de 05/07/2002, publicada no Diário Oficial da União (DOU) em 17/07/2002, “estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos de construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais” (MMA, 2002, p.1). A classificação dos RCC, seguida na resolução (art. 3o), e as suas respectivas destinações (art. 9o), conforme o mesmo documento, são apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2 - Classificação e destinação dos RCC conforme Resolução CONAMA no. 307**

Tipos de RCC	Definição	Exemplos	Destinações Obrigatórias
Classe A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados	<ul style="list-style-type: none"> <li>- RCC de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;</li> <li>- RCC de edificações: componentes cerâmicos, argamassa e concreto;</li> <li>- Resíduos de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré- moldadas em concreto, produzidas no canteiro de obras</li> </ul>	Reutilização ou reciclagem na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos sólidos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.

Classe B	Resíduos recicláveis para outras destinações	<ul style="list-style-type: none"> <li>- plásticos;</li> <li>- papel/papelão;</li> <li>- metais;</li> <li>- vidros;</li> <li>- madeiras e outros.</li> </ul>	Reutilização / reciclagem ou encaminhamento a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
Classe C	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem / recuperação	- produtos oriundos do gesso.	Armazenamento, transporte e destinação final conforme normas técnicas específicas.
Classe D	Resíduos perigosos oriundos do processo de construção, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de determinadas instalações	Resíduos tais como: <ul style="list-style-type: none"> <li>- tintas, solventes e óleos;</li> <li>-RCC de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.</li> </ul>	Armazenamento, transporte, reutilização e destinação final conforme normas técnicas específicas.

Fonte: MMA (2002)

A partir da classificação dos tipos de resíduos e da destinação necessária de cada classe, é possível promover uma gestão ideal e sustentável dos RCC, onde ocorra a facilitação total da disposição dos resíduos, diferenciação integral dos tipos de resíduos sólidos coletados e a alteração de sua destinação, através da reciclagem e reaproveitamento racionalizado. Exemplos de resíduos gerados durante a fase de construção são ilustrados nas figuras 3 e 4.

Além disso, Oliveira (2011) afirma que a separação dos tipos de resíduos através de baias é uma opção viável, onde uma equipe pode ser treinada e incumbida da segregação dos mesmos, possuindo a responsabilidade de mensurar e destinar



corretamente os resíduos gerados no canteiro. O reaproveitamento e destinação correta dos RCC promovem um benefício ambiental, por aumentar a vida útil de aterros sanitários e diminuir a poluição gerada durante o transporte e geram economia na própria construção.

**Figura 3 - Resíduos gerados em uma construção: sacos de cimento**



Fonte: Acervo pessoal (2017)

**Figura 4 - Resíduos gerados em uma construção: madeira e aço**



Fonte: Acervo pessoal (2017)

### 3.2.2 Reciclagem

Conforme sugerido por Oliveira (2011), a reciclagem pode estar presente na fase de construção através de um Plano de Gerenciamento de Resíduos que fortaleça o processo de produção e segregação de RCC, conscientizando os trabalhadores do canteiro de obra, motivando a separação correta e ideal dos resíduos, que só devem ser descartados ou enviados para o aterro sanitário se não possuírem nenhuma possibilidade de reciclagem ou reutilização, como apresentado na figura 5.

**Figura 5 - Baías de separação de RCC**



Fonte: Equipe de obra (2011)

Para Venâncio, as vantagens da reciclagem de RCC durante a fase de construção:

Consistem na diminuição da poluição ocasionada pelo entulho, economia na compra de matéria-prima, com a transformação de entulho em agregados, preservação das fontes de matéria-prima, evitando novas extrações, empregos gerados devido à nova atividade econômica e pode ser processado na própria obra, evitando gastos e poluição com transporte. (VENÂNCIO, 2010, p. 199)

Na fase de ocupação e manutenção do empreendimento são gerados lixos domésticos, posto isso, é importante a instalação de contentores de lixo que colaborem com o descarte separado de acordo com os tipos de resíduos recicláveis e incentivem a coleta seletiva, conforme ilustrado pela figura 6. Para que este descarte funcione corretamente, as pessoas que utilizam o espaço devem ser conscientizadas de sua importância.

Como citado por Venâncio (2010), as vantagens da reciclagem do lixo doméstico são a diminuição do número de dejetos, redução da extração de matéria-prima da natureza, fonte de renda para várias camadas sociais, contribuição para a limpeza da cidade e redução da poluição do ar, água e solo.

No caso de grandes empreendimentos, uma boa alternativa para a reciclagem do lixo doméstico é a implantação de postos de reciclagem maiores e mais completos, que atendam a demanda da construção, como por exemplo, condomínios, hospitais, grandes edifícios e shoppings, conforme explicitado por Cardoso (2006).

**Figura 6 - Lixeiras para reciclagem de lixo doméstico**



Fonte: CDLBH

### 3.2.3 Compostagem Doméstica

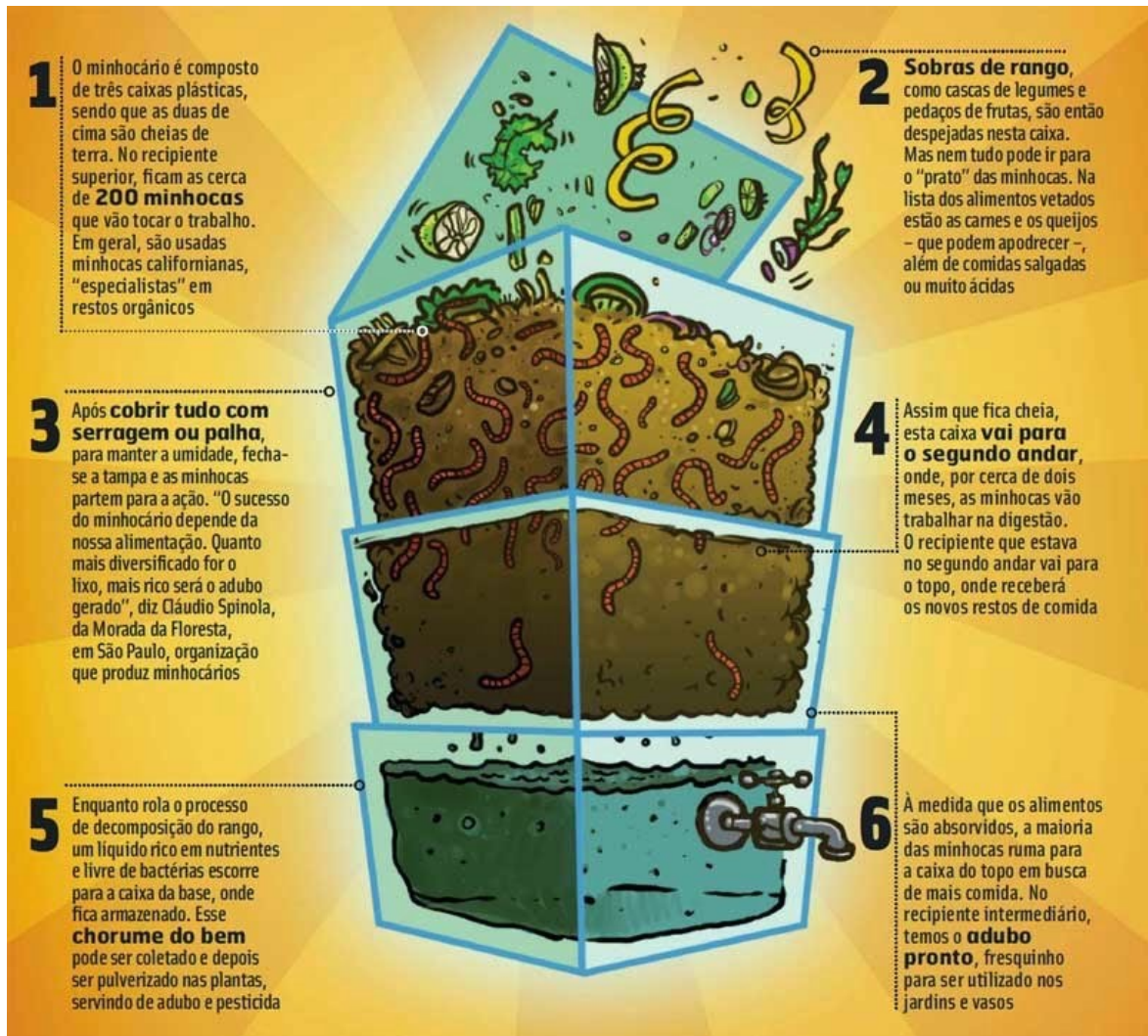
O lixo doméstico é gerado, principalmente, durante as fases de ocupação e manutenção, que é quando há maior consumo do mesmo, e para o tratamento e disposição adequada deste lixo, é viável procurar alternativas. Assim sendo, sua parcela orgânica pode ser tratada através da compostagem, como definido por Wangen e Freitas:

Diante da crescente geração de resíduos residenciais urbanos, a compostagem doméstica surge como uma alternativa para o tratamento da fração orgânica desse material na fonte. Ela consiste numa alternativa viável para a ciclagem desse tipo de resíduo, podendo ser empregada em prefeituras, escolas, casas, condomínios e propriedades rurais. [...] A compostagem doméstica pode ser feita amontoando-se o material a ser compostado na forma de pilha ou leira, em composteira, ou mesmo por aterramento. A forma a ser utilizada depende do espaço disponível (WANGEN; FREITAS, 2010, p. 81 e 82).

A porção orgânica do resíduo que pode ser utilizada no processo biológico de compostagem consiste em uma “mistura de restos de alimentos, frutos, folhas, esterco, palhas, etc” (WANGEN; FREITAS, 2010). “Obtêm-se, no final do processo, um adubo orgânico homogêneo, de cor escura, estável, solto, pronto para ser usado em qualquer cultura, sem causar dano e proporcionando uma melhoria nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo” (SOUZA et al., 2001, p. 02). A esquematização de uma composteira com minhocário é ilustrada pela figura 7.



**Figura 7 – Esquema de composteira doméstica com minhocário**



Fonte: Horta para sempre

Logo, através da implantação de um centro de compostagem, grande porcentagem do resíduo orgânico pode ser aproveitada e transformada, possibilitando uma diminuição considerável na geração total de lixo.

