

Trabalho de Formatura

Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

**ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA/ECONÔMICA NO AUMENTO DA EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA SUSTENTÁVEL APLICADA À RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**

Caroline Antonelli Santesso

Prof. Dr. Gerson Antonio Santarine

Rio Claro (SP)

2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

CAROLINE ANTONELLI SANTESSO

ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA/ECONÔMICA NO
AUMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA SUSTENTÁVEL
APLICADA À RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto
de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de
Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista
Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau
de Engenheiro Ambiental.

Rio Claro - SP

2013

333.7 Santesso, Caroline Antonelli
S234e Estudo da viabilidade técnica/econômica no aumento da
eficiência energética sustentável aplicada à residência
unifamiliar / Caroline Antonelli Santesso. - Rio Claro, 2013
57 f. : il., figs., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) -
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e
Ciências Exatas
Orientador: Gerson Antonio Santarine

1. Economia ambiental. 2. Residências - Economia de
energia. 3. Sustentabilidade. 4. Construção sustentável. 5.
Tecnologias e alternativas. 6. Energia. I. Título.

CAROLINE ANTONELLI SANTESSO

ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA/ECONÔMICA NO
AUMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA SUSTENTÁVEL
APLICADA À RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Gerson Antonio Santarine (orientador)

Profa. Dra. Clauciana Schmidt Bueno de Moraes

Prof. Dr. Marcelo Loureiro Garcia

Rio Claro, 21 de novembro de 2013.

Assinatura do(a) aluno(a)

assinatura do(a) orientador(a)

*A todos aqueles que incentivaram, apoiaram e,
principalmente, acreditaram nas minhas ideias.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores, Gerson, Marcelo e Clau, que durante o percurso da graduação me proporcionaram diversas oportunidades, sempre buscando o melhor para o meu desenvolvimento e apoiando minhas decisões.

Agradeço à FAPESP pelo financiamento desta pesquisa e às empresas, consultorias e organizações que apoiaram e dispuseram de informações imprescindíveis para este trabalho.

Agradeço meus pais, Elizete e Fernando, por apoiarem minha decisão na escolha do curso, proporcionando todas as condições possíveis para que eu pudesse realizá-lo nos cinco anos de graduação e pelo apoio incondicional em todas as etapas de minha vida. Também à minha querida irmã, Larissa, por existir, se preocupar e estar sempre ao meu lado.

A minha doce avó, Tereza, por sempre compreender, se orgulhar e olhar por sua neta, assim como a todos os familiares, do lado materno e paterno, que estiveram presente durante meu progresso.

Ao meu namorado Vinícius, que além do companheirismo e carinho, sempre me entendeu nos momentos de nervosismo, ajudando desde a época do vestibular até os meus últimos dias de aula na faculdade. Agradeço também por me proporcionar uma segunda família, e, especialmente, por sempre me fazer sorrir.

Agradeço a todos os meus amigos de Ibatinga e de Rio Claro, por, acima de tudo, a amizade. A Verna, Heloise e Carolina Pasetti pelos diversos trabalhos feitos juntas e união sempre, apesar das inúmeras diferenças. A Fernanda Menin, por me ensinar a "me virar" sozinha em muitos momentos. A Beatriz, por apesar da minha "velhice", me aceitar. A Fernanda Nosse, pela companhia, inclusive nas viagens de ônibus. A Ana e Carolina Andrade pelos momentos juntas e dedicação à cada data especial de aniversário.

A todos que de uma forma ou de outra participaram da minha vida, de toda minha formação acadêmica e da construção desta monografia.

“Preparar o futuro significa fundamentar o presente.”

Antoine de Saint-Exupéry

RESUMO

Conceitos relacionados à sustentabilidade têm grande interesse hoje em dia, no entanto, são pouco desenvolvidos. Procurar facilitar o desenvolvimento sustentável na construção civil deveria ser uma meta a ser alcançada gradualmente através de pequenas alterações localizadas que tendem a aumentar com o tempo. Este trabalho é focado em estudar a implementação de uma maior eficiência energética e ambiental aplicado na construção de moradias unifamiliares, com o objetivo de contribuir para a difusão de tecnologias sustentáveis. Neste contexto, foi realizada uma revisão da literatura sobre o conceito de sustentabilidade seguido de análises de tecnologias e energias alternativas que podem ser implantados em uma residência unifamiliar. Através da avaliação de custos, viabilidade econômica e benefícios ambientais, econômicos e sociais foi possível verificar que o uso de iluminação e ventilação naturais são essenciais para um bom planejamento do projeto de uma residência. Outra opção é a aplicação de aquecedores solares de água, que têm um rápido retorno sobre o investimento salvo na conta de energia elétrica. Finalmente telhados verdes e sistemas fotovoltaicos ainda têm custos elevados para a maioria das pessoas e precisam de incentivos do governo para reduzir o seu preço.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Construção Sustentável. Tecnologias e Alternativas. Gestão Ambiental. Energia. Residência Unifamiliar.

ABSTRACT

Concepts related to sustainability have great interest today, however, are poorly developed. Seek to facilitate sustainable development in home construction should be a goal to achieved gradually through small localized changes that tend to increase with the time. This work is focused on studying the implementation of higher energy efficiency and environmental applied to the construction of single family home with the aim of contributing to diffusion of sustainable technologies. In this context we have been conducted a literature review on concept of sustainability followed by analysis and alternative energy technologies that can be deployed in a single family residence. Through the assessment of costs. economic viability and environmental benefits economic and social was possible to verify that use of natural lighting and ventilation are essential for good project planning of a residence. Another option is use of solar water heaters which have a rapid return on investment unless the electric bill. Finally, green roofs and photovoltaic systems still have high costs for most people and need government incentives to reduce its price.

Keywords: Sustainability. Green Building. Technologies and Alternatives. Environmental Management. Energy. Single Family Residence.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	Página
Figura 1 - Tripé da Sustentabilidade.....	15
Figura 2 - Protótipo de Construção Bioclimática.....	23
Figura 3 - Sistema fotovoltaico sendo instalado.....	24
Figura 4 - Aquecedor solar.....	25
Figura 5 - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE).....	26
Figura 6 - Selo Procel.....	26
Figura 7 - (a) Brise. (b) Porta-balcão. (c) Tijolo de vidro (d) Janela de mansarda. (e) Bay windows. (f) Jardins internos.....	31
Figura 8 - (a) Esquema de ventilação com corrente cruzada. (b) Fluxo de ar incidindo oblíquo à abertura. (c) Fluxo de ar incidindo perpendicularmente, em aberturas adjacentes.....	33
Figura 9 - Ventilação Cruzada.....	33
Figura 10 - Efeito Chaminé.....	34
Figura 11 - Telhado verde extensivo.....	35
Figura 12 - Telhado verde intensivo.....	35
Figura 13 - Sistema fotovoltaico conectado à rede.....	36
Figura 14 - Sistema fotovoltaico isolado.....	37
Figura 15 - Aquecedor solar feito com garrafas pets.....	39
Figura 16 - Aquecedor solar de tubos ou placas de PVC.....	39
Figura 17 - Aquecedor solar tradicional.....	40
Figura 18 - Dados com destaque para os critérios escolhidos.....	41
Figura 19 - Representação dos Indicadores em relação às tecnologias.....	51

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Recursos consumidos mundialmente na construção civil.....	17
Tabela 2 - Economia de energia com a utilização das LFC.....	21
Tabela 3 - Relações de energia economizada no Brasil no ano de 2012.....	21
Tabela 4 - Processos de certificações ambientais e suas características.....	29
Tabela 5 - Sistemas não convencionais e suas finalidades.....	31
Tabela 6 - Tipos de células fotovoltaicas.....	36
Tabela 7 - Tipos de coletores e suas características.....	38
Tabela 8 - Características do domicílio e a variável escolhida pelo autor.....	42
Tabela 9 - Características da residência unifamiliar.....	42
Tabela 10 - Quantidade de cômodos da casa e sua área mínima estimada.....	42
Tabela 11 - Considerações da iluminação natural.....	43
Tabela 12 - Considerações da ventilação natural.....	44
Tabela 13 - Considerações da cobertura vegetal.....	44
Tabela 14 - Segmentos que atuam com Telhado verde.....	44
Tabela 15 - Comparações de custos de Telhados verdes.....	45
Tabela 16 - Considerações do sistema fotovoltaico.....	45
Tabela 17 - Segmentos que atuam com Sistema fotovoltaico.....	45
Tabela 18 - Comparações de custos de Sistemas fotovoltaicos.....	46
Tabela 19 - Considerações do aquecedor solar.....	47
Tabela 20 - Segmentos que atuam com Aquecimento Solar.....	47
Tabela 21 - Comparações de custos de Aquecedores solares.....	47
Tabela 22 - Dados comparativos.....	49
Tabela 23 - Classificação de Indicadores.....	50
Tabela 24 - Benefícios de cada tecnologia e alternativa.....	50

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS.....	12
2.1. Objetivos gerais.....	12
2.2. Objetivos específicos.....	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
3.1. Sustentabilidade, gestão ambiental e construção sustentável	13
3.2. Energia: consumo, tecnologias e alternativas em edificações.....	18
3.2.1. Bioclimatologia.....	22
3.2.2. Geração de energia e seu consumo.....	23
4. METODOLOGIA.....	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
5.1. Ferramentas de avaliação de desempenho ambiental em construções.....	28
5.2. Tecnologias e alternativas de energias para residência unifamiliar.....	29
5.2.1. Iluminação natural.....	29
5.2.2. Ventilação natural.....	32
5.2.3. Coberturas vegetais.....	34
5.2.4. Sistema fotovoltaico.....	35
5.2.5. Aquecedores solares.....	37
5.3. Avaliação das tecnologias de energia e sua viabilidade econômica.....	40
5.4. Benefícios econômicos, sociais e ambientais.....	49
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	52
7. REFERÊNCIAS.....	53

1. INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais negativos provocados pelo homem ocorrem quando há um desequilíbrio entre o meio ambiente e a população. Esses desastres ambientais vêm ocorrendo de maneira crescente prejudicando tanto a natureza, como a sociedade, alterando o clima, destruindo a camada de ozônio e aumentando o efeito estufa. Surge então a necessidade de controlar ou evitar esses impactos a partir da sustentabilidade.

A sustentabilidade pode ser definida como o desenvolvimento que satisfaz as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das gerações futuras em satisfazê-la (WCED, 1987). Por ser um conceito muito amplo, pesquisadores buscam por sua "desmembração", para facilitar seu entendimento, dando origem também a outros termos, como o da construção sustentável.

A construção sustentável faz parte da gestão ambiental aplicada em determinado setor, sendo definida como a criação e gerenciamento responsável de um ambiente construído saudável baseado em princípios ecológicos e de eficiência de recursos (CIB, 1999).

Dentre os principais recursos consumidos pela construção civil, a questão energética aparece como um problema a ser solucionado ou pelo menos, minimizado, pois de toda a energia gerada no mundo, 5% são direcionadas para a construção de edifícios e 45% para o aquecimento, ventilação e iluminação dos mesmos (EDWARDS, 2004 apud TEIXEIRA, 2010).

Apesar da busca da construção sustentável sugerir ser muito ampla de início, poderia ser alcançada paulatinamente, com o foco na questão energética em residências localizadas, e futuramente expandindo para todas as habitações do bairros, cidades e população.

Inicialmente, como sugestão, poder-se-ia introduzir pequenas alterações em construções habitacionais unifamiliares, utilizando-se da luz solar para iluminação e geração de energia térmica e/ou fotovoltaica, ventilação natural e coberturas que proporcionam uma maior integração com o meio ambiente, além de proporcionar como um de seus benefícios o conforto térmico.

Com o intuito de buscar a diminuição do consumo de energia, que aumenta devido ao crescimento da população e procurando minimizar os impactos ambientais que são causados devido às construções, a pesquisa visa contribuir para identificar e difundir alternativas existentes de energias que proporcionem benefícios sociais, ambientais e econômicos mais eficientes aplicados ao conceito da construção sustentável na habitação.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

- Diagnosticar e analisar as alternativas e tecnologias de energia existentes que são e podem ser utilizadas em residências unifamiliares no conceito da construção sustentável.

2.2 Objetivos específicos

- Discutir a questão da energia relacionada ao conceito de gestão ambiental e sustentabilidade, no contexto da construção sustentável no setor habitacional.
- Analisar dentre as alternativas e tecnologias de energia existentes que possam ser utilizadas em uma residência unifamiliar, quais seriam os custos para implantação/manutenção destas e os indicadores de benefícios econômicos, ambientais e sociais no contexto da construção sustentável.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Sustentabilidade, gestão ambiental e construção sustentável

O crescimento da sociedade e sua rápida expansão territorial, sem planejamento, provocaram um desequilíbrio entre o meio ambiente e o homem, gerando os impactos ambientais negativos. Em 1854 o chefe Seattle escreveu uma carta ao presidente dos EUA, Franklin Pierce, quando este propôs comprar as terras de sua tribo concedendo-lhe uma outra área, dizendo as sábias palavras: "Ensinem às suas crianças o que ensinamos às nossas, que a terra é nossa mãe. Tudo que acontecer à terra, acontecerá aos filhos da terra. Se os homens cospem no solo estão cuspidos em si mesmos".

