

Monografia

**ECOEFIÊNCIA NAS EDIFICAÇÕES DE USO RESIDENCIAL:
Estudo de Caso da “Casa Eficiente”**

Autor: Grazielle Barbosa da Cruz Pereira

Orientador: Prof. José Cláudio Nogueira Vieira

Janeiro/2012

GRAZIELLE BARBOSA DA CRUZ PEREIRA

**ECOEFICIÊNCIA NAS EDIFICAÇÕES DE USO RESIDENCIAL:
Estudo de Caso da “Casa Eficiente”**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil
da Escola de Engenharia UFMG

Ênfase: Gestão e Tecnologia na Construção Civil

Orientador: Prof. José Cláudio Nogueira Vieira

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2012

Grazielle Barbosa da Cruz Pereira

**ECOEFICIÊNCIA NAS EDIFICAÇÕES DE USO RESIDENCIAL:
Estudo de Caso da “Casa Eficiente”**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientador: José Cláudio Nogueira Vieira

Belo Horizonte
2012



ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

ALUNO: GRAZIELLE BARBOSA DA CRUZ PEREIRA

MATRÍCULA: 2011671765

RESULTADO

Aos 22 dias do mês de março de 2012 realizou-se a defesa da MONOGRAFIA de autoria do aluno acima mencionado sob o título:

“ECOEFICIÊNCIA NAS EDIFICAÇÕES DE USO RESIDENCIAL – ESTUDO DE CASO DA CASA EFICIENTE”

Após análise, concluiu-se pela alternativa assinalada abaixo:

APROVADO

APROVADO COM CORREÇÕES

REPROVADO

NOTA: 85

CONCEITO: B

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Esp. José Cláudio Nogueira Vieira

Nome

Assinatura

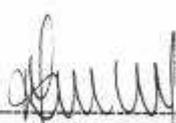
Prof. Dr.ª Paula Bamberg

Nome

Assinatura

O candidato faz jus ao grau de "ESPECIALISTA EM CONSTRUÇÃO CIVIL: "GESTÃO E TECNOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL"

Belo Horizonte, 22 de março de 2012


Coordenador do Curso
Prof. Dalmo Lúcio M. Figueiredo
Coordenador do Curso de Especialização
Em Construção Civil

A Deus, pela força nos momentos difíceis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Desenho esquemático relacionando parâmetros para se alcançar o desenvolvimento sustentável.	12
Figura 2 - Eficiência energética nas residências.....	14
Figura 3 - Despejo de grande quantidade de entulho e de resíduos de construção às margens do córrego do Capim em Goiânia/ GO.....	16
Figura 4 - Estação de reciclagem de entulho em Belo Horizonte/ MG, bairro Estoril.	18
Figura 5 - Pilares da certificação.	20
Figura 6 - Fluxograma da Edificação.	25
Figura 7 - Vista do terreno antes da construção, observando-se o campus da UFSC ao fundo.	26
Figura 8 - Implantação no terreno.....	27
Figura 9 - Integração com o entorno (Projeto Paisagístico e Urbanístico).	27
Figura 10 - Croqui da proposta- Utilização de estratégias bioclimáticas, uso de materiais de menor impacto ambiental.....	28
Figura 11 - Perspectiva da Fachada Norte - uso de coletores solares para aquecimento de água e painel fotovoltaico para geração de energia elétrica.	28
Figura 12 – Vista da fachada oeste da Casa Eficiente.....	29
Figura 13 - Vista da fachada leste da Casa Eficiente, observando-se as janelas dos quartos.	29
Figura 14 - Vista da fachada norte da Casa Eficiente.	30
Figura 15 - Vista da fachada sul da Casa Eficiente, destacando-se o espelho d`água.	30
Figura 16 - Sala de estar.	31
Figura 17 - Sala de jantar.	31
Figura 18 - Vista da Janela da Cozinha.	32
Figura 19 - Porta da Área de Serviço.....	32
Figura 20 - Localização.....	33
Figura 21 - Diagrama da Trajetória Solar na Latitude de Florianópolis 27°60'.	34
Figura 22 - Fogão a lenha- Resgate da arquitetura vernacular.	35
Figura 23 - Visor localizado na parede da sala de jantar - Camadas constituintes da parede externa - tijolo maciço + lã de rocha + tijolo maciço.....	36
Figura 24 - Planta Baixa - aproveitamento da ventilação natural.	37
Figura 25 - Esquadria vidro duplo no banheiro.	38
Figura 26 - Esquadria com vidros duplos e persianas externas em PVC - quarto de solteiro.	38

Figura 27 - Insuflador instalado no quarto de solteiro.	39
Figura 28 - Tubulação de cobre presa ao rodapé do quarto de solteiro.....	40
Figura 29 - Visor indicando as camadas constituintes da cobertura - Sala de jantar.	41
Figura 30 - Cobertura em Teto-jardim.	42
Figura 31 - Detalhe dos materiais construtivos utilizados na Casa Eficiente- Fôrro em madeira de pinus e eucalipto autoclavado.	43
Figura 32 - Vegetação no entorno da Casa Eficiente.....	44
Figura 33 - Dispositivo de descarte de água das primeiras chuvas, fabricado com tubos e conexões de PVC.	47
Figura 34 - Dispositivo de Descarte de sólidos instalado do interior da cisterna.....	48
Figura 35 - Dispositivo de descarte de sólidos instalado na tubulação de água pluvial.....	48
Figura 36 - Corte esquemático da cisterna.	49
Figura 37 - Torneira externa com acionamento restrito, destinada à irrigação e abastecida com água de reúso.....	50
Figura 38 - Trecho em corte do tanque de zona de raízes.	51
Figura 39 - Esquema das instalações destinadas ao aproveitamento de água pluvial na Casa Eficiente.	52
Figura 40 - Esquema das instalações destinadas ao reúso de água na Casa Eficiente, destacando-se as duas vias distintas de tratamento, utilização e destinação final.	53
Figura 41 - Placas fotovoltaicas e coletores solares.	56
Figura 42 - Rampa para proporcionar a acessibilidade.....	57
Figura 43 - Barras de apoio junto ao vaso sanitário.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Equipamentos Economizadores de Água Empregados.....	46
----------------------------------------------------------------	----

SUMÁRIO

1 RESUMO	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 <i>Ecoeficiência</i>	11
2.2 <i>Consumo de recursos naturais na construção civil</i>	13
2.3 <i>Eficiência energética</i>	13
2.4 <i>Gestão das águas</i>	14
2.5 <i>Gestão dos resíduos</i>	15
2.6 <i>O custo da sustentabilidade na construção civil</i>	18
2.7 <i>Certificações das edificações</i>	19
3 METODOLOGIA	24
4 ESTUDO DE CASO	25
4.1 <i>A Casa Eficiente</i>	25
4.2 <i>Descrição dos sistemas adotados</i>	33
4.2.1 <i>Aproveitamento das condições climáticas locais</i>	33
4.2.2 <i>Sistemas alternativos de condicionamento dos ambientes</i>	34
4.2.3 <i>Uso de materiais locais</i>	42
4.2.4 <i>Projeto paisagístico</i>	43
4.2.5 <i>Uso racional de água</i>	45
4.2.6 <i>Sistemas complementares</i>	54
4.2.7 <i>Acessibilidade</i>	57
4.2.8 <i>Análise dos custos</i>	59
5. CONCLUSÃO	62
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

1 RESUMO

Ecoeficiência significa a competitividade na produção e colocação no mercado de bens ou serviços que satisfazem às necessidades humanas, trazendo qualidade de vida, minimizando os impactos ambientais e o uso de recursos naturais, considerando o ciclo inteiro de vida da produção. (ALVES; QUELHAS, 2004).

A cadeia produtiva da construção civil apresenta importantes impactos ambientais em todas suas etapas. Grandes porções de energia e recursos naturais são consumidos em diversas fases, seja na construção ou no seu uso e ocupação.

Através de pesquisas de soluções para os problemas destes impactos ambientais, serão analisadas propostas práticas para minimizar o gasto de energia, desperdício e mau uso das águas e geração de resíduos da construção civil.

Este trabalho propõe o estudo das estratégias e tecnologias voltadas para a redução do impacto ambiental das edificações residenciais, com o objetivo de comparar o custo de implantação versus o benefício econômico que as soluções analisadas possam proporcionar ao longo da vida útil do edifício. Será proposta a análise de um estudo de caso que ilustra alguns sistemas e materiais ecoeficientes em funcionamento em uma edificação residencial.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Ecoeficiência

Como definido Word Business Council for Sustainable Development Genebra, – Ecoefficient Leadership (1996), Ecoeficiência significa a competitividade na produção e colocação no mercado de bens ou serviços que satisfazem às necessidades humanas, trazendo qualidade de vida, minimizando os impactos ambientais e o uso de recursos naturais, considerando o ciclo inteiro de vida da produção e reconhecendo a ecocapacidade planetária (ALVES; QUELHAS, 2004). Sendo assim, a ecoeficiência é alcançada mediante o fornecimento de bens e serviços a preços competitivos, que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida, ao mesmo tempo em que reduz progressivamente o impacto ambiental e o consumo de recursos ao longo do ciclo de vida do produto ou serviço, a um nível no mínimo equivalente à capacidade de sustentação estimada da Terra (ALMEIDA, 2002).

A construção sustentável propõe a interdisciplinaridade crescente de três macros temas: os aspectos ambientais, sociais e econômicos de um determinado empreendimento. A utilização dessa nova visão de sustentabilidade permite ao gestor tornar-se um comandante dos processos, melhorando de forma significativa a qualidade de seus empreendimentos, tanto ao nível social e econômico quanto ambiental (ASSIS; COLOMBINI, 2010).



Figura 1 - Desenho esquemático relacionando parâmetros para se alcançar o desenvolvimento sustentável.

Fonte: BARBOSA, 2012

Buscar a ecoeficiência é, portanto, um processo de melhoria contínua, nunca termina. Mais do que um destino a ser alcançada, a ecoeficiência é um caminho a ser percorrido. Além de permitir uma real adequação das atividades humanas às necessidades do meio ambiente, buscar a ecoeficiência é, acima de tudo, utilizar uma ferramenta estratégica para a competitividade. É uma ferramenta do desenvolvimento sustentável, dentro do conceito do pensar globalmente agindo localmente, considerando de um lado o aspecto econômico, de outro o ecológico, ambos associados à visão social, onde a responsabilidade é de todos (FLORIM, 2004).

A ecoeficiência então é um elemento estratégico indispensável na economia contemporânea, à chamada economia do conhecimento. A busca de ecoeficiência produz tendências como a desmaterialização: as empresas estão criando maneiras de substituir os fluxos de material por fluxos de conhecimento. Esse conhecimento, por sua vez, permite customizar produtos e serviços. A customização resulta em redução do desperdício: menos rejeitos são gerados quando recursos que o consumidor não deseja não são produzidos (ALMEIDA, 2002).

