



UNISUL

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

CRISTINA KASCHNY SCHNEIDER

**HABITAÇÕES POPULARES SUSTENTÁVEIS:
ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA PARA RESIDÊNCIAS
UNIFAMILIARES OBTEREM A CERTIFICAÇÃO SELO CASA AZUL**

Palhoça

2018

CRISTINA KASCHNY SCHNEIDER

**HABITAÇÕES POPULARES SUSTENTÁVEIS:
ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA PARA RESIDÊNCIAS
UNIFAMILIARES OBTEREM A CERTIFICAÇÃO SELO CASA AZUL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
do Sul de Santa Catarina como requisito parcial
à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Norma Beatriz Camisão Schwinden, Esp.

Palhoça

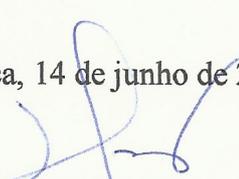
2018

CRISTINA KASCHNY SCHNEIDER

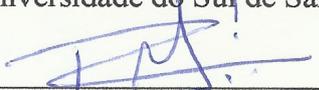
**HABITAÇÕES POPULARES SUSTENTÁVEIS:
ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA FINANCEIRA PARA RESIDÊNCIAS
UNIFAMILIARES OBTEREM A CERTIFICAÇÃO SELO CASA AZUL**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

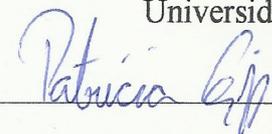
Palhoça, 14 de junho de 2018.



Professor e orientador Norma Beatriz Camisão Schwinden, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Prof. Ricardo Moacyr Mafra
Universidade do Sul de Santa Catarina



Patrícia Grings
Arquiteta

RESUMO

A indústria da construção civil é apontada como um dos setores que mais consome recursos e energia, o que acarreta em enormes impactos ambientais negativos. Entretanto, apesar dos impactos gerados, é inquestionável o papel de desenvolvimento econômico que está atrelado a esse setor, principalmente em países como o Brasil, que possui um déficit habitacional representativo. Sendo assim, é necessário que se pense em soluções que melhorem os índices de moradia, mas, ao mesmo tempo, não sejam tão agressivos ao ambiente. É nesse contexto que surgem, em 2009, o Programa Minha Casa Minha Vida, que oferece condições atrativas para o financiamento de moradias nas áreas urbanas para famílias de baixa renda e; em 2010, o Selo Casa Azul, o primeiro sistema de certificação sustentável criado para a realidade da construção habitacional brasileira. A fim de verificar a viabilidade de aplicação do Selo Casa Azul em residências unifamiliares do PMCV, elaborou-se uma análise econômica e financeira a partir de uma construção geminada localizada no município da Palhoça e construída em 2007 na pela HL Engenharia. O primeiro passo foi verificar quais critérios já eram atendidos para que então fosse elaborado um orçamento com os itens que necessitam ser inclusos para o Selo Casa Azul. A partir do orçamento, foi simulado um fluxo de caixa projetado para calcular os indicadores econômicos. Ao realizar a análise dos indicadores econômicos do projeto original e da nova proposta, foi concluído que a adoção do Selo Casa Azul em habitações do PMCMV apresenta pouco retorno financeiro para o empreendedor.

Palavras Chave: Habitações Populares. Sustentabilidade. Selo Casa Azul. Minha Casa Minha Vida. Análise de viabilidade econômica.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável	18
Figura 2 - Zoneamento Bioclimático Brasileiro.....	29
Figura 3 - Ventilação cruzada	43
Figura 4 - Diagrama de Fluxo de Caixa Projetado	51
Figura 5 - Localização das habitações	55
Figura 6 - Avaliação do Entorno	58
Figura 7 – Seções de cálculo - parede de alvenaria.....	62
Figura 8 - Desenho esquemático do telhado	67
Figura 9 - Desenho esquemático da laje pré-moldada.....	68
Figura 10 - Propriedades da Nova Cobertura.....	77
Figura 11 - Análise da Ventilação Cruzada	78
Figura 12 - Orientação Solar das Residências.....	79

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Habitações unifamiliares populares em estudo	55
Fotografia 2 - Local para coleta seletiva.....	60
Fotografia 3 - Dimensões do tijolo	61
Fotografia 4 - Telha cerâmica com superfície branca.....	67
Fotografia 5 - Laje pré-moldada.....	68
Fotografia 6 - Forro em laje pré-fabricada.....	69
Fotografia 7 - Formas e escoras da obra	84
Fotografia 8 - Espera para medidores individualizados.....	86

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Níveis de gradação do Selo Casa Azul.....	25
Quadro 2 - Limites de Avaliação e localidades para o Selo Casa Azul nível bronze.....	26
Quadro 3 - Critérios de Avaliação - Categoria Qualidade Urbana.....	27
Quadro 4 - Critérios de Avaliação - Categoria Projeto e Conforto	28
Quadro 5 - Resistência térmica superficial interna e externa.....	32
Quadro 6 - Resistência térmica de câmaras de ar não ventiladas, com largura muito maior que a espessura.....	34
Quadro 7 - Condições de ventilação para câmara de ar.....	35
Quadro 8 - Absortância (α) para radiação solar (ondas curtas) e emissividade (ϵ) para radiações a temperaturas comuns (ondas longas).....	36
Quadro 9 - Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas da Zona Bioclimática	338
Quadro 10 - Aberturas para ventilação	38
Quadro 11 - Tipos de vedações externas para Zona Bioclimática 3.....	39
Quadro 12 - Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa.....	39
Quadro 13 - Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 3....	43
Quadro 14 - Critérios de Avaliação - Categoria Eficiência Energética.....	45
Quadro 15 - Critérios de Avaliação - Categoria Conservação de Recursos Materiais.....	46
Quadro 16 - Critérios de Avaliação - Categoria Gestão da Água	47
Quadro 17 - Critérios de Avaliação - Categoria Práticas Sociais.....	49
Quadro 18 - Análise dos critérios de qualidade urbana	57
Quadro 19 - Análise dos critérios de projeto e conforto.....	59
Quadro 20 - Análise dos critérios de eficiência energética.....	81
Quadro 21 - Análise dos critérios de conservação de recursos materiais	83
Quadro 22 - Análise dos critérios de gestão da água.....	85
Quadro 23 - Análise dos critérios de práticas sociais	87
Quadro 24 - Itens que necessitam ser orçados	89
Quadro 25 - Índices de Avaliação Econômica do Projeto Atual.....	94
Quadro 26 - Índices de Avaliação Econômica do Novo Projeto.....	94
Quadro 27 - Critérios atendidos	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Déficit habitacional brasileiro por componentes	21
Tabela 2 - Desempenho Térmico - vedações	30
Tabela 3 - Desempenho térmico - vedações - aberturas e coberturas.....	31
Tabela 4 - Comparação dos resultados de desempenho térmico - vedações.....	71
Tabela 5 - Porcentagem de iluminação natural	72
Tabela 6 - Comparação de resultados de desempenho térmico - orientação solar e ventos	76
Tabela 7 - Gastos Totais.....	92
Tabela 8 - Gastos Totais Novo Projeto	92
Tabela 9 - Comparação dos Resultados	96

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	JUSTIFICATIVA	12
1.2	OBJETIVOS	13
1.2.1	Objetivo Geral	13
1.2.2	Objetivos Específicos	13
1.3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	14
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	IMPACTOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	16
2.2	DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	17
2.3	CONJUNTURA ATUAL DO PAÍS	19
2.4	MINHA CASA MINHA VIDA	22
2.5	CERTIFICAÇÕES	23
2.5.1	Selo Casa Azul	24
2.5.1.1	Qualidade Urbana	26
2.5.1.2	Projeto e Conforto	27
2.5.1.2.1	<i>Desempenho térmico – vedações</i>	30
2.5.1.2.2	<i>Desempenho térmico – orientação ao sol e ventos</i>	37
2.5.1.3	Eficiência Energética	44
2.5.1.4	Conservação de Recursos Materiais	45
2.5.1.5	Gestão da Água	47
2.5.1.6	Práticas Sociais	48
2.6	VIABILIDADE ECONÔMICO FINANCEIRA	50
2.6.1	Fluxo de Caixa Projetado	50
2.6.2	Valor Presente Líquido	51
2.6.3	Taxa Interna de Retorno	52
2.6.4	Taxa Mínima de Atratividade	53
2.6.5	Payback	54
3	ESTUDO DE CASO	55
3.1	ANÁLISE DO PROJETO ATUAL	56
3.1.1	Qualidade Urbana	56
3.1.2	Projeto e Conforto	58

3.1.2.1	Desempenho térmico – vedações.....	60
3.1.2.2	Desempenho Térmico – orientação ao sol e ventos.....	72
3.1.3	Eficiência Energética	80
3.1.4	Conservação de Recursos Materiais.....	82
3.1.5	Gestão da Água.....	84
3.1.6	Práticas Sociais	87
3.2	ORÇAMENTO DE ITENS ADICIONAIS	89
3.3	ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA	93
3.3.1	Situação Atual.....	93
3.3.2	Novo Projeto.....	94
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	96
5	CONCLUSÃO	99
	REFERÊNCIAS.....	101
	APÊNDICES.....	106
	APÊNDICE A – NOVO ORÇAMENTO	107
	APÊNDICE B – FLUXO DE CAIXA ORIGINAL.....	108
	APÊNDICE C – FLUXO DE CAIXA PROJETADO	109
	ANEXOS	110
	ANEXO A – PROJETO ARQUITETÔNICO	111
	ANEXO B – TABELA B3 NBR 15.220	112
	ANEXO C - TABELA D3 NBR 15.220	114
	ANEXO D - TABELA D4 NBR 15.220	118

1 INTRODUÇÃO

A construção civil tem um importante papel no desenvolvimento econômico de qualquer país, entretanto, nos últimos anos, a visão de progresso foi confundida com o uso e domínio de recursos naturais como se as fontes dos mesmos fossem inesgotáveis.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2017), a indústria de construção civil é apontada como um dos setores que mais consome recursos e energia, o que acarreta em enormes impactos para o meio ambiente. Além disso, a mesma também é responsável por mais de 50% dos resíduos sólidos gerados pelas atividades humanas.

É necessário que a economia e a sociedade evoluam, mas diante desses fatos, é preciso que o crescimento seja feito de forma balanceada e que se encontre o equilíbrio entre o progresso da civilização e as necessidades da natureza. Sendo assim, o termo desenvolvimento sustentável está cada vez mais em alta, que conforme Brundland (1991, p. 44) significa “atender às necessidades e aspirações do presente sem comprometer a capacidade de atendê-las no futuro”

Brandland (1991) também comenta sobre o desafio dos países, principalmente daqueles considerados em desenvolvimento, em integrar o meio ambiente e o desenvolvimento, já que só se pode pensar no crescimento a longo prazo se os recursos naturais forem respeitados.

Nesse contexto de desenvolvimento da sociedade, existe a construção de moradias. O Brasil apresenta um déficit nessa área e, por isso, em 2009, o governo lançou o programa “Minha Casa, Minha Vida”. Consciente do impacto que a construção de um grande volume de casas poderia gerar, a Caixa Econômica Federal, principal financiadora do projeto, criou a classificação Selo Casa Azul, que incentiva o desenvolvimento sustentável (BRASILEIRO, 2013).

Conforme consta no guia apresentado pela Caixa (2010), o Selo Casa Azul possui 53 critérios de avaliação, divididos em 6 categorias que orientam a classificação do projeto. Além disso, o selo possui 3 níveis: bronze, prata e ouro; que variam de acordo com o número de solicitações atendidas. Para se enquadrar no nível bronze, por exemplo, o construtor necessita melhorar o desempenho térmico da habitação e realizar a gestão de resíduos de construção e demolição.

Dados esses fatos, o presente trabalho responde ao seguinte problema de pesquisa: é economicamente viável, do ponto de vista do empreendedor, adotar a certificação Selo Casa Azul em residências unifamiliares do programa Minha Casa Minha Vida?

1.1 JUSTIFICATIVA

A indústria de construção é o principal consumidor de recursos naturais. Nos EUA, por exemplo, calcula-se que 70% dos materiais consumidos vão para a construção. (CAIXA, 2010) Já em escala global, estima-se que o setor de construção seja responsável por 20% de todo o consumo da água e 35% da energia elétrica (SEBRAE, 2016). Além disso, segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2017), a construção civil representou aproximadamente 5,6% do PIB brasileiro. Ou seja, é um dos setores mais representativos para a economia do país.

A partir das afirmações do Sebrae (2016) de que a construção civil é um dos setores que mais exploram os recursos naturais e de que o Brasil apresenta um déficit de moradias e necessita investir nesse setor (SOUZA et al., 2015), é importante que se pense em medidas que possam minimizar esses impactos gerados pelo segmento.

A adoção de estratégias sustentáveis durante a construção das habitações é uma medida relevante para o setor. Ações como instalação de placas solares como fonte alternativa de energia, estudo da orientação solar mais adequada, gestão dos resíduos durante a construção, escolha de materiais inovadores e tecnológicos que geram menos impacto para o meio ambiente podem se tornar viáveis financeiramente quando bem estudadas e projetadas.

Porém, apesar do tema desenvolvimento sustentável ser discutido em todo o mundo, nem todas as estratégias propostas por países de primeiro mundo se enquadram na realidade do Brasil, dessa forma, criou-se o Selo Casa Azul, que é a primeira certificação nacional que se adequa às necessidades do país.

Pires e Garcia (2017) destacam que as certificações desempenham um papel importante no desenvolvimento sustentável, pois exigem que construtoras e fornecedores adotem práticas menos agressivas, que diminuam o ritmo de degradação do meio ambiente e que consequentemente geram menor impacto no nosso ecossistema.

No entanto, ainda que existam ações como o Selo Casa Azul da Caixa, que incentiva a sustentabilidade, são poucas construtoras e empresários que aplicam na prática as estratégias propostas, já que a inclusão de itens pode aumentar o custo inicial da obra. Além disso, é preciso avaliar se o mercado está pronto e aceita desembolsar uma quantia inicialmente maior, mas que se diluída ao longo do tempo, apresenta não só um retorno financeiro, mas também um benefício para o meio ambiente. Esse desafio é ainda maior em habitações populares, pois é um nicho de mercado que considera o preço do imóvel e não a qualidade na hora de escolher uma moradia.

O estudo também serve como uma forma de conscientização para que o mercado perceba que a adoção de estratégias sustentáveis ajuda a melhorar a qualidade de vida de toda a sociedade. O desenvolvimento sustentável é responsabilidade de todos pois progredir em equilíbrio com o meio ambiente garante que o crescimento da civilização não cesse a longo prazo e possibilita que as necessidades da sociedade sejam atendidas sem ameaçar o planeta.

Diante do que foi exposto, o presente trabalho realizou um estudo de viabilidade econômica financeira, do ponto de vista do empreendedor, para que duas casas geminadas do programa “Minha Casa Minha Vida”, construídas em 2017, localizadas no bairro Parque Residencial Jardins, no município de Palhoça/SC, obtenham a certificação Selo Casa Azul e sejam consideradas habitações populares sustentáveis.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade econômica financeira para que duas habitações do programa “Minha Casa, Minha Vida” obtenham a certificação Selo Casa Azul, a partir de um estudo de caso.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para executar o objetivo geral proposto, foram designados os seguintes objetivos específicos:

- Analisar junto ao referencial teórico as ações sustentáveis aplicáveis a habitações populares, exigidas pela classificação Selo Casa Azul;
- Analisar o projeto e orçamento atual das habitações em estudo;
- Definir as estratégias sustentáveis que necessitam ser aplicadas no projeto atual;
- Apresentar orçamento para realizar as melhorias sustentáveis nas habitações em estudo;
- Estimar o prazo de retorno do investimento necessário para adoção da proposta.

1.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa é classificada como exploratória, que segundo Malhotra (2007, p.52) “é conduzida para explorar a situação do problema”, ou seja, para obter ideias e informações quanto ao problema. Gil (2007) também afirma que a mesma proporciona maior familiaridade com o problema, tornando-o mais explícito. Em suma, a pesquisa exploratória proporciona maior conhecimento sobre um tema, sendo recomendada em estágios iniciais, quando o conhecimento sobre o assunto ainda é insuficiente.

Quanto aos procedimentos técnicos, inicialmente foi feita uma revisão bibliográfica, já que a pesquisa é realizada inicialmente a partir de material elaborado por outros pesquisadores, para então desenvolver o estudo de caso, que consiste em um estudo profundo de poucos objetos, de maneira que permita um conhecimento detalhado sobre os mesmos. (GIL, 2007)

Em relação aos dados utilizados para o desenvolvimento do trabalho, na primeira etapa foram considerados fontes secundárias sobre o assunto, que segundo Mattar (1996), são aqueles dados que já foram coletados, tabulados e ordenados e estão à disposição dos interessados.

Para a elaboração do estudo de viabilidade econômica, foram considerados tanto dados primários como secundários. De acordo com Mattar (1996), são considerados dados primários aqueles que ainda não foram coletados por outros pesquisadores, ou seja, são coletados para satisfazer às necessidades específicas da pesquisa em questão.

Os dados primários foram disponibilizados pelos sócios da empresa, por meio de documentos, projetos e orçamentos das habitações. Para esses dados, adotou-se a análise quantitativa pelo Microsoft Office Excel, já que se trata de um estudo de viabilidade de um projeto, que envolve informações referentes a custos, despesas e taxas de mercado.

Já os dados secundários foram extraídos de livros, artigos periódicos, dissertações, teses e relatórios econômicos que deram suporte para a análise econômica e financeira das habitações em estudo.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho é estruturado em cinco capítulos: introdução, revisão bibliográfica, estudo de caso, análise e discussão dos resultados e conclusão.

A introdução apresenta o trabalho por meio de uma breve contextualização do tema da pesquisa. Sendo assim, o capítulo um contém a justificativa, os objetivos do trabalho, os procedimentos metodológicos utilizados e a estrutura em que o mesmo será desenvolvido.

A revisão bibliográfica traz o embasamento teórico necessário para o desenvolvimento do estudo sobre o tema habitações populares do tipo “Minha Casa, Minha Vida” sustentáveis.

O capítulo três apresenta o estudo de caso, que contém a análise do projeto original em relação aos critérios do Selo Casa Azul e o estudo de viabilidade econômica das habitações em estudo, localizadas no Parque Residencial Jardins, no município de Palhoça/SC.

Em seguida, o capítulo quatro revela os resultados e as discussões obtidas a partir do estudo.

E por fim, é apresentada a conclusão do trabalho no capítulo cinco, que responde aos objetivos específicos estabelecidos na introdução e elucida as considerações alcançadas a partir do desenvolvimento do estudo e do trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O capítulo contém o embasamento teórico e os conceitos necessários para o desenvolvimento da pesquisa em questão. O mesmo apresenta dados sobre os impactos ambientais gerados pela construção civil e metodologias sustentáveis que podem ser adotadas para amenizar a situação. Em seguida, é feita uma análise da conjuntura atual do Brasil em relação a habitações e explica a importância do programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) para melhorar esse quadro. Por fim, é apresentada a certificação ambiental Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal aplicável aos projetos financiados e os métodos utilizados para análise do investimento.

2.1 IMPACTOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A indústria da construção traz inúmeros benefícios de caráter econômico e social, contribuindo, assim, para o desenvolvimento do país. O setor é responsável por uma parcela representativa da economia, como: geração de mão de obra, movimentação do comércio nacional, venda e locação de propriedades (LARUCCIA, 2014).

Além disso, segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2017), a indústria de construção representa aproximadamente 5,6% do PIB brasileiro. Em escala global, esses números são ainda mais representativos, conforme a UNEP (2012) a construção civil representa US\$4.7 trilhões, variando entre 8% a 10% do PIB mundial. Ou seja, é um dos setores mais representativos para a economia do país e do mundo.

Porém, apesar de fomentar o crescimento da economia de um país, o ramo de construção é responsável por significativos impactos no meio ambiente. Quase metade dos recursos não renováveis são consumidos na construção, tornando uma das indústrias menos sustentáveis do mundo. De acordo com a UNEP (2012), o setor de construção civil é responsável por 40% do consumo mundial de energia, 38% das emissões globais de gases, 12% do uso global de água potável e 40% da geração de resíduos sólidos em países mais desenvolvidos.

A Willmott Dixon (2010) completa que a indústria de construção é uma das maiores usuárias de recursos naturais. Os materiais derivam das mais diversas fontes e fornecedores e apesar de muitos recursos serem comuns na maioria das obras, a reutilização de materiais ainda é pouco expressiva no mercado. Além disso, mesmo o setor produzindo bens duráveis, ainda existe uma parcela de edificações sendo demolidas, o que também contribui para uma maior geração de resíduos.

Além das demolições, outro fator que aumenta a produção diária dos resíduos, segundo Baptista Junior e Romanel (2013), é a taxa de desperdício de materiais em construções. O desperdício ocorre em razão de projetos construtivos mal feitos, especificações errôneas de materiais e principalmente pela falta de planejamento da execução da obra, o que resulta em improvisos e gastos desnecessários.

Segundo a UNEP (2007), todos os anos, 3 bilhões de toneladas de recursos naturais são usados para fabricar produtos e componentes de construção civil em todo o mundo. Esse valor representa 40-50% do fluxo total de material na economia global. Se os níveis atuais de consumo e construção continuarem impulsionados pelo crescimento populacional, econômico e urbanização, 70% da superfície terrestre sofrerá impacto até 2032.

Já o portal Sienge (2016) afirma que o setor é responsável por 40% a 75% da matéria-prima produzida no planeta e consome um terço dos recursos naturais. O consumo de cimento já ultrapassou o de alimentos, perdendo somente para o de água. Em 2012, foram gastos 536 quilos de cimento para cada ser humano no mundo. No Brasil, esse número reduz para 353 quilos por pessoa, porém o número quintuplica na China.

As edificações são uma parte intrínseca à sociedade, pois abrigam os lugares que vivemos, socializamos, aprendemos e trabalhamos. Embora a porcentagem de tempo gasto dentro de construções varie entre os países, a estimativa é que em áreas mais desenvolvidas a população passe aproximadamente 90% do tempo dentro de casa (UNEP, 2012).

Ou seja, a sociedade contemporânea depende diretamente da indústria da construção para viver; porém, estudos apontam que o nosso planeta não sustenta mais o nível atual de consumo de recursos exigido por essa indústria e, portanto, as empresas desse setor têm o papel de liderar e incentivar a mudança de mentalidade instaurada há anos. Uma das maneiras é adotar estratégias de desenvolvimento sustentável.

2.2 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Como já foi discutido, a humanidade passou a maior parte de sua existência usando o meio ambiente para atender as suas necessidades. Entretanto, a preocupação com o ecossistema deve ser prioridade no desenvolvimento de qualquer projeto. A partir disso, surgiu o termo desenvolvimento sustentável, que de acordo com Brundland (1991, p. 44) significa “atender às necessidades e aspirações do presente sem comprometer a capacidade de atendê-las no futuro”. Ou seja, é o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro.

Conforme a *World Wide Fund* (2017), a ideia surgiu na primeira Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, que ocorreu em 1972 em Estocolmo na Suécia, e tem o objetivo de discutir e propor meios de harmonizar dois objetivos: o desenvolvimento econômico e a conservação ambiental.

Contudo, o assunto foi disseminado pelo mundo e hoje engloba 17 objetivos das mais variadas áreas, como eliminação da pobreza, equalização dos gêneros, desenvolvimento de cidades e comunidades sustentáveis e energia limpa acessível para todos (SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2017).

Figura 1 - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável



Fonte: Sustainable Development, 2017.

A figura 1 apresenta os 17 objetivos do desenvolvimento sustentável. Pode-se dizer que a engenharia é responsável e impacta direta e indiretamente em 8 desses objetivos: saneamento e água de qualidade (6); energia limpa e acessível (7); trabalho e economia crescente (8); indústria, inovação e infraestrutura (9); cidades e comunidades sustentáveis (11); produção e consumo sustentável (12); ação climática (13) e manutenção da vida na terra (15).

A construção de habitações sustentáveis ajuda a atingir alguns desses objetivos propostos. É importante entender que as construções têm efeitos profundos – positivos e negativos – tanto para o meio ambiente quanto para as pessoas que habitam esses locais. Por isso, a edificação sustentável tem o propósito de ampliar os impactos positivos e mitigar os negativos em todo o ciclo de construção, desde o planejamento, design e construção até à operação (GREEN BUILDING, 2014).

Tajiri, Cavalcante e Potenza (2011) complementam que uma edificação pode ser considerada sustentável quando existe adequação ambiental, viabilidade econômica e justiça social incorporados em todas as etapas do ciclo, desde concepção, construção, uso, manutenção e podendo chegar até o processo de demolição.

Já para a UNEP (2012), uma edificação sustentável é definida como uma estrutura que emprega múltiplas estratégias, como: eficiência energética, conservação de água, uso responsável de materiais e recursos e qualidade do ar, e tem como objetivo aliviar os impactos negativos gerados aos redores do prédio construído.

Viggiano (2010) complementa que o edifício sustentável proporciona benefícios como conforto, funcionalidade, satisfação e qualidade de vida a seus usuários gerando o menor impacto para o meio ambiente e alcançando a máxima autonomia.

Os edifícios sustentáveis podem ser feitos de diversas formas, mas em geral as estratégias variam entre ativas e passivas. O design passivo é desenvolvido com estratégias que aproveitam as características do local de construção: insolação, microclima e outros fatores que ajudam a melhorar a iluminação e ventilação de forma natural, sem o uso de tecnologias. Já o design ativo usa sistemas que reduzem o impacto, como por exemplo placas fotovoltaicas ou aparelhos com eficiência energética que diminuem o consumo de energia. As certificações mais conhecidas consideram tanto ações ativas como passivas (UNEP, 2012).

As construções sustentáveis são de alta performance, pois apresentam os benefícios de reduzir 30% a 50% do uso da água, 30% do consumo de energia; 35% das emissões de CO₂, 50% a 60% da geração de resíduos e além disso, podem valorizar de 10% a 20 % no preço de venda de um imóvel, quando comparado com uma opção sem certificação ambiental (GREEN DESIGN, 2017).

Além disso, as edificações sustentáveis também podem ser uma boa opção para a melhora da situação de déficit habitacional do Brasil sem que o meio ambiente sofra grandes impactos.

2.3 CONJUNTURA ATUAL DO PAÍS

A falta de habitação é um dos principais problemas sociais do Brasil. Apesar do acesso à casa própria ser um direito constitucional e social do cidadão brasileiro, essa realidade ainda não pode ser alcançada para uma parcela significativa da população. Dessa forma, milhares de pessoas ainda lutam para conquistar a casa própria. Porém, percebe-se que a demanda é maior

do que a oferta por parte das políticas públicas, o que acarreta em um déficit habitacional. (SOUZA et al., 2015)

Santos (2017) afirma que um dos principais motivos para o déficit habitacional é que o preço de venda dos imóveis distingue-se dos valores salariais de grande parte das famílias brasileiras. Portanto, a compra de moradias depende diretamente da existência de linhas de créditos e consequentemente de políticas econômicas e sociais que facilitem a tomada de financiamento por parte da população.

Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2017), os dados estatísticos sobre o Déficit Habitacional Brasileiro em estudo feito pela Fundação João Pinheiro em parceria com o Ministério das Cidades, Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) apontam que em 2015 o déficit habitacional era de 6.186.503 famílias no Brasil.

