



ANÁLISE DE CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL E PROPOSIÇÃO DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS BASEADO NO ESTUDO DE UNIDADES NA CIDADE DE FORQUILHINHA, SC

Camila Porto de Medeiros – e-mail: camilaporto90@hotmail.com

Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária. Av. Universitária, nº 1105, Bairro Universitário, 88806-000, Criciúma – SC

Mário Ricardo Guadagnin – e-mail: mrg@unesc.net

Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária

Resumo: O País supera o déficit habitacional com a construção de habitações através do Programa Minha Casa Minha Vida, da CEF. Estas construções podem incorporar princípios de sustentabilidade se adotar materiais e produtos alternativos e seguir critérios de certificação do Selo Casa Azul da CEF. A certificação reconhece projetos de empreendimentos que comprovem suas contribuições à diminuição de impactos ambientais, avaliados de forma qualitativa. Justifica-se o estudo devido à crescente preocupação com as questões ambientais, considerando a necessidade de buscar novas alternativas para minimizar os impactos ambientais decorrente no setor da construção civil. Utilizou-se a técnica de pesquisa aplicada, exploratória para avaliar as técnicas construtivas que foram empregadas no estudo de caso do conjunto habitacional de interesse social, o Jardim dos Ipês em Forquilha, SC. Realizaram-se visitas a CEF para a escolha do conjunto habitacional de análise e posteriormente, visitou-se o estudo de caso selecionado. A nova proposta, ao adotar materiais sustentáveis, foi submetida à classificação de acordo com as diretrizes da certificação ambiental da CEF e atingiu a gradação de nível Prata. Dois componentes convencionais foram substituídos por materiais alternativos: sistema construtivo de painéis modulares de EPS e telhas recicladas de embalagens longa vida. O custo total da implantação de unidades sustentáveis resultaria em uma redução de R\$ 65.441,32 em comparação com o custo total da construção convencional. Apesar dos inúmeros benefícios dos materiais alternativos, o aspecto cultural e o desconhecimento dos produtos por parte do morador, dos profissionais e das construtoras são fatores determinantes para não adotarem os mesmos.

Palavras-chaves: Habitação de interesse social sustentável, Materiais sustentáveis, Selo Casa Azul.



ANALYSIS OF CONSTRUCTION OF SOCIAL HOUSING INTEREST AND PROPOSITION OF SUSTAINABLE MATERIALS BASED ON UNIT STUDY IN FORQUILHINHA CITY, SC.

Abstract: The country overcomes the housing deficit in with the construction of housings through the program my house my life, in CEF. These constructs can incorporate principles of sustainability if adopt alternative materials and products and follow the certification criteria of the Blue House Seal da CEF. The certification recognizes projects of enterprises what prove your contributions to the reduction of environmental impacts, evaluated qualitatively. Is justified the study due of the growing concern for environmental issues, considering the need to seek new alternatives to minimize environmental impacts arising in the construction sector. We used the research technique applied, exploratory to evaluate the building techniques that were employed in the case study of housing set of social interest, the Garden of Ipês in Forquilha, SC. Visits were performed CEF for choose the housing set for analysis and subsequently, visited the selected case study. The new proposal, after the adoption of sustainable materials, was subjected to classification according to the guidelines of the environmental certification of the CEF and reached Silver level grading. Two conventional components were replaced by alternative materials: construction system of modular panels of EPS and recycled tiles long-life packages. The total cost of implantation of sustainable units would result in a reduction of R\$ 65,441.32 in compared to the total cost of conventional construction. Despite the numerous benefits of alternative materials, the cultural aspect and the unfamiliarity of products by the locals, professionals and construction companies are determining factors for not adopting of the same.

Keywords: Housing sustainable social interest, Sustainable materials, Seal Blue House.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, os problemas relacionados às habitações sociais remontam anos, em função do crescimento populacional. E nesta década, ocorreu um aumento na demanda de novas construções de conjuntos habitacionais para atender a população carente de moradia adequada e saneamento básico.

No setor da construção civil, existem normas para caracterização de materiais quanto ao desempenho, à vida útil, e entre outros aspectos. Entretanto, as técnicas construtivas, ainda, não superam as expectativas quando se trata de durabilidade e reciclabilidade dos componentes que compõem uma habitação.

A qualidade inferior dos materiais, empregados nas habitações de interesse social, resulta em consequências nos aspectos ambientais, econômicos, bem como no risco a vida humana, quanto se trata da insalubridade dos ambientes. Quando a vida útil dos materiais é reduzida, estes, logo, necessitarão de reparos ou substituições. Os custos destas alterações, a geração e o descarte incorreto dos resíduos sólidos são alguns dos impactos negativos da escolha inadequada desses elementos.

Desta forma, a análise dos materiais de construção civil permite implementar medidas de redução do desperdício e maior aproveitamento dos mesmos. Tendo em vista que a preocupação com as questões ambientais é cada vez maior, o desempenho ambiental das edificações, está se tornando necessária a busca de novas alternativas ambientalmente corretas em edificações, inclusive em habitações de interesse social, proporcionando conforto térmico, durabilidade e custo-benefício.

Para planejar e implementar novas alternativas ambientalmente corretas, as certificações ambientais no setor da construção civil recebem destaque, tornaram-se um meio de orientar, qualificar e/ou quantificar os benefícios da implementação de medidas de caráter sustentável. Os novos projetos

interessados em desenvolver a sustentabilidade têm ações de forte impacto positivo na qualidade das edificações, no bolso dos moradores e na racionalização do uso de recursos naturais.

Contudo, deve-se compreender que uma edificação sustentável não é apenas aquela que utiliza materiais ambientalmente corretos ou que recicla os resíduos gerados da construção, mas sim, a que adota princípios de conforto térmico e de iluminação, visando eficiência energética e um ambiente salubre, como também aproveitamento da água da chuva, a facilidade de manutenção e desmonte da edificação (BORGES, 2008).

Para uma edificação ser sustentável é necessário soluções que priorizem o baixo impacto ao meio ambiente, desde a concepção do projeto, a especificação dos materiais, a construção e operação/manutenção da edificação (SILVA, 2012).