Contudo, os impactos ambientais negativos continuaram conforme o "progresso" avançava, alterando o clima, destruindo a camada de ozônio, aumentando o efeito estufa e a desertificação, prejudicando não somente a natureza, como também a população, já que é o local onde ela está inserida e necessita deste meio para sua sobrevivência. Surge então a necessidade de controlar ou evitar esses impactos a partir de um desenvolvimento que seja de forma mais sustentável.

A *World Commission on Environment and Development* define o conceito de desenvolvimento sustentável a partir do desenvolvimento econômico e social, capaz de atender as necessidades desta geração e não comprometendo as necessidades das gerações futuras (WCED, 1987).

Segundo Leroy et al. (2002), existe uma grande dificuldade de conceituação sobre os termos mundialmente conhecidos como “sustentabilidade” e “desenvolvimento sustentável”, observando-se as desigualdades sociais e econômicas que estão presentes na população devido ao modelo de desenvolvimento industrial e financeiros.

Sendo assim, existe diferenças visíveis que o desenvolvimento atual nos proporciona e o desenvolvimento sustentável que é proposto, pois eles foram gerados da assimilação do mundo material através de uma minoria da população e esta estabeleceu sua vontade ao conjunto da humanidade.

A crítica ao conceito criado não é algo recente, Cavalcanti (1998), expõe que o desenvolvimento atual e da maneira como ele é compreendido, infelizmente sempre conduz a algum tipo de agressão contra o meio ambiente, acrescentando que, o conceito de desenvolvimento sustentável torna-se contraditório se as palavras integrantes forem analisadas a partir do comportamento humano que busca a acumulação de capital.

O debate consiste em se analisar o adjetivo “sustentável” aplicado ao conceito de

desenvolvimento, e se ele possui, por objetivo, atribuir uma sustentabilidade política para um modelo de produção (SILVA et al., 2012).

O termo sustentabilidade foi explicado pela primeira vez dentro de um estudo realizado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente das Nações Unidas, mais conhecido como Relatório *Brundtland*, que o define da seguinte maneira: “satisfazer as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações em satisfazer suas necessidades” (WCED, 1987).

Neste caso, a sustentabilidade está ligada aos problemas da dinâmica social, ou seja, questões de justiça social, igualdade entre gêneros e participação política de atores locais, configurando as diferentes dimensões existentes da vida na sociedade, e não somente no âmbito do meio ambiente (ACSELRAD; LEROY, 1999).

Assim, Segundo Sachs (2002), o desenvolvimento deve ser voltado para a sustentabilidade a qual deve considerar alguns aspectos como: social, cultural, ecológico, ambiental e territorial, descritas a seguir:

- Sustentabilidade social: aquela em que se alcança um patamar razoável de homogeneidade social; distribuição de renda justa; emprego pleno e/ou autônomo com qualidade de vida decente; igualdade no acesso aos recursos e serviços sociais;
- Sustentabilidade cultural: a que se refere às mudanças no interior da comunidade (equilíbrio entre respeito à tradição e inovação); capacidade de autonomia para elaboração de um projeto nacional integrado e endógeno e alta confiança combinada com abertura para o mundo. Implica ainda na necessidade de se buscar solução de âmbito local, utilizando-se das potencialidades das culturas e do modo de vida da cidade, assim como da participação da população residente nos processos decisórios e nas formulações de programas e do desenvolvimento turístico;
- Sustentabilidade Ecológica: a que decorre da preservação do potencial do capital natureza na sua produção de recursos renováveis, da limitação do uso de recursos não renováveis, da limitação em como do respeito da capacidade de carga máxima de suporte dos ecossistemas;
- Sustentabilidade Ambiental: aquela que respeita e realça a capacidade de autodepuração dos ecossistemas naturais;
- Sustentabilidade Territorial: a que se refere às configurações urbanas e rurais balanceadas (eliminação das inclinações urbanas nas alocações do investimento público).

Simplificando-se e resumindo pode-se considerar três principais aspectos necessários para a sustentabilidade: ambiental, social e econômico, que não foi classificado anteriormente, porém tem grande importância. Estes três principais aspectos devem ser observados para o alcance da sustentabilidade, que será proporcionada pela busca de um desenvolvimento que reúna a sociedade o meio ambiente e a economia. O tripé da sustentabilidade ou "triple bottom line" é apresentado na Figura 1.

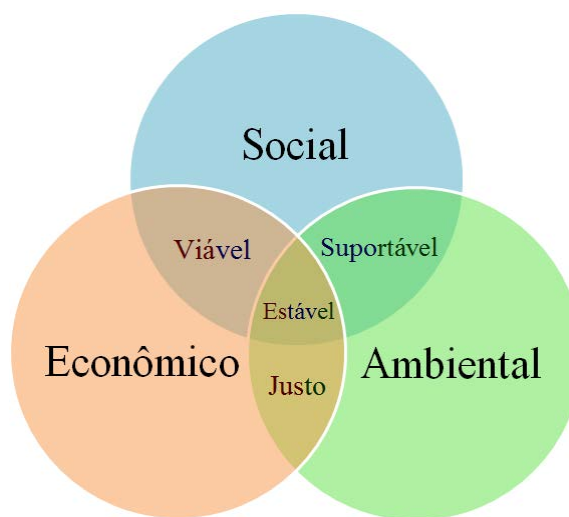


Figura 1 - Tripé da Sustentabilidade.

Fonte: Elaborada a partir de IISD (2010)

Observando tais deduções, suas teorias e os novos paradigmas emergentes, os incentivos no âmbito da pesquisa constituem uma tarefa básica e premissa fundamental para se determinar a nova visão de mundo para realizar desenvolvimento sustentável tão almejado.

As diferentes abordagens científicas são base de investigação sobre como ser sustentável, já que o termo está unido à mudanças inovadoras que promovem uma qualidade de vida e a conservação do meio ambiente, observando os diferentes aspectos já mencionados (SILVA et al., 2012).

Para o alcance da sustentabilidade, foram criados vários métodos e até hoje buscam-se formas para se obtê-la e uma das formas é a partir da gestão do meio ambiente. A nomeada, gestão ambiental, configura-se como responsável pelo gerenciamento dos agentes que causam a degradação no meio através do estabelecimento de formas de gerenciamento ambiental associados para se obter um equilíbrio entre o desenvolvimento econômico sustentável acompanhado da qualidade ambiental.

Desta forma, as políticas de gestão ambiental configuram-se como enormes desafios que devem ser enfrentados devido à constatação de que os recursos naturais, em sua grande

maioria, são finitos e não renováveis e um dos principais conceitos nos mecanismos de gestão ambiental refere-se à prevenção, antes mesmo de se buscar o controle ou remediação de determinado impacto.

No Brasil, o Ministério do Meio Ambiente vem utilizando diversos instrumentos de gestão ambiental, buscando um crescimento econômico e considerando os fatores ambientais, sociais éticos e culturais (LIMA, 2009). As políticas adotadas em 2003, como exemplo, seguem as diretrizes (SOUZA, 2008):

- Promoção do desenvolvimento sustentável (social, ambiental e econômico)
- Controle e participação social
- Fortalecimento do Sistema Nacional do Meio Ambiente
- Adoção do princípio da Transversalidade (inclusão do meio ambiente como alvo das políticas de todos os Ministérios)

Para se conseguir operacionalizar essas políticas diversos instrumentos podem ser utilizados, e um deles é a construção sustentável. O conceito designado “Construção sustentável”, foi utilizado pela primeira vez no documento produzido pela *International Council for Research and Innovation in Building and Construction*, denominado “Agenda 21 para Construção Sustentável”, significando: “criação e gerenciamento responsável de um ambiente construído saudável baseado em princípios ecológicos e de eficiência de recursos” (CIB, 1999).

Devido à grande amplitude do conceito, verificou-se a necessidade de se observar a realidade dos países em desenvolvimento, diferentes dos países desenvolvidos. Desta forma, em 2002, CIB e UNEP lançam a “Agenda 21 para Construção Sustentáveis nos Países em Desenvolvimento”, com uma nova definição: “a condição ou estado que permitiria a existência do *Homo sapiens* provido de segurança, saúde e vida produtiva para todas as gerações em harmonia com a natureza e com os valores culturais e espirituais locais” (SERRADOR, 2008).

Ou seja, agregaram-se outros aspectos, observados também no conceito de sustentabilidade (sociais, econômicos e culturais) para as construções sustentáveis onde primeiramente o termo apenas apresentava a dimensão ambiental.

Observou-se que construção civil tem grande influência no desenvolvimento sustentável, já que movimenta grande quantidade de recursos e capital com a construção de edifícios públicos e privados, infraestrutura de base, saneamento básico e espaços públicos, tendo como objetivo prover moradia, educação, trabalho, saúde e lazer, contudo podendo

gerar grandes impactos ambientais (DALLA COSTA; MORAES, 2012).

Na atividade da construção grande porcentagem de recursos existentes são consumidos, conforme indica a Tabela 1, abaixo.

Tabela 1 - Recursos consumidos mundialmente na construção civil

Recurso	Consumo em nível mundial
Material	Para a construção de edifícios são utilizados 50% de todos recursos
Energia	Utiliza-se 5% da energia gerada para a construção de edifícios e 45% para o aquecimento, ventilação e iluminação
Água	As instalações sanitárias e outros usos de um edifício são abastecidos por 40% da água utilizada no mundo
Terra	As construções ocupam 60% da superfície da terra cultivável
Madeira	70% dos produtos derivados da madeira são destinados à construção de edifícios

Fonte: Elaborada a partir de Edwards (2004) apud Teixeira (2010)

Fica evidente a necessidade de se racionalizar os recursos do planeta, assim como procurar meios de se diminuir seu consumo e segundo Silva (2003), a construção sustentável precisa necessariamente de:

- Fornecer mais valor;
- Poluir menos;
- Ajudar no uso de recursos de forma sustentável;
- Responder, de forma mais efetiva as partes interessadas;
- Melhorar a qualidade de vida presente sem comprometer o futuro.

O Protocolo Ambiental da Construção Civil Sustentável, assinado pelas entidades e governo estadual brasileiro, que é utilizado como instrumento para a gestão ambiental, traça diversos parâmetros que norteiam a atividade produtiva dentro de um ambiente sustentável, sendo eles (SÃO PAULO, 2008):

- Uso de critérios de sustentabilidade no desenvolvimento de projetos habitacionais;
- Uso de insumos certificados ambientalmente;
- Nos canteiros de obras, reduzir os resíduos;
- Retornar o material gerado dentro da própria cadeia produtiva da construção;
- Desenvolvimento urbano sem que ocorra a supressão da vegetação que existe no local;
- Adotar atitudes sustentáveis, capacitando e educando todos os agentes envolvidos da cadeia produtiva;

Para se atingir a construção sustentável desejada, desde os anos 80, crescem

movimentos que buscam parametrizar edificações sustentáveis, desenvolvendo-se métodos para avaliação e mensuração da “performance” da sustentabilidade nas edificações. Estes métodos visam à análise da construção, com seus insumos e descartes (resíduos) e consumo de energia em grandes proporções, por exemplo, visando o desenvolvimento de técnicas e políticas (gerenciamento) hábeis que venham a conduzir a sustentabilidade.

Propiciando a publicação dos resultados, eles tem interessado ao mundo, pois buscam promover incentivos aos clientes, proprietários, designers e usuários, com vistas a práticas sustentáveis (VASCONCELLOS, 2008).

De maneira que haja a busca do equilíbrio entre a viabilidade econômica e os negócios, as limitações do ambiente e as necessidades da população, a melhora das características ambientais das construções por meio da implantação de programas, o desenvolvimento das certificações abrange todo o desempenho da edificação, garantindo assim a qualidade ambiental (DALLA COSTA; MORAES, 2012).

Esses programas ajudam promovendo a sustentabilidade nas construções sustentáveis, observando os recursos, a água e energia. Na Tabela 1 anteriormente apresentada, foi observado que cerca de 50% da energia gerada no mundo é direcionada para os edifícios, sendo que 5% deste total é para a construção dos mesmos e 45% deste consumo direcionado para a iluminação, ventilação e aquecimento. Desta forma, a questão energética merece atenção especial e deve ser buscada sua racionalização e novas fontes para a sua produção nas construções civis.

3.2. Energia: consumo, tecnologias e alternativas em edificações

Devido aos avanços da tecnologia, contudo escassez de recurso, ao longo do tempo, as fontes de combustíveis para a produção de energia foram sendo substituídas. Primeiramente utilizava-se a madeira, que foi substituída pelo carvão e posteriormente pelo petróleo, sempre buscando melhores benefícios econômicos, como o transporte, armazenamento e o uso.

Contudo, apesar da maior eficiência energética dos recursos não renováveis, existe a questão do seu tempo de vida finito, sendo indispensável que haja o interesse dos líderes políticos consumo racional da mesma e a busca de energias renováveis, considerando que a energia é necessária para o desenvolvimento e atividades do homem na Terra (VOSGUERITCHIAN, 2006).

A preocupação com o esgotamento dos recursos naturais surgiu em seguida à Revolução Industrial, quando percebeu-se que a capacidade do ser humano de alterar o meio ambiente aumentou significativamente, levando a consequências positivas e negativas,

deixando evidente a interdependência entre a economia e o meio ambiente.

E a partir da década de 1950, a relação entre a questão ambiental e o desenvolvimento econômico passou a ser analisada como consequência de uma reavaliação dos resultados do crescimento econômico (DONAIRE, 2004).