2.2 Consumo de recursos naturais na construção civil

A cadeia produtiva da construção civil apresenta importantes impactos ambientais em todas suas etapas. Grandes porções de energia e recursos naturais são consumidos em diversas fases, desde a construção até o uso e ocupação, como por exemplo, iluminação, ar condicionado, águas servidas, poeiras, etc.

A indústria da construção civil tem um grande peso na economia, onde é responsável por 40% da formação bruta de capital e a grande massa de emprego, com participação de aproximadamente 7% do PIB. O setor é um dos que mais consomem matérias-primas naturais. Estima-se que a construção civil consome algo entre 20 e 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade. A Civil Engineering Research Foundation (CERF), entidade dedicada a promover a modernização da construção civil dos EUA, realizou uma pesquisa entre 1500 construtores, projetistas e pesquisadores de todo o mundo, visando detectar quais as tendências consideradas fundamentais para o futuro do setor. Nesta pesquisa a “questão ambiental” foi considerada a segunda mais importante, só atrás da informática, e ficando na frente de questões como renovação, globalização, pré-projeto e planejamento, parcerias e normalização (ALVES; QUELHAS, 2004).

Atualmente há um crescente interesse na redução de impactos ambientais associados ao setor da construção civil, seja na extração de matéria prima, na fase de beneficiamento e fabricação de componentes para a construção, no uso de materiais reaproveitados e reciclados e até mesmo, na demolição da mesma (ASSIS; COLOMBINI, 2010).

2.3 Eficiência energética

Recentemente, após a crise de energia e a partir de discussões sobre o impacto ambiental provocado pelo homem ao nível de planeta, surge à necessidade de percorrer novas respostas arquitetônicas mais concordantes com as tecnologias disponíveis e com a

ideia de preservação ambiental (LAMBERTS, 1997). Como o consumo de energia vem crescendo exponencialmente na sociedade moderna e toda a geração de energia implica em algum impacto ambiental. Por esse motivo se faz necessária à economia de energia nos empreendimentos. A economia de energia em edifícios implica significativos ganhos ambientais e economia de recursos financeiros.

A operação do ambiente construído brasileiro foi responsável por 44% do consumo de energia elétrica em 2007, e existe a tendência de aumento desta participação. Por outro lado, variáveis do projeto dos edifícios podem significar importantes economias do consumo e redução de impactos associados à geração da energia (JOHN, 2010).

A eficiência energética pode ser entendida como a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia. Portanto, um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia (LAMBERTS, 1997). A eficiência energética nos edifícios está diretamente relacionada com a utilização racional da energia.



Figura 2 - Eficiência energética nas residências

Fonte: ROCHA; RODRIGUES, 2012

2.4 Gestão das águas

Estima-se que 97,5% da água existente no planeta seja salgada e imprópria para consumo e irrigação. Da parcela de 2,5% de água doce, cerca de 40% encontram-se presos

nas geleiras, e boa parte do restante é umidade aprisionada no solo. Resulta que menos de 1% da água doce existente no planeta está disponível para o consumo dos ecossistemas. A água deve ser entendida como um insumo finito, tanto em termos de quantidade como de qualidade; trata-se de um bem de valor econômico, indispensável à garantia da saúde pública e à manutenção da vida. Por esta razão, a água deve ser conservada para prorrogar o atendimento às necessidades dos usuários e a sustentabilidade do edifício e de seu entorno (JOHN, 2010).

A ação humana desvia a água do ciclo natural, em aplicações como agricultura e consumo humano. A cidade impermeabiliza o solo, impedindo a reposição do lençol freático. As canalizações e os pavimentos provocam um aumento na velocidade de vazão superficial, promovendo enchentes urbanas. Os movimentos de terra da agricultura ou de urbanização provocam erosões, modificando os fluxos naturais.

A gestão de água pluvial visa a reduzir o consumo de água potável, por meio de seu aproveitamento, e limitar o escoamento de águas pluviais, o que contribui para reduzir o risco de inundações e de poluição difusa. Além da gestão da água potável e das águas pluviais, são consideradas um desafio brasileiro as questões relacionadas ao esgotamento sanitário que é constituído por atividades, infraestrutura e sistemas operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento no meio ambiente (JOHN, 2010).

2.5 Gestão dos resíduos

A construção civil é responsável por grande parte dos resíduos gerados no planeta. Nenhum setor industrial gera produtos com a escala da construção civil: o ambiente construído, fornece condições para todas as atividades humanas. Em consequência, a construção civil é o principal consumidor de matérias-primas. Além da enorme escala de produtos, algumas práticas do setor agravam o problema do consumo, como o uso de

tecnologias intensivas em materiais, as perdas da construção e as falhas de qualidade (JOHN, 2010).

Segundo Alves e Quelhas (2004), tal perda representa algo superior a 200 quilos de material por metro quadrado construído, ou seja, pouco mais de 20% do peso teoricamente necessário para a obra. Os materiais que se perdem são a argamassa, o concreto, o aço, o blocos, a cerâmica, o gesso e a madeira.



Figura 3 - Despejo de grande quantidade de entulho e de resíduos de construção às margens do córrego do Capim em Goiânia/ GO.

Fonte: PARREIRA, 2012

Muitas podem ser as causas do desperdício nas obras de construção civil que vão desde a fase do projeto que pode ser incorreto, fase de instalação do canteiro, fase de planejamento da obra, transporte e armazenamento inadequado de materiais, imperfeições no próprio material de construção, erros de execução por desqualificação da mão de obra, entre outros. Analisados 100 canteiros inicialmente em 12 estados do Brasil, constatou-se o tamanho do desperdício da construção civil: em média, gastam-se em reais 3 a 8% a mais

em material do que o necessário em função das perdas, tanto incorporadas na própria edificação - 2/3 desse volume – quando sob a forma de entulho. (ALVES; QUELHAS, 2004)

Visando um maior controle da geração e destino dos resíduos no país, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), do Ministério do Meio Ambiente, regulamenta toda gestão de resíduos no Brasil, em acordo e parceria com órgãos estaduais e municipais. Este conselho criou a resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

Uma boa política de gestão, com incentivo principalmente na não geração, e quando impossível a não geração, na reciclagem, também é uma oportunidade de transformação de uma fonte importante de despesas em uma fonte de faturamento ou pelo menos redução de despesas de deposição. Belo Horizonte foi a primeira cidade brasileira em que se implantou um sistema de gestão de resíduos com seu aproveitamento. Foi contratada uma empresa especializada em gestão de resíduos pela prefeitura da cidade em 1995 e, desde então, instalou quatro unidades descentralizadas de reciclagem de entulho. Os carroceiros são peça principal no esquema, pois participam da coleta e ganham com isso. Eles trabalham junto aos centros de recepção, reduzindo a deposição de entulho em lixões e aterros. O material reciclado chega a um volume de 200 toneladas diárias e é aproveitado na pavimentação de ruas, na confecção de blocos de alvenaria e briquetes usados em jardins públicos. (ALVES, QUELHAS, 2004)

Como ainda não podemos eliminar todos os tipos de resíduos, então a melhor forma de minimizarmos o impacto ambiental e reduzirmos custos na obra é a reciclagem e a reutilização dos resíduos, já que os provenientes da construção e demolição, que representam mais de 50% da massa dos resíduos sólidos urbanos (PINTO,1999). Este é um ponto positivo na indústria da construção civil, que é um grande reciclador de resíduos de outras indústrias e de sua própria atividade. (ALVES, QUELHAS, 2004)



Figura 4 - Estação de reciclagem de entulho em Belo Horizonte/ MG, bairro Estoril.

Fonte: PBH, 2012

2.6 O custo da sustentabilidade na construção civil

Nestes últimos trinta anos, pudemos observar significativas transformações no que se refere a preocupação com as questões ambientais. Uma destas questões foi a grande atenção das organizações, principalmente as indústrias com relação ao impacto de seus processos e produtos ao meio ambiente. O problema é que a indústria da construção civil em parte dos casos ainda não se conscientizou de que a prática do desenvolvimento sustentável em seus processos, produtos e serviços pode vir a ser além de uma contribuição com a questão ambiental, uma maneira correta e ética de se obter uma vantagem competitiva com retorno certo de investimentos (ALVES; QUELHAS, 2004).

Atualmente o modelo mais utilizado para as construções sustentáveis é o da ecoeficiência, onde além de permitir uma real adequação das atividades humanas e do meio ambiente, seja ele interno ou no entorno do empreendimento, tornou-se uma

ferramenta estratégica para a competitividade no meio empreendedor (ASSIS; COLOMBINI, 2010).

Nos últimos anos, tem-se divulgado valores percentuais de acréscimo à construção convencional que beiram ao irracional, desde comprovações empíricas de que o investimento inicial é menor, a incrementos da ordem de 30% a 40%. Avalia-se o custo adicional destes empreendimentos como se tivessem o mesmo padrão tecnológico, pertencessem a mesma tipologia de edificação, tivessem os mesmos atributos de sustentabilidade, a mesma metragem quadrada, etc. Este equívoco, a “desinformação”, trabalha contra a plena adoção das práticas necessárias às reduções do impacto ambiental das edificações (VASCONCELOS, 2009).

Nos custos adicionais necessários à implantação das técnicas sustentáveis na construção civil, não devem ser considerados apenas o capital inicial necessário à realização do empreendimento, mas sim ser computado todos os benefícios financeiros e ambientais futuros. Neste sentido, alguns destes conceitos sustentáveis deveriam passar a integrar os estudos de viabilidade econômica dos empreendimentos imobiliários.

Em cada projeto é possível fazer algo pelo desenvolvimento sustentável, dentro do orçamento existente. As técnicas ecológicas que visam a adequação dos projetos às novidades tecnológicas que, em sua maioria, trazem além de soluções ambientais, também retorno financeiro (ASSIS; COLOMBINI, 2010).

2.7 Certificações das edificações

A certificação é uma organização de alto poder de influência, mas custa dinheiro, demanda de paciência. Muitos edifícios podem não ser são certificados, mas ser altamente sustentáveis.

Um prédio certificado se torna referência no mercado porque é um parque de aplicação de novas tecnologias por parte dos fabricantes da construção civil e com isso

também impulsiona a produção de produtos e serviços de alta performance e mais sustentáveis, induzindo o setor a uma mudança de cultura (BLASO, 2011).



Figura 5 - Pilares da certificação.

Fonte: SHERWIN-WILLIAMS, 2012

Na construção civil, a partir dos sistemas de certificações ambientais para empreendimentos, a cadeia da construção começou a dar importância para os chamados Green Buildings, ou seja, os prédios verdes, que são construídos com menos impactos do que um prédio convencional. Dentre os sistemas de certificação praticados no Brasil atualmente podemos destacar o LEED, AQUA, Procel Edifica e Selo Casa Azul da Caixa.