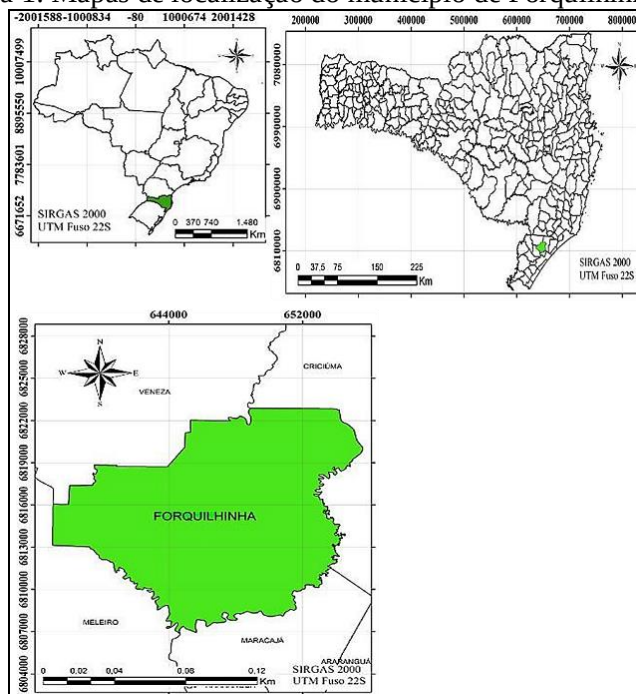
Portanto, tendo em vista a importância e a preocupação em implementar medidas de caráter sustentável em edificações, esta pesquisa visou estudar o sistema construtivo convencional de habitação de interesse social e propor materiais de construção alternativos de caráter sustentável de acordo com os critérios do Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal (CEF).

2. CONJUNTO HABITACIONAL DE INTERESSE SOCIAL

Para o embasamento teórico, o atual estudo analisou assuntos relacionados aos impactos ambientais da construção civil, habitações de interesse social, sustentabilidade nas edificações, a estimativa de vida útil dos materiais e a aplicabilidade do Selo Casa Azul da CEF.

O município de Forquilha, SC está localizado na planície Sul do Estado de Santa Catarina, pertencendo a Associação dos Municípios da Região Carbonífera (AMREC) (PMF, 2016). A cidade foi colonizada por imigrantes alemães e localiza-se na microrregião de Criciúma, a 212 km de Florianópolis (Figura 1) (PMF, 2016).

Figura 1: Mapas de localização do município de Forquilha, SC.



Fonte: IBGE, 2010.

Na realização da pesquisa exploratória, foram efetuadas visitas na CEF de Criciúma, SC para a busca de informações e subsídios para um levantamento das tipologias de construções de

habitações sociais comumente empregadas na região. Deste modo, selecionou-se como estudo de caso, o Condomínio Jardim dos Ipês no bairro Cidade Alta em Forquilha, SC caracterizado como casas geminadas e isoladas, conforme a Figura 2.

Figura 2: Casas geminadas e isoladas do conjunto habitacional em Forquilha, SC.



Fonte: ENGEPLUS, 2013.

O conjunto habitacional foi financiado pelo Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) da CEF e o projeto arquitetônico foi elaborado entre 2009 e 2010 pelos acadêmicos bolsistas do Projeto de Extensão Habitat Saudável e Sustentável do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC) e em conjunto com outros cursos também da instituição.

Portanto, solicitou-se ao Curso de Arquitetura e Urbanismo o acesso aos documentos arquitetônicos do projeto habitacional. E após a seleção do conjunto habitacional junto a CEF, contatou-se a empresa construtora para obter o memorial descritivo e a planilha orçamentária. Esta, elaborada em 2011, foi atualizada de acordo com o Índice Nacional de Preços ao Consumidor – INPC.

Também, efetuaram-se pesquisas junto aos fornecedores de materiais de construção para selecionar opções de materiais alternativos de caráter sustentável e para levantar custos. Os materiais sustentáveis adotados para a nova proposta de unidades, além de outros requisitos, foram submetidos à classificação do Selo Casa Azul da CEF, que apresenta o desempenho ambiental de forma qualitativa.

3. SELO CASA AZUL DA CAIXA ECONÔMICA FEDERAL

A certificação Selo Casa Azul da CEF foi lançada em 2009, como um novo instrumento de classificação dentro de critérios socioambientais dos projetos financiados pela CEF.

Como principal missão da certificação, segundo a CEF (2010), é buscar reconhecer os projetos que adotam soluções mais eficientes aplicadas à construção, ao uso, à ocupação e à manutenção das edificações, objetivando incentivar o uso racional de recursos naturais e a melhoria da qualidade da habitação e de seu entorno, bem como priorizar as práticas sociais.

A adesão ao Selo é voluntária e o proponente deve manifestar o interesse para que o projeto seja analisado sob a ótica deste instrumento. Além disso, não haverá despesas ao interessado para a concessão do Selo, apenas será cobrada uma taxa de análise dos documentos (CEF, 2010).

O Selo adota uma metodologia que organiza 53 ações ou critérios entre obrigatórios e de livre escolha, distribuídos em 6 categorias, para promover a sustentabilidade ambiental de uma edificação. Para receber o nível de gradação do Selo Casa Azul, a construção deve atender os 19 critérios obrigatórios e, de acordo com o número de critérios de livre escolha atendidos, o projeto ganha o Selo nível Bronze, Prata ou Ouro, conforme apresentado no Quadro 1 e Figura 3.

Somente após verificação da documentação exigida e comprovação do atendimento aos critérios obrigatórios, verificação *in loco* durante as medições mensais ou em vistorias a CEF poderá definir o nível de gradação do Selo a ser concedido ao projeto (CAIXA, 2010).

Quadro 1 – Níveis de gradação do Selo.

Gradação	Atendimento mínimo	Total de critérios
BRONZE	19 critérios obrigatórios	19
PRATA	19 critérios obrigatórios e mais 6 livre escolha	25
OURO	19 critérios obrigatórios e mais 12 critérios de livre escolha	31

Fonte: CEF, 2010 adaptado pela AUTORA, 2016.