Alguns fatores deixam evidentes esta relação entre o crescimento econômico, o homem e o meio ambiente, como: o desenfreado crescimento populacional; a desigualdade de uma grande parcela da população ter elevados índices de pobreza; os padrões de consumo; a falta de planejamento das cidades nas zonas urbanas; e a intensidade crescente dos desastres naturais, devido a mudanças climáticas ocasionadas pela própria interação do homem com o meio (LAMBERTS et al., 2013).

Considerada um ingrediente essencial para o desenvolvimento, a energia pode ser utilizada como um indicador da importância dos problemas que afetam os países em desenvolvimento (America Latina, Ásia e África, por exemplo) onde encontram-se 70% da população mundial. Observa-se que na maioria dos países onde o consumo de energia comercial per capita está abaixo de uma tonelada equivalente de petróleo (1 TEP) por ano, as taxas de analfabetismo, mortalidade infantil e fertilidade total são altas, enquanto que a expectativa de vida é baixa. Conforme o consumo de energia per capita aumenta para valores acima de 2 TEP, as condições sociais melhoram consideravelmente, como nos países desenvolvidos (GOLDEMBERG, 1998).

Contudo também existem os impactos ambientais negativos gerados pelo desenvolvimento. Pesquisas indicam que quanto menor o desenvolvimento de um país, maior será o impacto ambiental local, e menor o impacto global, como é o caso do Brasil, com a contaminação de rios, solos e altas concentrações de particulados no ar. Em países mais desenvolvidos o impacto é de maneira mais ampla, como no caso do aumento do aquecimento global, pelas altas concentrações de CO₂ na atmosfera (GOLDEMBERG, 2003 apud VOSGUERITCHIAN, 2006).

Pode-se observar que uma das problemáticas está relacionada com o crescimento populacional e segundo o Ministério de Minas e Energia, em todo período de 1970 a 2007, de uma maneira geral, a tendência tem sido de expansão também do consumo global de energia (o que abrange derivados de petróleo, gás natural, energia elétrica, entre outros), e desde 1990 a 2007, o crescimento acumulado foi de 69%.

Existem propostas, por outro lado, sendo realizadas em diversos países para que se consiga diminuir os impactos negativos, como os problemas relacionados aos gases poluentes decorrentes queima de combustíveis fósseis, visando, modificar parcialmente a matriz

energética mundial.

Desta forma, o desenfreado crescimento populacional, a demanda energética visivelmente crescente a nível mundial e a questão do aquecimento global pelas emissões decorrentes da geração de energia, passaram a merecer atenção dos governos de vários continentes. Neste contexto, a busca de novas fontes de energia que sejam menos poluidoras e visam minimizar os graves problemas advindos desta situação, são de extrema importância.

No caso brasileiro, para se diminuir o consumo do petróleo, o destaque fica por conta da utilização da Energia Hidráulica, disponível nas regiões de grandes bacias hídricas formadas por grandes, médias e pequenas quedas d'água. E além disso também existe os programas do governo, que buscam a economia desta fonte considerada também mais sustentável.

Segundo a Eletrobrás Procel (2013), em 1985 foi instituído o Programa Nacional de Energia Elétrica - Procel, uma iniciativa do governo brasileiro para promover o uso eficiente da energia elétrica e combater ao seu desperdício, sob coordenação do Ministério de Minas e Energia a sua execução de atividades, provendo os suportes técnicos e financeiros necessários.

Os resultados energéticos obtidos com esse programa além de adiantarem investimentos no setor elétrico, proporcionam a redução nas emissões de gás carbônico equivalente (CO_2e) e incentivam o desenvolvimento tecnológico de equipamentos consumidores de energia elétrica, por meio da promoção do Selo Procel Eletrobras de Economia de Energia e apoio ao Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE, do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - Inmetro (ELETROBRAS PROCEL, 2013).

O Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE, estabelecido pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO, é outro programa de conservação de energia, que atua através de etiquetas informativas, alertando o consumidor quanto à eficiência energética de alguns dos principais eletrodomésticos nacionais (LAMBERTS et al., 2010b).

Este programa faz com que os consumidores tenham acesso à informações que avaliam e otimizam o consumo de energia dos equipamentos eletrodomésticos, podendo escolher os produtos com maior eficiência energética, etiquetados com a letra "A" (a classificação: letra "A" (mais eficiente) até "G" (menos eficiente)), desta forma economizam em relação ao consumo de energia e consequentemente, financeiramente (INMETRO, 2013).

O Selo Procel de Economia de Energia, atua no mesmo sentido, apresentando os melhores níveis de eficiência energética dentro de cada categoria, economizando desta forma,

na conta de energia elétrica. Os equipamentos classificados com a etiqueta "A" pelo PBE, geralmente também recebem o selo.

As lâmpadas fluorescentes compactas (LFC), por exemplo, geram uma maior economia se comparadas as lâmpadas incandescentes. Segundo a Eletrobrás Procel, 2013 aproximadamente 176 milhões de LFC foram vendidas e 20% delas, possuíam o selo . A Tabela 2, a seguir, indica a economia de energia atribuída às LFC com o Selo Procel em relação ao setor residencial e período do ano.

Tabela 2 - Economia de energia com a utilização das LFC

Setor Residencial	Economia de Energia (GWh)
Período Seco	1.708
Período Úmido	1.148
Total	2.856

Fonte: Adaptada de Eletrobras Procel (2013)

O resultado obtido equivale a 2,03% do consumo total de energia elétrica no Brasil no período, que corresponde à energia fornecida durante um ano por uma usina hidrelétrica com capacidade de 2.182 MW, evitando-se a emissão de 624 mil toneladas de CO₂ equivalente na atmosfera, o que equivale às emissões proporcionadas por 214 mil veículos em um ano (ELETROBRAS PROCEL, 2013).

Essa economia de energia também seria suficiente para atender a 4,77 milhões de residências brasileiras por um ano, levando-se em conta que, em média, uma residência brasileira consome 159 kWh por mês (ELETROBRAS PROCEL, 2013). A Tabela 3, mostra alguns comparativos com a economia de energia no Brasil.

Tabela 3 - Relações de energia economizada no Brasil no ano de 2012

Indicadores	Resultados
Economia de energia elétrica por consumo total (%)	2,03
Economia de energia elétrica por consumo residencial (%)	7,74
Residências que poderiam ser atendidas com a economia de energia durante um ano (milhões)	4,77

Fonte: Adaptada de Eletrobras Procel (2013)

No ano de 2012, devido à implementação de medidas de eficiência energética houve uma economia de energia elétrica de 9.097 GWh, sendo 36% superior à alcançada no ano de 2011, devido principalmente ao incremento no uso de equipamentos com o selo, bem como à melhoria da eficiência energética desses equipamentos (ELETROBRAS PROCEL, 2013).

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2013), o consumo de energia elétrica no País em 2012 foi de 448 mil GWh e as edificações, que compreendem os setores residencial e comercial responderam à aproximadamente 44% deste consumo. Nas edificações, a maior parte da energia é destinada a prover conforto ambiental aos usuários, por meio de sistemas artificiais de iluminação, climatização e aquecimento de água, sendo que o potencial técnico de economia em edificações existentes é estimado em 25%, enquanto que em prédios novos poderia se alcançar em até 50%.

Desta forma, para que se consiga transformar uma edificação normal em uma edificação mais sustentável e eficiente em questões energéticas, além de se utilizarem equipamentos mais eficientes é necessário que o projeto da construção seja muito bem elaborado, elencando pontos que não devem ser esquecidos, procurando realizar uma habitação que se encaixe com o ambiente natural e reduzindo a utilização da energia elétrica convencional utilizando tecnologias renováveis.

3.2.1 Bioclimatologia

A edificação segundo os princípios bioclimáticos deve ocorrer em equilíbrio com o entorno imediato, levando em conta o microclima e seus recursos naturais (sol, temperatura, correntes de ar, vegetação), visando uma maior aproximação as condições ótimas de habitabilidade. Deve buscar também, utilizar o máximo possível de soluções passivas para o ganhar ou perder calor com o meio, evitando a necessidade da utilização de mecanismos de transmissão energética (aquecedores ou ares-condicionados), ou seja, deve procurar o controle ambiental natural no entorno e no interior da edificação (NEVES, 2006).

Segundo Lamberts et al. (2010a), a resposta da construção à ventilação, insolação, temperatura, umidade, ou seja, as variáveis externas e ao comportamento do usuário configura o seu comportamento térmico, expresso através da variação da temperatura e umidade nos ambientes internos. O comportamento térmico da edificação também é influenciado pelos ganhos de calor através das superfícies (teto, parede, piso, janelas) e gerado internamente (pessoas e equipamentos), bem como pelo número de renovações de ar propiciado pela ventilação.

Ainda segundo os autores, os ocupantes estão sujeitos à influência do comportamento térmico da edificação, e desta forma, a adoção de princípios bioclimáticos na fase de projeto (estratégias de projeto que buscam aproveitar os condicionantes naturais, principalmente vento e a insolação), favorecem também o conforto dos usuários nos ambientes internos e para realizar tais escolhas, é necessário que se conheça as exigências de cada clima e as

opções mais adequadas para adaptar a edificação às solicitações predominantes.

Em residências, a ocupação é menor do que em um edifício comercial, de modo que há menos geração de calor interno advindo de pessoas, computadores e sistemas de iluminação artificial. Nesse caso, os ganhos de calor através das superfícies externas (paredes e cobertura) e das aberturas existentes (superfícies envidraçadas), assim como as condições de exposição à insolação e à ventilação, são os principais fatores determinantes do desempenho térmico de uma residência.

Outro fator que pode ser considerado é a vegetação, que pode ser agregada à residência, tanto nas paredes como na cobertura, integrando um ambiente construído à natureza e proporcionando um melhor conforto térmico e acústico para os moradores.

Portanto, um projeto de habitações apresenta um grande potencial para a incorporação de estratégias bioclimáticas, favorecendo o melhor aproveitamento da luz, da ventilação natural e coberturas vegetais (LAMBERTS et al., 2010a). A Figura 2 mostra um exemplo de um protótipo de construção bioclimática.



Figura 2 - Protótipo de Construção Bioclimática.
Fonte: Ambiental Sustentável (2013)

3.2.2. Geração de energia e seu consumo

A busca pela eficiência energética não é apenas para questões econômicas, e sim visando a qualidade do ambiente para o usuário e a redução de impactos ambientais, de forma que um edifício pode ser considerado mais eficiente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais de conforto ao seu habitante, porém com um menor consumo de energia.

Assim, para se conseguir atingir a eficiência energética nas edificações, duas estratégias podem ser destacadas: a introdução de novas tecnologias nas residências e a mudança de hábitos de consumo, incentivadas por programas e políticas de conservação e uso racional de energia (LAMBERTS et al., 2010b).

Atualmente a eletricidade representa 17% da demanda total de energia mundial e até 2050 esse dado passará a ser de 23%, desta forma, com a elevação da demanda, a capacidade de geração de energia também deverá aumentar, sendo necessário a construção de novas unidades geradoras. Essas novas unidades, se seguirem o modelo atual de usinas, terão grande porte e será necessário grandes linhas de transmissão e distribuição de energia (TORRES, 2012).

Uma das soluções que vem crescendo atualmente é a geração descentralizada de energia, expandindo o setor elétrico mundial através da utilização de fontes renováveis como a energia solar, eólica e biomassa. O destaque fica para a energia solar, que aparece como uma das alternativas energéticas mais promissoras para solucionar grande parte dos problemas de falta de energia enfrentados pela sociedade, sendo por meio de fonte de calor ou fonte de luz.

Nas ultimas décadas as pesquisas e o uso da energia solar fotovoltaica estão crescendo, devido a possibilidade de uma geração de energia de forma distribuída, não necessitando extensas linhas de transmissão, sendo uma fonte silenciosa e que possibilita a instalação de diferentes potências, integrando-se às construções do meio urbano e não utilizando áreas extras para a sua implantação (RÜTHER, 2004). A Figura 3 indica um sistema fotovoltaico sendo instalado.



Figura 3 - Sistema fotovoltaico sendo instalado.

Fonte: Neosolar (2013a)

E em relação a utilização da energia solar como fonte de calor, sua maior utilização é para o aquecimento da água. Para as residências a redução do consumo de energia nos chuveiros elétricos pode ser alcançada devido ao aquecimento da água com a utilização dos aquecedores solares, observando que 73% das residências brasileiras possuem chuveiro elétrico, e este equipamento é responsável por 24% da energia elétrica consumida (LAMBERTS et al, 2010b).

O aquecimento solar de água pode ser utilizado para se diminuir o consumo no pico de demanda do sistema elétrico, reduzindo investimentos em sistemas de geração, transmissão e distribuição da energia elétrica.

As hidroelétricas, principal fonte de geração de energia no Brasil, precisam de enormes volumes de água armazenados para funcionamento das turbinas, gerando impactos socioambientais, como inundações de áreas habitáveis e submersão de áreas verdes, sendo de grande vantagem o uso da energia solar para aquecimento de água, substituindo a energia elétrica para este fim, pois além de ser uma fonte renovável, limpa e ilimitada, seu potencial de utilização é grande em todo território nacional, situado inteiramente em uma região com disponibilidade de níveis de irradiação solar e condições climáticas apropriados para o aquecimento de água (LAMBERTS et al., 2010b).

