

CENTRO UNIVERSITÁRIO ATENAS

THALITA RABELO SANTIAGO

**MÉTODOS SUSTENTÁVEIS APLICADOS NAS
EDIFICAÇÕES**

Paracatu

2019

THALITA RABELO SANTIAGO

MÉTODOS SUSTENTÁVEIS APLICADOS NAS EDIFICAÇÕES

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Msc. Pedro Henrique Pedrosa de Melo

Paracatu

2019

THALITA RABELO SANTIAGO

MÉTODOS SUSTENTÁVEIS APLICADOS NAS EDIFICAÇÕES

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Msc. Pedro Henrique Pedrosa de Melo

Banca Examinadora:

Paracatu – MG, 29 de novembro de 2019.

Prof.Msc. Pedro Henrique Pedrosa de Melo
Centro Universitário Atenas

Profa. Ellen M.S. Cardoso
Centro Universitário Atenas

Profa. Msc. Talitha Araújo Veloso Faria
Centro Universitário Atenas

Dedico ao meu orientador Pedro Henrique Pedrosa de Melo, que me ajudou em todos os momentos, me ensinou que eu sempre posso ser melhor. Gratidão por ter você nesta fase tão importante da minha vida acadêmica.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que com seu amor e misericórdia me concedeu o dom da vida, que em todos os momentos da minha existência, me segura pela mão e demonstra que me ama e está comigo.

Ao meu orientador Pedro Henrique Pedrosa de Melo, por toda sua dedicação, paciência e conhecimentos. Ensinou-me que um professor não ensina apenas matérias, quando ele ama sua profissão ensina valores para levar por toda vida, sabe aconselhar, brigar, sabe ser luz na vida de cada estudante.

Ao meu avô Afrânio Pinto Rabelo, que com toda sua simplicidade me ensina diariamente o que é ser forte, esta vitória também é sua.

A minha família por toda sua preocupação e apoio.

A minha mãe que sempre acreditou em mim, você é minha força.

Aos meus amigos, que sempre me sustentaram com muitas orações, e entendem a minha ausência, o meu muito obrigado.

Aos meus professores que de forma significativa contribuíram para minha formação, em especial agradeço os professores: Carlos Eduardo Chula, Matheus Dias Ruas, Marcos Henrique Rosa dos Santos, Ellen Cardoso, Talitha Araújo.

A coordenadora do meu curso Glenda Maria Colim Messias, que sempre manteve uma relação tão próximas com os universitários, obrigada por sempre me atender com tanto carinho.

E por fim agradeço aos meus colegas por todo carinho, amizade e ajuda.

Quando a última árvore for derrubada, quando o último rio for envenenado, quando o último peixe for pescado, só então nos daremos conta de que dinheiro não se come.

(PROVÉRBIO INDÍGENA)

RESUMO

O estudo se dá através de uma pesquisa à literatura que circunda o tema sustentabilidade na construção civil. O trabalho se inicia apresentando o significado do termo sustentabilidade e a importância que ela tem na construção civil de acordo com vários autores. Os critérios, normas e certificações para se tornar uma edificação sustentável está presente neste trabalho, onde será visto também que elas recebem selos em várias categorias, como surgiu no Brasil, a primeira residência certificada e suas vantagens e desvantagens. Apresenta também alguns métodos sustentáveis aplicados nas edificações, sendo eles o reaproveitamento de água da chuva, os painéis fotovoltaicos para aquecimento de água e geração de energia elétrica, métodos que reaproveita os recursos naturais disponíveis na natureza e que não degrada o meio ambiente. Este trabalho apresenta a importância de unir sustentabilidade e construção civil, pois a indústria de construção é um dos setores que mais degrada o meio ambiente, logo, é preciso buscar medidas que utilize melhor os recursos naturais e as futuras gerações possam usufruir destes recursos.

Palavras chave: Sustentabilidade. Métodos Sustentáveis. Painéis Solares. Edificações Sustentáveis. Construção Civil.

ABSTRACT

The study takes place through a research into the literature that surrounds the theme sustainability in civil construction. The work begins presenting the meaning of the term sustainability and the importance it has in civil construction according to several authors. The criteria, standards and certifications to become a sustainable building is present in this work, where it will also be seen that they receive stamps in various categories, as emerged in Brazil, the first certified residence and its advantages and Disadvantages. It also presents some sustainable methods applied in buildings, which are the reuse of rainwater, photovoltaic panels for water heating and electricity generation, methods that reuse the natural resources available in the nature and that does not degrade the environment. This work presents the importance of uniting sustainability and civil construction, because the construction industry is one of the sectors that most degrades the environment, so it is necessary to seek measures that better use natural resources and future generations can enjoy these resources.

Keywords: *Sustainability. Sustainable Methods. Solar Panels. Sustainable Buildings. Construction.*

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Critérios para avaliação da qualidade ambiental do empreendimento	15
TABELA 2- Vantagens e desvantagens das certificações	18
TABELA 3- Características coletores em serie e paralelo	26
TABELA 4- Características e cuidados nos reservatórios	30

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Perfil Mínimo de desempenho para certificação	16
FIGURA 2- Primeira residência sustentável no Brasil	19
FIGURA 3- Corte transversal de uma célula fotovoltaica	21
FIGURA 4- Principais Componentes de um sistema de aquecimento solar	25
FIGURA 5- Circulação por Termossifão e Bombeada	27
FIGURA 6- Separação entre os circuitos de distribuição	29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 PROBLEMA	11
1.2 HIPÓTESE DE ESTUDO	11
1.3 OBJETIVOS	12
1.3.1 OBJETIVO GERAL	12
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
1.4 JUSTIFICATIVA	12
1.5 METODOLOGIA	12
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2 APLICAÇÃO DO TERMO SUSTENTABILIDADE	14
2.1 CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS	15
2.1.1 AQUA (ALTA QUALIDADE AMBIENTAL DO EMPREENDIMENTO)	15
2.1.2 LEED (LEADERSHIP IN ENERGY & ENVIRONMENTAL DESIGN)	16
2.1.3 BREEAM INTERNATIONAL BESPOKE	16
2.1.4 SELO CASA AZUL DA CAIXA	17
2.1.5 SELO PROCEL EDIFICAÇÕES	17
2.1.6 VANTAGEM E DESVANTAGEM DAS CERTIFICAÇÕES	18
2.1.7 A PRIMEIRA RESIDÊNCIA CERTIFICADA NO BRASIL	18
3 REAPROVEITAMENTO DA ENERGIA SOLAR- PAINÉIS FOTOVOLTAICOS ...	20
3.1 EFEITO FOTOVOLTAICO	20
3.3 ELEMENTOS DO SISTEMA FOTOVOLTAICO	21
3.4 TIPOS DE CONFIGURAÇÕES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO	22
3.4.1 SISTEMAS ISOLADOS	22
3.4.2 SISTEMAS HÍBRIDOS	22
3.4.3 SISTEMAS CONECTADOS À REDE	22
3.5 PROCESSO DE INSTALAÇÃO	22
4. AQUECEDOR SOLAR DE ÁGUA	24
4.1 SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR	25
4.1.1 COLETORES SOLARES	26
4.1.2 RESERVATÓRIO TÉRMICO	26
4.1.3 PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO	26
5. REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS	28
5.1 CAPTAÇÃO ÁGUA DA CHUVA	28
5.1.1 RESERVATÓRIOS	29