### 3.3 Gestão Energética

Considerando todas as fases do processo construtivo, um dos maiores gastos e desperdícios na construção civil é representado pelo gasto energético, uma vez que se utiliza energia durante toda a construção. Portanto, a gestão energética se faz necessária, uma vez que visa a conservação de energia durante o processo construtivo com os intuitos de:

Otimizar a performance de energia (levando em consideração o consumo médio de energia), minimizar custos, aumentar a performance térmica, produzir energia renovável, demanda responsável, selecionar bem aparelhos (eletrodomésticos eficientes e materiais utilizados num geral), aproveitar os recursos naturais e o estudo climático e estabelecer estratégias inovadoras de design para o controle climático a partir do estudo do clima regional (KIBERT, 2016, p. 597, tradução nossa).

Em um empreendimento, deve-se levar em conta a conservação da energia no processo construtivo através de um design passivo, com utilização racional e eficiente da energia, a fim de promover a eficiência energética. Kibert (2016) destaca todos os benefícios que ela pode agregar ao projeto sustentável:

Os benefícios da eficiência energética são: econômicos (custos iniciais mais baixos, menor custo com eletricidade, reduz a demanda por nova infraestrutura de energia), sociais (melhora as condições de conforto dos ocupantes, menor quantidade de linhas de transmissão) e ambientais (menor uso de eletricidade, menor índice de poluição no ar e emissões de CO<sub>2</sub>, impactos reduzidos da produção de combustíveis fósseis e sua distribuição) (KIBERT, 2016, p.154, tradução nossa).

Já Venâncio afirma que:

É um dos pilares da sustentabilidade de uma residência, pois é a solução mais econômica, eficaz e rápida para diminuir os impactos ambientais do uso incorreto das fontes energéticas, da emissão de carbono (CO<sub>2</sub>), e, claro, torna a manutenção do imóvel mais barata. (VENÂNCIO, 2010, p. 110)

A eficiência energética se relaciona com a sustentabilidade de tal forma que, além de proporcionar benefícios econômicos, como a diminuição nos gastos com a conta de luz, também promove melhoria no clima, já que evita a construção de novas plantas de geração de energia, como hidrelétricas e reduz a emissão de mais dióxido de carbono na atmosfera, provocada pela geração de energia em termoeletricas, conforme indicado por Kibert (2016).

Esta gestão pode estar presente em todas as fases do processo construtivo, conforme explicitado abaixo.

### 3.3.1 Fase de Concepção

A Fase de Concepção está associada ao design do empreendimento e ao planejamento do projeto. Sobre a relação desta fase com a performance energética, Oliveira afirma em sua tese “Proposta de Avaliação e Classificação da Sustentabilidade Ambiental de Canteiro de Obras” que:

Pode ser desenvolvido o projeto da obra de forma que ele apresente alta eficiência energética, sendo um diferencial que a empresa fornece ao mercado. Para que a edificação seja concebida de tal forma, deve oferecer conforto aos ocupantes com baixo consumo de energia, alinhando as variáveis humanas, arquitetônicas e climáticas da região, sempre visando viabilidade econômica e ambiental para o empreendimento (OLIVEIRA, 2011, p. 107)

Para que um empreendimento seja considerado verde, levando em conta o fator energético, é necessário que se examine a possibilidade de otimização da energia na fase de concepção da obra através da análise climática completa do local onde o empreendimento será implantado, estudando os padrões de vento, umidade e chuva, tendo sempre em mente que a orientação solar irá influenciar diretamente no projeto, assim como citado pelo Arquiteto:

A orientação da casa é de extrema importância, uma casa com os vãos (portas e janelas) bem situados podem captar e circular bastante ventilação, bem como absorver equilibradamente o melhor dos raios solares. Com um rigoroso estudo



climático do lote, são traçadas diretrizes do projeto arquitetônico, norteadas por forma, cores, materiais, enfim, tudo que se consiga para tornar o imóvel ecoeficiente. (VENÂNCIO, 2010, p. 78)

Consequentemente, os padrões de intensidade de iluminação e correntes de ar indicam quais são os pontos estratégicos e as melhores posições para se inserir aberturas, janelas e claraboias. Também influenciam na apuração dos tipos de materiais mais adequados a serem utilizados e nos dimensionamentos, espessuras tipos e formas ideais que paredes, portas e janelas devem assumir para que se faça proveito da iluminação natural e climatização natural, visando sempre promover o conforto térmico, aumentando a performance termal e reduzindo os custos com instalação e manutenção de climatizadores artificiais, que configura um design passivo conforme abordado por Kibert (2016), onde todos os fatores aplicados visam um resultado energeticamente eficiente.

A escolha das cores de paredes, telhado e laje têm influência direta na temperatura interna da construção, uma vez que “[...] tons escuros absorvem mais o calor dos raios solares, aumentando a temperatura da edificação. A pintura do telhado, laje e paredes de um empreendimento com cores claras e reflexivas podem reduzir a temperatura interna em até 6°C” (VENÂNCIO, 2010, p. 84). Posto isto, a escolha de cores deve ser feita com a finalidade de promover o conforto térmico.

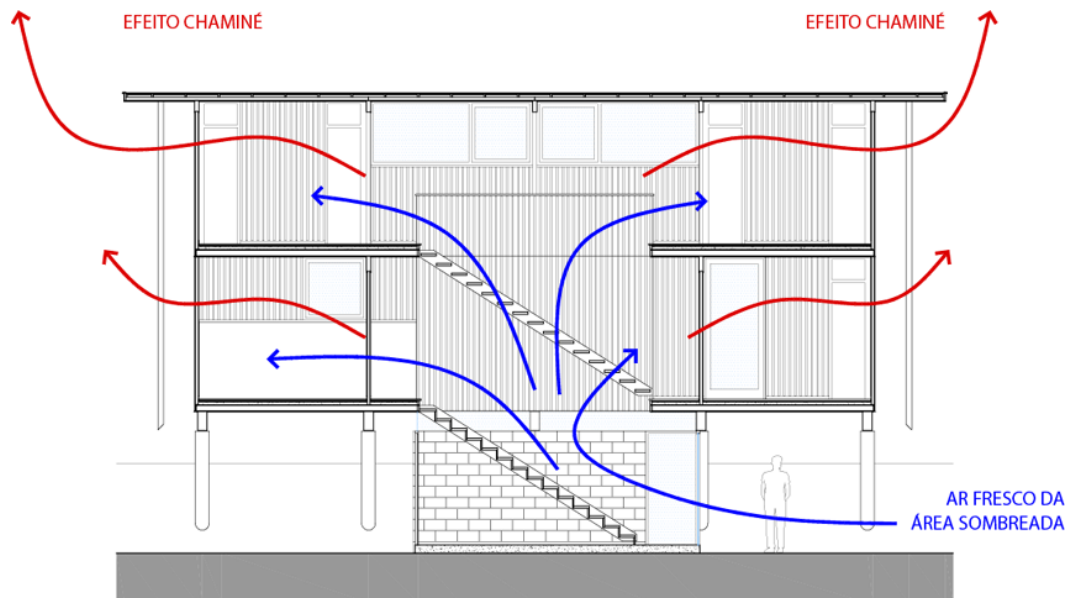
As decisões operacionais devem ser tomadas levando em conta a eficiência energética e qualidade ambiental interna como objetivos finais. Exemplos da utilização de um design passivo para promover otimização da energia são ilustrados abaixo.

**Figura 8 - Clarabóia como iluminação natural**



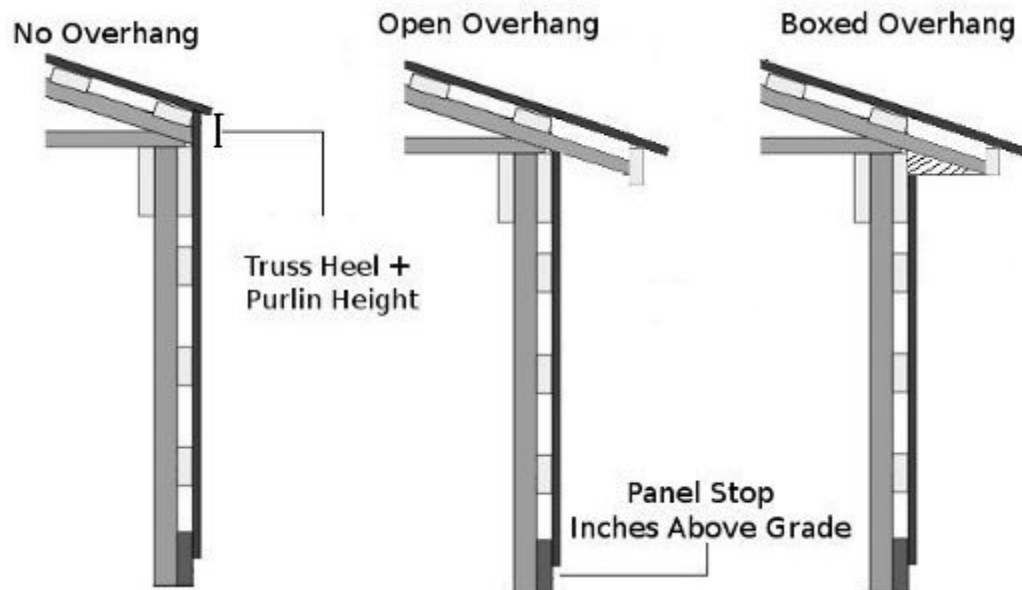
Fonte: Design coolture

**Figura 9 - Conforto térmico através da ventilação natural**



Fonte: Cris Xavier

**Figura 10 - Beiral (*overhang*) como alternativa para sombreamento**



Fonte: Pole-barn

### 3.3.2 Fases de Construção, Ocupação e Manutenção

Após a fase de planejamento da obra, durante as fases de construção e ocupação, deve-se considerar tudo que irá compor o empreendimento que não seja relacionado diretamente com seu design, como indicado por Yudelson (2013), por exemplo, a instalação de fonte de energia renovável como a energia fotovoltaica, aquecedor solar de água, climatizadores de baixo consumo e baixo impacto ambiental, a instalação de sistemas de economia de energia, eletrodomésticos com selos de consumo e medidores de energia, como será explicitado abaixo.