Figura 3 – Logomarcas do selo casa azul.



Fonte: CEF, 2010.

4. ALTERNATIVAS DE MATERIAS DE CARÁTER SUSTENTÁVEL

Novos conjuntos habitacionais de interesse social têm sido construídos em todo o território nacional na tentativa de suprir a demanda por habitação.

Estes conjuntos eram produzidos de forma padronizada, desconsiderando as características locais, além de afastados dos grandes centros em função da necessidade de áreas grandes para construção, resultando em conjuntos com baixa qualidade arquitetônica e materiais utilizados na construção, também, de baixa qualidade (FERNANDES *et al.*, 2014).

Os materiais de baixa qualidade, empregados nas habitações de interesse social, resulta em consequências nos aspectos ambientais, econômicos, bem como no risco a vida humana. Quanto a vida útil dos materiais é reduzida e logo, necessitarão de reparos ou substituições. Os custos destas alterações, a geração e o descarte incorreto dos resíduos sólidos são alguns dos impactos negativos da escolha inadequada desses componentes da habitação.

Ao evitar-se o uso de materiais de qualidade inferior, melhora-se o desempenho da habitação, reduz-se o desperdício de recursos naturais e financeiros com os reparos desnecessários, além de melhorar as condições de competitividade das construtoras.

Contudo, o atual estudo identificou dois materiais alternativos que são caracterizados pelo conforto térmico e durabilidade, além de obterem o custo semelhante aos materiais convencionais. Realizou-se, em seguida, uma análise dos benefícios econômicos e ambientais desses materiais: telhas recicladas de embalagens longa vida e painéis de EPS, a partir de estudos técnicos realizados em instituições de ensino no país.

Inicialmente, a caracterização de telhas recicladas de embalagens de longa vida é realizada por meio de ensaios laboratoriais com base em normas técnicas para telhas de fibrocimento, materiais plásticos e outros, haja vista que não há normas técnicas específicas para o material.

As embalagens cartonadas são da marca Tetra Pak® e constituem-se de papel, polietileno e alumínio. O processo para reciclagem das embalagens acontece em duas etapas.

A primeira é a retirada do papel que ocorre nas fábricas de papéis, que utilizam o equipamento “hidrapulper”, no qual, o seu funcionamento assemelha-se a um liquidificar, onde as embalagens são agitadas com água e sem agentes químicos. O papel hidrata-se e separa-se do plástico e alumínio. O papel reciclado pode ser usado para a confecção de caixas de papelão (CEMPRE, 2016).

A segunda etapa, segundo Cerqueira (2003), é a fabricação de telhas recicladas, uma vez triturado o material (alumínio e polietileno) é dosado em formas e para impedir que o material grude na prensa, é colocado sob e sobre o material, um filme plástico de alta temperatura de fusão, em seguida, é levado para a prensa aquecida a cerca de 180°C. As telhas adquirem as formas e dimensões semelhantes às telhas de fibrocimento, de acordo com a Figura 4.

Figura 4 – Instalação de telhas recicladas de embalagens longa vida.



Fonte: ECOPLEX, 2016. A – Estrutura mais leve. B – Permite o uso de pregos.

Os dados existentes sobre telhas/placas recicladas de embalagens da Tetra Pak®, foram encontrados em relatórios técnicos do Instituto de Pesquisa e Tecnologia (IPT) e da Escola de Engenharia de São Carlos (USP) - Laboratório de Madeiras e Estrutura de Madeiras (LaMeM) e Laboratório de Construção Civil (LCC).

No Quadro 2, segundo Cunha (2011), buscou-se unir a classificação padrão de materiais de construção e as classificações sobre sustentabilidade com o objetivo de serem referências para a classificação das placas recicladas.

Quadro 2 – Classificação das placas recicladas de embalagens longa vida quanto à sustentabilidade.

Categoria	Classificação	
Quanto à procedência	Material da tecnosfera	Não são renováveis
Quanto à origem e processo de obtenção	Artificiais	Materiais reciclados
Quanto ao potencial de sustentabilidade e impacto ambiental	Sustentável	Evita o descarte nos aterros; fácil acesso em todas as regiões devido à disponibilidade de matéria-prima; recicláveis; retorna ao ciclo de vida.
Quanto à composição da matéria-prima	Compostos	Polietileno – aprox.. 70% Alumínio – Aprox. 25% Resíduos de papel e de plásticos 5% (variável)
Quanto à estrutura interna	Mista	Cristalina
Quanto à composição química	Mista	Minerais e orgânicos
Quanto à função do componente	Não estrutural	Vedação e proteção (revestimento) de superfícies, fabricação de objetos variados.

Fonte: ARQTEMA (2005) apud CUNHA (2011).

No Quadro 3, encontram-se as características técnicas das placas recicladas de polietileno/alumínio, de acordo com os dados técnicos existentes e ensaios complementares de Cunha (2011), relacionados ao desempenho térmico.

Quadro 3 – Propriedades gerais das placas recicladas de embalagens longa vida.

Propriedades	Resultados	
Propriedades mecânicas	Resistência à tração	7,62 MPa*
	Alongamento na ruptura	4,2 MPa*
	Resistência à flexão	15,1 MPa*
Absorção de água	Este dado pode variar muito, de acordo com a quantidade de papel restante na matéria-prima e qualidade da prensagem	5,3% (IPT, 2001)
		15,22% (LAMEM, 2001)
		Média: 10,3%
Propriedades térmicas	Índice de propagação de chamas	Médio – Classe D* A propagação superficial de chama avançou, em média, 393mm (85% do corpo de prova). A carbonização superficial alcançou, em média, 448mm (97%) do comprimento total do corpo de prova) Desenvolvimento de fumaça cinza.
	Refletância	α : 0,536 (53,6%)**
	Absortância	α : 0,464 (46,4%)**
Propriedades químicas	Resistência aos raios ultravioletas (UV)	Ação dos raios UV resultam na perda de brilho superficial das placas, enrijece as fibras poliméricas deixando-as menos flexíveis e aumentando sua resistência mecânica. Não degrada as placas **

Fonte: *IPT (2001); **CUNHA (2011).