Estimativas do Atlas Brasileiro de Energia Solar, mostram que a média diária da irradiação solar disponível no Brasil vai de 4,25 kWh/m² em alguns locais da região Sul e até 6,5 kWh/m² no interior da região Nordeste, o que comparado com outros países são valores bem mais elevados. A Alemanha, por exemplo, possui uma quantidade per capita bem maior de instalações de aquecimento solar, de 68,18 kWhth/1.000 hab. contra 11,69 kWhth/1.000 hab. no Brasil, e possui como maiores médias diárias de irradiação solar valores 1,4 vezes inferiores aos menores índices brasileiros (LAMBERTS et al., 2010b).

Contudo, apesar dessa tecnologia já ser utilizada no Brasil, a parcela das residências brasileiras que possui sistema de aquecimento solar de água ainda é muito pequena, tendo como foco, as residências de classe média a alta, mesmo com o grande potencial existente no país. Se houvesse uma maior divulgação, incentivos governamentais o seu uso poderia ser em larga escala, contribuindo para o desenvolvimento do país, gerando empregos neste novo ramo de energia. A Figura 4 mostra um sistema de aquecimento solar instalado em uma residência.



Figura 4 - Aquecedor solar.
Fonte: Ecocasa (2013)

Não basta, no entanto, utilizar destas novas fontes alternativas de energia se não houver a mudança de hábitos da população. A racionalização da energia e evitar o desperdício é o principal passo para se economizar a energia, além da utilização de utensílios que economizem a mesma, como já foi citado anteriormente, que ao serem comprados vêm com a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) e o selo Procel, Figura 5 e 6, respectivamente.

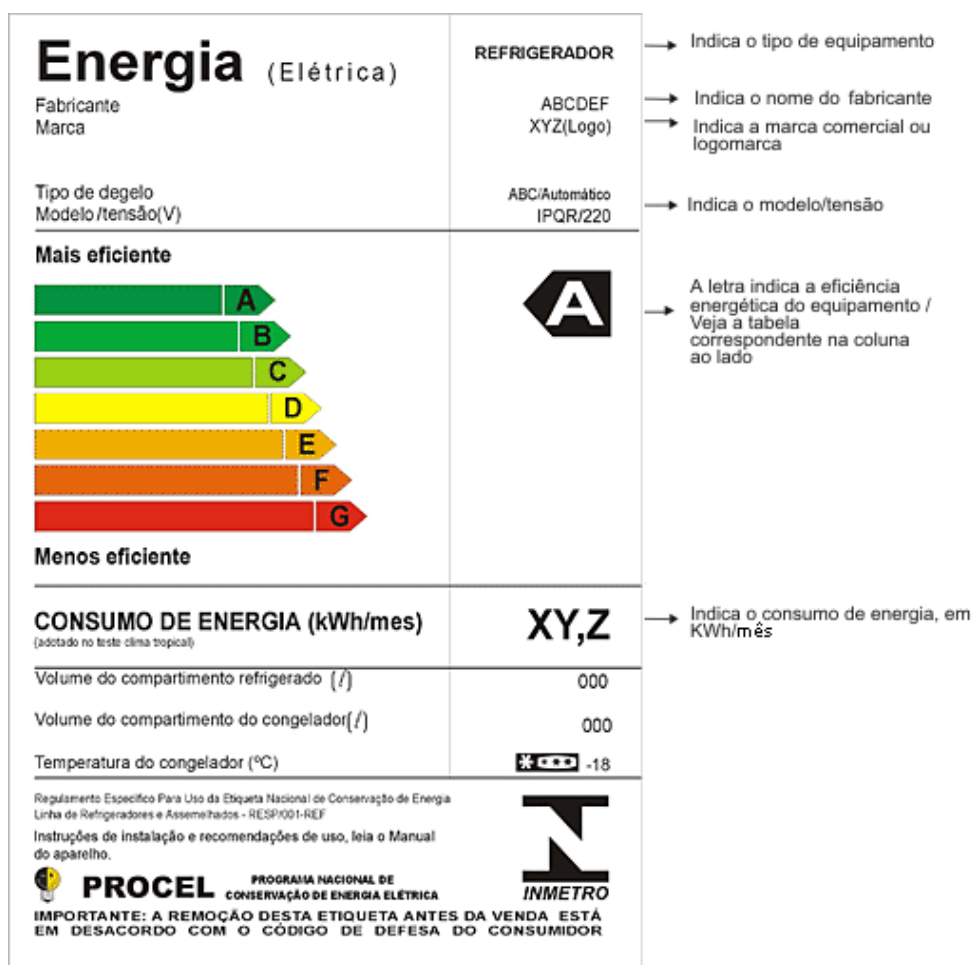


Figura 5 - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE).
 Fonte: INMETRO (2013)



Figura 6 - Selo Procel.
 Fonte: ELETROBRAS (2013)

4. METODOLOGIA

No decorrer do trabalho desenvolveu-se pesquisas exploratórias e descritivas. A pesquisa exploratória ou bibliográfica tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses, envolvendo levantamento bibliográfico, entrevistas e análise de exemplos que estimulem a compreensão (GIL, 2007). Já a pesquisa descritiva exige do investigador uma série de informações sobre o que deseja pesquisar, pretendendo descrever os fatos e fenômenos de determinada realidade.

Na primeira etapa desenvolvida no presente trabalho, foi realizada uma pesquisa bibliográfica acerca do tema, com o objetivo de levantar o conhecimento já produzido na área, o que foi realizado a partir da consulta de livros, artigos e revistas científicas disponíveis.

Posteriormente, foram consultados outros livros e artigos científicos diagnosticando as tecnologias e alternativas de energias existentes que visem contribuir com a sustentabilidade na habitação.

Em seguida, na etapa levantamento e conclusão da pesquisa bibliográfica/exploratória, realizou-se a descritiva, na qual as práticas, os custos para implantação/manutenção e os indicadores de benefícios econômicos, ambientais e sociais no contexto da construção sustentável no aspecto da energia aplicado em uma residência unifamiliar foram registrados, analisados e interpretados.

Observa-se que não existem manipulações de variáveis na pesquisa descritiva, sendo que ela busca a coleta de dados para serem analisados sem qualquer alteração dos mesmos, porém a pesquisa exploratória é desenvolvida quando não se tem conhecimentos e teorias previamente desenvolvidas.

É importante ressaltar que esta pesquisa está vinculada com o grupo de pesquisa ACert - Auditoria, Certificação e Gerenciamento Socioambiental (CNPq/ UNESP), na linha de pesquisa de construção sustentável (certificações e práticas), o qual acompanhou todo o desenvolvimento do projeto, e também que realizou-se um estágio de férias com o Grupo de pesquisa em Habitação e Sustentabilidade - HABIS, no Instituto de Arquitetura e Urbanismo na USP em São Carlos, com a finalidade de implementar conhecimentos prévios na área de habitação sustentável.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Ferramentas de avaliação de desempenho ambiental em construções

Algumas ferramentas foram elaboradas com a intenção de avaliar o desenvolvimento sustentável assim como os componentes ambientais, econômicos e sociais por meio de índice, procurando alcançar a avaliação de aspectos mais representativos do sistema por meio de indicadores. O desempenho ambiental é apenas parte do conceito de sustentabilidade, possuindo como foco maior o aspecto ambiental, ou seja, avaliando as interferências da construção no meio ambiente e apenas algumas interfaces com os aspectos econômicos, sociais e culturais (BUENO, 2010).

Considerando os principais aspectos ambientais de um edifício, o desempenho ambiental analisa o consumo de energia, água, matérias primas e insumos, emissões atmosféricas, ruídos e vibrações, lançamento de efluentes líquidos e geração de resíduos e as ações preventivas ou corretivas que tenham ou podem ter de alguma forma uma influência em determinado desempenho (BUENO, 2010).

Apesar de ser apenas um aspecto de todo o conceito que abrange a construção sustentável essas ferramentas são úteis para o caminho da sustentabilidade e podemos classificá-las em:

- **Normatização:**

Para o desempenho de edificações existem várias normas das quais possam ser sempre procuradas, observadas e seguidas como:

- NBR 14040: que consistem na avaliação do ciclo de vida, ajudando a analisar os materiais que estão sendo utilizados para a construção, se eles são sustentáveis ou não observando todo o seu ciclo.

- NBR 15220: denominada desempenho térmico em edificações, que em sua parte 3 apresenta as diretrizes do Zoneamento Bioclimático Brasileiro, nela consta um conjunto de recomendações de projeto bioclimático para diversas regiões do Brasil, abrangendo diversas informações às propriedades térmicas de paredes e coberturas e também, dimensões de aberturas para ventilação e necessidade de dispositivos de sombreamento.

- NBR 15575: referente a edificações habitacionais de até cinco pavimentos, que trata de diversos requisitos de desempenho para edifícios habitacionais, como estrutural, acústico, lumínico e térmico.

- **Certificações:**

As certificações ambientais surgem como sistemas de mensuração e funcionam como

uma espécie de atestado na construção civil, garantindo que as construções estão em acordo com parâmetros que visam. Esses parâmetros podem ir desde a redução do consumo de energia e de água até assegurar o conforto ambiental, por exemplo. No Brasil existem aproximadamente, 150 empreendimentos já certificados (DALLA COSTA, 2012). Atualmente, existem diversos processos de certificação ambiental. A Tabela 4 indica alguns desses processos e suas características.

Tabela 4 - Processos de certificações ambientais e suas características

Certificação	País de origem	Metodologia	Abrangência
BREEAM	Reino Unido	Avaliação em pontuação e desempenho	Ambiental
CASBEE	Japão	Avaliação em desempenho	Ambiental
HQE	França	Avaliação em desempenho	Ambiental
LEED	Estados Unidos	Avaliação em pontuação	Ambiental
AQUA	Brasil	Avaliação em desempenho	Ambiental
PBQP-H	Brasil	Avaliação em desempenho	Ambiental e econômica
Procel Edifica	Brasil	Avaliação estatística e desempenho	Ambiental e econômica
Casa Azul	Brasil	Avaliação em pontos	Ambiental, social e econômica

Fonte: Elaborada a partir de Dalla Costa (2012)

Contudo não cabe a este presente trabalho dizer qual dos processos é mais adequado, pois não é o foco do mesmo, mas sim observar a existência dessas ferramentas, que devem ser mais difundidas para que sua utilização aumente de maneira que ajudem no desenvolvimento sustentável.

5.2. Tecnologias e alternativas de energias para residência unifamiliar

Neste capítulo serão apresentadas as tecnologias e alternativas de energia existentes que pode ser implementadas à residências unifamiliares.

5.2.1 Iluminação natural

A iluminação natural possui uma forte questão econômico-social e ambiental, e o aproveitamento deste recurso é importante devido ao seu potencial energético e sua fonte

gratuita, tendo grande influência ainda sobre fatores psicológicos e fisiológicos dos seres vivos, principalmente o homem.

A utilização da luz natural requer certas estratégias para que se consiga o seu melhor aproveitamento, já que, existem dificuldades relacionadas ao contexto dinâmico de sua natureza, variando de acordo com alguns fatores, como a latitude, ciclos diários e sazonais e influências climáticas e do próprio local onde se insere a construção (TEIXEIRA, 2004).

As soluções convencionais de utilização da iluminação natural são as janelas laterais e as aberturas zenitais, sendo estas ultimas mais adequadas para ambientes como igrejas, museus, fábricas. As janelas laterais são adequadas para lugares menores e quando projetadas de maneira adequada podem proporcionar ambientes agradáveis, promovendo a ventilação do interior e a vista da paisagem externa da residência. Como forma de complemento, pode-se associar elementos de controle, como venezianas, permitindo assim diversos usos para o local onde ela se encontra (LUZ, 2009).

Existem também sistemas não convencionais para o aproveitamento da iluminação natural que vão desde soluções simples, como a utilização de garrafas pets com água como lâmpadas naturais, até mesmo dutos sofisticados espelhados de luz, transportando o fluxo luminoso por meio de espelhos, prismas, lentes ou fibra óptica e assim, e através da reflexão, transmissão e refração produzem os efeitos de controle da captação, condução e distribuição da luz (LUZ, 2009).

Os sistemas não convencionais atualmente mais difundidos estão divididos em quatro categorias principais: luminárias naturais, painéis e vidros especiais, condutores por reflexão total e os dutos de luz. A Tabela 5 indica estes sistemas e sua finalidade.

E algumas das técnicas existentes no mercado que podem e devem ser utilizadas para um melhor aproveitamento da luz natural em residências unifamiliares podem ser observadas na Figura 7 (GBCB,2013).

Tabela 5 - Sistemas não convencionais e suas finalidades

Sistemas não convencionais	Finalidades
Luminárias naturais (domus ou claraboia)	Sistemas que utilizam mecanismos ópticos como os captadores para controle da luz da própria abertura, geralmente são sistemas zenitais
Painéis e vidros especiais	Utilizam um material especial (ex: vidro prismático) e são aplicados nas aberturas laterais e zenitais para controlar, filtrar e redirecionar a luz no momento da captação
Condutores por reflexão total	Equipamentos que utilizam a reflexão total apresentando o mínimo de perda na condução de luz e percorrendo longas distâncias (ex: fibras ópticas)
Dutos de luz	Sistemas condutores de luz natural simples e que podem ser construídos <i>in loco</i> em obras de pequeno e grande porte, transportando a luz para longe da abertura em que ela foi captada

Fonte: Elaborada a partir de Luz (2009)



Figura 7 - (a) Brise. (b) Porta-balcão. (c) Tijolo de vidro. (d) Janela de mansarda. (e) Bay windows. (f) Jardins internos.