5.1.2 QUALIDADE DA ÁGUA CAPTADA PARA FINS NÃO POTÁVEIS.....	30
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
REFERÊNCIAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

A história do mundo mostra que a construção civil sempre existiu para atender as necessidades básicas do homem, e com o surgimento das cidades exigiu um conhecimento mais técnico e aprimorado para se construir. O Conselho Internacional da Construção – CIB (1998) aponta a indústria da construção civil como o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva, gerando consideráveis impactos ambientais.

Com o crescente avanço tecnológico e a necessidade de utilizar métodos que minimizem os impactos ambientais decorrentes do mesmo surgem, então, as construções e métodos sustentáveis que trazem para as construções um olhar mais crítico sobre todos os processos da construção. A exemplo, tem-se: o reuso de matérias, reaproveitamento de água, utilização da energia solar para geração de energia elétrica, dentre outros (CIB, 1998).

O presente trabalho pretende apresentar uma abordagem sobre os métodos de construção sustentável, pois as características de uma construção sustentável interferem diretamente na relação do homem com o meio ambiente, minimizar os impactos ambientais e aproveitar melhor os recursos naturais e algo que necessita ser propugnado por todos.

1.1 PROBLEMA

Quais são os critérios atuais de sustentabilidade que estão sendo aplicados em edificações unifamiliar e multifamiliar?

1.2 HIPÓTESE DE ESTUDO

A cadeia produtiva da construção civil depende de um processo muito grande de degradação do meio ambiente: extração de materiais, transporte, produção e ao final da sua vida útil a demolição gerando mais resíduos.

Atualmente tem se desenvolvido vários métodos para torna uma construção mais sustentável como aproveitamento da luz solar para geração de energia e aquecimento de água, aproveitamento das águas da chuva para uso não-potável.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Apresentar critérios e parâmetros que possam auxiliar nas escolhas dos métodos sustentáveis aplicados nas construções civis, analisando sua funcionalidade, desempenho e inovações.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Apresentar as principais certificações para tornar-se uma edificação sustentável;
- b) Entender o processo e aplicação destes métodos;
- c) Descrever técnicas sustentáveis para captação de água, energia e aquecimento de água.

1.3 JUSTIFICATIVA

Sustentabilidade foi tema de debate iniciado na década de 80, com o Relatório de Brundtland (1987) e era, enquanto definição geral: "suprir as necessidades da geração presente sem afetar a habilidade das gerações futuras de suprir as suas".

Falar de sustentabilidade não é mais uma bandeira levantada apenas pelos ecologistas. Vive-se um período de grandes desastres ambientais, aumento do aquecimento global, sendo que, falar de responsabilidade socioambiental cabe a qualquer profissional e empreendimento (BARBIERI, 2007).

Segundo Araújo (2007), a gestão ambiental é uma questão de sobrevivência, tendo em vista que o meio ambiente é hoje parte do processo produtivo e não mais uma externalidade. Isto faz com que a variável ambiental esteja presente no planejamento das empresas por envolver a oportunidade de redução de custos, já que uma empresa poluente é, antes de tudo, uma entidade que desperdiça insumos e gasta mais para produzir menos.

1.4 METODOLOGIA

Por se tratar de um estudo que, na familiarização com o tema abordado e aproximação com a realidade do objeto em estudo, esta pesquisa será de caráter

exploratório aplicada, devido também a estar voltada à aquisição de conhecimentos a serem aplicados em soluções prática (GIL, 2002).

Esta pesquisa será baseada em levantamentos bibliográficos e análise de exemplos que estimulem a compreensão dos métodos já registrados sobre sustentabilidade na construção civil, desta forma será abordado de forma sucinta os tipos de métodos aplicados para uma construção ser sustentável bem como seus respectivos pontos positivos e negativos.

Será apresentado como e o processo de aplicação destes métodos na construção civil, com foco nas edificações unifamiliar, que ocorrerá a caracterização em três etapas distintas, sendo a primeira a caracterização e contextualização do termo sustentabilidade, na segunda serão os tipos de métodos sustentáveis utilizados, na terceira será apresentada uma planta de uma residência unifamiliar.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

No primeiro capítulo é apresentado a introdução sobre o tema, juntamente com o problema de pesquisa, as hipóteses de estudo, objetivo geral e objetivos específicos, as justificativas, a metodologia utilizada e a definição estrutural da monografia.

No segundo capítulo é mostrado a contextualização do termo sustentabilidade e suas certificações.

No terceiro capítulo é realizada uma análise sobre o uso de painéis fotovoltaico nas edificações para geração de energia.

No quarto capítulo é apresentado o uso da energia solar para o aquecimento de água.

No quinto capítulo, é apresentado como reaproveitar água da chuva.

Por fim, no sexto capítulo foi feita as considerações finais acerca do tema abordado, apresentando os resultados alcançados.

2 APLICAÇÃO DO TERMO SUSTENTABILIDADE

Conforme relatado por Veiga (2005) em '*Desenvolvimento sustentável – o desafio do século XXI*' pode-se dizer que há três formas básicas de entender e conceituar o desenvolvimento. A primeira estabelece-o como crescimento econômico. A segunda forma, difundida por autores como o economista e sociólogo Giovanni Arrighi e Immanuel Wallerstein (2005 *apud* Veiga, 2005) defende o desenvolvimento como uma ilusão, para separar os países em classes alta, média e baixa. A terceira, segundo a classificação de Veiga (2005), estabelecida como sendo o 'caminho do meio', relaciona o crescimento econômico ao reconhecimento das diferentes formas de se alcançar a liberdade individual.

O homem sempre usou dos recursos encontrados na natureza para sobreviver, tal como a água, alimento e tudo que nela existe para se torna algo seu. Falar de construção sustentável é pensar na satisfação e necessidade do presente, sem comprometer os recursos para o futuro (ONU, 2005). Em específico, a construção sustentável está voltada para a construção de obras que minimizem os impactos ambientais, que seja no seu reaproveitamento de materiais, métodos sustentáveis, redução de resíduos (BÜHLER, 2010).

