

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ÂNGELA APARECIDA PROVIN
LUCAS RAFAEL GROBE

RACIONALIZAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA E ÁGUA NAS
RESIDÊNCIAS DE MÉDIO PADRÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2012

**ÂNGELA APARECIDA PROVIN
LUCAS RAFAEL GROBE**

**RACIONALIZAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA E ÁGUA NAS
RESIDÊNCIAS DE MÉDIO PADRÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus de Pato Branco.

Orientador: Prof. José V. Monteiro Larcher

PATO BRANCO – PR

2012

TERMO DE APROVAÇÃO

RACIONALIZAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA E ÁGUA NAS RESIDÊNCIAS DE MÉDIO PADRÃO

por

**ANGELA APARECIDA PROVIN
LUCAS RAFAEL GROBE**

Aos 22 dias do mês de junho do ano de 2012, às 8:15 horas, no Mini-auditório da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após argüição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco – UTFPR-PB, conforme Ata de Defesa Pública nº 009-TCC/2012.

Orientador: Prof. Msc. JOSÉ VALTER MONTEIRO (COECI / UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof^a. Dr^a. ANDREA SARTORI JABUR (COECI / UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof^a. Dr^a. ELIZÂNGELA MARCELO SILIPRANDI (COECI / UTFPR-PB)

RESUMO

GROBE, Lucas Rafael e PROVIN, Ângela Aparecida. **Racionalização do Consumo de Energia e Água nas Residências de Médio Padrão**. 2012. 69 (sessenta e nove) páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2012.

O estudo contribuiu para uma reflexão mais adequada sobre a Construção Sustentável na construção civil, através de dados obtidos de pesquisas bibliográficas, onde foram pesquisados materiais e componentes existentes no mercado na questão de sustentabilidade energética e de água, podendo assim listar requisitos de sustentabilidade para habitações, que realmente sejam viáveis para aplicação no Município de Pato Branco. A presente monografia, intitulada “Racionalização do Consumo de Energia e Água nas Residências de Médio Padrão”, tem como objetivo disponibilizar soluções sustentáveis de racionalização, economia, produção e reaproveitamento de energia e água delimitadas em unidades habitacionais de padrão médio no Município de Pato Branco, a qual pode tornar a produção destas unidades significativamente mais baixa, diminuindo seu peso no orçamento familiar, contribuindo para a eficácia das ações ambientais em nível local e global e agregando valor à qualidade de vida do indivíduo e da comunidade.

Palavras - chave: Construção Sustentável. Sustentabilidade. Soluções de racionalização energia e água.

ABSTRACT

GROBE, Lucas Rafael e PROVIN, Ângela Aparecida. **Rationalization of Energy Consumption and Water in Homes Standard Medium**. 2012. 69 (sixty-nine) pages. Completion of course work (Bachelor of Civil Engineering) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2012.

The study contributed to a more appropriate reflection about Sustainable Construction in Civil Construction, through data obtained from literature searches, which were researched materials and components in the existent market in the energetic and water sustainable issue, thus it is able to list requirements for sustainable housing that are actually feasible for implementation in the city of Pato Branco. This monograph, entitled "Rationalization of Energy and Water Consumption in Medium Standard Houses", aims to provide sustainable solutions to streamline, economy, production and reuse of energy and water bounded on medium standard housing units in the city of Pato Branco , which can make the production of these units significantly lower, decreasing its value in household budgeting, contributing to the effectiveness of environmental activities in local and global level and adding value to the life quality of individuals and the community.

Keywords: Sustainable Construction. Sustainability. Solutions for energy management and water.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Pilares da Sustentabilidade	16
Figura 2: Zoneamento Bioclimático do Brasil.	22
Figura 3: Trajetória do Sol.	23
Figura 4: Localização dos ambientes conforme orientação solar.	24
Figura 5: Temperatura do ar conforme tipo de ocupação do solo.	27
Figura 6: Ventilação Cruzada/Efeito Chaminé.....	28
Figura 7: Ventilação Noturna	28
Figura 8: Soluções de Iluminação Natural	29
Figura 9: Consumo de energia elétrica no Brasil.....	31
Figura 10: Exemplo de etiqueta de eficiência energética	33
Figura 11: Detalhe construtivo placa coletora.....	35
Figura 12: Placas coletoras em PVC.....	35
Figura 13: Placa coletora através de vácuo.....	35
Figura 14: Sistema de aquecimento de água e de ambiente.....	37
Figura 15: Sistema com controle automatizado.....	38
Figura 16: Sistema Isolado	39
Figura 17: Sistema Isolado	39
Figura 18: Lâmpada Incandescente.	41
Figura 19: Lâmpada Fluorescente	41
Figura 20: Lâmpada LED.....	41
Figura 21: Distribuição da água no planeta	42
Figura 22: Ciclo Hidrológico.....	43
Figura 23: Distribuição dos recursos hídricos no Brasil.....	44
Figura 24: Distribuição do consumo de água numa habitação	46
Figura 25: Sistema de abastecimento de água com aproveitamento da água da chuva.....	47
Figura 26: Dispositivo de remoção de sólidos.	48
Figura 27: Distribuição do consumo de água numa habitação.....	50
Figura 28: Distribuição dos ambientes.....	54
Figura 29: Elevação frontal.....	54
Figura 30: Perspectiva Sul.....	55
Figura 31: Perspectiva Norte.....	55
Figura 32: Composição da parede recomendada para a edificação do exemplo	57
Figura 33: Composição da cobertura recomendada para a edificação do exemplo	58
Figura 34: Direção Predominante do Vento.....	59
Figura 35: Ventilação cruzada no projeto hipotético.....	59
Figura 36: Composição da parede interna recomendada para a edificação do exemplo.....	61
Figura 37: Posicionamento de placas solares	62
Figura 38: Captação da água chuva.....	63
Figura 39: Esquema distribuição de água	63
Quadro 1: Sombreamento das aberturas para a edificação.....	56
Quadro 2: Resumo das sugestões sustentáveis.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparativo de Lâmpadas.....	41
Tabela 2: Cálculo das aberturas conforme Norma – NBR 15220-3 (2005).	56
Tabela 3: Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar conforme a NBR 15220-3.....	56
Tabela 6: Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar conforme a NBR 15220-3.....	60

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVO GERAL	10
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
1.3 JUSTIFICATIVA.....	11
2 ESTRUTURA DO TRABALHO	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 SUSTENTABILIDADE	15
3.2 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL	16
3.3 EDIFICAÇÃO SUSTENTÁVEL	17
3.3.1 Requisitos de Edificações Sustentáveis	18
3.4 DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE	20
3.5 VARIÁVEIS ARQUITETÔNICAS	21
3.5.1 Bioclimatologia.....	21
3.5.2 Insolação	23
3.5.3 Características da Edificação	24
3.5.3.1 Propriedades dos materiais	25
3.5.3.2 Forma e altura	26
3.5.4 Condições do Entorno	26
3.5.5 Ventilação Natural	27
3.5.6 Iluminação	29
3.6 A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COMO REQUISITO DE SUSTENTABILIDADE	30
3.6.1 A Importância da Energia	30
3.6.2 Eficiência Energética	31
3.6.3 Soluções existentes para melhoria da eficiência energética em edificações... ..	32
3.6.3.1 Uso de aparelhos energeticamente eficientes	32
3.6.3.2 Aproveitamento de energia solar para aquecimento da água	34
3.6.3.3 Iluminação	37
3.7 A ÁGUA COMO RECURSO NATURAL	42
3.7.1 Disponibilidade de Água Doce no Planeta.....	42
3.7.2 Disponibilidade de Água Doce no Brasil.....	44
3.7.3 Uso da Água	44
3.7.4 Soluções para economia e reaproveitamento – uso racional da água	46
3.7.4.1 Reuso de águas cinza claras.....	47
3.7.4.2 Componentes economizadores de água	50
3.8 MATERIAIS	51
4 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	53
4.1 INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE	53
4.1.1 Variáveis Arquitetônicas	53
4.1.2 Eficiência Energética	61
4.1.3 Uso Racional da Água	62
4.2 RESUMO DAS SUGESTÕES SUSTENTÁVEIS	64
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
REFERÊNCIAS	67

1 INTRODUÇÃO

Grande parte da energia e dos recursos naturais produzidos e consumidos no planeta estão diretamente relacionados com os processos construtivos e, por consequência, têm atraído grande atenção para a Indústria da Construção, em relação ao conceito de Sustentabilidade. Uma obra sustentável leva em conta o processo na qual o projeto é concebido, quais serão os usuários dos ambientes, quanto tempo terá sua vida útil e, se, depois desse tempo todo, ela poderá servir para outros propósitos ou não. Tudo o que diz respeito aos materiais empregados em uma edificação devem levar em conta a necessidade, o desperdício, a energia gasta no processo até serem implantados na construção e, depois, se esses materiais podem ser reaproveitados. Muitas vezes, alguma parcela da energia pode ser gerada no próprio local e a água pode ser reaproveitada, fazendo com que, a longo prazo, se obtenha uma grande economia de energia e água, fazendo com que o edifício colabore com a sustentabilidade (FERNANDES, 2009).

O conceito de Sustentabilidade se impôs pela importância na atualidade em todo o mundo, em função dos enormes benefícios que pode oferecer. Uma Construção Sustentável é um sistema construtivo que promove alterações conscientes no entorno, de forma a atender as necessidades de edificação, habitação e uso do homem moderno, preservando o meio ambiente e os recursos naturais, garantindo qualidade de vida para as gerações atuais e futuras (ARAÚJO, 2005).

A Indústria da Construção, sobretudo no setor Edificações, enfrenta hoje o desafio de incorporar aos seus produtos estas técnicas e componentes descritos como sustentáveis, que permitam a preservação de recursos e energia e, também, minimizem a emissão de carbono. Visando este objetivo, é crescente a aplicação de medidas que buscam incrementar esta conduta, seja na forma de imposições ou de incentivos legais ou, mesmo, de mercado. Existem inúmeras opções construtivas as quais podem variar desde o emprego de fontes de energias alternativas até a seleção de materiais fabricados com resíduos urbanos, todas incorporando os ditames da bioarquitetura, isto é, voltadas para a preservação da qualidade de vida no nosso planeta (FERNANDES, 2009).

No contexto local de construção habitacional, estas medidas ainda não são percebidas como preocupação de todos os profissionais, pois se observa, nas edificações, que suas técnicas e processos não incorporaram estes conceitos. Diante desta constatação, a questão é como racionalizar o consumo de energia e água nas residências de padrão médio e como podem ser selecionadas estas alternativas de projeto, no âmbito local?

Na busca por esta resposta, a presente monografia, intitulada “Racionalização do Consumo de Energia e Água nas Residências de Médio Padrão”, pretende buscar soluções sustentáveis de racionalização, economia, produção e reaproveitamento de energia e água delimitadas em unidades habitacionais de padrão médio no Município de Pato Branco - PR, as quais podem tornar a produção destas unidades significativamente mais baixa, diminuindo seu peso no orçamento familiar, podendo contribuir para a eficácia das ações ambientais em nível local e global, agregando valor ao patrimônio e melhorando a qualidade de vida dos indivíduos e da comunidade.

Desta maneira é possível conscientizar as pessoas de que as construções não só podem como devem ser planejadas para que, além de possuir funcionalidade e beleza, também possuam sustentabilidade. Neste âmbito, é importante levar em conta que, ao darmos a possibilidade de possuírem edificações com uma maior autonomia, tecnologia e desempenho, também haverá uma satisfação ao adquirirem as mesmas.

Para a elaboração deste trabalho se recorreu à consulta bibliográfica, revistas e artigos disponíveis na Internet, legislação e regulamentação técnica regularizadas com o tema e também a informação constante em documentação e catálogos técnicos de diversas empresas que estão relacionados ao racionamento de energia e água.

1.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo geral apresentar soluções de produção, racionalização e reaproveitamento de energia e água nas habitações, que sejam de eficiência comprovada em aspectos de desempenho e economia e, também, de disponibilidade imediata no mercado da construção habitacional.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para que o objetivo geral seja realizado, serão desenvolvidas as seguintes etapas, configuradas como objetivos específicos:

- Elaborar pesquisa bibliográfica sobre o conceito da Sustentabilidade, suas aplicações e decorrências na Indústria da Construção;
- Realizar o levantamento de soluções construtivas disponíveis no mercado, dotadas de características de sustentabilidade e aplicáveis localmente;
- Pesquisar bibliograficamente projetos e obras de habitações sustentáveis, com a finalidade de conhecer as boas práticas de projeto e de construção;
- Demonstrar a implantação dos produtos e soluções nas edificações, visando à disseminação dos conceitos e técnicas sustentáveis, para a comunidade.

1.3 JUSTIFICATIVA

Os 75% dos recursos naturais extraídos da natureza correspondem para o uso de construção de edificações, sendo que a maior parte destes recursos não é renovável. A poluição e as emissões de gases de efeito estufa e de poluentes do ambiente são evidentes e contribuídos a partir do transporte e uso destes materiais. (JOHN, OLIVEIRA e LIMA, 2007).

Para ser alcançada, a sustentabilidade do setor da construção depende de uma série de iniciativas dentro de um processo dinâmico de desenvolvimento com objetivos de curto, médio e longo prazo. John e Oliveira (2007) apontam, dentre estas iniciativas, o desenvolvimento de tecnologias e materiais mais sustentáveis, bem como sistemas de avaliação para o monitoramento, estabelecimento de metas, e apoio à tomada de decisão durante o processo de projeto.

Uma nova forma de pensar referente à construção sustentável, parte do governo e dos consumidores que se interessa em reduzir os gastos de água e energia, de grupos ambientalistas, de investidores estrangeiros e de legisladores que mostram que a construção sustentável não é apenas um modelo para resolver problemas, mas uma forma de intervir no meio ambiente preservando-o,

recuperando-o e ao mesmo tempo gerando harmonia em seu entorno (TÉCHNE, 2006).

Assim a construção sustentável em habitações de padrão médio, deve ser vista como uma solução inicial, muito mais como algo a ser tratado costumeiramente para a área de construção civil. As construções existentes no mercado provam que só não existe esse comprometimento, pelo desconhecimento e pela falta de estímulo de mercado. Mas a idéia é a formação de tecnologias onde os usuários e profissionais de projeto e construção tenham essas moradias como algo que se queira, não como algo que se é obrigado a ter.

Olhando-se para a construção de habitações sob o foco das tecnologias apropriadas, percebe-se que a Sustentabilidade deve ser a somatória de uma série de ações e técnicas inovadoras e que propiciem uma maior percepção de valor pelo mercado. Devem ser capazes de surpreender e criar a cultura da sustentabilidade, fazendo com que se tenha um novo conceito de construções. Essas inovações não necessariamente podem significar novas tecnologias ou materiais, mas também uma união de recursos materiais (os atributos passivos da edificação) e de recursos de projeto (o conhecimento) para promover conforto e integração na habitação.