Os ganhos com um empreendimento certificado são diversos. O consumo de energia, em média, é 30% menor, ao passo que o consumo de água sofre redução de 30% a 50%. Outros ganhos incluem redução da emissão de CO₂ em 35% e redução de 50 a 90% na geração de resíduos, incluindo materiais recicláveis. Ainda que o custo da obra seja em média 5% maior do que uma obra convencional, há valorização de 10% a 20% no preço de revenda (BLASO, 2011).

LEED

O LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) é um sistema de certificação e orientação ambiental de edificações. Criado pelo U.S. Green Building Council, é o selo de maior reconhecimento internacional e o mais utilizado em todo o mundo. Instalada no Brasil desde 2007, o sistema foi um dos pioneiros em certificações dessa natureza a entrar no país.

Para conseguir o selo de construção sustentável é preciso seguir à risca os critérios estipulados pelo LEED, divididos em cinco grandes áreas: desenvolvimento local sustentável, uso racional da água, eficiência energética, seleção de materiais e qualidade ambiental interna. Antes, durante e depois da obra, representantes do Conselho de Greenbuilding dos Estados Unidos (Green Building Council Brasil) avaliam o desempenho do empreendimento, através de questionários e relatórios técnicos. Ao final, os dados são transformados em pontos num ranking, que podem ou não resultar na certificação (BLASO, 2011).

AQUA

O Processo AQUA é um Processo de Gestão Total do Projeto para obter a Alta Qualidade Ambiental do seu Empreendimento de Construção. A certificação e a marca Processo AQUA são concedidas pela Fundação Vanzolini, com base em auditorias presenciais independentes.

O certificado demonstra o desempenho do edifício e os esforços feitos para a redução do consumo de água, energia, CO₂ e matérias primas, e para o aumento da qualidade de vida das pessoas envolvidas (PRADO, 2008).

PROCEL Edifica

O Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações – PROCEL EDIFICA foi instituído em 2003 pela ELETROBRAS/PROCEL e atua de forma conjunta com o Ministérios de Minas e Energia, o Ministério das Cidades, as universidades, os centros de pesquisa e entidades das áreas governamental, tecnológica, econômica e de desenvolvimento, além do setor da construção civil. As etiquetas são emitidas pelo LabEEE – UFSC/ Certi, organismo de inspeção designado pelo Inmetro.

O objetivo principal do selo Procel Edifica é incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais (água, luz, ventilação etc.) nas edificações, reduzindo os desperdícios e os impactos no meio ambiente (BLASO, 2011).

Selo Casa Azul CAIXA

O Selo Casa Azul é o principal instrumento do Programa de Construção Sustentável da instituição financeira Caixa Econômica Federal. Ao criar o Selo Casa Azul, a Caixa pretendeu incentivar o uso racional de recursos naturais na construção de empreendimentos habitacionais, reduzir o custo de manutenção dos edifícios e as despesas mensais de seus usuários, bem como promover a conscientização de empreendedores e moradores sobre as vantagens das construções sustentáveis. O Selo se aplica a todos os tipos de projetos de empreendimentos habitacionais, propostos à Caixa para financiamento, ou nos programas de repasse. Empresas construtoras, poder público, empresas públicas de habitação, cooperativas, associações e entidades representantes de movimentos sociais podem se candidatar a receber o Selo (JONH; PRADO, 2010).

O método utilizado pela CAIXA, para a concessão do Selo, consiste em verificar, durante a análise de viabilidade técnica do empreendimento, o atendimento aos critérios estabelecidos pelo instrumento que estimula a adoção de práticas voltadas à sustentabilidade dos empreendimentos habitacionais. No entanto, as formas de incentivo aos construtores que desejarem certificar suas obras ainda não foram definidos pelos

executivos da empresa. O valor agregado que o selo trará à construção quando a obra estiver concluída pode ser considerado um incentivo ao uso da metodologia, além de se caracterizar como um diferencial de venda. Todos os itens previstos no Selo Casa Azul poderão ser financiados, desde que estejam incluídos no orçamento da obra e sejam aprovados pela equipe técnica do banco.

3 METODOLOGIA

A metodologia a ser adotada abrangerá a realização de pesquisa bibliográfica, com a finalidade de levantar os conceitos relativos ao tema, busca de materiais e soluções ecoeficientes e aprofundamento do estudo de caso, a fim de observar os exemplos práticos da utilização destes conceitos.

Como estudo de caso será analisada “A Casa Eficiente”, desenvolvida pelo LMBEE - Laboratório de Monitoramento Ambiental e Eficiência Energética, da UFSC. A casa foi projetada para se tornar uma vitrine de tecnologias de ponta de para eficiência energética, conforto térmico e uso racional da água, incluindo tecnologias como geração de energia e estratégias passivas de condicionamento de ar e aquecimento solar de água.

Os subsídios que permitirão compor o conteúdo do trabalho serão coletados através da revisão bibliográfica e material disponibilizado para consulta pelo LMBEE sobre “A Casa Eficiente”, obtendo assim as informações relevantes para a compreensão, em busca de exemplos para a ecoeficiência na construção civil e de suas soluções.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 A Casa Eficiente

A Casa Eficiente é um modelo projetado e construído em escala real, localizado em Florianópolis/ SC, executada em parceria entre a ELETROSUL, ELETROBRAS/PROCEL Edifica e a Universidade

Federal de Santa Catarina (UFSC), através do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE). Trata-se de um projeto de demonstração de uma edificação residencial para uma família de quatro pessoas, com área útil aproximada de 206 m².



Figura 6 - Fluxograma da Edificação.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011



Figura 7 - Vista do terreno antes da construção, observando-se o campus da UFSC ao fundo.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011

ENTR. (LAMBERTS, 2010)

Os conceitos de eficiência energética, conforto ambiental e sustentabilidade estão presentes desde o início da concepção do projeto. O projeto arquitetônico foi desenvolvido para as condições climáticas da região litorânea de Santa Catarina e foi implantado na cidade de Florianópolis. Este projeto foi concebido buscando o equilíbrio entre a tecnologia e o aproveitamento de fontes naturais de energia, a partir da utilização de procedimentos adequados do ponto de vista da eficiência energética e da conservação ambiental.

(LAMBERTS, 2010)

Dentre as premissas do projeto da Casa Eficiente, foi priorizada a escolha criteriosa dos materiais construtivos, experimentadas técnicas de aproveitamento dos condicionantes naturais e estudadas soluções para eficiência energética e uso racional de água, como o aproveitamento de água pluvial, tratamento de efluentes por zona de raízes e reaproveitamento de águas cinza tratadas.

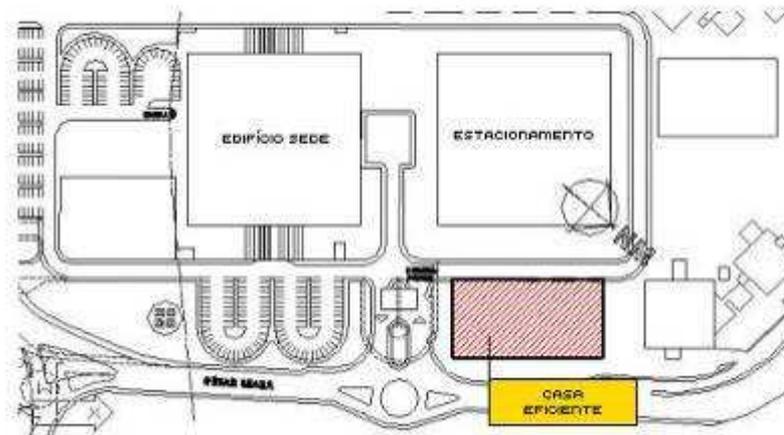


Figura 8 - Implantação no terreno.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011



Figura 9 - Integração com o entorno (Projeto Paisagístico e Urbanístico).

Fonte: ELETROBRÁS, 2011

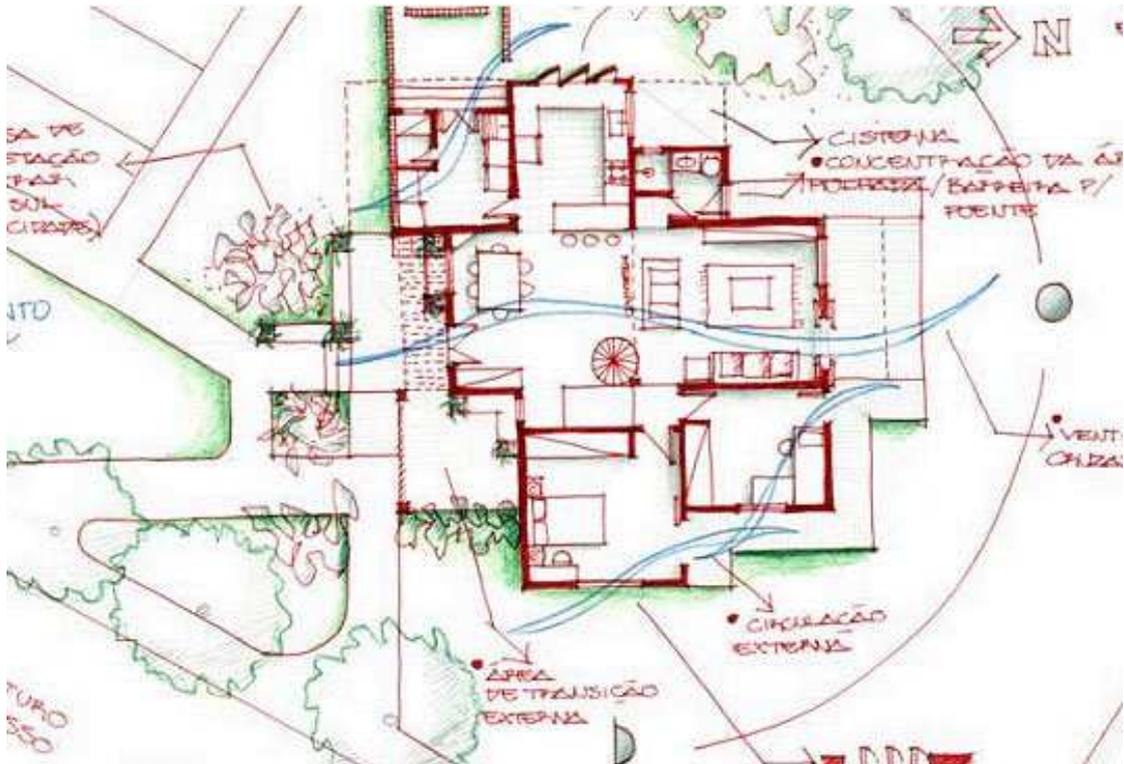


Figura 10 - Croqui da proposta- Utilização de estratégias bioclimáticas, uso de materiais de menor impacto ambiental.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011