A tabela 1 mostra o déficit habitacional brasileiro nas 5 regiões do país divididos entre 4 componentes: precários, para os cidadãos que vivem em domicílios precários; coabitação, que significa que diferentes famílias dividem a mesma habitação; o ônus, que é caracterizado por famílias que comprometem mais de 30% da renda para pagar o aluguel; e o adensamento, que representa as moradias que possuem mais de 3 pessoas por dormitório. É importante lembrar que o total não é a soma dos componentes, pois há casos que se enquadram em mais de um componente. Sendo assim, pode-se observar que em 2015 o déficit habitacional total no Brasil foi de 6.186.503 famílias e Santa Catarina representava aproximadamente 3% desse total, chegando a 184.623.

Tabela 1 - Déficit habitacional brasileiro por componentes

Especificação	Déficit habitacional				
	Total absoluto	Componentes			
		Precários	Coabitação	Ônus	Adensamento
Região Norte	627.376	156.875	253.814	179.586	37.101
Rondônia	48.906	15.402	7.297	22.966	3.241
Acre	26.567	1.926	16.232	7.183	1.226
Amazonas	147.860	18.227	71.702	44.911	13.020
Roraima	21.877	5.162	6.181	8.674	1.860
Pará	306.553	98.607	126.577	68.239	13.130
<i>RM Belém</i>	99.620	2.241	62.379	30.114	4.886
Amapá	28.955	2.103	17.654	7.359	1.839
Tocantins	46.658	15.448	8.171	20.254	2.785
Região Nordeste	1.924.333	492.789	619.768	754.200	57.576
Maranhão	388.898	241.278	89.742	52.615	5.263
Piauí	93.907	23.075	50.570	17.448	2.814
Ceará	300.752	71.798	72.100	142.449	14.405
<i>RM Fortaleza</i>	141.969	11.674	37.236	85.985	7.074
Rio Grande do Norte	113.308	9.890	44.084	52.270	7.064
Paraíba	117.495	11.637	41.862	62.057	1.939
Pernambuco	286.890	33.857	77.401	163.158	12.474
<i>RM Recife</i>	130.590	3.854	41.115	83.145	2.476
Alagoas	95.342	12.583	31.792	47.192	3.775
Sergipe	75.860	6.599	27.829	38.866	2.566
Bahia	451.881	82.072	184.388	178.145	7.276
<i>RM Salvador</i>	133.324	6.047	50.004	73.913	3.360
Região Sudeste	2.430.336	109.292	599.895	1.540.013	181.136
Minas Gerais	552.046	16.925	189.132	331.436	14.553
<i>RM Belo Horizonte</i>	153.069	4.537	56.502	88.317	3.713
Espírito Santo	103.631	6.595	20.270	70.168	6.598
Rio de Janeiro	468.292	12.820	96.937	326.049	32.486
<i>RM Rio de Janeiro</i>	351.443	9.531	82.705	229.352	29.855
São Paulo	1.306.367	72.952	293.556	812.360	127.499
<i>RM São Paulo</i>	623.653	24.734	135.485	379.559	83.875
Região Sul	697.636	117.610	157.854	410.451	11.721
Paraná	276.709	35.515	51.061	183.124	7.009
<i>RM Curitiba</i>	69.754	12.005	10.684	46.104	961
Santa Catarina	184.623	45.142	26.983	111.782	716
Rio Grande do Sul	236.304	36.953	79.810	115.545	3.996
<i>RM Porto Alegre</i>	93.678	15.680	27.424	48.046	2.528
Região Centro-Oeste	506.822	48.246	126.485	304.809	27.282
Mato Grosso do Sul	85.788	9.280	32.763	39.767	3.978
Mato Grosso	85.167	10.074	17.736	48.161	9.196
Goiás	204.876	25.320	43.014	127.952	8.590
Distrito Federal	130.992	3.572	32.973	88.929	5.518
BRASIL	6.186.503	924.812	1.757.816	3.189.059	314.816
<i>Total das RMs</i>	1.797.098	90.303	503.532	1.064.535	138.728
<i>Demais áreas</i>	4.389.405	834.509	1.254.284	2.124.524	176.088

Fonte: Elaborado por Fundação João Pinheiro e Diretoria de Estatística e Informações com base nos dados do IBGE e PNAD, 2015.

A FIESP (2016) também aponta que o déficit era de 6,941 milhões em 2010 contra 6,198 milhões em 2014, o que mostra uma queda de 2,8% ao ano durante o período. Essa redução se deve a política habitacional do governo para habitação de interesse social ou habitação popular, como o Minha Casa Minha Vida.

Porém, apesar dos últimos índices demonstrarem que número de famílias em déficit habitacional está decrescendo, muitas famílias tiveram uma redução de renda devido à situação econômica, à perda de poder aquisitivo e ao desemprego, e isso gerou um aumento do percentual destinado ao pagamento do aluguel. Estima-se que 85% das famílias que se enquadram no componente “ônus” ganham até três salários mínimos, sendo a parcela que mais sofre com a baixa produção de moradias com subsídio público e o gasto excessivo com aluguel num contexto de renda em queda. Além disso, o programa Minha Casa Minha Vida, que é a principal política habitacional para essa parcela da população desacelerou muito nos últimos anos (MÁXIMO, 2017).

Souza et al. (2015) também afirma que a Minha Casa Minha Vida é uma importante política do governo para melhorar a situação habitacional do país, visto que o objetivo do programa é a aquisição da casa própria para famílias com renda bruta de até três salários mínimos. O programa também surgiu como uma resposta do governo para impulsionar o mercado da construção civil, gerar empregos e impulsionar o crescimento econômico.

2.4 MINHA CASA MINHA VIDA

O elevado déficit habitacional no Brasil e a crise econômica mundial de 2008 levaram o Governo Federal a criar uma iniciativa que atendesse as necessidades de moradia própria da população e também impulsionasse a economia. Por isso, em março de 2009, foi criado o programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), que operado pela Caixa Econômica Federal, “oferece condições atrativas para o financiamento de moradias nas áreas urbanas para famílias de baixa renda” (CAIXA, 2017).

De acordo com a Caixa (2017), o programa se divide em duas categorias: urbana e rural. A primeira, contempla famílias com renda mensal bruta de até R\$ 7.000 enquanto a segunda categoria é destinada a agricultores familiares e trabalhadores rurais com renda bruta anual até R\$ 78.000,00. Em ambos os casos, as condições de financiamento, o prazo e o tipo de imóvel variam de acordo com a faixa de renda em que a família se encontra.

Para ser beneficiário do programa, além de atender a faixa de renda, não pode possuir financiamento e imóvel no nome, não ter utilizado o FGTS para financiar algum imóvel nos últimos 5 anos, a prestação não pode comprometer mais de 30% da renda familiar mensal e o imóvel adquirido deve ser utilizado para moradia (CAIXA, 2017).

Já por parte das construtoras, é preciso ter situação cadastral regular e saúde econômico-financeira; nível de qualificação no SIAC/PBQP-H, ter alvará e projeto aprovados pelo

município, apresentar todas as licenças ambientais e declaração de viabilidade das concessionárias de água, esgoto e energia elétrica, e oferecer uma infraestrutura interna e externa ao empreendimento (CAIXA, 2017).

Além do programa Minha Casa Minha Vida, a Caixa Econômica Federal, consciente do impacto que a construção de um grande volume de casas poderia gerar, também criou, em 2010, o Selo Casa Azul, que é o primeiro sistema de certificação ambiental voltado para a realidade do país (BRASILEIRO, 2013).

2.5 CERTIFICAÇÕES

O tema desenvolvimento sustentável vem sendo discutido nos últimos anos e fez com que a procura por produtos sustentáveis aumentasse no mercado, abrindo espaço para organizações criarem um sistema de certificação baseado em selos de qualidade para padronizar e quantificar os níveis de sustentabilidade de uma edificação.

Dessa forma, hoje existem diversos selos certificadores de edificações sustentáveis no mercado internacional, entre eles: Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM) criado no Reino Unido; o Building Environmental Performance Assessment Criteria (BEPAC), no Canadá; o Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency (CASBEE), no Japão; Leadership in Energy & Environmental Design (LEED) nos Estados Unidos, considerado o mais relevante no mercado mundial (BATISTA JUNIOR; ROMANEL, 2013).

Conforme Batista Junior e Romanel (2013), essas certificações avaliam “a interferência do empreendimento no entorno, a gestão eficiente da água, a economia e fontes alternativas de energia, materiais e recursos naturais, geração e gestão de resíduos e a qualidade ambiental no interior da edificação, durante as fases de execução e uso.”

Sob o ponto de vista de Grunberg, Medeiros e Tavares (2014), as certificações têm a vantagem de impulsionar o desenvolvimento da construção civil em busca de práticas mais sustentáveis, seja por seu comprometimento com o ambiente ou por questões estratégicas de competitividade. Já Piccoli et al. (2010) afirma que em alguns países, a certificação sustentável "deixou de ser meramente estratégia de mercado e passou a ser condição para legalização do edifício."

Além disso, as certificações também incrementam e difundem atitudes socioambientais corretas, já que reduzem a demanda de recursos naturais no empreendimento e, indiretamente,

estimulam fornecedores de produtos e serviços a também utilizarem insumos sustentáveis (BATISTA JUNIOR; ROMANEL, 2013).

De acordo com Grunberg, Medeiros e Tavares (2014), algumas construtoras já perceberam que a única maneira de garantir um desenvolvimento a longo prazo é com a aplicação de estratégias sustentáveis. Porém, adicionar essas estratégias a um projeto pode gerar um custo inicial que só poderá ser recuperado caso seja feita a comunicação correta dos ganhos ambientais, sociais e econômicos ao consumidor final. A certificação pode desempenhar o papel de comunicar ao usuário os ganhos respectivos pois é uma forma de comprovar e atestar o melhor desempenho ambiental.

2.5.1 Selo Casa Azul

Como já foi explanado, existem diversos selos que certificam as edificações sustentáveis, entretanto, para o desenvolvimento do estudo de caso, optou-se pelo Selo Casa Azul, pois foi o primeiro sistema de certificação criado para a realidade da construção habitacional brasileira e acredita-se que soluções adequadas à realidade local otimizam o uso de recursos naturais e benefícios locais (CAIXA, 2010).

A certificação foi criada em 2010 por uma equipe técnica da Caixa e consultores da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade Federal de Santa Catarina e Universidade Estadual de Campinas. E de acordo com o manual disponibilizado no site da Caixa (2010), o Selo Casa Azul é um:

instrumento de classificação socioambiental de projetos de empreendimentos habitacionais, que busca reconhecer os empreendimentos 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

Para obter o Selo, é necessário que o empreendimento habitacional seja apresentado à Caixa para financiamento ou para programas de repasse. A adesão é voluntária e a empresa deve manifestar o interesse em adquiri-lo para que o projeto seja analisado sob a ótica deste instrumento. Empresas construtoras, o Poder Público, cooperativas, associações, entre outras entidades podem se candidatar no processo de aquisição (CAIXA, 2010).

A certificação possui 3 níveis de gradação: Bronze, Prata e Ouro, que variam de acordo com o número de critérios atendidos. A verificação do atendimento aos critérios estabelecidos pelo Selo é feita durante a análise de viabilidade técnica do empreendimento (CAIXA, 2010).

O quadro 1 apresenta os selos e o número mínimo de critérios de cada gradação. Entretanto, o nível de gradação Bronze só poderá ser concedido aos empreendimentos cujo valor da unidade habitacional não ultrapassar os limites estabelecidos pela Caixa.

Quadro 1 - Níveis de gradação do Selo Casa Azul

Gradação	Selo	Atendimento Mínimo
Bronze		19 critérios obrigatórios
Prata		Critérios obrigatórios e mais 6 critérios de livre escolha
Ouro		Critérios obrigatórios e mais 12 critérios de livre escolha

Fonte: Caixa Econômica Federal, adaptado pela autora, 2017.

O quadro 2 mostra os valores limites para obtenção do nível bronze de acordo com cada região. Como os empreendimentos em estudo estão localizados na cidade de Palhoça e pode ser considerada uma região de conurbação com a capital Florianópolis, o limite considerado no estudo de caso será de R\$100.000,00.

Quadro 2 - Limites de Avaliação e localidades para o Selo Casa Azul nível bronze

Localidades	Valor de Avaliação da unidade habitacional
Distrito Federal Cidades de São Paulo e Rio de Janeiro Municípios com população igual ou superior a 1 milhão de habitantes integrantes das regiões metropolitanas dos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro	Até R\$ 130.000,00
Municípios com população igual ou superior a 250 mil habitantes Região Integrada do Distrito Federal e Entorno – RIDE/DF nas demais regiões metropolitanas e nos municípios em situação de conurbação com as capitais estaduais (exceto Rio de Janeiro e São Paulo)	Até R\$ 100.000,00
Demais municípios	Até R\$ 80.000,00

Fonte: Caixa Econômica Federal, 2010.

No total, o Selo Casa Azul possui 53 critérios de avaliação, divididos em 6 categorias: Qualidade Urbana, Projeto e Conforto, Eficiência Energética, Conservação de Recursos Materiais, Gestão da Água e Práticas Sociais. O intuito é incentivar o uso racional de recursos naturais, reduzir o custo de manutenção dos edifícios e as despesas mensais dos usuários, além da conscientização das vantagens das construções sustentáveis (CAIXA, 2010).

2.5.1.1 Qualidade Urbana

A primeira categoria defende questões necessárias à qualidade de vida da população que vive na localidade do empreendimento. De acordo com a Caixa (2010), todos os critérios dessa categoria referem-se a princípios de crescimento inteligente, incentivando o desenvolvimento de comunidades atraentes, diferenciadas e com melhor qualidade de vida.

O quadro 3 apresenta os 5 critérios da categoria Qualidade Urbana. Os dois primeiros critérios são obrigatórios e devem ser considerados na escolha do local do empreendimento, pois são específicos de cada lugar. Já os critérios de melhoria, recuperação e reabilitação são de livre escolha e tratam dos benefícios que podem ser gerados no entorno da edificação.

Quadro 3 - Critérios de Avaliação - Categoria Qualidade Urbana

Critérios	Avaliação	Objetivo
1.1 Qualidade do entorno - infraestrutura	Obrigatório	Proporcionar aos moradores qualidade de vida, considerando a existência de infraestrutura, serviços, equipamentos comunitários e comércio disponíveis no entorno do empreendimento.
1.2 Qualidade do entorno - impactos	Obrigatório	Buscar o bem-estar, a segurança e a saúde dos moradores, considerando o impacto do entorno em relação ao empreendimento em análise
1.3 Melhoria do entorno	Livre Escolha	Incentivar ações para melhorias estéticas, funcionais, paisagísticas e de acessibilidade no entorno do empreendimento
1.4 Recuperação de áreas degradadas	Livre Escolha	Incentivar a recuperação de áreas social e/ou ambientalmente degradadas
1.5 Reabilitação de imóveis	Livre Escolha	Incentivar a reabilitação de edificações e a ocupação de vazios urbanos, especialmente nas áreas centrais, de modo a devolver ao meio ambiente, ao ciclo econômico e à dinâmica urbana uma edificação ou área antes em desuso, impossibilitada de uso ou subutilizada.

Fonte: Caixa Econômica Federal, adaptado pela autora, 2017.

Do ponto de vista sustentável, as vantagens de oferecer uma infraestrutura básica com serviços, equipamentos comunitários e comércio nas proximidades dos empreendimentos são proporcionar uma melhor qualidade de vida aos moradores e auxiliar na redução do espalhamento urbano. Além disso, ao oferecer transporte público, ocorre uma redução do uso de transporte individual e, conseqüentemente, uma redução no consumo de combustíveis, nas emissões de ruído e congestionamento (CAIXA, 2010).

2.5.1.2 Projeto e Conforto

Conforme consta no guia da Caixa (2010), o Projeto e Conforto abrange as estratégias relacionadas ao planejamento e à concepção do projeto da habitação. Essa categoria considera ações relativas à adaptação da edificação às condições climáticas, às características físicas e geográficas locais, bem como a previsão de espaços na edificação destinados a usos e fins específicos.

Quadro 4 - Critérios de Avaliação - Categoria Projeto e Conforto

Critérios		Avaliação	Objetivo
2.1	Paisagismo	Obrigatório	Auxiliar no conforto térmico e visual do empreendimento, mediante regulação de umidade, sombreamento vegetal e uso de elementos paisagísticos
2.2	Flexibilidade de projeto	Livre escolha	Permitir o aumento da versatilidade da edificação, por meio de modificação de projeto e futuras ampliações, adaptando-se às necessidades do usuário
2.3	Relação com a vizinhança	Livre escolha	Minimizar os impactos negativos do empreendimento sobre a vizinhança
2.4	Solução alternativa de transporte	Livre escolha	Incentivar o uso, pelos condôminos, de meios de transporte menos poluentes, visando a reduzir o impacto produzido pelo uso de veículos automotores
2.5	Local para coleta seletiva	Obrigatório	Possibilitar a realização da separação dos recicláveis (resíduos sólidos domiciliares – RSD) nos empreendimentos
2.6	Equipamentos de lazer, sociais e esportivos	Obrigatório	Incentivar práticas saudáveis de convivência e entretenimento dos moradores, mediante a implantação de equipamentos de lazer, sociais e esportivos nos empreendimentos
2.7	Desempenho térmico - vedações	Obrigatório	Proporcionar ao usuário melhores condições de conforto térmico, conforme as diretrizes gerais para projeto correspondentes à zona bioclimática do local do empreendimento, controlando-se a ventilação e a radiação solar que ingressa pelas aberturas ou que é absorvida pelas vedações externas da edificação
2.8	Desempenho térmico - orientação ao sol e ventos	Obrigatório	Proporcionar ao usuário condições de conforto térmico mediante estratégias de projeto, conforme a zona bioclimática do local do empreendimento, considerando-se a implantação da edificação em relação à orientação solar, aos ventos dominantes e à interferência de elementos físicos do entorno, construídos ou naturais
2.9	Iluminação natural de áreas comuns	Livre escolha	Melhorar a salubridade do ambiente, além de reduzir o consumo de energia mediante iluminação natural nas áreas comuns, escadas e corredores dos edifícios
2.10	Ventilação e iluminação natural de banheiros	Livre escolha	Melhorar a salubridade do ambiente, além de reduzir o consumo de energia nas áreas dos banheiros
2.11	Adequação às condições físicas do terreno	Livre escolha	Minimizar o impacto causado pela implantação do empreendimento na topografia e em relação aos elementos naturais do terreno

Fonte: Caixa Econômica Federal, adaptado pela autora, 2017.

O quadro 4 mostra os critérios obrigatórios e de livre escolha da categoria projeto e conforto. O paisagismo e o desempenho térmico são soluções que ajudam no resfriamento e aquecimento passivo da edificação e são benéficos pois reduzem o consumo de energia pela minimização ou anulação dos sistemas de climatização, além de propiciar maior conforto ao morador (CAIXA, 2010).

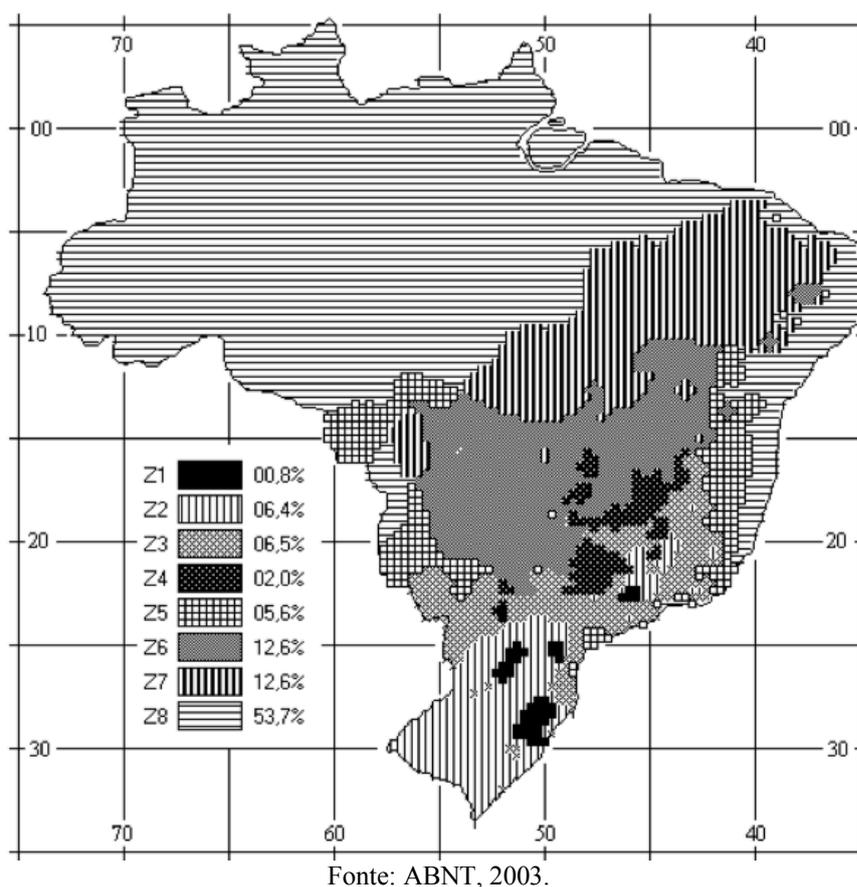
Outro importante critério sustentável obrigatório é a escolha de um local que apresente coleta seletiva de lixo, dado que grande parte dos resíduos domésticos podem ser recicláveis e isso reduz significativamente a quantidade de material enviado para aterros sanitários e incentiva o reaproveitamento de materiais. Já a disponibilização de espaço para lazer incentiva a prática de esportes e um estilo de vida saudável na comunidade (CAIXA, 2010).

Conforme a Caixa (2010), para avaliar o critério de avaliação obrigatório de desempenho térmico das edificações, é preciso analisar os materiais utilizados nas habitações, já que os mesmos devem atender às variações climáticas presentes no Brasil. Para isto, as

características das paredes e da cobertura, e os revestimentos usados devem ser definidos conforme as necessidades de cada zona bioclimática, visando atender a necessidade de conforto inerente ao clima em que se encontra a habitação.

A Caixa (2010) usa como referência as normas NBR 15.220/2003 e NBR15.575/2013 de desempenho térmico elaboradas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que fornecem os parâmetros corretos para especificar as características de paredes e coberturas de acordo com cada zona climática. Dessa forma, o primeiro passo para avaliar o desempenho térmico da edificação, é analisar a zona bioclimática que o mesmo se encontra.

Figura 2 - Zoneamento Bioclimático Brasileiro



A figura 2 apresenta o mapa de zoneamento bioclimático brasileiro determinado pela NBR 15.220. Tendo a zona bioclimática definida, é possível avaliar o desempenho térmico da edificação.

2.5.1.2.1 Desempenho térmico – vedações

O desempenho térmico é avaliado pela transmitância e capacidade térmica de paredes e transmitância térmica de coberturas. Além disso, o critério também está relacionado às cores usadas nesses componentes, estando implícita a propriedade de absorvância do material (ABNT, 2003).

A tabela 2 apresenta os valores de capacidade e transmitância térmica de paredes (externas e internas) e coberturas aceitos pela Caixa Econômica Federal para que a residência atenda o critério obrigatório de desempenho térmico e possa obter o Selo Casa Azul.

Tabela 2 - Desempenho Térmico - vedações

Zonas Bioclimáticas	PAREDES EXTERNAS		PAREDES INTERNAS	COBERTURA
	Transmitância Térmica (U)	Capacidade Térmica (CT)	Capacidade Térmica (CT)	Transmitância Térmica (U)
1	$U \leq 3,7$ se $\alpha < 0,6$ ou $U \leq 2,5$ se $\alpha \geq 0,6$	$CT \geq 130$	$CT \geq 130$	$U \leq 2,30$
2				$U \leq 2,30$ se $\alpha \leq 0,6$ ou $U \leq 1,5$ se $\alpha > 0,6$
3				
4				
5				
6				
7				
8				sem exigências
Referência	NBR 15.575-5 e tipologias fornecidas pelo LabEEE	NBR 15.575-4	NBR 15220-3 adaptada	NBR 15.575-5 e tipologias fornecidas pelo LabEEE

Legenda

- U = transmitância térmica (W/(m²K) – o inverso da resistência térmica (RT), sendo RT o somatório do conjunto de resistências térmicas correspondentes às camadas de um elemento ou componente, incluindo as resistências superficiais internas e externas.
- CT = capacidade térmica dos componentes (KJ/m².K) – quociente da capacidade térmica de um componente pela sua área.
- α = absorvância à radiação solar – quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície.
- A = área de piso do ambiente.
- FV = fator de ventilação.

Fonte: Caixa Econômica Federal, 2010.

Além desses parâmetros, a Caixa (2010) também avalia o tamanho das aberturas de portas e janelas em cada cômodo da residência.

A tabela 3 apresenta os valores de aberturas aceitos pela Caixa Econômica Federal. Os valores são determinados a partir da zona climática que se localiza a edificação e a área do cômodo em estudo. Todos os cálculos desses parâmetros estão apresentados a seguir.

Tabela 3 - Desempenho térmico - vedações - aberturas e coberturas

Zonas bioclimáticas	ABERTURAS				COBERTURAS	
	Ventilação			Iluminação	Sombreamento	Transmitância Térmica (U)
	Salas	Dormitórios	Cozinhas**			
1					Obrigatório proteção nos dormitórios, com dispositivo de controle que permita insolação no inverno e abertura total da área para iluminação	Coberturas que atendam aos critérios da Tabela 2 para qualquer cor, como por exemplo: Coberturas Tipo a, b, c, d, e, f, g, h, i, j (ver Tabela 5)
2						
3						
4	Abertura A ≥ 10%	Abertura A ≥ 8%	Abertura Média A ≥ 8%	Abertura A ≥ 16%	Obrigatório proteção nos dormitórios e recomendável nas salas quando adotada porcentagem de ventilação somente por área de janela e vidro. Os dispositivos de proteção/sombreamento devem permitir abertura total da área para iluminação	Coberturas que atendam aos critérios da Tabela 2 com cores claras (absortância < 0.6) (branca, amarela, verde claro e cinza claro). Como exemplo: Tipo a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, (ver Tabela 5) ou Coberturas que atendam aos critérios da Tabela 2 com cores escuras (absortância > 0.6) com isolante térmico. Como exemplo: Coberturas Tipo b, c, d, g, h, i com manta aluminizada (ver Tabela 5)
5						
6						
7	Abertura A ≥ 8%	Abertura A ≥ 8%	Abertura Pequena A ≥ 5%	Abertura A ≥ 10%		
8	Abertura ≥ 20%	Abertura ≥ 15%	Abertura Grande ≥ 15%	Abertura*** ≥ 15%	Obrigatório proteção nos dormitórios e nas salas quando adotada porcentagem de ventilação somente por área de janela e vidro e que permita abertura total da área para iluminação	Coberturas que atendam aos critérios da Tabela 2 com cores claras (absortância < 0.4) (branca, amarelo claro). Como exemplo: Tipo a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, (ver Tabela 5) ou Coberturas que atendam aos critérios da Tabela 2 com cores médias e escuras (absortância > 0.4) com isolante térmico. Como exemplo: Coberturas Tipo b, c, d, g, h, i com manta aluminizada (ver Tabela 5)
Referência	NBR 15.575-4 adaptada	NBR 15.575-4 adaptada	NBR 15.575-4 adaptada		NBR 15.575-4 adaptada	NBR 15.575-5 e tipologias fornecidas pelo LabEEE

* A Transmitância e Capacidade Térmica de paredes que não constam na Tabela 4 podem ser calculadas conforme a NBR 15220-2

** Para sala com cozinhas conjugadas considerar o somatório das áreas da sala e cozinha e aplicar os critérios do ambiente (salas)

*** Recomenda-se que na zona 8 a porcentagem de iluminação dos ambientes não seja superior a 20%

Legenda

A = Área de piso do ambiente

Fonte: Caixa Econômica Federal, 2010.