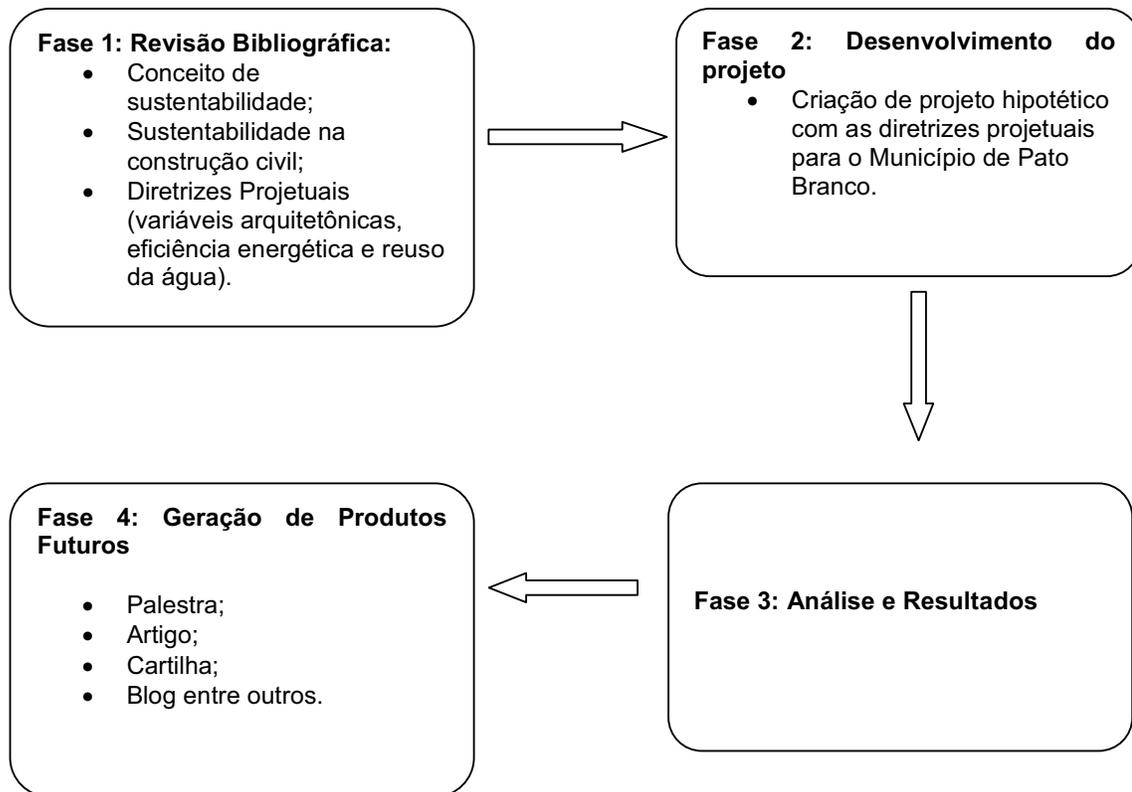
Tendo em vista este contexto, a seleção de tecnologias que o presente trabalho pretendia realizar será sob o escopo da racionalização e economia de água e energia. Tal procedimento objetiva contribuir para o desenvolvimento de soluções mais sustentáveis dentro dos limites da viabilidade econômica, para uma dada situação.

2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para tornar possíveis os objetivos do presente trabalho, é importante definir a estrutura metodológica a ser adotada para o estudo realizado assim como os instrumentos metodológicos relacionados ao levantamento de dados que se optou por uma abordagem quantitativa e qualitativa, que será feita através de uma pesquisa exploratória. Segundo Gil (2002), essa pesquisa vem de forma a aprimorar idéias, proporcionando melhor familiaridade com o problema e tornando-o mais explícito, através de uma pesquisa bibliográfica e um estudo de caso.

A obtenção dos dados de pesquisas bibliográficas foi realizada com o uso de livros, artigos de periódicos e materiais disponibilizados na *Internet*. Nesse intuito se pretende obter informações sobre o estado da arte em relação às informações relacionadas nos mais diversos aspectos, como inovações, tecnologias e produtos, de forma a garantir um procedimento tecnicamente correto. Analisando os materiais e componentes existentes no mercado na questão de sustentabilidade energética e de água, realizou-se uma classificação daquilo que possa ser usado de forma viável no Município de Pato Branco - PR colocando de maneira clara e objetiva, algumas tecnologias que venham a ser empregadas em moradias de maneira a conciliar sustentabilidade, viabilidade e conforto.

Em seguida com os dados levantados, foi possível listar requisitos de sustentabilidade para habitações, que realmente sejam viáveis para aplicação no Município de Pato Branco. Para que dessa maneira seja possível mostrar de forma clara, que as tecnologias envolvendo a sustentabilidade, têm um valor significativo para uma nova visão da construção civil que hoje existe.



3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 SUSTENTABILIDADE

O conceito de sustentabilidade surgiu na década de 1970, com o intuito de promover consciência à população, de que o ser humano tem o dever de preservar o meio onde vive, sendo que já haviam alguns temas relacionados à construção civil. Propõe-se a ser um meio de configurar a civilização e atividade humanas, de tal forma que a sociedade, os seus membros e as suas economias possam preencher as suas necessidades e expressar o seu maior potencial no presente, e ao mesmo tempo preservar a biodiversidade e os ecossistemas naturais, planejando e agindo de forma a atingir pró-eficiência na manutenção indefinida desses ideais (CORRÊA, 2009).

A sustentabilidade é um conceito sistêmico, construído sobre três pilares (Figura 1) interdependentes e mutuamente sustentadores que são os seguintes (JOHN, 2008):

- Desenvolvimento social: é a atitude que se manifesta por meio de práticas cujos indicadores evidenciam o favorecimento da sustentabilidade das pessoas, a promoção do desenvolvimento sustentável das organizações e a opção pelo uso de tecnologias mais econômicas e menos impactantes, tendo em vista políticas de (re) inclusão social e melhoria da qualidade de vida no planeta.

- Desenvolvimento ambiental: refere-se às condições sistêmicas onde as atividades humanas não devem interferir nos ciclos naturais em que se baseiam tudo o que o planeta permite e, ao mesmo tempo, não devem empobrecer seu capital natural, que será transmitido às gerações futuras.

- Desenvolvimento econômico: sensibilidade aos limites e ao potencial do crescimento econômico e o seu impacto na sociedade e no ambiente, com o compromisso de reavaliar os níveis de consumo pessoais e da sociedade.

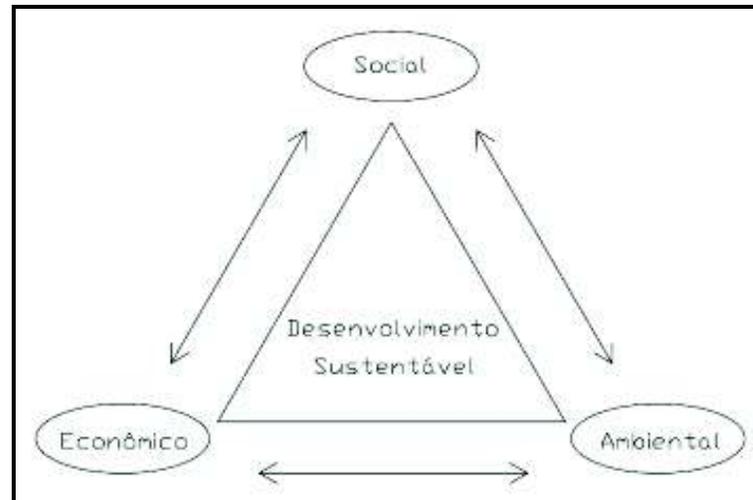


Figura 1: Pilares da Sustentabilidade
Fonte: Autores, 2012

3.2 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo Araújo (pg. 1, 2005), “construção sustentável é um sistema construtivo que promove intervenções sobre o meio ambiente, adaptando-o para suas necessidades de uso, produção e consumo humano, sem esgotar os recursos naturais, preservando-os para as gerações futuras”.

O uso de materiais e de soluções tecnológicas com baixo impacto ambiental, que visa conforto e a economia de água e energia elétrica, redução da poluição do ambiente interno de seus moradores e bom aproveitamento das construções, gera o que podemos chamar de uma construção sustentável. (FERNANDES, 2009).

A política de uma construção sustentável é algo que já se mostra como uma tendência da construção civil em fase de consolidação, pois é algo que já está incorporado até mesmo como diretriz de órgãos governamentais em obras públicas. Já as empresas privadas que têm seu capital diretamente envolvido com a área da construção civil deve cada vez mais se moldar a essa nova tendência, dessa maneira encontrando sempre a solução mais economicamente viável (CORRÊA, 2009).

3.3 EDIFICAÇÃO SUSTENTÁVEL

Edificação sustentável melhora a qualidade de vida de seus moradores e usuários, ao mesmo tempo com empregos de produtos tecnológicos que conserva os recursos (água e energia), recicla materiais e reduz as substâncias perigosas ao longo da vida útil do edifício (ARAÚJO, 2005).

A visão apresentada busca abranger todas as possibilidades oferecidas pelo conceito de edificação sustentável, entre as possibilidades, as que mais diretamente dizem respeito à indústria de materiais de construção estão relacionadas abaixo (SATTLER, 2007):

- Reduzir o consumo de energia no processo de produção, eliminar ou reduzir as emissões aéreas no processo de produção;
- Reduzir o consumo de recursos minerais (reduzir a geração de resíduos e perdas no processo);
- Conservar as áreas naturais e a biodiversidade;
- Prolongar a vida útil das edificações, possibilitar a desconstrução e a reciclagem;
- Produzir materiais de fácil absorção pela natureza e de baixa toxicidade durante a produção, construção, uso e descarte final;
 - Usar recursos locais;
 - Buscar a geração de novos empregos;
 - Promover a economia local.

Para que isso seja viável é necessário que as empresas busquem se adaptar a essa evolução, bem como mudar a forma de gerir suas obras. Essas empresas devem fazer uma evolução progressiva, de modo a melhorar seu enfoque sustentável de obra após obra, melhorando gradativamente (CORRÊA, 2009).

A sustentabilidade de uma edificação é avaliada pela sua capacidade de responder aos desafios ambientais de sua sociedade, sendo ela mesma um modelo de solução.

3.3.1 Requisitos de Edificações Sustentáveis

Para Fernandes (2009), um bom modelo de Casa Sustentável deve:

a) utilizar recursos naturais passivos, ou seja, que não demandam energia proveniente de fontes não naturais, (por exemplo, insolação, variações de temperatura, ventos, etc.) e de design, para promover conforto e integração na habitação;

b) utilizar materiais que não comprometam o meio ambiente e a saúde de seus ocupantes e que contribuam para tornar seu estilo de vida cotidiano mais sustentável (por exemplo, o usuário de embalagens descartáveis deveria usar produtos reciclados a partir dos materiais que, em algum momento, ele mesmo usou);

c) resolver ou atenuar os impactos - problemas e necessidades geradas pela sua implantação (consumo de água e energia);

d) prover saúde e bem-estar aos seus ocupantes e moradores e preservar ou melhorar o meio ambiente.

Segundo John (2008), existe alguns princípios básicos na construção sustentável, dentre os quais estão:

- a. Aproveitamento de condições naturais locais;
- b. Mínima utilização do terreno, integrando-se ao ambiente natural;
- c. Implantação e análise do entorno;
- d. Não provocar ou reduzir impactos ao entorno;
- e. Qualidade ambiental (interna e externa);
- f. Adaptar a construção ao usuário as necessidades atuais e futuras;
- g. Redução do consumo energético e de água;
- h. Introdução de inovações tecnológicas sempre que possível;
- i. Conscientização dos envolvidos no processo (educação ambiental).

Sattler (2007) apresenta alguns pontos mais específicos que devem ser levados como base para um projeto de edificação sustentável, dentre eles:

- a. Minimizar o consumo de energia e materiais e maximizar os elementos contribuintes para uma construção mais saudável;

- b. Promover comprometimento e responsabilidade social, relacionado com a geração de emprego e renda as pessoas envolvidas;
- c. Estimular o desenvolvimento e a pesquisa que visem à melhoria da tecnologia empregada, mas que isso não comprometa a geração de empregos e renda dos envolvidos no processo;
- d. Considerar o impacto de todos os produtos utilizados em todo o período de produção e uso;
- e. Toda construção considerada sustentável, tem de partir de um projeto sustentável, levando em conta uma arquitetura sustentável e integrando todos os membros envolvidos no planejamento e construção no conceito de sustentabilidade.

Conforme exposto no objetivo dessa monografia, foram considerados alguns requisitos de sustentabilidade para habitações de padrão médio, que sejam viáveis para aplicação no Município de Pato Branco. Dentro desses contextos, se podem definir como uma construção sustentável:

- a. Aproveitamento das condições ambientais locais (por exemplo, insolação, ventilação, iluminação, etc. além de eventuais recursos, materiais aproveitáveis e reutilizáveis);
- b. Redução do consumo energético e de água;
- c. Introdução de inovações tecnológicas que promovam melhoria dos processos produtivos, dos custos e da segurança dos seus usuários;
- d. Adaptar a construção ao usuário em relação às necessidades atuais e futuras;
- e. Prover saúde e bem-estar aos ocupantes e moradores, preservando ou melhorando o meio ambiente;
- f. Conscientizar e informar todos os envolvidos no processo de gestão de uma edificação sustentável (educação ambiental e informação sobre o uso, operação e manutenção da habitação).

Os requisitos acima expostos são os que melhor podem atender as propostas de melhorias para edificações residenciais no foco da sustentabilidade, pois pretendem envolver ações de projeto, de produção e de uso das edificações, atingindo a todo o ciclo de vida das habitações.

3.4 DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE

A população em geral, ao pensar em sustentabilidade relaciona o assunto com um baixo padrão de qualidade, isto ocorre por haver pouca informação ainda sobre o tema; assim, é necessário mudar esse conceito de maneira a projetar moradias que venham a suprir os anseios da sociedade, não apenas em questões de custo, mas voltando o foco para a beleza, conforto e segurança. (HABITAÇÃO, 2010).

É importante salientar que de nada adianta se buscar uma construção sustentável, sem levar em consideração que ela deva ser socialmente abrangente, pois a grande ameaça para a inserção da sustentabilidade na habitação de classes menos favorecidas é a baixa capacidade financeira (CORRÊA, 2009).

É utopia falar de sustentabilidade com inovações tecnológicas sem saber se isso é viável ou até mesmo se o mercado está pronto para fomentar essas necessidades. Nesse contexto é possível apontar algumas inovações que já se encontram no mercado, que exigem um pouco mais de recursos financeiros, mas, que por outro lado, trazem um retorno de qualidade de vida. Essas tendências exigem um melhor planejamento, pois requer a inserção de materiais, equipamentos ou subsistemas adicionais na edificação, que muitas vezes já são encontrados como produtos da indústria, como exemplificam os listados a seguir (JOHN, 2008):

- Eficientização energética: por exemplo, a captação de energia solar para aquecimento de água, a geração local de eletricidade por meio de painéis fotovoltaicos, a utilização de equipamentos eletrodomésticos de baixo consumo de energia;

- Torneiras e bacias de baixo consumo;
- Aproveitamento de água da chuva e de águas cinza;
- Uso de materiais renováveis, recicláveis, reutilizáveis e atóxicos;

Por fim, a idéia de edificação sustentável tem como finalidade a inserção de novas tecnologias que melhorem a condição da edificação em si, não comprometendo a situação de bem estar do ocupante. Dessa maneira é indispensável o esclarecimento do motivo real da implementação de diretrizes para uma construção sustentável, visando mostrar para a sociedade que a

sustentabilidade não é apenas o reaproveitamento de materiais, mas sim a implantação de novas tecnologias que melhorem o desempenho da edificação.

3.5 VARIÁVEIS ARQUITETÔNICAS

As Variáveis Arquitetônicas, segundo Lamberts, Dutra e Pereira (1997), são características ou decisões de projeto que contribuem para melhorar o balanço de perdas e ganhos de energia e outros recursos da construção, as quais dependem diretamente dos fatores dinâmicos do clima afetando o desempenho energético da edificação. Estes fatores são:

- Insolação (orientação solar e vedações transparentes);
- Características da edificação (propriedades dos materiais, forma e altura);
- As características do entorno da edificação;
- O desempenho das aberturas, quanto às possibilidades de iluminação natural, bem como suas devidas proteções à insolação inadequada;
- A localização estratégica dos condicionadores de ar artificiais.

3.5.1 Bioclimatologia

A bioclimatologia está relacionada com o estudo do clima aplicado à arquitetura, tendo como objetivo melhorar as condições de conforto dos seres humanos nas edificações através do uso de estratégias de projeto apropriadas de acordo com as diferenças climáticas consideradas para cada local (LAMBERTS e TRIANA, 2007).

Entender os fatores climáticos locais (orientação solar, umidade do ar, ventos predominantes de cada local) é importante para observar o custo *versus* os benefícios proporcionados pela utilização de estratégias de projeto que melhoram o conforto térmico do empreendimento, sendo esse estado essencialmente variável (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 1997).

Diante da diversidade climática existente no Brasil, e da importância da adequação da edificação ao clima, criou-se a norma de Desempenho Térmico de

Edificações NBR-15220-3, (ABNT, 2005), a qual estabelece uma subdivisão das condições climáticas brasileiras para projeto em oito zonas bioclimáticas definidas de acordo com o clima e com as necessidades humanas de conforto, como mostra a Figura 2.