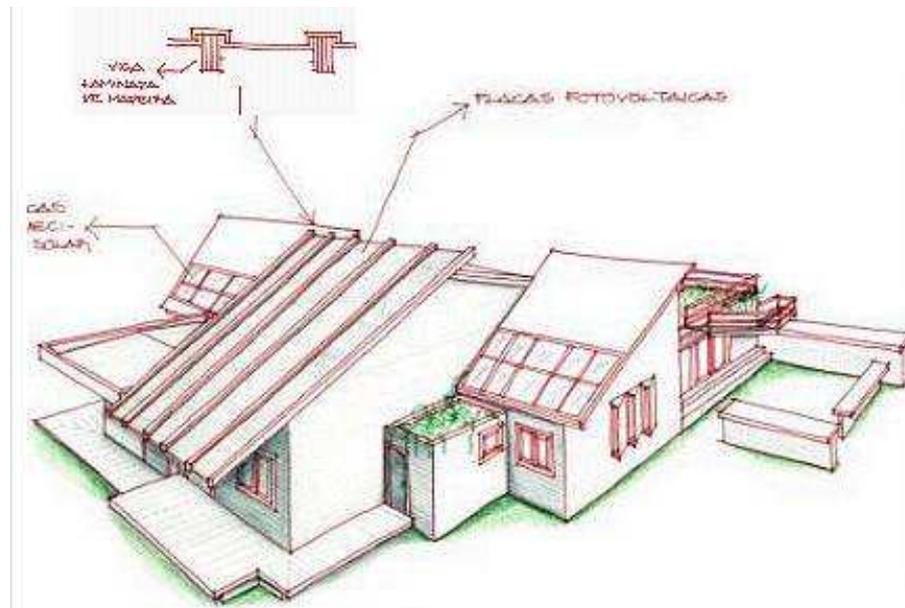


Figura 11 - Perspectiva da Fachada Norte - uso de coletores solares para aquecimento de água e painel fotovoltaico para geração de energia elétrica.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011



Figura 12 – Vista da fachada oeste da Casa Eficiente.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011



Figura 13 - Vista da fachada leste da Casa Eficiente, observando-se as janelas dos quartos.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011



Figura 14 - Vista da fachada norte da Casa Eficiente.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011



Figura 15 - Vista da fachada sul da Casa Eficiente, destacando-se o espelho d'água.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011



Figura 16 - Sala de estar.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011



Figura 17 - Sala de jantar.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011



Figura 18 - Vista da Janela da Cozinha.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011



Figura 19 - Porta da Área de Serviço.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011

4.2 Descrição dos sistemas adotados

4.2.1 Aproveitamento das condições climáticas locais

O projeto arquitetônico da Casa Eficiente foi baseado nos conceitos de arquitetura bioclimática, com estudo aprofundado dos condicionantes climáticos locais, tais como orientação solar, radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar, sombreamento de elementos externos e ventos predominantes. As soluções de projeto estão voltadas para a melhor aplicação destes condicionantes, com o aproveitamento dos ventos predominantes no verão, barreiras para proteção contra os ventos de inverno, orientação e inclinação dos telhados para melhor aproveitamento da radiação solar, para geração de energia e aquecimento solar de água.

A adequação do projeto às condições climáticas locais requer a avaliação dos diversos condicionantes descritos acima, além do entorno urbano. A Casa Eficiente tem como exemplo o macroclima da cidade de Florianópolis/ SC.



Figura 20 - Localização.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011

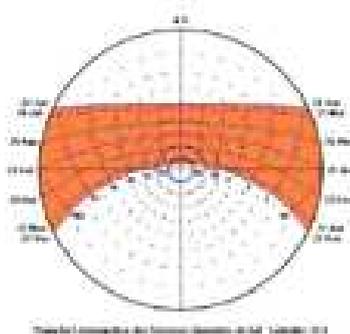


Figura 21 - Diagrama da Trajetória Solar na Latitude de Florianópolis 27°60'.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011

Em regiões que apresentam boa distribuição de chuvas durante todo o ano, como é o caso da cidade de Florianópolis, deve-se considerar o uso da água pluvial como um recurso hídrico alternativo e complementar. Já as regiões áridas, com longos períodos de estiagem, necessitam armazenar grandes volumes de água para suprir às necessidades nos períodos de seca, o que pode limitar ou inviabilizar alguns usos para a água de chuva. Ressalta-se que o uso da água de chuva no semiárido do nordeste brasileiro tem sido amplamente incentivado, mas limitado apenas para beber, cozer alimentos e asseio pessoal (sem banho), correspondendo a um consumo per capita de aproximadamente de 20 l/pessoa/dia. (ELETROBRÁS, 2011)

Com relação aos ventos, na cidade de Florianópolis deve-se minimizar a ação dos ventos frios vindos da direção Sul no inverno e favorecer o aproveitamento da ventilação nos ambientes internos no verão.

O aproveitamento da iluminação natural é outro fator importante no projeto e contribui para a redução do consumo de energia destinada à iluminação artificial. Este parâmetro pode ser aplicado em projetos de todas as localidades.

4.2.2 Sistemas alternativos de condicionamento dos ambientes

No projeto da Casa Eficiente, foram empregados sistemas alternativos de resfriamento e aquecimento ambiental. Também se buscou o resgate de soluções

termicamente adequadas da arquitetura vernacular, como o uso do fogão a lenha, que aquece o interior da casa no inverno.



Figura 22 - Fogão a lenha- Resgate da arquitetura vernacular.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011

O clima de Florianópolis demanda o emprego de paredes pesadas, ou seja, com inércia térmica elevada, para garantir condições adequadas de conforto térmico durante o inverno. Desse modo, adotou-se o uso de paredes duplas de tijolo maciço com isolamento térmico interno em lã de rocha. Junto com a inércia térmica das paredes, tem-se como resultado o amortecimento e atraso térmico nas temperaturas internas em relação ao ambiente externo. (ELETROBRÁS, 2011)



Figura 23 - Visor localizado na parede da sala de jantar - Camadas constituintes da parede externa - tijolo maciço + lã de rocha + tijolo maciço.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011

O projeto das aberturas foi elaborado privilegiando a ventilação cruzada em todos os ambientes de maior permanência (quartos e sala de estar/jantar). Em toda a área molhada da Casa, onde os períodos de permanência dos ocupantes são menores (cozinha, área de serviço e banheiro), foi localizada na fachada oeste, funcionando como barreira contra a insolação nesta orientação.

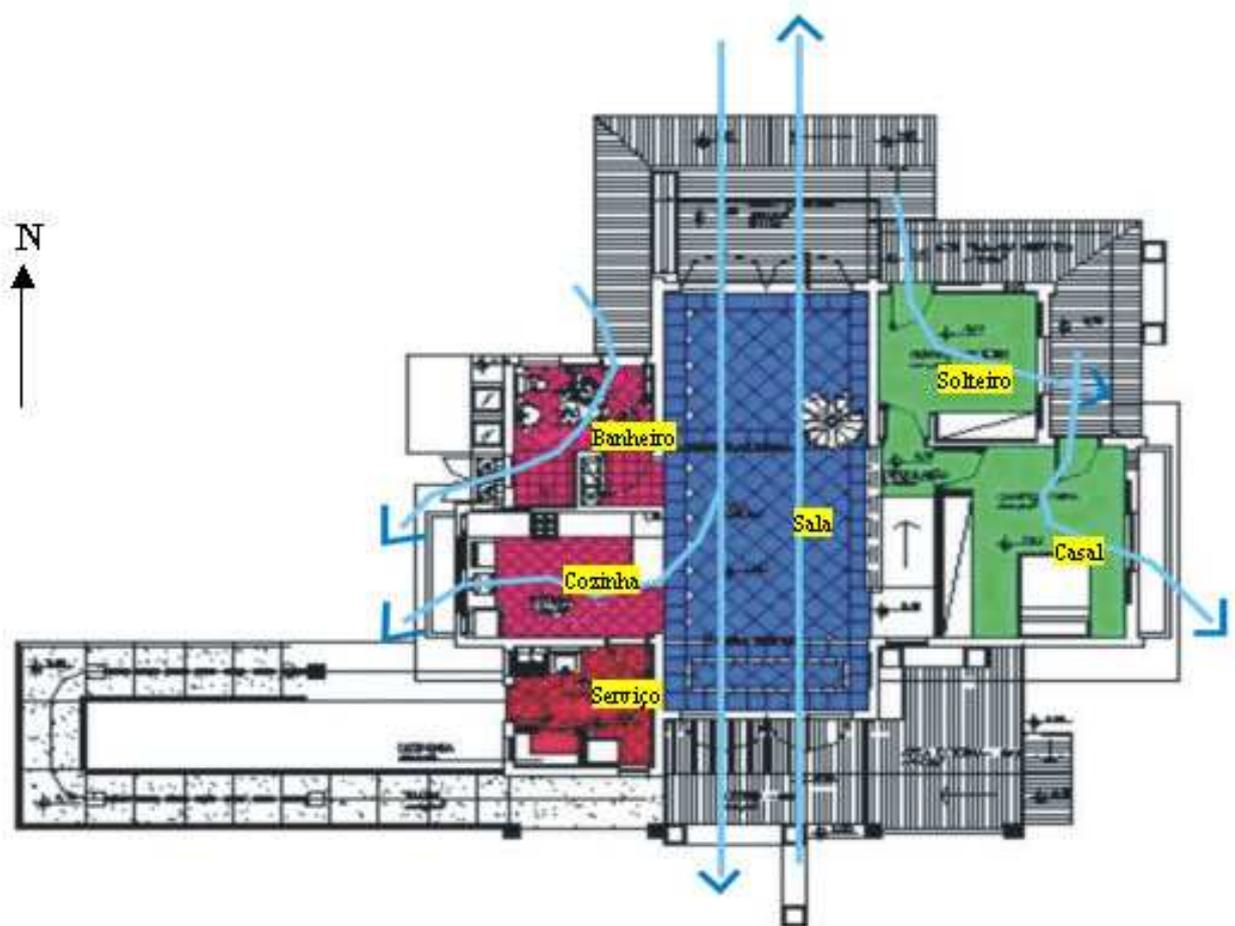


Figura 24 - Planta Baixa - aproveitamento da ventilação natural.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011

Para assegurar o melhor desempenho das esquadrias, as mesmas possuem vidros duplos, assegurando um melhor isolamento térmico e acústico. Também foram usadas persianas externas de PVC, para sombreamento diurno, além do emprego de protetores solares externos. Como alternativa para a ventilação no período noturno, empregou-se nos dormitórios uma estratégia denominada insuflamento mecânico do ar externo durante o verão. Ou seja, um equipamento "puxa" o ar externo durante a noite, "lançando-o" no interior dos quartos, favorecendo o resfriamento da temperatura e o conforto dos usuários. (ELETROBRÁS, 2011)



Figura 25 - Esquadria vidro duplo no banheiro.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011



Figura 26 - Esquadria com vidros duplos e persianas externas em PVC - quarto de solteiro.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011



Figura 27 - Insuflador instalado no quarto de solteiro.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011

O aquecimento dos quartos é feito por meio de circulação de água aquecida por coletores solares em uma tubulação de cobre presa ao rodapé, tecnologia inovadora, que posiciona a Casa Eficiente como “Vitrine de Conceitos e de Tecnologias”.