Os cálculos necessários para obter esses parâmetros estão explicitados nos capítulos a seguir.

2.5.1.2.1.1 Transmitância Térmica

Segundo a Caixa (2010), a transmitância térmica (U) da parede “indica o comportamento da parede em relação à transmissão de calor para o interior do ambiente. A mesma depende das camadas que constituem a parede, pois cada uma delas apresenta uma resistência térmica própria do material do qual é constituída.”

De acordo com a ABNT (2003), a transmitância térmica (U) de componentes, de ambiente a ambiente, é o inverso da resistência térmica total (R_T), conforme equação 1.

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (1)$$

Ou seja, componentes como paredes e coberturas com transmitâncias térmicas mais elevadas apresentam uma menor resistência e, portanto, transmitem mais rapidamente o calor ao interior dos ambientes. (CAIXA, 2010)

A ABNT (2003) determina que a resistência térmica total de ambiente a ambiente se dá pelo somatório das resistências dos materiais que o constituem mais as resistências superficiais externa e interna, conforme a equação 2:

$$R_T = R_{se} + R_t + R_{si} \quad (2)$$

Onde:

R_t é a resistência térmica de superfície a superfície, determinada pela equação 4;

R_{se} e R_{si} são as resistências superficiais externa e interna, respectivamente, obtidas no quadro 5.

O quadro 5 apresenta a resistência térmica superficial interna e externa de acordo com a direção do fluxo de calor. Para as resistências térmicas superficiais, a NBR 15220 recomenda o uso de valores médios, que são constantes para paredes, mas, para coberturas, dependem da direção do fluxo de calor (CAIXA, 2010).

Quadro 5 - Resistência térmica superficial interna e externa

$R_{si} (m^2.K)/W$			$R_{se} (m^2.K)/W$		
Direção do fluxo de calor			Direção do fluxo de calor		
Horizontal	Ascendente	Descendente	Horizontal	Ascendente	Descendente
⇒	⇑	⇓	⇒	⇑	⇓
0,13	0,10	0,17	0,04	0,04	0,04

Fonte: ABNT, 2003.

Já a resistência térmica de superfície a superfície de um componente plano constituído de camadas homogêneas e não homogêneas é determinada pela equação 3 (ABNT, 2003).

$$R_t = \frac{Aa + Ab + \dots + An}{\frac{Aa}{Ra} + \frac{Ab}{Rb} + \dots + \frac{An}{Rn}} \quad (3)$$

Onde:

A_a, A_b, \dots, A_n são as áreas de cada seção;

R_a, R_b, \dots, R_n são as resistências térmicas de superfície à superfície de um componente plano para cada seção (a, b, ... n), determinadas pela equação 4:

$$R_t = R_{t1} + R_{t2} + \dots + R_{tn} + R_{ar1} + R_{ar2} + \dots + R_{arn} \quad (4)$$

Sendo R_{t1}, R_{t2}, R_{tn} as resistências térmicas das n camadas homogêneas, que podem ser determinadas pela equação 5:

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (5)$$

Onde:

e = Espessura de uma camada em metro (m)

λ = Condutividade térmica do material em W/(m.K)

$R_{ar1}, R_{ar2}, \dots, R_{arn}$ são as resistências térmicas das n câmaras de ar e podem ser obtidas na tabela do Anexo B.

O quadro 6 é usado para determinar a resistência de térmica (R_{ar}). Porém, para definir a mesma, além da espessura da câmara de ar, é preciso conhecer a emissividade da superfície, que é determinada juntamente com a absorvância à radiação solar e será explicitada no subtópico 2.5.1.2.1.2.

Quadro 6 - Resistência térmica de câmaras de ar não ventiladas, com largura muito maior que a espessura

Natureza da superfície da câmara de ar	Espessura "e" da câmara de ar cm	Resistência térmica R_{ar} $m^2.K/W$		
		Direção do fluxo de calor		
		Horizontal	Ascendente	Descendente
		⇨	⇑	⇓
Superfície de alta emissividade $\varepsilon > 0,8$	$1,0 \leq e \leq 2,0$	0,14	0,13	0,15
	$2,0 < e \leq 5,0$	0,16	0,14	0,18
	$e > 5,0$	0,17	0,14	0,21
Superfície de baixa emissividade $\varepsilon < 0,2$	$1,0 \leq e \leq 2,0$	0,29	0,23	0,29
	$2,0 < e \leq 5,0$	0,37	0,25	0,43
	$e > 5,0$	0,34	0,27	0,61

Notas:
 1 ε é a emissividade hemisférica total.
 2 Os valores para câmaras de ar com uma superfície refletora só podem ser usados se a emissividade da superfície for controlada e previsto que a superfície continue limpa, sem pó, gordura ou água de condensação.
 3 Para coberturas, recomenda-se a colocação da superfície refletora paralelamente ao plano das telhas (exemplo C.6 do anexo C); desta forma, garante-se que pelo menos uma das superfícies - a inferior - continuará limpa, sem poeira.
 4 Caso, no processo de cálculo, existam câmaras de ar com espessura inferior a 1,0 cm, pode-se utilizar o valor mínimo fornecido por esta tabela.

Fonte: ABNT, 2003.

Já a resistência térmica para os componentes com câmara de ar ventilada, como coberturas e telhados, por exemplo, é preciso calcular a resistência para as condições de ganho (verão) e perda (inverno) de calor (ABNT, 2003).

De acordo com a ABNT (2003), em condições de ganho de calor, a resistência térmica da câmara de ar ventilada deve ser igual a da câmara de ar não ventilada e é obtida pelo quadro 6 e equação 4. Já em condições de perda de calor, distinguem-se em dois casos:

- a) câmara pouco ventilada: a resistência térmica da câmara será igual à da câmara não ventilada e, assim como em condições de ganho, também é obtida pelo quadro 6 e equação 4;
- b) câmara muito ventilada: a camada externa à câmara não será considerada e a resistência térmica total (ambiente a ambiente) e deve ser calculada pela equação 6:

$$R_T = 2 \cdot R_{si} + R_t \quad (6)$$

Onde:

R_t é a resistência térmica da camada interna do componente construtivo. No caso de coberturas, é a resistência térmica do componente localizado entre a câmara de ar e o ambiente interno – forro;

R_{si} é a resistência superficial interna obtida do quadro 5.

Para classificar as câmaras de ar entre pouco ou muito ventiladas e saber qual o procedimento de cálculo mais apropriado, é usado o quadro 7.

Quadro 7 - Condições de ventilação para câmara de ar

Posição da câmara de ar	Câmara de ar	
	Pouco ventilada	Muito ventilada
Vertical (paredes)	$S/L < 500$	$S/L \geq 500$
Horizontal (coberturas)	$S/A < 30$	$S/A \geq 30$

Onde:
 S é a área total de abertura de ventilação, em cm^2 ;
 L é o comprimento da parede, em m;
 A é a área da cobertura.

Fonte: ABNT, 2003.

O quadro 7 mostra a relação que classifica uma câmara de ar como pouco ou muito ventilada. No caso das coberturas, é necessário ter conhecimento da área total de abertura do telhado e a área total da cobertura.

Porém, Lambers (2011), afirma que as transmitâncias térmicas e os atrasos térmicos das coberturas são calculados apenas para condições de verão. Portanto, para o presente estudo de caso só será considerada a resistência térmica de cobertura em condições de ganho de calor.

2.5.1.2.1.2 Absortância à radiação solar e emissividade

A absorvância à radiação solar (α) é a fração de radiação solar absorvida quando a radiação incide em uma superfície (CAIXA, 2010). Já a emissividade é o quociente da taxa de radiação emitida por uma superfície pela taxa de radiação emitida por um corpo negro, à mesma temperatura. Tanto a absorvância como a emissividade são parâmetros adimensionais que variam de zero (0) até um (1), sendo zero para superfícies com baixa absorvância/emissividade e um para alta absorvância/emissividade (ABNT, 2003).

O quadro 8 apresenta os valores de absorvância à radiação solar e emissividade de acordo com a superfície do componente utilizado. A Caixa (2010) afirma que a “cor tem uma grande influência na absorvância das vedações, por isso é um parâmetro que deve ser considerado com bastante atenção, dependendo do objetivo – se for para aquecimento ou resfriamento.”

Quadro 8 - Absortância (α) para radiação solar (ondas curtas) e emissividade (ε) para radiações a temperaturas comuns (ondas longas)

Tipo de superfície		α	ε
Chapa de alumínio (nova e brilhante)		0,05	0,05
Chapa de alumínio (oxidada)		0,15	0,12
Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante)		0,25	0,25
Caiçãõ nova		0,12 / 0,15	0,90
Concreto aparente		0,65 / 0,80	0,85 / 0,95
Telha de barro		0,75 / 0,80	0,85 / 0,95
Tijolo aparente		0,65 / 0,80	0,85 / 0,95
Reboco claro		0,30 / 0,50	0,85 / 0,95
Revestimento asfáltico		0,85 / 0,98	0,90 / 0,98
Vidro incolor		0,06 / 0,25	0,84
Vidro colorido		0,40 / 0,80	0,84
Vidro metalizado		0,35 / 0,80	0,15 / 0,84
Pintura:	Branca	0,20	0,90
	Amarela	0,30	0,90
	Verde clara	0,40	0,90
	"Alumínio"	0,40	0,50
	Verde escura	0,70	0,90
	Vermelha	0,74	0,90
	Preta	0,97	0,90

Fonte: ABNT, 2003.

2.5.1.2.1.3 Capacidade Térmica

A Caixa (2010) define a Capacidade Térmica (CT) como a quantidade de calor que um determinado corpo deve trocar para que sua temperatura sofra uma variação unitária. A mesma depende das propriedades térmicas dos materiais que compõem esse corpo, tais como a condutividade térmica, a resistência térmica, a espessura, o calor específico e a densidade.

De acordo com a ABNT (2003), a capacidade térmica de componentes pode ser determinada pela equação 7:

$$C_T = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot R_i \cdot c_i \cdot \rho_i = \sum_{i=1}^n e_i \cdot c_i \cdot \rho_i \quad (7)$$

Onde:

λ_i é a condutividade térmica do material da camada i (Tabela do Anexo B);

R_i é a resistência térmica da camada i;

e_i é a espessura da camada i;

c_i é o calor específico do material da camada i (Tabela do Anexo B);

ρ_i é a densidade de massa aparente do material da camada i (Tabela do Anexo B);

Segundo a ABNT (2003), para os componentes com câmaras de ar, a sua capacidade térmica pode ser desprezada, visto que o mesmo apresenta uma densidade de massa aparente muito baixa ($\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$).

Em casos de componentes com camadas homogêneas e não homogêneas, obtém-se a capacidade térmica total a partir da equação 8:

$$C_T = \frac{Aa + Ab + \dots + An}{\frac{Aa}{C_{Ta}} + \frac{Ab}{C_{Tb}} + \dots + \frac{An}{C_{Tn}}} \quad (8)$$

Onde:

C_{Ta} , C_{Tb} , ... C_{Tn} são as capacidades térmicas do componente para cada seção (a, b, n);

Aa , Ab , ..., An são as áreas de cada seção.

2.5.1.2.2 Desempenho térmico – orientação ao sol e ventos

A Caixa (2010) afirma que para o atendimento a esse critério, também se deve identificar a zona bioclimática do município em que se localiza o empreendimento (figura 2 do item 2.5.1.2). Feito isso, consultam-se os quadros da NBR 15.220 que determinam as respectivas diretrizes que devem ser incorporadas no projeto da edificação.

A habitação em estudo se encontra no Município de Palhoça, esta está localizada na Zona Bioclimática 3. Portanto, apresentam-se tão somente os quadros representativos de referida zona (9, 11 e 13). A propósito, merece destaque, desde logo, que os quadros 10 e 12 apresentados a seguir tem aplicação para quaisquer zonas bioclimáticas.

De acordo com a ABNT (2003), os parâmetros avaliados pela NBR15.220 para satisfazer as recomendações de orientação ao sol e ventos são: tamanho das aberturas, tipo de vedações externas e estratégias de condicionamento térmico passivo, que são explicitados a seguir.

2.5.1.2.2.1 Aberturas

O quadro 9 apresenta as orientações da NBR 15.220 em relação às aberturas para ventilação de residências inseridas na Zona Bioclimática 3.

Quadro 9 - Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas da Zona Bioclimática 3

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Médias	Permitir sol durante o inverno

Fonte: ABNT, 2003.

De acordo com o quadro 9, as aberturas para ventilação devem ser médias e o sombreamento das aberturas deve permitir sol durante o inverno. Porém, para definir o que são aberturas de tamanho médio, foi utilizado o quadro 10, também retirado da NBR 15220. (ABNT, 2003)

Quadro 10 - Aberturas para ventilação

Aberturas para ventilação	A (em % da área de piso)
Pequenas	$10% < A < 15%$
Médias	$15% < A < 25%$
Grandes	$A > 40%$

Fonte: ABNT, 2003.

O quadro 10 especifica o percentual das aberturas para ventilação, sendo que “A” significa a área de piso do cômodo avaliado. As aberturas médias, que são recomendadas para a Zona Climática 3, devem representar de 15 a 25% da área do piso do cômodo em estudo.

2.5.1.2.2.2 Tipos de Vedações

O tipo de vedação externa é outro parâmetro avaliado no critério de desempenho térmico – orientação ao sol e ventos. O quadro 11, retirado da NBR 15.220, apresenta as recomendações para as paredes e coberturas de residências localizadas na zona 3 (ABNT, 2003).

Quadro 11 - Tipos de vedações externas para Zona Bioclimática 3

Vedações externas
Parede: Leve refletora
Cobertura: Leve isolada

Fonte: ABNT, 2003.

O quadro 11 define que as paredes devem ser do tipo leve refletora e as coberturas devem ser do tipo leve isolada. Esses critérios são explicados no quadro 12, que define os valores de transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar para que paredes externas e/ou coberturas sejam classificadas como leve, leve refletora ou pesada.

Quadro 12 - Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa

Vedações externas		Transmitância térmica - U W/m ² .K	Atraso térmico - φ Horas	Fator solar - FS ₀ %
Paredes	Leve	$U \leq 3,00$	$\varphi \leq 4,3$	FS ₀ $\leq 5,0$
	Leve refletora	$U \leq 3,60$	$\varphi \leq 4,3$	FS ₀ $\leq 4,0$
	Pesada	$U \leq 2,20$	$\varphi \geq 6,5$	FS ₀ $\leq 3,5$
Coberturas	Leve isolada	$U \leq 2,00$	$\varphi \leq 3,3$	FS ₀ $\leq 6,5$
	Leve refletora	$U \leq 2,30.FT$	$\varphi \leq 3,3$	FS ₀ $\leq 6,5$
	Pesada	$U \leq 2,00$	$\varphi \geq 6,5$	FS ₀ $\leq 6,5$

NOTAS
1 Transmitância térmica, atraso térmico e fator solar (ver 02:135.07-001/2)
2 Aberturas efetivas para ventilação são dadas em percentagem da área de piso em ambientes de longa permanência (cozinha, dormitório, sala de estar).
3 No caso de coberturas (este termo deve ser entendido como o conjunto telhado mais ático mais forro), a transmitância térmica deve ser verificada para fluxo descendente.
4 O termo "ático" refere-se à câmara de ar existente entre o telhado e o forro.

Fonte: ABNT, 2003.

O cálculo de transmitância foi apresentado do tópico 2.5.1.2.1.1, então serão explicitados os cálculos de Atraso térmico (φ) e Fator Solar (FS₀) nos tópicos "a" e "b", a seguir.

a) Atraso Térmico de um componente

A ABNT (2003), define o atraso térmico de um componente como o "tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta de um componente construtivo submetido a um regime periódico de transmissão de calor." Ou seja, é o tempo que leva para uma diferença térmica ocorrida em um dos meios manifestar-se na superfície oposta.

Dornelles (2004) também comenta que o calor produzido na superfície externa de um elemento submetido a radiação solar é transmitido lentamente, de partícula em partícula, para o interior do ambiente, o que provoca um certo retardo (atraso) no tempo.

O cálculo de parâmetro depende da quantidade de materiais que o elemento apresenta, ou seja, se o mesmo é homogêneo ou heterogêneo (ABNT, 2003).

- Caso de elemento homogêneo:

Conforme determina a ABNT (2003), em uma placa homogênea, ou seja, constituída por um único material, com determinada espessura “e” e submetida a um regime térmico variável e senoidal com período de 24 horas, o atraso térmico pode ser estimado pela equação 9 ou 10.

$$\varphi = 1,382 \cdot e \cdot \sqrt{\frac{\rho \cdot c}{3,6 \cdot \lambda}} \quad (9)$$

$$\varphi = 0,7284 \cdot \sqrt{R_t \cdot CT} \quad (10)$$

Onde:

φ é o atraso térmico;

e é a espessura da placa;

λ é a condutividade térmica do material, obtido pela tabela do Anexo B;

ρ é a densidade de massa aparente do material, obtido pela tabela do Anexo B;

c é o calor específico do material, obtido pela tabela do Anexo B;

R_t é a resistência térmica de superfície a superfície do componente, obtida pela equação 3;

CT é a capacidade térmica do componente, obtida pela equação 8.

- Caso de elemento heterogêneo:

No caso de um componente formado por diferentes materiais superpostos em “n” camadas paralelas às faces (perpendiculares ao fluxo de calor), o atraso térmico varia conforme a ordem das camadas.

$$\varphi = 1,382 \cdot R_t \cdot \sqrt{B_1 + B_2} \quad (11)$$

Onde:

φ é o atraso térmico;

R_t é a resistência térmica de superfície a superfície do componente, obtida pela equação 3;

B_1 é dado pela equação 12;

B_2 é dado pela equação 13, porém, caso se obtenha um valor negativo, deve-se desconsiderar esse item.

$$B_1 = 0,226 \cdot \frac{B_0}{R_t} \quad (12)$$

Onde:

B_0 é determinado pela equação 14.

$$B_2 = 0,205 \cdot \left(\frac{(\lambda \cdot \rho \cdot c)_{ext}}{R_t} \right) \cdot \left(R_{ext} - \frac{R_t - R_{ext}}{10} \right) \quad (13)$$

$$B_0 = CT - CT_{ext} \quad (14)$$

CT é a capacidade térmica total do componente, obtida pela equação 8;

CT_{ext} é a capacidade térmica da camada externa do componente, obtida pela equação 7.

b) Fator de ganho solar

A ABNT (2003) apresenta duas formas de calcular o fator de ganho solar (ou apenas fator solar), uma para componentes opacos e outra para transparentes e/ou translúcidos

- Fator de ganho solar de elementos opacos

Segundo a ABNT (2003), o fator de ganho de calor solar de elementos opacos é dado pela equação 15.

$$FS_0 = 100 \cdot U \cdot \alpha \cdot R_{se} \quad (15)$$

Onde:

FS_0 é o fator solar de elementos opacos em percentagem;

U é a transmitância térmica do componente, obtida pela equação 1;

α é a absorvância à radiação solar em função da superfície/cor, é obtida no quadro 8;

R_{se} é a resistência superficial externa, dada pelo quadro 5.

Como R_{se} pode ser considerado constante e igual a 0,04, a equação 15 pode ser simplificada pela equação 16.

$$FS_0 = 4 \cdot U \cdot \alpha \quad (16)$$

- Fator de ganho solar de elementos transparentes ou translúcidos

O fator de ganho de calor solar de elementos transparentes ou translúcidos é dado pela equação 17. (ABNT, 2003)

$$FS_t = U \cdot \alpha \cdot R_{se} + \tau. \quad (17)$$

Onde:

FS_t é o fator solar de elementos transparentes ou translúcidos;

U é a transmitância térmica do componente, dada pela equação 1;

α é a absorvância à radiação solar em função da superfície/cor, é obtida no quadro 8;

R_{se} é a resistência superficial externa, dada pelo quadro 5.

τ é a transmitância à radiação solar.

2.5.1.2.2.3 Estratégias de condicionamento térmico passivo

A NBR 15220 recomenda algumas estratégias para cada zona bioclimática, visto que a forma, a orientação e a implantação da edificação, além da correta orientação de superfícies envidraçadas, podem contribuir para otimizar o seu aquecimento no período frio através da incidência de radiação solar (ABNT, 2003).

As estratégias construtivas recomendadas para a zona bioclimática 3 estão apresentadas no quadro 13, retirado da NBR 15.220.

Quadro 13 - Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 3

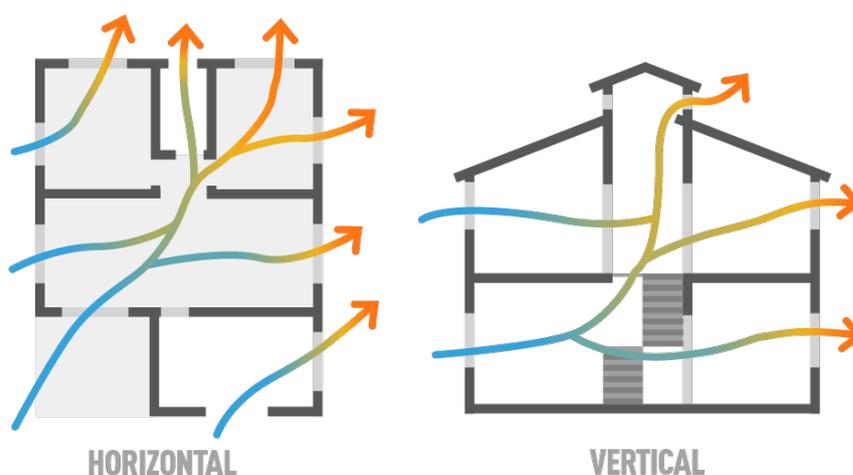
Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	J) Ventilação cruzada
Inverno	B) Aquecimento solar da edificação C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)
Nota: Os códigos J, B e C são os mesmos adotados na metodologia utilizada para definir o Zoneamento Bioclimático do Brasil (ver anexo B).	

Fonte: ABNT, 2003.

De acordo com o quadro 13, a residência, no verão, deverá permitir a ventilação cruzada e, no inverno, deverá ter aquecimento solar e vedações internas pesadas (inércia térmica).

A ABNT (2003) explica que a ventilação cruzada é obtida através da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Lamberts (2011) completa que essa estratégia ocorre devido à existência de zonas com diferentes pressões, ou seja, na face de incidência do vento existe uma zona de alta pressão e na face oposta, uma zona de baixa pressão.

Figura 3 - Ventilação cruzada



Fonte: Grupo MB, 2018.

A figura 3 demonstra os esquemas de ventilação cruzada horizontal e vertical. Lamberts (2001) explica que para a edificação seja ventilada devido à diferença de pressão provocada pelo vento é necessário que os ambientes sejam atravessados transversalmente pelo fluxo de ar, que pode ser horizontal ou vertical. Para que isso ocorra, é preciso que se tenha aberturas (portas e janelas) em fachadas diferentes.

Já no inverno, conforme apresentado no quadro 13, a edificação de uma Zona Bioclimática 3 deve possuir aquecimento solar e vedações internas pesadas.

Conforme explicado pela Caixa (2010), para aquecimento solar da edificação, a mesma deve ser implantada com orientação solar adequada, de modo a garantir a insolação dos cômodos de permanência prolongada (salas e dormitórios). Lamberts (2001) também recomenda que “a edificação tenha superfícies envidraçadas orientadas para o sol e aberturas reduzidas nas fachadas que não recebem insolação para evitar perdas de calor.”

Barbosa (2017) afirma que a trajetória solar muda conforme a localização geográfica e a época do ano, dessa forma o posicionamento ideal de uma edificação em relação à orientação solar é relativo. De acordo com Ribeiro (2016), no hemisfério sul do planeta, a fachada norte é a melhor fachada para aplicação das técnicas de aquecimento solar passivo. Ou seja, é recomendado que os dormitórios e salas estejam orientados para essa direção.

Outra estratégia arquitetônica bioclimática recomendada pela NBR 15.220 é o uso de vedações internas pesadas, que indicam que as mesmas possuem uma inércia térmica alta. Yannis e Maldonado (1995, apud PAPST, 1999) definem a inércia térmica como a capacidade de uma edificação de armazenar e liberar calor. Sendo assim, uma edificação com pouca inércia térmica acompanha a variação da temperatura externa, enquanto uma com inércia infinita, mantém a temperatura interna constante. Conforme o *Projetando Edificações Energeticamente Eficientes – PROJEEE* (2018), essa estratégia, quando utilizada no inverno, pode armazenar o calor para liberá-lo à noite, ajudando a edificação a permanecer aquecida.

Papst (1999, apud DORNELLES, 2004) comenta que o uso da inércia térmica em ambientes residenciais pode fazer com que o pico máximo de temperatura interna ocorra em um período em que a edificação possui maior ocupação, melhorando o desempenho térmico da residência.

Para uma parede ser considerada pesada, a mesma deve obedecer alguns parâmetros já apresentados no quadro 12 do subtópico 2.5.1.2.2.2. Ou seja, deve apresentar (i) Transmitância Térmica (U) menor ou igual que $2,20 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ e, (ii) Atraso Térmico (ϕ) maior ou igual a 6,5 horas. Nesse caso, o Fator de Ganho Solar foi desconsiderado, visto que em se tratando de uma vedação interna, a mesma não é exposta à radiação solar.

2.5.1.3 Eficiência Energética

As edificações são responsáveis por 44% do consumo total de energia elétrica do Brasil, por isso, é importante que se estude a redução no consumo de eletricidade, lenha e gás e se pense no uso de fontes renováveis de energia já desde a concepção do projeto de uma edificação sustentável (CAIXA, 2010).

Conforme consta no quadro 14, os critérios obrigatórios são a instalação de dispositivos economizadores nas áreas comuns, lâmpadas de baixo consumo (no caso de habitação social) e medição individualizada para gás.

Quadro 14 - Critérios de Avaliação - Categoria Eficiência Energética

Critérios		Avaliação	Objetivo
3.1	Lâmpadas de baixo consumo - áreas privativas	Obrigatório para HIS até 3 salários mínimos	Reduzir o consumo de energia elétrica mediante o uso de lâmpadas eficientes
3.2	Dispositivos economizadores - áreas comuns	Obrigatório	Reduzir o consumo de energia elétrica mediante a utilização de dispositivos economizadores e/ou lâmpadas eficientes nas áreas comuns
3.3	Sistema de aquecimento solar	Livre Escolha	Reduzir o consumo de energia elétrica ou de gás para o aquecimento de água
3.4	Sistemas de aquecimento a gás	Livre Escolha	Reduzir o consumo de gás com o equipamento
3.5	Medição individualizada - gás	Obrigatório	Proporcionar aos moradores o gerenciamento do consumo de gás da sua unidade habitacional, conscientizando-os sobre seus gastos e possibilitando a redução do consumo
3.6	Elevadores eficientes	Livre Escolha	Reduzir o consumo de energia elétrica com a utilização de sistemas operacionais eficientes na edificação
3.7	Eletrodomésticos eficientes	Livre Escolha	Reduzir o consumo de energia com eletrodomésticos
3.8	Fontes alternativas de energia	Livre Escolha	Proporcionar menor consumo de energia por meio da geração e conservação por fontes renováveis

Fonte: Caixa Econômica Federal, adaptado pela autora, 2017.