Uma construção sustentável além de minimizar os impactos ambientais garante qualidade de vida para as gerações futuras e atuais, um sistema construtivo que visa promover modificações consciente, não deixando a desejar o quesito modernidade e preservação dos recursos naturais (ARAÚJO, 2010).

Mudar a forma de se construir, e trazer ideias inovadoras não é algo fácil de inserir no mercado, principalmente se tratando de construção sustentável que a princípio o custo é maior, portanto para que isto também aconteça é preciso que a sustentabilidade seja pensada nos seus aspectos mais variados. Ela não depende apenas da maneira de como se utilizar os recursos naturais para produzir, mas também da maneira de como o mesmo será consumido (BÜHLER, 2010).

Souza (2007) afirma que, para que haja uma definição completa de desenvolvimento sustentável, deve haver, além da melhoria de indicadores econômicos e sociais, a questão da preservação do meio ambiente.

2.1 CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS

2.1.1 AQUA (ALTA QUALIDADE AMBIENTAL DO EMPREENDIMENTO)

A AQUA, foi criada pela Fundação Vanzolini, em 1967, sendo a principal certificadora da construção civil no Brasil, que desde 2017 adaptou a metodologia francesa *HQE – Haute Qualité Environnementale*, garantindo elevados níveis de sustentabilidade, tornando este método um aliado para a preservação do meio ambiente. Esta certificação faz 3 (três) auditorias presenciais no decorrer do projeto e da obra, verificando se está sendo seguido os critérios de sustentabilidade, contudo o certificado é emitido em 3 (três) fases: Programa, Projeto e Construção, que serão avaliados em bom, superior ou excelente, para isto serão analisados 14 critérios, conforme apresentados na Tabela 1 (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2014).

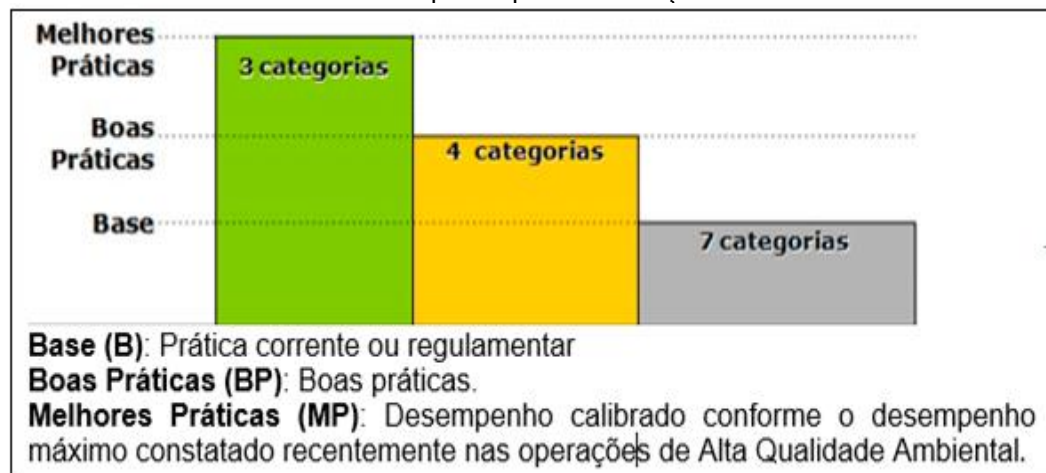
TABELA 1- Critérios para avaliação da qualidade ambiental do empreendimento.

1 - Relação do Edifício com o seu entorno	8 - Conforto Térmico
2 - Escolha integrada de produtos, sistema e processos construtivos	9 - Conforto Acústico
3 - Canteiro de Obras de Baixo Impacto Ambiental	10 - Conforto visual
4 - Gestão Energia	11 - Conforto Olfativo
5 - Gestão da Água	12 - Qualidade Sanitária dos Ambientes
6 - Gestão de resíduos de uso e operação do edifício	13 - Qualidade Sanitária do Ar
7 - Manutenção- Permanência do Desempenho Ambiental	14 - Qualidade Sanitária da Água

Fonte: Fundação Vanzolini, 2014.

Segundo a Fundação Vanzolini (2014), para a certificação ser concedida ou não ao empreendimento, será classificado o mesmo em três níveis: Melhores Práticas (MP), Boas Práticas (BP) e Base (B). Para que se obtenha a certificação é preciso um número mínimo de classificação MP, e um máximo para a classificação B, de acordo com o que está normatizado e regulamentado, conforme representado na Figura 1.

FIGURA 1- Perfil Mínimo de desempenho para certificação.



Fonte: Fundação Vanzolini, 2014.

2.1.2 LEED (Leadership in Energy & Environmental Design)

O LEED foi desenvolvido pelo USGBC (*United States Green Building Council*) o processo demorou três anos para ser elaborado, de 1995 a 1998, sendo os Estados Unidos o primeiro a lançar a certificação (USGBC, 2014).

Esta certificação é utilizada em 143 países, tem como o principal objetivo incentivar a transformação das edificações, mantendo o foco na sustentabilidade de suas atuações, sendo o Brasil o quarto país no ranking mundial de obras com mais certificados, segundo o *Green Building Council* (GBC) Internacional (SIENGE, 2016).

O projeto precisa atingir uma pontuação mínima para ser aprovado, dentre os requisitos tem-se: análise dos critérios de espaço sustentável, energia e atmosfera, qualidade interna, eficiência do uso da água, dentre outros (BRASIL, 2011).

No ano de 2004, ocorreu o primeiro pedido da certificação no Brasil, mas somente no ano de 2007 foi criado o CBCB (*Green Building Council Brasil*), e neste mesmo ano a certificação foi emitida para o Branco Real na Granja Viana, São Paulo. A distribuição do número de empreendimentos com certificação LEED, estão concentradas na região sudeste do Brasil, representando 82% dos certificados LEED (COSTA, 2013).

2.1.3 BREEAM INTERNATIONAL BESPOKE

A certificação BREEAM foi lançada em 1992, sendo muito utilizada no seu país de origem, a Inglaterra e no continente europeu. Para os outros continentes foi lançado em 2008 o BREEAM *International Bespoke*, adaptando o sistema de

avaliação de acordo com cada país, incorporando regulamentos e normais. Para sua certificação é analisado um sistema de metas a serem atingidas para se obter a classificação, caso atingidas as metas se transformam em pontuação (créditos). Dentre as categorias tem-se: saúde e bem-estar, energia, inovação, materiais, desperdícios de uso de água, uso da terra, transporte, poluição (BREEAM, 2016).