Figura 28 - Tubulação de cobre presa ao rodapé do quarto de solteiro.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011

Quanto à cobertura, um elemento de grande influência nos ganhos e perdas térmicos de uma residência, foi adotado em uma área significativa o sistema de teto-jardim. O objetivo geral da proposta é aprofundar os conhecimentos na área de comportamento térmico de tetos-jardins sob as condições climáticas de Florianópolis, com o auxílio do referencial técnico das realizações existentes e de novos dados experimentais a serem obtidos, procurando principalmente quantificar a eficiência energética e o potencial de conforto do teto-jardim, comparando também seu desempenho em relação às demais coberturas da casa.



Figura 29 - Visor indicando as camadas constituintes da cobertura - Sala de jantar.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011

Os tetos-jardins tem o potencial de proporcionar a redução da velocidade de escoamento das águas pluviais, melhoria das condições do ar, melhoria do conforto interno, maior isolamento termo-acústico, filtragem da poluição das águas de chuva, aumento do tempo de vida útil dos materiais constituintes da cobertura, diminuição das patologias da cobertura e benefícios estéticos da criação de novas paisagens.



Figura 30 - Cobertura em Teto-jardim.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011

A diminuição do fluxo de calor para o interior das edificações implica em redução do consumo de energia elétrica para refrigeração. Já a diminuição das temperaturas superficiais externas implica na diminuição das temperaturas do microclima urbano, reduzindo-se assim os efeitos nocivos dos processos de aquecimento das cidades.

4.2.3 Uso de materiais locais

Visando a sustentabilidade, priorizou-se o uso de materiais locais, renováveis e de menor impacto ambiental. Utilizou-se madeira de reflorestamento (peças laminadas de pinus e eucalipto autoclavado), bambu, tijolos e telhas cerâmicas de produção local, reduzindo os gastos energéticos com transporte de materiais até o canteiro de obras.

Além de reduzir os gastos energéticos de transporte, o uso de materiais da própria região favorece a economia local. Por outro lado, este princípio aponta igualmente para a valorização de aspectos culturais ligados à construção, como sejam, o uso de tecnologias e

atividades tradicionais, com a utilização de materiais e/ou espécies locais, métodos e processos de adaptação ao clima, entre outros. (DELGADO, 2011)



Figura 31 - Detalhe dos materiais construtivos utilizados na Casa Eficiente- Fôrro em madeira de pinus e eucalipto autoclavado.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011

Aproveitou-se também o entulho resultante da remoção do antigo piso do local onde foi construída a Casa Eficiente, como agregado graúdo para a produção do concreto utilizado na construção da rampa externa.

4.2.4 Projeto paisagístico

O projeto paisagístico da Casa Eficiente privilegiou o uso de espécies frutíferas e nativas da Mata Atlântica, algumas em vias de extinção. A vegetação foi empregada para criação de microclima local, utilizando as espécies adequadas para diminuir a velocidade do vento sul, através da sua disposição em barreiras.



Figura 32 - Vegetação no entorno da Casa Eficiente.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011

No teto-jardim foi adotada camada de vegetação com espécies vegetais de baixa manutenção e resistentes à seca. Os tetos-jardins são conhecidos desde tempos antigos em diversos países como um artifício de regulação térmica, tanto para situações de calor como para situações de frio. Na atualidade, sua utilização tem sido reconsiderada em diversos países, principalmente pelo potencial de economia de energia e de atenuação dos fenômenos climáticos (ilhas de calor e inundações), ocasionados ou agravados pela substituição massiva dos espaços naturais por espaços construídos. O efeito sombreador e as funções biológicas da vegetação e as propriedades isolantes da camada de terra são responsáveis pela redução do fluxo de calor para o ambiente interno através da cobertura, resultando na redução das temperaturas superficiais. (ELETROBRÁS, 2011)

Especificamente, o teto-jardim da Casa Eficiente é composto pelas seguintes camadas:

- Camada de vegetação (espécies vegetais de baixa manutenção e resistentes à seca);

- Camada de desenvolvimento da vegetação (terra vegetal);
- Camada filtrante (manta do tipo bidim);
- Camada drenante (agregados graúdos: brita e seixo-rolado);
- Camada de proteção da impermeabilização (argamassa de regularização com tela);
- Camada de impermeabilização (torodin extra tecno);
- Suporte estrutural (laje convencional de concreto armado).

4.2.5 Uso racional de água

Como medidas de uso racional da água, foram utilizadas nas instalações hidráulicas peças e linhas econômicas, com baixo consumo. Foram previstos também o aproveitamento da água pluvial, tratamento dos efluentes por zona de raízes e reaproveitamento dos efluentes de águas cinza após tratamento biológico.

As instalações hidráulicas utilizam dispositivos economizadores. Foram adotados equipamentos que possibilitam baixo consumo de água, equipamentos economizadores, disponíveis no mercado e adequados ao padrão de uso residencial, tais como: arejadores; vaso sanitário de descarga reduzida (com consumo nominal de 6 litros, e real de 6,8 litros). Ressalta-se também o emprego de um dispositivo dual para escolha de acionamento da descarga da caixa acoplada, apresentando opções para descarga completa e somente para líquidos (urina).

Todos os dispositivos foram selecionados a partir das linhas econômicas apresentadas pelos principais fabricantes do mercado. A tabela a seguir lista a especificação dos equipamentos economizadores de água empregados.

Tabela 1: Equipamentos Economizadores de Água Empregados.

EQUIPAMENTOS ECONOMIZADORES DE ÁGUA EMPREGADOS	
Equipamentos	Descrição
Vaso Sanitário	O vaso sanitário é do tipo com caixa acoplada, com descarga externa de ciclo dual (6,0 e 3,0 litros, nominal).
Torneira para Jardim	Com acabamento cromado, acompanhada da devida sinalização (aviso: água não potável) e trava de segurança, linha econômica.
Registro de Gaveta e Registro de Pressão	Os registros de gaveta e pressão são de linha econômica, com acabamento cromado.
Torneira para Lavatório	A torneira para lavatório é de linha econômica, com acabamento cromado, com misturador mono-comando de pastilha cerâmica e arejador.
Torneira para Pia de Cozinha	Linha econômica, com acabamento cromado, com misturador de pastilha cerâmica, mono-comando e arejador.
Torneira para Tanque	Linha econômica, com arejador.
Ducha Manual	Linha econômica, com acabamento cromado, com regulador de vazão e arejador.
Chuveiro	Eletrônico com misturador termostático de pastilha cerâmica. Observação: Na Casa Eficiente é empregado aquecimento solar de água, sendo realizados, também, experimentos com uso do chuveiro elétrico.

Fonte: Adaptado de ELETROBRÁS, 2011.

O aproveitamento de água pluvial é para fins não potáveis. Esse sistema tem como objetivo coletar as águas pluviais das áreas de contribuição da edificação e conduzi-las a uma cisterna para aproveitamento. A cobertura foi adaptada para a melhor captação das águas pluviais, que serão aproveitadas para usos finais não potáveis: descarga de vaso sanitário, tanque de lavar roupa, lavagem de piso e irrigação da horta.

Depois de drenada, a água das chuvas coletada passa por um dispositivo separador de sólidos (uma peneira autolimpante), para descarte de folhas, gravetos e detritos. Devido ao risco de concentração de poluentes na água coletada (poluentes tóxicos na atmosfera de áreas urbanas, poeira e fuligem acumulada na cobertura e calhas, entre outros), as águas

das primeiras chuvas são desviadas por um dispositivo instalado antes da cisterna. No caso da ocorrência de uma chuva com alta intensidade, que supere a capacidade de armazenamento da cisterna, o excesso de água é escoado através do extravasor (ladrão). Caso não haja água pluvial suficiente na cisterna para o abastecimento do reservatório superior, este será complementado automaticamente com água potável da rede de abastecimento.

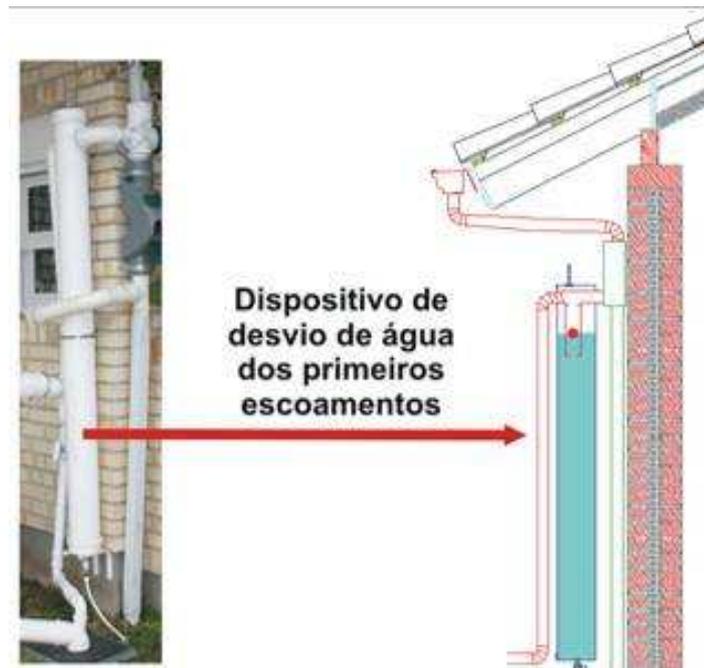


Figura 33 - Dispositivo de descarte de água das primeiras chuvas, fabricado com tubos e conexões de PVC.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011



Figura 34 - Dispositivo de Descarte de sólidos instalado do interior da cisterna.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011



Figura 35 - Dispositivo de descarte de sólidos instalado na tubulação de água pluvial.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011