Cerqueira (2003) comparou as telhas de polietileno/alumínio às de fibrocimento por tratar-se de um material com características similares e os resultados obtidos são demonstrados no Quadro 4.

Quadro 4 – Comparativo entre telhas recicladas e telhas de fibrocimento.

Ensaio	Parâmetros para telha de fibrocimento	Resultados obtidos para telhas de recicladas
Resistência à flexão (N/m)	4×10^3	$7,63 \times 10^6$
Absorção de água (%)	37	6,3%

Fonte: CERQUEIRA, 2003.

A partir da observação do Quadro 4, Cerqueira (2003) demonstra que análises obtidas nas telhas produzidas com embalagens longa vida são superiores se comparadas aos parâmetros de mercado, pois apresentaram alta resistência à flexão e baixa absorção de água, devido à sua origem plástica.

Em ensaios de impermeabilidade nas telhas recicladas conforme NBR 5642/1993 (Telha de Fibrocimento – Verificação da Impermeabilidade), não ocorrendo formação de manchas e nem formação de gotas nas superfícies dos corpos de prova (FERREIRA, 2001 apud CERQUEIRA, 2003; LCC, 2002 apud LAMEM, 2016).

Testes referentes ao conforto térmico foram realizados para a comparação das telhas recicladas de polietileno/alumínio com as telhas de cerâmica e aço galvanizado e concluiu-se que, ao longo do ano, a temperatura superficial constatada pela telha de aço galvanizado foi de 67 °C, seguida pela de polietileno/alumínio, com 47 °C, e de cerâmica, 41 °C. Já as temperaturas internas não

apresentaram diferenças significativas, entre 22 e 23,5 °C em média e nos dias mais quentes do ano, variação de 32 a 33 °C (VECCHIA, 2002 apud CERQUEIRA (2003); LCC, 2002 apud LAMEM, 2016).

Retornando ao Quadro 3, também foi apresentado os resultados das propriedades de absorvância (absorve os raios solares) e refletância (reflete os raios solares), no qual, para o ensaio foram aplicados diferentes comprimentos de onda (UV - ultravioleta, VIS - visível e IV - infravermelho) à placa reciclada. Os resultados demonstraram que, da quantidade de energia total que atingiu a superfície da placa, 46,4% (α : 0,464) foi absorvida e 53,6% (α : 0,536) foi refletida.

No entanto, para avaliar os efeitos que os diferentes raios solares podem causar as placas recicladas, foram medidos os percentuais de cada comprimento de onda (Quadro 5). Os raios UV são os responsáveis de forma geral, pela degradação dos materiais e os raios IV, pelo calor (CUNHA, 2011).

Quadro 5 – Porcentagem de absorvância e refletância das placas recicladas por comprimento de onda.

Raios solares	Absorvância	Refletância
UV	72%	28%
VIS	54%	46%
IV	36%	64%

Fonte: CUNHA, 2011.

Os resultados dos ensaios demonstram que o fato da absorvância aos raios UV serem maiores (72%) do que a refletância (28%) pode, a princípio, indicar fragilidade da placa reciclada à exposição em áreas externas. Porém, para se certificar quanto aos efeitos à placa, Cunha (2011) realizou os ensaios de envelhecimento acelerado com exposição à UV e umidade, complementando com o ensaio de DMA [Ensaio Dinâmico-Mecânica – Transição Vítrea (DMA Tg)].

Com os resultados, foi possível verificar que o material não sofreu degradação significativa, apresentando evidências somente em seus aspectos visuais, que se tornaram mais opacos e enrijecidos (perda de flexibilidade). A integridade do material não foi alterada, isso foi visível com a ajuda de um microscópio (CUNHA, 2011).

Com relação ao IV (Quadro 5), percebe-se que a porcentagem de refletância é maior (64%) do que a absorvância (36%). Isso indica que as placas podem funcionar como barreiras para o calor (CUNHA, 2011).

Peralta (2006) realizou o mesmo ensaio de refletância e absorvância para comparar diferentes materiais de cobertura, demonstrado no Quadro 6.

Quadro 6 – Absorvância e refletância obtida para as amostras de materiais.

Material	Absorvância			Refletância		
	UV	VIS	IV	UV	VIS	IV
Aço (com pintura branca)	91%	40%	28%	9%	60%	72%
Cerâmica	92%	71%	40%	8%	29%	60%
Material reciclado (embalagem longa vida)	82%	66%	45%	18%	34%	55%
Aço	67%	65%	65%	33%	35%	35%
Fibrocimento	81%	68%	68%	19%	32%	32%

Fonte: PERALTA, 2006 adaptado pela AUTORA, 2016.

Cores claras e materiais metálicos costumam apresentar valores elevados de refletância dos raios solares (PERALTA, 2006).



A telha cerâmica apresenta uma baixa absorção (40%) de IV, o que comprova porque esta telha não transmite muito calor para o ambiente interno. E o material reciclado apresenta um valor aproximado (45%), o que influencia positivamente em seu desempenho térmico.

Sabe-se que a parcela de UV que se transforma em calor, também contribui com a degradação do material, portanto, o material reciclado (82%) apresentou menor valor de absorção em relação à telha cerâmica (92%).

Com relação à propriedade de condutividade térmica e calor específico, a Tabela 1 indica os valores dos materiais comumente utilizados para coberturas. E Cunha (2011) realizou ensaios para determinar as mesmas propriedades para as placas recicladas.

Tabela 1 – Densidade de massa aparente, condutividade térmica e calor específico dos materiais.

Tipo de material	Densidade (kg/m ³)	Condutividade térmica (W/(m.k))	Calor específico (kJ/(kg.k))
Telha de barro	1000-1300	0,70	0,92
Telha reciclada	934*	0,80*	0,93*
Telha de fibrocimento	1800-2200	0,95	0,84

Fonte: ABNT NBR 15220 – 2, 2005; *CUNHA, 2011 adaptado pela AUTORA, 2016.

A condutividade térmica é a capacidade de transferir calor e o calor específico, refere-se a capacidade de armazenar calor. Importantes propriedades físicas para a seleção de um material. [...] baixos valores de condutividade térmica são exigidos, quando se pretende minimizar as perdas de calor (SANTOS, 2002 apud CUNHA, 2011).