#### 3.3.2.1 *Energia Fotovoltaica*

Painéis solares podem ser instalados como fonte secundária e renovável de energia, em locais estratégicos, com uma certa inclinação para que receba um alto índice de radiação solar, gerando energia para alimentar o empreendimento.

Como abordado pelo Arquiteto em sua obra, o sistema fotovoltaico é ilustrado pela figura 11 e composto por:

Módulo: Várias células solares conectadas de forma a produzir tensão e corrente para geração de energia

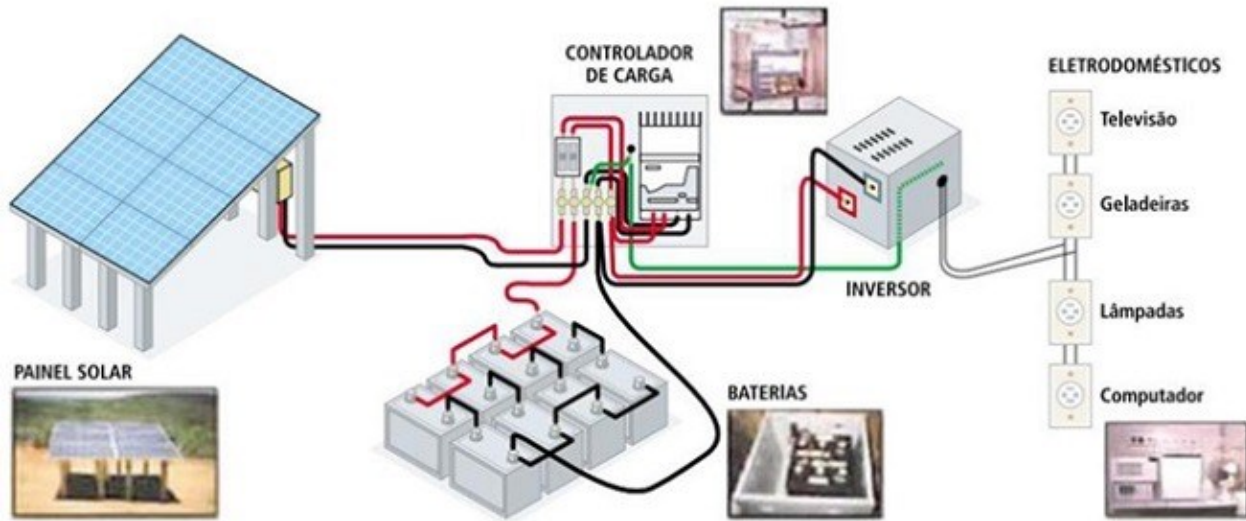
Controlador de Carga: Dirige a energia gerada pelo módulo à bateria, protegendo-se de uma sobrecarga.

Bateria: Acumula a energia produzida para posterior liberação.

Inversor: Função de transformar a energia de corrente contínua em energia de corrente alternada.

[...] O sistema é formado por células solares e funciona de tal forma que os módulos produzem uma corrente elétrica ao receber os raios de sol, sendo esta energia conduzida ao controlador de carga através de fios, levada para bateria onde é acumulada, enviada aos inversores que direcionam a corrente aos aparelhos de tensão diferente. (VENÂNCIO, 2010, p. 117)

**Figura 11 - Esquema de funcionamento de um painel solar**



Fonte: Portal eletricista

Apesar de ter um alto custo de implantação, este sistema apresenta várias vantagens por ser uma fonte de energia renovável e limpa e o excedente de energia gerado pode retornar à rede, evitando assim a instalação de mais redes de transmissão. O sistema com a presença de bateria, que foi apresentado acima, vale apenas para locais onde não há conexão com a rede, podendo ser dispensado o seu uso.

### 3.3.2.2 Aquecedor Solar

De acordo com Venâncio, o sistema de aquecimento solar é composto por:

Painéis coletores que absorvem a energia solar e transfere o calor para a água em circulação em uma tubulação de cobre ou tubos plásticos em seu interior.

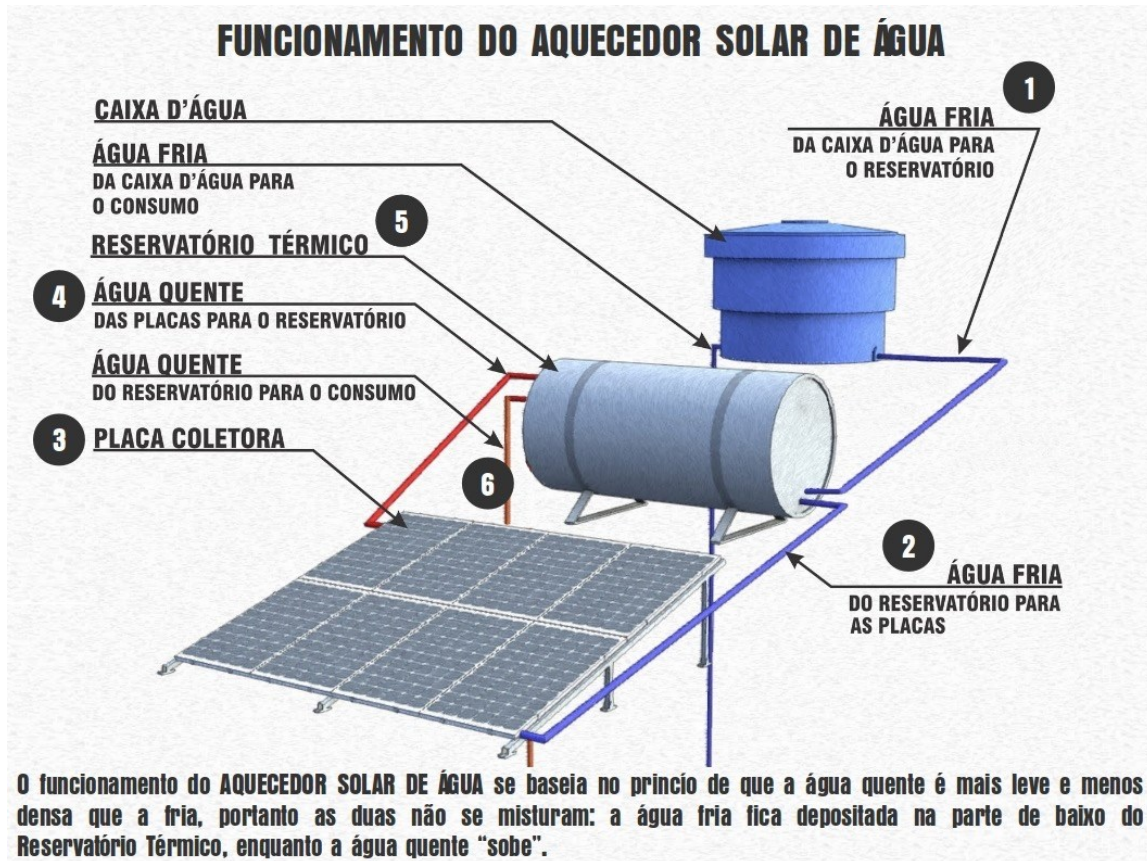
Reservatório térmico que armazena a água aquecida. Pode ser de cobre, inox ou propileno.

Tubulação: faz a conexão da água com todas as partes do sistema.

Caixa d'água: reservatório normal da residência que abastece os pontos de água fria. (VENÂNCIO, 2010, p. 112, 113 e 114)

O aquecedor solar funciona captando os raios solares através dos painéis coletores, que transferem o calor para a tubulação, após a mesma retirar água da caixa d'água, e destina a água aquecida ao reservatório térmico.

**Figura 12 - Esquema de um aquecedor solar**



Fonte: Tema.eco (2013)

Em comparação ao uso de um sistema fotovoltaico, Guerra e Varella afirmam em sua tese "Análise do desempenho térmico de um sistema de aquecimento solar de baixo custo na cidade de Mossoró (RN) ":

A energia solar fotovoltaica é obtida através de uma tecnologia capaz de converter a energia solar em eletricidade através do uso do seu principal componente, o módulo fotovoltaico, que é constituído de material semicondutor e apresenta um elevado preço de aquisição. Por outro lado, a energia solar térmica de baixa temperatura é obtida a partir da utilização do sistema de

aquecimento solar, que se trata de uma tecnologia que converte a energia solar em energia térmica, sendo mais aplicada no aquecimento de água e podem ser utilizados materiais não convencionais, como tubos de PVC e garrafas pet, que apresentam baixo custo. (GUERRA; VARELLA, 2014, p. 242)

Logo, para aquecimento de água, o sistema de aquecedor solar se mostra mais viável, apresentando um gasto menor, e tempo de retorno econômico maior. Este sistema, apesar de apresentar custos de instalação, evita gastos com chuveiros elétricos e se enquadra como um investimento a longo prazo, que favorece a valorização do imóvel, além da autonomia do proprietário e o benefício ambiental.

### *3.3.2.3 Sistemas de economia de energia*

Dentre os sistemas de economia de energia existentes, Oliveira (2011) destaca os sensores de presença, timers e lâmpadas de alta eficiência. Sensores de presença são utilizados geralmente em ambientes que apresentam uma circulação baixa de pessoas, como garagens, escadas e depósitos e o uso do timer consiste em programar o acender e apagar de luzes, com horários pré-determinados, sendo de grande utilidade para fachadas e jardins.

O uso de lâmpadas ecoeficientes pode ser considerado na gestão energética. Um exemplo é a instalação de lâmpadas de LED, que pode ser associada diretamente com os aspectos ambiental e econômico, e apesar de serem mais caras, possuem maior vida útil, alto rendimento e baixo consumo, promovendo assim, maior economia de energia em comparação à outros tipos de lâmpadas presentes no mercado, como as lâmpadas incandescentes e fluorescentes. Pode-se também utilizar sensores de presença no sistema de iluminação da obra, conforme sugerido por Oliveira (2011).