2.1.4 SELO CASA AZUL DA CAIXA

O Selo Azul da Caixa foi a primeira forma de classificação de sustentabilidade desenvolvida no Brasil para o setor de construção. Segundo a Caixa (2016) em 2010, foi lançado o manual: “Selo Casa Azul: Boas práticas para Habitação Sustentável”, que teve participação das universidades UPS (Universidade de São Paulo), UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas) e UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina).

Com este selo criado pela Caixa Econômica Federal busca promover nas construções o uso racional dos recursos naturais, melhorando a qualidade das habitações e cuidando do meio ambiente, com edificações que adotam soluções sustentáveis. Este selo analisa 53 critérios que são divididos em 6 categorias, sendo elas: Qualidade Urbana, Projeto e Conforto, Eficiência Energética, Conservação de Recursos Materiais, Gestão da Água, Práticas Sociais. Para receber o selo Casa Azul também é preciso que o empreendimento obedeça a 19 critérios, e de acordo com os números obtidos o selo é classificado em bronze, prata ou ouro (CAIXA, 2016).

2.1.5 SELO PROCEL EDIFICAÇÕES

Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL, instituído no ano de 1985, mas apenas em 1993 o programa começou as certificações por meio do selo PROCEL, visando promover o uso eficiente da energia elétrica e evitar o desperdício. Vale ressaltar que atualmente a Eletrobrás é a responsável por executar este selo, mas o mesmo foi criado pelo governo federal (ELETROBRAS, 2016).

O PROCEL foi ganhando novas vertentes ao longo dos anos, sendo que no ano de 2003 surgiu o PROCEL Edifica, que é a evolução do PROCEL nas edificações, visando ir além da redução dos desperdícios, o uso eficiente de

recursos naturais e a diminuição do impacto das edificações sobre o meio ambiente (PROCEL, 2016).

2.1.6 VANTAGEM E DESVANTAGEM DAS CERTIFICAÇÕES

Visando facilitar e destacar as vantagens e desvantagens de cada selo é apresentado a Tabela 2.

TABELA 2- Vantagens e desvantagens das certificações.

Certificação	Vantagens	Desvantagens
BREEAM	Reconhecimento internacional; adaptabilidade local e Climática	Dificuldades de aplicação
AQUA	Exige desempenho satisfatório em todas as áreas e fases	Ausência de critério específico para inovação
LEED	Reconhecimento internacional; flexibilidade de critérios; formato de checklist; critérios adequados ao Brasil	Possibilita desequilíbrio entre categorias; falta de embasamento científico para os critérios
CASA AZUL	Criado para a realidade brasileira; voltado para habitações populares; formato de checklist	Limitado apenas a construções habitacionais
PROCEL EDIFICAÇÕES	Criado para a realidade brasileira	Avalia apenas o aspecto energético

Fonte: ROCHA, 2016.

2.1.7 A PRIMEIRA RESIDÊNCIA CERTIFICADA NO BRASIL

A residência fica localizada em um condomínio fechado na cidade de Campinas - SP e foi concedida a certificação LEED FOR HOMES Prata, a primeira casa que recebeu este selo ambiental no Brasil, esta certificação aplica diretrizes sustentáveis para as edificações unifamiliar e multifamiliar, na Figura 2 temos a foto da fachada. O imóvel possui reaproveitamento das águas cinzas, armazenamento da água da chuva que reduziu de 50 a 60% o consumo de água, utilização da tecnologia “*inverter*” nos equipamentos, sistema de placas fotovoltaicas para produção de energia limpa e renovável; sistema de aquecimento solar para as águas de banho, luminária com lâmpadas do tipo LED, dentre outros (SUSTENTARQUI, 2015). A foto da sua fachada é apresentada na Figura 2.

FIGURA 2- Primeira residência sustentável no Brasil.



Fonte: SUSTENTARQUI, 2015.

3 REAPROVEITAMENTO DA ENERGIA SOLAR- PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

A principal fonte de energia do planeta terra é o sol, e todas as outras fontes de energia conhecida: eólica, hidrelétrica e biomassa derivam de forma direta ou indireta da energia solar (CRESESB, 2006).

A busca por fontes renováveis de energia tornou-se um fator de grande importância, já que o processo de geração de energia é o causador de 65% da emissão global de gases do efeito estufa, e uma matriz energética altamente dependente de combustíveis fósseis na produção de eletricidade, 30% de petróleo e 23% de carvão (SOLAR ENERGY AGENCY, 2011).

No ano de 1839 o físico francês Edmond Becquerel, observou diferença de potencial de um material semicondutor exposto a luz, dando início as pesquisas sobre o efeito fotovoltaico. A partir do ano 1956, surgiram novas descobertas da eletrônica, então começaram a produzir as primeiras células fotovoltaicas, porém com o seu alto custo e eficiência ainda muito baixa, a produção se dava apenas em nível industrial e ainda assim, em indústrias de pequeno porte. O primeiro uso significativo foi em satélites, sendo que a quantidade de radiação solar é contínua e com grande intensidade, outro ponto é que o fator custo não era limitante a sua implantação (VILLALVA, 2013).

Em 1979, começou a utilizar-se os módulos fotovoltaicos no Brasil, a primeira foi a empresa de telecomunicações Fone-Mat, situada na cidade de São Paulo, com o objetivo de atender ao seu mercado de atuação, começou a importar as células fotovoltaicas da Solarex (TOLMASQUIM, 2003).

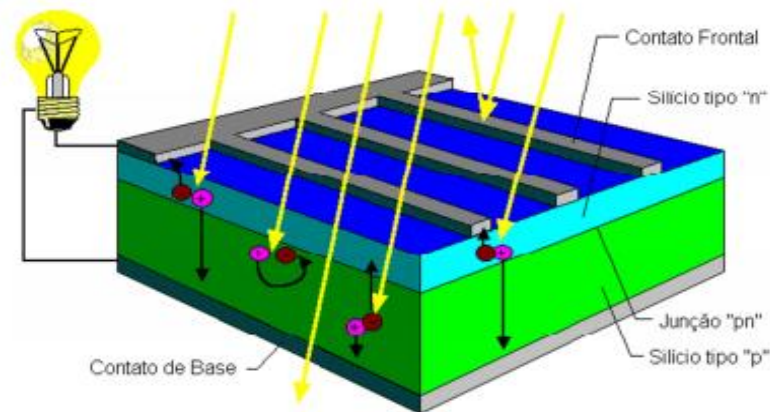
3.1 EFEITO FOTOVOLTAICO

O efeito fotovoltaico é a transformação de energia solar em energia elétrica. O termo fotovoltaico é uma junção da palavra foto, que significa luz no grego, e voltaico vem da unidade de tensão elétrica Volts. Em 1954, os pesquisadores Pearson, Fuller e Chapin desenvolveram a primeira célula fotovoltaica de silício monocristalino, na Figura 3 observa-se o corte transversal desta célula (ALVES, 2016).