Entre os valores de condutividade térmica, demonstrados na Tabela 1, a placa apresenta um resultado favorável [0,80 W/(m.k)] quando comparado com o de fibrocimento [0,95 W/(m.k)]. Esses dados indicam que as placas recicladas de embalagens longa vida podem ser favoráveis no desempenho de proteção da condução do calor.

Contudo, a partir destas análises, a telha reciclada de embalagens longa vida demonstrou-se possuir vantagens superiores quando comparadas a outros materiais. E ainda, é durável com expectativa de vida útil de no mínimo 30 anos; proporciona a redução da temperatura, pois reflete significativamente os raios solares; gera economia na troca das telhas, pois não ocorre degradação significativa ao longo do tempo; resistência a chuvas de granizos; pisoteio; não danifica ao serem transportadas e fixadas com parafusos ou pregos; custo aproximado das telhas de fibrocimento (ECOPLEX, 2016).

Há a possibilidade de retornar ao seu ciclo de vida, acrescentando-a na composição de uma nova telha; durante o processo de fabricação das telhas não são gerados resíduos tóxicos; as telhas foram fabricadas unicamente com a utilização de resíduos sólidos, evitando que estes sejam descartados diretamente nos aterros sanitários (NICARETTA *et al.*, 2010).

A destinação das embalagens longa vida a reciclagem, envolve um longo caminho, desde a coleta seletiva, cooperativa de catadores, fábricas de papéis. Estas etapas incluem-se no ciclo de vida do material e surgiu para orientar o processo de análise dos impactos ambientais. As embalagens, também fazem parte do processo de logística reversa, no qual, é outra forma de visualizar o caminho percorrido desses materiais, ou de forma mais abrangente, pelas matérias-primas (CUNHA, 2011).

Fluir no sentido reverso busca o resgate dos materiais descartados, seja na reutilização, seja na reciclagem. O objetivo é administrar de forma organizada e eficiente os materiais pós-consumo, para reciclagem e redimensionamento para o mercado (CUNHA, 2011).

Além da cobertura das habitações, as vedações de paredes, também compõem grande parte das obras. Os tijolos cerâmicos, em função do seu bom desempenho, economia e durabilidade, aliada às estruturas de concreto armado, representam um grande percentual das construções executados, em nosso país (BERTOLDI, 2007).

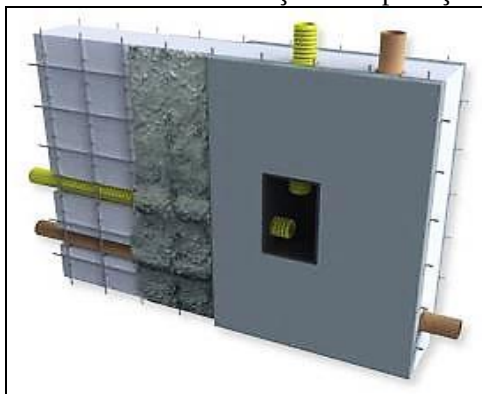
Entretanto, Bertoldi (2007) ressalta que apesar da existência de normas e do domínio dos processos de fabricação, a coloração e as dimensões dos tijolos dependem, principalmente, do tipo de

argila utilizada e do processo de queima no forno. Observa-se em função disto, uma variedade bastante grande de produtos e muitos deles, com qualidade comprometida e que muitas vezes não são levadas em consideração, provocando consequências às vedações executadas com estes elementos.

Diante deste contexto, o estudo identificou-se um sistema construtivo, cuja técnica de configuração consiste em um núcleo de EPS (poliestireno expandido) entre duas malhas de tela de aço eletro-soldadas em cada lado, posteriormente, são abertos os caminhos no painel para serem colocadas as instalações elétricas e hidráulicas, em seguida, aplicam-se camadas de micro concreto, argamassa e opcionalmente, aplicação de azulejos, de acordo com a Figura 5.

O sistema é conhecido como painéis auto-portantes de EPS, no qual, caracterizam-se por adequar-se ao clima da região, tendo em vista as suas excelentes propriedades isolantes que contribuem para o conforto térmico. Também, oferecem vantagens quanto à durabilidade, baixo custo e minimização na geração de impacto ambiental.

Figura 5 - Sistema construtivo de EPS e malha de aço com aplicação de concreto e massa corrida.



Fonte: TERMOTÉCNICA, 2010.

Os painéis pré-moldados de EPS apresentam resultados dentro dos valores mínimos exigidos pelas NBR's, como por exemplo, nos requisitos em análises do sistema construtivo (NBR 15575/2008 - Edifícios Habitacionais de até Cinco Pavimentos), no qual, atende ao desempenho mínimo nas 8 zonas bioclimáticas; na resistência ao fogo (NBR 5628/2001) e no desempenho sonoro, a partir de ensaios e testes realizados pelo IPT (TERMOTÉCNICA, 2010).

Para Tessari (2006), as características físicas e de alta resistência mecânica relacionada com baixo coeficiente de condutividade térmica (0,030 a 0,034 w/m °C) e baixo índice de absorção de água, constitui-se num excelente material para o isolamento térmico, que permite uma eficiência no isolamento dos ambientes, reduzindo ou eliminando o uso de climatizadores e reduzindo os gastos anuais com energia elétrica. Ainda disso, torna-se um bom isolante acústico (TESSARI, 2006).

O sistema construtivo é projetado exatamente de acordo com as dimensões da habitação, não resultando em desperdícios de material, além disso, os painéis são leves, o que facilita no transporte e fixação, podendo prevenir a geração de resíduos. Menor custo final; economia nas fundações (tipo *Radier*), da utilização de madeira e do tempo de execução da obra.

O condomínio Jardim dos Ipês foi inaugurado com a cobertura de telhas cerâmicas, no qual, custou R\$ 995.888,08. Enquanto, a substituição da cobertura convencional pela alternativa de cobertura de telhas recicladas de embalagens longa vida, custaria R\$ 864.053,00, onde resultaria em uma redução no valor de R\$ 131.835,00 quando comparação das duas coberturas.