A instalação de dispositivos como sensores de presença, minuterias e lâmpadas de baixo consumo energético reduzem o consumo energético da edificação. Já a instalação de medição individualizada para o gás gera uma economia no consumo de gás, pois incentiva o usuário a gastar menos, já que a economia gerada é revertida em benefício próprio.

2.5.1.4 Conservação de Recursos Materiais

Os recursos necessários para a construção de edificações causam um grande impacto negativo no meio ambiente, já que muitos dos materiais dependem de fontes naturais escassas, utilizam processos e atividades que liberam CO₂ no decorrer de sua fabricação e, durante a fase de uso, alguns materiais podem liberar compostos orgânicos. Então, além de contribuírem para mudanças climáticas, também podem oferecer risco aos trabalhadores e usuários (CAIXA, 2010).

O quadro 15 identifica os critérios obrigatórios da Conservação de Recursos Materiais. Esses critérios amenizam os impactos ambientais gerados pelo imóvel, já que incentivam o

reuso de materiais, obrigam a gestão de resíduos de construção e demolição (RCD) e determinam que a construtora utilize materiais que contenham a qualificação PBQP-H.

Quadro 15 - Critérios de Avaliação - Categoria Conservação de Recursos Materiais

Critérios		Avaliação	Objetivo
4.1	Coordenação modular	Livre Escolha	Reduzir as perdas de materiais pela necessidade de cortes, ajustes de componentes e uso de material de enchimento; aumentar a produtividade da construção civil e reduzir o volume de RCD
4.2	Qualidade de materiais e componentes	Obrigatório	Evitar o uso de produtos de baixa qualidade, melhorando o desempenho e reduzindo o desperdício de recursos naturais e financeiros em reparos desnecessários, além de melhorar as condições de competitividade dos fabricantes que operam em conformidade com a normalização
4.3	Componentes industrializados ou pré-fabricados	Livre Escolha	Reduzir as perdas de materiais e a geração de resíduos, colaborando para a redução do consumo de recursos naturais pelo emprego de componentes industrializados
4.4	Formas e escoras reutilizáveis	Obrigatório	Reduzir o emprego de madeira em aplicações de baixa durabilidade, que constituem desperdício, e incentivar o uso de materiais reutilizáveis
4.5	Gestão de resíduos de construção e demolição - RCD	Obrigatório	Reduzir a quantidade de resíduos de construção e demolição e seus impactos no meio ambiente urbano e nas finanças municipais, por meio da promoção ao respeito das diretrizes estabelecidas nas Resoluções n. 307 e n. 348 do Conama
4.6	Concreto com dosagem otimizada	Livre Escolha	Otimizar o uso do cimento na produção de concretos estruturais, por meio de processos de dosagem e produção controlados e de baixa variabilidade, sem redução da segurança estrutural, preservando recursos naturais escassos e reduzindo as emissões de CO ₂
4.7	Cimento de alto-forno (CP III) e pozolânico (CP IV)	Livre Escolha	Redução das emissões de CO ₂ associadas à produção do clínquer de cimento Portland e redução do uso de recursos naturais não renováveis através de sua substituição por resíduos ou materiais abundantes
4.8	Pavimentação com RCD	Livre Escolha	Reduzir a pressão sobre recursos naturais não renováveis por meio do uso de materiais reciclados e pela promoção de mercado de agregados reciclados
4.9	Madeira plantada ou certificada	Livre Escolha	Reduzir a demanda por madeiras nativas de florestas não manejadas pela promoção do uso de madeira de espécies exóticas plantadas ou madeira nativa certificada
4.10	Facilidade de manutenção da fachada	Livre Escolha	Reduzir as atividades de manutenção e os impactos ambientais associados à pintura frequente da fachada, que apresentam custos elevados, particularmente para moradores de habitação de interesse social

Fonte: Caixa Econômica Federal, adaptado pela autora, 2017.

Os resíduos de construção e demolição (RCD) representam mais da metade dos resíduos urbanos gerados e uma parcela significativa destes resíduos é depositada ilegalmente, colaborando para a degradação da cidade, então a adoção por construtoras das práticas recomendadas pelas referidas resoluções do Conama facilita a reciclagem e viabiliza a destinação legal (CAIXA, 2010).

2.5.1.5 Gestão da Água

A gestão da água em habitações é indispensável para um uso mais sustentável deste insumo, pois contribui para mitigar os problemas de escassez e reduzir os riscos de inundação em centros urbanos.

O quadro 16 contém as estratégias obrigatórias e as de livre escolha para obtenção do Selo Casa Azul. Todos os itens auxiliam direta ou indiretamente na redução do consumo de água, do volume de esgoto e diminuem o risco de inundações e poluição de mananciais.

Quadro 16 - Critérios de Avaliação - Categoria Gestão da Água

Critérios		Avaliação	Objetivo
5.1	Medição individualizada - água	Obrigatório	Possibilitar aos usuários o gerenciamento do consumo de água de sua unidade habitacional, de forma a facilitar a redução de consumo
5.2	Dispositivos economizadores - bacia sanitária	Obrigatório	Proporcionar a redução do consumo de água
5.3	Dispositivos economizadores - arejadores	Livre Escolha	Proporcionar a redução do consumo de água e maior conforto ao usuário, propiciado pela melhor dispersão do jato em torneiras.
5.4	Dispositivos economizadores - registros reguladores de vazão	Livre Escolha	Proporcionar a redução do consumo de água nos demais pontos de utilização
5.5	Aproveitamento de águas pluviais	Livre Escolha	Reduzir o consumo de água potável para determinados usos, tais como em bacia sanitária, irrigação de áreas verdes, lavagem de pisos, lavagem de veículos e espelhos d'água
5.6	Retenção de águas pluviais	Livre Escolha	Permitir o escoamento das águas pluviais de modo controlado, com vistas a prevenir o risco de inundações em regiões com alta impermeabilização do solo e desonerar as redes públicas de drenagem
5.7	Infiltração de águas pluviais	Livre Escolha	Permitir o escoamento de águas pluviais de modo controlado ou favorecer a sua infiltração no solo, com vistas a prevenir o risco de inundações, reduzir a poluição difusa, amenizar a solicitação das redes públicas de drenagem e propiciar a recarga do lençol freático
5.8	Áreas permeáveis	Obrigatório	Manter, tanto quanto possível, o ciclo da água com a recarga do lençol freático, prevenir o risco de inundações em áreas com alta impermeabilização do solo e amenizar a solicitação das redes públicas de drenagem urbana

Fonte: Caixa Econômica Federal, adaptado pela autora, 2017.

O sistema de medição individualizada, por exemplo, permite o gerenciamento do consumo de água por unidade habitacional, então estimula a redução de consumo por uso excessivo ou vazamentos e redução de energia utilizada para captação, tratamento e adução, decorrentes do uso racional de água (CAIXA, 2010).

O Manual do Selo Casa Azul da Caixa (2010) destaca que as bacias sanitárias e chuveiros consomem o maior volume de água em edificações comerciais, então a instalação de dispositivos mais econômicos, como por exemplo o sistema de acionamento duplo de descarga, reduz significativamente o volume de água e de esgoto gerado. Além disso, as áreas permeáveis possibilitam o escoamento de água da chuva, que evita inundações na cidade e ajuda na manutenção do lençol freático.

2.5.1.6 Práticas Sociais

Segundo as diretrizes da Caixa Econômica Federal (2010), os 11 critérios de práticas sociais promovem a sustentabilidade do empreendimento por meio de atividades que envolvem os diversos agentes do processo, que vai desde a elaboração do projeto, construção até a ocupação das habitações. Essas ações estimulam a consciência ambiental e tentam reduzir a desigualdade social do país.

O quadro 17 apresenta os critérios e objetivos das práticas sociais. A educação seja para a gestão dos Resíduos da Construção e Demolição ou para práticas ambientais, é importante para ensinar sobre as tecnologias ambientais adotadas durante o processo, inserir a cultura de sustentabilidade, demonstrar os benefícios gerados e motivar os funcionários a realizar os processos sustentáveis de acordo com a certificação. Além disso, é importante repassar aos futuros moradores as diretrizes quanto ao uso e manutenção da edificação e os benefícios socioambientais de cada item previsto no projeto.

Quadro 17 - Critérios de Avaliação - Categoria Práticas Sociais

Critérios		Avaliação	Objetivo
6.1	Educação para Gestão de RCD	Obrigatório	Realizar com os empregados envolvidos na construção do empreendimento atividades educativas e de mobilização para a execução das diretrizes do Plano de Gestão de RCD
6.2	Educação ambiental dos empregados	Obrigatório	Prestar informações e orientar os trabalhadores sobre a utilização dos itens de sustentabilidade do empreendimento, notadamente sobre os aspectos ambientais
6.3	Desenvolvimento pessoal dos empregados	Livre Escolha	Prover educação aos trabalhadores, visando à melhoria das suas condições de vida e inserção social.
6.4	Capacitação profissional dos empregados	Livre Escolha	Prover os trabalhadores de capacitação profissional, visando à melhoria de seu desempenho e das suas condições socioeconômicas
6.5	Inclusão de trabalhadores locais	Livre Escolha	Promover a ampliação da capacidade econômica dos moradores da área de intervenção e entorno ou de futuros moradores do empreendimento por meio da contratação dessa população
6.6	Participação da comunidade na elaboração do projeto	Livre Escolha	Promover a participação e o envolvimento da população alvo na implementação do empreendimento e na consolidação deste como sustentável, desde a sua concepção, como forma a estimular a permanência dos moradores no imóvel e a valorização da benfeitoria
6.7	Orientação aos moradores	Obrigatório	Prestar informações e orientar os moradores quanto ao uso e manutenção adequada do imóvel considerando os aspectos de sustentabilidade previstos no projeto
6.8	Educação ambiental aos moradores	Livre Escolha	Prestar informações e orientar os moradores sobre as questões ambientais e os demais eixos que compõem a sustentabilidade
6.9	Capacitação para gestão do empreendimento	Livre Escolha	Fomentar a organização social dos moradores e capacitá-los para a gestão do empreendimento
6.10	Ações para mitigação de riscos sociais	Livre Escolha	Propiciar a inclusão social de população em situação de vulnerabilidade social, bem como desenvolver ações socioeducativas para os demais moradores da área e entorno com vistas a reduzir o impacto do empreendimento no entorno, e favorecer a resolução de possíveis conflitos gerados pela construção e inserção de novos habitantes na comunidade já instalada
6.11	Ações para a geração de emprego e renda	Livre Escolha	Promover o desenvolvimento socioeconômico dos moradores

Fonte: Caixa Econômica Federal, adaptado pela autora, 2017.

Como foi visto no desenvolvimento do trabalho, além dos critérios exigidos pela Caixa Econômica Federal, existem diversas estratégias que podem ser pensadas e incrementadas no projeto de uma habitação para que a mesma se torne mais sustentável. É importante estudar e conhecer o assunto durante a concepção do projeto, para que se possa optar por ações que minimizam o impacto ambiental da construção e asseguram níveis adequados de sustentabilidade. Porém, é importante avaliar se o investimento realizado para a adoção desses critérios exigidos pelo Selo Casa Azul é viável para a empresa construtora da habitação.

2.6 VIABILIDADE ECONÔMICO FINANCEIRA

Realizar um investimento envolve o comprometimento de recursos humanos, intelectuais, materiais e financeiros de uma empresa por um tempo e, por isso, é preciso analisar se o retorno é compatível com o nível de risco assumido. Para dar suporte a essa decisão realiza-se uma análise de viabilidade econômico-financeira com métodos e critérios que demonstrem os retornos sobre os investimentos. (HOJI, 2014)

Conforme Zago, Weise e Hornburg (2009), a análise de viabilidade econômica e financeira “busca identificar quais são os benefícios esperados em dado investimento para colocá-los em comparação com os investimentos e custos associados ao mesmo, a fim de verificar a sua viabilidade de implementação.”

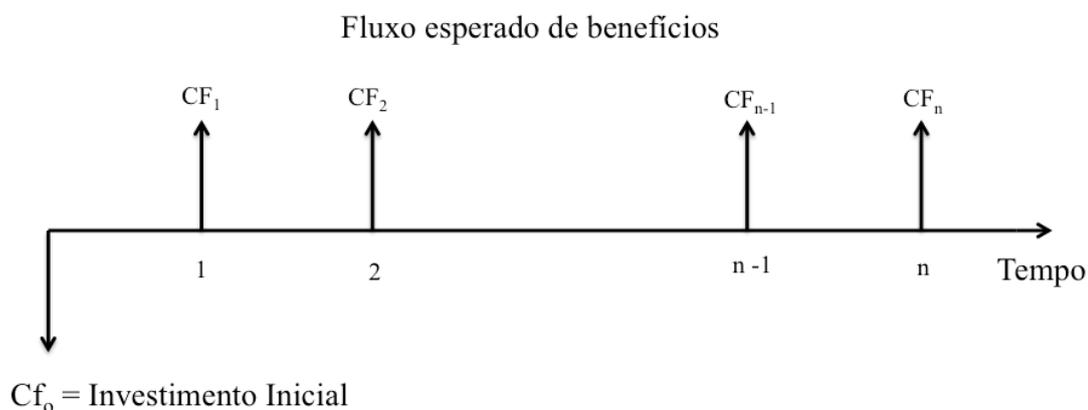
De acordo com Hoji (2014), os principais métodos de avaliação de alternativas econômicas são: Método do Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno (TIR) e Prazo de Retorno. Porém, para calcular esses indicadores econômico-financeiros é necessário projetar o fluxo de caixa futuro gerado pelo investimento realizado.

2.6.1 Fluxo de Caixa Projetado

O fluxo de caixa de um projeto de investimento nada mais é do que a projeção de geração líquida de caixa. Kuhnen e Bauer (1996), afirmam que a maioria dos problemas de análise de investimentos envolve receitas e despesas, portanto, para facilitar o raciocínio desses problemas, representa-se as receitas e despesas com o diagrama de fluxo de caixa.

Ou seja, o Fluxo de Caixa Projetado (FCP) é resultado das entradas e saídas projetadas em um certo período de tempo, podendo ser representado graficamente, conforme figura 4.

Figura 4 - Diagrama de Fluxo de Caixa Projetado



Fonte: Adaptado de Souza e Clemente, 2009.

O diagrama de FCP da figura 4 mostra o fluxo de dinheiro no tempo, onde Cf_0 representa o investimento inicial e cada CF_j representa o ingresso ou saída de caixa no período j (SOUZA; CLEMENTE, 2009). De acordo com Casarotto Filho e Kopittke (2000), utiliza-se uma escala horizontal que representa o tempo, com vetores que identificam os movimentos monetários do caixa da empresa, sendo que os fluxos positivos apontam para cima e os fluxos negativos para baixo.

O FCP serve como base para a tomada de decisão de investimentos e possibilita o cálculo de indicadores considerados necessários para análise econômica e financeira.

2.6.2 Valor Presente Líquido

Segundo Souza e Clemente (2009), o método do Valor Presente Líquido (VPL) é um dos indicadores mais conhecidos e utilizados para análise de investimento. O método consiste em concentrar todos os valores esperados de um fluxo de caixa na data zero. Para isso, utiliza-se como taxa de desconto a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) escolhida pela empresa.

Galesne, Fensterseifer e Lamb (1999) completam que o valor presente líquido (VPL) de um projeto de investimento é “igual à diferença entre o valor presente das entradas líquidas de caixa associadas ao projeto e o investimento inicial necessário, com o desconto dos fluxos de caixa feito a uma taxa k definida pela empresa, ou seja, sua TMA.”

O VPL consiste em transferir para a data zero todas as variações de caixa esperadas, descontando-as a uma determinada taxa de juros, conforme a equação 18:

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t} \quad (18)$$

Sendo que VPL representa o valor presente líquido; I é o investimento de capital na data zero, FC_t representa o retorno na data t do fluxo de caixa; n é o prazo de análise do projeto; e, k é a taxa mínima para realizar o investimento, ou custo de capital do projeto de investimento. (PONCIANO et al., 2004)

Galesne, Fensterseifer e Lamb (1999) afirmam que todo projeto de investimento que tiver um VPL positivo será rentável. Bruni e Famá (2003) também comentam que quando o VPL é superior a zero, significa que os fluxos trazidos para a data zero superam os investimentos, portanto, o projeto poderá ser aceito. Já projetos em que o VPL é negativo não são atrativos, do ponto de vista do investidor.

2.6.3 Taxa Interna de Retorno

Outro método utilizado para avaliação de projeto de investimento é a Taxa Interna de Retorno (TIR), que Hoji (2014) define como a taxa de juros que anula o Valor Presente Líquido (VPL) de um fluxo de caixa. Ou seja, é a taxa que torna o valor presente das entradas líquidas de caixa associadas ao projeto igual ao investimento inicial (GALESNE; FENSTERSEIFER; LAMB, 1999).

Sendo assim, a Taxa Interna de Retorno “torna o valor presente dos lucros futuros equivalentes aos dos gastos realizados com o projeto, caracterizando, assim, a taxa de remuneração do capital investido” (PONCIANO et al., 2004).

A taxa pode ser obtida pela equação 19:

$$0 = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} \quad (19)$$

Onde I representa o investimento de capital na data zero, FC_t é o retorno na data t do fluxo de caixa e n é o prazo de análise do projeto (PONCIANO et al., 2004).

Para Galesne, Fensterseifer e Lamb (1999):

O caráter rentável ou não de um projeto depende, no caso em que este seja o critério escolhido, da posição relativa da taxa interna de retorno do projeto e da taxa mínima de rentabilidade que o dirigente da empresa exige para seus investimentos. Todo o projeto cuja taxa interna de retorno seja superior a essa taxa é considerado rentável.

Ou seja, obter uma Taxa Interna de Retorno (TIR) superior a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) indica que há mais ganho investindo-se no projeto do que na TMA.

2.6.4 Taxa Mínima de Atratividade

Como foi apresentado, para analisar os métodos de TIR e VPL é preciso definir a taxa mínima de atratividade (TMA), também conhecida como custo de oportunidade. Souza e Clemente (2009) definem como a melhor taxa, com baixo grau de risco, disponível para aplicação do capital em análise.

A decisão de investir sempre terá pelo menos duas alternativas para serem avaliadas: investir no projeto ou investir em alguma aplicação bancária; pois entende-se que o capital para investimento não fica parado no caixa, mas, sim, aplicado a uma taxa. Sendo assim, para analisar o retorno gerado deve-se levar em conta somente o excedente sobre o que será obtido além da aplicação do capital na TMA (SOUZA; CLEMENTE, 2009).

Casarotto Filho e Kopittke (2000) completam que ao analisar uma proposta de investimento deve-se considerar a possibilidade de aplicar o mesmo capital em outros projetos que podem ter um retorno mais vantajoso economicamente. Por isso, a proposta de investimento, para ser atrativa, deve render, no mínimo, a taxa de juros equivalente à rentabilidade das aplicações correntes e de pouco risco.

Segundo Casarotto Filho e Kopittke (2000), no Brasil, para pessoas físicas, no caso do Brasil, é comum a Taxa de Mínima Atratividade ser igual à rentabilidade da caderneta de poupança. Já para empresas, a determinação da TMA é mais complexa e depende do prazo ou da importância estratégica das alternativas. Porém, em investimentos de curto prazo costuma-se adotar a taxa de remuneração de títulos bancários de curto prazo como o CDB.

2.6.5 Payback

Já o Período de Recuperação do Investimento, conhecido como *Payback*, é um método para análise de investimentos complementar. Souza e Clemente (2009) definem o *payback* como o número de período necessários para que o fluxo de benefícios supere o capital investido. Ou seja, consiste na apuração do tempo necessário para que a soma dos fluxos de caixa líquidos periódicos seja igual ao do fluxo de caixa líquido no instante inicial.

De acordo com Eick (2010), existem duas formas de calcular o *payback*: simples ou descontado. A principal diferença entre os dois é que o *payback* descontado considera o valor temporal do dinheiro, ou seja, é preciso atualizar os fluxos de caixa futuros para o valor presente, usando a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), para depois calcular o período de recuperação do investimento.

O *payback* descontado é representado pela equação 20:

$$FCC(t) = -I + \sum_{j=1}^t \frac{(R_j - C_j)}{(1+i)^j}; \quad 1 \leq t \leq n \quad (20)$$

Onde:

FCC(t) = Valor presente do capital

I = Investimento inicial (em módulo)

R_j = Receita do período j

C_j = Custo do período j

i = Taxa de Desconto (TMA)

O período de retorno “t” é determinado quando FCC(t) se igualar a zero.

Segundo Hoji (2014), este método é considerado complementar pois não considera os fluxos de caixa gerados durante a vida útil do investimento após o período de retorno, e por isso, não permite comparar o retorno entre dois investimentos.

Porém, em contextos dinâmicos, como o de economias globalizadas, esse indicador assume importância no processo de decisões de investimentos. Pois com a tendência de mudanças contínuas e acentuadas na economia, pode ser arriscado aguardar um longo período para recuperar o capital investido, principalmente porque podem surgir novas oportunidades de investimentos.

3 ESTUDO DE CASO

O presente estudo de caso avalia se é viável para o empreendedor, do ponto de vista financeiro, adotar estratégias sustentáveis para que residências unifamiliares do programa “Minha Casa Minha Vida” obtenham a certificação Selo Casa Azul, da Caixa Econômica Federal. Para isso, usou-se como referência uma construção com duas habitações geminadas construídas pela empresa HL Engenharia.

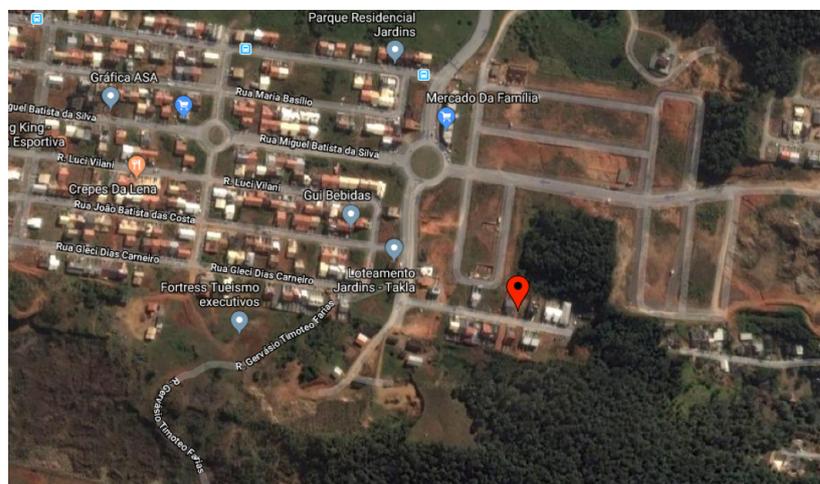
Fotografia 1 - Habitações unifamiliares populares em estudo



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

A fotografia 1 mostra as duas habitações unifamiliares em estudo. As mesmas localizam-se no Residencial Jardins, localizado no bairro Bela Vista, no município de Palhoça/SC.

Figura 5 - Localização das habitações



Fonte: Google Maps, 2018.

A figura 5 mostra o mapa de localização das habitações em estudo, que conforme o Google Maps (2018), possui uma latitude de 27°39'51.0"S 48°42'01.6"W.

Como foi apresentado no referencial teórico no item 2.5.1, a certificação Selo Casa Azul possui 3 níveis de gradação: Bronze, Prata e Ouro, que variam de acordo com o número de critérios atendidos. Porém, o nível de gradação Bronze só pode ser concedido aos empreendimentos cujo o valor da unidade habitacional não ultrapassar os limites estabelecidos pela Caixa. No caso das habitações em estudo, que ficam localizadas no município de Palhoça, o limite considerado é de R\$100.000. Como as habitações em estudo foram comercializadas por R\$145.000, as mesmas se enquadram na graduação Prata e, além dos 19 critérios obrigatórios, deverão possuir mais 6 critérios de livre escolha.

Sendo assim, será feita a análise do projeto atual, verificando quais os critérios do Selo Casa Azul já são atendidos e quais deverão ser adicionados ao orçamento do empreendimento.

3.1 ANÁLISE DO PROJETO ATUAL

Como já foi apresentado, o Selo Casa Azul possui 53 critérios de avaliação, divididos em 6 categorias: Qualidade Urbana, Projeto e Conforto, Eficiência Energética, Conservação de Recursos Materiais, Gestão da Água e Práticas Sociais. A análise será realizada a partir do projeto, que está apresentado no Anexo A, e da localização das habitações.

3.1.1 Qualidade Urbana

A categoria de qualidade urbana apresenta cinco critérios para serem avaliados, sendo dois obrigatórios e três de livre escolha.

Conforme consta no quadro 18, as habitações em estudo não atendem nenhum critério da categoria de qualidade urbana.

Quadro 18 - Análise dos critérios de qualidade urbana

Crítérios	Avaliação	Indicadores	Situação atual
1.1 Qualidade do entorno - infraestrutura	Obrigatório	Rede de abastecimento de água potável	Ok
		Pavimentação	Ok
		Energia elétrica	Ok
		Iluminação Pública	Ok
		Esgotamento sanitário com tratamento no próprio empreendimento ou em ETE da região	Ok
		Drenagem	Ok
		Uma linha de transporte público regular, com pelo menos uma parada acessível por rota de pedestre de, no máximo, um quilômetro de extensão	Ok, fica a 450 m da parada 426
		Uma escola pública de ensino fundamental acessível por rota de pedestre de, no máximo, 1,5 quilômetros de extensão	Não atende, fica a 2,8km da Escola Nacional D. Jayme De B. Câmara
		Um equipamento de saúde (posto de saúde ou hospital) a, no máximo, 2,5 quilômetros de distância	Ok, fica a 2,2km da UPA 24hrs do bairro
1.2 Qualidade do entorno - impactos	Obrigatório	Inexistência, considerando um raio de pelo menos, 2,5 quilômetros,	Não atende, possui indústria de pré moldados a 1,22 km
		de fontes de ruídos excessivos e constantes, como rodovias, aeroportos, alguns tipos de indústrias	
		Inexistência, considerando um raio de pelo menos, 2,5 quilômetros, de odores e poluição excessivos e constantes, advindos de estações de tratamento de esgoto (ETE), lixões e alguns tipos de indústrias, dentre outros	Não atende, possui indústria de pré moldados a 1,22 km
1.3 Melhoria do entorno	Livre Escolha	Previsão das melhorias urbanas executadas pelo proponente, como execução ou recuperação de passeios, equipamentos urbanos, construção e manutenção de praças, áreas de lazer, arborização, ampliação de áreas permeáveis, mitigação de efeito de ilha de calor, ou outros no entorno do empreendimento.	Não atende
1.4 Recuperação de áreas degradadas	Livre Escolha	Previsão de recuperação de área degradada por ocupações irregulares e/ou informais, e ocupações em área de proteção ambiental. Poderá pontuar, neste item, proposta que vise à recuperação de área degradada igual ou superior a 20% da área total do empreendimento em análise	Não atende
1.5 Reabilitação de imóveis	Livre Escolha	Proposta de reabilitação de edificação ou construção em vazios urbanos	Não atende

Fonte: Caixa Econômica Federal, adaptado pela autora, 2018.