O quadro abaixo demonstra as particularidades de cada tipo de lâmpada e qualifica-as de acordo com sua vida útil, porcentagem de perda de energia, potência e preço.



Quadro 1 – Comparação entre os tipos de lâmpadas



Fonte: Optimus projetos

Apesar do alto preço apresentado no quadro para lâmpadas LED, é possível encontrá-las com preço mais acessível no mercado atual, abaixo de R\$20,00.

#### 3.3.2.4 Eletrodomésticos e medidores de energia

Os Selos de certificação ambiental atestam que ações sustentáveis foram desenvolvidas pela empresa, podendo ser através de um Sistema de Gestão Ambiental, pela redução de impactos ambientais durante a fabricação dos produtos, entre outros.



Estes selos garantem responsabilidade social e agregam valor ao produto. Exemplos são os Selos Energy Star e Procel, presentes na figura 13.

**Figura 13 - Selos Procel e Energy Star**



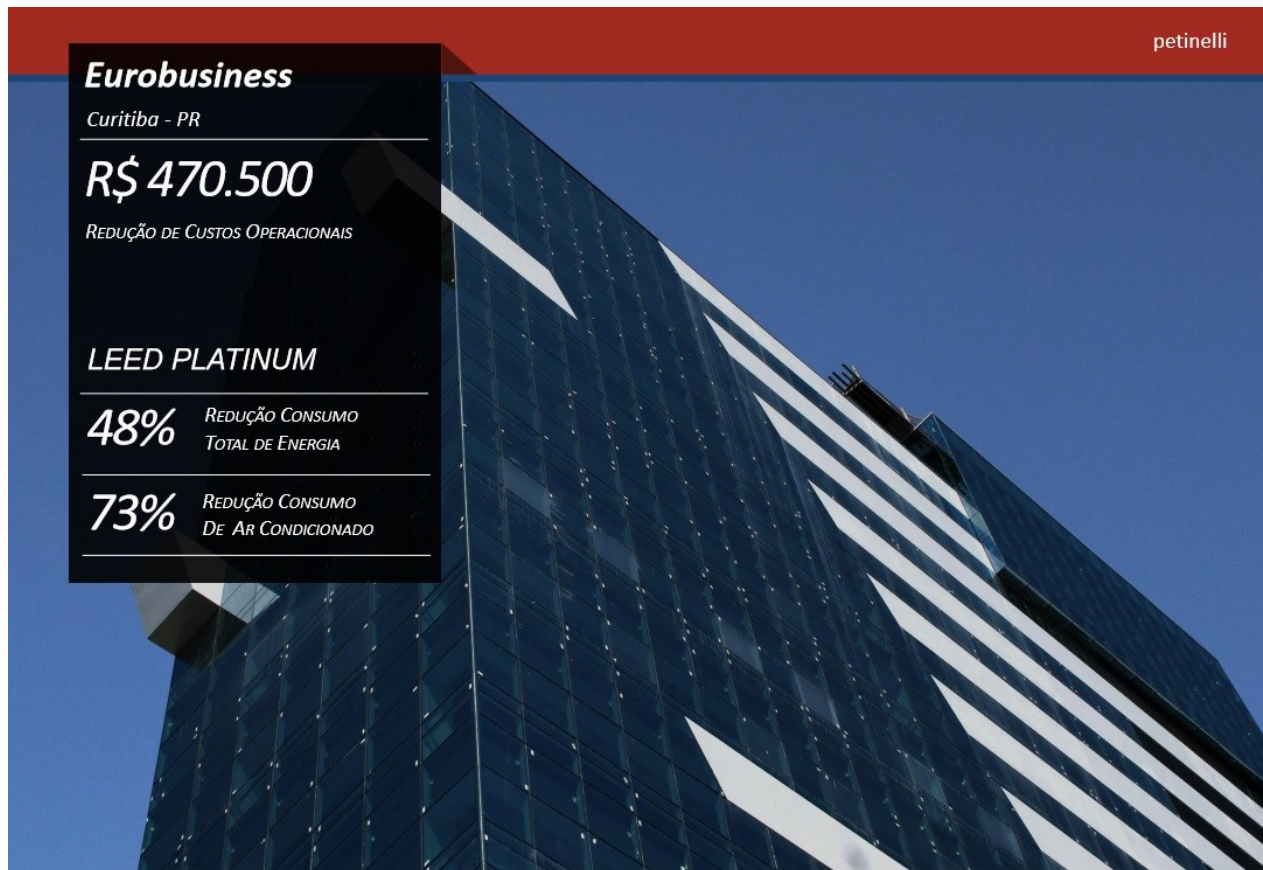
Fonte: Portaleletricista

Os Selos Energy Star e Procel são encontrados em aparelhos eletroeletrônicos e eletrodomésticos importados e nacionais e indicam qual o consumo e eficiência de cada um. A partir dos mesmos pode ser feita a escolha de quais aparelhos serão instalados no empreendimento a fim de se obter produtos que geram baixo impacto ambiental.

Uma outra forma de manter ou diminuir o consumo de energia é instalar medidores de energia para gerenciar ou economizar energia e monitorar o nível de uso do edifício. Eles devem registrar o consumo e demanda, e seria ideal que pudesse reportar o consumo por hora, por dia, mensal e anual. Desta forma, é possível monitorar o consumo não só através do histórico de contas de energia, mas também manejar a demanda e promover medidas de economia pós ocupação do empreendimento.

Através da adoção de todas ou algumas das medidas apresentadas, pode-se chegar num resultado satisfatório de redução de consumo, como ilustrado pela figura 14.

**Figura 14: Dados de redução de consumo energético do edifício Eurobusiness.**



Fonte: Portifólio Petinelli

### 3.4 Gestão da água

A água em uma habitação, assim como a energia, é um dos recursos que são utilizados a todo o tempo, seja na culinária, para higiene pessoal, no jardim ou na limpeza da casa. Sendo assim, a gestão da água em um projeto de construção civil é de extrema

importância posto que um dos maiores índices de gastos e desperdícios ao longo do processo construtivo é causado pelo uso indevido da água.

Kibert (2016) destaca todos os benefícios que esta gestão pode agregar ao projeto sustentável:

Os benefícios da eficiência da água são: econômicos pois reduz os custos iniciais da construção e o custo anual com água, sociais uma vez que promove a preservação dos recursos aquáticos para futuras gerações, agricultura e para o uso recreacional, considera uma menor quantidade de estações de tratamento de água e ambientais pois reduz o uso de água potável e incentiva a preservação de recursos aquáticos para a fauna e agricultura. (KIBERT, 2016, p.153, tradução nossa)

Já Venâncio (2010) destaca as vantagens nos âmbitos social e econômico, relacionadas ao reaproveitamento da água pluvial:

O aproveitamento da água da chuva apresenta várias vantagens, sendo algumas delas a economia na conta de água, ação efetiva de preservação ambiental com valorização comercial do imóvel, diminuição de enchentes e a redução de até 50% do consumo de uma casa, uma vez que pode ser utilizada em descargas, irrigação, lavagem de carros e calçadas e máquina de lavar roupa. (VENÂNCIO, 2010, p. 93)

Desta forma, conclui-se que é extremamente viável do ponto de vista ambiental tomar decisões de redução do uso da água e reaproveitamento das águas pluvial e cinza em um empreendimento e “ [...] para que esta medida seja tomada de forma adequada visando o maior equilíbrio possível é preciso levar em consideração todos as fases do processo construtivo, assim como os usos internos e externos da água em uma habitação” (KIBERT, 2016, p.418, tradução nossa).

O desenvolvimento de baixo impacto ambiental em uma construção se dá através de projetos integrados e, ao considerar o elemento água nas fases do processo construtivo e os fatores de equilíbrio que podem ser estabelecidos a fim de se obter uma construção sustentável, conclui-se que deve ser utilizada abordagens inovadoras que visem incorporar o ambiente construído ao ambiente natural em diversas escalas, integrando sistemas naturais à infraestrutura.

Como expresso pelo Engenheiro,

As técnicas de conservação de água incluem o uso de encanamentos de baixo fluxo, reciclagem de água, colheita de água de chuva e xeriscapagem (um método de paisagismo que utiliza plantas resistentes à seca e técnicas de conservação de recursos). Abordagens inovadoras para o processamento de águas residuais e gerenciamento de águas pluviais também são necessárias para abordar todo o escopo do ciclo hidrológico do edifício. (KIBERT, 2016, p. 64, tradução nossa)

Como resultado, esta gestão pode estar presente em todas as fases do processo construtivo e será dado foco na gestão da água pluvial e água cinza nas fases de concepção e construção e na gestão da água consumida durante a fase de ocupação, conforme explicitado nos tópicos abaixo.

#### 3.4.1 Fase de Concepção

Esta fase consiste no estabelecimento de planos, logística e design do empreendimento. É nela que os impasses e possíveis complicações que podem surgir no decorrer do projeto são abordados com soluções inovadoras.

Para que se promova uma gestão eficiente da água pluvial, é essencial “levar em conta estudos de índice pluviométrico regional e calcular o potencial de armazenamento da área de captação desejada” (VENÂNCIO, 2010, p. 94). Consequentemente, a partir da análise deste estudo, se planeja quais tipos, como e onde serão instalados os coletores de água pluvial.

Nesta fase se designa como será executado o reaproveitamento da água pluvial e de água cinza durante as fases de construção e ocupação, não considerando apenas o design do projeto.

#### 3.4.2 Fase de Construção

Nesta fase serão levantados três aspectos em dois tópicos: técnicas de captação de água pluvial, reaproveitamento de água cinza e métodos incorporados à construção

que promovam a filtração e drenagem da água pluvial. Todos estes devem partir de uma abordagem integrada, que resulte em uma gestão eficiente da água na construção civil, com o propósito de assegurar um empreendimento verde e sustentável, como indicado por Kibert (2016).