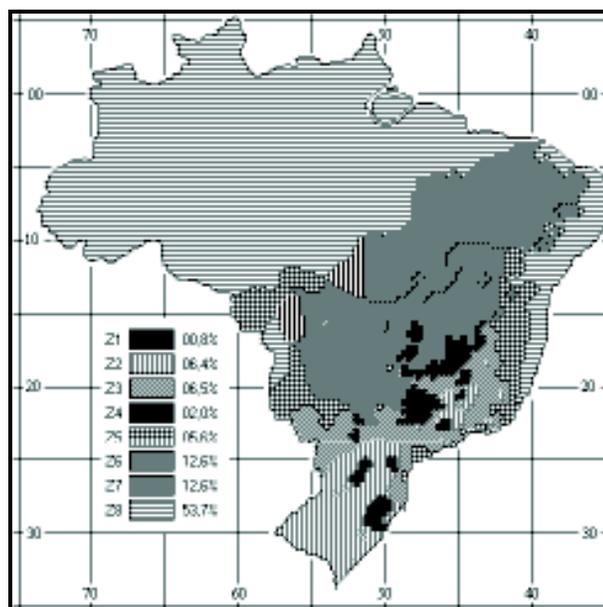


Figura 2: Zoneamento Bioclimático do Brasil.
Fonte: NBR-15220-3/2003

Para cada zona bioclimática brasileira é possível formular diretrizes construtivas indicadas pela Norma, as quais dizem respeito a:

- a) Estratégias de projeto térmico passivo recomendado;
- b) Orientações sobre as aberturas em relação ao seu tamanho e sombreamento necessário;
- c) Orientações sobre as vedações externas; indicando valores recomendáveis de transmitância térmica¹, atraso térmico² e fator de calor solar³ para cada tipo de vedação externa de acordo com a zona bioclimática em que se localizam:

- O tipo de parede (leve, leve refletora e pesada);
- O tipo de cobertura (leve isolada, leve refletora e pesada).

¹ Transmitância Térmica: é o inverso da somatória do conjunto de resistência térmica ($W/m^2.K$)

² Atraso Térmico: tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta (h).

³ Fator de Calor Solar: é o quociente da taxa de radiação solar transmitida através do material pela taxa de radiação solar incidida sobre a superfície.

3.5.2 Insolação

O desempenho térmico da edificação é um fator determinante para o uso racional de energia em edificações sustentáveis e, para que isso seja possível, é fundamental adotar estratégias de projeto de acordo ao zoneamento bioclimático brasileiro, como verificado anteriormente.

O sol é um elemento fundamental para definirmos, forma, posição de uma edificação e posicionamento de suas aberturas, bem como alimentação tanto de placas fotovoltaicas quanto placas de aquecimento de água (PODESTÁ, 2000).

É importante salientar que em nosso hemisfério o sol nasce no leste e faz uma curva abatida para o oeste (Figura 3), dessa forma o sol considerado bom, deve ser aquele vindo com menor intensidade, mas com efeitos de purificação, que encontramos no leste. Para essa posição devemos planejar cômodos tais como quartos, salas e ambientes de grande permanência dos ocupantes (LAMBERTS, DUTRA E PEREIRA, 1997).

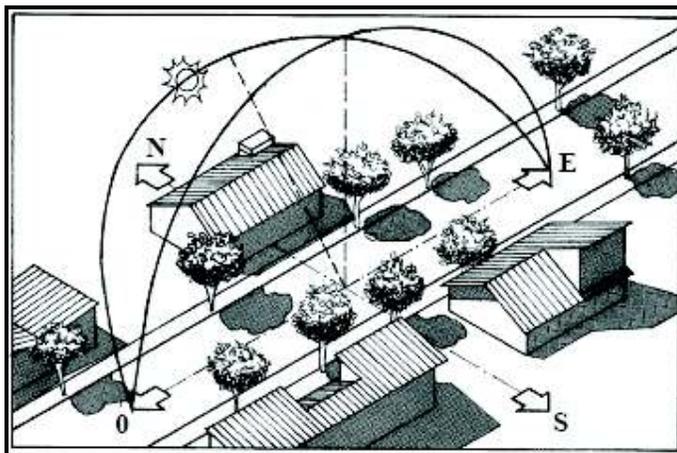


Figura 3: Trajetória do Sol.
Fonte: FROTA e SCHIFFER, 2001.

Em contrapartida o sol proveniente do norte, como mostra a Figura 4, que é considerado aquele com maior intensidade e, portanto deve-se proteger dele sem, contudo evitar. Em regiões onde temos um inverno mais rigoroso, é importante a utilização desse sol para o aquecimento da edificação, fazendo com que a durante noite tenha uma maior proteção quanto ao frio, mas lembrando que essa mesma insolação ocorrerá no verão e devido a isso é sábio prever uma forma de conter ou

controlar essa situação, que pode ser feita através de varandas, janelas com cortinas e/ou venezianas entre outras (LAMBERTS, DUTRA E PEREIRA, 1997).

Por últimos temos a insolação do oeste, como mostra a figura 4, sendo esta a de maior incidência e luminosidade, deve ser sempre que possível evitada, caso a arquitetura não permita, devemos posicionar para esta direção cômoda aos quais exista pouca ou média permanência, como é o caso de áreas de serviço, banheiros, depósitos, garagens, etc. Para residências a utilização de vegetação como árvores de sombra densa é uma solução perfeita, garantindo também um ótimo efeito estético, mas devemos evitar a utilização de toldos plásticos, de tecido ou de metal (PODESTÁ, 2000).

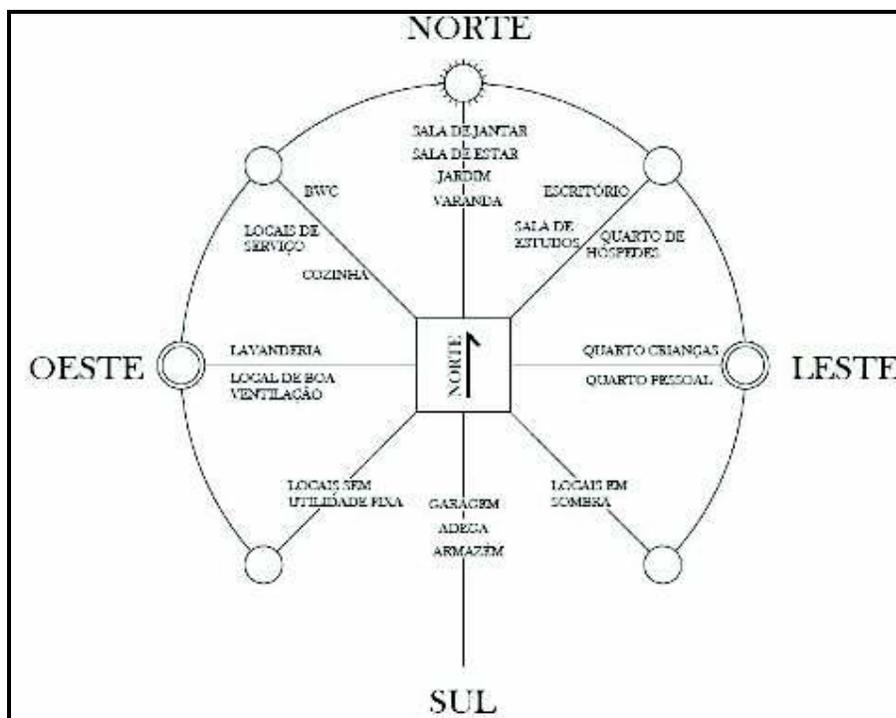


Figura 4: Localização dos ambientes conforme orientação solar.
Fonte: NEUFERT (1998), adaptada pelos autores (2012).

3.5.3 Características da Edificação

O material de construção utilizado na execução de um edifício possui propriedades físicas relativas ao fluxo de calor. Portanto, é importante selecionarmos materiais de maneira que controle o clima desse edifício, fazendo com que seja

utilizado o mínimo de sistemas de aquecimento e de resfriamento artificiais (ALLEN, 2011).

Esses materiais estão envolvidos com a característica da edificação que apresentará a capacidade térmica da mesma, ou seja, a capacidade de armazenar e dissipar calor.

3.5.3.1 Propriedades dos materiais

É importante salientar que os materiais possuem propriedades distintas entre si, devendo assim se comportar de maneira diferente com relação a ganhos e perdas de calor com o ambiente. A utilização de materiais com densidade maior tem a capacidade de reter mais calor e, portanto é aconselhável que seja empregado em regiões com clima mais quente e seco, em contrapartida para climas frios é preferível o uso de materiais que possibilitem a entrada de calor, mas que também o retenha na edificação, como é o caso da utilização de grandes áreas de janelas para sua entrada, contendo paredes isoladas com mantas térmicas (lã de vidro, isopor, etc.) (ALLEN, 2011).

Existe também a importância em certas ocasiões do material ter uma resistência às intempéries, que seria exigido sua estanqueidade e duração ao tempo, para esses materiais a grande preocupação está em seu peso, devido ao fato de serem empregados em coberturas e, portanto originarem uma sobre carga (FERNANDES, 2009).

Outro ponto com bastante importância de estudo é a cor empregada em diferentes elementos arquitetônicos, como fachadas e telhados, estudos comprovam que cores brancas absorvem 25% do calor enquanto que cores mais escura tendem a absorver cerca de 90% (FERNANDES, 2009). Além da questão térmica, a cor possui propriedades refletoras, que implica na utilização dela para eficiência do ambiente quanto à luminosidade, ou seja, em cômodos internos é aconselhável o uso de cores claras, por proporcionar um maior aproveitamento da luz artificial (LAMBERTS, DUTRA E PEREIRA, 1997).

3.5.3.2 Forma e altura

A forma de uma edificação pode favorecer ou prejudicar o conforto ambiental em uma edificação e no seu consumo de energia, as quais interferem diretamente sobre os fluxos de ar no interior e no exterior e na quantidade de luz e calor solar recebidos pelo edifício. Assim, a forma arquitetônica é uma variável para as condições interiores de conforto e para o desempenho energético da edificação (LAMBERTS, DUTRA E PEREIRA, 1997).

3.5.4 Condições do Entorno

Grande parte do desconforto de ocupantes de residências é devido às características de conforto térmico, dessa maneira a solução é criar um microclima agradável para garantir o bem estar dos ocupantes. A solução mais eficiente para garantir o micro clima desejado é a utilização de vegetação, seja de espécies arbóreas isoladas ou agrupadas, (LAMBERTS, 2004).

O papel da vegetação em relação ao conforto térmico está no fato de esta possui uma baixa condutividade térmica, o que não ocorre nos materiais de construção. Além da incidência direta sobre a vegetação, não podemos deixar de lembrar a existência de gramíneas no entorno, que possuem uma característica importante: uma alta absorção calorífica, o que reflete diretamente na não transferência de calor para a edificação, gerando assim um ambiente de conforto e bem estar (LAMBERTS, 2004).

Pesquisa de autores como Satller, (2007) nos mostra que o material utilizado tanto na cobertura quanto no solo influenciam na temperatura do ar nessa região. Nas proximidades da vegetação as temperaturas são mais baixas, além de não transmitir esse calor, o que não ocorre em áreas de piso próximas a edificação, a qual absorve muita radiação e re-emite este calor para o interior do ambiente, como pode ser verificado na Figura 5.

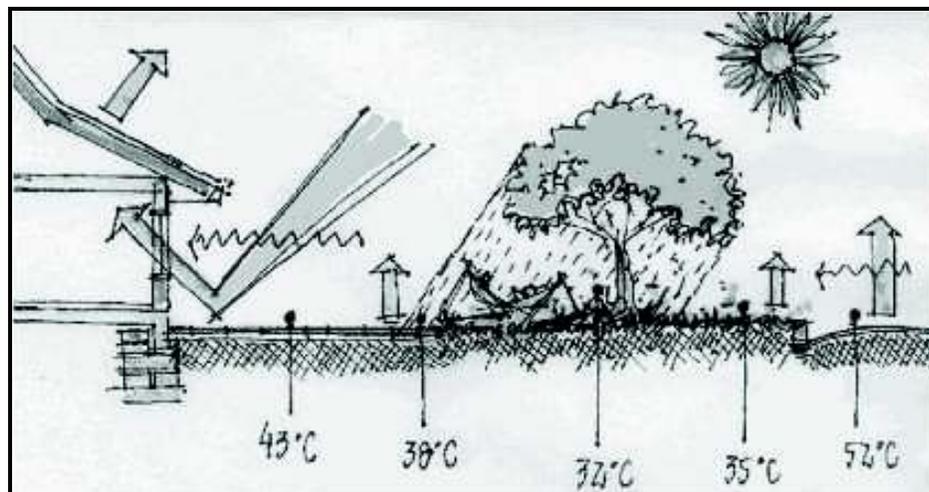


Figura 5: Temperatura do ar conforme tipo de ocupação do solo.
Fonte: LAMBERTS, 2004.

Verificamos, pois, que se a vegetação arbórea estiver mais próxima da edificação, mais especificamente perto das janelas, certamente o clima interno da edificação será mais ameno.

3.5.5 Ventilação Natural

A ventilação natural é outro ponto chave para a redução energética na edificação, na medida em que, ao manter a edificação com uma temperatura interna confortável, evita-se o uso de sistemas mecânicos. Isso mostra que para uma boa ventilação é indispensável conhecer e aplicar as técnicas de projeto e cálculo de ventilação natural dos edifícios, com a dupla finalidade de oferecer conforto ao usuário e aperfeiçoar o uso da energia na edificação (SATTLER, 2007).

A ventilação se dá por diferença de pressão entre o interior e o exterior, com filtração através das janelas, coberturas ou pelo efeito chaminé, que deve ser constante nos climas quente-úmido e nos compostos por estação fria, mas com permanente e alta umidade relativa do ar (MASCARÓ, 1985).

Segundo Sattler (2007), as principais estratégias de ventilação natural são:

a) Ventilação cruzada: ocorre quando o ar entra na edificação por um lado, passa pelo espaço interno e sai por outro lado (Figura 6);

b) Ventilação através do efeito chaminé: considera que a taxa de ventilação aumenta com a diferença de temperatura do ar, já que o ar interno mais quente

tende a sair através de aberturas mais altas da edificação, sendo substituído por ar mais frio que entra através das aberturas mais baixas (Figura 6);

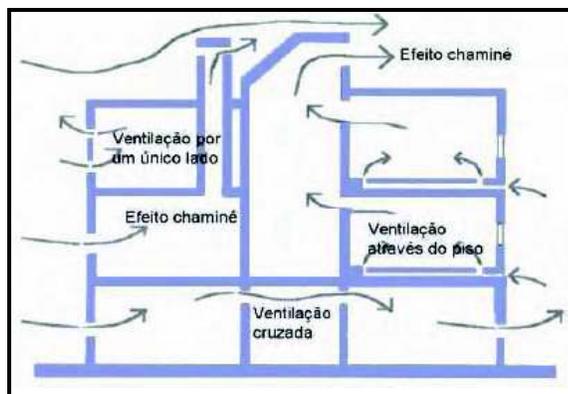


Figura 6: Ventilação Cruzada/Efeito Chaminé.
Fonte: Sattler, 2007.

c) Ventilação noturna: quando da incidência de ventos significativos no período noturno, a qual tem como objetivo manter a temperatura interna confortável durante o dia, através do esfriamento da edificação à noite (Figura 7);

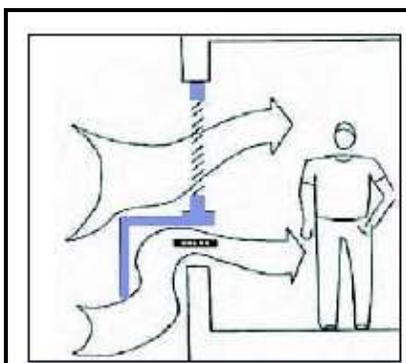


Figura 7: Ventilação Noturna
Fonte: Sattler, 2007.

d) Ventilação pela cobertura: as saídas de ar podem estar junto a cumeeira ou ventilação através do forro por meio de câmara de ar ventilada;

e) Ventilação através de espaços intermediários (pátios): permite maior circulação do ar por meio de espaços intermediários associados a corredores e quartos que permitam uma circulação cruzada nos ambientes, o que pode ser alcançado por meio de venezianas associadas às portas internas dos ambientes.