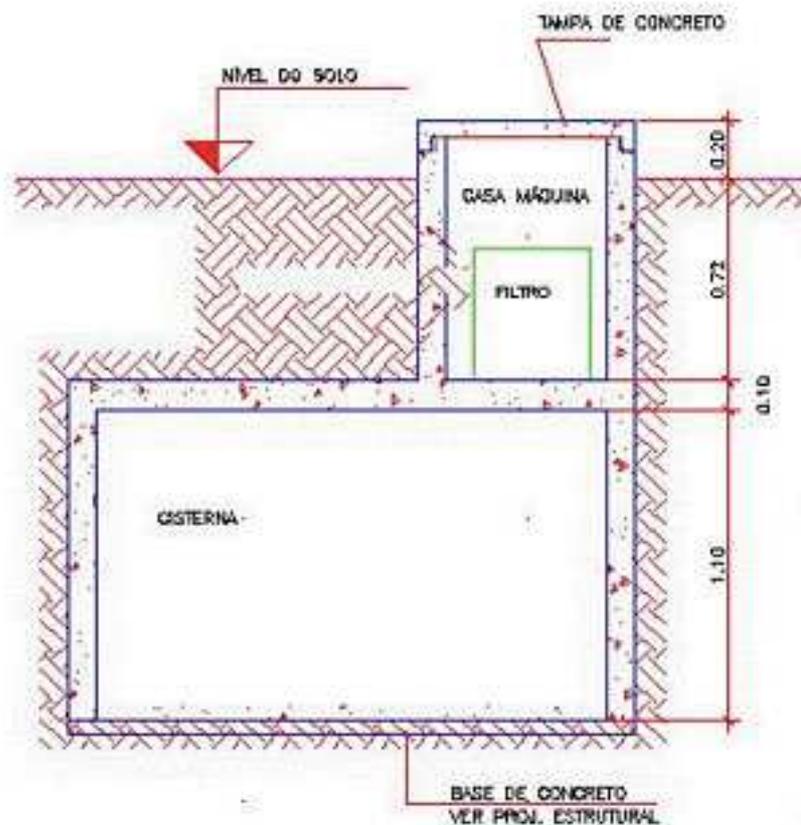


Figura 36 - Corte esquemático da cisterna.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011

Quanto ao tratamento da água, as águas residuárias são separadas em duas vias: os efluentes de águas cinza de banho, tanque, máquina de lavar roupa e lavatório são tratados em um leito cultivado (tanque de zona de raízes ou wetland), passam por uma peneira e são então armazenados para posterior utilização na irrigação do jardim. Já os efluentes de vaso sanitário e pia da cozinha são tratados, em uma fossa séptica e um leito cultivado, e então encaminhados para a rede de esgotamento sanitário. Os leitos cultivados são plantados com uma espécie nativa de junco (*Zizania bonariensis* brás) e possuem uma das camadas preenchida com cascas de ostras, resíduos da atividade de maricultura local, ao invés dos leitos convencionais que utilizam brita. (ELETROBRÁS, 2011)

No sistema de tratamento biológico das águas cinzas, os efluentes seguem para um leito cultivado, onde ocorrem operações e processos de tratamento. Na saída deste tanque, os efluentes são peneirados para eliminação de sólidos e em seguida são armazenados em

um reservatório particular. Depois, essa água armazenada é bombeada para uma caixa de água localizada sobre os quartos e daí segue para abastecer o sistema de irrigação do jardim.



Figura 37 - Torneira externa com acionamento restrito, destinada à irrigação e abastecida com água de reúso.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011

No tratamento dos esgotos provenientes de vaso sanitário e pia de cozinha o objetivo do sistema de é a redução da carga orgânica destes efluentes antes de serem lançados na rede coletora de esgotos. Para tanto, realiza-se o tratamento destas águas residuárias em vias distintas dos demais efluentes de águas cinzas, que são utilizados para irrigação. Assim, as águas que apresentam maior potencial de contaminação passam por uma fossa séptica, onde ocorrem operações e processo bioquímicos, e por um leito cultivado, e daí são encaminhados à rede de esgotamento sanitário.

Foram construídos dois tanques independentes: um com 2,00 m por 3,20 m, para os efluentes do vaso sanitário e da pia de cozinha e outro com 2,00 m por 4,20 m, para os

efluentes dos demais pontos de utilização, sendo que ambos possuem 0,65 m de profundidade. Vale lembrar que o dimensionamento do tanque de zona de raízes depende de uma série de fatores que são específicos em cada caso, tais como: volume de efluentes produzidos e demanda de água para os pontos de uso não potáveis. Ou seja, o sistema empregado na Casa Eficiente serve de exemplo, mas o dimensionamento será diferenciado de acordo com cada obra. (ELETROBRÁS, 2011)

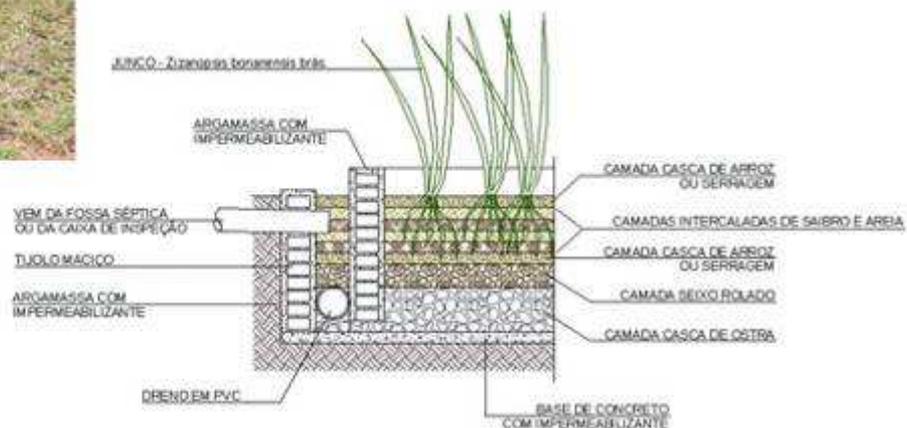


Figura 38 - Trecho em corte do tanque de zona de raízes.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011

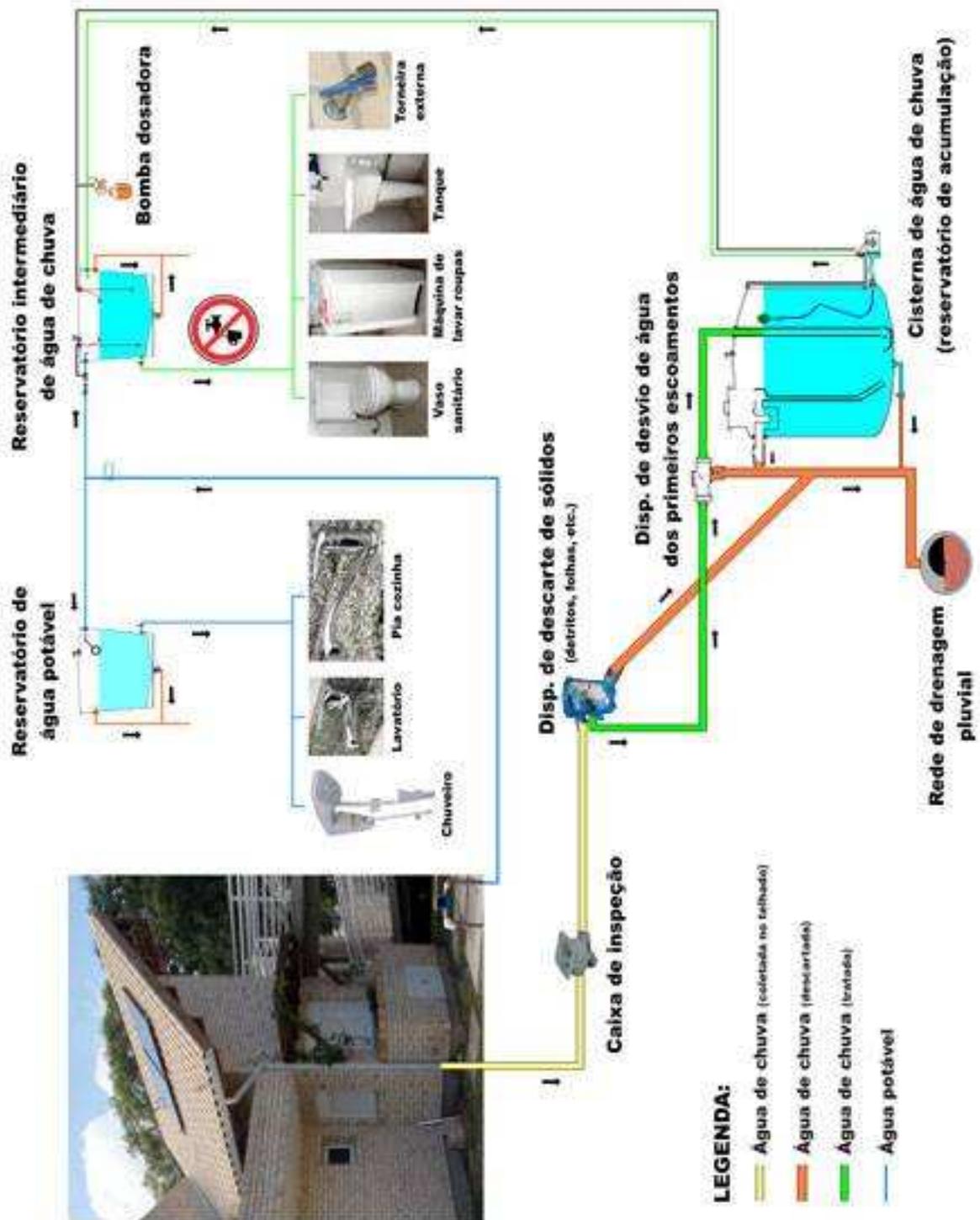


Figura 39 - Esquema das instalações destinadas ao aproveitamento de água pluvial na Casa Eficiente.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011