O silício funciona como um dos principais semicondutores, e pode ser obtido através da dopagem de silício, onde é encontrado na forma natural em areias, e através de alguns métodos tem-se o cristal puro de silício. Este cristal possui na camada de valência 4 elétrons com ligação covalente e não possui elétrons livres,

sendo então um mal condutor de eletricidade. Para a utilização do silício é preciso fazer uma dopagem, isto é, adicionar outros elementos para alterar suas características. Para isso pode-se utilizar, por exemplo, o fósforo que possui 5 elétrons na camada de valência, resultando em 1 (um) elétron livre na banda de condução para cada átomo adicionado, caracterizando um material semiconductor portador de carga negativa (MARTINS, 2013).

FIGURA 3- Corte transversal de uma célula fotovoltaica.



Fonte: CRESESB, 2006.

3.3 ELEMENTOS DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

O sistema fotovoltaico tem quatro componentes básicos:

- Painéis solares: que funciona como o coração “bombeando” a energia que será levada para o sistema, são responsáveis também por transformar a energia solar em energia elétrica.
- Controladores de carga: trabalha como válvulas para o sistema, aumentam a sua vida útil e o desempenho do sistema, pois tem a função de evitar sobrecargas na bateria.
- Inversores: responsáveis pela transformação dos 12V de corrente contínua em 110 ou 220 V de corrente alternada, é responsável pela sincronia com a rede elétrica no caso dos sistemas conectados.
- Baterias: armazenam a energia elétrica para ser utilizada quando não há sol (CRESESB, 2006).

3.4 TIPOS DE CONFIGURAÇÕES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

O emprego de cada sistema vai depender diretamente da finalidade de uso, da viabilidade econômica, e das características de projeto. O sistema fotovoltaico possui 3 (três) configurações principais: isolado, híbridos e conectados à rede (BRAGA, 2008).

3.4.1 SISTEMAS ISOLADOS

Este tipo de sistema não necessita de conexão com a rede de distribuição, sendo necessário o uso de baterias para garantir o fornecimento de energia, mais utilizados em geração onde o custo é alto para instalar rede de distribuição, locais com funcionamento isolado independente, como por exemplo estações meteorológicas (JUNIOR, 2013).

3.4.2 SISTEMAS HÍBRIDOS

O sistema híbrido é utilizado pelo o menos 2 (duas) fontes distintas para geração de energia, como por exemplo solar/eólico/diesel, através destas variedades tem-se uma assistência maior na questão confiabilidade. Utiliza geralmente baterias para acumular energia, necessitando ainda de um controle de condicionamento e potência para diferentes fontes (VILLALVA, 2013).

3.4.3 SISTEMAS CONECTADOS À REDE

Este tipo de sistema é ligado na rede de distribuição da concessionária, não necessitando utilizar baterias. Na falta de energia gerada pelo sistema fotovoltaico, começa a ser consumida a energia da rede de distribuição (MIRANDA, 2014).

3.5 PROCESSO DE INSTALAÇÃO

Com suportes especiais os painéis são fixados à estruturas de sustentação do telhado ou direto nas telhas, dependendo também do tipo de cobertura, pois existe suportes para cada tipo, é preciso que o sistema suporte o peso das placas, e garanta a proteção contra a força dos ventos e infiltrações (ROSA; SANTOS, 2016).

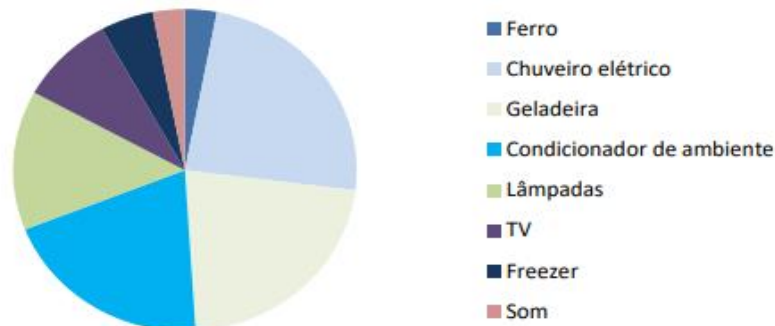
A posição e inclinação dos painéis são fatores importantíssimos para melhor eficiência da produção de energia. A radiação solar tem performance maior quando utilizada os painéis na posição norte do telhado, devido a maior exposição do sol, e a inclinação e mais utilizada a do próprio telhado (MIRANDA, 2014).

4. AQUECEDOR SOLAR DE ÁGUA

O Brasil tem um grande potencial energético para a utilização de aquecedor solar, esta prática teve início no ano de 1970 por causa da crise do petróleo, ficando claro como a sociedade depende de combustíveis fósseis, necessitando investir em tecnologias novas e principalmente utilizando fontes de energias renováveis (ABRAVA, 2007).

No ano de 2007, a Eletrobrás/PROCEL analisou através de um relatório de “Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil”, que 80,9% dos domicílios brasileiros utilizam aquecimento de água para banho, 73,5% usa o método de aquecimento por energia elétrica, 5,9% utilizam o gás e somente 0,4% utilizam o aquecedor solar (PROCEL, 2007). Através deste relatório pode-se observar que o maior consumo de energia nas residências é com o uso dos chuveiros elétricos (como apresenta o Gráfico 1), e com esta análise foi feita uma projeção, foi utilizado 39,7 milhões em 2001 para cerca de 69,7 milhões de unidades de chuveiros em 2030.

GRÁFICO 1- Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial.



Fonte: SOUZA, 2007.

Greenpeace (2010), ressalta a importância de mudar a forma de como é produzida, consumida e distribuída esta energia. Logo, processo precisa de uma mudança radical, para que o meio ambiente não continue sendo degradado, é que os problemas envolvidos não sejam ainda mais drásticos. Espera que até 2050, o uso da demanda energética seja reduzido em 26%, utilizando o lema “mais com menos”, é mais simples e barato investir em eficiência energética que gerar mais energia.