A figura 6 apresenta a avaliação do entorno. Pode-se observar que o critério de qualidade do entorno – impactos não é atendido pois existe uma indústria de pré-moldados a uma distância de 1,22km. Já o critério de infraestrutura é atendido parcialmente, pois a região não apresenta nenhum equipamento de lazer no raio de 2,5 km e a escola pública mais próxima (Escola Nacional D. Jayme De B. Câmara) está a 2,8 km de distância.

Figura 6 - Avaliação do Entorno



Fonte: Google Maps, adaptado pela autora, 2018.

Sendo assim, será necessário avaliar a aquisição de um novo terreno para que as próximas habitações obtenham o Selo Casa Azul.

3.1.2 Projeto e Conforto

A categoria de projeto e conforto, como orientado pela Caixa Econômica Federal, apresenta onze critérios a serem avaliados, sendo cinco obrigatórios e seis de livre escolha do empreendedor.

O quadro 19 apresenta a análise dos critérios de projeto e conforto das habitações em estudo, sendo que, na Coluna 04, estão discriminados a situação atual dos imóveis analisados, quando identifica-se o cumprimento, ou não, das exigências da certificadora.

Quadro 19 - Análise dos critérios de projeto e conforto

Critério	Avaliação	Indicadores	Situação Atual
2.1 Paisagismo	Obrigatório	Existência de arborização, cobertura vegetal e/ou demais elementos paisagísticos que propiciem adequada interferência às partes da edificação onde se deseja melhorar o desempenho térmico.	Não atende
2.2 Flexibilidade de projeto	Livre escolha	Existência de projeto de arquitetura com alternativas de modificação e/ou ampliação.	Não atende
2.3 Relação com a vizinhança	Livre escolha	Existência de medidas que propiciem à vizinhança condições adequadas de insolação, luminosidade, ventilação e vistas panorâmicas.	Não atende
2.4 Solução alternativa de transporte	Livre escolha	Existência de bicicletários, ciclovias ou de transporte coletivo privativo do condomínio.	Não atende
2.5 Local para coleta seletiva	Obrigatório	Existência de local adequado em projeto para coleta, seleção e armazenamento de material reciclável. O local destinado ao armazenamento do material reciclável deve ser de fácil acesso, ventilado e de fácil limpeza, com revestimento em material lavável e com ponto de água para limpeza/lavagem do espaço.	Ok
2.6 Equipamentos de lazer, sociais e esportivos	Obrigatório	Existência de equipamentos ou espaços como bosques, ciclovias, quadra esportiva, sala de ginástica, salão de jogos, salão de festas e parque de recreação infantil, dentre outros. Para 0 a 100 UH: dois equipamentos, sendo, no mínimo, um social e um de lazer/esportivo;	Não atende
2.7 Desempenho térmico - vedações	Obrigatório	Atendimento às condições arquitetônicas gerais expressas nas Tabelas 1, 2, 3, 4 e 5 e de acordo com a zona bioclimática onde se localiza o empreendimento.	Atende parcialmente
2.8 Desempenho térmico - orientação ao sol e ventos	Obrigatório	Atendimento às condições arquitetônicas gerais expressas na Tabela 6 do Manual quanto à estratégia de projeto, de acordo com a zona bioclimática onde se localiza o empreendimento	Atende parcialmente
2.9 Iluminação natural de áreas comuns	Livre escolha	Existência de abertura voltada para o exterior da edificação com área mínima de 12,5% da área de piso do ambiente	Não se aplica
2.10 Ventilação e iluminação natural de banheiros	Livre escolha	Existência de janela voltada para o exterior da edificação com área mínima de 12,5% da área do ambiente (área correspondente à iluminação e ventilação)	Ok
2.11 Adequação às condições físicas do terreno	Livre escolha	Verificar o grau de movimentação de terra para a implantação do empreendimento. Será considerada a implantação que souber tirar proveito das declividades e elementos naturais do terreno, como rochas, corpos hídricos, vegetação com a minimização de cortes, aterros e contenções	Não atende

Fonte: Caixa Econômica Federal, adaptado pela autora, 2018.

A residência em estudo atende somente os critérios de ventilação e iluminação natural dos banheiros, que será explicitado no tópico 3.1.2.1 na tabela 4 e; de local para coleta seletiva, conforme mostra a fotografia 2.

Fotografia 2 - Local para coleta seletiva



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Já os critérios de paisagismo e equipamentos de lazer, sociais e esportivos não são atendidos e necessitam ser orçados para a análise de viabilidade econômica. Por fim, os itens de desempenho térmico são atendidos parcialmente, visto que alguns parâmetros estipulados pelo Selo Casa Azul são realizados atualmente, conforme será demonstrado a seguir. Como os projetos das casas são simétricos, os cálculos foram feitos apenas para uma habitação, aplicável às demais.

3.1.2.1 Desempenho térmico – vedações

O primeiro passo para calcular o desempenho térmico de uma edificação, é verificar a Zona bioclimática na qual se encontra. De acordo com a figura 2, apresentada no tópico 2.5.1.2, o Município de Palhoça está localizada na Zona Bioclimática 3. Feito isso, deve-se consultar a tabela 2, que apresentam as características recomendadas às vedações (paredes e cobertura) conforme a respectiva zona bioclimática. Os parâmetros avaliados referem-se à transmitância térmica, absorvância e à capacidade térmica das paredes, e à transmitância térmica das coberturas.

a) *Cálculo de Transmitância Térmica da parede*

Para vedação interna e externa das moradias, foram utilizados tijolos cerâmicos de oito furos, rebocados em ambas as faces. Logo, as paredes das edificações são consideradas como componentes com camadas homogêneas e não homogêneas e, devem ser calculadas conforme as equações apresentadas no tópico 2.5.1.2.1.1.

Para calcular a transmitância térmica, é necessário ter as dimensões do bloco, reboco e argamassa de assentamento.

Fotografia 3 - Dimensões do tijolo



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

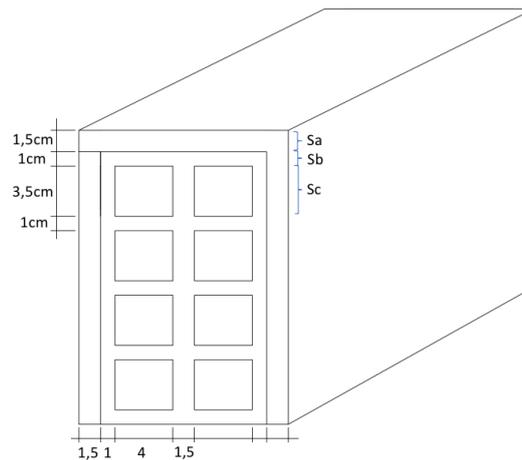
A fotografia 3 apresenta as dimensões dos furos do tijolo. Os demais dados são apresentados a seguir:

- Dimensões do tijolo = 19cm x 19cm x 11,5cm
- Reboco = 1,5 cm
- Argamassa de assentamento = 1,5 cm
- ρ cerâmica = 1600 kg/m³
- λ cerâmica = 0,90 W/(m.K) (Tabela do Anexo B)
- c cerâmica = 0,92 kJ/(kg.K) (Tabela do Anexo B)
- ρ argamassa = ρ reboco = 1.900 kg/m³
- λ argamassa = λ reboco = 1,15 W/(m.K) (Tabela do Anexo B)
- c argamassa = c reboco = 1,00 kJ/(kg.K) (Tabela do Anexo B)

Resistência térmica da parede:

Como a parede é composta por camadas homogêneas e não homogêneas, primeiro são calculadas as áreas e as resistências térmicas de cada seção, para então calcular a resistência total. Sendo assim, a parede foi dividida nas seguintes seções:

Figura 7 – Seções de cálculo - parede de alvenaria



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

A figura 7 apresenta as 3 seções calculadas. Para esses cálculos, foram usadas as equações 4 e 5, apresentadas no tópico 2.5.1.2.1.1.

- Seção A (reboco + argamassa + reboco):

$$A_a = 0,19 \times 0,015 + 0,205 \times 0,015$$

$$A_a = 0,00285 + 0,003015$$

$$A_a = 0,005925 \text{ m}^2$$

$$R_a = \frac{e_{\text{reboco}}}{\lambda_{\text{reboco}}} + \frac{e_{\text{argamassa}}}{\lambda_{\text{argamassa}}} + \frac{e_{\text{reboco}}}{\lambda_{\text{reboco}}}$$

$$R_a = \frac{0,015}{1,15} + \frac{0,115}{1,15} + \frac{0,015}{1,15}$$

$$R_a = 0,1261 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

- Seção B (reboco + tijolo + reboco):

$$A_b = 0,19 \times 0,01$$

$$A_b = 0,0019 \text{ m}^2$$

$$R_b = \frac{e_{\text{reboco}}}{\lambda_{\text{reboco}}} + \frac{e_{\text{tijolo}}}{\lambda_{\text{cerâmica}}} + \frac{e_{\text{reboco}}}{\lambda_{\text{reboco}}}$$

$$R_b = \frac{0,015}{1,15} + \frac{0,115}{0,9} + \frac{0,015}{1,15}$$

$$R_b = 0,1539 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

- Seção C (reboco + tijolo + câmara de ar + tijolo + câmara de ar + tijolo + reboco):

A seção apresenta duas camadas de câmara de ar. Para definir a resistência das mesmas, é utilizado o quadro 6. Como a direção do fluxo de calor da parede é horizontal, a emissividade é maior que 0,8 e a espessura da camada está entre 2 e 5 cm, o valor da resistência térmica do ar será de 0,16 m².K/W.

$$A_c = 0,19 \times 0,035$$

$$A_c = 0,0067 \text{ m}^2$$

$$R_c = \frac{e_{\text{reboco}}}{\lambda_{\text{reboco}}} + \frac{e_{\text{cerâmica}}}{\lambda_{\text{cerâmica}}} + R_{\text{ar}} + \frac{e_{\text{cerâmica}}}{\lambda_{\text{cerâmica}}} + R_{\text{ar}} + \frac{e_{\text{cerâmica}}}{\lambda_{\text{cerâmica}}} + \frac{e_{\text{reboco}}}{\lambda_{\text{reboco}}}$$

$$R_c = \frac{0,015}{1,15} + \frac{0,01}{0,9} + 0,16 + \frac{0,015}{0,9} + 0,16 + \frac{0,01}{0,9} + \frac{0,015}{1,15}$$

$$R_c = 0,385 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Portanto, usando a equação 3, a resistência de superfície a superfície da parede será:

$$R_t = \frac{A_a + 5 \cdot A_b + 4 \cdot A_c}{\frac{A_a}{R_a} + \frac{5 \cdot A_b}{R_b} + \frac{4 \cdot A_c}{R_c}}$$

$$R_t = \frac{0,0059 + 5 \cdot 0,0019 + 4,0,0067}{\frac{0,0059}{0,1261} + \frac{5 \cdot 0,0019}{0,1539} + \frac{4,0,0067}{0,385}}$$

$$R_t = 0,2369 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Resistência Térmica Total:

Para cálculo da resistência térmica total de ambiente a ambiente, foi usado a equação 2. Como o fluxo de calor da parede é horizontal, a resistência superficial interna (R_{si}) é de 0,13 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ e a externa (R_{se}) é de 0,04 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$, conforme o quadro 5.

$$R_T = R_{se} + R_t + R_{si}$$

$$R_T = 0,04 + 0,2369 + 0,13$$

$$R_T = 0,4069 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Transmitância Térmica:

Como a transmitância térmica é o inverso da resistência térmica total, usando a equação 1, obtêm-se o seguinte valor:

$$U = \frac{1}{0,4069}$$

$$U = 2,4576 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

b) Absortância à radiação solar da parede

Como a habitação em estudo apresenta o tipo de superfície “Pintura Amarela”, a absortância (α) será de 0,30 e a emissividade (ϵ) será de 0,90 conforme consta no quadro 8.

c) Cálculo de Capacidade térmica das paredes

Outro parâmetro avaliado pelo Selo Casa Azul da Caixa no critério de desempenho térmico, é a capacidade térmica das paredes internas e externas da habitação. Como são utilizados os mesmos materiais para todas as paredes das casas em estudo, foi feito um único cálculo para as mesmas.

Assim como na transmitância, para o cálculo da capacidade, a parede também será dividida nas mesmas seções da figura 6, visto que primeiro são calculadas as capacidades de cada seção usando a equação 7, para então calcular a capacidade térmica total.

Os dados utilizados para esse cálculo são os mesmos apresentados no cálculo da transmitância.

- Seção A (reboco + argamassa + reboco):

$$\begin{aligned} A_a &= 0,19 \times 0,015 + 0,205 \times 0,015 \\ A_a &= 0,00285 + 0,003015 \\ A_a &= 0,005925 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$C_{TA} = (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{reboco}} + (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{argamassa}} + (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{reboco}}$$

Como $\rho_{\text{reboco}} = \rho_{\text{argamassa}} = 1900 \text{ kg/m}^3$ e $c_{\text{reboco}} = c_{\text{argamassa}} = 1,00 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$, tem-se:

$$C_{TA} = 0,145 \cdot 1,00 \cdot 1900$$

$$C_{TA} = 275,50 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

- Seção B (reboco + tijolo + reboco):

$$\begin{aligned} A_b &= 0,19 \times 0,01 \\ A_b &= 0,0019 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$C_{TB} = (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{reboco}} + (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{cerâmica}} + (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{reboco}}$$

$$C_{TB} = 0,015 \cdot 1,00 \cdot 1900 + 0,15 \cdot 0,92 \cdot 1600 + 0,015 \cdot 1,00 \cdot 1900$$

$$C_{TB} = 277,80 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

- Seção C (reboco + tijolo + câmara de ar + tijolo + câmara de ar + tijolo + reboco):

A seção C apresenta 2 câmaras de ar, porém, a capacidade térmica do ar pode ser desprezada, conforme já foi explicado no tópico 2.5.1.2.1.3.

$$A_c = 0,19 \times 0,035$$

$$A_c = 0,0067 \text{ m}^2$$

$$C_{TC} = (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{reboco}} + (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{cerâmica}} + (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{ar}} + (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{cerâmica}} + (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{ar}}$$

$$+ (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{cerâmica}} + (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{reboco}}$$

$$C_{TC} = 0,015 \cdot 1,00 \cdot 1900 + 0,009 \cdot 0,92 \cdot 1600 + 0 + 0,009 \cdot 0,92 \cdot 1600 + 0$$

$$+ 0,009 \cdot 0,92 \cdot 1600 + 0,015 \cdot 1,00 \cdot 1900$$

$$C_{TC} = 96,74 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Portanto, usando a equação 8, a capacidade térmica da parede será:

$$C_T = \frac{0,0059 + 0,0019 + 0,0067}{\frac{0,0059}{275,50} + \frac{0,0019}{277,80} + \frac{0,0067}{96,74}}$$

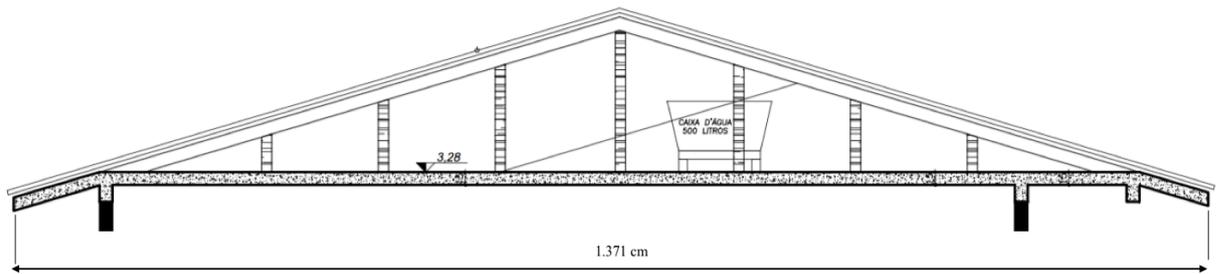
$$C_T = 148,70 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

d) *Cálculo de Transmitância térmica da cobertura*

Outro parâmetro de desempenho térmico de vedações avaliado pelo Selo Casa Azul é a transmitância térmica da cobertura. Para calcular esse parâmetro, são necessários alguns dados do telhado e do forro.

A figura 8 mostra a vista lateral do telhado da residência, que foi feito em 2 águas, com a largura de 13,71m e comprimento frontal de 6,50 m. Em referido projeto optou-se pelo uso de telha cerâmica com pintura branca devido à estética. Com relação ao forro, registra-se que fora realizado em laje pré-moldada com bloco cerâmico, visto que a Caixa Econômica Federal exige que residências do PMCMV detenha a laje como forro.

Figura 8 - Desenho esquemático do telhado



Fonte: HL Engenharia, adaptado pela autora, 2018.

A fotografia 4 mostra a telha cerâmica da Tettogres utilizada para a cobertura. A mesma apresenta superfície branca.

Fotografia 4 - Telha cerâmica com superfície branca



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Como já explicitado, a empresa optou por laje pré-moldada. O bloco utilizado é da marca Monalisa, com dimensões de 7 cm x 30 cm x 20 cm.

A fotografia 5 mostra a laje pré-moldada montada, pronta para a concretagem. Em cima dos blocos cerâmicos, foi feita uma camada de 5cm de concreto CP-IV.

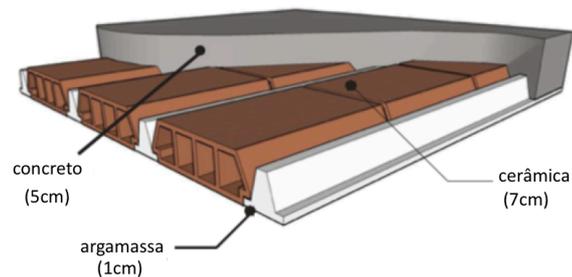
Fotografia 5 - Laje pré-moldada



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

A figura 9 esquematiza as camadas da laje pré-moldada pronta: argamassa (1cm), bloco cerâmico usado na menor direção (7cm) e concreto CP-IV (5cm).

Figura 9 - Desenho esquemático da laje pré-moldada



Fonte: MORISHITA, Claudia et al, adaptado pela autora, 2018.

A fotografia 6 mostra a laje pré-moldada pronta, vista pelo interior da habitação em estudo.

Fotografia 6 - Forro em laje pré-fabricada



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Levando-se em conta as considerações trazidas acima, apresentam-se, a seguir, os dados utilizados para o cálculo da transmitância térmica da cobertura do empreendimento:

Telhado:

- Largura do telhado = 1371 cm
- Comprimento do Telhado = 650 cm
- Espessura da telha (e_{telha}) = 1 cm
- Abertura de ventilação = 5 cm
- Emissividade (ϵ) = 0,90 (obtida no quadro 8)
- Absortância (α) = 0,20 (obtida no Quadro 8)
- $\rho_{cerâmica}$ = 2.000 kg/m³ (Tabela do Anexo B)
- $\lambda_{cerâmica}$ = 1,05 W/(m.K) (Tabela do Anexo B)
- $c_{cerâmica}$ = 0,92 kJ/(kg.K) (Tabela do Anexo B)

Laje pré-moldada:

- $e_{concreto}$ = 5cm
- $\rho_{concreto}$ = 2.200 kg/m³
- $\lambda_{concreto}$ = 1,75 W/(m.K) (Tabela do Anexo B)
- $c_{concreto}$ = 1,00 kJ/(kg.K) (Tabela do Anexo B)
- e_{bloco} = 7cm
- $\rho_{cerâmica}$ = 1.600 kg/m³ (Tabela do Anexo B)
- $\lambda_{cerâmica}$ = 0,90 W/(m.K) (Tabela do Anexo B)

- $c_{\text{cerâmica}} = 0,92 \text{ kJ}/(\text{kg.K})$ (Tabela do Anexo B)
- $e_{\text{argamassa}} = 1 \text{ cm}$
- $\rho_{\text{argamassa}} = 1.900 \text{ kg}/\text{m}^3$ (Tabela do Anexo B)
- $\alpha_{\text{argamassa}} = 1,15 \text{ W}/(\text{m.K})$ (Tabela do Anexo B)
- $c_{\text{argamassa}} = 1,00 \text{ kJ}/(\text{kg.K})$ (Tabela do Anexo B)

Conforme indicação do autor Lamberts (2011), para avaliar o desempenho térmico da cobertura, calcula-se apenas a transmitância térmica para condições de verão (ganho de calor).

Resistência térmica superfície a superfície:

Em condições de ganho de calor, a resistência térmica da câmara de ar ventilada deve ser igual à da câmara de ar não ventilada e é obtida pelo quadro 6 e equação 4.

$$R_t = \frac{e_{\text{telha}}}{\lambda_{\text{cerâmica}}} + R_{\text{ar}} + \frac{e_{\text{concreto}}}{\lambda_{\text{concreto}}} + \frac{e_{\text{bloco}}}{\lambda_{\text{cerâmica}}} + \frac{e_{\text{argamassa}}}{\lambda_{\text{argamassa}}}$$

De acordo com o quadro 6, a resistência térmica (R_{ar}) é igual a $0,21 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$, visto que (i) a espessura da câmara de ar do telhado é maior que 5 cm; (ii) a emissividade da superfície branca é alta ($\epsilon > 0,80$) e; (iii) o fluxo de calor é descendente no verão. Substituindo os valores na equação 4:

$$R_t = \frac{0,01}{1,05} + 0,21 + \frac{0,05}{1,00} + \frac{0,07}{0,90} + \frac{0,01}{1,15}$$

$$R_t = 0,3560 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Resistência térmica total:

Para cálculo da resistência térmica total de ambiente a ambiente, foi usada a equação 2. Como o fluxo de calor é descendente no verão, a resistência superficial interna (R_{si}) vem a ser $0,17 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$ e a externa (R_{se}) tem o valor de $0,04 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$, conforme o quadro 5.

$$R_T = R_{\text{se}} + R_t + R_{\text{si}}$$

$$R_T = 0,04 + 0,3560 + 0,17$$

$$R_T = 0,5660 \frac{m^2K}{W}$$

Transmitância térmica:

Como a transmitância térmica é o inverso da resistência térmica total, usando a equação 1, obtêm-se o seguinte valor:

$$U = \frac{1}{0,566}$$

$$U = 1,7668 \frac{W}{m^2.K}$$

Resumindo-se os valores de transmitância térmica de paredes e cobertura e capacidade térmica de paredes com os recomendados pelo Selo Casa Azul procedeu-se a organização dos resultados na tabela 4.

Tabela 4 - Comparação dos resultados de desempenho térmico - vedações

	PAREDES EXTERNAS		PAREDES INTERNAS	COBERTURA
Itens avaliados	Transmitância Térmica (U)	Capacidade Térmica (CT)	Capacidade Térmica (CT)	Transmitância Térmica (U)
Parâmetro Caixa	$U \leq 3,7$ se $\alpha < 0,6$ ou $U \leq 2,5$ se $\alpha \geq 0,6$	$CT > 130$	$CT > 130$	$U \leq 2,30$ se $\alpha \leq 0,6$ ou $U \leq 1,5$ se $\alpha > 0,6$
Resultado Obtido	2,4576 W/(m ² .K)	148,70 kJ/(m ² .K)	148,70 kJ/(m ² .K)	1,7688 W/(m ² .K)
Cumprimento do requisito	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

A tabela 4 apresenta a comparação dos resultados dos parâmetros no cálculo de desempenho térmico da habitação em estudo com as recomendações feitas pelo Selo Casa Azul da Caixa. Conclui-se que, analisando apenas esses parâmetros, a habitação apresenta desempenho térmico satisfatório. Porém, também é preciso avaliar o percentual de aberturas das moradias.

e) *Análise de Aberturas*

Para análise de aberturas, deve-se avaliar a área de abertura em relação a área do piso do ambiente. Os valores são estabelecidos para cada zona bioclimática e estão apresentados na tabela 3 do tópico 2.5.1.2.1.

A cozinha é integrada ao ambiente da sala/jantar e, portanto, foi tratada como um ambiente único, somando-se as áreas de ambos e aplicando o critério de percentual da sala.

Conforme consta na tabela 5, todos os cômodos apresentam percentual de abertura de ventilação maior do que os parâmetros determinados pelo Selo Casa Azul. Além disso, os ambientes também atendem a iluminação exigida, visto que todas as aberturas são maiores que 16%¹ da área do ambiente.

Tabela 5 - Porcentagem de iluminação natural

Dados do Ambiente		Aberturas				Percentual Calculado	Parâmetro Selo Casa Azul
Ambiente	Área do piso	Nome	Largura	Altura	Área		
Dormitório 1	10,02 m ²	J1	1,50 m	1,20 m	1,80 m ²	17,96%	A ≥ 8%
Dormitório 2	8,02 m ²	J3	1,25 m	1,20 m	1,50 m ²	18,70%	
Sala/Cozinha	19,53 m ²	J4	1,60 m	1,20 m	1,92 m ²	24,88%	A ≥ 10%
		2 x P2	0,70 m	2,10 m	2,94 m ²		
Banheiro	3,03 m ²	J2	0,80 m	0,70 m	0,56 m ²	18,48%	A ≥ 12,5%

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Todavia, apesar de dos resultados da tabela 5 atenderem o percentual de aberturas, a Caixa também exige proteção nos dormitórios, com dispositivo de controle que permita insolação no inverno e abertura total da área para iluminação, conforme tabela 3 do tópico 2.5.1.2.1. Esse parâmetro de desempenho térmico não se encontra atendido, devendo, assim, restar previsto no novo orçamento.

3.1.2.2 Desempenho Térmico – orientação ao sol e ventos

Para avaliar o critério de desempenho térmico em relação à orientação solar e ventos, também é necessário estabelecer a Zona Bioclimática da residência. Conforme visto no

¹ Tabela 3 do tópico 2.5.1.2.4.

subtópico 3.1.2, a habitação está localizada no Município da Palhoça, que se enquadra na Zona 3.

De acordo com o quadro 9, a habitação deve apresentar aberturas para ventilação médias, que devem permitir o sol durante o inverno. Conforme o quadro 10, aberturas médias representam entre 15% e 25% da área do piso. A tabela 5 do tópico 3.1.2.1 mostra a relação de aberturas pela área do piso já calculadas. Sendo assim, a residência atende esse parâmetro.

Além disso, como apresentado no quadro 11, as paredes devem ser do tipo leve refletora e a cobertura leve isolada. Conforme quadro 12, uma parede leve refletora possui (i) Transmitância Térmica (U) menor ou igual que 3,60 W/m².K; (ii) Atraso Térmico (ϕ) menor ou igual a 4,3 horas e; (iii) Fator Solar (FS_O) menor ou igual a 4%. Já a cobertura do tipo leve isolada possui (i) Transmitância Térmica (U) menor ou igual que 2,00 W/m².K; (ii) Atraso Térmico (ϕ) menor ou igual a 3,3 horas e; (iii) Fator Solar (FS_O) menor ou igual a 6,5%.

Os cálculos de Transmitância Térmica das paredes e cobertura já foram elaborados no subtópico 3.1.2.1, então serão calculados o atraso térmico e o fator solar de ambos.

a) Atraso Térmico das Paredes

Como as paredes da habitação são formadas por diferentes materiais superpostos em camadas, ou seja, é um elemento heterogêneo, utilizaram-se as equações 11, 12, 13 e 14 para os cálculos do atraso térmico.