As mesmas unidades habitacionais são constituídas de alvenaria com tijolos cerâmicos que custaram R\$ 1.729.989,61. Em relação à substituição da alvenaria convencional, caso ocorresse à execução do sistema de painéis pré-moldados de EPS, custaria R\$ 1.506.573,36.

A partir deste levantamento, a alternativa de paredes de painéis de EPS reduziria o valor de R\$ 223.416,25 no custo total da alvenaria quanto comparado a convencional.



Pode-se concluir, além da redução dos custos de implantação dos materiais alternativos, a partir da análise da planilha orçamentária do conjunto habitacional, uma unidade convencional (39,05m²) custou aproximadamente R\$ 15.446,33, de acordo com subtotal da alvenaria convencional.

Logo, com base no valor da redução de custo com a instalação do sistema construtivo de EPS (R\$ 223.416,25), poderiam ser construídas 14 unidades habitacionais a mais, no qual, acomodariam, no máximo 4 pessoas, totalizando 57 residentes que ocupariam as novas unidades.

5. ATENDIMENTO AOS ITENS PROPOSTO DO SELO

A proposta de unidades configuradas com materiais alternativos ambientalmente corretos foi submetida à avaliação da certificação Selo Casa Azul. Na verificação dos 53 critérios, visou-se identificar quais poderiam ser atendidos adequadamente.

Utilizou-se o manual do Selo da CEF como meio de embasamento durante todo o processo de estudo dos critérios.

Conforme a verificação, o conjunto habitacional Jardim dos Ipês, em sua nova configuração, atenderia aos 19 critérios obrigatórios e, não 6, mas, 7 critérios de livre escolha, alcançando o nível de gradação do Selo Casa Azul nível Prata.

O valor total da implantação do condomínio Jardim dos Ipês, em construção convencional, foi de R\$ 6.949.125,38. Em relação, ao custo de construção de unidades habitacionais com a implantação de materiais alternativos e demais dispositivos complementares, como por exemplo, o sistema de captação da água chuva e o sistema de aquecimento solar com tubos a vácuo, e ainda, adicionando o custo de produção de materiais para a educação ambiental, a obra atingiria o valor de R\$ 6.883.684,06, refletindo em uma redução estimada em R\$ 65.441,32.

Ressalta-se que para a mensuração dos custos de unidades com o Selo Casa Azul, não se considerou os custos de mão de obra para a instalação dos materiais de caráter sustentável.

O Quadro 7 apresenta o resumo dos itens atendidos do Selo que levaram a gradação do condomínio Jardim dos Ipês a nível Prata.

Quadro 7 – Atendimento dos critérios selecionados do Selo Casa Azul.

QUADRO RESUMO - CATEGORIAS, CRITÉRIOS E CLASSIFICAÇÃO		
Nome do empreendimento: Jardim dos Ipês		
Loteamento/condomínio: condomínio		
Quantidade de unidades: 112		
Local: Forquilha, SC		
Nível obtido: Prata		
Quantidade de critérios atendidos: 25		
CATEGORIAS	CLASSIFICAÇÃO	
1 QUALIDADE URBANA	Avaliação	Críticos atendidos
1.1 Qualidade do entorno – Infraestrutura	obrigatório	atendido
1.2 Qualidade do entorno – Impactos	obrigatório	atendido
1.3 Melhorias no entorno	livre escolha	
1.4 Recuperação de áreas degradadas	livre escolha	
1.5 Reabilitação de imóveis	livre escolha	
2 PROJETO E CONFORTO		
2.1 Paisagismo	obrigatório	atendido
2.2 Flexibilidade de projeto	livre escolha	atendido
2.3 Relação com a vizinhança	livre escolha	
2.4 Solução alternativa de transporte	livre escolha	
2.5 Local para coleta seletiva	obrigatório	atendido

(Continua)



(Continuação)

2.6 Equipamentos de lazer, sociais e esportivos	obrigatório	atendido
2.7 Desempenho térmico – Vedações	obrigatório	atendido
2.8 Desempenho térmico – Orientações ao Sol e Ventos	obrigatório	atendido
2.9 Iluminação natural de áreas comuns	livre escolha	
2.10 Ventilação e iluminação natural de banheiros	livre escolha	atendido
2.11 Adequação às condições físicas do terreno	livre escolha	
3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA		
3.1 Lâmpadas de baixo consumo – Áreas privativas	obrigatório para HIS até 3 s.m	atendido
3.2 Dispositivos economizadores – Áreas comuns	obrigatório	atendido
3.3 Sistema de aquecimento solar	livre escolha	atendido
3.4 Sistema de aquecimento a gás	livre escolha	
3.5 Medição individualizada - Gás	obrigatório	atendido
3.6 Elevadores eficientes	livre escolha	
3.7 Eletrodomésticos eficientes	livre escolha	
3.8 Fontes alternativas de energia	livre escolha	
4 CONSERVAÇÃO DE RECURSOS MATERIAIS		
4.1 Coordenação modular	livre escolha	
4.2 Qualidade de materiais e componentes	obrigatório	atendido
4.3 Componentes industrializados ou pré- fabricados	livre escolha	atendido
4.4 Formas e escoras reutilizáveis	obrigatório	atendido
4.5 Gestão de resíduos de construção e demolição	obrigatório	atendido
4.6 Concreto com dosagem otimizada	livre escolha	
4.7 Cimento de alto-forno (CPIII) e Pozolânico (CPIV)	livre escolha	
4.8 Pavimentação com RCD	livre escolha	
4.9 Facilidade de manutenção da fachada	livre escolha	
4.10 Madeira plantada ou certificada	livre escolha	atendido
5 GESTÃO DA ÁGUA		
5.1 Medição individualizada - Água	obrigatório	atendido
5.2 Dispositivos economizadores – Sistema de descarga	obrigatório	atendido
5.3 Dispositivos economizadores – Arejadores	livre escolha	atendido
5.4 Dispositivos economizadores – Registro regulador de vazão	livre escolha	
5.5 Aproveitamento de águas pluviais	livre escolha	atendido
5.6 Retenção de águas pluviais	livre escolha	
5.7 Infiltração de águas pluviais	livre escolha	
5.8 Áreas permeáveis	obrigatório	atendido
6 PRÁTICAS SOCIAIS		
6.1 Educação para gestão de RCD	obrigatório	atendido
6.2 Educação ambiental dos empregados	obrigatório	atendido
6.3 Desenvolvimento pessoal dos empregados		
6.4 Capacitação profissional dos empregados		
6.5 Inclusão de trabalhadores locais		
6.6 Participação da comunidade na elaboração do projeto		
6.7 Orientação aos moradores	obrigatório	atendido
6.8 Educação ambiental dos moradores		
6.9 Capacitação para gestão do empreendimento		
6.10 Ações para mitigação de riscos sociais		
6.11 Ações para geração de empregos e renda		

Fonte: CEF, 2010 adaptado pela AUTORA, 2016.