Fonte: (a) AmnBrasil; (b) Oficina Madeira ; (c) Vidroluz; (d) Altoé; (e) Lumina; (f) Construindo; (2013)

5.2.2. *Ventilação natural*

A ventilação natural é o deslocamento de ar através da residência, por suas aberturas, funcionando como entrada e/ou saída de ar, contribuindo para a otimização do conforto ambiental e para melhorar a qualidade do ar no interior das habitações, garantindo maior conforto no interior dos edifícios, com um recurso renovável e influenciando diretamente na eficiência energética da edificação (GBCB,2013).

Em uma residência ela deve ser sempre considerada, porém sua avaliação de desempenho é uma tarefa complexa, já que depende do comportamento variável do ar em movimento, que apresenta velocidade e direção não constantes e está sujeito a interferências que não podem ser desconsideradas.

A influência do entorno edificado, por exemplo, altera tanto a direção quanto a velocidade do vento que incide na residência, devendo-se observar: distribuição espacial dela e sua altura; inclinações de beirais e telhados; existência de cercas e muros; e a presença da vegetação (BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2006).

Devido a diferença de pressão entre as áreas internas e externas originam-se as correntes de ar. Essa diferença de pressão possui duas fontes: correntes de ar existentes no exterior; e diferença de temperatura entre ar externo e interno. Desta forma, existem duas possibilidades de uso da ventilação natural no projeto de uma casa (NEVES, 2006):

- Movimento de ar produzido pela ação dos ventos (ventilação cruzada):

As aberturas devem ser dispostas em fachadas de diferentes orientações da residência, sendo que as aberturas de entrada deve estar nas zonas de alta pressão e as de saída nas de baixa pressão. Desta forma fica claro que não basta ter mais de um acesso no exterior e sim posições adequadas em relação ao vento. Contudo se houver vento porém não houver diferença de pressão também não ocorre a ventilação cruzada, assim, é essencial que no projeto da residência haja o posicionamento adequado das aberturas, principalmente as de entrada (que determinam o modelo de fluxo de ar). A Figura 8 indica como conseguir a ventilação cruzada.

Existem ainda duas variáveis que também influenciam na ventilação cruzada: os tipos de abertura e as subdivisões do espaço interno, Figura 9. O tipo de abertura e seus elementos externos (brises, vegetação próxima) influenciam tanto na resistência oferecida ao fluxo de ar como na seu direcionamento e intensidade, assim como as subdivisões dos espaços internos que alteram o movimento do ar, sendo que a divisão deve ser mais próxima da saída de ar do que da entrada, pois na entrada ocorre uma redução muito acentuada na velocidade do vento.

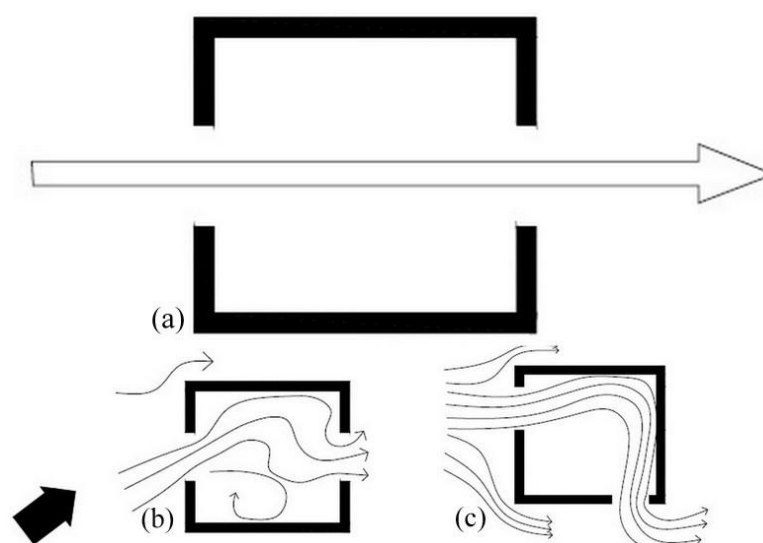


Figura 8 - (a) Esquema de ventilação com corrente cruzada. (b) Fluxo de ar incidindo obliquamente à abertura. (c) Fluxo de ar incidindo perpendicularmente, em aberturas adjacentes.

Fonte: Neves (2006)

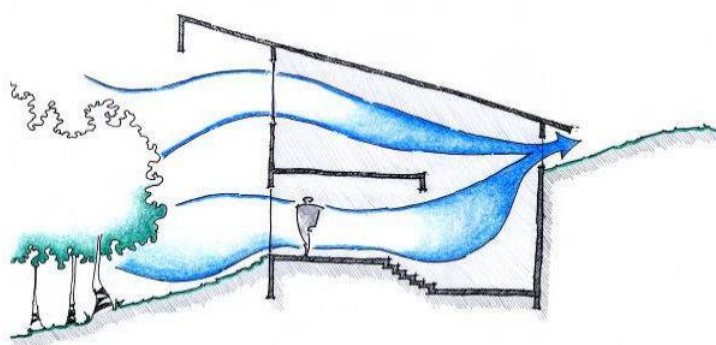


Figura 9 - Ventilação Cruzada.

Fonte: Labcon (2009)

- Movimento de ar por diferença de temperatura (efeito chaminé):

Consiste na formação de uma coluna ascendente de ar e sua exaustão por aberturas na parte superior da edificação ou pela cobertura. Esse efeito é causado pelas diferenças de pressão originadas pela diferenças de temperatura entre o ar interno e o externo da residência. O movimento ocorre da seguinte forma: o ar externo (com temperaturas inferiores) entra pelas aberturas mais baixas do ambiente e o ar interno (com temperaturas mais elevadas) irá ascender e sair pelas aberturas mais altas, criando o fluxo de ar, Figura 10.

E assim como na ventilação cruzada, existem algumas variáveis que atuam no efeito chaminé, como a organização e o tamanho das aberturas e principalmente a distância vertical entre elas. Quanto maior o tamanho e a diferença de altura entre as aberturas de entrada e saída de ar, maior será o fluxo, edifícios com torres de ventilação ou pé-direito alto e aberturas localizadas na cobertura ajudam nesse efeito.

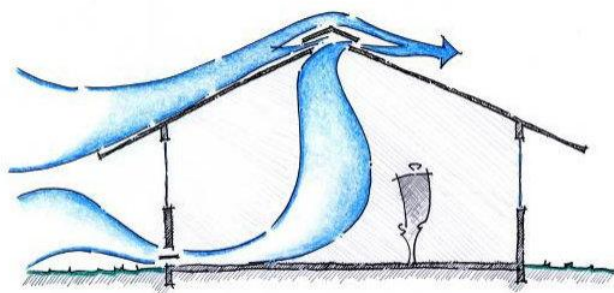


Figura 10 - Efeito Chaminé.

Fonte: Labcon (2009)

Portanto, o custo para a ventilação natural é pequeno se forem consideradas as variâncias no projeto para uma residência, localizando os dispositivos de iluminação natural também de forma adequada, como as janelas laterais, proporcionando a ventilação cruzada.

5.2.3. Coberturas Vegetais

Buscando o resfriamento do ar em ambientes construídos, desde a antiguidade várias civilizações têm aprimorado técnicas de tecnologias arquitetônicas e dentre as conhecidas estava a aplicação de telhados verdes, que foi resgatado na década de 60 pelos alemães. As coberturas vegetais têm características de impacto positivo no clima urbano, interceptando e absorvendo parte da energia que chega no edifício, mantendo processos físicos e biológicos, que contribuem para a redução da sensação de calor (BEATRICE, 2011).

Atualmente são utilizadas para se moderar a temperatura interna de edificações, conter temporariamente água de chuva, isolamento acústico e limpeza de poluentes atmosféricos, além de reduzir de 2 a 7% do consumo anual de energia utilizada, devido à redução de condicionadores de ar (BEATRICE, 2011).

As coberturas construtivas são consideradas como telhado verde quando apresentam uma porção substancial de sua superfície coberta por vegetação e atualmente eles são formados por diversas camadas sobrepostas sobre um suporte estrutural, contendo vegetação tolerante as condições do meio ambiente, solo de espessura variável, material drenante, barreira contra raízes e componente impermeabilizante (DUNNETT; KINGSBURY, 2008).

Existem dois tipos de telhados verdes conhecidos (BEATRICE, 2011):

- Coberturas extensivas:

Estreita camada de substrato; leves; consistidas de vegetação rasteira e resistentes; agrupando aspectos fisiológicos apropriados à limitação de cultivo, ou seja, minimiza a manutenção periódica, Figura 11.



Figura 11 - Telhado verde extensivo.
Fonte: Ecotelhado (2013)

- Coberturas intensivas:

Maior espessura de camada de solo; vegetação diversificadas e de grande porte; podem necessitar de sistema de irrigação e manutenção periódica em função do crescimento vertical e das espécies adotadas, Figura 12.



Figura 12 - Telhado verde intensivo.
Fonte: Atitude Sustentável (2013)

No Brasil, devido ao clima em sua maioria tropical, estudos buscam difundir a utilização da cobertura extensivas, originadas de clima temperado, porém mais adequadas que as coberturas intensivas (BEATRICE, 2011).

5.2.4. Sistema fotovoltaico

O sistema fotovoltaico pode ser considerado uma fonte de energia alternativa para a energia elétrica convencional, transformando a energia solar em elétrica, contribuindo para a diminuição dos recursos naturais para este fim.

As principais tecnologias utilizadas na produção de células fotovoltaicas são as de silício cristalino, as células solares sensibilizadas por corantes (filmes finos) e as células híbridas (GREENPRO, 2004). A Tabela 6, a seguir, reúne informações sobre cada uma das

três diferentes tecnologias.

Tabela 6 - Tipos de células fotovoltaicas

Tipo	Representatividade no comércio
Silício cristalino	Predominantes no mercado. Eficiência: 11 à 16% Escala de produção: 86%
Filmes finos	Escala de produção: 14% Produção econômica. Materiais utilizados não tóxicos.
Células híbridas	Nova tecnologia Eficiência: 17%

Fonte: Elaborada a partir de EPIA (2012) apud Torres (2012); Rüther (2004); Greenpro (2004)

Com várias tecnologias disponíveis é necessário analisar qual delas é a mais adequada para atingir o objetivo do projeto proposto. Recomenda-se uma tecnologia mais eficiente e muitas vezes de custo mais elevado se a área disponível para instalação dos módulos é pequena ou há algum problema relacionado. Contudo se o problema for o custo, pode-se utilizar uma tecnologia menos eficiente que terá que ter mais módulos, porém de custo menor devido ao material utilizado (TORRES, 2012).

Os sistemas podem ser divididos em duas categorias em residências:

- Sistema conectado à rede (*Grid-tie*):

A residência que será instalado o sistema fotovoltaico possui acesso à rede elétrica convencional, pretendendo reduzir parcialmente ou totalmente o seu consumo, não necessitando de baterias, como indica a Figura 13.



Figura 13 - Sistema fotovoltaico conectado à rede.

Fonte: Neosolar (2013b)

- Sistema isolado (*Off-grid*):

A residência encontra-se em ponto remoto, não possuindo acesso à rede elétrica, como em locais rurais, pretendendo-se gerar e utilizar a energia elétrica no próprio local, Figura 14.



Figura 14 - Sistema fotovoltaico isolado.

Fonte: Neosolar (2013b)

Com os avanços tecnológicos o custo da energia fotovoltaica vem diminuindo, entretanto no território brasileiro existe a necessidade de maior investimento. O custo de geração é na verdade o preço de uma única unidade de eletricidade (expressa normalmente em kWh) considerando todos os custos de investimento e operacionais sobre a vida útil do sistema. O preço médio de um módulo fotovoltaico na Europa, por exemplo, é de 1,2 €/W enquanto que no Brasil considerando os menores preços, seria de R\$ 6,30/W (equivalente a 2,5 €/W), ou seja, mais que o dobro do valor (TORRES, 2012).

5.2.5 Aquecedores solares

O sol não é uma nova fonte de energia e sua utilização na produção de calor por vários métodos constitui uma nova maneira de proporcionar à população os benefícios desta energia que está disponível há muito tempo (BEZERRA, 1998).

A difusão do aproveitamento da energia solar sofre ainda uma grande barreira, pois o investimento inicial em equipamentos e instalações é acima dos sistemas convencionais, contudo, o custo de operação e manutenção é muito pequeno, sendo estimado de 12% do custo da instalação do sistema ao longo de sua vida útil, estimada em 20 anos (LIMA, 2003).

De forma tradicional os sistemas de aquecimento com energia solar são compostos por (LIMA, 2003):

- Coletores solares;

O coletor solar é o responsável pela captação da energia raditada pelo sol e sua conversão em calor utilizável, existindo dois fundamentais tipos, os coletores de concentração e os planos. A Tabela 7 a seguir indica a diferença desses dois tipos de coletores e suas características.