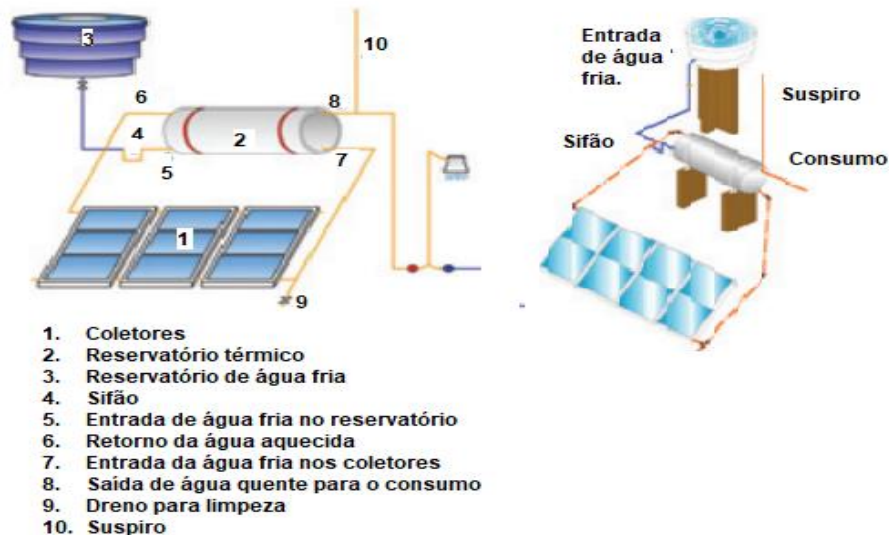
A energia elétrica é considerada nobre, podendo ser utilizada em diversas formas de aplicações, e não deveria ser consumida para o aquecimento de

água, pois para este fim deveria ser utilizada a energia solar, já que o Brasil tem um alto nível de insolação, muito mais que nos países da Europa, que a energia solar é mais bem utilizada do que aqui. Com o alto nível de radiação solar a utilização de aquecedores solares gera menos gasto com energia elétrica, já que o chuveiro elétrico é um dos grandes vilões do alto consumo de energia (PEREIRA, MARTINS, 2006).

4.1 SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR

O aquecimento de água através da energia solar é composto por coletores, tubulações e reservatório para armazenamento de água quente, além de um sistema de aquecimento auxiliar (na Figura 4 é apresentado alguns destes componentes). Os sistemas são classificados de acordo com o coletor empregado em direto ou indireto, sendo que coletores direto são aqueles que aquecem diretamente a água que será utilizada. Já o sistema indireto faz uma transferência de calor para a água que será utilizada, através dos coletores (SILVA, 2014).

FIGURA 4- Principais Componentes de um sistema de aquecimento solar.



Fonte: RODRIGUES, 2010.

Os reservatórios térmicos são utilizados para o armazenamento de água quente, normalmente feitos de aço inox isolados termicamente com poliuretano expandido, mantendo assim a água aquecida por longo período de tempo. Para garantir que o fornecimento de água quente não terá interrupções, principalmente em situações de chuvas, usa-se um sistema auxiliar podendo ser a gás ou elétrico (PRADO, 2007).

4.1.1 COLETORES SOLARES

Os coletores recebem a radiação solar e transfere para o fluido em forma de calor, está radiação aquece a cobertura de vidro, esquentando as aletas de cobre ou alumínio, que são pintadas de cor escura e tinta especial para ajudar na absorção de calor. Esse calor absorvido passa pelos tubos (serpentinhas) de cobre esquentando a água e indo direto para o reservatório. Os coletores recebem isolamento térmico e vedação de borracha de silicone, e são utilizados sobre telhados ou lajes (SILVA, 2014).

Os coletores podem ter 2 (dois) tipos de ligações, em série e paralelo, algumas características podem ser observadas na Tabela 3.

Quadro 1- Características coletores em serie e paralelo

ASSOCIAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Em série	Menor desempenho global do coletor
	Aumento da perda de pressão
	Temperatura de saída mais elevada
Em Paralelo	Alto desempenho
	Diminuição na perda de pressão

Fonte: ROSA, SANTOS, 2016.

A escolha de qual tipo de arranjo usar, vai depender do número de coletores solares que serão instalados e o tamanho da edificação.

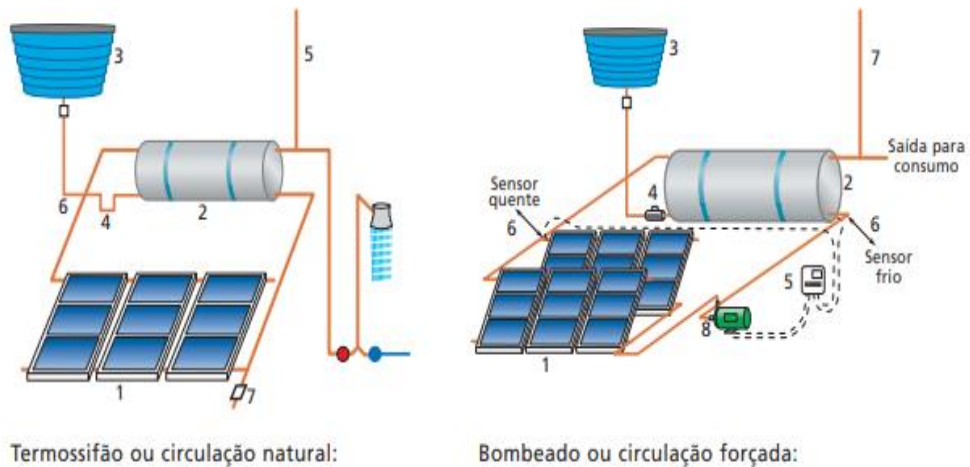
4.1.2 RESERVATÓRIO TÉRMICO

Os reservatórios são responsáveis por armazenar e manter a água aquecida. Devido ao consumo de água quente ser maior pela manhã e à noite o sistema aquece a água durante o dia e a acumula para poder ser utilizada nos horários que não tem sol, garantido que continue o abastecimento. No mercado existe diversas opções de reservatórios, se diferenciando pelo seu material construtivo (metálicos ou plásticos), modo construtivo (horizontal ou vertical) e pela pressão de operação (baixa pressão e alta pressão) (PROCOBRE, 2009).

4.1.3 PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO

O sistema de aquecimento solar pode ser classificado de 2 (duas) formas, quanto a circulação da água, pode ser por circulação natural (termossifão) é a circulação forçada (bombeada), apresentada na Figura 5.

FIGURA 5- Circulação por Termossifão e Bombeada.



Fonte: PROCOBRE, 2009.

Na termossifão ocorre o processo de circulação natural da água dentro dos coletores e reservatório térmico, funcionam devido a diferença de temperatura da água, com o aquecimento ela fica mais “leve”, isto é, menos densa, que acaba sendo empurrada pela água fria, que é mais “pesada”. Para este tipo de sistema quando maior o índice de radiação solar, mais rápido a água vai percorrer pelos coletores, pois o sistema é autorregulado. Recomenda-se o seu uso para pequenas instalações, com até mil litros de armazenamento (FARIA, 2010).