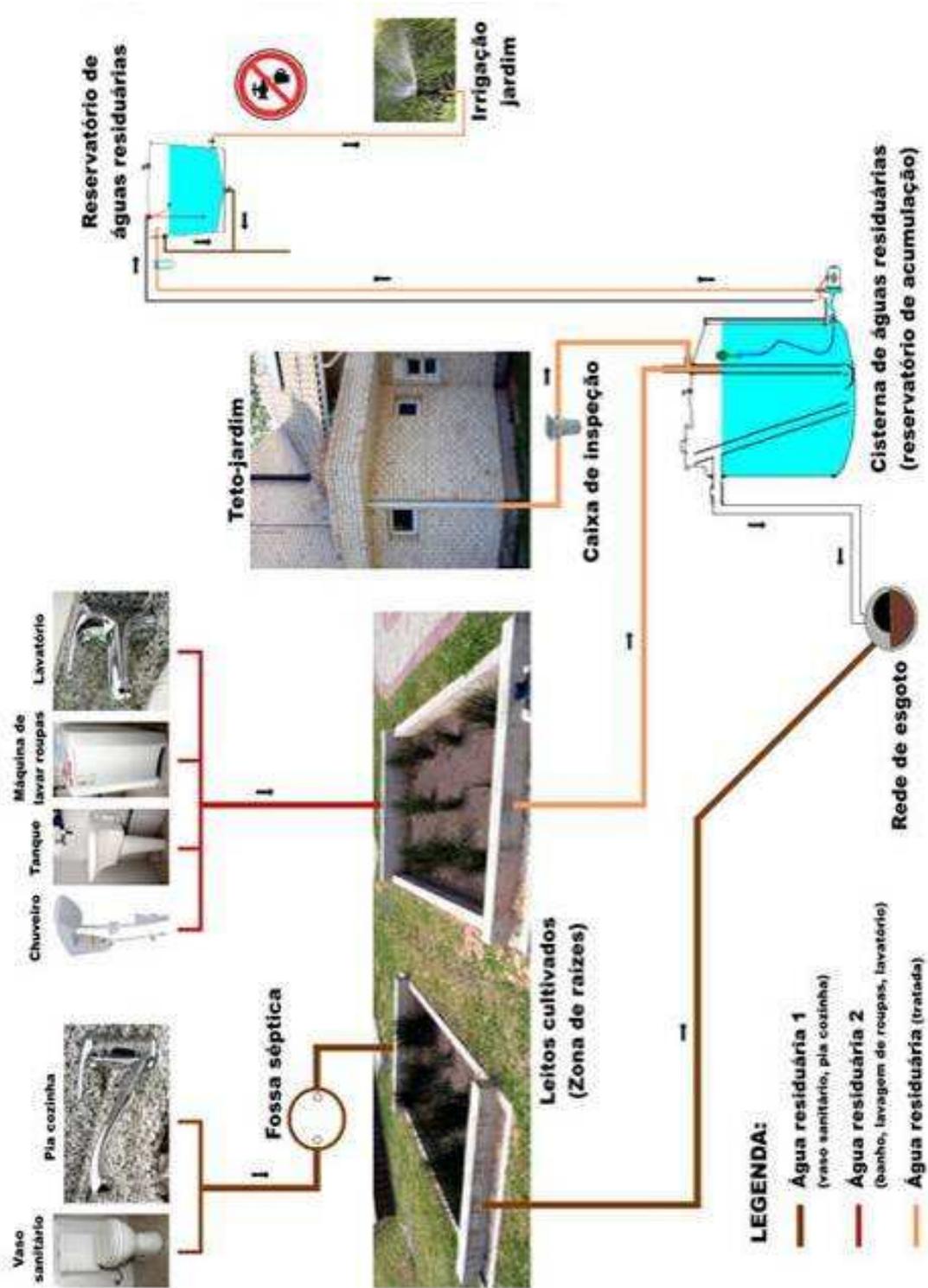


Figura 40 - Esquema das instalações destinadas ao reúso de água na Casa Eficiente, destacando-se as duas vias distintas de tratamento, utilização e destinação final.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011

4.2.6 Sistemas complementares

Na Casa Eficiente foi promovida a integração do partido arquitetônico com sistemas complementares, tais como aquecimento solar e geração de energia fotovoltaica. Os conceitos de eficiência energética, conforto ambiental e sustentabilidade estão presentes desde a concepção do projeto, estimando-se que a redução do consumo de energia possa atingir até 64%, para uma residência desse porte. (ELETROBRÁS, 2011)

Todas as lâmpadas e eletrodomésticos propostos no projeto possuem selo A do PROCEL, com o intuito de economia de energia. O Selo PROCEL foi criado com o intuito de indicar aos consumidores os equipamentos e eletrodomésticos disponíveis no mercado nacional que apresentam os maiores índices de eficiência energética em cada categoria. Os equipamentos são ensaiados em laboratórios indicados pelo Inmetro e classificados de acordo com sua eficiência energética, sendo que os classificados como A são contemplados com o Selo por apresentarem maior eficiência energética. Atualmente este Selo é concedido a refrigeradores, *freezers*, condicionadores de ar e coletores solares. (PROCEL INFO, 2011)

Quanto à geração de energia elétrica, foi instalado um sistema fotovoltaico na Casa Eficiente. Um painel de silício amorfo foi sobreposto sobre a face norte do telhado da sala, cuja inclinação foi definida de acordo com a latitude local (27°), para obter o melhor rendimento do painel nesta latitude.

Os módulos fotovoltaicos são de tecnologia brasileira (em fase de fabricação), e na proposta de “Vitrine de Conceitos e de Tecnologias” o intuito de se investigar seu uso potencial. Estes módulos serão implantados futuramente e são resultado de um projeto de pesquisa desenvolvido pela PUC-RS. Foram patrocinados pela ELETROSUL, em parceria com a Rede Brasil de Tecnologia do Ministério de Ciência e Tecnologia - MCT. A PUC-RS foi escolhida para desenvolver este projeto por ser a sede do Centro Brasileiro para Desenvolvimento da Energia Solar Fotovoltaica, centro de referência ligado ao Ministério da

Ciência e Tecnologia, com infra-estrutura ímpar na área de fabricação de dispositivos fotovoltaicos.

Nos laboratórios da PUC-RS, já foram produzidas células fotovoltaicas com 17% de eficiência. A expectativa é de que, depois de prontos, os módulos fotovoltaicos tenham eficiência de 14%, valor considerado muito bom, uma vez que a média mundial para esta tecnologia é em torno de 11 a 12 %. (ELETROBRÁS, 2011)

Existem módulos fotovoltaicos no mercado, com eficiência em torno de 17 %, que utilizam tecnologias caras e com baixa relação custo-benefício, ao contrário dos módulos nacionais, que utilizam silício monocristalino e que apresentarão uma elevada relação custo-benefício.

As células fotovoltaicas possuirão 100 mm x 100 mm, formando pseudo-quadrados, e os módulos possuirão uma das duas dimensões: 99 cm x 43 cm ou 130 cm x 32 cm. O painel fotovoltaico da Casa Eficiente será constituído por 40 (quarenta) módulos de 50 W, totalizando 2.000 W e poderá ter 3,29 m x 4,35 m ou 3,29 m x 5,20m. Em sua constituição, os coletores solares dividem-se em dois elementos principais: a placa absorvedora (composta por tubos e chapas de material bom condutor de calor, por exemplo, o cobre) e o gabinete, que consiste basicamente em uma caixa metálica isolada termicamente e com cobertura transparente (vidro ou policarbonato).

O LMBEE (Laboratório de Monitoramento Bioclimático e Eficiência Energética), instalado na Casa Eficiente, desenvolverá pesquisas que permitirão quantificar a energia produzida pelo sistema fotovoltaico, a quantidade de energia elétrica consumida da rede elétrica e a parcela de energia elétrica excedente que é exportada para a rede elétrica do edifício sede. Desse modo, poder-se-á avaliar o desempenho do sistema fotovoltaico conectado à rede e a viabilidade de seu emprego sob as condições climáticas de Florianópolis, com a estimativa dos créditos gerados ao consumidor pelo fato da energia excedente estar sendo exportada para a rede da concessionária. Convém salientar que o sistema conectado à rede elétrica, instalado na Casa Eficiente, é um protótipo, pois ainda

não há legislação específica para regulamentar esta prática no Brasil. (ELETROBRÁS, 2011)

Para aquecer a água de chuveiro, torneira e cozinha, foi empregado aquecimento solar. A inclinação do telhado foi projetada para favorecer o máximo rendimento dos coletores solares nesta latitude (latitude 27°). O aquecimento solar de água também foi empregado em um sistema de aquecimento ambiental instalado nos quartos, por meio de circulação de água quente pelo rodapé em tubulação de cobre durante o inverno. O aquecimento solar da água tem o sistema composto por coletores solares e boilers com selo A do PROCEL.

Na Casa Eficiente, foram utilizados dois conjuntos de placas coletoras, com 1,4 m² de área cada. Um dos sistemas é destinado ao aquecimento de água para banheiro e cozinha e o outro destinado ao sistema de aquecimento ambiental dos quartos, efetuado por meio de circulação de água aquecida através de uma tubulação de cobre disposta junto ao rodapé. A determinação da quantidade de placas coletoras depende da fração solar desejada para o sistema (relação entre a energia fornecida pelo sistema de aquecimento solar e a energia total gasta com aquecimento).



Figura 41 - Placas fotovoltaicas e coletores solares.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011

4.2.7 Acessibilidade

Como a Casa Eficiente é aberta à visitação pública, sujeita a receber uma grande quantidade de pessoas, foi proporcionada a acessibilidade a todos os ambientes, para facilitar a visitação pública, incluindo pessoas com necessidades especiais, gerando assim a conscientização coletiva sobre a acessibilidade universal. Para tal, as dimensões do banheiro, rampas e as alturas das bancadas e peitoris foram adequados à norma de acessibilidade – NBR 9050 (2004).



Figura 42 - Rampa para proporcionar a acessibilidade.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011



Figura 43 - Barras de apoio junto ao vaso sanitário.

Fonte: ELETROBRÁS, 2011

Todas as instalações foram projetadas de forma que permitissem sua visitação ou acesso, em sua maioria aparentes, reduzindo eventuais gastos com reformas futuras e tornando possível ao visitante melhor compreensão dos sistemas.

4.2.8 Análise dos custos

A ELETROSUL, em apoio às ações de sua “holding”, a ELETROBRÁS, que tem a responsabilidade de gerir os recursos do PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, buscou a implantação do projeto da Casa Eficiente em sua sede para ser uma Vitrine de Conceitos e de Tecnologias, atendendo desta forma a um dos importantes objetivos do PROCEL: a educação, a conservação dos recursos naturais, bem como o combate ao uso ineficiente de energia.

A ELETROSUL e a ELETROBRÁS, através do PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, firmaram uma cooperação para implantar este projeto, no qual foi investido R\$ 477.227,40 (quatrocentos e setenta e sete mil, duzentos e vinte e sete reais e quarenta centavos). Deste valor, 37,12 % - R\$ 177.167,22 (cento e setenta e sete mil, cento e sessenta e sete reais e vinte e dois centavos) coube à ELETROBRÁS/PROCEL e 62,88 % - R\$ 300.060,18 (trezentos mil e sessenta reais e dezoito centavos) a ELETROSUL. Além destes valores, a ELETROSUL disponibilizou a infra-estrutura e o terreno onde foi construída a Casa Eficiente. O retorno esperado de um investimento desta natureza é a disseminação de novos conceitos e padrões tecnológicos, resultando no uso racional da energia e a consequente preservação dos recursos naturais.

O LabEEE (Laboratório de Eficiência Energética de Edificações/UFSC), que elaborou o projeto da Casa Eficiente, é responsável pelo monitoramento termo-energético e de consumo de água, através da aquisição de dados permanente. Pesquisadores do LabEEE compõem a equipe do LMBEE (Laboratório de Monitoramento Bioclimático e Eficiência Energética), responsável pelo desenvolvimento de pesquisas científicas na Casa Eficiente em períodos quinzenais todos os meses.

Dentre as tecnologias destinadas à economia de recursos, os equipamentos economizadores de água trazem grande vantagem para a redução do consumo de água, mas o valor percentual de economia pode variar em função da pressão do ramal de alimentação, do número de usos (frequência), tempo de acionamento e hábitos dos

usuários. Assim sendo, os resultados apresentados são dados pontuais que quando aplicados a alguma edificação podem apresentar variações, ou seja, as reduções obtidas são variáveis.