#### *3.4.2.1 Instrumentos de captação da água pluvial e reaproveitamento de água cinza*

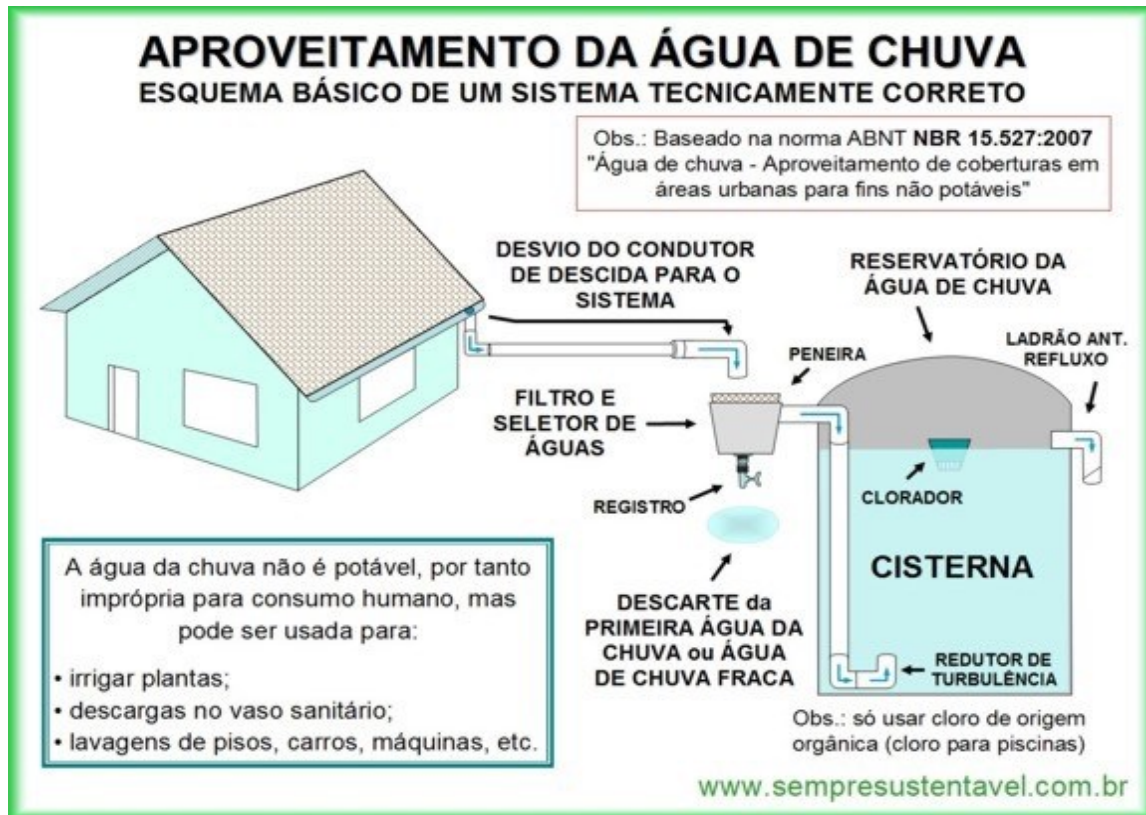
É importante estudar a viabilidade da implantação e instalação de coletores de água de chuva, mini estações de coleta, caixa d'água secundária ou cisterna para armazenamento da água da chuva e água tratada. Estes dispositivos estão ilustrados e esquematizados nas figuras 15, 16, 17 e 18. Não importa qual prática seja adotada, desde que vise o armazenamento, reaproveitamento e/ou tratamento da água da chuva e o tratamento de águas cinzas (águas residuárias geradas de atividades domésticas), com reutilização das mesmas, para uso não-potável, como previsto por UACDC (2010).

Sobre o reaproveitamento da água pluvial, Venâncio (2010) afirma que:

Deve-se manter tubulações distintas para água tratada e para água da chuva, indicar as torneiras no jardim que são de água da chuva, captar água somente em superfícies apropriadas, evitando assim a contaminação e proteger o reservatório contra agentes externos, como calor e luz. (VENÂNCIO, 2010, p. 96)

Uma cisterna constitui-se de “[...] um sistema desenvolvido para captar e armazenar água da chuva que poderá ser utilizada para diversos fins, como descarga de banheiros, irrigação de hortas, rega de plantas, limpeza de casas e calçadas” (PEREIRA, 2016, p.32). A captação de água através dela “[...] é feita por meio de calhas acopladas ao telhado de uma edificação, sendo direcionada até uma cisterna (caixa d'água) por meio de tubulações” (PEREIRA, 2016, p.33). Exemplos de cisternas aparente e subterrânea estão ilustrados abaixo. Sua escolha depende do tamanho do empreendimento, da demanda de água do mesmo e do índice pluviométrico local.

Figura 15 - Esquema de funcionamento de cisterna aparente



Fonte: PEREIRA (2011)



**Figura 16 - Cisterna subterrânea**



Fonte: Arquivo pessoal (2016)

Outro método de coleta é a utilização de barril de coleta. O barril pode ser apenas um tambor ou um dispositivo maior e completo, a escolha irá depender da demanda do empreendimento, do tamanho da área de captação (telhado), e do estudo e análise de índice pluviométrico regional. Ambos dispositivos possuem uma ligação direta com a calha do telhado e é através dela que ocorre a coleta da água pluvial. Estão ilustrados nas imagens abaixo.

**Figura 17 - Coleta de água pluvial por barril simples**



Fonte: Arquivo pessoal (2016)



**Figura 18 – Esquema de filtração de água pluvial através de barril de coleta**

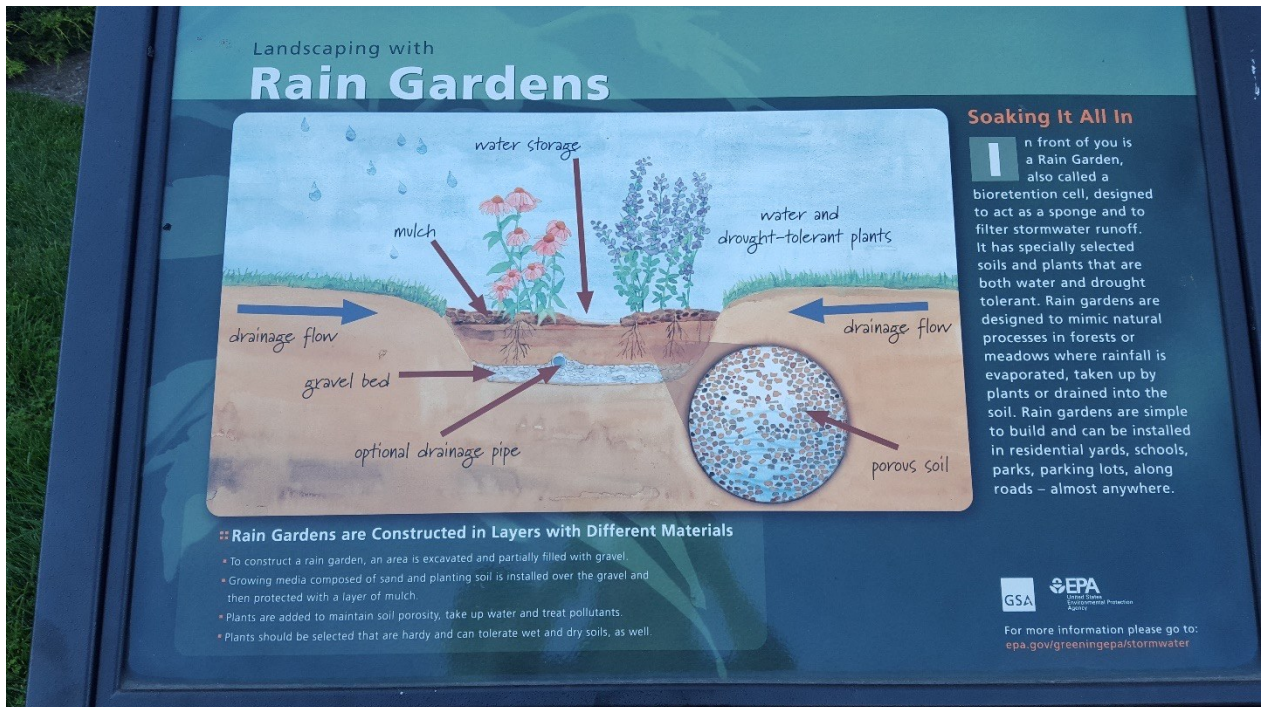


Fonte: Arquivo pessoal (2016)

Além da possibilidade de reutilização da água pluvial, há também a oportunidade de tratamento biológico da mesma, conforme explicitado por UACDC em “*Low Impact Development: a design manual for urban areas*” e ilustrado pelas figuras 19, 20 e 21:

A integração de práticas biológicas com uma abordagem que utilize o desenvolvimento de baixo impacto é ideal para o tratamento do escoamento de águas pluviais, utilizando de drenos e canos que levem esta água para zonas mais baixas de tratamento biológico e filtração, estando apta assim para controle de fluxo, detenção, retenção, reutilização, filtração, infiltração e tratamento em propriedades, ruas, espaços abertos ou edificações. (UACDC, 2010, p. 20, tradução nossa)

**Figura 19 - Esquema de funcionamento de jardim de chuva (rain garden) para drenagem de água pluvial**



Fonte: Arquivo pessoal (2016)



**Figura 20 - Jardim de Chuva (*rain garden*)**



Fonte: Arquivo pessoal (2016)

**Figura 21 - Lagoa de bioretenção (*bioswale*) para tratamento de água pluvial**



Fonte: Arquivo pessoal (2016)

Já Lazzarotto (2013) aborda em seu estudo “Reúso de águas cinzas: implantação do sistema em um prédio residencial” a reutilização de águas cinzas.

O reúso de águas cinzas tem por objetivo diminuir as quantidades de água potável demandada e o esgoto produzido nas residências. Essas águas são provenientes da utilização de chuveiros; banheiros; lavatórios; tanques e máquinas de lavar roupa. Excluindo-se portanto, os efluentes provenientes de bacias sanitárias, pias de cozinha e máquinas de lavar louça, chamados de águas negras (LAZZAROTTO, 2013, p. 16).