Os benefícios adquiridos ao atender os critérios do Selo Casa Azul são muitos. Tornou-se claro que os critérios em sua maioria são indispensáveis e de fácil execução, caso o projeto tenha por



finalidade se adequar a um padrão sustentável. Existe hoje uma necessidade eminente de adequação de projetos residenciais a sustentabilidade, que visem diretamente à preservação dos recursos naturais. O Selo Casa Azul apresenta critérios fáceis de serem atendidos em sua maioria e eficazes em suas propostas. Os critérios do Selo Casa Azul se atendidos adequadamente, promovem um bom desempenho ambiental do conjunto habitacional.

No estudo de caso do condomínio Jardim dos Ipês, alguns critérios não são destinados para casas populares como, por exemplo, a existências de retenção e infiltração de água pluvial ou instalação de elevadores eficientes. Já outros critérios, não se adequaram ao local de implantação do loteamento como, por exemplo, melhorias do entorno, solução alternativa de transporte ou adequação às condições físicas do terreno.

É importante ressaltar que na categoria de práticas sociais foram somente selecionados os critérios obrigatórios, levando em conta que para o cumprimento dos critérios de livre escolha, por exemplo, a educação ambiental dos moradores, exigiria uma demanda de recursos de materiais, pessoal e financeiro, além de logística para alocar os envolvidos neste processo. Ainda, construtora deveria destinar um profissional compromissado com o processo de educação ambiental e capacitação.

Mas, entende-se que somente o atendimento dos critérios obrigatórios contribui para a iniciação do processo de práticas de gerenciamento de RCD e educação ambiental.

Contudo, para a seleção dos critérios de livre escolha da categoria de práticas sociais, a construtora interessada em adquirir o Selo da CEF deverá considerar tais ações relevantes sobre o ponto de vista ambiental, principalmente, quanto a mesma tem como missão preservar e conservar o meio ambiente, inicialmente, por meio de orientação da população quanto aos impactos ambientais a partir das ações destes e também, das próprias atividades da empresa.

6. CONCLUSÃO

As questões relacionadas aos impactos ambientais oriundos das atividades do setor da construção civil levou a idealização deste trabalho. A indústria da construção civil tem importante papel na economia local como a geração de emprego, renda, bem como na produção de infraestruturas essenciais para a população.

Os materiais propostos foram selecionados de acordo com as suas características técnicas, que visam o maior desempenho ambiental das unidades. O custo final estimado da implantação de um conjunto habitacional com Selo Casa Azul nível Prata reduziria R\$ 65.441,32, comparado ao custo da obra convencional.

A instalação de painéis pré-moldados de EPS reduz o tempo de conclusão das obras, impulsiona a limpeza e organização dos canteiros de obras, facilmente manuseável, reduz significativamente o custo de fundação e estima-se a durabilidade equivalente de uma obra convencional de tijolos. Proporciona isolamento térmico e acústico, este, no qual, é um benefício fundamental para casas do tipo geminadas, porque oferece privacidade.

A telha reciclada de embalagens de longa vida tem vida útil de no mínimo 30 anos e para a sua fabricação, utilizam-se resíduos de embalagens que poderiam ser aterradas em aterros sanitários. Também, contribui para a coleta seletiva, no qual, as cooperativas de catadores vendem este material para as indústrias papeleiras. O ciclo de vida das embalagens foi pensado para o aproveitamento total e permanente da matéria-prima. A característica da aparência metalizada aumenta reflexão de boa parte dos raios solares, favorecendo o conforto térmico ao interior da unidade.

Os materiais de construção propostos são alternativas que existem no mercado há bastante tempo e apresentam custos inferiores que os convencionais. Porém, em razão da cultural local, o processo de aceitação torna-se dificultoso por parte da população e de empresas construtoras para a adoção dos mesmos. Este desinteresse pode ser justificado, em razão da estética das telhas recicladas (metálica) e também, por não dispor de fornecedores na região de Criciúma, para estas e os painéis de EPS.



Entretanto, tais materiais foram determinados, levando em conta que, no momento que houver o conhecimento dos benefícios dos mesmos, por parte de construtoras licenciadas para construir conjuntos de habitações de interesse social, poderá haver a demanda destes produtos destinados para a região, possibilitando que se tornem um modelo construtivo. Despertará o interesse dos fornecedores em expandir o seu comércio e disseminará as vantagens do uso no comércio local e regional.

No decorrer do atendimento dos critérios da certificação, ocorreu a implantação de outros dispositivos de caráter sustentável, como: o sistema de captação da água pluvial; sistema de aquecimento solar de água do chuveiro; uso de lâmpadas LED; uso de arejadores de fluxo de água nas torneiras. Estas medidas, além de reduzir as despesas mensais dos residentes, promove a sensibilização de moradores e empresas construtoras, contribuindo para o uso racional de recursos naturais.

No orçamento final da obra com a adesão do Selo, incluir-se-ia o valor de R\$ 2.000,00 para serem utilizados na impressão de apostilas, compra de acessórios e outros elementos essenciais para a gestão de Resíduos de Construção e Demolição (RCD), bem como para a educação ambiental dos funcionários da construtora e moradores.