Por fim, uma estratégia eficiente de ventilação natural dependerá da zona bioclimática brasileira em que estiver localizada a edificação, a qual definirá o tipo de

abertura recomendado. A estratégia também pode ser induzida por meio de projeto, considerando-se simultaneamente a implantação da edificação e as suas aberturas, quer seja pelo aproveitamento dos ventos predominantes, quer no bloqueio dos mesmos.

3.5.6 Iluminação

O uso da iluminação natural como variável arquitetônica é uma das soluções para evitar o grande consumo de energia elétrica, mas é importante salientar que o uso da iluminação natural não necessariamente significa o aumento das aberturas, pois isso acarretaria também uma maior entrada de calor por irradiação (LAMBERTS, DUTRA E PEREIRA, 1997).

Podemos verificar que existem muitas soluções que viabilizam o uso dessa iluminação natural além das tradicionais aberturas, através de recursos arquitetônicos como *brises light shelf*, átrios, dutos de iluminação com espelhos, persianas flexíveis, parede transparente, poço de luz, telhado com *shedy*, refletor externo, clarabóia como mostra a figura 8 (LAMBERTS, DUTRA E PEREIRA, 1997).

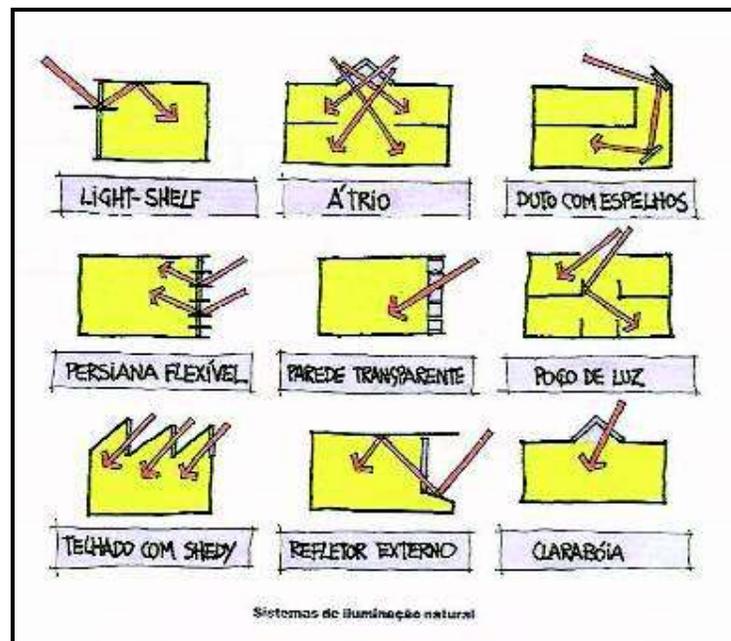


Figura 8: Soluções de Iluminação Natural
Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira, 1997.

Com o uso racional desses recursos é possível resolver grande parte do problema de iluminação, mas para a eficiência energética em iluminação ser garantida é necessários equipamentos de boa qualidade bem como um projeto bem elaborado.

3.6 A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COMO REQUISITO DE SUSTENTABILIDADE

A energia se mostra como um bem insubstituível para o crescimento do homem, mas hoje vemos que essa questão já abrange o crescimento da sociedade em si. O setor de energia vem sofrendo muitas transformações no decorrer desses anos, mas ainda existe muito consumo dessa energia através da queima de combustíveis fósseis, o que implica numa liberação muito grande de CO₂ (PEREIRA, 2009).

3.6.1 A Importância da Energia

Hoje temos como um dos principais impasses na busca por sustentabilidade, as questões energéticas. Nas moradias habituais, tudo que se refere à iluminação, ventilação, conforto térmico, se dá principalmente pelo uso de energias não renováveis (PEREIRA, 2009).

No Brasil, cerca de 44% da energia elétrica consumida destina-se ao abastecimento das edificações em geral enquanto somente as residenciais demandam em torno de 22% do consumo de energia elétrica do país (Figura 9). No setor habitacional os principais consumos de energia elétrica, por ordem de importância na média nacional, são: refrigeração (27% que corresponde ao uso da geladeira e freezer), aquecimento de água (24% que corresponde principalmente ao uso do chuveiro elétrico como principal fonte atual de aquecimento no setor), condicionamento de ar (em torno de 20%) e a iluminação (14%), (PEREIRA, 2010).

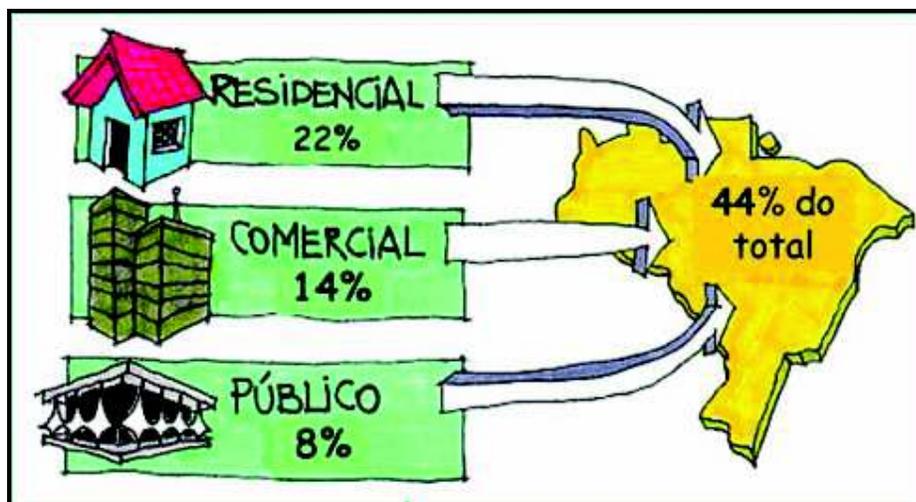


Figura 9: Consumo de energia elétrica no Brasil
Fonte: GHISI, 2007

Em 2001, o Brasil sofreu a consequência do descompasso entre o grande crescimento no consumo e o pequeno crescimento da capacidade instalada. O país passou por um racionamento de energia elétrica, gerando uma preocupação e colocando em foco a busca por eficiência energética, tendo em vista não apenas as questões econômicas, mas também a qualidade do ambiente para o usuário e a redução de impactos ambientais.

Desta forma, para o desenvolvimento de projetos mais sustentáveis no Brasil dentro do setor residencial, os projetos devem buscar uma redução no consumo de eletricidade, e um aumento do uso de fontes renováveis de energia, o que leva à importância de considerar-se a eficiência energética das edificações como um dos critérios principais para o desenvolvimento de projetos de edificações mais sustentáveis no país (JOHN e OLIVEIRA, 2007).

3.6.2 Eficiência Energética

Sustentabilidade energética é a utilização ponderada dos recursos energéticos pela sociedade de modo a satisfazer as suas carências na atualidade, mas que não degrade a biodiversidade e os ecossistemas naturais. A exploração sustentada destes recursos torna-se crucial para assegurar o desenvolvimento de todas as

sociedades e permitir a satisfação das necessidades das gerações presentes e das gerações futuras (CONDE, 2009).

Segundo Lamberts (2004), o conceito de eficiência energética, pode ser entendido como a obtenção de um serviço com baixo desperdício de energia. Portanto, um edifício é considerado mais eficiente do que outro se esta edificação oferece as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia.

O princípio de eficiência energética remete-se tanto a produção de energia quanto a conservação da mesma. A produção de energia hoje nas moradias é principalmente feita pelas placas fotovoltaicas, já a conservação de energia se deve principalmente por ambientes bem planejados, onde há um aproveitamento melhor das condições de ambiente (PEREIRA, 2009).

Aquilo que a natureza nos proporciona como vento, sol, a vegetação e iluminação devem ser aproveitadas de maneira inteligente. Da maneira com que o mundo se encaminha em questões energéticas, já não se é mais viável desconsiderarmos um aproveitamento energético em habitações familiares. Desse modo as soluções arquitetônicas para um melhor uso das residências devem ser primordiais para o projeto de uma residência, bem como a utilização de materiais que proporcionam uma melhor eficiência dos recursos naturais (PEREIRA, 2009).

3.6.3 Soluções existentes para melhoria da eficiência energética em edificações

Tendo em vista que o consumo crescente de energia leva à escassez de recursos e fontes naturais de energia, é importante conhecer tendências e soluções de eficiência energética já implantada ou existente no mercado, com o intuito de expor soluções pertinentes para a conclusão satisfatória de um projeto de construção sustentável.

3.6.3.1 Uso de aparelhos energeticamente eficientes

No Brasil, a preocupação com a eficiência dos aparelhos teve-se o início em 1995, com o Programa Nacional de Conservação e Energia Elétrica (PROCEL),

sendo este coordenado pela Eletrobrás. O principal objetivo deste programa é introduzir a idéia do uso racional de energia elétrica (LAMBERTS e TRIANA, 2007).

Para que o programa fosse efetivamente funcional era necessário ser amparado por uma Lei, portanto em 2001 fora criado a Lei 10.295, regulamentada pelo decreto 4051 que estabelece que as máquinas e aparelhos consumidores de energia devem atingir níveis máximos de consumo ou mínimos de eficiência energética, sendo fiscalizados por parte da INMETRO (LAMBERTS e TRIANA, 2007).

Desse programa participam atualmente produtos como: geladeiras, freezer, chuveiros, máquinas de lavar roupas, lâmpadas fluorescentes compactas, lâmpadas incandescentes, entre outros. Para complementar o programa em 1994 fora criado um selo PROCEL, como mostra a Figura 10, o qual é concedido apenas para produtos que atingiram nível de eficiência A, sendo que este nível varia de A até a letra G (LAMBERTS e TRIANA, 2007).



Figura 10: Exemplo de etiqueta de eficiência energética
Fonte: LAMBERTS e TRIANA, 2007.

Com base nisso vê-se a importância do uso de aparelhos com eficiência energética, mostrando que a ação de políticas nacionais para o uso racional de energia é uma estratégia para a conscientização da população em geral.

3.6.3.2 Aproveitamento de energia solar para aquecimento da água

A energia térmica do sol pode ser utilizada para o aquecimento de água, isso é possível através do uso de painéis que aquece a água a temperaturas próxima de 100°C. Normalmente este coletor é instalada sob a cobertura, se possível de forma inclinada para melhor captação energética (ABREU, GONÇALVES e FILHO, 2010).

Existem fatores fundamentais que devem ser levados em conta para o posicionamento desses painéis coletores, como a orientação solar e a localização da edificação.

No Brasil a maior parte do território está localizada numa região tropical com alta radiação solar. Em contrapartida, em regiões como Sul e Sudeste o potencial solar disponível é menor, o que requer um planejamento que maximize o aproveitamento de energia solar, o qual pode ser feito através do posicionamento correto das placas coletoras (ABREU, GONÇALVES e FILHO, 2010).

A composição de uma placa coletora é bastante simples sendo formado por uma placa absorvedora, gabinete isolado termicamente e cobertura de vidro (Figura 11). Existem ainda tecnologias com custos inferiores sendo formadas por placas de PVC (Figura 12), com pintura superficial preta que conseqüentemente possui uma menor durabilidade. Em outros casos existem coletores mais sofisticados onde a placa plana é isolada termicamente através de vácuo fazendo com que obtenha uma eficiência maior e temperaturas mais altas, como pode ser visto na Figura 13.

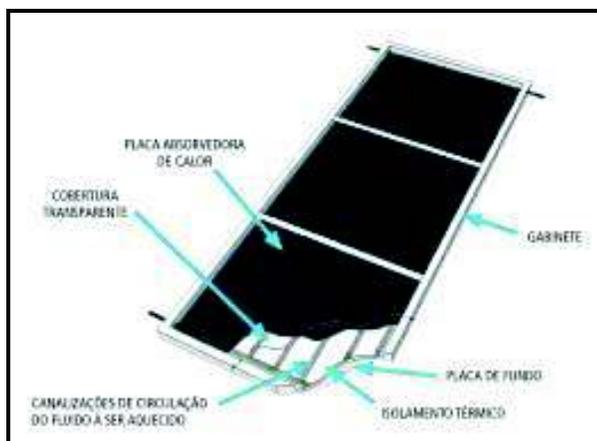


Figura 11: Detalhe construtivo placa coletora
Fonte: ABREU, GONÇALVES e FILHO, 2010.



Figura 12: Placas coletoras em PVC.
Fonte: Minas Energia, 2012.

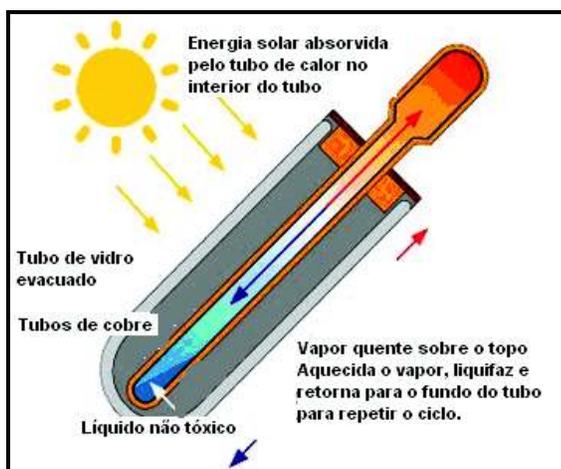


Figura 13: Placa coletora através de vácuo
Fonte: Solar Water Heating, adaptada pelos autores, 2012.

Os coletores solares não operam isoladamente. Para que funcionem corretamente é necessário que outras partes do sistema sejam bem implementadas. Um sistema de água através de energia solar é formado basicamente por: placas de captação, reservatório térmico, sistema de aquecimento e controle e acionamentos (ABREU, GONÇALVES e FILHO, 2010).

Os reservatórios térmicos devem ter uma propriedade que mantenham a temperatura da água aquecida pelas placas, pois essa água será mantida no seu interior até o uso, o sistema de aquecimento auxiliar vem como complemento ao reservatório que funcionaria de forma a aquecer a água do interior do reservatório caso a temperatura diminua (ABREU, GONÇALVES e FILHO, 2010).

Segundo Abreu, Gonçalves e Filho (2010) os controles e acionamentos vêm como peça fundamental para um bom funcionamento do sistema que possuem diversas alternativas, entretanto segundo Lamberts, existem três controles básicos:

a) Acionamento do sistema de aquecimento auxiliar: esse sistema consiste em controlar o ligamento e o desligamento do aquecedor da água através de um termostato calibrado especificamente com a temperatura desejada;

b) Acionamento da bomba de circulação dos coletores: esse controle é feito através de dois sensores um situado na placa o outro no reservatório, assim sendo a bomba é acionada quando ocorrer diferença de temperatura entre a placa e o reservatório, sendo desligada quando a diferença é ínfima. Sendo que em ambos os casos é possível estipular essa diferença de temperatura;

c) Agenda de eventos: esse controle vem como complemento aos outros dois citados acima, pois anula a possibilidade de ligar o sistema de aquecimento auxiliar em horários em que não haja a necessidade de aquecimento de água mesmo que a temperatura termostato esteja abaixo do nível calibrado.

O sistema de aquecimento de água pode ser usado tanto para o consumo quanto para o uso da mesma em sistema de aquecimento de ambientes, como pode ser verificado na Figura 14 abaixo, onde A ilustra apenas o consumo e B para o consumo e aquecimento de ambientes.