No que se refere ao uso da energia solar para aquecimento de água, vale a pena investir, pois o tempo do retorno do investimento, utilizando coletores solares existentes atualmente no mercado, é de cerca de 3 anos, sendo que estes sistemas possuem uma vida útil aproximada de 30 anos. (ELETROBRÁS, 2011)

Para o uso da energia solar na geração de eletricidade serão utilizados módulos fotovoltaicos. Estes módulos são de tecnologia brasileira e serão implantados futuramente, resultado de projeto de pesquisa desenvolvido na PUC-RS, patrocinados pela ELETROSUL, em parceria com a Rede Brasil de Tecnologia do Ministério de Ciência e Tecnologia - MCT. Ainda não se tem os valores para o custo dos módulos com tecnologia brasileira, no entanto, o projeto em desenvolvimento tem como objetivo produzir módulos fotovoltaicos com custo menor do que o dos módulos atualmente comercializados no Brasil.

Podemos afirmar que vale a pena investir no aproveitamento da energia solar, por ser uma energia limpa e disponível em quase todos os pontos do planeta. No caso dos sistemas fotovoltaicos, o investimento ainda é alto, mas há expectativa de, num futuro próximo, aumentar a utilização desta forma de geração de energia. Cabe lembrar os benefícios que a instalação destes sistemas fotovoltaicos traz ao meio ambiente pelo fato de produzirem energia elétrica na própria residência (ponto de consumo) sem fazer ruído e sem poluição no seu processo de geração de energia elétrica. Sendo que a única poluição no processo deve-se à fabricação do módulo fotovoltaico e no seu descarte. Tendo ainda a vantagem, no caso de módulos fotovoltaicos utilizados em residências, de não se precisar transmitir nem distribuir a energia gerada. (ELETROBRÁS, 2011)

Existem módulos fotovoltaicos no mercado, com eficiência em torno de 17 %, que utilizam tecnologias caras e com baixa relação custo-benefício, ao contrário dos módulos nacionais, que utilizam silício monocristalino e que apresentarão uma elevada relação custo-

benefício. Tais aspectos indicam uma expectativa otimista com relação ao custo dos módulos fotovoltaicos. No entanto, a pesquisa não está concluída e o custo de cada módulo ainda não foi definido.

Em locais não atendidos por rede elétrica, como áreas rurais remotas ou ilhas, normalmente utilizam-se baterias para armazenar a energia excedente gerada nos módulos fotovoltaicos, constituindo o chamado sistema fotovoltaico isolado. Na Casa Eficiente, que é servida pela rede elétrica, utiliza-se o sistema fotovoltaico conectado à rede, que injeta a energia gerada na rede elétrica do edifício sede da Eletrosul.

Como atualmente a ANEEL não permite que a energia gerada por consumidores seja disponibilizada na rede elétrica da concessionária, a energia excedente, que está sendo gerada pelo sistema e não consumida naquele momento, é levada para rede da Eletrosul. A idéia é que num futuro próximo, a ANEEL possua uma política neste sentido e que a energia excedente possa ser interligada à rede elétrica de distribuição, contribuindo para o fornecimento de energia elétrica para outros consumidores. Este tipo de sistema já é utilizado em alguns países.

A implantação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e de sistemas de tratamento e utilização de águas residuárias apresentam grande potencial de aplicação, são de baixo custo e com boa viabilidade técnica e econômica. Além de bom potencial de retorno do investimento empregado, estas estratégias promovem a conservação da água e a redução de impactos ao meio ambiente.

5. CONCLUSÃO

Os custos de implantação na íntegra dos projetos da Casa Eficiente ainda são elevados. Por se tratar de uma Vitrine Tecnológica, o projeto incorpora algumas tecnologias que ainda não são difundidas ou popularizadas no mercado, apresentando, portanto, alto custo. No entanto, tem-se a expectativa de que os custos de tais tecnologias se reduzam à medida que se popularizem. Este projeto aposta numa formação de conceitos, tanto para os profissionais da construção civil como para o público em geral, buscando a difusão de conceitos de arquitetura bioclimática e tecnologias de ponta, junto à sociedade.

Algumas medidas como a arquitetura bioclimática e vernacular, aproveitamento da ação dos ventos característicos do verão, iluminação natural e redução no desperdício de água e energia, podem ser adotadas sem custos adicionais, estão ao alcance de todos e requerem basicamente atenção especial na concepção do projeto. Uma residência ecoeficiente depende do seu princípio de concepção para ser economicamente viável. As opções das tecnologias economizadoras devem ser estudadas caso a caso, conforme a necessidade de cada cliente. É possível realizar obras que incorporem princípios semelhantes aos da Casa Eficiente, com o auxílio de profissionais especializados (arquitetos e engenheiros), capazes de adequar tais princípios às necessidades do cliente, responsabilizando-se pela elaboração do projeto e acompanhamento de sua execução.

Sistemas inovadores como o uso da energia fotovoltaica devem ter mais incentivo do poder público para se tornarem viáveis e atrativos ao consumidor final. Deverão ser estudadas novas regras e compensações de custo para beneficiar as pessoas que optarem pela utilização de tecnologias economizadoras/ ecológicas.

O sistema de tratamento de águas residuais, por exemplo, que diminui a carga de orgânica dos efluentes, deveria ser muito bem recompensado e incentivado, pelo potencial de redução os custos com o sistema de tratamento de esgoto do município.

Além da economia direta que as tecnologias estudadas podem trazer ao usuário, a maioria dos sistemas implantados terão seus custos ressarcidos ao longo da operação e

manutenção da edificação durante sua vida útil, contando ainda com o benefício da redução dos impactos ao meio ambiente.

O ideal da ecoeficiência é a redução dos custos, promovendo economia individual direta ou indiretamente, com prerrogativa de construir um mundo melhor para todos, reduzindo os malefícios gerados ao meio ambiente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Fernando A.. **O bom negócio da sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002. 192 p.

ALVES, Carlos Eduardo Teobaldo; QUELHAS, Osvaldo L. G.. **A Ecoeficiência e o Ecodesign na Indústria da Construção Civil**: Uma abordagem à prática do desenvolvimento sustentável na gestão de resíduos com uma visão de negócios. Rio de Janeiro: Associação Educacional Dom Bosco, 2004. 10 p. Disponível em: <www.aedb.br/seget/artigos04/106_seget%20artigo.doc>. Acesso em: 22 set. 2011.

ASSIS, Vinícius Barbosa de; COLOMBINI, Ana Paula. **Ecoeficiência para desenvolvimento de construções sustentáveis**. Belo Horizonte: IETEC, 2010. 8 p.

BARBOSA, Gisele Silva. Portal São Francisco. **O Desafio do Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/sustentabilidade-ambiental/sustentabilidade-ambiental-2.php>>. Acesso em: 12 jan. 2012.

BLASO, Vivian. Certificação de Empreendimentos: Green Buildings e a importância estratégica dos recursos naturais. **Revista Sustentabilidade**, São Paulo, n. , p.21-22, ago. 11. Disponível em: <www.revistasustentabilidade.com.br/artigos/certificacao-de-empreendimentos-green-buildings-e-a-importancia-estrategica-dos-recursos-naturais>. Acesso em: 01 nov. 11.

DELGADO, Aline (Portugal). Portal da Construção Sustentável. **Os 10 princípios do PCS**: Conheça os 10 princípios do Portal da Construção Sustentável. Disponível em: <<http://www.csustentavel.com/index.php>>. Acesso em: 29 nov. 2011.

ELETROBRÁS. Eletrosul Centrais Elétricas S.A. **Casa Eficiente**.. Florianópolis/ SC. Disponível em: <<http://www.eletrosul.gov.br/casaeficiente/br/home/index.php>>. Acesso em: 13 dez. 2011.

FLORIM, Leila Chagas; QUELHAS, Osvaldo Luiz Gonçalves. Contribuição para a Construção Sustentável: Características de um Projeto Habitacional Eco-Eficiente. **Engevista**, São Paulo, v. 6, n. 3, p.120-121, dez. 2004.

JOHN, Vanderley Moacyr; PRADO, Racine Tadeu Araújo. Caixa Econômica Federal (Coord.). **Boas práticas para habitação mais sustentável**. São Paulo: Páginas & Letras - Editora e Gráfica, 2010. 202 p.

LAMBERTS, Roberto... [et al.] (Sc). UFSC/LABEEEE (Ed.). **Casa eficiente: Bioclimatologia e desempenho térmico**. Florianópolis: UFSC, 2010. 1º. v.

LAMBERTS, Roberto... [et al.] (Sc). UFSC/LABEEEE (Ed.). **Casa eficiente: Consumo e geração de energia**. Florianópolis: UFSC, 2010. 2º. v.

LAMBERTS, Roberto... [et al.] (Sc). UFSC/LABEEEE (Ed.). **Casa eficiente: Uso racional da água**. Florianópolis: UFSC, 2010. 3º. v.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttakay. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: Pw Gráficos e Editores Associados Ltda, 1997. 192 p.

PARREIRA, Henrique de Freitas. Ministério Público do Estado de Goiás. **MP aciona Prefeitura de Goiânia por omissão em degradação ambiental às margens de córrego**. Disponível em: <<http://www.mp.go.gov.br/portalweb/1/imprimir/noticia/bdd841c25552036874f0088bf5992b4a.html>>. Acesso em: 15 jan. 2012.

PBH. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. **Estações de Reciclagem de Entulho**. Disponível em: <<http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/contents.do?evento=conteudo&idConteudo=26993&chPlc=26993&termos=entulho>>. Acesso em: 12 jan. 2012.

PRADO, Thays. AQUA: Primeiro referencial técnico brasileiro para construções sustentáveis. **Planeta Sustentável**, São Paulo, 09 abr. 2008. Disponível em: <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/desenvolvimento/conteudo_275506.shtml>. Acesso em: 01 nov. 2011.

PROCEL INFO. Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética. **PROCEL SELO: Eficiência Energética em Equipamentos**. Disponível em:

<<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?ViewID={A84BD56D-D750-477C-8E20-2BF2D94B4EE2}>>. Acesso em: 29 nov. 2011.

ROAF, Sue; FUENTES, Manuel; THOMAS, Stephanie. **Ecohouse**: A casa ambientalmente sustentável. 3ªed. São Paulo: Bookman, 2009. 488 p.

ROCHA, Sara; RODRIGUES, Vânia. **Dia Mundial do Consumidor**. Disponível em: <<http://moodle.eb23canical.net/mod/forum/discuss.php?d=126>>. Acesso em: 12 jan. 2012.

SHERWIN-WILLIAMS. **GBC Certificações**: Green Building Council. Disponível em: <<http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/contents.do?evento=conteudo&idConteudo=26993&chPlc=26993&termos=entulho>>. Acesso em: 12 jan. 2012.

VASCONCELOS, Ricardo L.. O Custo da Sustentabilidade: Os números não mentem!!! Será. **Buildings**: Espaços Cooperativos, São Paulo, n. , p.16-17, jun. 2009.