Em relação ao valor total da construção convencional do conjunto habitacional Jardim dos Ipês, esta custou R\$ 6.949.125,38. Enquanto, o custo total da execução de unidades habitacionais com a implantação de materiais alternativos, demais dispositivos e produção de material, para a educação ambiental, atingiria o valor de R\$ 6.883.684,06, no qual, refletiria em uma redução estimada em R\$ 65.441,32.

A aplicabilidade do Selo Casa Azul, demonstrou-se de fácil compreensão e viável, no qual, possibilita a empresa optar em atender mais critérios de livre escolha. A região de Criciúma não possui obras certificadas, o que pode indicar, além do desinteresse das construtoras, a ausência por parte da CEF em apresentar as mesmas, as diretrizes e os benefícios ambientais e econômicos resultantes, a partir de exemplos de obras certificadas no país.

O Engenheiro Ambiental ou Engenheiro Ambiental e Sanitarista tem formação multidisciplinar no que diz respeito ao estudo prévio dos fatores ambientais de risco da futura área, bem como no ponto de vista da vulnerabilidade social, pois, tem competência para minimizar os conflitos sociais, também, facilidade na comunicação com outros profissionais. E contempla da técnica em estimar custos e prazos de projetos para diferentes finalidades.

Observou-se que através do estudo é possível construir uma habitação social ambientalmente correta, socialmente justa e economicamente viável desde que as empresas construtoras tenham o conhecimento quanto às certificações que dão diretrizes para alcançar estas metas. Além disso, os profissionais como os engenheiros, arquitetos urbanistas e os demais, podem e devem trabalhar juntamente para discutir conceitos de sustentabilidade, soluções e alternativas para a redução de impactos ambientais e custos, além de encontrar meios para a aceitação das novas medidas de caráter sustentável nos aspectos sociais e culturais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do teor de calor solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

CEMPRE. Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Embalagens longa vida**. Fichas técnicas. 2016. Disponível em: <<http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/9/embalagens-longa-vida>>. Acesso em: 24 abr. 2016.

CERQUEIRA, Mário Henrique de. **Placas e telhas produzidas a partir da reciclagem do polietileno/alumínio presentes nas embalagens TetraPak**. Artigos Técnicos, Tetra Pak, 2003. Disponível em: <<http://cempre.org.br/download.php?arq=b18xOTVhN2d0MjAxZDWW51YW5tYjFmZGhtNnZhLnppcA>>



==>. Acesso em: 15 mar. 2016.

CUNHA, Érica C. **Placas recicladas de embalagens longa vida**: caracterização, design e propostas projetuais. São Carlos, 2011. 261 f. Escola de Engenharia São Carlos - Universidade de São Paulo – USP. Doutorado – Arquitetura e Urbanismo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-08052012-093150/pt-br.php>>. Acesso em: 24 abr. 2016.

ECOPLEX. Materiais Ecológicos. **Telha Ecológica Tetra Pak**. 2016. Disponível em: <<http://www.ecopex.com.br/telhas-e-placas/telha-ecologica-tetra-pak/>>. Acesso em: 7 mar. 2016.

FERNANDES, Bruna M. B. et al. Habitação de interesse social em Criciúma – SC: análise comparativa de estudos de caso. **Anais...** 3 Seminário Nacional de Construções Sustentáveis. Passo Fundo/RS, novembro, 2014. Disponível em: <https://www.imed.edu.br/Uploads/Habita%C3%A7%C3%A3o%20de%20interesse%20social%20em%20Crici%C3%BAMA%20SC_an%C3%A1lise%20comparativa%20de%20estudos%20de%20caso.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2016.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Geociências. 2010. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso em: 10 mai. 2016.

IPT. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Relatório de ensaio nº 890 824**: Determinação de propriedades físicas em amostras de plástico. 2001. Disponível em: <<http://www.ibaplac.com.br/ptbr/certificados.php>>. Acesso em: 15 mai. 2016.

LAMEM. LABORATÓRIO DE MADEIRAS E DE ESTRUTURAS DE MADEIRA. **Relatório técnico**: Ensaio em chapas e telhas de material reciclado. 2001. Disponível em: <<http://www.ibaplac.com.br/ptbr/certificados.php>>. Acesso em: 15 mai. 2016.

NICARETTA, Francielle et al. Produção de telhas a partir da reutilização de embalagens Tetra Pak e tubos de pasta dental. **Anais...** 26 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2010. Disponível em: <<http://www.cabo.pe.gov.br/pners/CONTE%C3%9ADO%20DIGITAL/RECICLAGEM/PRODU%C3%87%C3%83O%20TELHAS%20-%20TETRA%20PAK%20E%20TUBOS%20DE%20PASTA.pdf>>. Acesso em: 19 mai. 2016.

PERALTA, Gizela. **Desempenho térmico de telhas**: análise de monitoramento e normalização específica. São Carlos, 2006. 131 f. Dissertação de Mestrado – Arquitetura e Urbanismo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-16042007-154420/pt-br.php>>. Acesso em: 16 abr. 2016.

PMF. PREFEITURA MUNICIPAL DE FORQUILHINHA. **Município**. 2016. Disponível em: <<http://forquilha.sc.gov.br/municipio/index/codMapaItem/5691>>. Acesso em: 21 abr. 2016.

SILVA, Roberto C. da. **Proposta de melhorias para a fase de projetos de edificações públicas sob o foco da sustentabilidade ambiental**: estudo de caso de um edifício de uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES) de acordo com o sistema de certificação LEED. Universidade Federal do Paraná. Curitiba: 2012, 174 f. Dissertação de Mestrado - Engenharia de Construção Civil. Disponível em: <<http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/28321/R%20-%20D%20-%20ROBERTO%20CALDEIRA%20DA%20SILVA.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 19 mar. 2016.

TERMOTÉCNICA. **Sistemas Construtivos Monoforte**. São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.termotecnica.ind.br/construcao-civil/monoforte/>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

TESSARI, Janaina. **Utilização de poliestireno expandido e potencial de aproveitamento de seus resíduos na construção civil**. 2006. 102 f. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Dissertação de mestrado – Engenharia Civil. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/88811/234096.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 26 abr. 2016.