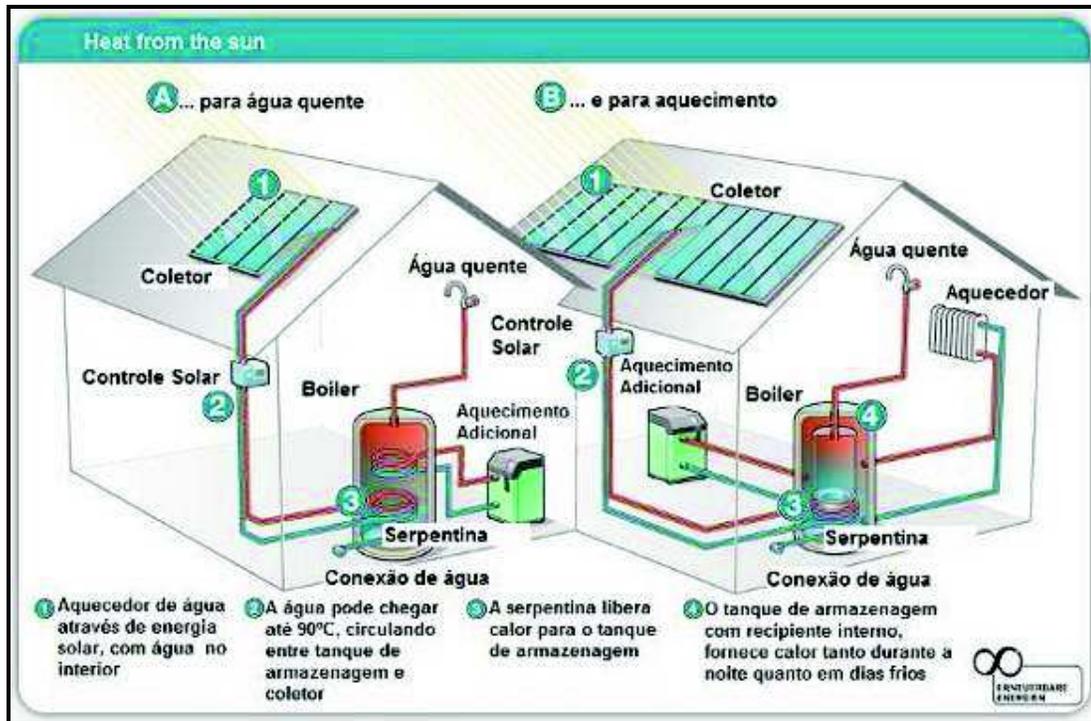


Figura 14: Sistema de aquecimento de água e de ambiente
 Fonte: Erneuerbare-Energien, adaptada pelos autores, 2012.

3.6.3.3 Iluminação

Como visto na seção 3.5.4, a iluminação natural é um recurso que deve ser utilizado para minimizar o consumo de energia, mas segundo Lamberts, Dutra e Pereira (1997) é indispensável à utilização da mesma de forma integrada com sistemas de iluminação artificial. Essa integração pode ser feita das mais variadas maneiras, lembrando que o comportamento da iluminação natural (visto na Figura 8), deve ser estudado para que forme um único sistema em conjunto com a iluminação artificial. Pensando dessa maneira, o mais viável, é o planejamento em que sempre que a luz natural for suprindo a necessidade, a iluminação artificial deve reduzir sua participação e vice-versa. Uma boa alternativa para isso é o uso de sistema de sensores fotoelétricos, que tem a finalidade de balancear o uso da luz artificial, através da quantia de iluminação existente no ambiente, como mostra a figura 15 a seguir.

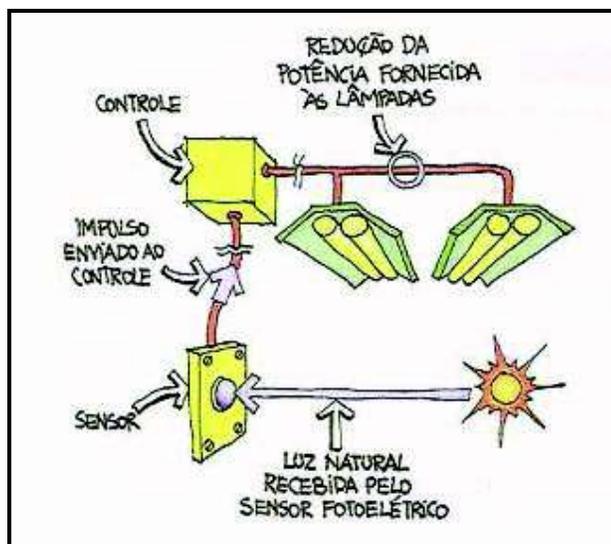


Figura 15: Sistema com controle automatizado
Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira, 1997.

Se tratando de edificação sustentável seria negligente utilizar energia proveniente de fontes artificiais, portanto é viável a produção de energia elétrica pela energia solar, sendo necessário à inserção de placas fotovoltaicas onde a energia gerada é convertida diretamente em eletricidade. Essa conversão se dá devido ao efeito fotovoltaico, é silencioso e não possui emissão de gases, lembrando que apenas a parte luminosa da energia solar (fótons) é útil para essa conversão (VIANA, MONTENEGRO e RUTHER, 2010).

A junção de várias células fotovoltaicas interligadas entre si é chamada de módulo fotovoltaico, que por sua vez tem por objetivo acomodar as células de modo a proporcionar suporte estrutural, proteção contra danos mecânicos e proteção contra intempéries, que tem uma perspectiva de vida útil de operação de aproximadamente de 30 anos. São comercializados desta forma por módulos (VIANA, MONTENEGRO e RUTHER, 2010).

Cada módulo é constituído por células de silício de filme fino e podem ser construídos sobre vidro ou sobre substratos flexíveis, sendo esse último utilizado em superfícies curvas, além de serem mais leves. A unidade de captação de energia destas placas é Wp (Watts pico) e a produção média de energia é 75 Wp por dia (VIANA, MONTENEGRO e RUTHER, 2010).

Segundo a NBR 11704 (ABNT, 2008) um sistema de placas fotovoltaicas pode ser classificado como:

a) Sistemas isolados: toda energia produzida é proveniente das placas fotovoltaicas, constituído por painel fotovoltaico, controlador de carga, banco de baterias e inversor como mostra a figura 16 abaixo.

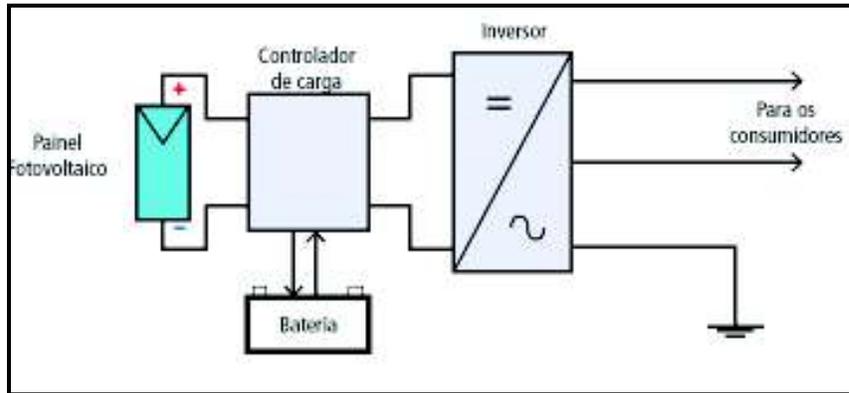


Figura 16: Sistema Isolado
Fonte: VIANA, MONTENEGRO e RUTHER, 2010.

b) Sistema alternado: aquele ligado a rede pública, que são constituídos por placa fotovoltaica e controlador de carga, como mostra a figura 17.

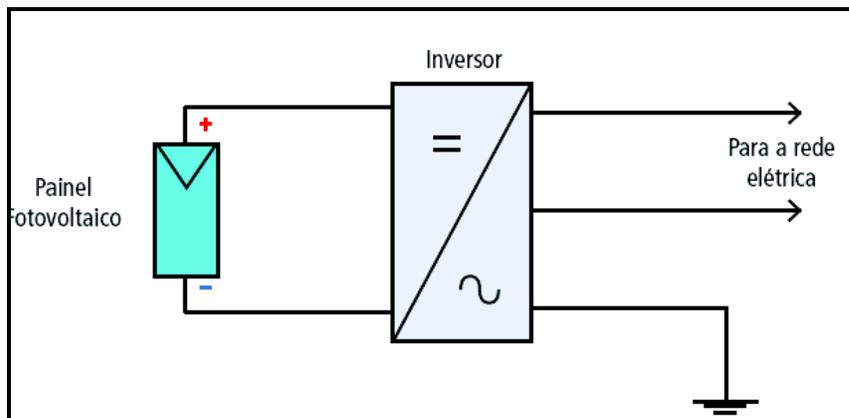


Figura 17: Sistema Isolado
Fonte: VIANA, MONTENEGRO e RUTHER, 2010.

Analisando para uma perspectiva futura nada impede o uso do sistema isolado em conjunto com o sistema conectado à rede, sendo assim a geração deixa de ser centralizado desse modo o excedente é enviado a rede pública podendo ser utilizado por outros consumidores.

Tratando-se de instalações elétricas já existem sistemas fotovoltaicos bem estabelecidos como, por exemplo, na Casa Eficiente da UFSC, segundo Viana, Montenegro e Ruther, (2010) os componentes já estão comercialmente disponíveis

no mercado podendo ligar a rede sem maiores problemas. Em países como Japão, Estados Unidos e da Europa esse tipo de geração de energia já é uma realidade, sendo suas expectativas de que no futuro todas as edificações contenham este tipo de sistema e em algumas delas essa energia gerada é equivalente à consumida (PAREZAGUÁ, 2007⁴ apud VIANA, MONTENEGRO e RUTHER, 2010).

Além da importância da captação da energia é pertinente considerar o uso de tal energia, como citado em aula por Dias (2011), “não adianta de nada querer modernizar a carroça”, ou seja, nada adianta adotar uma política de captação de energia sendo que a mesma será consumida por equipamentos de alto consumo, como por exemplo, as lâmpadas.

Existem três vertentes tecnológicas em se tratando de lâmpadas comerciais:

a) Lâmpadas Incandescentes (Figura 18): Seu princípio de funcionamento é produzir luz pela elevação da temperatura de um filamento, tungstênio, ao ser submetido à corrente elétrica. Possuem uma vida útil curta (1000 horas), mas de custo inicial baixo. Existe uma elevada dissipação de calor, que se traduz no desperdício de energia, (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 1997).

b) Lâmpadas Fluorescentes Compactas (Figura 19): desenvolvida para substituir as lâmpadas incandescentes, composta de um pequeno bulbo fluorescente. Possuem boa eficiência luminosa (quatro a seis vezes maiores que as incandescentes) e vida útil média alta (6000 a 9000 horas), (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 1997).

c) Lâmpadas LED (Ligth Emitting Diodes): são diodos de luz, de forma eletrônica que proporciona um baixo consumo de energia com uma mesma intensidade de lumens. Em contrapartida é uma tecnologia ainda em inserção no mercado, possuindo um valor um pouco alto se comparada às outras lâmpadas, mas em compensação com uma durabilidade maior, que chega a vinte e cinco vezes mais que uma lâmpada incandescente e cinco vezes mais se comparada a uma lâmpada fluorescente. Outra vantagem das lâmpadas LED (Figura 20) seria sua possibilidade de alternância entre uma luminosidade de cor mais quente (2700 K) e uma mais fria (6500 K), podendo ser feito com um sistema eletrônico de ajuste no próprio interruptor (Philips, 2011).

⁴ PEREZAGUA, E. New Rising Era for Photovoltaic Integration in Buildings. In: **European Union Sustainable Energy Week**. Brussels, 2007.



Na Tabela 1 a seguir é possível analisar um comparativo entre as diferentes lâmpadas, levando em conta potência, vida útil e temperatura de cor. Sendo que os tipos de lâmpadas comparados possuem o mesmo fluxo luminoso (lumens).

Tabela 1: Comparativo de Lâmpadas.

Comparativo	Potência (W)	Vida útil (horas)	*Temperatura de cor (K)
Fluorescente Compacta x Incandescente	8 x 25	7500 x 1000	2700 ou 6500 x 2700
Fluorescente x LED	18 x 11	7500 x 40000	4000 x 4000 ou 6500
Incandescente x LED	25 x 4 e 5	1000 x 25000	2700 x 2700 ou 6500

* A unidade de medida da temperatura de cor é Kelvins (K), sendo quanto mais baixo o valor, mais amarela a luz. Referenciado em 2700 K da lâmpada incandescente, como uma cor quente.

Fonte: Philips, 2011. Adaptada pelos autores, 2012.

Fazendo um comparativo entre as três diferentes lâmpadas mencionadas acima, é possível constatar uma evolução entre sistema e eficiência, por exemplo, as lâmpadas incandescentes, possuem menor eficiência, mas de custo inicial baixo e em casos particulares é a que melhor define as cores reais, ou melhor, dizendo, apresenta uma luminosidade mais próxima da luz solar por possuir uma temperatura de 2700K. Já as lâmpadas fluorescentes têm um custo médio, e sua eficiência é superior se comparada às lâmpadas incandescentes, possuem uma temperatura de cor fria (6500K) ou quente (2700K), ou seja, pode emitir luz branca ou amarela em

dois modelos distintos. Por último existem as lâmpadas LED, que exigem um investimento mais pesado, mas tem durabilidade e eficiência muito superior se comparado às outras duas, além de sua temperatura de cor poder ser controlada, podendo ter uma luz branca ou amarela num mesmo dispositivo.

3.7 A ÁGUA COMO RECURSO NATURAL

3.7.1 Disponibilidade de Água Doce no Planeta

A água é um dos recursos natural mais abundante no planeta, com um volume total estimado em 1.386 milhões km³. Esse gigantesco volume está distribuído da seguinte forma: 97,5% de toda água na Terra estão nos mares e oceanos, 2,493 % é doce, mas se encontra em geleiras ou regiões subterrâneas (aqüíferos), de difícil acesso, 0,007% é doce encontrado em rios, lagos e na atmosfera, de fácil acesso para o consumo humano (ANA, 2003).

Ou ainda distribuída como podemos ver a seguir na Figura 21:

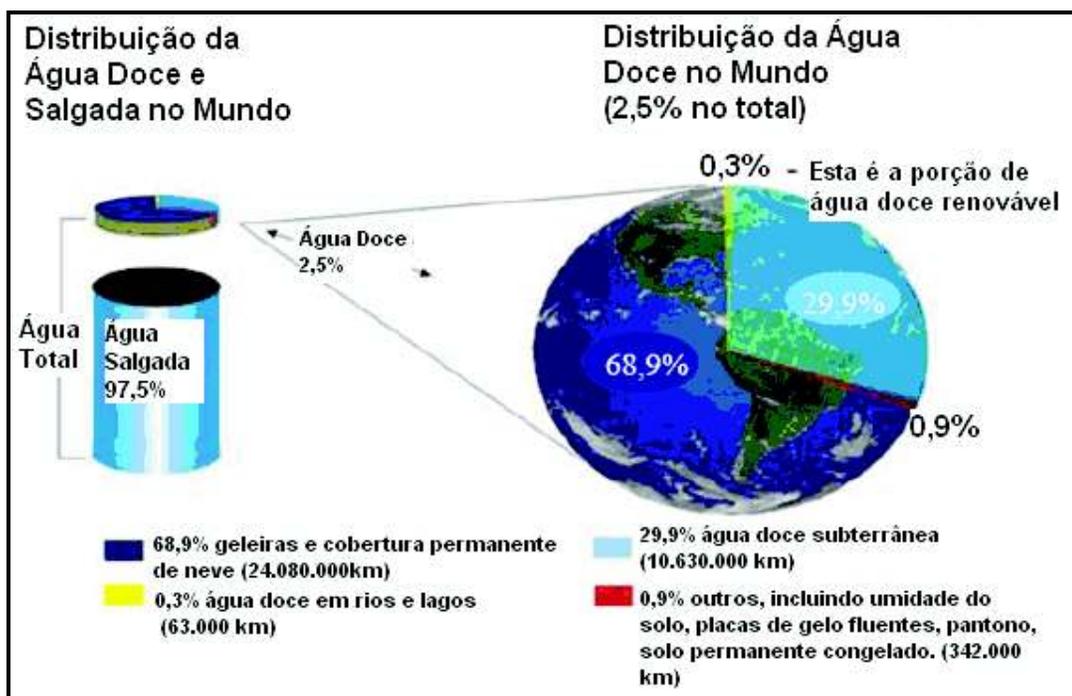


Figura 21: Distribuição da água no planeta
 Fonte: ANA (Agencia Nacional de Águas), 2003.