Dados:

$R_t = 0,2369 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$, calculado no item “a” do subtópico 3.1.2.1;

$CT = 148,70 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$, calculado no “c” do subtópico 3.1.2.1.

$$B_0 = CT - CT_{reboco}$$

$$B_0 = 148,70 - 0,015 \cdot 1,00 \cdot 1900$$

$$B_0 = 120,20$$

$$B_1 = 0,226 \cdot \frac{B_0}{R_t}$$

$$B_1 = 0,226 \cdot \frac{120,20}{0,2369}$$

$$B_1 = 114,669$$

$$B_2 = 0,205 \cdot \left(\frac{(\lambda \cdot \rho \cdot c)_{ext}}{R_t} \right) \cdot \left(R_{ext} - \frac{R_t - R_{ext}}{10} \right)$$

$$B_2 = 0,205 \cdot \left(\frac{(1,15 \cdot 1900 \cdot 1,00)_{reboco}}{0,2369} \right) \cdot \left(\frac{0,015}{1,15} - \frac{0,2369 - 0,015/1,15}{10} \right)$$

$$B_2 = -17,664$$

$$\varphi = 1,382 \cdot R_t \cdot \sqrt{B_1 + B_2}$$

B₂ é desconsiderado pois resultou em valor negativo, sendo assim, o Fator Solar das Paredes será:

$$\varphi = 1,382 \cdot 0,2369 \cdot \sqrt{114,669}$$

$$\varphi = 3,506 \text{ horas}$$

b) *Fator Solar das Paredes*

A parede da habitação é considerada um elemento opaco, sendo assim, calculou-se o fator solar pela equação 16.

$$FS_0 = 4 \cdot U \cdot \alpha$$

$$FS_0 = 4 \cdot 2,4576 \cdot 0,30$$

$$FS_0 = 2,95\%$$

c) *Capacidade Térmica da Cobertura*

Para calcular o atraso térmico da cobertura, é necessário conhecer a capacidade térmica da mesma. Sendo assim, esse parâmetro foi obtido utilizando a equação 7.

$$CT = (e \cdot c \cdot \rho)_{telha} + (e \cdot c \cdot \rho)_{ar} + (e \cdot c \cdot \rho)_{concreto} + (e \cdot c \cdot \rho)_{bloco} + (e \cdot c \cdot \rho)_{argamassa}$$

$$CT = (0,01 \cdot 0,92 \cdot 2000) + 0 + (0,05 \cdot 1,00 \cdot 2200) + (0,07 \cdot 0,92 \cdot 1600)$$

$$+ (0,01 \cdot 1,00 \cdot 1900)$$

$$CT = 250,44 \frac{kJ}{m^2 \cdot K}$$

d) *Atraso Térmico da Cobertura*

Tendo determinado a capacidade térmica da cobertura, calculou-se o atraso térmico utilizando as equações 11, 12, 13 e 14, já que a cobertura, assim como a parede, também é considerada um elemento heterogêneo. Para esse cálculo, foi utilizado a resistência térmica de superfície a superfície ($R_t = 0,3560 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$), obtida no item “d” do subtópico 3.1.2.1.

$$B_0 = CT - CT_{telha}$$

$$B_0 = 250,44 - (0,01 \cdot 0,92 \cdot 2000)$$

$$B_0 = 232,04$$

$$B_1 = 0,226 \cdot \frac{B_0}{R_t}$$

$$B_1 = 0,226 \cdot \frac{232,04}{0,3560}$$

$$B_1 = 147,31$$

$$B_2 = 0,205 \cdot \left(\frac{(1,05 \cdot 2000 \cdot 0,92)_{telha}}{0,356} \right) \cdot \left(\frac{0,01}{1,05} - \frac{0,356 - 0,01/1,05}{10} \right)$$

$$B_2 = -27,95$$

B_2 é desconsiderado pois resultou em valor negativo.

$$\varphi = 1,382 \cdot 0,356 \cdot \sqrt{147,31}$$

$$\varphi = 5,97 \text{ horas}$$

e) *Fator Solar da Cobertura*

A cobertura da residência opaca, sendo assim, calculou-se o fator solar pela equação 16.

$$FS_0 = 4 \cdot U \cdot \alpha$$

$$FS_0 = 4 \cdot 1,7668 \cdot 0,20$$

$$FS_0 = 1,4134 \%$$

Comparando os resultados obtidos com as diretrizes do Selo Casa Azul apresentadas no quadro 12, elaborou-se a tabela 6.

Tabela 6 - Comparação de resultados de desempenho térmico - orientação solar e ventos

Itens avaliados				
		Transmitância Térmica (U) W/(m ² .K)	Atraso Térmico (φ) Horas	Fator Solar (FS ₀) %
Parede Leve Refletora	Parâmetro Caixa	$U \leq 3,60$	$\varphi \leq 4,3$	$FS_0 \leq 4,0$
	Resultado Obtido	2,4576 W/(m ² .K)	3,506 horas	2,95%
	Estágio Atual	Ok	Ok	Ok
Cobertura Leve Isolada	Parâmetro Caixa	$U \leq 2,00$	$\varphi \leq 3,3$	$FS_0 \leq 6,5$
	Resultado Obtido	1,7688 W/(m ² .K)	5,87 horas	1,4134%
	Estágio Atual	Ok	Não atende	Ok

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

A tabela 6 apresenta a comparação dos resultados dos parâmetros de desempenho térmico em relação à orientação solar e ventos. Conclui-se que esse critério é atendido parcialmente, visto que o atraso térmico da cobertura é maior que a recomendação do Selo Casa Azul. Sendo assim, é preciso prever esse item no orçamento.

Para definir a nova cobertura e forro da edificação, foi utilizada a tabela do anexo D, que mostra alguns exemplos de coberturas com os parâmetros já calculados. Analisando as opções apresentadas, percebe-se que apenas coberturas com forro em madeira atendem essas condições. Todavia, o PMCMV exige que as residências acima de 42m² possuam forro em laje. Dessa forma, foi simulada uma nova cobertura a partir do site Projeteer (2018), que calcula esses parâmetros a partir da calculadora de propriedades de componentes construtivos.

A figura 10 mostra a calculadora de propriedades de componentes construtivos. Essa funciona da seguinte forma: são inseridas todas as camadas que fazem parte da parede ou cobertura, começando pela camada mais externa até chegar à camada interna. Logo, simulando diversos tipos de coberturas com laje como forro, chegou-se a conclusão que o uso de telha cerâmica combinada com camada de ar e laje nervurada com EPS atende os critérios exigidos pela NBR 15.220 para se obter uma cobertura do tipo leve isolada.

A figura 10 mostra a calculadora de propriedades de componentes construtivos. Essa funciona da seguinte forma: são inseridas todas as camadas que fazem parte da parede ou cobertura, começando pela camada mais externa até chegar à camada interna. Logo, simulando diversos tipos de coberturas com laje como forro, chegou-se a conclusão que o uso de telha cerâmica combinada com camada de ar e laje nervurada com EPS atende os critérios exigidos pela NBR 15.220 para se obter uma cobertura do tipo leve isolada.

Figura 10 - Propriedades da Nova Cobertura

EXTERIOR		
CAMADA	MATERIAL	RESISTÊNCIA TÉRMICA
⊗ 1	Telha cerâmica 1	0.01
⊗ 2	Câmara de ar de Fluxo vertical 0	0.21
⊗ 3	Laje nervurada com EPS 22.5	0.337
ADICIONAR CAMADA NA BASE		
INTERIOR		

SEU MATERIAL

Resistência Térmica Total: **0,77**

Atraso Térmico ϕ (horas): **3,2**

Capacidade Térmica (kJ/m²K): **60,6**

Transmitância Térmica (W/m²K): **1,3**




Fonte: Projeteee, 2018.

Os parâmetros da nova cobertura são: (i) Transmitância Térmica (U) igual a 1,3 W/m².K e; (ii) Atraso Térmico (ϕ) igual a 3,2 horas, obedecendo, portanto, as diretrizes apresentadas no quadro 12. O fator solar, que não é apresentado no site, foi calculado pela equação 16:

$$FS_0 = 4 \cdot 1,3 \cdot 0,20$$

$$FS_0 = 1,04 \%$$

Foi obtido o Fator Solar de 1,04% para a nova cobertura, atendendo, assim, todos os critérios. Dessa maneira, no novo orçamento estará prevista a laje nervurada com EPS.

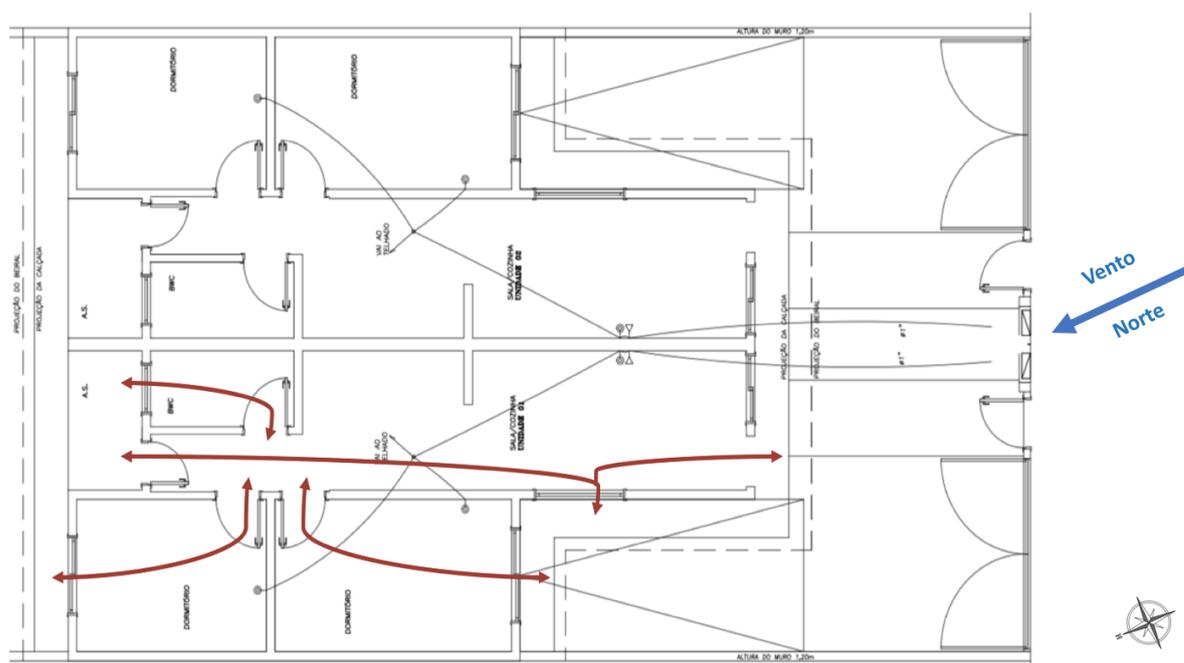
Além disso, outras diretrizes que também precisam ser avaliadas para atendimento desse critério são as estratégias de condicionamento térmico passivo demonstrados no quadro 13. No verão, a residência necessita ter ventilação cruzada e, no inverno, são exigidos o aquecimento solar da edificação e vedações internas pesadas (inércia térmica).

f) *Ventilação cruzada*

Como já foi apresentado, para possuir ventilação cruzada é necessário que os ambientes sejam atravessados transversalmente pelo fluxo de ar e, para que isso ocorra, é preciso que se tenha aberturas (portas e janelas) em fachadas diferentes.

Além disso, é importante analisar a direção predominante do vento na região. Conforme o Weather Spark (2018), no município da Palhoça predomina-se o vento norte. A figura 11 analisa a ventilação cruzada no projeto da habitação em estudo.

Figura 11 - Análise da Ventilação Cruzada



Fonte: HL Engenharia, adaptado pela autora, 2018.

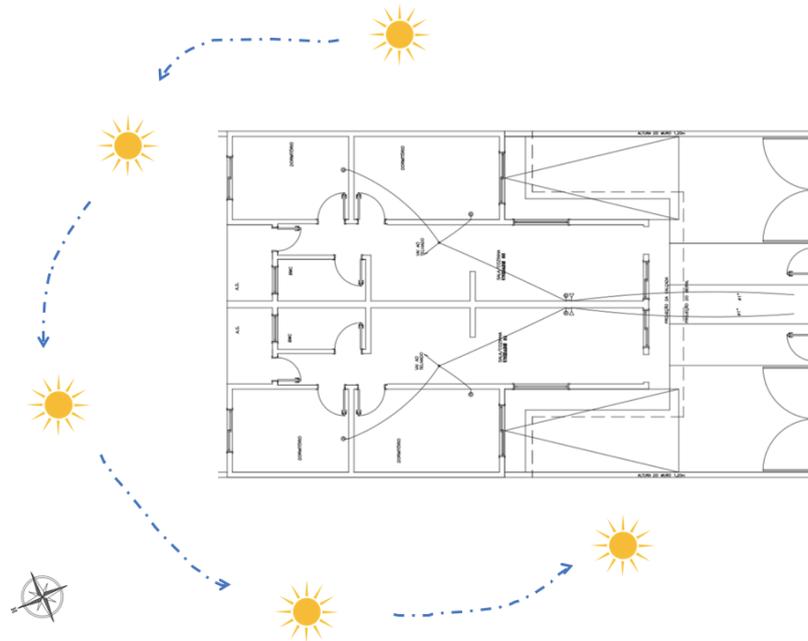
Percebe-se que a mesma possui ventilação cruzada, já que todos os ambientes possuem pelo menos duas aberturas em fachadas diferentes.

g) *Aquecimento Solar da Edificação*

Conforme explicitado no subtópico 2.5.1.2.2.3, para que a edificação possua a estratégia bioclimática de aquecimento solar passivo, a mesma deve ser implantada com orientação solar adequada, de modo que salas e dormitórios recebam radiação prolongada. Como a habitação em estudo está localizada no hemisfério sul, é recomendado que os dormitórios e salas estejam orientados para norte.

A figura 21 apresenta a simulação solar das residências. Nota-se que o fundo da casa/terreno é orientado para Norte-Nordeste.

Figura 12 - Orientação Solar das Residências



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Analisando a orientação junto com projeto das residências (Anexo A), conclui-se que as mesmas possuem orientação adequada, já que, em se tratando de uma construção de casas geminadas, seria inviável orientar todos os dormitórios e salas para o norte. Dessa forma, um dos dormitórios está orientado para Norte-Nordeste, enquanto o outro dormitório e a sala estão orientados para Oeste (casa à esquerda) e para Leste (casa à direita).

h) Vedações internas pesadas

Conforme exposto no tópico 2.5.1.2.2.3, a parede interna da edificação deve ser do tipo pesada e, para isso, a mesma deve apresentar (i) Transmitância Térmica (U) menor ou igual que $2,20 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ e; (ii) Atraso Térmico (ϕ) maior ou igual a 6,5 horas, conforme quadro 12.

Como as paredes internas e externas são construídas utilizando os mesmos materiais, os cálculos já realizados para as vedações externas podem ser utilizados para análise. Os resultados estão apresentados na tabela 6, sendo a (i) Transmitância Térmica (U) igual a $2,4576 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ e; (ii) Atraso Térmico (ϕ) igual a 3,506 horas. Como foi explicitado, o Fator Solar não é

considerado visto que em se tratando de uma vedação interna, a mesma não é exposta à radiação solar.

Comparando os resultados obtidos com as condições do Selo Casa Azul nota-se que nenhum dos parâmetros exigidos são atendidos. Dessa forma, é preciso que as paredes internas das residências sejam diferentes das externas. Em busca de uma alternativa, foi consultada a tabela da NBR 15.220 apresentada no anexo C, que apresenta algumas opções de vedações com seus respectivos parâmetros calculados. Analisando as exigências do Selo, optou-se por paredes internas duplas de tijolos de 6 furos circulares, com dimensões de 10x15x20 cm, assentados na menor dimensão. Além disso, a argamassa de assentamento deverá ser de 1 cm e a espessura de emboço de 2,5 cm, totalizando em uma parede de 26 cm. Esse item será previsto no novo orçamento.

3.1.3 Eficiência Energética

Já a categoria de eficiência energética apresenta três itens obrigatórios e cinco de livre escolha, totalizando oito itens que necessitam ser analisados.

O quadro 20 apresenta a análise dos critérios de eficiência energética das residências. As residências não possuem nenhum critério dessa categoria, sendo assim, é necessário que se acrescente os itens obrigatórios no novo orçamento para que se possa desenvolver o estudo de viabilidade econômica. Além disso, é importante destacar que alguns itens de área comum não são aplicados à realidade do projeto.

Quadro 20 - Análise dos critérios de eficiência energética

Critérios	Avaliação	Indicadores	Situação Atual
3.1 Lâmpadas de baixo consumo - áreas privativas	Obrigatório para HIS até 3 salários mínimos	Existência de lâmpadas de baixo consumo e potência adequada em todos os ambientes da unidade habitacional, principalmente nos empreendimentos de habitação de interesse social	Não atende
3.2 Dispositivos economizadores - áreas comuns	Obrigatório	Existência de sensores de presença, minuterias ou lâmpadas eficientes em áreas comuns dos condomínios	Não se aplica
3.3 Sistema de aquecimento solar	Livre Escolha	Existência de sistema de aquecimento solar de água com coletores selo Ence/Procel Nível A ou B, fração solar entre 60% e 80%, aquecimento auxiliar com reservatório dotado de resistência elétrica, termostato e timer, ou chuveiro elétrico ou aquecedor a gás, projetado e operado em série com o sistema solar, com equipamentos fornecidos por empresa certificada pelo Qualisol	Não atende
3.4 Sistemas de aquecimento a gás	Livre Escolha	Existência de aquecedores de água de passagem a gás com selo Ence/Conpet ou classificados na categoria Nível A no PBE do Conpet/Inmetro, instalados na unidade habitacional.	Não atende
3.5 Medição individualizada - gás	Obrigatório	Existência de medidores individuais, certificados pelo Inmetro, para todas as unidades habitacionais e inclusão em planilha orçamentária e cronograma físico-financeiro	Não atende
3.6 Elevadores eficientes	Livre Escolha	Existência de sistema com controle inteligente de tráfego para elevadores com uma mesma finalidade e em um mesmo hall, ou outro sistema de melhor eficiência	Não se aplica
3.7 Eletrodomésticos eficientes	Livre Escolha	Existência de eletrodomésticos (geladeira, aparelho de ar-condicionado, ventilador de teto, freezer, micro-ondas, etc.) com selo Procel ou Ence Nível A, entregues instalados na unidade habitacional e/ ou áreas de uso comum, como salões de festas, copas/cozinhas, dependências para funcionários, dentre outros	Não atende
3.8 Fontes alternativas de energia	Livre Escolha	Existência de sistema de geração e conservação de energia através de fontes alternativas com eficiência comprovada pelo proponente/fabricante, tais como painéis fotovoltaicos e gerador eólico, dentre outros, com previsão de suprir 25% da energia consumida no local	Não atende

Fonte: Caixa Econômica Federal, adaptado pela autora, 2018.

3.1.4 Conservação de Recursos Materiais

Para a categoria de Conversação de Recursos Materiais foram analisados três itens obrigatórios e sete de livre escolha.

As habitações possuem apenas o critério de livre escolha que exige o uso de cimento CP-III ou CP-IV na produção de concreto estrutural e não estrutural. Conforme é apresentado no quadro 21, em toda a construção é utilizado cimento CP-IV.

Já os itens obrigatórios não são atendidos, visto que não existe comprovação da utilização de fornecedores classificados como “qualificadas” pelo PBQP-H e também não existe Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. Além disso, também não são utilizadas formas e escoras reutilizáveis.

Quadro 21 - Análise dos critérios de conservação de recursos materiais

Crítérios	Avaliação	Indicadores	Situação Atual
4.1 Coordenação modular	Livre Escolha	Adoção de dimensões padronizadas como múltiplos e submúltiplos do módulo básico internacional (1M = 10cm) e de tolerâncias dimensionais compatíveis	Não atende
4.2 Qualidade de materiais e componentes	Obrigatório	Comprovação da utilização apenas de produtos fabricados por empresas classificadas como “qualificadas” pelo Ministério das Cidades, Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H)	Não atende
4.3 Componentes industrializados ou pré-fabricados	Livre Escolha	Adoção de sistema construtivo de componentes industrializados montados em canteiro, projetados de acordo com as normas ou com aprovação técnica no âmbito do Sinat (Sistema Nacional de Aprovação Técnica), do Ministério das Cidades, demonstrando conformidade com a norma de desempenho NBR 15575	Atende somente na laje pré moldada
4.4 Formas e escoras reutilizáveis	Obrigatório	Neste critério, são admitidas duas soluções alternativas: 1) existência de projetos de fôrmas, executado de acordo com a NBR 14931; 2) existência de especificação de uso de placas de madeira compensada plastificada com madeira legal e cimbramentos com regulagem de altura grossa (pino) e fina (com rosca); selagem de topo de placas e desmoldante industrializado e/ou sistema de fôrmas industrializadas reutilizáveis, em metal, plástico ou madeira, de especificação igual ou superior ao anterior	Não, é utilizado madeira comum
4.5 Gestão de resíduos de construção e demolição - RCD	Obrigatório	Existência de um “Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil – PGRCC” para a obra. Apresentação, ao final da respectiva obra, dos documentos de comprovação de destinação adequada dos resíduos gerados	Não atende
4.6 Concreto com dosagem otimizada	Livre Escolha	Memorial descritivo especificando a utilização de concreto produzido com controle de umidade e dosagem em massa, de acordo com a NBR 7212 Execução do Concreto Dosado em Central (ABNT, 1984 em revisão), com $I_c < 12,5 \text{ kg.m}^{-3}.\text{MPa}^{-1}$	Não atende
4.7 Cimento de alto-forno (CP III) e pozolânico (CP IV)	Livre Escolha	Especificação do uso de cimentos CP III ou CP IV para a produção de concreto estrutural e não estrutural	Sim, usa CP IV
4.8 Pavimentação com RCD	Livre Escolha	Projeto de pavimento especificando o uso de agregados produzidos pela reciclagem de resíduos de construção e demolição	Não se aplica
4.9 Madeira plantada ou certificada	Livre Escolha	Compromisso de uso de madeira plantada de espécies exóticas ou madeira certificada	Não atende
4.10 Facilidade de manutenção da fachada	Livre Escolha	Especificação de sistema de revestimento de fachada com vida útil esperada superior a 15 anos, como placas cerâmicas, rochas naturais, revestimentos de argamassa, orgânica ou inorgânica, pigmentada, pinturas inorgânicas (à base de cimento) ou texturas acrílicas de espessura média $> 1\text{mm}$	Não atende

Fonte: Caixa Econômica Federal, adaptado pela autora, 2018.

A fotografia 7 mostra as formas e escoras utilizadas durante a construção das casas geminadas. Foram utilizadas tábua de madeira serrada de pinus ou similar para as formas e pontaletes de madeira para as escoras.

Fotografia 7 - Formas e escoras da obra



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Sendo assim, é preciso inserir esse e os demais itens explicitados acima no novo orçamento.

3.1.5 Gestão da Água

Já para a categoria de Gestão da Água, foram avaliados 3 itens obrigatórios e 5 de livre escolha.

O quadro 22 apresenta a análise dos critérios de gestão da água, sendo que, na Coluna 04, estão discriminados o atual estágio das condições nos imóveis em estudo.

Quadro 22 - Análise dos critérios de gestão da água

Crítérios	Avaliação	Indicadores	Situação Atual
5.1 Medição individualizada - água	Obrigatório	Existência de sistema de medição individualizada de água	Ok
5.2 Dispositivos economizadores - bacia sanitária	Obrigatório	Existência, em todos os banheiros e lavabos, de bacia sanitária dotada de sistema de descarga com volume nominal de seis litros e com duplo acionamento (3/6 L)	Utiliza caixa acoplada, mas não tem duplo acionamento
5.3 Dispositivos economizadores - arejadores	Livre Escolha	Existência de torneiras com arejadores nos lavatórios e nas pias de cozinha das unidades habitacionais e áreas comuns do empreendimento	Não atende
5.4 Dispositivos economizadores - registros reguladores de vazão	Livre Escolha	Existência de registro regulador de vazão em pontos de utilização do empreendimento, tais como chuveiro, torneiras de lavatório e de pia	Não atende
5.5 Aproveitamento de águas pluviais	Livre Escolha	Existência de sistema de aproveitamento de águas pluviais independente do sistema de abastecimento de água potável para coleta, armazenamento, tratamento e distribuição de água não potável com plano de gestão, de forma a evitar riscos para a saúde. O sistema deverá apresentar redução mínima de 10% no consumo de água potável	Não atende
5.6 Retenção de águas pluviais	Livre Escolha	Existência de reservatório de retenção de águas pluviais, com escoamento para o sistema de drenagem urbana nos empreendimentos com área de terreno impermeabilizada superior a 500m ²	Não se aplica
5.7 Infiltração de águas pluviais	Livre Escolha	Existência de reservatório de retenção de águas pluviais com sistema para infiltração natural da água em empreendimentos com área de terreno impermeabilizada superior a 500m ²	Não se aplica
5.8 Áreas permeáveis	Obrigatório	Existência de áreas permeáveis em, pelo menos, 10% acima do exigido pela legislação local. No caso de inexistência de legislação local, será considerado, para atendimento a este item, um coeficiente de permeabilidade (CP) igual ou superior a 20%	Ok

Fonte: Caixa Econômica Federal, adaptado pela autora, 2018.

A residência atende somente 2 critérios obrigatórios dessa categoria: medição de água individualizada (item 5.1) e áreas permeáveis (item 5.8), explicados a seguir.

A fotografia 8 mostra o sistema de medição individualizada de água. A casa é entregue com o alimentador predial e abrigo para proteção do cavalete, conforme orientações da CASAN.

Fotografia 8 - Espera para medidores individualizados



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Já a área taxa de permeabilidade do terreno, é obtida pela seguinte relação:

$$\text{Permeabilidade} = \frac{\text{Apermeável}}{\text{Aterreno}}$$

Para cálculo da área do terreno e área permeável, foram utilizados os dados de projeto (Anexo A).

$$\text{Área do terreno} = 10 \times 29$$

$$\text{Área do terreno} = 290 \text{ m}^2$$

Como são duas habitações, divide-se a área por 2, obtendo-se o seguinte valor:

$$\text{Área do terreno} = 145 \text{ m}^2$$

A área permeável, localizada na parte externa da residência, foi calculada da seguinte forma:

$$\text{Área permeável} = (9,45 \times 3,975) - (0,95 \times 2,24)$$

$$\text{Área permeável} = 35,44 \text{ m}^2$$

Substituindo os valores obtidos, obtém-se a Taxa de Permeabilidade da habitação:

$$Permeabilidade = \frac{35,44}{145} \cdot 100$$

$$Permeabilidade = 24,44\%$$

A Taxa de Permeabilidade do terreno é de 24,44%. Como a Palhoça não estipula um valor no seu Zoneamento, usou-se o valor referência do Selo Casa Azul. Sendo assim, a habitação em estudo atende esse critério.

Nota-se que a residência não atende somente o critério obrigatório 5.3, referente a dispositivos economizadores na bacia sanitária. Dessa forma, esse item será previsto no novo orçamento.

3.1.6 Práticas Sociais

E por fim, a categoria de Práticas Sociais possui onze critérios, sendo que desses, três são obrigatórios.