Tabela 7 - Tipos de coletores e suas características

Tipo de Coletor	Definição	Características
Coletor de Concentração	Focaliza a energia que atinge um grande refletor parabólico ou uma grande lente de Fresnel para um absorvedor pequeno	Fluido com temperaturas muito elevadas e equipamento de rastreamento do movimento solar caro, complexo e de difícil manutenção
Coletor plano	Recebe e utiliza a radiação solar na mesma superfície	Opera em baixas temperaturas (abaixo de 93°C). Construção simples, relativo baixo custo, sem partes móveis, sem dificuldade de operar em dias nublados e relativa facilidade de reparo e durabilidade

Fonte: Elaborada a partir de Lima (2003)

Para uma residência o mais interessante é o coletor plano, já que pode ser feito pelo próprio morador e possui um custo/benefício melhor. Recomenda-se que ele tenha uma cobertura de vidro, a canalização, uma placa absorvedora e um isolante térmico, porém existem vários projetos sendo explorados, como feito por garrafas pets, por exemplo.

- Reservatório de armazenamento do fluido aquecido:

Um sistema de acumulação é necessário nas residências devido a diferença entre o período de consumo e o período de geração da água aquecida, nas residências, o maior consumo de água quente ocorre principalmente das 18 às 20 horas enquanto que a geração da água quente acontece durante o dia.

Esse tanque possui grande influência no custo total do sistema, no desempenho e confiabilidade devendo ser considerados fatores como o material de revestimento do tanque, o tipo de armazenamento, a finalidade de uso da água, isolamento térmico e etc. No mercado brasileiro encontram-se tanques na horizontal, contudo o uso de tanques na vertical seria mais interessante ressaltando a estratificação térmica.

- Fonte auxiliar de energia:

Essa fonte é necessária já que o sistema solar é projetado para suprir de 50% a 70% da demanda global de aquecimento, devido ao fato que todo o sistema seria superdimensionado se fosse projetado para 100% de eficiência considerando dias de insolação insuficiente. A fonte auxiliar pode ser elétrica, a gás ou uma bomba de calor ligada em série.

- Subsistema de distribuição do fluido aquecido:

Esse sistema pode ser classificado segundo o fluido e o tipo de circulação. No

aquecimento direto, o fluido aquecido pela placa coletora é o que será consumido pelos habitantes enquanto que no aquecimento indireto, o fluido aquecido pela placa coletora não é o consumido, ele irá transferir calor para outro fluido que será utilizado pelas pessoas da residência.

Em relação ao tipo de circulação, o sistema pode ser passivo ou ativo. O sistema passivo ou por termossifão ocorre quando a circulação da água acontece pela diferença de densidade, e no sistema ativo ou por bombeamento, a circulação da água ocorre por uma bomba.

No Brasil a maior parte dos sistemas residenciais funcionam com o fluido sendo aquecido diretamente do coletor e circulado pelo sistema através da diferença de densidade, já que o sistema indireto ativo é somente indicado em regiões onde pode ocorrer congelamento da água nas tubulações. Os aquecedores solares vêm se popularizando ao longo do tempo, tanto que podem ser feitos pelo próprio morador, as Figuras 15, 16 e 17 mostram alguns tipos desses aquecedores direcionados para a economia dos gastos com a energia para se aquecer a água.



Figura 15 - Aquecedor solar feito com garrafas pets.

Fonte: Procaveblog (2013)



Figura 16 - Aquecedor solar de tubos ou placas de PVC.

Fonte: Sempresustentável; Sociedade do sol; (2013)



Figura 17 - Aquecedor solar tradicional.
 Fonte: Produção civil; Maquina de sites; (2013)

5.3. Avaliação das tecnologias de energia e sua viabilidade econômica

Para se fazer a avaliação de manutenção e custos realizou-se primeiramente o uma pesquisa utilizando o Censo demográfico 2010 (IBGE, 2011) e norma NBR 15575 (ABNT, 2008), já mencionada no trabalho, selecionando variáveis necessárias para se implantar as tecnologias e alternativas de energia em uma residência unifamiliar. Os dados selecionados correspondem a uma relação referente a região sudeste, no estado de São Paulo, particularmente na cidade de Rio Claro, onde estaria a casa sustentável fictícia e foram escolhidos, quando possível a união de variáveis conforme:

- Menores valores que sejam viáveis;
- Maioria da população em determinado índice.

A Figura 18, indica um exemplo das relações utilizadas para se buscar a maioria das variáveis. Neste caso foi observado o rendimento familiar *per capita*, e posteriormente foi selecionado um valor do rendimento familiar total, referente ao valor anterior, realizando as devidas conversões. O rendimento familiar também foi relacionado com o número de moradores da residência, orientando desta forma a escolha.

Classes de rendimento nominal mensal (salário mínimo) (1)	Distribuição das pessoas de 10 anos ou mais de idade (%)					
	Brasil	Grandes Regiões				
		Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
Total (2)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Sem rendimento (3)	37,1	45,4	42,3	35,1	29,9	34,8
Até 1/2	6,3	9,0	13,1	3,0	3,5	3,9
Mais de 1/2 a 1	21,1	22,0	26,4	18,4	18,8	21,2
Mais de 1 a 2	18,9	13,2	10,3	22,6	25,9	20,6
Mais de 2 a 3	6,3	3,9	2,8	7,9	9,0	6,8
Mais de 3 a 5	5,0	3,2	2,4	6,4	6,8	5,4
Mais de 5 a 10	3,6	2,3	1,8	4,5	4,4	4,7
Mais de 10 a 20	1,2	0,6	0,6	1,6	1,3	1,8
Mais de 20	0,4	0,2	0,2	0,6	0,4	0,8

Classes de rendimento nominal mensal domiciliar <i>per capita</i> (salário mínimo) (1)	Número médio de moradores em domicílios particulares permanentes					
	Brasil	Grandes Regiões				
		Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
Total (2)	3,3	4,0	3,5	3,2	3,1	3,2
Sem rendimento (3)	2,8	3,6	3,0	2,6	2,3	2,6
Até 1/8	4,9	5,9	4,7	4,8	4,6	4,8
Mais de 1/8 a 1/4	4,7	5,3	4,6	4,8	4,6	4,7
Mais de 1/4 a 1/2	3,9	4,3	3,8	3,9	3,8	3,9
Mais de 1/2 a 1	3,2	3,5	3,0	3,3	3,2	3,2
Mais de 1 a 2	3,0	3,2	2,9	3,0	2,9	3,0
Mais de 2 a 3	2,8	3,0	2,9	2,7	2,7	2,8
Mais de 3 a 5	2,6	2,9	2,8	2,6	2,5	2,8
Mais de 5 a 10	2,5	2,7	2,7	2,4	2,3	2,6
Mais de 10	2,2	2,3	2,4	2,1	2,1	2,3

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2010.

Nota: Os dados de rendimento são preliminares.

(1) Salário mínimo utilizado: R\$ 510,00. (2) Inclusive as informações dos domicílios sem declaração de rendimento nominal mensal domiciliar *per capita*. (3) Inclusive os domicílios com rendimento nominal mensal domiciliar *per capita* somente em benefícios.

Figura 18 - Dados com destaque para os critérios escolhidos.

Fonte: IBGE (2011)

A Tabela 8, indica as primeiras variáveis escolhidas para dar início ao tipo de casa que será implantada (IBGE, 2011).

Sendo considerado domicílio o local onde o relacionamento entre seus ocupantes é ditado por laços de parentesco, de dependência doméstica ou por normas de convivência, ao ser selecionada a casa, como forma de domicílio, definiu-se o número de moradores e sua respectiva renda total, conforme indica a Tabela 9.

Definiu-se também a quantidade de cômodos da casa e sua área mínima estimada (soma de cada tamanho mínimo de cômodo segundo a norma NBR 15575), indicadas na Tabela 10.

Tabela 8 - Características do domicílio e a variável escolhida pelo autor

Características do Domicílio	Variável Escolhida
Espécie	Particular Permanente: construído para servir, exclusivamente, à habitação e, na data de referência, tem a finalidade de servir de moradia a uma ou mais pessoas
Situação	Casa: uma edificação de um ou mais pavimentos, ocupada integralmente por um único domicílio, com acesso direto a um logradouro (arruamento, vila, avenida, caminho etc.)
Condição de Ocupação	Próprio já quitado: domicílio de propriedade, total ou parcial, de um ou mais moradores, estando integralmente pago
Tipo de esgotamento sanitário	Rede geral de esgoto ou pluvial: canalização das águas servidas e dos dejetos, proveniente do banheiro ou sanitário, ligada a um sistema de coleta que os conduzi a um desaguadouro geral da área, região ou município, mesmo que o sistema não dispunha de estação de tratamento da matéria esgotada
Forma de Abastecimento	Rede geral de distribuição: domicílio, terreno ou a propriedade está ligada a uma rede geral de distribuição de água
Energia Elétrica	Exclusiva: o medidor ou relógio é de uso exclusivo para registro do consumo de energia elétrica do domicílio

Fonte: Elaborada a partir de IBGE (2011)

Tabela 9 - Características da residência unifamiliar

Características da Casa	Valores
Número de Moradores	3
Renda total dos Moradores	2 salários mínimos

Fonte: Elaborada a partir de IBGE (2011).

Nota: Salário mínimo considerado da família toda e não *per capita*.

Tabela 10 - Quantidade de cômodos da casa e sua área mínima estimada

Cômodo	Quantidade	Área mínima (m²)
Banheiro	1	2.2
Dormitório principal	1	9.0
Segundo Dormitório	1	7.0
Copa/Cozinha	1	4.0
Sala de estar	1	9.0
Área de Serviço	1	1.4
Total	6	32.6

Fonte: Elaborada a partir de ABNT (2008)

Ressalta-se que para implantar uma tecnologia e alternativa de energia é necessário a mensuração de outras variáveis, sendo que os custos de implantação e manutenção delas

depende de diversos fatores e muitas vezes são de difícil mensuração. Desta forma para cada tecnologia selecionada serão observadas suas variáveis, sua manutenção, qual poderia ser o custo da mesma quando possível, realizando de uma pesquisa de mercado. Observando também que em relação aos custos, os preços foram lastreados à dólares, de forma que neste trabalho de pesquisa mesmo utilizando-se a moeda Real, pode-se considerar o câmbio de US\$ 1,00 = R\$ 2,23, recorrente da data 01/10/2013, para avaliações futuras.

- Iluminação Natural

Como já foi visto, essa tecnologia é de difícil mensuração, contudo as janelas laterais são as formas mais simples para essa iluminação, principalmente visando à redução de custos, já que a iluminação pode ser bem aproveitada se a instalação deste componente for bem planejada na fase de projeto da casa, observando os seguintes fatores apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Considerações da iluminação natural

Iluminação natural	Variáveis	Manutenção	Custos
Janelas laterais	Latitude, ciclos diários e sazonais, quantidade e local de abertura para a entrada da luz natural	Pouca manutenção quando feito o projeto de forma adequada, apenas limpeza ou pintura, por questões higiênicas e estética	Sem custo adicional se considerado à um projeto de residência comum, quando posicionadas de forma adequada

Como pode ser observado, utilizando-se apenas das janelas comuns, que já seriam implantadas em uma casa convencional, é possível ter um maior conforto térmico e uma melhor iluminação do ambiente. De fato, é de grande importância a disposição correta destas janelas, observando as variáveis mencionada na Tabela 11, e desta forma, esta tecnologia não teria custos adicionais.

- Ventilação natural

A ventilação natural segue o mesmo padrão da iluminação natural, sendo difícil mensurar seu desempenho, contudo se no projeto da casa sustentável for averiguadas certas condições, pode-se criar os efeitos de ventilação cruzada e chaminé, proporcionando um melhor conforto térmico na residência a partir das aberturas da mesma, conforme indica a Tabela 12.

Portanto, as janelas laterais, seu tamanho, orientação e disposição da residência devem ser muito bem observadas, já que também podem promover a ventilação natural sem custo adicional, promovendo um maior conforto e um ambiente mais saudável do morador.

Tabela 12 - Considerações da ventilação natural

Ventilação natural	Variáveis	Manutenção	Custos
Ventilação cruzada e efeito chaminé	Latitude, ciclos diários e sazonais, quantidade e local de abertura para a passagem e troca de ar	Pouca manutenção quando feito o projeto de forma adequada, limpeza quando houver obstrução das entradas de ventilação	Sem custo adicional se considerado à um projeto de residência comum, se forem adequadas as aberturas (janelas e outras aberturas)

- Cobertura Vegetal

O Telhado verde é uma estrutura que também depende de diversos fatores e ajuda no microclima da região local, promovendo uma maior integração da residência com o ambiente natural, suas variáveis são apresentadas na Tabela 13.

Tabela 13 - Considerações da cobertura vegetal

Cobertura vegetal	Variáveis	Manutenção	Custos
Cobertura extensiva	Clima da região local, espessura do solo, tipo de vegetação escolhida, tipo material drenante, tipo de barreira contra as raízes e tipo de componente impermeabilizante, tipo do telhado da residência	Necessita de períodos de irrigação e aparação.	Custo para a sua compra e instalação, já que deve ser feita por pessoa experiente evitando infiltração e criação de mofo

Existem diversos tipos de cobertura extensiva no mercado, e selecionou-se duas empresas existentes para a implantação do telhado verde (Tabela 14), verificando-se os custos para isso, apresentados na Tabela 15.