Apesar da possibilidade física de uso, a totalidade de água doce no mundo não é economicamente viável a exploração. Na prática, somente as águas superficiais e uma parcela das águas subterrâneas é utilizada como mananciais os que reduzem, ainda mais, a disponibilidade de recursos hídricos no planeta (FERNANDES, 2009).

Ainda, deve-se lembrar que os valores e porcentagens apresentados anteriormente demonstram apenas uma distribuição estatística, uma vez que a água atua um ciclo hidrológico (Figura 22) que proporciona a reposição e a renovação do fluxo da água nos rios, lagos e aquíferos subterrâneos, fontes essenciais para abastecimento de água doce no mundo. Mas o processo é influenciado por fatores climáticos, geológicos e outros relativos ao uso do solo, tornando a distribuição das chuvas desigual pelo globo terrestre e, também, irregular ao longo do ano (FERNANDES, 2009).

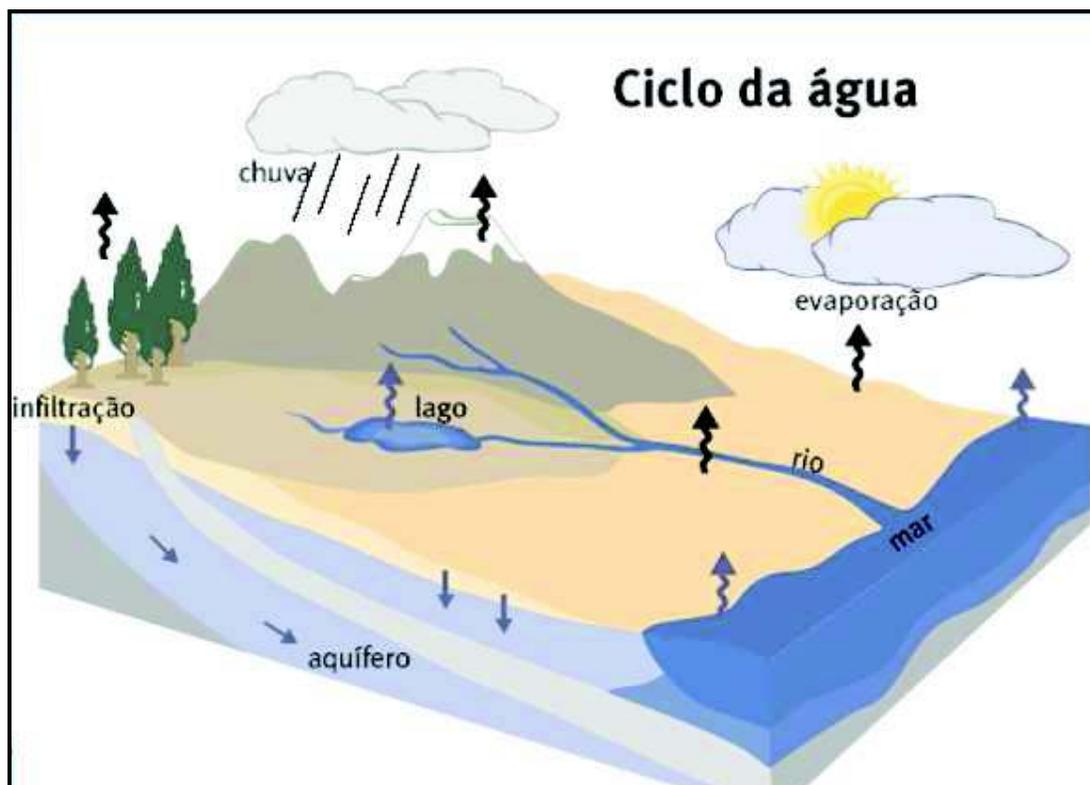


Figura 22: Ciclo Hidrológico
Fonte: Abumanssur, 2007.

3.7.2 Disponibilidade de Água Doce no Brasil

O Brasil é o país que apresenta maior disponibilidade de água, sendo a vazão média anual dos rios em território nacional estimada em 180 mil metros cúbicos por segundo, representando 12% dos recursos hídricos mundiais (FERNANDES, 2009).

A grande extensão territorial do país permite que ocorram diferentes regimes climatológicos e hidrológicos, o que faz que se tenha uma grande desigualdade na distribuição dos recursos hídricos no Brasil (Figura 23). Os 84% da águas disponíveis para uso estão localizados na Região Amazônica, que corresponde às regiões Norte e Centro-Oeste, contrapondo-se a problemas de escassez no Nordeste e conflitos de uso nas regiões Sul e Sudeste, que correspondem os 16% restantes, para atender a 93% da população (ANA, 2010).

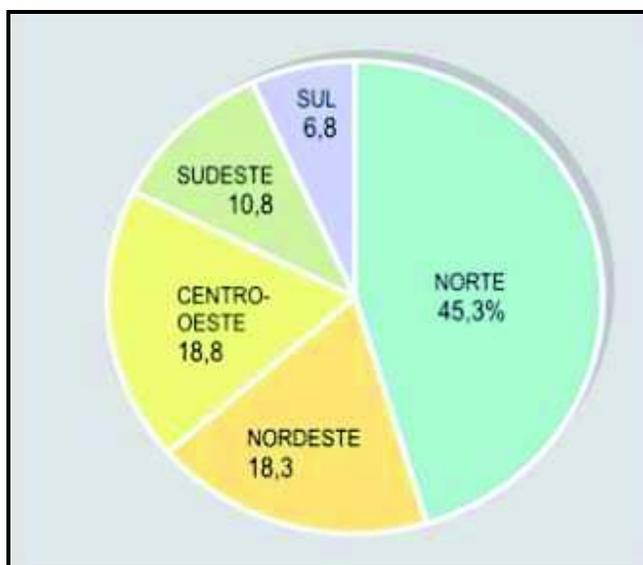


Figura 23: Distribuição dos recursos hídricos no Brasil
Fonte: ANA, 2010.

3.7.3 Uso da Água

A água está presente em quase todas as atividades desenvolvidas pelo Homem e é utilizada com diversas finalidades, assumindo particular importância no abastecimento doméstico e no abastecimento público, nos usos agrícolas e industriais e na produção de energia elétrica. No entanto, o uso descuidado da água

tem originado vários problemas ambientais, pondo em causa o abastecimento de água nos edifícios, o tratamento de águas superficiais e os esgotos das zonas edificadas (PEREIRA, 2009).

Com o crescimento da população, a melhoria das condições de vida e a progressiva ocupação do território têm contribuído para a contaminação de reservas e a diminuição da reposição por infiltração natural nos solos. Em média, cada pessoa utiliza 150 litros (L) diários de água potável, que são repartidos como se pode verificar na figura 24. Neste domínio devem também ser evitados os consumos excessivos em ações tão simples como a higiene diária, a lavagem do carro ou a rega do jardim (JABUR, 2011).

Na construção de edifícios, como em outros tipos de obras, a água é um elemento importante, sendo essencial para o consumo humano e indispensável na execução de alguns serviços.

No canteiro de obras a utilização da água para as necessidades humanas está relacionada, basicamente, às demandas essenciais dos funcionários do canteiro e estas são preservadas de acordo com a legislação trabalhista. Segundo Neto (2008) em linhas gerais estima-se que o consumo diário por operário não alojado chega a 45 litros por dia, não estando incluída a refeição. No caso da refeição ser preparada na obra, este número passa para 65 litros por dia.

Já nos serviços de construção civil, embora a água não seja vista e nem tratada como material de construção, o consumo é bastante elevado, por exemplo, para a confecção de um metro cúbico de concreto, se gasta em média de 160 a 200 litros e, na compactação de um metro cúbico de aterro, podem ser consumidos até 300 litros de água.



Figura 24: Distribuição do consumo de água numa habitação
Fonte: Abumanssur, 2007

O desenvolvimento de estratégias eficientes para reduzir o consumo de água em uma residência está vinculado à caracterização dos usos finais de água. A partir deste conhecimento é possível avaliar os principais componentes responsáveis pelo uso da água e priorizar o desenvolvimento de tecnologias para se gerar maior economia efetiva.

3.7.4 Soluções para economia e reaproveitamento – uso racional da água

Tendo em vista os problemas relacionados com a escassez de água, é necessário apontar estratégias de uso racional da água que contemplem o aproveitamento da água da chuva, reuso de águas cinza claras e utilização de componentes que possibilitem baixo consumo de água, visando contribuir com a redução do consumo de água potável.

3.7.4.1 Reuso de águas cinza claras

Segundo Lamberts, as águas cinza claras são aquelas provenientes da água da chuva, lavatório, máquina de lavar, tanques e banho. Assim, estes efluentes são encaminhados para vias distintas de tratamento, utilização e destinação final (Figura 25).

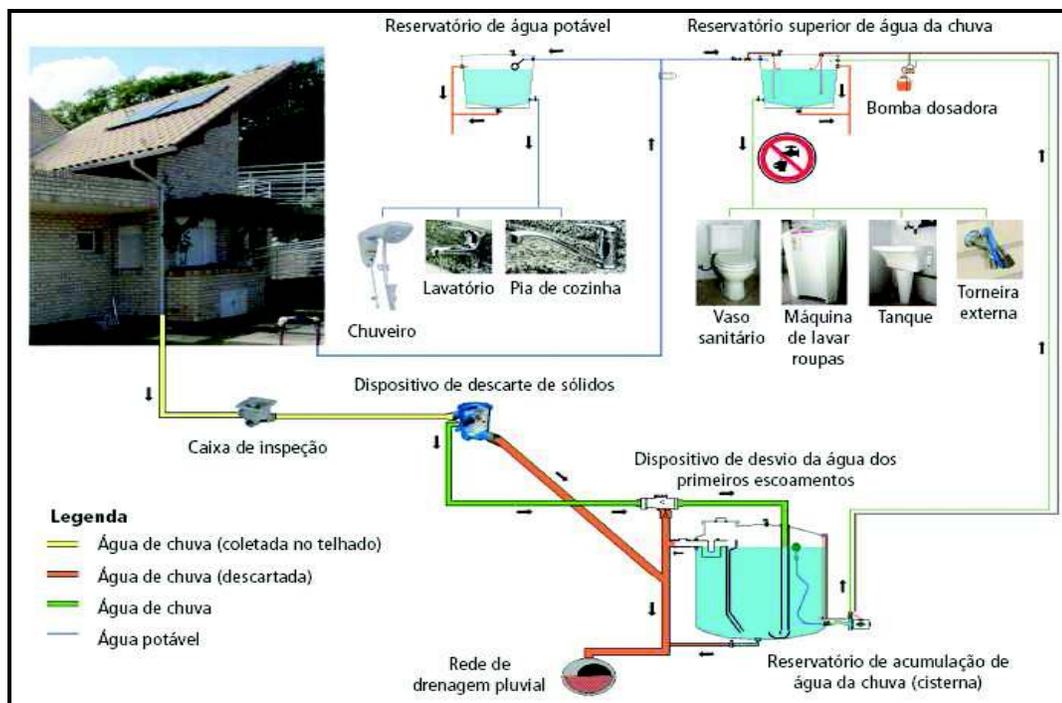


Figura 25: Sistema de abastecimento de água com aproveitamento da água da chuva.
Fonte: ANDRADE e MARINOSKI, 2010.

A captação da água da chuva é uma boa solução para o problema da escassez de água mundial, sendo que a sua finalidade pode ser potável ou não, diferenciando - a no valor com relação a sua utilização. Em certas ocasiões a captação da água da chuva pode ser utilizada em grande demanda para fins não potáveis. É importante ressaltar que em algumas regiões brasileiras existe uma escassez de água potável, o que não implica que pelo fato da nossa região ser abundante em relação à água potável, não seja necessário implantar medidas de preservação da mesma (ANDRADE, MARINOSKI e BECKER, 2010).

Segundo, Group Raindrops (2002), é importante ressaltar alguns pontos para um sistema de reaproveitamento da água da chuva:

- Área de captação: segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), é possível realizar a captação de água nos pontos de cobertura da edificação, áreas de solo e área pavimentada sendo que cada uma delas exige um grau de dificuldade no sistema de tratamento. Nas áreas pavimentadas é necessário um investimento maior para captação e tratamento. Já ao ser utilizado o telhado como fonte de captação deixa de ter apenas a função de cobertura, o que reflete nos materiais a serem utilizados que deve ser atóxicos e passíveis de limpeza. Por fim, na captação feita em áreas gramadas se obtém melhores resultados, pois desempenham um papel de filtragem da água, mas por outro lado possui um custo maior para implantação. Existe também a possibilidade da utilização de telhados verdes, ou seja, a junção da cobertura com o solo.

- Calhas e condutores: são elementos verticais e horizontais cuja função é transmitir a água proveniente das áreas de captação para o reservatório, devem ser constituídas de materiais que resistam à corrosão dada pelo efeito da água. Dentre os materiais encontrados no mercado são: PVC, alumínio e chapas galvanizadas.

- Dispositivo de remoção de sólidos grosseiros (folhas): conforme a captação de água adotada é inevitável à presença de elementos sólidos grosseiros, sendo necessário a utilização de meios para remoção dos mesmos, sem que comprometa a fluidez da água (Figura 26).

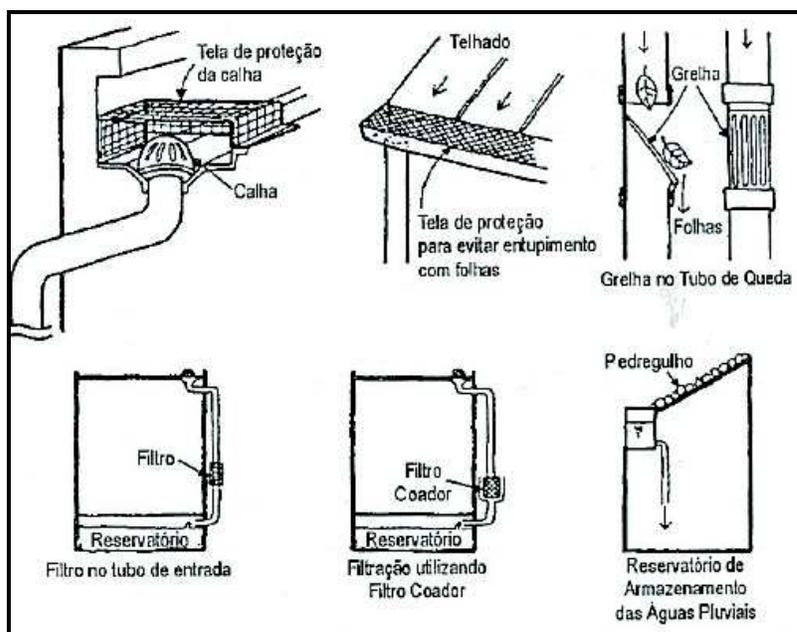


Figura 26: Dispositivo de remoção de sólidos.
 Fonte: Group Raindrops, 2002.

- Dispositivo de desvio das águas de primeira chuva: em áreas urbanas a atmosfera possui gases tóxicos, como por exemplo, dióxido de enxofre e óxido de nitrogênio, que estão presentes no início da precipitação pluviométrica, além desses gases está presente a poeira e fuligem depositadas sobre a cobertura, sendo assim necessário o descarte dos primeiros 5 (cinco) minutos da água para não comprometer a qualidade da mesma. Existem maneiras para realizar o desvio do início da precipitação, empregando o sistema torneira de bóia que consiste num reservatório que recebe a água captada até atingir um limite que então é interrompido o fluxo através da torneira bóia, podendo ser descartada posteriormente através de um registro para as redes pluviais. Ao ser interrompido o fluxo a água é enviada a cisterna.