Circulação forçada, necessita de um sistema de bombeamento para que a água chegue até nos coletores e reservatório térmico, é quando a bomba hidráulica detecta que há radiação suficiente para os coletores, ela é acionada para controlar a diferença de potencial (PROCOBRE, 2009).

5. REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

O consumo da água se divide em três categorias, sendo a agricultura, a mais consumidora deste recurso, as indústrias em segundo lugar é por último, o consumo doméstico (HESPANHOL, 2007).

Buscar alternativas para a melhor utilização de água, como o aproveitamento de águas pluviais, é uma das formas de minimizar a utilização de recursos hídricos, é também da energia, considerando que para o consumo da água é preciso uma operação na estação de tratamento (MANO, 2004).

Há duas formas de se definir a água para o consumo humano, a primeira tem fins de uso potável, utilizada para higiene pessoal, e consumo em geral. A segunda é para uso não potáveis, que não precisa ter os padrões estabelecidos na legislação, pois é destinada a lavagem de roupas, irrigação de jardins, descargas de vasos sanitários, dentre outros (GONÇALVES, 2009).

5.1 CAPTAÇÃO ÁGUA DA CHUVA

Um sistema de captação de água pluviais tem como benefícios a preservação dos recursos hídricos, ajudando na preservação dos recursos naturais. Devido a este processo de aproveitamento tem-se uma diminuição no escoamento superficial, fazendo com que os sistemas de águas pluviais tenham uma redução de carga, e conseqüentemente diminuindo as inundações (SINDUSCON, 2005).

Os quesitos mais importantes para o melhor funcionamento do sistema de captação de águas é a precipitação, a área para a coleta e a demanda que a edificação necessita. Para interligação do sistema na estrutura é feita através de condutores horizontais e verticais (também chamados de calhas e canos), grades, e bombas quando o sistema não trabalha por gravidade, levando água para outros reservatórios, como representado na Figura 6 (TOMAZ, 2003).

TABELA 3- Características e cuidados nos reservatórios.

ALGUNS CUIDADOS NOS RESERVATORIOS:
Evitar a entrada de luz do sol no reservatório para diminuir a proliferação de algas e microrganismos.
Manter a tampa de inspeção fechada
Colocar grade ou tela na extremidade de saída do tubo extravasor, para evitar a entrada de pequenos animais
Realizar a limpeza anual do reservatório, removendo os sedimentos
Projetar o reservatório de armazenamento com declividade no fundo na direção da tubulação de drenagem, para facilitar a limpeza

Fonte: SINDUSCON, 2005.

Existem diversos métodos de dimensionamento de reservatórios disponíveis, para identificar qual o tipo a ser utilizado vai depender das características do lugar e, além disso, seguir os critérios da NBR 15527:2007 (Aproveitamento de água da chuva) (ABNT, 2007).

5.1.2 QUALIDADE DA ÁGUA CAPTADA PARA FINS NÃO POTÁVEIS

Para garantir que a qualidade da água armazenada é preciso utilizar práticas de limpeza e manutenção no sistema, utilizar filtros e grades para ajudar na limpeza, podem ser utilizados outros equipamentos para melhorar a qualidade da água, no entanto isto dependerá da finalidade que será utilizada (GONÇALVES, 2009).

Segundo Philippi (2006) há muitos fatores que influenciam a qualidade da água da chuva, temos: a localização geográfica se é na zona rural ou urbana, próximo a oceanos, existência de vegetação, e os materiais que formam o sistema: telhas, calhas e reservatório, o grau de poluição do ar.

Em áreas muito urbanizadas e polos industriais, há uma grande emissão de poluentes no ar, como dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e dentre outros, ocasionam alterações nas concentrações naturais da água de chuva (TOMAZ, 2003).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como apresentado nos capítulos anteriores deste trabalho, sustentabilidade não é algo para ser defendido por apenas uma certa parte da profissionais ou atividades, é preciso pensar nela em todos os ramos de atividades, em todos os lugares e em todas as edificações, ela engloba uma série de itens de ordem, social, econômica, cultural, política e ambiental. Com tantos desastres e desequilíbrios ambientais, tem-se que pensar em metodologias e tecnologias que ajudem a mitigar estes impactos ambientais, pois sustentabilidade representa um modo de viver com qualidade, pensando na futuras gerações, como falado pela ONU.

A construção civil sustentável é aquela que procura degradar menos o meio ambiente antes, durante e depois que ela se finda. Ela procura utilizar métodos que não cause impactos negativos para natureza, investir em tecnologias limpas é fundamental neste quesito.

A utilização de painéis fotovoltaicos para a geração de energia elétrica contribui de forma significativa para a redução de emissões de gases de efeito estufa e redução de combustíveis fósseis, pois o processo de geração de energia como visto anteriormente é responsável por 65% das emissões de gases de efeito estufa, desta forma utilizar os painéis fotovoltaicos não gera apenas economia da conta de energia elétrica, poupa os recursos naturais, e utiliza o que a natureza oferece sem prejudicar o meio ambiente. O mesmo acontece com a utilizações dos painéis para o aquecimento de água, que dispensa a energia elétrica para fazer este processo, gerando economia de energia elétrica. Estes painéis têm como principal vantagem a economia, e sua duração que é de 25 anos, além de ser uma energia limpa.

A água potável é um recurso finito, que se espalha de forma desigual pela superfície terrestre, tem-se apenas 3% da água doce disponível na natureza. Uma forma de economizar água potável nas residências é utilizar água proveniente das chuvas (como apresenta no capítulo 5 deste trabalho), já que os períodos de estiagem e cada vez mais recorrentes e longos, uma preocupação que atinge a todos.

O custo de implantação deste sistemas, tem ainda um alto valor de investimento, sendo uns dos pontos negativos, mas, que a longo prazo todo este

dinheiro é compensado com os benefícios, e sem falar que uma residência que possui o reaproveitamento de recursos naturais tem uma valorização maior no imóvel.