Quadro 23 - Análise dos critérios de práticas sociais

Crítérios	Avaliação	Indicadores	Situação Atual
6.1 Educação para Gestão de RCD	Obrigatório	Existência de Plano Educativo sobre a Gestão de RCD	Não possui
6.2 Educação ambiental dos empregados	Obrigatório	Existência de plano de atividades educativas, para os empregados, sobre os itens de sustentabilidade do empreendimento	Não possui
6.3 Desenvolvimento pessoal dos empregados	Livre Escolha	Existência de plano de desenvolvimento pessoal para os empregados que contemple iniciativas relacionadas a, no mínimo, uma das seguintes alternativas de ação: educação complementar, via a educação para alfabetização, a inclusão digital, o aprendizado de idiomas estrangeiros, Educação de Jovens e Adultos (EJA), entre outras e perdurar no mínimo pelo período de execução do empreendimento, abrangendo pelo menos 20% dos trabalhadores; educação para cidadania, via programas de segurança, saúde e higiene, economia doméstica, educação financeira etc. com carga horária mínima de 8 horas e abranger pelo menos 50% dos empregados	Não possui
6.4 Capacitação profissional dos empregados	Livre Escolha	Existência de plano de capacitação profissional dos empregados em atividades da construção civil, com carga horária mínima de 30 horas e abrangência mínima de 30% dos empregados	Não possui

(continuação)

Crítérios	Avaliação	Indicadores	Situação Atual
6.5 Inclusão de trabalhadores locais	Livre Escolha	Existência de documento que explicita o número de vagas abertas e destinadas para contratação de trabalhadores originários da população local ou futuros moradores, considerando um percentual mínimo de 20% do total de empregados da obra	Não possui
6.6 Participação da comunidade na elaboração do projeto	Livre Escolha	Existência de plano contendo ações voltadas para a promoção do envolvimento dos futuros moradores com o empreendimento e que demonstre a participação da população alvo nas discussões para elaboração do projeto	Não possui
6.7 Orientação aos moradores	Obrigatório	Existência de, no mínimo, uma atividade informativa sobre os aspectos de sustentabilidade previstos no empreendimento que inclua a distribuição do Manual do Proprietário (ilustrado, didático e com conceitos de sustentabilidade), a ser disponibilizado até a entrega do empreendimento	Não possui
6.8 Educação ambiental aos moradores	Livre Escolha	Existência de um plano de Educação Ambiental voltado para os moradores que contemple orientações sobre uso racional e redução de consumo dos recursos naturais e energéticos, coleta seletiva, dentre outros, com carga horária mínima de 4 horas e abrangência de 80% dos moradores	Não possui
6.9 Capacitação para gestão do empreendimento	Livre Escolha	Existência de plano que contemple ações de desenvolvimento ou capacitação dos moradores para a gestão do empreendimento (condomínial ou em associações), com carga horária mínima de 12 horas e abrangência de 30% da população alvo do empreendimento	Não possui
6.10 Ações para mitigação de riscos sociais	Livre Escolha	Existência de plano de Mitigação de Riscos Sociais que contemple a previsão de pelo menos uma atividade voltada para: População em situação de vulnerabilidade social (moradores do empreendimento ou do entorno), podendo ser realizadas atividades de alfabetização, inclusão digital, profissionalização, esportivas e culturais, conforme o caso, com carga horária mínima de 40 horas ou; Moradores do empreendimento, podendo ser realizadas atividades informativas, de conscientização e mobilização para mitigação de riscos sociais de moradores da região em situação de vulnerabilidade social.	Não possui
6.11 Ações para a geração de emprego e renda	Livre Escolha	Existência de plano de Geração de Trabalho e Renda que contemple atividades de profissionalização para inserção no mercado de trabalho ou voltadas para o associativismo/cooperativismo, que fomentem o aumento da renda familiar. As ações de capacitação devem atingir carga horária mínima de 16 horas e abranger 80% dos moradores identificados com esta demanda.	Não possui

Fonte: Caixa Econômica Federal, adaptado pela autora, 2018.

O quadro 23 mostra a análise dos critérios de práticas sociais elaboradas pela a empresa. Atualmente, nenhuma das ações determinadas pelo Selo Casa Azul são realizadas com os moradores e/ou empregados. Dessa forma, os itens obrigatórios 6.1 (Educação para Gestão de RCD), 6.2 (Educação ambiental dos empregados) e 6.7 (Orientação aos moradores) serão adicionados ao novo orçamento para estudo de viabilidade financeira e econômica para obtenção dessa certificação.

3.2 ORÇAMENTO DE ITENS ADICIONAIS

A partir da análise realizada no tópico 3.1, conclui-se que as habitações já apresentam três critérios obrigatórios e dois critérios de livre escolha do Selo Casa Azul. Dessa forma, elaborou-se um orçamento com os dezesseis itens obrigatórios restantes e optou-se por mais quatro critérios de livre escolha para analisar a viabilidade econômica de adotar o Selo Casa Azul com graduação Prata nas próximas residências construídas pela empresa HL.

Quadro 24 - Itens que necessitam ser orçados

Nº	Critério	Avaliação
1.1	Qualidade do entorno - infraestrutura	Obrigatório
1.2	Qualidade do entorno - impactos	Obrigatório
2.1	Paisagismo	Obrigatório
2.2	Flexibilidade de projeto	Livre Escolha
2.6	Equipamentos de lazer, sociais e esportivos	Obrigatório
2.7	Desempenho térmico - vedações	Obrigatório
2.8	Desempenho térmico - orientação ao sol e ventos	Obrigatório
3.1	Lâmpadas de baixo consumo - áreas privativas	Obrigatório
3.2	Dispositivos economizadores - áreas comuns	Obrigatório
3.4	Sistema de aquecimento a gás	Livre Escolha
3.5	Medição individualizada de gás	Obrigatório
4.2	Qualidade de materiais e componentes (PBQP-H)	Obrigatório
4.4	Formas e escoras reutilizáveis	Obrigatório
4.5	Gestão de resíduos de construção e demolição - RCD	Obrigatório
5.2	Dispositivos economizadores - bacia sanitária	Obrigatório
5.3	Dispositivos economizadores - arejadores	Livre Escolha
5.4	Dispositivos economizadores - registros reguladores de vazão	Livre Escolha
6.1	Educação para Gestão de RCD	Obrigatório
6.2	Educação ambiental dos empregados	Obrigatório
6.7	Orientação aos moradores	Obrigatório

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

O quadro 24 apresenta os itens que necessitam ser inseridos nos novos projetos para que as residências geminadas possam obter a gradação Prata do Selo Casa Azul. Destaca-se que o critério de Dispositivos economizadores nas áreas comuns (item 3.2), não se aplica ao estudo de caso, visto que as moradias não estão inseridas em residências multifamiliares.

Também é importante destacar que alguns critérios podem ser adotados sem custo, como: (i) flexibilidade do projeto, já que a empresa poderá fornecer ao futuro morador um projeto de arquitetura com alternativas de modificação e/ou ampliação da residência; (ii) qualidade de materiais e componentes, optando por produtos de fornecedores classificados como “qualificadas” pelo Ministério das Cidades, Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H) e; (iii) educação ambiental dos empregados, já que o SENAI possui cursos de educação ambiental online gratuitos.

Já o critério de paisagismo exige arborização, cobertura vegetal e/ou demais elementos paisagísticos que propiciem adequada interferência às partes da edificação onde se deseja melhorar o desempenho térmico. Porém, nas residências estudadas é recomendado o aquecimento solar no inverno, sendo assim, seria inadequado inserir árvores e outros itens que prejudicam o recebimento de radiação solar nas habitações. Por isso, também não serão inseridos previstos itens para esse critério no orçamento.

Os demais critérios foram orçados com base na Tabela SINAPI referente ao mês de março de 2018 e, os itens que não estão disponibilizados na mesma foram consultados na loja Leroy Merlin, localizada no município de São José. Os cursos de educação ambiental e Gestão de RCD foram pesquisados no SENAI e ABRESO, respectivamente; enquanto o valor para realizar a gestão de resíduos da obra foi fornecido pela empresa Brooks Ambiental, localizada no município da Palhoça.

Além disso, é importante destacar que como o critério de equipamentos de lazer, sociais e esportivos exigem que os empreendimentos até 100 Unidades Habitacionais possuam dois equipamentos, sendo, no mínimo, um social e um de lazer/esportivo. Como o custo de instalação desses equipamentos é alto, optou-se por um terreno dentro de um loteamento que possuísse esses itens.

O novo terreno está localizado no loteamento Parque Vila Verde, na Rua José João Barcelos, no bairro Bela Vista, no município de Palhoça. O valor de mercado foi fornecido pelo corretor da própria loteadora Paysage. Conforme orientação do Selo Casa Azul, o novo lote atende todos os requisitos do critério de qualidade do entorno, possuindo os seguintes itens:

- Rede de abastecimento de água potável
- Loteamento Pavimentado
- Energia Elétrica
- Iluminação Pública
- Esgotamento sanitário com ETE da região
- Drenagem
- Localizado a 350 m da parada de ônibus 782, que possui 6 linhas de ônibus;
- Localizado a 1,5 km da Escola Básica Professora Adriana Weingartner
- Localizado a 2 km da Unidade Básica de Saúde Bela Vista
- O Parque Vila Verde possui Playground e Academia ao ar livre, ou seja, apresenta um equipamento de lazer acessível a menos de 2,5 km.

O novo orçamento, conforme os itens acima, foi estimado em R\$141.704,39, todavia, como alguns desses itens já estão contemplados de forma similar no projeto original, esses foram descontados, resultando em um adicional de R\$70.483,98. O mesmo está detalhado no Apêndice A.

De acordo com a HL Engenharia (2018), as residências em estudo tiveram um custo de R\$199.168,05. Porém, nesse custo não estão inclusos os valores de corretagem, impostos e mão de obra do engenheiro.

A tabela 7 apresenta os gastos totais do empreendimento. A corretagem e os impostos são obtidos pelo percentual de 5% e 7%, respectivamente, sobre o valor de venda das habitações, que foi de R\$290.000. Já a mão de obra do engenheiro, é calculada a partir do lucro: subtrai-se o custo do capital aportado pelo empreendedor e divide-se o valor restante pela metade.

Tabela 7 - Gastos Totais

Item	Valor
Custo da obra	R\$ 199.168,05
Corretagem	R\$ 14.500,00
Impostos	R\$ 20.300,00
Engenheiro	R\$ 19.244,41
Gasto total	R\$ 253.212,46

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Dessa forma, para realizar a análise de viabilidade econômica, adiciona-se o orçamento dos novos itens ao custo da obra, totalizando em R\$269.652,03. Para calcular os valores de corretagem, impostos e mão de obra do engenheiro, é preciso estimar o preço de venda das habitações com Selo Casa Azul gradação Prata. Para isso, foi considerada uma valorização de 20% no valor de venda das residências com o Selo Casa Azul, visto que, de acordo com a EcoDebate (2016), a valorização de uma habitação sustentável pode chegar a até 30%. Sendo assim, o valor de venda de cada moradia foi estimado em R\$ 183.000,00.

A tabela 8 apresenta os gastos totais estimados para o novo projeto das residências com Selo Casa Azul. Esses gastos foram inseridos no fluxo de caixa projetado (Apêndice C) para o desenvolvimento da análise de viabilidade econômica apresentada a seguir.

Tabela 8 - Gastos Totais Novo Projeto

Item	Valor
Custo da obra	R\$ 269.652,03
Corretagem	R\$ 18.300,00
Impostos	R\$ 25.620,00
Engenheiro	R\$ 18.176,45
Gasto total	R\$ 331.748,48

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

3.3 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

A partir do novo orçamento, foi elaborado o estudo de viabilidade econômica para concluir se é viável, do ponto de vista do empreendedor, adotar o Selo Casa Azul nos próximos projetos de residências geminadas do Programa Minha Casa Minha Vida.

3.3.1 Situação Atual

A partir do fluxo de caixa atual do empreendimento, que se encontra no Apêndice B, fornecido por um dos sócios da empresa, foram calculados os índices de avaliação econômica do projeto atual.

A Taxa Mínima de Atratividade adotada pelo empreendedor é de 1%, pois no período de desenvolvimento do projeto e negociação do contrato com o engenheiro, essa era a taxa de CDI aplicada pelo mercado. Essa taxa também serve como referência de juros para o capital aportado pelo empreendedor, conforme foi explicitado no tópico 3.2.

O Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Payback do projeto podem ser calculados pelas equações 18, 19 e 20 respectivamente. Porém, devido a facilidade de cálculo no Microsoft Office Excel, optou-se por utilizar as funções “VPL” e “TIR” para obtenção dos seguintes resultados.

O quadro 25 apresenta os resultados obtidos. O Valor Presente Líquido (VPL) deu positivo, sendo assim, o projeto original é economicamente viável. Além disso, o projeto apresenta um Payback de 11 meses, podendo ser considerado um investimento rápido para o mercado de construção civil. E, por fim, a Taxa Interna de Retorno de 2,43% que, quando comparada com a Taxa Mínima de Atratividade de 1%, também confirma a viabilidade do projeto.

Quadro 25 - Índices de Avaliação Econômica do Projeto Atual

Índice	Valor Calculado
VPL	R\$20.036,57
TIR	2,43% ao mês
TMA	1% ao mês
Payback	11 meses

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Os índices calculados para o projeto original foram usados como parâmetros de avaliação do novo projeto.

3.3.2 Novo Projeto

Com base no fluxo de caixa do projeto atual, foi elaborado o fluxo de caixa projetado (Apêndice C) para avaliação da adoção do Selo Casa Azul nos novos projetos.

Usando o Fluxo de Caixa Projetado e as funções do Microsoft Office Excel, foram calculados o Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Payback do projeto.

Quadro 26 - Índices de Avaliação Econômica do Novo Projeto

Índice	Valor Calculado
VPL	R\$12.139,80
TIR	1,62% ao mês
TMA	1% ao mês
Payback	11 meses

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

O quadro 26 apresenta os resultados obtidos. O Valor Presente Líquido (VPL) continua positivo, sendo assim, o novo projeto é economicamente viável, mas apresenta um lucro inferior quando comparado ao atual. O Payback do projeto continua em 11 meses, já que a adição dos critérios do Selo Casa Azul não acarretariam em uma alteração representativa no cronograma

de obras. Já a Taxa Interna de Retorno (TIR) calculada também foi maior que a Taxa Mínima de Atratividade de 1%, mas, apesar de ser maior, 1,62% é considerada uma taxa muito próxima tornando o investimento pouco atrativo em função dos riscos que se possuem ao construir e vender um empreendimento. Ou seja, o retorno é muito baixo, sendo preferível a segurança de manter o dinheiro aplicado em um banco ou a escolha por um investimento de maior retorno financeiro.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Analisando os resultados obtidos no Estudo de Caso, verifica-se que as habitações geminadas em estudo apresentam somente três critérios obrigatórios e dois de livre escolha.

O quadro 27 apresenta os critérios que já são atendidos integralmente no projeto atual. Sendo assim, os outros dezesseis critérios obrigatórios e quatro de livre escolha foram orçados em um custo adicional de R\$70.483,98 a fim de analisar a viabilidade econômica de adotar o Selo Casa Azul, com gradação Prata, nas próximas residências construídas pela empresa HL.

Quadro 27 - Critérios atendidos

Critérios atendidos	Avaliação
Áreas Permeáveis	Obrigatório
Medição Individualizada de água	Obrigatório
Local para coleta Seletiva	Obrigatório
Ventilação e iluminação natural de banheiros	Livre Escolha
Cimento de alto-forno (CP III) e pozolânico (CP IV)	Livre Escolha

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Ao realizar a análise financeira do novo projeto, concluiu-se que a adoção do Selo Casa Azul em habitações geminadas do programa “Minha Casa, Minha Vida” ainda é pouco viável em pequena escala, como é o caso do desenvolvimento das obras da empresa em questão.

A tabela 9 apresenta a comparação dos resultados obtidos. A segunda coluna apresenta os índices de avaliação econômica do projeto atual, em que o investidor considera o empreendimento atrativo; enquanto a terceira coluna apresenta os índices da proposta de adoção do Selo Casa Azul nas habitações geminadas.

Tabela 9 - Comparação dos Resultados

Índice	Projeto Original	Novo Projeto
VPL	R\$20.036,57	R\$12.139,80
TIR	2,43% ao mês	1,62% ao mês
TMA	1% ao mês	1% ao mês
Payback	11 meses	11 meses

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Percebe-se que, na nova proposta, a Taxa Interna de Retorno é muito próxima da Taxa Mínima de Atratividade. Sendo assim, é preciso avaliar o risco de se investir o capital em um projeto que pode ter, além de erros de execução, também atraso de prazos, dificuldade de venda e baixa liquidez. Ou seja, é preciso que o investimento tenha um maior retorno financeiro para que seja atrativo retirar o dinheiro de aplicações bancárias a taxas similares e com garantias maiores.

O baixo retorno financeiro do novo projeto pode ser explicado por duas alternativas: (i) custo muito alto e/ou (ii) baixa valorização do imóvel sustentável no mercado. Uma das razões do alto custo de projeto é explicada pelas poucas moradias construídas, já que os custos fixos acabam sendo rateados em poucas unidades, tornando itens como educação dos colaboradores e terrenos em áreas urbanas muito caros.

Além disso, alguns critérios exigidos pela Caixa Econômica Federal no Selo Casa Azul são incompatíveis com habitações populares do Programa Minha Casa Minha Vida. Por exemplo, no caso da habitação em estudo concluiu-se que a cobertura não apresentava desempenho térmico satisfatório para a Zona Bioclimática 3. Dessa forma, foram estudados os parâmetros que deveriam ser atendidos e percebeu-se que a laje pré-moldada apresentava um atraso térmico muito alto e deveria ser substituída por um forro que permitisse que o calor atravessasse a superfície de forma mais rápida. As opções apresentadas pelo Selo que atendiam esses requisitos eram os forros em madeira ou PVC. Porém, o Programa Minha Casa Minha Vida exige que habitações com áreas superiores a 42m² sejam construídas com forro em forma de laje. Ou seja, dificilmente esse critério poderia ser atendido simultaneamente no Selo Casa Azul e no PMCMV.

Em busca de uma alternativa que atendesse ambas as questões apresentadas acima, foram simulados diversos tipos de lajes no site Projeteer e encontrou-se a solução da laje nervurada com EPS, que atende ambos os critérios, mas, ao mesmo tempo, encarece o projeto. Logo, é importante questionar o por quê do PMCMV não aceitar os forros em madeira ou PVC, que teoricamente melhoram o desempenho térmico das residências na região.

Outro ponto observado durante o estudo de caso foi a exigência de uso de paredes internas duplas na região. As mesmas têm o objetivo de manter o calor por um maior período, ajudando a habitação a se manter quente por mais tempo. Sendo assim, apesar do Selo Casa Azul ser a primeira certificação sustentável elaborada no País, é importante questionar se todos os critérios exigidos pela certificadora são condizentes com a realidade atual do país e do programa, visto que o teto dos imóveis em regiões urbanas é de R\$225 mil.

Também é relevante observar se o elevado preço de um imóvel sustentável não reduz o número de famílias que podem ter acesso às moradias vinculadas ao programa Federal, já que um aumento de R\$38.000 no preço de venda é relevante para uma família de baixa renda e pode restringir as condições de financiamento bancário ofertadas pela Caixa Econômica Federal.

Além disso, durante o desenvolvimento do trabalho, o sócio da empresa comentou que as habitações escolhidas para análise tiveram um tempo de retorno de 11 meses devido a demora para aprovação de projeto na prefeitura de Palhoça. Segundo o empreendedor, um projeto sem atrasos poderia ser executado em 8 meses. Sendo assim, para os próximos estudos, recomenda-se avaliar o tempo médio de execução de outros projetos para entender a Taxa de Retorno média praticada pela empresa.

Todavia, apesar do resultado ter se mostrado pouco viável para a adoção integral do Selo Casa Azul nas residências estudadas, alguns aspectos da certificação poderão ser implementados, pois apresentam um custo pouco representativo para o projeto. Alguns dos itens que serão estudados para os próximos projetos da empresa são: (i) janelas dos dormitórios com venezianas, (ii) formas de madeiras compensadas plastificadas que podem ser reutilizadas, (iii) destinação correta dos resíduos da construção, (iv) vaso sanitário com duplo acionamento e (v) torneira com arejadores.

5 CONCLUSÃO

Conforme foi apresentado no trabalho, a indústria de construção civil é apontada como um dos setores que mais consome recursos e também é responsável por mais uma parcela representativa dos resíduos sólidos gerados pelas atividades humanas. Ou seja, o setor da construção gera inúmeros impactos ambientais negativos. Mas, apesar dos impactos gerados, a engenharia civil desempenha um importante papel na melhoria do desenvolvimento econômico e do déficit habitacional por meio da construção de casas populares para populações de baixa renda.

Foi nesse contexto, pensando em soluções que melhorem os índices de moradia, e que ao mesmo tempo, não sejam tão agressivas ao ambiente, que surgiu, em 2009, o Programa Minha Casa Minha Vida - PMCMV, ao oferecer condições atrativas para o financiamento de moradias nas áreas urbanas para famílias de baixa renda e; em 2010, o Selo Casa Azul, o primeiro sistema de certificação sustentável criado para a realidade da construção habitacional brasileira.

A fim de verificar a viabilidade de aplicação do Selo Casa Azul em residências unifamiliares do PMCMV, o presente trabalho analisou duas habitações populares do programa da Caixa, localizadas no Município de Palhoça e construídas pela empresa HL Engenharia, para responder o seguinte questionamento: é economicamente viável, do ponto de vista do empreendedor, adotar a certificação Selo Casa Azul em residências unifamiliares do programa Minha Casa Minha Vida?

Para responder a seguinte questão, foram pesquisados e apresentados, no capítulo dois, os conceitos sobre sustentabilidade, déficit habitacional, PMCMV, Selo Casa Azul e análise econômica financeira, que foram necessários para que se pudesse desenvolver o estudo de caso.

Já no estudo de caso, no capítulo três, foram analisados os 53 critérios de avaliação das 6 categorias do Selo Casa Azul, a fim de verificar quais itens as residências já possuíam e quais seriam orçados para desenvolvimento da análise econômica. Para isso, a empresa HL Engenharia forneceu os projetos e orçamentos das habitações. Com base no novo orçamento, foi elaborado um fluxo de caixa projetado e foi feita a análise de viabilidade econômica da adoção do Selo Casa Azul em projetos futuros da empresa.

Os resultados obtidos no estudo foram apresentados no capítulo quatro. Conclui-se, portanto, que não é viável para o empreendedor adotar o Selo Casa Azul nos próximos projetos, pois a Taxa Interna de Retorno é muito próxima da Taxa Mínima de Atratividade. Ou seja, o investimento apresenta pouco retorno financeiro quando comparado a aplicações bancárias que

apresentam taxas similares e fornecem garantias maiores, sendo preferível, assim, manter o projeto original, que apresenta taxas maiores, e inserir algumas modificações de projeto que melhoram a sustentabilidade do imóvel.

Esse fato foi justificado pela exigência de alguns itens do Selo Casa Azul que encarecem o projeto de uma casa popular para o empreendedor, mas, que ao mesmo tempo, não apresentam o devido valor para o consumidor final. Além disso, estipular um preço muito alto de venda restringiria o número de famílias que tem acesso à residência através do Programa Minha Casa Minha Vida.

Mas, como foi discutido, apesar do resultado ter se mostrado pouco viável para a adoção integral do Selo Casa Azul nas residências estudadas, alguns aspectos da certificação poderão ser implementados, fazendo com o que as próximas moradias construídas pela empresa tenham um menor impacto ambiental. Ou seja, o trabalho também teve o propósito de despertar o interesse da empresa HL Engenharia e seus investidores por estratégias mais modernas e adequadas para o desenvolvimento sustentável.

Além disso, o desenvolvimento do presente trabalho foi relevante para aprofundamento de questões ensinadas durante a graduação, além de permitir à autora aprender novos conceitos ligados à sustentabilidade e ao Programa Minha Casa Minha Vida, o que certamente permitirá um melhor desenvolvimento profissional.

Dando continuidade a este trabalho, são propostos futuros estudos que podem contribuir para um melhor entendimento sobre o assunto, como: realizar um estudo de viabilidade para adoção do Selo Casa Azul em projetos habitacionais populares feitos em larga escala e, também, analisar o período de retorno para o comprador do imóvel, justificando o valor de compra mais alto de uma habitação sustentável.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2003.

BAPTISTA JUNIOR, Joel Vieira; ROMANEL, Celso. Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 2, p.27-37, jul. 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/urbe/v5n2/a04v5n2.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2017.

BARBOSA, Kácia Henderson. **Avaliação da influência da orientação solar, associada ao comportamento do usuário, no desempenho térmico de uma tipologia de residência unifamiliar em Goiânia**. 2017. 225 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

BRASILEIRO, Suely Benevides de Carvalho. **Adequação ao Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal de Edificações do Programa Minha Casa Minha Vida**. 2013. 176 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Urbana e Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013. Disponível em: <<http://tede.biblioteca.ufpb.br/handle/tede/5513#preview-link0>>. Acesso em: 18 ago. 2017.

BRUNDLAND, G. H. **Nosso futuro comum**. Comissão mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. Rio de Janeiro: Editora Getúlio Vargas, 1991. Disponível em: <<https://www.scribd.com/doc/12906958/Relatorio-Brundtland-Nosso-Futuro-Comum-Em-Portugues>>. Acesso em: 18 ago 2017.

BRUNI, A. L; FAMÁ, R. **As Decisões de Investimentos**: com aplicações na HP12C e Excel. São Paulo: Atlas, 2003.

CAIXA. **Minha Casa Minha Vida**. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/minha-casa-minha-vida/urbana/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 3 set. 2017.

CAIXA. **Selo Casa Azul**: boas práticas para habitação mais sustentável. 2010. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/Downloads/selo_casa_azul/Selo_Casa_Azul.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2017.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Déficit Habitacional no Brasil**. 2017. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/deficit-habitacional/deficit-habitacional-no-brasil>>. Acesso em: 3 set. 2017.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **PIB Brasil e Construção Civil**. 2017. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

CASAROTTO FILHO, Nelson; KOPITTKE, Bruno Hartmut. **Análise de Investimentos**. São Paulo: Atlas, 2000.

DORNELLES, Kelen Almeida. **Estudo de casos sobre a inércia térmica de edificações na cidade de São Carlos, SP**. 2004. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Construção Civil,

Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/4664/DissKAD.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 17 maio 2018.

ECODEBATE. **Imóveis sustentáveis valorizam no mercado.** 2016. Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2016/06/27/imoveis-sustentaveis-valorizam-no-mercado/>>. Acesso em: 27 maio 2018.

FIESP. **Levantamento inédito mostra déficit de 6,2 milhões de moradias no Brasil.** 2016. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/noticias/levantamento-inedito-mostra-deficit-de-62-milhoes-de-moradias-no-brasil/>>. Acesso em: 3 set. 2017.

GALESNE, Alain; FENSTERSEIFER, Jaime E.; LAMB, Roberto. **Decisões de investimentos da empresa.** São Paulo: Atlas, 1999.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GREEN BUILDING. **What is green building?** 2014. Disponível em: <<https://www.usgbc.org/articles/what-green-building>>. Acesso em: 25 set. 2017.