Tabela 14 - Segmentos que atuam com Telhado verde

Numeração	Empresa, organização ou consultoria
1	Ecotelhado
2	Ecocasa
3	Skygarden

Tabela 15 - Comparações de custos de Telhados verdes

Variáveis supostas para o telhado verde	Empresa Organização Consultoria	Componentes do Sistema	Valores (R\$/m ²)	Total (R\$)
Cidade: Rio Claro Tipo de cobertura: laje Tamanho da casa: 32,6 m ²	1	Todo o sistema, com instalação	170,00	5.542,00
	2	Módulo com reserva de água	60,00	1.956,00
		Módulo + substrato	80,00	2.608,00
		Módulo + substrato + plantas em fase de crescimento	110,00	3.586,00
		Módulo + substrato + plantas já cultivadas	150,00	4.890,00
	3	Todo o sistema, com instalação	105,00	3.423,00

- Sistema fotovoltaico

O sistema fotovoltaico é outra opção de tecnologia e alternativa de energia, podendo chegar até mesmo não necessitar da energia elétrica convencional, contudo seu custo no Brasil ainda é elevado para a maioria da população. A Tabela 16, indica algumas variáveis desse sistema que devem ser observadas.

Tabela 16 - Considerações do sistema fotovoltaico

Sistema fotovoltaico	Variáveis	Manutenção	Custos
Sistema fotovoltaico para residência ligado à rede de energia elétrica	Clima da região local, porcentagem de eficiência de energia, consumo mensal da residência por mês e valor da tarifa de energia	Não necessita de manutenção durante sua vida útil, 20 anos	Tecnologia de custo elevado ainda no Brasil.

No mercado brasileiro existem empresas que também fabricam os mesmos, na Tabela 17, foi possível verificar algumas dessas empresas e na Tabela 18 orçamentos dessa tecnologia para uma residência unifamiliar.

Tabela 17 - Segmentos que atuam com Sistema fotovoltaico

Numeração	Empresa, organização ou consultoria
1	Neosolar Energia
2	Energia Pura
3	Ecocasa

Tabela 18 - Comparações de custos de Sistemas fotovoltaicos

Variáveis supostas para o sistema fotovoltaico	Empresa Organização Consultoria	Componentes do Sistema	Valores (R\$)	Total (R\$)
Cidade: Rio Claro	1	Gerador Fotovoltaico 1,2 kWp: 5 x Painéis fotovoltaicos; 5 x Micro inversor; suporte para fixação dos painéis; material elétrico necessário para instalação; serviço de instalação ; projeto elétrico e regularização do sistema junto a distribuidora de energia (100% de eficiência)	19.394,31	19.394,31
Consumo médio: 160 kWh/mês				
Distribuidora: Elektro	2	Painel Fotovoltaico W Solar de 230W	6 x 1.050,00	20.236,00
Tarifa média: 0,42/kWh		Inversor OutBack Grid-Tie GFX1548 1500W	1 x 5.940,00	
Rede: 127V/220 V		Controlador de Carga FlexMax 60A	1 x 3.091,00	
		Mate 2 Display e Controlador do Inversor	1 x 1.275,00	
		Protetor de Surto FlexWare	1 x 1.050,00	
		Baterias Estacionárias 105Ah	4 x 645,00	
Sistema: monofásico	3	Sistema de 1,2kWp, utilizando 5 painéis fotovoltaicos	Entre 12.000,00 e 15.000,00	Entre 12.000,00 e 15.000,00

- Aquecedor solar

A maior parte da energia gasta em uma residência é direcionada para os chuveiros e a melhor alternativa para se diminuí-la é utilizando o aquecedor solar para esquentar a água do mesmo. A Tabela 19, indica as considerações que devem ser realizadas.

Essa tecnologia existe em abrangência considerável no mercado e seu custo ao longo do tempo vem se reduzindo, devido à, principalmente, possibilidade do morador realizar a construção de seu próprio aquecedor. Na Tabela 20 foram pesquisadas empresas que vendem esse produto e na Tabela 21 seu orçamento correspondente para a habitação.

Tabela 19 - Considerações do aquecedor solar

Aquecedor Solar	Variáveis	Manutenção	Custos
Sistema direto passivo para aquecimento do chuveiro	Clima da região local, tipo de: pavimentação, cobertura, tubulação, pressão de rede hidráulica, tensão elétrica, quantidade de banhos por dia e sua duração	12% do custo da instalação do sistema ao longo de 20 anos	Tecnologia de custo moderado, pode ser fabricado pelo próprio morador, tendo custos bem mais reduzidos e ainda sendo eficazes

Tabela 20 - Segmentos que atuam com Aquecimento Solar

Numeração	Empresa, organização ou consultoria
1	Soletrol
2	Kisol
3	Ecocasa
4	Universidade do Sol

Tabela 21 - Comparações de custos de Aquecedores solares

Variáveis supostas para o aquecedor solar	Empresa Organização Consultoria	Componentes do Sistema	Valores (R\$)	Total (R\$)
Cidade: Rio Claro Numero de moradores: 3 Área da residência: 32.6 m ² Tipo de pavimento: térreo Cobertura: laje	1	Reservatório Térmico (300L)	1 x 1.032,00	3.171,00
		Coletor Solar (mini 1,03 m ²)	3 x 302,00	
		Kit Hidráulico de instalação (opcional)	1 x 1.233,00	
Tubulação para água quente	2	Reservatório Térmico (300L) Coletor solar (1,50x1,00)	1 x 984,00 3 x 338,00	1.998,00
Distribuição da água: gravidade a partir da caixa d'água	3	Sistema compacto de baixo custo (200L)	2.000,00	2.000,00
Tipo de água: abastecimento público Total de banhos por dia e duração: 3 banho/dia e 10 min./cada	4	Reservatório Térmico (300L) 3 Coletores solares (1m ²)	1.400,00	1.700,00
		Custo de instalação	300,00	

- Comparação das tecnologias:

Desta forma, é possível avaliar cada uma das tecnologias e observar quais seriam viáveis economicamente, mas primeiramente é necessário realizar algumas considerações:

- Renda da família: escolhida de R\$ 1.020,00 = 2 salários mínimos (considerado o salário mínimo de R\$ 510,00 em 2010).
- Destinação do salário: será considerado que a família implementaria uma tecnologia por vez, destinando 20% do salário para isso, ou seja, R\$ 204,00/mês destinados somente para quitação da implementação feita.
- Iluminação Natural e Ventilação natural sem custos: se no planejamento da residência for observada a latitude, ciclos diários e sazonais, quantidade e local de abertura para a passagem e troca de ar, não é necessário colocar tecnologias à mais para conseguir um ambiente confortável.
- Energia consumida na residência: considerada a partir de uma conta de luz de uma residência real em Rio Claro o gasto de 160 kWh/mês, que corresponde a um valor de R\$ 67,96, considerando que uma residência brasileira consome 159 kWh/mês (ELETROBRAS PROCEL, 2013), o valor encontrado foi ideal, próximo do esperado.
- Fórmulas para cálculos:

Definição de variáveis:

Tempo de quitação (mês) = Q

Tempo de retorno (ano) = R

Redução da conta de energia (R\$/ano) = RE

Redução do consumo de energia (%) = RCE

Fórmulas utilizadas:

$$Q = \text{Custo} / 204,00 \text{ (mês} = \text{R\$} / (\text{R\$} / \text{mês}))$$

$$67,96 \times 12 = 815,72 \text{ ((R\$} / \text{mês}) \times (\text{mês} / \text{ano}) = \text{R\$} / \text{ano})$$

$$RE = (815,72 \times RCE) / 100 \text{ (R\$} / \text{ano} = ((\text{R\$} / \text{ano}) \times (\%)) / \%)$$

$$R = \text{Custo} / RE \text{ (ano} = \text{R\$} / (\text{R\$} / \text{ano}))$$

A partir destas considerações foi possível observar alguns resultados e dados comparativos, apresentados na Tabela 22.

Tabela 22 - Dados comparativos

Tecnologia/Alternativa de energia	Considerações escolhidas	Custo (R\$)	Tempo de quitação (Q)	Redução do consumo de energia (RCE) (%)	Tempo de retorno do investimento (R)
Cobertura vegetal	Sistema completo: Módulo + substrato + plantas já cultivadas	3.423,00	16 meses	7	59 anos
Sistema fotovoltaico	Sistema de 1,2kWp, utilizando 5 painéis fotovoltaicos	12.000,00	59 meses (5 anos)	100	14 anos
Aquecedor Solar	Reservatório Térmico (300L), 3 Coletores solares (1m ²) e Custo de instalação	1.700,00	8 meses	40	5 anos

É possível observar, portanto, que para questões energéticas e economia financeira:

- Telhado verde: o gasto com a implantação do sistema poderá ser quitado em menos de 1 mês e meio, contudo, em relação ao retorno financeiro, o período é muito longo, já que em questões energéticas, ele economiza apenas 7% do consumo anual de energia elétrica.
- Sistema fotovoltaico: apesar de conseguir uma economia próxima do 100% ainda é um investimento muito caro e inviável para a maioria das famílias brasileiras, já que seria pago em 14 anos.
- Aquecedor solar: o aquecedor solar aparece como melhor investimento, e mais viável economicamente, já que poderia ser pago em 8 meses, e depois de 5 anos o seu valor já seria pago em relação a economia de energia, não tendo mais gastos com o chuveiro elétrico nos próximos anos.

5.4. Benefícios econômicos, sociais e ambientais

Os indicadores, podem ser substituídos pelas palavras descobrir, apontar, estimar. Eles são capazes de comunicar ou informar acerca do progresso em direção a uma determinada meta ou podem ser entendidos como um recurso que deixa mais perceptível uma tendência ou fenômeno que não seja imediatamente detectável (VAN BELLEN, 2002).

Como objetivo principal, os indicadores, agregam e quantificam informações de uma maneira que sua significância fique mais aparente, simplificando-as sobre fenômenos complexos, buscando uma melhor comunicação. Eles podem ser classificados em quantitativos ou qualitativos, sendo que os indicadores quantitativos são aqueles

representados por dados numéricos e relações estatística, que muitas vezes foram transformados a partir de indicadores qualitativos que são aqueles que caracterizam aspectos por meio de palavras, simplificando esses conceitos.

Desta forma elaborou-se alguns indicadores qualitativos que serão utilizados para analisar as tecnologias e alternativas de energia, eles estão apresentados na Tabela 23.

Tabela 23 - Classificação de Indicadores

Classificação	Indicador
A	Redução do uso de energia elétrica
B	Redução de gastos
C	Redução de emissão de gases do efeito estufa
D	Redução de recursos naturais
E	Aproveitamento passivo de recurso natural
F	Harmonização com o entorno
G	Melhor conforto térmico
H	Melhor qualidade do ar e no ambiente
I	Melhoria da saúde
J	Melhoria na qualidade de vida
K	Aumento da eficiência energética
L	Moderação da temperatura urbana
M	Aumento do valor do imóvel
N	Tecnologias de pouco custo/manutenção

A partir desses dados é possível caracterizá-los de acordo com os benefícios econômicos, sociais e ambientais relacionados a cada alternativa de energia, como indica a Tabela 24.

Tabela 24 - Benefícios de cada tecnologia e alternativa

Tecnologia/Alternativa de energia	Benefício		
	Econômico	Social	Ambiental
Iluminação natural	A B K M N	G I J	C D E F H L
Ventilação natural	A B M N	G I J	C D E F H L
Cobertura vegetal	A B K M	G I J	C D F H L
Sistema fotovoltaico	A B K M	-	C D E
Aquecedor solar	A B K M N	-	C D E

Desta forma, observa-se que, em relação a benefícios gerais econômicos, sociais e ambientais, a Iluminação natural e Ventilação natural são as alternativas mais vantajosas, seguidas pela cobertura vegetal, atendendo a maioria dos indicadores, conforme indica a Figura 19.

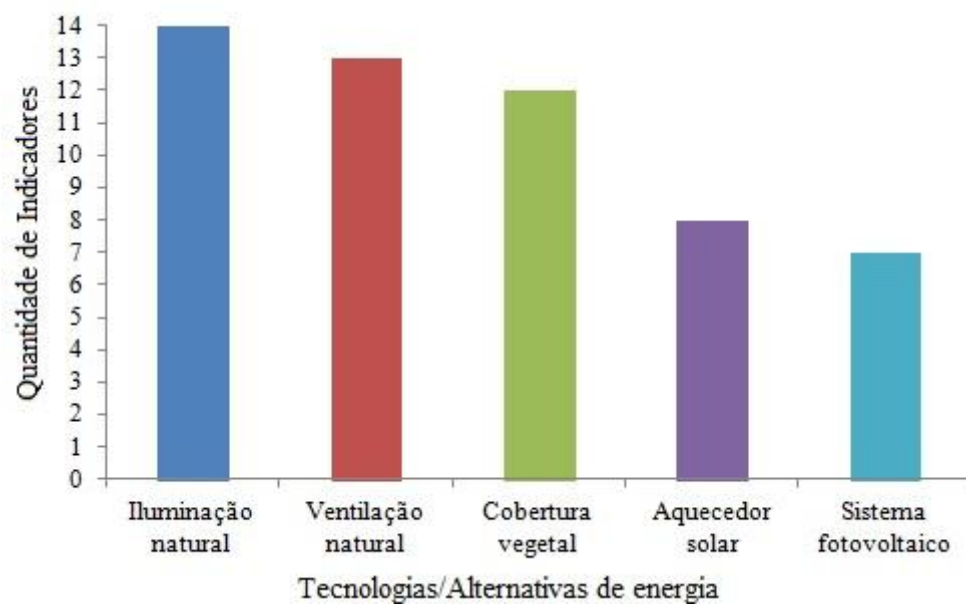


Figura 19 - Representação dos Indicadores em relação às tecnologias.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Comparando os resultados da avaliação e viabilidade econômica com os benefícios sociais, ambientais e econômicos, das tecnologias é possível observar que para uma família de renda média de 2 salários mínimos as tecnologias mais viáveis são iluminação e a ventilação natural. Contudo o aquecedor solar também surge como uma opção viável para economia de gastos com o chuveiro elétrico, podendo a família realizar a sugestão proposta neste trabalho, tendo um retorno de 5 anos do equipamento.