Como mencionado anteriormente em se tratando da água proveniente de máquinas de lavar, tanques e banho são necessários um tratamento diferenciado, devido à presença de componentes químicos. O processo empregado é zona de raízes também conhecido como leito cultivado construído, como mostra a Figura 27, que consiste na utilização de um canteiro alagado com uma vegetação que seja resistente aos agentes químicos, após a passagem pelo canteiro a água filtrada é enviada para a cisterna (MARINOSKI e ANDRADE, 2010).

A cisterna em conjunto com o reservatório superior é o elemento mais oneroso, devido a isso é de grande valia que seja calculada de forma a evitar o desperdício de suas proporções. Segundo, Marinoski e Andrade, (2010) o volume da cisterna depende da precipitação, área de captação das águas cinza, coeficiente de escoamento e da eficiência dos dispositivos. Posteriormente a água é enviada para o reservatório superior através de um conjunto motor bomba, dando assim a destinação final (MARINOSKI e ANDRADE, 2010).

O sistema de utilização de águas cinza depende da forma de captação e das diversas atividades domésticas associadas.

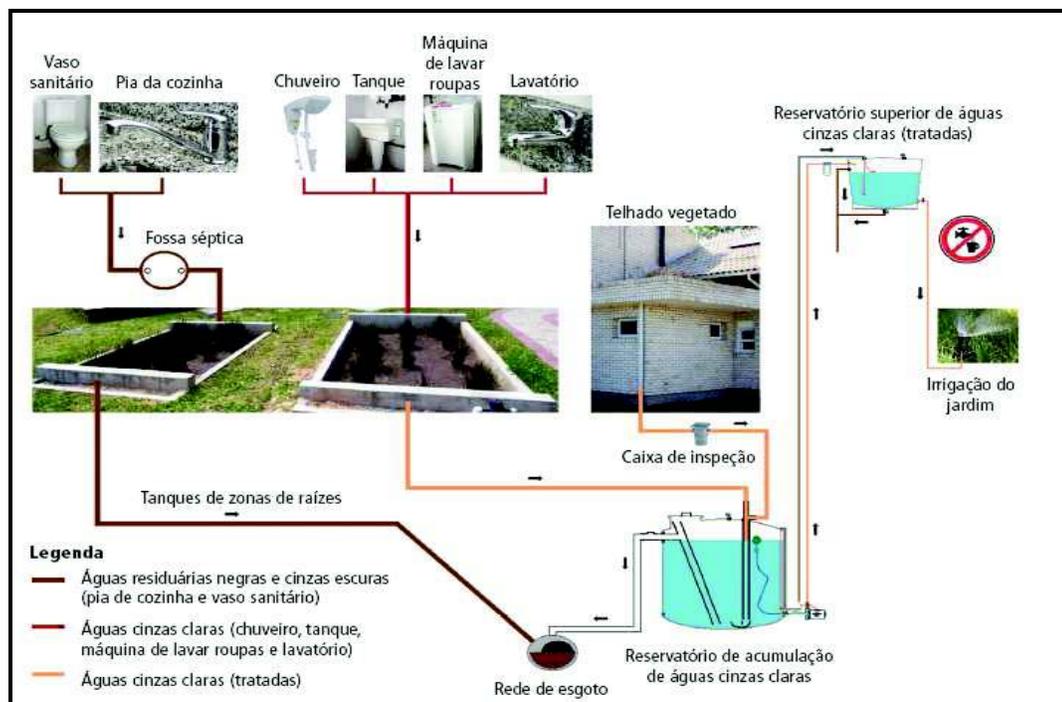


Figura 27: Distribuição do consumo de água numa habitação.

Fonte: ANDRADE e MARINOSKI, 2010.

3.7.4.2 Componentes economizadores de água

Os componentes economizadores de água têm como função contribuir para a redução de consumo que depende da ação do usuário ou da mudança de seu comportamento, mas sem deixar de proporcionar conforto e segurança sanitária das instalações. É importante salientar que os componentes implantados no projeto devem ser facilmente encontrados no mercado.

Segundo Marinowski e Andrade (2010) existem os seguintes componentes no mercado:

- Torneira arejadora: tem como função fazer com que o fluxo de água seja mais abrandado, evitando o impacto da água na superfície do lavabo;
- Torneira pulverizadora: dispositivo instalado na saída da torneira, fazendo com que a água se transforme em vários feixes, como se fosse um chuveiro, reduzindo a vazão da água;
- Torneira prolongadora: aproxima e direciona melhor o jato dos objetos lavados, utilizado geralmente em cozinhas;

- Chuveiro com registro regulador de vazão: faz com que a vazão permaneça constante, independente da pressão requerida pelo hábito dos usuários;
- Vaso sanitário com válvula de descarga de acionamento seletivo: conhecido como “duo-flush”, permite o acionamento através de dois botões dependendo do uso, onde haverá maior vazão para efluentes sólidos e menor vazão para efluentes líquidos.

O uso racional de água não implica somente economia de recursos financeiros. Ao proporcionar também uma redução no consumo de água em diversos pontos da residência, faz com que haja menos volume de águas residuais, trazendo assim um benefício ao meio ambiente.

3.8 MATERIAIS

Para a escolha dos materiais é um aspecto de grande relevância a energia incorporada. Entende-se como energia incorporada toda aquela usada para a fabricação de um material incluindo a sua extração, transporte e o uso final (ABEYSUNDARA; BABEL; GHEEWALA, 2008 apud GRAF e TAVARES).

Segundo Thormark (2001) apud Graf e Tavares o tempo de vida energética da edificação inclui produção, construção, manutenção e demolição. Sendo que 40% de toda energia consumida durante a vida útil de uma construção é energia incorporada, por exemplo, o cimento utilizado na construção civil gera grande quantidade de dióxido de carbono, outros materiais como aço que consomem carvão mineral para a sua produção dessa forma é de se perceber que os insumos utilizados na construção civil demandam uma grande energia para a sua fabricação.

Como o foco do trabalho não está voltado para a quantificação de energia incorporada, a proposta foi fazer com que um bom planejamento de uma edificação possa reduzir a energia consumida durante a vida útil, através da escolha dos produtos e materiais que obedecem a critérios específicos, como: biocompatibilidade, durabilidade, qualidade, dentre outros. Com isso é possível classificar a edificação como sustentável e elevar o padrão da obra, bem como melhorar a qualidade de vida de seus usuários e do próprio entorno (JOHN, 2008).

Ferramentas para a seleção de materiais são importantes para projetistas e podem facilitar e promover o desenvolvimento de materiais mais sustentáveis, e consequentemente, a maior sustentabilidade do ambiente construído.

4 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

4.1 INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE

Com base na revisão bibliográfica, capítulo 3 foi possível dar início a elaboração do projeto de uma edificação sustentável de médio porte na região do Sudoeste do Paraná, lembrando que cabe a esse projeto conter todos os requisitos projetuais citados no item 3.3.1.

4.1.1 Variáveis Arquitetônicas

Para que uma edificação situada na região do Sudoeste do Paraná, onde temos um inverno mais rigoroso, é importante a utilização desse sol para que se tenha um bom balanço entre perdas e ganhos de energia sendo necessário seguir algumas orientações.

- Dormitórios situados à Leste ou Nordeste, lembrando que se voltar para o Nordeste, deve estar com a sua maior parte a Leste, pois a insolação é maior mantendo os dormitórios aquecidos durante a noite;
- Salas situadas ao Norte, insolação direta prevendo uma forma de conter através da plantação de vegetação arbórea próxima a janelas;
- Áreas molhadas (cozinha, lavanderia e banheiros) situadas ao Oeste, onde se possui uma maior incidência e luminosidade e pouca permanência;
- Garagem e Varanda situadas ao Sul onde a incidência solar é baixa.

Para demonstração das características elencadas, desenvolveu-se o seguinte projeto modelo, considerando as orientações necessárias, obtendo-se o resultado apresentado em planta baixa na Figura 28, sua elevação frontal na Figura 29, e as perspectivas sul e norte nas Figuras 30 e 31.



Figura 28: Distribuição dos ambientes
Fonte: Autores, 2012.



Figura 29: Elevação frontal.
Fonte: Autores, 2012.



Figura 30: Perspectiva Sul.
Fonte: Autores, 2012.



Figura 31: Perspectiva Norte.
Fonte: Autores, 2012.

Considerando que a edificação está sendo construída no município de Pato Branco/PR, com clima subtropical úmido mesotérmico, verões quentes com

tendência de concentração das chuvas (temperatura média superior a 22° C) e invernos com geadas.

Segundo a NBR 15220-3/ABNT, 2005, a cidade encontra-se na zona bioclimática 2 (Figura 2). Sendo que as diretrizes construtivas para esta zona podem ser verificadas abaixo:

a) Aberturas para ventilação: entre 15% e 25% da área do piso, como mostra Tabela 2.

Tabela 2: Cálculo das aberturas conforme Norma – NBR 15220-3 (2005).

Ambiente	Área Ambiente (m ²)	Área abertura Norma (m ²)	Área aberturas
		15%<A<25%	projeto (m ²)
Dormitório 1	11,74	1,76<A<2,94	1,80
Dormitório 2	13,60	2,04<A<3,40	2,04
BWC	5,32	0,80<A<1,33	0,81
Cozinha	14,55	2,18<A<3,64	2,28
Lavanderia	6,39	0,96<A<1,60	1,02
Sala	33,04	4,96<A<8,26	5,70

Fonte: Autores, 2012

b) Sombreamento das Janelas

Segundo a NBR 15220-3 é necessário permitir a entrada do sol no inverno, no projeto modelo, as aberturas se apresentam da seguinte forma (Quadro 1):

Janela	Sombreamento
J1/J2	Permite a entrada de sol da parte da manhã
J3/J4/J5	Permite entrada de sol no final da tarde
J6	Permite entrada de sol da manhã e tarde

Quadro 1: Sombreamento das aberturas para a edificação.

Fonte: Autores, 2012

c) Vedações Externas

Pela NBR 15220-3, a parede deve ser leve e cobertura leve e isolada. As características de transmitância térmica, atraso e fator térmico e fator de calor solar (FCS) da edificação e os especificados pela Norma são apresentados na tabela 3.

Tabela 3: Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar conforme a NBR 15220-3.

	Parede Leve	Cobertura Leve e Isolada
"U"(W/m ² K)	≤ 3,00	≤ 2,00

Atraso Térmico (h)	≤ 4,30	≤ 3,30
FCS (%)	≤ 5,00	≤ 6,50

Fonte: Autores, 2012

Seguindo as diretrizes da NBR 15220-3, o recomendado é usar uma composição de parede, conforme a transmitância térmica (U), atraso térmico (Ct) e fator de calor solar (ϕ), apresentado na Figura 32 abaixo:

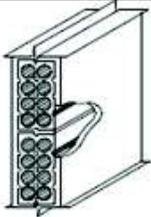
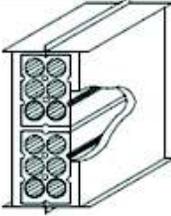
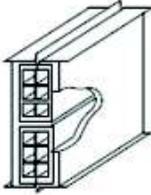
Parede	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	ϕ [horas]
	Parede de tijolos de 8 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x20,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	2,24	167	3,7
	Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	2,28	168	3,7
	Parede de tijolos 6 furos quadrados, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 9,0x14,0x19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,0 cm	2,48	159	3,3

Figura 32: Composição da parede recomendada para a edificação do exemplo
Fonte: NBR 15220-3, (2005).

Com relação à cobertura o recomendado pela Norma é usar uma composição de telhado, conforme a transmitância térmica (U), atraso térmico (Ct) e fator de calor solar (ϕ) apresentado na Figura 33 abaixo:

Cobertura	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ [horas]
	Cobertura de telha de barro com forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2,00	32	1,3
	Cobertura de telha de fibro-cimento com forro de madeira Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2,00	25	1,3
	Cobertura de telha de barro com forro de concreto Espessura da telha: 1,0 cm Espessura do concreto: 3,0 cm	2,24	84	2,6
	Cobertura de telha de fibro-cimento com forro de concreto Espessura da telha: 0,7 cm Espessura do concreto: 3,0 cm	2,25	77	2,6

Figura 33: Composição da cobertura recomendada para a edificação do exemplo
Fonte: NBR 15220-3, (2005).

Para aplicação no projeto hipotético optou-se pela utilização de parede com tijolos 6 furos circulares assentados na menor dimensão como mostra a Figura 32 e para a cobertura optou-se pela telha de barro com forro de concreto como mostra a Figura 33, pois as duas técnicas construtivas e composições são usualmente utilizadas no Município de Pato Branco.

d) Estratégia de condicionamento térmico passivo para o verão:

Segundo a NBR 15220-3 (2005), determina-se utilizar ventilação cruzada, como segue no item 3.5.4. Para garantir a ventilação cruzada sugere-se:

- Posicionar as aberturas conforme a direção do vento predominante do município de Pato Branco (Figura 34);

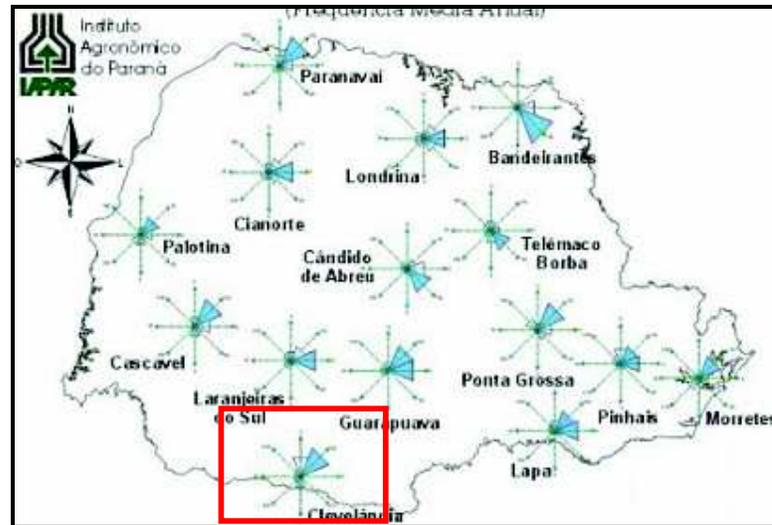


Figura 34: Direção Predominante do Vento
Fonte: IAPAR, 2012

- Nos dormitórios, o uso de venezianas nas janelas, garantindo a ventilação no período noturno sem ter preocupações com segurança.
- Nas aberturas da sala e cozinha, sugere-se o uso de janelas basculantes sobre as janelas. Assim será possível, mesmo com as janelas de correr (ou abrir) fechadas, permitir a ventilação cruzada através das janelas basculantes no período noturno.

Para uma melhor compreensão é ilustrado abaixo (Figura 35) o comportamento dos ventos no projeto hipotético.



Figura 35: Ventilação cruzada no projeto hipotético.
Fonte: Autores, 2012

e) Estratégia de condicionamento térmico passivo para o inverno:

- Aquecimento Solar da edificação

Nos ambientes íntimos o aquecimento solar na edificação se dará pelo fato de se permitir a incidência solar tanto no inverno quanto no verão. Já os ambientes de estar permitem que o aquecimento tanto matinal quanto o aquecimento vespertino. Nos ambientes molhados como: banheiro, lavanderia e cozinha o aquecimento será vespertino e pelo fato dos ambientes serem integrados, eles garantem uma melhor distribuição térmica.

- Vedações internas pesadas

Pela norma, as paredes internas devem ser pesadas. As características de transmitância térmica, atraso e fator térmico e fator de calor solar (FCS) da edificação e os especificados pela Norma são apresentados na Tabela 6.

Tabela 4: Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar conforme a NBR 15220-3.

Parede Pesada	
"U"(W/m ² K)	≤ 2,20
Atraso Térmico (h)	≤ 6,5
FCS (%)	≤ 3,5

Fonte: Autores, 2012

Seguindo as diretrizes da Norma, o recomendado é usar uma composição de parede, conforme a transmitância térmica (U), atraso térmico (Ct) e fator de calor solar (ϕ) apresentado na Figura 36 abaixo:

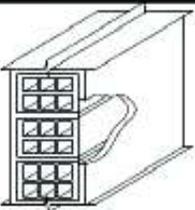
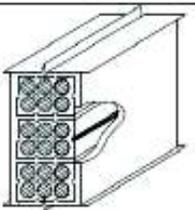
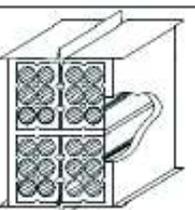
Parede	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ [horas]
	Parede de tijolos de 6 furos quadrados, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 9,0x14,0x19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 19,0 cm	2,02	192	4,5
	Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 20,0 cm	1,92	202	4,8
	Parede dupla de tijolos de 6 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm	1,52	248	6,5

Figura 36: Composição da parede interna recomendada para a edificação do exemplo.
Fonte: NBR 15220-3, (2005).