Muitas são as aplicações sugeridas para as águas cinzas de reúso. De acordo com o estabelecido pela NBR 13969:

No caso do esgoto de origem essencialmente doméstica ou com características similares, o esgoto tratado deve ser reutilizado para fins que exigem qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura, tais como:

- a) irrigação dos jardins,
- b) lavagem dos pisos e dos veículos automotivos;
- c) na descarga de vasos sanitários;
- d) na manutenção paisagística dos lagos e canais com água;
- e) na irrigação dos campos agrícolas e pastagens, etc. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997, p. 21)

Além do sugerido pela NBR, a água cinza também pode ser reaproveitada durante a fase de construção do empreendimento, um exemplo é a aplicação da mesma na cura úmida da concretagem e preparação de argamassas.

A reutilização da água cinza parte do princípio de reaproveitar perdas e sobras como um recurso potencial. O tratamento da mesma, conforme indicado por Lazzarotto (2013), se dá após a análise de parâmetros de qualidade, como turbidez, pH, cloro residual, oxigênio dissolvido, presença de coliformes fecais e sólidos dissolvidos. Por conseguinte, a partir da análise destes parâmetros presentes na água a ser reaproveitada, são recomendados tratamentos específicos de acordo com o reuso pretendido, levando em consideração as normas da Agência Nacional de Águas (ANA) e NBR, que recomenda tratamentos primários, secundários anaeróbio, secundários aeróbio ou terciários, de acordo com a classificação da origem e do reuso pretendido da água.

#### *3.4.2.2 Drenagem e filtração da água pluvial*

As práticas citadas abaixo são de baixo impacto ambiental e possuem caráter associado à drenagem e filtração da água pluvial. Sua execução, de acordo com UACDC (2010, tradução nossa), além de propiciar a regulação climática e aumentar a taxa de

resiliência do ambiente, favorece também a mitigação de impactos ambientais e provoca um aumento no índice de qualidade ambiental urbana de modo geral.

#### 3.4.2.2.1 Telhado verde

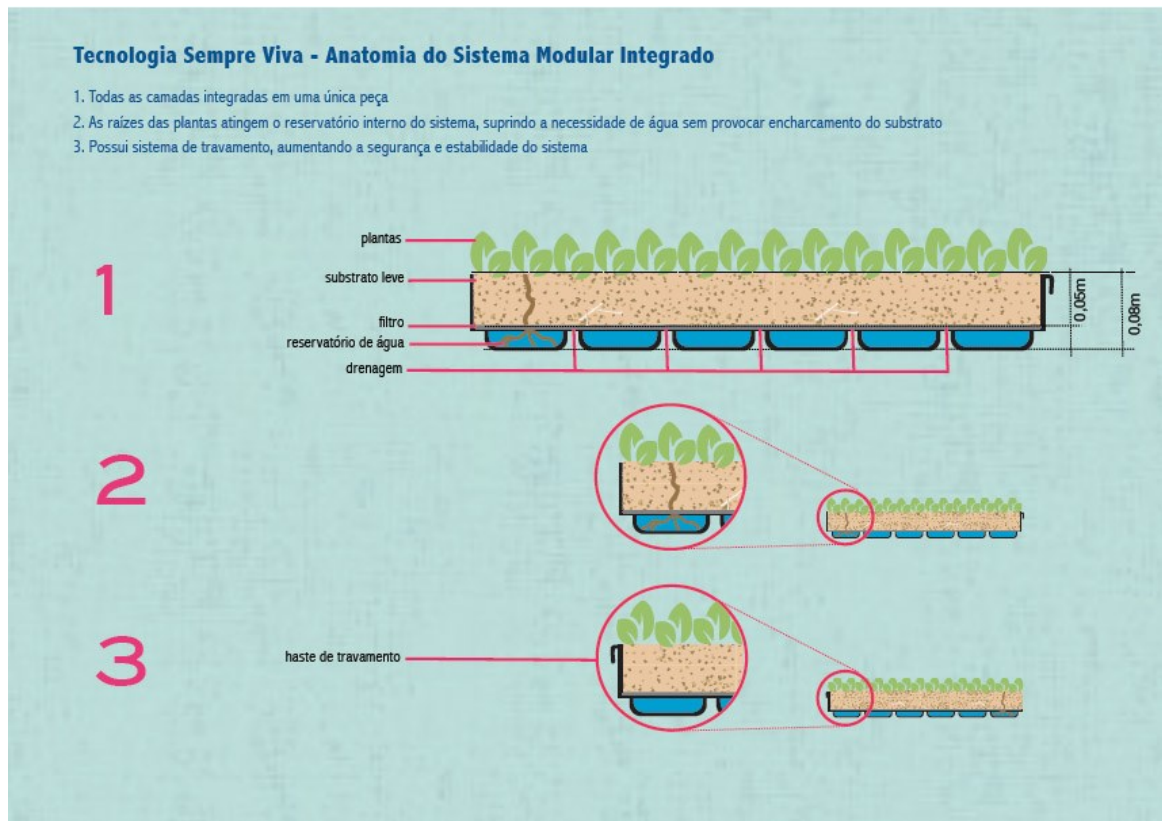
O telhado verde é um tipo de sistema construtivo que consiste no plantio de plantas e/ou árvores na cobertura de edificações, de maneira que esteja impermeabilizado e drenado. Ele absorve e evapora a água da chuva através de uma comunidade de plantas e solo estabelecida e cultivada, “[...] é uma espécie de jardim suspenso, que contribui para a redução da emissão de CO<sub>2</sub>” (VENÂNCIO, 2010, p. 170) e funciona como um bom isolante térmico para o empreendimento. Exemplos estão ilustrados nas figuras 22 e 23.

É uma técnica que, quando aplicada, colabora na elevação do conforto térmico dentro da edificação, uma vez que diminui as demandas de aquecimento e resfriamento, viabilizando a diminuição do efeito de ilha de calor, redução do consumo energético, melhoria na qualidade do ar, isolamento acústico e aumento da diversidade urbana, como apresentado por UACDC (2010).

Pode-se também instalar hortas, *planter boxes* ou uma estufa no telhado, de forma que o mesmo desempenhe um papel social, garantindo subsistência. Está ilustrado o exemplo de uma estufa de telhado verde na figura 24 e instauração de *planter boxes* em áreas específicas do telhado na figura 23.



**Figura 22 - Esquematização de um telhado verde**



Fonte: Teto2r

**Figura 23 - Telhado verde com estufa e *planterbox* na Universidade do Distrito de Columbia**



Fonte: Arquivo pessoal (2016)



**Figura 24 - Estufa presente em um telhado verde na Universidade do Distrito de Columbia**



Fonte: Arquivo pessoal (2016)

#### 3.4.2.2 Parede verde.

Também conhecida como jardim vertical sustenta vegetações vivas suspensas verticalmente e apresenta várias vantagens, destacando-se entre elas:

Painéis e paredes verdes diminuem o ganho solar durante o verão e controlam o fluxo do vento durante o inverno, sua implantação apresenta vários benefícios como a redução do efeito de ilha de calor, isolamento térmico, eficiência energética, apelo estético e promove a infiltração do escoamento superficial da água da chuva. (UACDC, 2010, p. 53, tradução nossa)

Além dos benefícios citados acima, paredes verdes também promovem o controle da umidade e da qualidade do ar, servem como barreira acústica e otimizam o espaço construído, conforme apresentado por Yudelso (2013). Porém o objetivo principal que será abordado aqui é a capacidade da mesma de drenar e filtrar a água pluvial, podendo posteriormente, destiná-la a algum reservatório.

**Figura 25 - Parede verde**



Fonte: Pinterest

#### 3.4.2.2.3 Instalações permeáveis no solo

Superfícies permeáveis instaladas no solo favorecem a infiltração e filtração da água pluvial, restringem a formação de poças de água, enchentes e inundações, e retardam o processo de erosão do solo, “[...] aumentam a infiltração do escoamento no local e impedem a transferência de problemas de poluição para outro local. Devem ser utilizadas no início da rede de tratamento para retardar e filtrar o sedimento.” (UACDC, 2010, p. 66, tradução nossa)

De acordo com UACDC (2010), estas instalações retem temporariamente pequenos volumes e promovem a infiltração de parte da água pluvial, reduzem a formação de poças de água e permitem um ganho ambiental com a possibilidade de abastecimento e recarga de reservas subterrâneas.

Existem vários tipos de materiais permeáveis que podem ser instalados no solo, como descrito por UACDC (2010):

Asfalto poroso (permite a drenagem de água através da superfície do pavimento para recarga de lençol freático e infiltração nos solos), concreto permeável (elimina a necessidade de lagoas de retenção, diminuindo os custos de projeto), sistema de pavimentação interligado (concreto pré-fundido pedra natural ou britas permitem que a água atravesse suas superfícies), formas alternativas de pavimento (pavimento de borracha), uso de cascalho com camada geotêxtil e base de curso de areia e pisogramas ou concregramas (apresentam alta capacidade de retenção de água devido à alta força de suporte que promovem enquanto protegem os sistemas de raízes da vegetação contra a compactação, permitindo o bom desenvolvimento dos sistemas radiculares). (UACDC, 2010, p. 78, tradução nossa)

A implantação destes reduz os efeitos da ilha de calor uma vez que colabora com a filtração da água pluvial ao solo. “Podem estar conectadas a uma rede de drenagem que leva a uma estação de tratamento e cisterna ou não, apenas assumindo função de direcionamento da água”. (UACDC, 2010, p. 42, tradução nossa)

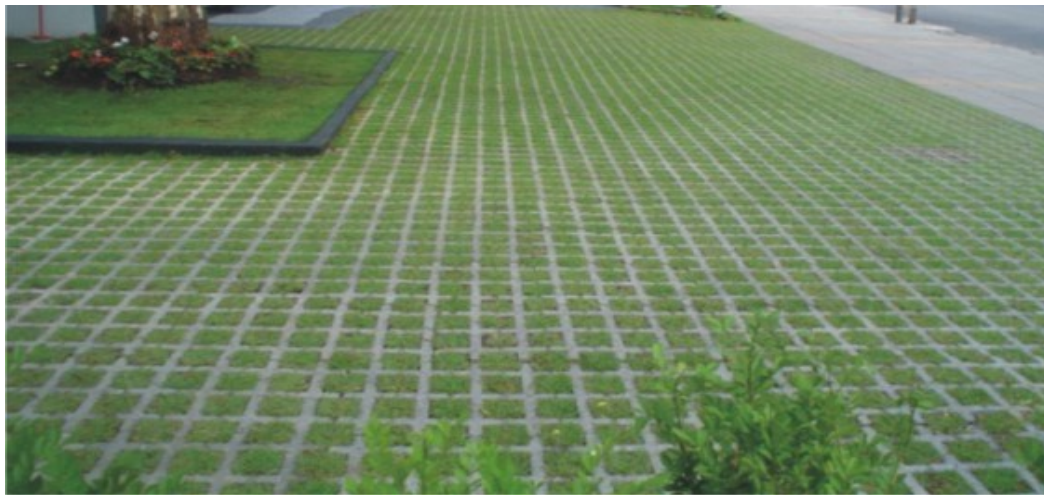
A pavimentação permeável é apropriada para zonas de estacionamento e unidades usadas ocasionalmente, mas deve ser evitada em áreas de alto tráfego. Os parâmetros de projeto a serem levados em conta são o risco de contaminação do aquífero, declividade do terreno e tráfegos intensos no local. Exemplos são ilustrados a seguir.