REFERÊNCIAS

- ABNT, **NBR 15527: Água de chuva -Aproveitamento de em coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis -requisitos**, 2007.
- ABRAVA - Associação Brasileira de refrigeração, Ar-condicionado, Ventilação e aquecimento. **O mercado elege o Sol**. São Paulo, 2007.
- ALVES, Salete Martins. **As construções sustentáveis e o desenvolvimento sustentável do habitat humano**. São Carlos, SP, Brasil, 2016.
- ARAÚJO, M. A; **A moderna construção sustentável**. In: IDHEA. Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica, 2007.
- BARBIERI, J. C, **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**, 2 ed, Saraiva, São Paulo, 2007.
- BRAGA, Renata Pereira. **Energia Solar Fotovoltaica: fundamentos e aplicações**. Rio de Janeiro, 2008.
- BRASIL - Presidência da República. Casa Civil. Subchefia de assuntos jurídicos. Decreto nº 4.059 de 19 de dezembro de 2001. Regulamenta a lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a **Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências**. In: Diário Oficial da União. Brasília, DF, 2011.
- BREEAM, **BRE Environmental Assessment Method**, 2016. Disponível em: <http://www.breeam.org>. Acesso em: Julho de 2019.
- BRUNDTLAND REPORT. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future, 1987.
- BÜHLER, C. F. **Guia de boas práticas para o consumo sustentável**, Rio de Janeiro, 2010.
- CAIXA, **Selo casa azul**, 2010. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/sustentabilidade/produtos-servicos/selo-casaazul/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 07 setembro 2019.
- CAIXA, **Selo Casa Azul: Boas práticas para habitação mais sustentável**. Páginas e Letras–Editora e Gráfica. São Paulo, 2016.
- CBI, **Guia CBI de boas práticas em sustentabilidade na indústria da Construção**. São Paulo, 1998.
- COSTA, E. D., **“Construção civil e a certificação ambiental: análise comparativa das certificações LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) e AQUA (Alta Qualidade Ambiental)”** Engenharia Ambiental. Espírito Santo do Pinhal, 2013.
- CRESESB-Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito, **Tutorial de Energia Fotovoltaica**, Rio de Janeiro, 2006.

ELETROBRAS- Energia Solar para aquecimento de água no Brasil: Contribuições da Eletrobrás e Procel e Parceiros / Luiz Eduardo Menandro de Vasconcellos; Marcos Alexandre Couto Limberger (Organizadores). – Rio de Janeiro: Eletrobras, 2016

FARIA, Carlos da Cunha. **Introdução ao sistema de aquecimento solar.** Brasília, 2010.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Regras de Certificação AQUA-HQE Certificado pela fundação Vanzolini e Cerway para Edifícios em Construção,** 2014.

GIL, Nascimento, **Metodologia do trabalho científico.** Joinville, SC: SOCIESC, 2002.

GONÇALVES, R.F (Coordenador). **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água.** Rio de Janeiro, 2009.

GREENPEACE. **Mudanças de clima e mudança de vidas: o aquecimento global já afeta o Brasil.** São Paulo, 2010.

HESPANHOL, Ivanildo. **Potencial de Reuso de Água no Brasil - Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos,** 2013.

JUNIOR, Wellyngton Moralles Martins. **Aplicação de painéis solares fotovoltaicos como fonte geradora complementar de energia elétrica em residências.** Curitiba, 2013.

MANO, R. S. **Captação Residencial de Água Pluvial, para Fins Não Potáveis, em Porto Alegre: Aspectos Básicos da Viabilidade Técnica e dos Benefícios do Sistema.** CLACS' 04 – I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04. São Paulo, 2004.

MARTINS, W. M. **Aplicação de Painéis Solares Fotovoltaicos como Fonte Geradora Complementar de Energia Elétrica em Residências,** 2013.

MESQUITA, Marcelo. **Apresentação: O Sistema de Aquecimento Solar e a Realidade Energética (Fatos e Oportunidade).** Rio Grande do Sul, 2013.

MIRANDA, A. **Análise de viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico conectado à rede.** Projeto de Graduação–UFRJ/Escola Politécnica/Curso de Engenharia Elétrica, Rio de Janeiro, Brasil, 2014.

ONU, Organização das Nações Unidas. **Objetivos do desenvolvimento sustentável,** 2005.

PEREIRA, B.E; MARTINS,R.F. **Altas brasileiro de energia solar.** Projeto Swera-Solar and Wind Resources Assessment. São Paulo, 2006.

PHILIPPI, L.S. et al. **Aproveitamento da água de chuva.** In: GONÇALVES, R.F. (Org.). **Uso racional da água em edificações.** Rio de Janeiro, 2006.

PRADO, A.T.R. **Levantamento do estado da arte: Energia Solar. Tecnologias para habitações mais sustentáveis.** São Paulo, 2007.

PROCEL, ELETROBRAS. **Avaliação do mercado de eficiência energética no Brasil**: pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso da classe residencial no ano base 2005. Rio de Janeiro: Eletrobras Procel, 2007.

PROCEL.CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2016. **Aquecimento solar de água**, disponível em: <http://www.procel.gov.br/main.asp?view=ec4300f8-43fe-4406-8281-08ddf478f35b>. Acesso em: Agosto de 2019.

PROCOBRE, Instituição Brasileira de Cobre. **Qualidade em instalações Aquecimento Solar. Boas Práticas**. São Paulo, 2009.

ROCHA, Raphael Kopke **Certificação LEED de edificações: aspectos relacionados a materiais e recursos** – UFRJ/Escola Politécnica. Rio de Janeiro, 2016.

RODRIGUES, Délcio. **Introdução ao sistema de aquecimento solar**- São Paulo, 2010.

ROSA, P. R.; SANTOS, E. G. **Apostila de Instalação de Sistemas Fotovoltaicos: Módulo 1**. Londrina, 2016.

SIENGE. **Selos de sustentabilidade que agregam valor às suas obras**, São Paulo, 2016.

SILVA, Roberta Costa Ribeiro da. **Aquecedor solar de água integrado ao telhado**. Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014.

SINDUSCON. **Conservação e reúso de água em edificações**. Prol Editora Gráfica. São Paulo, 2005.

SOLAR ENERGY INTERNATIONAL. **Photovoltaicos design and installation manual**. New Society Publishers, 2011.

SOUZA, N. de J. de. **Desenvolvimento Econômico**. Atlas, 5^o ed. Revisada. São Paulo, 2007.

SUSTENTARQUI. **Leed For Homes: A primeira residência certificada no Brasil**, disponível em: <https://sustentarqui.com.br/leed-for-homes-a-primeira-residencia-certificada-no-brasil/>. Acesso em: 12 ago. 2019.

TOLMASQUIM, M. T., **Fontes Renováveis de energia no Brasil**, Cenergia. Rio de Janeiro, 2003.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva – Para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis**. Navegar Editora. São Paulo, 2003.

UOL AEQUITETURA, **Estilo casa e imóveis: Como é o sistema para aproveitar água da chuva**, Santa Catarina, 2010.

USGBC, United States Green Building Council. **LEED 2009 for new construction and major renovations**, EUA, 2014.

VEIGA, J.E. da. **Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI**, Garamond. Rio de Janeiro., 2005.

VILLALVA, Marcelo Gradella. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações-sistemas Isolados e Conectados á Rede**. São Paulo, 2013.