Para o projeto hipotético optou-se a aplicação de paredes de tijolos 6 furos circulares, assentados na maior dimensão, conforme a Figura 36, pois o material e técnicas empregadas são usualmente aplicadas no Município de Pato Branco.

4.1.2 Eficiência Energética

Como já visto anteriormente um projeto considerado eficiente energeticamente deve reduzir o consumo de energia durante a sua vida útil, para isso serão apontadas a seguir diretrizes as quais devem se seguir para a redução da mesma:

a) usar apenas produtos com o selo estabelecido pela PROCEL, de produtos com eficiência A;

b) usar sistema de aquecimento de água através de painéis solares, sendo que estas placas devem ser posicionadas ao Norte, como mostra a Figura 37 abaixo:



Figura 37: Posicionamento de placas solares
Fonte: Autores, 2012.

c) implantar no projeto hipotético placas fotovoltaicas, voltadas para o norte em conjunto com as placas de aquecimento de água, apenas para alimentação da iluminação artificial.

d) o uso de lâmpadas tipo LED para todos os ambientes da edificação, em conjunto com a iluminação artificial será feita o uso de sensores de luminosidade para se ter uma integração entre a iluminação natural e artificial durante o período de insolação.

4.1.3 Uso Racional da Água

Como visto no item 4.7, aconselha-se à reutilização e uso consciente da água potável no mundo, neste intuito são relacionados alguns itens importantes para que isso seja possível:

- a) Captação da água da chuva, tanques, lavatórios, banho e máquinas de lavar e reutilização da mesma para fins não potáveis como lavagem de calçada e irrigação, com retirada dos primeiros cinco minutos (Figura 38);



Figura 38: Captação da água chuva
Fonte: Autores, 2012.

A água cinza proveniente da água chuva será coletada pelas calhas, com descarte dos primeiros cinco minutos para utilização na lavagem de calçadas.

- b) Utilização de equipamentos economizadores de água que ajudam minimizar no orçamento familiar (Figura 39).

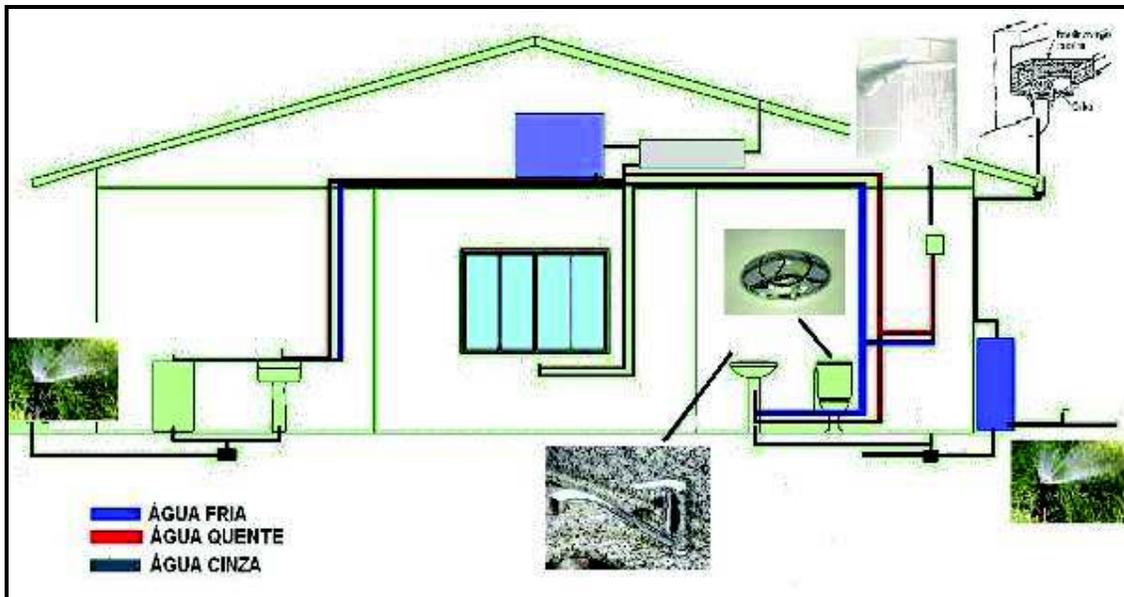


Figura 39: Esquema distribuição de água
Fonte: Autores, 2012.

Na Figura 39, ilustra a tubulação da água fria, água quente e águas cinza provenientes das calhas, lavatórios, chuveiros, tanques e máquinas de lavar com o intuito de utilização para irrigação e lavagem de calçadas.

4.2 RESUMO DAS SUGESTÕES SUSTENTÁVEIS

O Quadro 2 mostra um resumo das sugestões sustentáveis aplicadas no projeto hipotético.

VARIÁVEIS ARQUITETÔNICAS	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	USO RACIONAL DA ÁGUA
Orientação Solar para se ter um bom balanço entre perda e ganhos de energia.	Uso de aparelhos energeticamente eficientes com selo PROCEL nível de eficiência A.	Reuso das águas cinza provenientes da água da chuva, lavatório, máquinas de lavar e tanques, utilizados para irrigação e lavagem de calçadas.
Estudo Bioclimático da região conforme a NBR 15220/2003.	Instalações de placas solares para aquecimento de água para chuveiros e torneiras.	
Ventilação Natural: posicionamento das aberturas conforme a direção do vento predominante.	Instalação de placas fotovoltaicas com sistema isolado para alimentação da iluminação artificial.	Componentes economizadores de água: - Torneira arejadora; - Chuveiro regulador de vazão; - Vaso sanitário com válvula de descarga de acionamento seletivo.
Iluminação Natural	Uso de lâmpadas LED, em conjunto com sensores de luminosidade realizando uma integração entre a iluminação natural e artificial.	

Quadro 2: Resumo das sugestões sustentáveis.

Fonte: Autores, 2012

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em um mundo aonde o consumo vem se tornando cada vez mais elevado, é de é aconselhável existir uma consciência global de que todo e qualquer recurso é esgotável caso não seja usufruído de maneira consciente e racional. Embasado neste pensamento o presente trabalho vem como uma proposta de soluções que viabilizem o conceito sustentabilidade na construção civil, mais especificamente em moradias de padrão médio, viáveis para o município de Pato Branco-PR.

Mas são indispensáveis alguns fatores para que tal proposta seja real, isto é, verificar a localização da edificação conforme seu bioclima, a sua orientação segundo a insolação, aproveitar o máximo dos recursos naturais, tais como luminosidade, ventilação e vegetação. Assim é possível se obter uma melhor qualidade de vida sem contar o fato de que a edificação possuirá uma vida útil mais elevada gerando menos impacto ambiental.

Nesta monografia, foram salientados três principais pontos para se ter uma edificação sustentável que são: variáveis arquitetônicas, eficiência energética e reuso da água.

No primeiro ponto, foi salientada a importância de um bom planejamento de projeto levando em consideração posicionamento da edificação segundo sua insolação, para que os cômodos sejam dispostos de maneira correta. O estudo do micro clima da região também é indispensável, pois dessa maneira é possível escolher os melhores materiais a serem utilizados na edificação. Tal variável que não implica em um custo adicional, faz com que a edificação gere um melhor conforto para seus usuários.

Já no segundo ponto faz-se necessário a inserção de equipamentos que possam tornar a estrutura da residência com maior vida útil, por exemplos, a utilização de lâmpadas que consumam menos energia, mas que produzam uma mesma luminosidade que as usuais. Também é importante mencionar que a geração de energia através de placas fotovoltaicas e a utilização de placas de aquecimento de água, não devem ser tratadas como equipamento opcional em uma residência e sim algo indispensável na construção de uma residência. Mas para se obter uma melhor eficiência energética é notável que ocorra uma adição de custo, pois os equipamentos existentes no mercado não são largamente difundidos, desta

maneira gerará um custo adicional na obra. Em contrapartida, acarretará uma economia em longo prazo e uma melhor autonomia na utilização da energia seja ela para iluminação, equipamentos eletrônicos ou aquecimento da água.

O terceiro ponto é a reutilização de água proveniente das chuvas e de equipamentos da própria residência, para fins não potáveis, através de calhas já existentes no telhado. Já os equipamentos como torneiras com aeradores e vasos sanitários de baixo consumo, já devem ser planejados mesmo em edificações que não seguem um total padrão sustentável. Toda essa inserção de novas tendências também acarretará em um custo adicional, mas tem como seu aliado a difusão no mercado, pois o reuso de água já é um fato em nossa sociedade. Mesmo que o Brasil seja um país com muitas reservas naturais de água, é negligência utilizar a água potável para fins que não exigem sua potabilidade. Então é possível concluir que a utilização de águas cinza claras é uma ótima alternativa para combater o desperdício e garantir um mundo melhor para as futuras gerações.

Em posse das informações contidas no presente trabalho, é possível contribuir para ações que gerem uma melhor difusão desse tema, podendo assim ser elaborado palestras onde o objetivo seja a conscientização da sociedade e profissionais envolvidos com a construção civil, ou até mesmo a formulação de cartilhas que contenham discriminados passos a serem seguidos para a criação e implantação de uma residência com mais sociedade.

Além de gerar um melhor esclarecimento sobre o tema, esta presente monografia vem como um incentivo a pesquisa mais aprofundada de alguns temas mencionados, tais como, geração de energia e reutilização de águas cinzas, de forma agregar maior conhecimento sobre o assunto no meio científico.

Em suma podemos concluir que existe sim viabilidade para se alcançar uma residência sustentável aonde possa se aliar conforto com a preocupação ambiental, mas é preciso vencer a resistência do mercado de forma a conscientizar profissionais da área a fazer uso dessas soluções.

REFERÊNCIAS

ABUMANSSUR, Calil. **Água da Chuva em Instalações Prediais**. Curitiba, 2007. Apresentação em PowerPoint.

ABREU, Samuel L; GONÇALVES, Carlos E; e FILHO, Sergio P. **Casa Eficiente: Consumo e Geração de Energia**. Volume 2. Florianópolis, 2010.

ALLEN, Edward. **Como os edifícios funcionam - A ordem natural da arquitetura**. 1 ed. São Paulo, 2011.

ANA (Agencia Nacional de Águas). **A água no Brasil e no Mundo**. Brasília, 2003. Disponível em: www.ana.gov.br. Acesso em: 15 de abril de 2012.

ANA (Agencia Nacional de Águas). **Atlas Brasil: Abastecimento Urbano de Água**. Volume 1. Brasília, 2010. Disponível em: www.ana.gov.br. Acesso em: 15 de abril de 2012.

ANDRADE, Marcio; MARINOSKI, Ana K; e BECKER, Hugo R. **Casa Eficiente: Uso Racional da água**. Volume 3. Florianópolis, 2010.

ARAÚJO, Márcio Augusto. **A moderna construção sustentável**. IDHEA (Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica), São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.idhea.com.br/pdf/moderna.pdf>. Acesso em: 20 de agosto de 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3: Desempenho Térmico de Edificações**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11704: Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: Água da Chuva**. Rio de Janeiro, 2007.

CONDE, Ricardo. **Sustentabilidade Energética**. São Paulo, 2009. Disponível em: <http://sustentabilidadeenergetica.blogspot.com/2009/01/sustentabilidadeenergetica.html>. Acesso: 17 de novembro de 2011.

CORRÊA, Lásaro Roberto. **Sustentabilidade na Construção Civil**. São Paulo, 2009.

ERNEUBARE ENERGIEN. Alemanha. Disponível em: http://www.erneuerbare-energien.de/erneuerbare_energien/aktuell/4590.php. Acesso em: 17 de abril de 2012.

FERNANDES, André Luiz Genelhu. **Sustentabilidade das construções: Construções para um futuro melhor – Reaproveitamento da água.** Belo Horizonte, 2009.

FROTA, Anésia B; SCHIFFER, Sueli R. **Manual de Conforto Térmico.** 5 ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GHSI, Enedir. **Eficiência Energéticas em Edificações.** Florianópolis, 2007. Apresentação em Power-Point.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GRAF, Helena F; TAVARES, Sergio F. **Energia Incorporada dos Materiais de uma Edificação Padrão Brasileira Residencial.** Curitiba.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da Água da Chuva.** Curitiba: Organic Trading Editora, 2002

HABITAÇÃO. **Sustentabilidade e Inovação na Habitação Popular.** São Paulo, 2010. Disponível em: www.habitacao.sp.gov.br. Acesso em: 17 de novembro de 2011.

JABUR, Andréa S. **Aproveitamento de Água Pluvial.** Pato Branco, 2011. Apresentação em PowerPoint.

JOHN, Vanderley Moacyr; OLIVEIRA Daniel Pinho de. **Critérios de Sustentabilidade para a Seleção de Materiais e Componentes.** São Paulo, 2007.

JOHN, Vanderley Moacyr; OLIVEIRA, Daniel Pinho e LIMA, José Antonio Ribeiro. **Levantamento do estado da arte: Seleção de materiais.** São Paulo, 2007.

JOHN, Vanderley Moacyr. **Guia da Sustentabilidade na Construção Civil.** Belo Horizonte, 2008.

LACERDA, Gustavo. **Método de Cremona**, setembro de 2011. Nota de Aula. Falada.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano e PEREIRA, Fernando. **Eficiência Energética na Arquitetura.** São Paulo, 1997.

LAMBERTS, Roberto. **Conforto Ambiental nas Edificações.** São Paulo, 2004. Disponível em: <http://www2.videolivrraria.com.br/pdfs/14633.pdf>. Acesso em: 03 de março de 2012.

LAMBERTS, Roberto e TRIANA, Maria A. **Levantamento do estado da Arte: Energia.** São Paulo, 2007.

MARINOSKI, Ana K. e ANDRADE, Marcio. **Casa Eficiente: Uso da água**. Volume 3. Florianópolis, 2010.

MASCARÓ, Lúcia R. **Energia na Edificação**. 1 ed. São Paulo, 1985.

MINAS ENERGIA. Disponível em: <http://minasenergia.limnos.uni5.net/>. Acesso em: 17 de Abril de 2012.

NETO, José Dantas. **Uso Eficiente da Água: aspectos teóricos e práticos**. Campina Grande, 2008.

NEUFERT, Ernst. **Arte de Projetar em Arquitetura**. 13 ed. São Paulo, 1998.

PEREIRA, Patrícia Isabel. **Construção Sustentável: o desafio**. Porto, 2009.

PEREIRA, Cláudia D. **Casa Eficiente: Consumo e Geração de Energia**. Volume 2. Florianópolis, 2010.

PHILIPS. **Catálogo de Produtos: Descrição do Produto**. 2011. Disponível em: www.philips.com/lighting. Acesso em: 10 de abril de 2012.

PODESTÁ, Sylvio. **Casas**. Belo Horizonte, 2000. Disponível em: <http://podesta.arq.br/>. Acesso em: 12 de fevereiro de 2012.

SATTLER, Miguel Aloysio. **Habitações de Baixo Custo mais Sustentáveis: a Casa Alvorada e o Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis**. Porto Alegre, 2007.

SOLAR WATER HEATING. Disponível em: <http://www.reuk.co.uk/Evacuated-Tube-Solar-Water-Heating.htm>. Acesso em: 17 de abril de 2012.

TÉCHNE. **Construções Eficientes**. Revista Técnica, São Paulo, n111, junho, 2006. Disponível em <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/111/artigo22896-1.asp>. Acesso em 02 de dezembro de 2011.

VIANA, Trajano de S; MONTENEGRO, Alexandre A; e RUTHE, Ricardo. **Casa Eficiente: Consumo e Geração de Energia**. Volume 2. Florianópolis, 2010.