**Figura 26 - Concreto Poroso**



Fonte: Kerber premoldados

**Figura 27 - Pisograma**



Fonte: Projeto arquitetônico (2012)



**Figura 28 - Pavimento permeável com drenagem de excesso para cisternas**



Fonte: Arquivo pessoal (2016)

#### 3.4.2.2.4. Paisagismo

Além das opções da instauração de telhado verde, parede verde e instalações permeáveis no solo, o entorno da construção pode ser arborizado, de forma que a área externa seja permeada e vegetada, de preferência com espécies nativas da região, que exijam menor consumo de água, compondo jardins eficientes e de baixa manutenção.

O paisagismo pode atuar não só como aspecto estético, mas também como aspecto sustentável, dado que a vegetação, quando instalada na posição adequada, filtra o calor, drena a água pluvial, evita erosões, absorve barulhos, ruídos e partículas geradas

pela poluição, e proporciona conforto térmico, visual e sonoro, como indicado por Kibert (2016).

Técnicas mais avançadas também podem ser aplicadas nos espaços abertos. Um exemplo é a biorretenção da água pluvial através da implantação de jardins de chuva, como já apresentado anteriormente no tópico “Instrumentos de captação da água pluvial e reaproveitamento de água cinza”.

### 3.4.2 Fase de Ocupação

Na fase de transição entre construção e ocupação pode-se instalar itens e equipamentos de alta eficiência e performance, que visam promover a redução do consumo e desperdício, ajudando no uso racional da água, como expresso pelo arquiteto:

Vasos de caixa acoplada: com duplo acionamento e botões de três litros para líquidos e seis litros para sólidos.

Torneiras temporizadas: regulação do tempo de vazão da água.

Torneira com sensor de presença: interrompe o fluxo de água imediatamente após a saída do usuário.

Aerador: colocado na saída da torneira, reduz o fluxo, deixando a água mais espumante. A quantidade de água é reduzida em até 30%. (VENÂNCIO, 2010, p. 98 e 99)

Na área externa do empreendimento pode haver o uso otimizado de água no paisagismo através de agoadores com tempo programado, por exemplo.

Abaixo estão ilustrados os equipamentos destacados por Venâncio (2010).

**Figura 29 - Torneira com temporizador**



Fonte: Construção e decoração de casas

**Figura 30 - Torneira com aerador**



Fonte: Banggood

**Figura 31 - Torneira com sensor de presença**



Fonte: Reforma facil

**Figura 32 – Vaso de caixa acoplada com duplo acionamento**



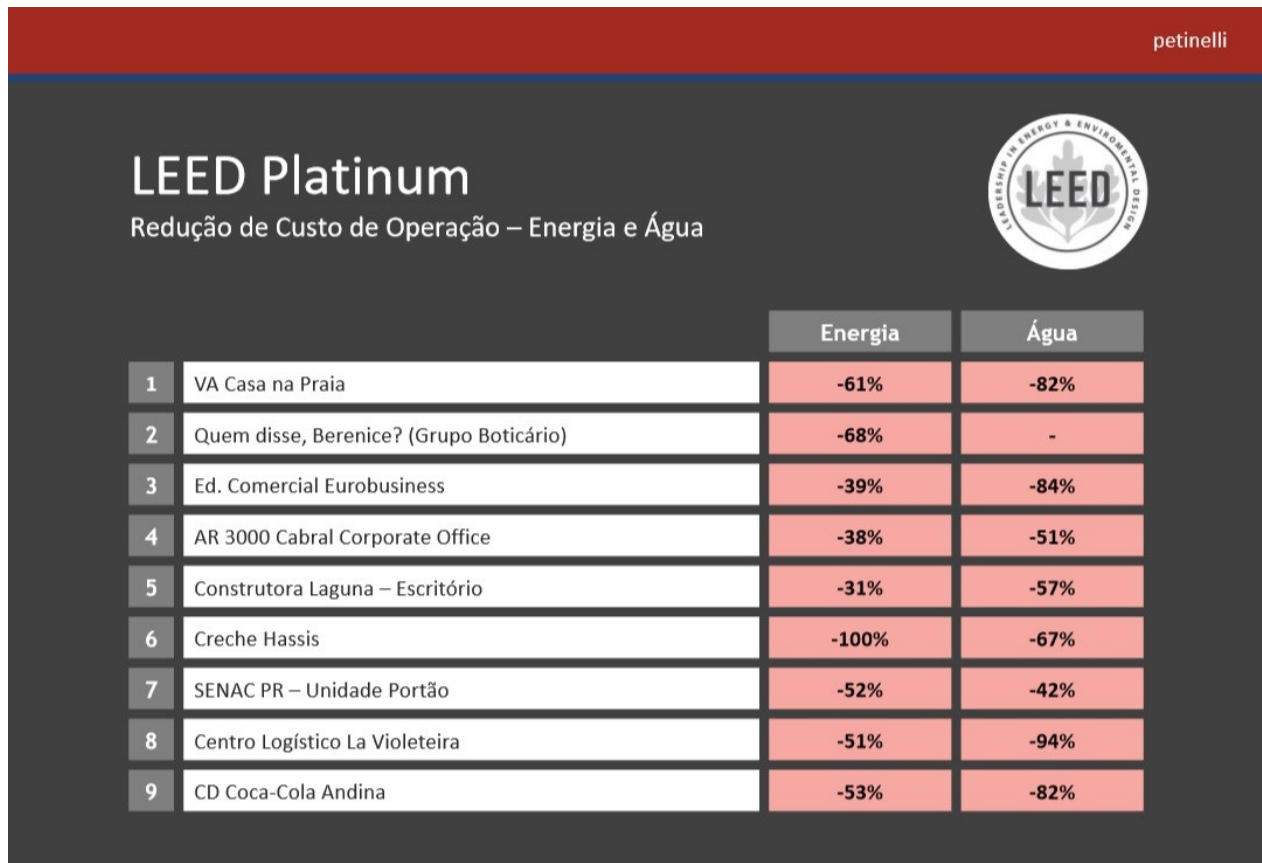
Fonte: Delas (2010)

Como resultado da implantação das técnicas abordadas nesta gestão, observa-se uma redução no consumo de água e de seu custo de operação, como ilustrado nas



figuras a seguir que expressam projetos com certificação verde LEED, que seguem sua metodologia específica.

**Figura 33 – Redução do custo operacional de água e energia**



Fonte: Portifólio Petinelli

Figura 34 – Redução do consumo de água no edifício Iguaçu



Fonte: Portifólio Petinelli

## 4 CONCLUSÃO

Através do estudo bibliográfico realizado, foi possível constatar que a construção sustentável busca uma abordagem integrada em todas as fases do processo construtivo, uma forma eficiente é separar o foco de análise em gestões que relacionam as técnicas de baixo impacto ambiental disponíveis com as necessidades ambientais, sociais e econômicas de um projeto.

Identificou-se que a integração de valores que são saudáveis ao empreendimento se dá através de um design passivo e verde, que propicia maior qualidade de vida aos ocupantes e aumenta o ciclo de vida do empreendimento.

Os benefícios da sustentabilidade na construção civil vão muito além de benefícios econômicos e sociais, como o conforto térmico, qualidade interna, valorização do imóvel e redução de custos de manutenção. O retorno ambiental é o maior foco desta prática, com o intuito de favorecer a minimização dos impactos ambientais e reduzir o consumo de recursos naturais.

Com a finalização deste trabalho foi comprovado que a pesquisa bibliográfica realizada apresentou alicerce e embasamento teórico para a realização de uma gestão sustentável de um projeto de construção civil. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi atingido e fundamentado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOPYAN, V.; JOHN, V. M.. **O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil**. 1. Ed. São Paulo: Editora Blucher, 2011. V. 1. 142 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: tanques sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

BANGGOOD. **Torneira de poupança aerador torneira da cozinha bico ajustável giratório mangueira de bico**. Disponível em: <<https://www.banggood.com/pt/Water-Saving-Faucet-Aerator-Kitchen-Tap-Adjustable-Nozzle-Spout-Hose-Swivel-p-1036985.html>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

CARDOSO, F. F.. **REDUÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DOS CANTEIROS DE OBRAS: EXIGÊNCIAS DAS METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DE EDIFÍCIOS**. 2006. Disponível em: <[http://www.infohab.org.br/entac2014/2006/artigos/ENTAC2006\\_3560\\_3569.pdf](http://www.infohab.org.br/entac2014/2006/artigos/ENTAC2006_3560_3569.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2016.

CDLBH. **Brasil perde R\$ 120 bilhões por ano ao não reciclar lixo**. Disponível em: <[http://www.cdlbh.com.br/portal/5998/Clipping/Brasil\\_perde\\_R\\$\\_120\\_bilhoes\\_por\\_ano\\_ao\\_nao\\_reciclar\\_lixo](http://www.cdlbh.com.br/portal/5998/Clipping/Brasil_perde_R$_120_bilhoes_por_ano_ao_nao_reciclar_lixo)>. Acesso em: 20 jun. 2017.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD). *Nosso futuro comum*. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 1988.