A cobertura vegetal ainda é um processo de custo elevado para esta família, não tendo um retorno imediato, contudo não pode-se deixar de observar que ele proporciona um maior conforto térmico, acústico e pode reaproveitar a água de chuva para a residência.

Por fim, a energia solar fotovoltaica pode ser considerado um processo caro no país, que precisa de incentivo e financiamento do governo e de empresas, para que mais pesquisas sejam realizadas, buscando o desenvolvimento desta tecnologia para fatores brasileiros.

Portanto, a partir deste presente trabalho de pesquisa, foi possível observar que existe a possibilidade de uma maior difusão das construções sustentáveis no contexto brasileiro, contudo, pesquisas na área devem ser sempre realizadas, buscando não só expandir, mas também implantar as tecnologias e alternativas de energia.

Como forma de sugestão para trabalhos futuros, poderia ser realizado o aprofundamento maior da questão energética não só nas residências, mas também em outros setores utilizados pela sociedade, como as escolas e edifícios comerciais. Utilizando-se do desenvolvimento de novas tecnologias, mais econômicas e eficientes, e buscando por meio de propostas e parcerias, a sua implantação, levando a pesquisa para a prática, proporcionando para a população um ambiente construído mais sustentável.

7. REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575**: Edificações habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. Rio de Janeiro, 2008.

ACSELRAD, H; LEROY, JEAN-PIERRE. **Novas premissas da sustentabilidade democrática**. Rio de Janeiro: Projeto Brasil Sustentável e Democrático, 1999.

ALTOÉ. Figura. Disponível em: <<http://www.altoeesquadrias.com.br/FotosInterna.aspx?codigo=40>>. Acesso em: 16 set. 2013.

AMBIENTAL SUSTENTÁVEL. Figura. Disponível em: <http://ambientalsustentavel.org/wp-content/uploads/2012/03/casa_sustentavel_a.jpg>. Acesso em: 9 ago. 2013.

AMNBRASIL. Figura. Disponível em: <<http://www.amnbrasil.com.br/media/briseveneziana/brise-soleil-metalpak-sb200-1g.jpg>>. Acesso em: 13 set. 2013

ATITUDE SUSTENTÁVEL. Figura. Disponível em: <http://atitudesustentavel.com.br/wp-content/uploads/2011/08/telhadoverde_02.jpg>. Acesso em: 18 set. 2013.

BEATRICE, C. C. **Avaliação do potencial de uso de três espécies vegetais como cobertura leve de telhados em edificações**. São Carlos, 2011.

BEZERRA, A. M. **Aplicações térmicas da energia solar**. João Pessoa: Editora Universitária, 1998.

BITTENCOURT, L.; CÂNDIDO, C. **Introdução à ventilação natural**. Maceió: EDUFAL, 2006.

BUENO, A. C. **Avaliação de desempenho ambiental de edificações habitacionais: análise comparativa dos sistemas de certificação no contexto brasileiro**, São Carlos, 2010.

CAVALCANTI, C. (Org.) **Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável**. São Paulo: Fundação Joaquim Nabuco, 1998.

CIB. **Agenda 21 on Sustainable Construction**. Rotterdam: CIB, 1990.

CONSTRUINDO. Figura. Disponível em: <<http://construindo.org/wp-content/uploads/2012/09/jardim-de-inverno-pequeno.jpg>>. Acesso em 18 set. 2013

DALLA COSTA, E. D. **Certificação ambiental na construção civil: uma análise comparativa das certificações LEED – Leadership in Energy and Environmental Design e AQUA – Alta Qualidade Ambiental**. Piracicaba, 2012.

DALLA COSTA, E.; MORAES, C. S. B. Construção Civil e a Certificação Ambiental: Análise comparativa das certificações LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) e AQUA (Alta Qualidade Ambiental). **Anais XIV ENGEMA**: Encontro Nacional

sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente. FEA/ USP, FGV. São Paulo, 2012.

DONAIRE, D. **Gestão Ambiental na Empresa**. São Paulo: Atlas, 2004.

DUNNETT, N.; KINGSBURY, N. **Planting Green Roofs and Living Walls**. Portland: Timber Press, 2008.

ECOCASA. Figura. Disponível em: < <http://www.ecocasa.com.br/imagens/aquecedor-solar-de-agua.jpg>>. Acesso em: 9 ago. 2013.

ECOTELHADO. Figura. Disponível em: < <http://www.ecotelhado.com.br/Produtos%20Carrossel/cobertura%20verde%20jardim%20susp%20enso.jpg>>. Acesso em: 18 set. 2013.

ELETRORBRAS. Figura. Disponível em: < <http://www.eletrorbras.com/elb/procel/data/documents/storedDocuments/%7B5270CA89-E850-4E1E-A0ED-035DD3BF46DA%7D/%7B25340E26-5284-4914-9641-A6A3861EAFBD%7D/Selo%20Procel.jpg>> Acesso em: 01 ago. 2013.

ELETRORBRAS PROCEL: **Relatório de Resultados do Procel 2013**: Ano Base 2012, Rio de Janeiro, 2013.

EPE. **Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica**. Ano VI, nº 64 - Janeiro de 2013. Rio de Janeiro, 2013.

GBCB. **Referencial GBC Brasil Casa**: energia e atmosfera. Assunto Pré-Requisito 2: Desempenho da Envoltória - Transmitância Térmica, Ventilação e Iluminação natural, 2013a. Disponível em: < <http://www.gbcbrasil.org.br/pdf/RS%20-%20Energia%20e%20Atmosfera%20-%20PR2%20-%20Desempenho%20da%20Envoltoria.pdf>>. Acesso em: 7 out. 2013.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2007.

GOLDEMBERG, J. **Energia e desenvolvimento**. São Paulo: Estudos avançados. 1998.

GREENPRO. **Energia fotovoltaica**: manual sobre tecnologias, projeto e instalação. Janeiro de 2004. Disponível em: <<http://www.greenpro.de/po/fotovoltaico.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2013.

IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2011.

IISD. **Sustainable Development**: from Brundland to Rio 2012. United Nations Headquarters, New York, 2010.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Programa Brasileiro de Etiquetagem**. Disponível em: < <http://www.inmetro.gov.br/qualidade/eficiencia.asp>>. Acesso em: 10 ago. 2013.

LABCON. **Indicação de exemplos para aplicação em projetos bioclimáticos**, 2009. Disponível em: < <http://www.labcon.ufsc.br/anexosg/352.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2013.

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; PEREIRA, C. D.; BATISTA, J. O. **Casa eficiente:** bioclimatologia e desempenho térmico. Florianópolis: UFSC, LabEEE. Florianópolis, 2010a.

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; PEREIRA, C. D.; BATISTA, J. O. **Casa eficiente:** consumo e geração de energia. Vol. 2. Florianópolis: UFSC, LabEEE. Florianópolis, 2010b.

LAMBERTS, R.; TIANA, M. A.; FOSSATI, M.; BATISTA, J. O. **Sustentabilidade nas Edificações:** contexto internacional e algumas referências brasileiras na área. Disponível em <<http://www.labee.ufsc.br/linhas-de-pesquisa/sustentabilidade>> Acesso em 15 jan. 2013.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura.** São Paulo: ProLivros, 2004.

LEROY, JEAN-PIERR.; LEROY, JEAN-PIERRE; BERTUCCI, A. A.; ACSELRAD, H.; PÁDUA, J. A.; SCHIESINGER, S.; PACHECO, T. **Tudo ao mesmo tempo agora:** desenvolvimento, sustentabilidade, democracia: o que isso tem a ver com você? Petrópolis: Vozes, 2002.

LIMA, J. B. A. **Otimização do sistema de aquecimento solar de água em edificações residenciais unifamiliares utilizando o programa TRNSYS.** São Paulo, 2003.

LIMA, P. H. **Projeto sustentável:** exigência para o século XXI: percepção do projeto sustentável na produção imobiliária atual. São Paulo, 2009.

LUMINA. Figura. Disponível em: <<http://www.luminapvc.com.br/images/stories/fotos/JBAY/janela-bay-window-pvc-lumina.jpg>>. Acesso em: 16 set. 2013

LUZ, B. **Condução da luz natural por sistemas não convencionais.** São Paulo, 2009.

MAQUINA DE SITES. Figura. Disponível em: <http://www.maquinadesites.com.br/floricultura/clientes/minassolar.com.br/media/k2/items/cache/621af29360685f88fae4c26f96ed9d8c_XL.jpg> Acesso em: 25 set. 2013

MME. Ministério de Minas e Energia. Disponível em <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em 03 ago. 2013.

NEOSOLAR. Figura. Disponível em: <[http://www.neosolar.com.br/components/com_rsform/uploads/521bcd18990ce-NeosolarEnergia_GTRP%20\(47\)_1.jpg](http://www.neosolar.com.br/components/com_rsform/uploads/521bcd18990ce-NeosolarEnergia_GTRP%20(47)_1.jpg)>. Acesso em: 9 ago. 2013a.

NEOSOLAR. **Selecione o tipo de sistema e solicite um orçamento em apenas 4 passos.** Disponível em: <<http://www.neosolar.com.br/orcamento>>. Acesso em: 25 set. 2013b.

NEVES, L. O. **Arquitetura bioclimática e a obra de Severino Porto:** estratégias de ventilação natural. São Carlos, 2006.

OFICINA MADEIRA. Figura. Disponível em: <http://1.bp.blogspot.com/_GVbCQ8p5YE/UKa70jrWWbI/AAAAAAAAAPU/J-Cfu6h_aLs/s1600/porta+balcao+de+peroba+ibiuna+oficina+madeira+e+arte+fabiano2.jpg>.

Acesso em: 13 set. 2013

PROCAVEBLOG. Figura. Disponível em: <
<http://www.procaveblog.com.br/empreendimentos/aquecedor-solar-projeto-feito-com-garrafas-pet/>>. Acesso em: 25 set. 2013

PRODUÇÃO CIVIL. Figura. Disponível em: <
<http://producaocivil.files.wordpress.com/2010/11/termossifao.gif>>. Acesso em: 25 set. 2013

RÜTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial de geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública do Brasil**. Florianópolis: UFSC/LABSOLAR, 2004.

SACHS, I. **Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

SÃO PAULO (Estado). **Protocolo: Ambiental da Construção Civil e Desenvolvimento Urbano**, 16 de outubro de 2008. Governo do Estado de São Paulo, São Paulo. p. 13, 2008.

SEMPRESUSTENTÁVEL. Figura. Disponível em:<
<http://www.sempresustentavel.com.br/solar/aquecedor/dicas/kit-completo-aquecedor-solar.htm>>. Acesso em: 25 set. 2013

SERRADOR, M. E. **Sustentabilidade em arquitetura: referências para projeto**. São Carlos, 2008.

SILVA, A. S; SOUZA, J. G; LEAL, A.C. A sustentabilidade e suas dimensões como fundamento da qualidade de vida. **Revista Geografia em Atos (GeoAtos)**. Presidente Prudente, 2012.

SILVA, V, G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica**. São Paulo, 2003.

SOCIEDADEDOSOL. Figura. Disponível em:<
http://www.sociedadedosol.org.br/site/imagens/foto_chales_.jpg>. Acesso em: 25 set. 2013.

SOUZA, R. F. P.; SOUZA, M. F. P. Políticas ambientais e a determinação da escala sustentável de utilização dos recursos naturais. **Anais do XLVI CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL**. Rio Branco, 2008. Disponível em: < <http://www.sober.org.br/palestra/9/307.pdf>>. Acesso em: 9 out. 2013.

TEIXEIRA, M. M. **Análise da sustentabilidade no mercado imobiliário residencial brasileiro**. São Paulo, 2010.

TEIXEIRA, W. **Softwares para iluminação**. Passaporte de entrada para novos mercados profissionais. Revista Lume Arquitetura, p 76-85, 2004.

TORRES, R. C. **Energia solar fotovoltaica como fonte de alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais**. São Carlos, 2012.

VAN BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade:** uma análise comparativa. Santa Catarina, 2002.

VASCONCELLOS, B. C.; SEROA DA MOTTA, A. L. T. Indicadores de Sustentabilidade em Edificações. **Anais do IV Congresso Nacional de Excelência em Gestão**. Rio de Janeiro, 2008.

VIDROLUZ. Figura. Disponível em: < <http://vidroluz.pt/wp-content/uploads/2012/12/parede-de-tijolos-de-vidro-06.jpg>>. Acesso em: 13 set. 2013

VOSGUERITCHIAN, A. B. **A abordagem dos sistemas de avaliação de sustentabilidade da arquitetura nos quesitos ambientais de energia, materiais e água, e suas associações às inovações tecnológicas**. São Paulo, 2006.

WCED, World Commission on Environment and Development. **Our Common Future**. Oxford, U.K.: Oxford University Press, 1987. 383 p.