CONTRUÇÃO E DECORAÇÃO DE CASAS. **Torneiras com temporizador**. Disponível em: <<http://construcaodedecoracaodecasas.net/informacoes/torneiras-com-temporizador/>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

CORRÊA, L. R.. **SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2009. Disponível em: <[http://especializacaocivil.demc.ufmg.br/trabalhos/pg1/Sustentabilidade na Constru](http://especializacaocivil.demc.ufmg.br/trabalhos/pg1/Sustentabilidade%20na%20Construcao%20CivilL.pdf)>. Acesso em: 13 jun. 2017.

CRIS XAVIER. **Vila Taguaí**. Disponível em: <<http://www.crisxavier.com.br/taguai/home.php?content=6&id=3>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

DEGANI, C.M.; CARDOSO, F. F.. **A SUSTENTABILIDADE AO LONGO DO CICLO DE VIDA DE EDIFÍCIOS**: a importância da etapa de projeto arquitetônico. 2002. Disponível em: <[http://www.pcc.usp.br/files/text/personal\\_files/francisco\\_cardoso/Nutau\\_2002\\_Degani\\_Cardoso.pdf](http://www.pcc.usp.br/files/text/personal_files/francisco_cardoso/Nutau_2002_Degani_Cardoso.pdf)>. Acesso em: 13 jun. 2017.

DEGANI, C. M.. **Modelo de Gerenciamento da Sustentabilidade de Facilidades Construídas**. 2010. 200 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

DELAS. **Economize água no banheiro**. 2010. Disponível em: <<http://delas.ig.com.br/casa/servicos/economize-agua-no-banheiro/c1237726520412.html>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

DESIGN COOLTURE. **Tag: Arquitetura**. Disponível em: <<https://designcoolture.com/tag/arquitetura/>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

FERREIRA, I. L.. **ANÁLISE PRELIMINAR DE UM CANTEIRO DE OBRAS SEGUNDO A CATEGORIA 3 DO REFERENCIAL TÉCNICO AQUA-HQE**. 2016. 82 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

FLORIM, L. C.; QUELHAS, O. L. G.. **CONTRIBUIÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL: CARACTERÍSTICAS DE UM PROJETO HABITACIONAL ECOEFICIENTE**. 2004. Disponível em: <[http://www.uff.br/engevista/3\\_6Engevista11.pdf](http://www.uff.br/engevista/3_6Engevista11.pdf)>. Acesso em: 14 set. 2016.

GRIGOLETTI, G. C.. **CARACTERIZAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DE INDÚSTRIAS DE CERÂMICA VERMELHA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**. 2001. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/1753/000307557.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 13 jun. 2017.

GUERRA, M. I. S.; VARELLA, F. K. O. M.. **ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE BAIXO CUSTO NA CIDADE DE MOSSORÓ (RN)**. 2014. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/4815/481547173023.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2017.

HORTA PARA SEMPRE. Blog. **Esquema de composteira doméstica**. Disponível em: <<http://hortaparasempre.blogspot.com.br/2014/09/o-que-e-compostagem-simples.html>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

VENTURINI, J.. **Classificação de resíduos**: Veja como são classificados e como devem ser descartados os resíduos de obras. 2011. Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/37/artigo220705-1.aspx>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

KERBERPREMOLDADOS. **Pavimento permeável contra precipitações**. Disponível em: <<http://blog.kerberpremoldados.com.br/pavimento-permeavel-contra-precipitacoes/>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

KIBERT, C. J.. **Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery**. 4. ed. Hoboken: John Wiley And Sons, Inc., 2016. 694 p.

LAZZAROTTO, P. R R.. **REÚSO DE ÁGUAS CINZAS**: implantação do sistema em um prédio residencial. 2013. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/96310/000914987.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 18 jun. 2017.

MADEIRA DE DEMOLIÇÃO (São Paulo). Blog. **Não erre ao limpar pisos de madeira! Veja 5 dicas de como conservar seu piso**. 2017. Disponível em: <<http://madeiradedemolicao.com/blog/nao-erre-limpar-pisos-madeira-5-dicas-conservar-piso/>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Resolução N° 307, de 05/07/2002. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. Brasília: 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama>>. Acesso em: 16 nov. 2016.

NUNES, K. R. A.; MAHLER, C. F.. **RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC)**. 2004. Disponível em: <[http://www.cabo.pe.gov.br/pners/CONTEÚDO DIGITAL/RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL/NOÇÕES RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.pdf](http://www.cabo.pe.gov.br/pners/CONTEÚDO%20DIGITAL/RESÍDUOS%20DA%20CONSTRUÇÃO%20CIVIL/NOÇÕES%20RESÍDUOS%20DA%20CONSTRUÇÃO%20CIVIL.pdf)>. Acesso em: 17 nov. 2016.

OLIVEIRA, J. A. C.. **PROPOSTA DE AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DE CANTEIRO DE OBRAS: Metodologia eco obra**. 2011. Disponível em: <<http://www.pecc.unb.br/wp-content/uploads/teses/D11-3A-Jorge-Oliveira.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2017.

OPTIMUS PROJETOS (Porto Alegre). **LED X INCANDESCENTE X FLUORESCENTE**. Disponível em: <<http://optimusprojetos.com.br/?p=674>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

PEREIRA, C. D. O.. **A casa sustentável é mais barata - parte 06 (captação de águas pluviais)**. 2011. Disponível em: <<http://caroldaemon.blogspot.com.br/2011/05/casa-sustentavel-e-mais-barata-parte-06.html>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

PEREIRA, P. H. G.. **COMPARATIVO DE ARMAZENAMENTO ENTRE CISTERNA DE AREIA E CISTERNA CONVENCIONAL**. 2016. Disponível em: <[https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/172288/TCC PEDRO HENRIQUE 23\\_06 \[12H05min\] \(1\).pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/172288/TCC%20PEDRO%20HENRIQUE%2023_06%20%5B12H05min%5D%20%281%29.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 19 jul. 2017.

PINTEREST. **Parede Verde**. Disponível em: <<https://www.pinterest.com/lucianecoliveir/parede-verde/>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

POLE-BARN. Apb Pole Barns. **Metal Siding Length Calculator**. Disponível em: <<http://www.pole-barn.info/metal-siding-calculator.html>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

PORTAL ELETRICISTA. **APRENDA EM DETALHES COMO FAZER A INSTALAÇÃO DE UM KIT DE ENERGIA SOLAR**. Disponível em: <<http://www.portaleletricista.com.br/kit-de-energia-solar/>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

PORTAL ELETRICISTA. **10 DICAS IMPORTANTES PARA ECONOMIZAR ENERGIA.** Disponível em: <<http://www.portaleletricista.com.br/economizar-energia/>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

**PORTIFÓLIO PETINELLI.** Curitiba, 19 jul. 2017.

PROJETO ARQUITETÔNICO. **Pavimentação permeável.** 2012. Disponível em: <<http://www.projetoarquitetonico.com/2012/06/pavimentacao-permeavel.html>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

REFORMA FACIL. **Economia de Água em Torneiras e Registros.** Disponível em: <[http://reforma facil.com.br/produtos/loucas\\_metais/economia-de-agua-em-torneiras-e-registros/](http://reforma facil.com.br/produtos/loucas_metais/economia-de-agua-em-torneiras-e-registros/)>. Acesso em: 20 jun. 2017.

SEBRAE (Brasil). Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Utilização de madeira certificada na construção civil: um diferencial.** 2014. Disponível em: <[http://www.sebraemercados.com.br/wp-content/uploads/2015/12/2014\\_07\\_17\\_RT\\_Junho\\_ConstrucaoCivil\\_FSC\\_validacao.pdf](http://www.sebraemercados.com.br/wp-content/uploads/2015/12/2014_07_17_RT_Junho_ConstrucaoCivil_FSC_validacao.pdf)>. Acesso em: 16 nov. 2016.

SOUZA, F.A. de; AQUINO, A.M. de; RICCI, M. dos S.F.; FEIDEN, A. **Compostagem.** Seropédica: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Agrobiologia, 11 p., 2001 (Boletim Técnico, nº 50).

TEIXEIRA, L.B. et al. **Processo de compostagem, a partir de lixo orgânico urbano, em leira estática com ventilação natural.** Belém: Embrapa, 2004, 8 p. (Circular Técnica, 33).

TEMA.ECO. **Aquecedor solar de água.** 2013. Disponível em: <<http://www.tema.eco.br/2013/06/aquecedor-solar-de-agua.html>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

TETO2R. **Telhado Verde - perguntas e respostas.** Disponível em: <<http://teto2r.com/categoria/blog/page/4/>>. Acesso em: 20 jun. 2017.



UNIVERSITY OF ARKANSAS COMMUNITY DESIGN CENTER - UACDC (Estados Unidos da América). Universidade do Arkansas. **LID: Low Impact Development: a design manual for urban areas.** 2. ed. Fayetteville: Arkansas, 2010. 227 p

VALENTE, J. P.. **Certificações na Construção Civil: Um comparativo entre LEED e HQE.** 2009. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10000277.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2016.

VENÂNCIO, H.. **Minha Casa Sustentável: Guia para uma construção residencial responsável.** 2. ed. Vila Velha: Edição do Autor, 2010. 227 p.

WANGEN, D. R. B.; FREITAS, I. C. V.. **Compostagem doméstica: alternativa de aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos.** 2010. Disponível em: <[http://orgprints.org/24494/1/Wangen\\_Compostagem.pdf](http://orgprints.org/24494/1/Wangen_Compostagem.pdf)>. Acesso em: 19 nov. 2016.

YEMAL, J. A.; TEIXEIRA, N. O. V.; NÄÄS, I. A.. **Sustentabilidade na Construção Civil.** 2011. Disponível em: <[http://www.advancesincleanerproduction.net/third/files/sessoes/6B/8/Yemal\\_JA - Paper - 6B8.pdf](http://www.advancesincleanerproduction.net/third/files/sessoes/6B/8/Yemal_JA - Paper - 6B8.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2016.

YUDELSON, J.. **Projeto Integrado e Construções Sustentáveis.** Porto Alegre: Bookman, 2013. 271 p. Tradução de: Alexandre Salvaterra.