GREEN DESIGN. **Soluções sócio ambientais para um desenvolvimento sustentável.** Disponível em: <<http://greensustentavel.com.br/pt/>>. Acesso em: 25 set. 2017.

GRUNBERG, Paula Regina Mendes; MEDEIROS, Marcelo Henrique Farias de; TAVARES, Sergio Fernando. Certificação ambiental de habitações: comparação entre LEED for Homes, Processo Aqua e Selo Casa Azul. **Ambiente & sociedade**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 195-214, jun. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2014000200013&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 03 set. 2017.

GRUPO MB. **Ventilação natural na indústria:** utilidade e vantagens. Disponível em: <<https://grupomb.ind.br/mbobras/economia-de-energia/ventilacao-natural-na-industria-utilidade-e-vantagens/>>. Acesso em: 11 maio 2018.

HOJI, Masakazu. **Administração Financeira e Orçamentária:** matemática financeira aplicada, estratégias financeiras, orçamento empresarial. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

LAMBERTS, Roberto. **Desempenho térmico em edificações.** 6. ed. Florianópolis: Labeee, 1011. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV5161Apostila-v2011_0.pdf>. Acesso em: 3 maio 2018.

LARUCCIA, Mauro Maia. Sustentabilidade e Impactos Ambientais da Construção Civil. **Eniac Pesquisa**, Guarulhos, v. 3, n. 1, p.69-84, jan-jun. 2014. Disponível em: <https://ojs.eniac.com.br/index.php/EniacPesquisa/article/view/124/pdf_21>. Acesso em: 31 ago. 2017.

MALHOTRA, Naresh K. *et al.* **Introdução à pesquisa de marketing.** São Paulo: Prentice Hall, 2007.

MATTAR, Fauze Najib. **Pesquisa de Marketing.** São Paulo: Atlas, 1996.

MÁXIMO, Luciano. Déficit habitacional aumenta com a recessão. **Valor Econômico**, São Paulo, 01 mar. 2017. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/brasil/4882412/deficit-habitacional-aumenta-com-recessao>>. Acesso em: 3 set. 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Construção Sustentável**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/construcao-sustentavel>>. Acesso em: 18 ago. 2017.

MORISHITA, Claudia et al. **Catálogo de propriedades térmicas de paredes e coberturas**. 2010. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/catalogo_caixa_v4.PDF>. Acesso em: 3 mai. 2018.

PAPST, Ana Lígia. **Uso de inércia térmica no clima subtropical**: estudo de caso de Florianópolis-SC. 1999. 163 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO_Ana_Ligia_Papst.pdf>. Acesso em: 12 maio 2018.

PICCOLI, R., KERN, A., GONZÁLEZ, M., & HIROTA, E. A certificação ambiental de prédios: exigências usuais e novas atividades na gestão da construção. **Revista Ambiente Construído**, v.10, n.3, p. 69-79, jul-set. 2010.

PIRES, Janaina Ribeiro; GARCIA, Wanessa Ricardo. **Sustentabilidade na construção civil**: estudo comparativo entre Leed for Homes e o Selo Casa Azul. 2017. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017.

PONCIANO, Nivaldo José et al. Análise de viabilidade econômica e de risco da fruticultura na região norte Fluminense. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 615-635, dec. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032004000400005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 25 mar. 2018.

PROJETEEE. **Inércia térmica para aquecimento**. Disponível em: <<http://projeteee.mma.gov.br/estrategia/inercia-termica-para-aquecimento/>>. Acesso em: 12 maio 2018.

PROJETEEE. **Componentes Construtivos**. Disponível em: <<http://projeteee.mma.gov.br/componentes-construtivos/#pisos-e-coberturas>>. Acesso em: 17 maio 2018.

RIBEIRO, Guilherme Cornelio et al. **Técnicas de aquecimento solar passivo para a cidade de Passo Fundo**. Imed, 2016. Disponível em: <https://www.imed.edu.br/Uploads/5_SICS_paper_8_version_1.pdf>. Acesso em: 21 maio 2018.

- SEBRAE. **Minha empresa sustentável:** construção civil. 2016. Disponível em: <http://sustentabilidade.sebrae.com.br/Sustentabilidade/Para_sua_empresa/Publicações/Construcao_Civil_ONLINE.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2017.
- SIENGE. **Desperdício na Construção Civil:** Impactos no Meio Ambiente. 2016. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/desperdicio-na-construcao-civil-impactos-no-meio-ambiente/>>. Acesso em: 17 out. 2017.
- SANTOS, Morgana de Souza dos. **Certificação do Selo Casa Azul e sua aplicabilidade em projetos multifamiliares financiados pelo programa Minha Casa Minha Vida.** 2017. 113 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2017.
- SOUZA, Alceu; CLEMENTE, Ademir. **Decisões financeiras e análise de investimentos.** São Paulo: Atlas, 2009.
- SOUZA, Janaildo Soares de et al. Impacto da Construção Civil no Produto Interno Bruto Brasileiro. **Perspectivas Online:** Humanas e Sociais Aplicadas, v. 5, n. 12, p. 25-35, 2015. Disponível em: <<https://doaj.org/article/89033bb8a06e40088a6fb8a08c1451f1>>. Acesso em: 03 set. 2017.
- SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **Sustainable Development Goals.** Disponível em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/sdgs>>. Acesso em: 01 out. 2017.
- TAJIRI, Christiane A. H.; CAVALCANTE, Denize C.; POTENZA, João L. **Caderno de Educação Ambiental:** Habitação Sustentável. São Paulo: SMA/CPLA, 2011.
- UNEP - United Nations Environment Programme. **Building Design and Construction:** Forging Resource Efficiency and Sustainable Development. 2012. Disponível em: <<https://www.usgbc.org/Docs/Archive/General/Docs19073.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2017.
- UNEP – United Nations Environment Programme. **Buildings and Climate Change:** Status, Challenges, and Opportunities. United Nations Environmental Programme, 2007. Disponível em: <http://www.unglobalcompact.org/docs/issues_doc/Environment/climate/Buildings_and_climate_change.pdf>. Acesso em: 17 set. 2017.
- VIGGIANO, M. H. S. **Reuso das águas cinza.** Brasília: Mundo Futuro, 2010. Disponível em: <<http://www.issuu.com/marioviggiano/docs/aguascinzas2010>>. Acesso em: 21 ago. 2017.
- WEATHER SPARK. **Condições meteorológicas médias de Palhoça.** Disponível em: <<https://pt.weatherspark.com/y/30017/Clima-caracteristico-em-Palhoça-Brasil-durante-o-ano>>. Acesso em: 30 maio 2018.
- WILLMOTT DIXON. **The Impacts of Construction and the Built Environment.** 2010. Disponível em: <<https://www.willmottdixon.co.uk/asset/9462/download?1424952299>>. Acesso em: 17 set. 2017.
- WORLD WIDE FUNDE. **O que é desenvolvimento sustentável?** Disponível em: <https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/>. Acesso em: 01 out. 2017.

ZAGO, Camila Avozani; WEISE, Andreas Dittmar; HORNBURG, Ricardo André. **A importância do estudo de viabilidade econômica de projetos nas organizações contemporâneas.** Congresso Virtual Brasileiro de Administração, 2009. Disponível em: <http://www.convibra.org/2009/artigos/142_0.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2018.

APÊNDICES

APÊNDICE A – NOVO ORÇAMENTO

Orçamento dos novos itens							
Insumo	Quantidade	Unidade	Preço Unitário novo item	Preço Total novo item	Preço Unitário item atual	Preço Total item atual	Diferença
Terreno de 200m ² no loteamento Parque Vila Verde	1	uni.	R\$ 80.000,00	R\$ 80.000,00	R\$ 45.000,00	R\$ 45.000,00	R\$ 35.000,00
Janela de Correr em Alumínio, com Veneziana, 120x150	2	uni.	R\$ 936,87	R\$ 936,87	R\$ 573,78	R\$ 573,78	R\$ 363,09
Janela de Correr em Alumínio, com Veneziana, 120x125	2	uni.	R\$ 776,95	R\$ 776,95	R\$ 507,65	R\$ 507,65	R\$ 269,30
Parede Dupla (Bloco cerâmico com furos 10x15x20 + argamassa)	25,24	m	R\$ 28,66	R\$ 723,38	R\$ -	R\$ -	R\$ 723,38
Laje nervurada com EPS (incluído formas e escoras)	240,572	m ²	R\$ 196,40	R\$ 47.248,34	R\$ 84,26	R\$ 20.270,60	R\$ 26.977,74
Lâmpada LED 6W Bivolt Branca Formato Tradicional	20	uni.	R\$ 22,28	R\$ 445,60	R\$ -	R\$ -	R\$ 445,60
Medidores de gás	2	uni.	R\$ 220,00	R\$ 440,00	R\$ -	R\$ -	R\$ 440,00
Painel de madeira compensada plastificado 10mm com desmoldante (pilar)	106,1424	m ²	R\$ 21,60	R\$ 2.292,68	R\$ 24,07	R\$ 2.554,85	-R\$ 262,17
Painel de madeira compensada plastificado 10mm com desmoldante (viga)	73,242	m ²	R\$ 29,82	R\$ 2.184,08	R\$ 24,07	R\$ 1.762,93	R\$ 421,14
Coleta de Alvenaria	1	cx.	R\$ 180,00	R\$ 180,00	R\$ -	R\$ -	R\$ 180,00
Coleta de Madeira	1	cx.	R\$ 180,00	R\$ 180,00	R\$ -	R\$ -	R\$ 180,00
Coleta de Materiais Contaminados	1	cx.	R\$ 180,00	R\$ 180,00	R\$ -	R\$ -	R\$ 180,00
Vaso Sanitário com Caixa Acoplada 3/6L Ravena Gelo Deca (Duplo Acionamento)	2	uni.	R\$ 329,90	R\$ 329,90	R\$ 263,96	R\$ 263,96	R\$ 65,94
Curso de Gestão Integrada de Residuo da Construção Civil ABRECON	4	uni.	R\$ 649,99	R\$ 2.599,96	R\$ -	R\$ -	R\$ 2.599,96
Curso de Educação Ambiental SENAI	4	uni.	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
Manual do Proprietário (ilustrado, didático e com conceitos de sustentabilidade) entregue durante palestra informativa	2	uni.	R\$ 100,00	R\$ 200,00	R\$ -	R\$ -	R\$ 200,00
Aquecedor de água a gás GLP/GN com capacidade de armazenamento de 50 a 90L	2	uni.	R\$ 2.544,59	R\$ 2.544,59	R\$ -	R\$ -	R\$ 2.544,59
Torneira Cromada de parede para cozinha com arejador, padrão popular, 1/2" ou 3/4"	2	uni.	R\$ 48,67	R\$ 48,67	R\$ 39,25	R\$ 39,25	R\$ 9,42
Torneira Banheiro Alavanca 1198 C-60 1/4 Volta Arejador	2	uni.	R\$ 58,18	R\$ 58,18	R\$ 47,39	R\$ 47,39	R\$ 10,79
Registro Regulador de Vazão para Torneira e Ducha Docol	8	uni.	R\$ 41,90	R\$ 335,20	R\$ -	R\$ -	R\$ 335,20
TOTAL				R\$ 141.704,39		R\$ 71.020,41	R\$70.483,98

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

APÊNDICE B – FLUXO DE CAIXA ORIGINAL

Fluxo de Caixa Original em R\$											
	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho	Agosto
Fluxo de Caixa	-15.000,00	-52.658,86	-36.189,22	-35.064,70	-14.236,37	-11.187,27	-6.544,16	-17.958,94	-5.394,23	-3.795,55	234.816,84
Fluxo de Caixa Acumulado	-15.000,00	-67.658,86	-103.848,08	-138.912,78	-153.149,15	-164.336,42	-170.880,58	-188.839,52	-194.233,75	-198.029,30	36.787,54
Fluxo de Caixa Descontado	-14.851,49	-51.621,27	-35.124,90	-33.696,49	-13.545,42	-10.538,91	-6.103,86	-16.584,78	-4.932,16	-3.436,06	210.471,90
Fluxo de Caixa Acumulado Descontado	-14.851,49	-66.472,76	-101.597,66	-135.294,15	-148.839,56	-159.378,48	-165.482,33	-182.067,11	-186.999,27	-190.435,33	20.036,57

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

APÊNDICE C – FLUXO DE CAIXA PROJETADO

Fluxo de Caixa - Novo Orçamento											
	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho	Agosto
Fluxo de Caixa	-17.599,96	-87.817,83	-63.166,96	-35.788,08	-14.868,76	-14.237,80	-6.899,57	-17.958,94	-5.394,23	-4.981,15	302.764,81
Fluxo de Caixa Acumulado	-17.599,96	-105.417,79	-168.584,75	-204.372,83	-219.241,59	-233.479,39	-240.378,96	-258.337,90	-263.732,13	-268.713,28	34.051,52
Fluxo de Caixa Descontado	-17.425,70	-86.087,47	-61.309,23	-34.391,64	-14.147,11	-13.412,65	-6.435,35	-16.584,78	-4.932,16	-4.509,37	271.375,28
Fluxo de Caixa Acumulado Descontado	-17.425,70	-103.513,17	-164.822,41	-199.214,05	-213.361,16	-226.773,81	-233.209,17	-249.793,95	-254.726,11	-259.235,48	12.139,80

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

ANEXOS

ANEXO A – PROJETO ARQUITETÔNICO

Conforme orientações da HL Engenharia, o projeto foi ocultado para publicação deste trabalho.

ANEXO B – TABELA B3 NBR 15.220

Tabela B.3 - Densidade de massa aparente (ρ), condutividade térmica (λ) e calor específico (c) de materi

Material	ρ (kg/m ³)	λ (W/(m.K))	c (kJ/(kg.K))
Argamassas			
argamassa comum	1800-2100	1,15	1,00
argamassa de gesso (ou cal e gesso)	1200	0,70	0,84
argamassa celular	600-1000	0,40	1,00
Cerâmica			
tijolos e telhas de barro	1000-1300	0,70	0,92
	1300-1600	0,90	0,92
	1600-1800	1,00	0,92
	1800-2000	1,05	0,92
Fibro-cimento			
placas de fibro-cimento	1800-2200	0,95	0,84
	1400-1800	0,65	0,84
Concreto (com agregados de pedra)			
concreto normal	2200-2400	1,75	1,00
concreto cavernoso	1700-2100	1,40	1,00
Concreto com pozolana ou escória expandida com estrutura cavernosa (ρ dos inertes ~750 kg/m³)			
com finos	1400-1600	0,52	1,00
	1200-1400	0,44	1,00
sem finos	1000-1200	0,35	1,00
Concreto com argila expandida			
dosagem de cimento > 300 kg/m ³ , ρ dos inertes > 350 kg/m ³	1600-1800	1,05	1,00
	1400-1600	0,85	1,00
	1200-1400	0,70	1,00
	1000-1200	0,46	1,00
dosagem de cimento < 250 kg/m ³ , ρ dos inertes < 350 kg/m ³	800-1000	0,33	1,00
	600-800	0,25	1,00
	< 600	0,20	1,00
concreto de vermiculite (3 a 6 mm) ou perlite expandida fabricado em obra	600-800	0,31	1,00
	400-600	0,24	1,00
dosagem (cimento/areia) 1:3	700-800	0,29	1,00
dosagem (cimento/areia) 1:6	600-700	0,24	1,00
	500-600	0,20	1,00
concreto celular autoclavado	400-500	0,17	1,00
Gesso			
projetado ou de densidade massa aparente elevada	1100-1300	0,50	0,84
placa de gesso; gesso cartonado	750-1000	0,35	0,84
com agregado leve (vermiculita ou perlita expandida)			
dosagem gesso:agregado = 1:1	700-900	0,30	0,84
dosagem gesso:agregado = 1:2	500-700	0,25	0,84
Granulados			
brita ou seixo	1000-1500	0,70	0,80
argila expandida	< 400	0,16	
areia seca	1500	0,30	2,09
areia (10% de umidade)	1500	0,93	
areia (20% de umidade)	1500	1,33	
areia saturada	2500	1,88	
terra argilosa seca	1700	0,52	0,84

Tabela B.3 (continuação) - Densidade de massa aparente (ρ), condutividade térmica (λ) e calor específico (c) de n

Material	ρ (kg/m ³)	λ (W/(m.K))	c (kJ/(kg.K))
Impermeabilizantes			
membranas betuminosas	1000-1100	0,23	1,46
asfalto	1600	0,43	0,92
asfalto	2300	1,15	0,92
betume asfáltico	1000	0,17	1,46
Isolantes térmicos			
lã de rocha	20-200	0,045	0,75
lã de vidro	10-100	0,045	0,70
poliestireno expandido moldado	15-35	0,040	1,42
poliestireno estrudado	25-40	0,035	1,42
espuma rígida de poliuretano	30-40	0,030	1,67
Madeiras e derivados			
madeiras com densidade de massa aparente elevada	800-1000	0,29	1,34
carvalho, freijó, pinho, cedro, pinus	600-750	0,23	1,34
	450-600	0,15	1,34
	300-450	0,12	1,34
aglomerado de fibras de madeira (denso)	850-1000	0,20	2,30
aglomerado de fibras de madeira (leve)	200-250	0,058	2,30
aglomerado de partículas de madeira	650-750	0,17	2,30
	550-650	0,14	
placas prensadas	450-550	0,12	2,30
	350-450	0,10	2,30
placas extrudadas	550-650	0,16	2,30
compensado	450-550	0,15	2,30
	350-450	0,12	2,30
aparas de madeira aglomerada com cimento em fábrica	450-550	0,15	2,30
	350-450	0,12	2,30
	250-350	0,10	2,30
palha (capim Santa Fé)	200	0,12	
Metais			
aço, ferro fundido	7800	55	0,46
alumínio	2700	230	0,88
cobre	8900	380	0,38
zinco	7100	112	0,38
Pedras (incluindo junta de assentamento)			
granito, gneisse	2300-2900	3,00	0,84
ardósia, xisto	2000-2800	2,20	0,84
basalto	2700-3000	1,60	0,84
calcários/mármore	> 2600	2,90	0,84
outras	2300-2600	2,40	0,84
	1900-2300	1,40	0,84
	1500-1900	1,00	0,84
	< 1500	0,85	0,84
Plásticos			
borrachas sintéticas, poliamidas, poliésteres, polietilenos	900-1700	0,40	
polimetacrilicos de metila (acrílicos) policloreto de vinila (PVC)	1200-1400	0,20	
Vidro			
vidro comum	2500	1,00	0,84

Fonte: ABNT, 2003.

ANEXO C - TABELA D3 NBR 15.220

Tabela D.3 – Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para algumas paredes

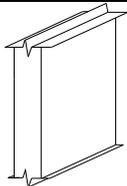
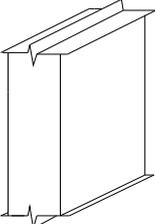
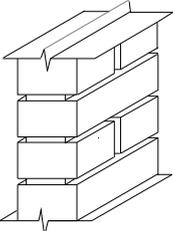
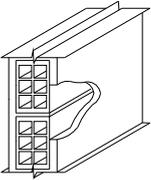
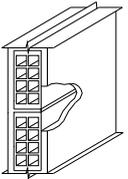
Parede	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ [horas]
	Parede de concreto maciço Espessura total da parede: 5,0 cm	5,04	120	1,3
	Parede de concreto maciço Espessura total da parede: 10,0 cm	4,40	240	2,7
	Parede de tijolos maciços aparentes Dimensões do tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura total da parede: 10,0 cm	3,70	149	2,4
	Parede de tijolos 6 furos quadrados, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 9,0x14,0x19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,0 cm	2,48	159	3,3
	Parede de tijolos 8 furos quadrados, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 9,0x19,0x19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,0 cm	2,49	158	3,3

Tabela D.3 (continuação) – Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para algumas paredes.

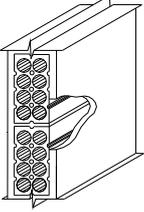
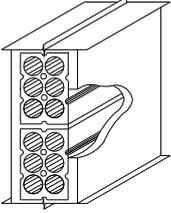
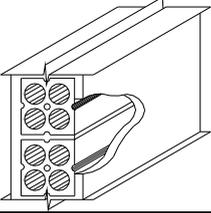
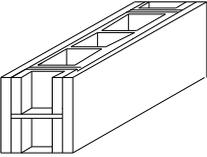
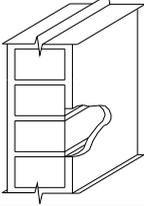
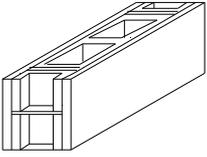
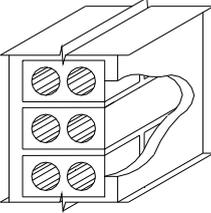
Parede	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ [horas]
	Parede de tijolos de 8 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x20,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	2,24	167	3,7
	Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	2,28	168	3,7
	Parede com 4 furos circulares Dimensões do tijolo: 9,5x9,5x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,5 cm	2,49	186	3,7
	Parede de blocos cerâmicos de 3 furos Dimensões do bloco: 13,0x28,0x18,5 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 18,0 cm	2,43	192	3,8
	Parede de tijolos maciços, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	3,13	255	3,8
	Parede de blocos cerâmicos de 2 furos Dimensões do bloco: 14,0x29,5x19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 19,0 cm	2,45	203	4,0
	Parede de tijolos com 2 furos circulares Dimensões do tijolo: 12,5x6,3x22,5 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 17,5 cm	2,43	220	4,2

Tabela D.3 (continuação) – Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para algumas paredes:

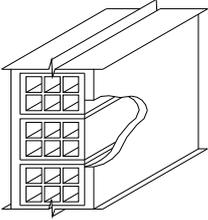
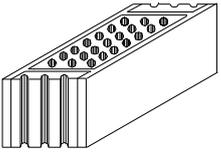
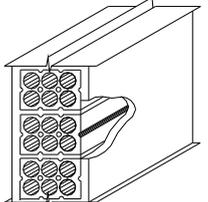
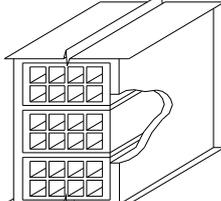
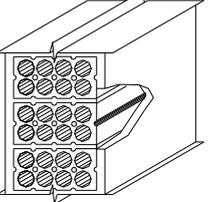
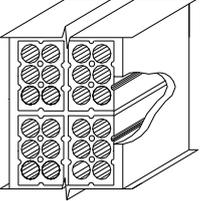
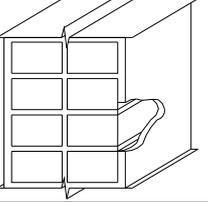
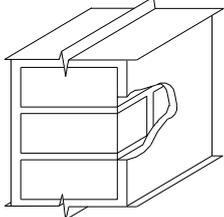
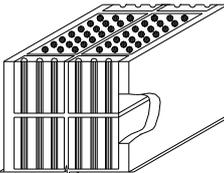
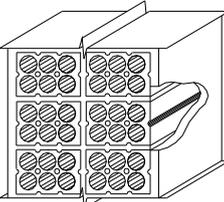
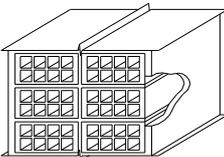
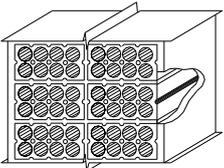
Parede	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ [horas]
	Parede de tijolos de 6 furos quadrados, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 9,0x14,0x19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 19,0 cm	2,02	192	4,5
	Parede de tijolos de 21 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 12,0x11,0x25,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 17,0 cm	2,31	227	4,5
	Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 20,0 cm	1,92	202	4,8
	Parede de tijolos de 8 furos quadrados, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 9,0x19,0x19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 24,0 cm	1,80	231	5,5
	Parede de tijolos de 8 furos circulares, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x20,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 25,0 cm	1,61	232	5,9
	Parede dupla de tijolos de 6 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 26,0 cm	1,52	248	6,5
	Parede dupla de tijolos maciços, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 26,0 cm	2,30	430	6,6

Tabela D.3 (conclusão) – Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para algumas paredes.

Parede	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ [horas]
	Parede de tijolos maciços, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 27,0 cm	2,25	445	6,8
	Parede dupla de tijolos de 21 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 12,0x11,0x25,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 30,0 cm	1,54	368	8,1
	Parede dupla de tijolos de 6 furos circulares, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 36,0 cm	1,21	312	8,6
	Parede dupla de tijolos de 8 furos quadrados, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 9,0x19,0x19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 44,0 cm	1,12	364	9,9
	Parede dupla de tijolos de 8 furos circulares, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x20,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 46,0 cm	0,98	368	10,8

Fonte: ABNT, 2003.

ANEXO D - TABELA D4 NBR 15.220

Tabela D.4 – Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para algumas coberturas.

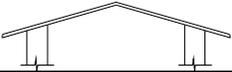
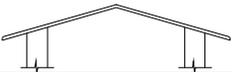
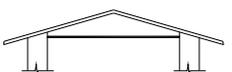
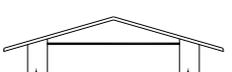
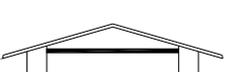
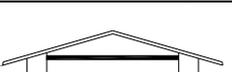
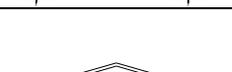
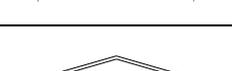
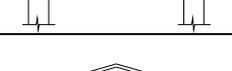
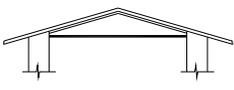
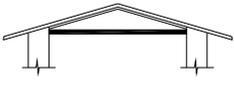
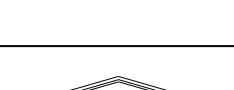
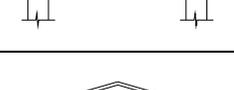
Cobertura	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ [horas]
	Cobertura de telha de barro sem forro Espessura da telha: 1,0 cm	4,55	18	0,3
	Cobertura de telha de fibro-cimento sem forro Espessura da telha: 0,7 cm	4,60	11	0,2
	Cobertura de telha de barro com forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2,00	32	1,3
	Cobertura de telha de fibro-cimento com forro de madeira Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2,00	25	1,3
	Cobertura de telha de barro com forro de concreto Espessura da telha: 1,0 cm Espessura do concreto: 3,0 cm	2,24	84	2,6
	Cobertura de telha de fibro-cimento com forro de concreto Espessura da telha: 0,7 cm Espessura do concreto: 3,0 cm	2,25	77	2,6
	Cobertura de telha de barro com forro de laje mista Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da laje: 12,0 cm R _{t(laje)} = 0,0900 (m ² .K/W) C _{T(laje)} = 95 kJ/(m ² .K)	1,92	113	3,6
	Cobertura de telha de fibro-cimento com forro de laje mista Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da laje: 12,0 cm R _{t(laje)} = 0,0900 (m ² .K/W) C _{T(laje)} = 95 kJ/(m ² .K)	1,93	106	3,6
	Cobertura de telha de barro com laje de concreto de 20 cm Espessura da telha: 1,0 cm	1,84	458	8,0
	Cobertura de telha de fibro-cimento com laje de concreto de 20 cm Espessura da telha: 0,7 cm	1,99	451	7,9
	Cobertura de telha de barro com laje de concreto de 25 cm Espessura da telha: 1,0 cm	1,75	568	9,3
	Cobertura de telha de fibro-cimento com laje de concreto de 25 cm Espessura da telha: 0,7 cm	1,75	561	9,2
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	1,11	32	2,0

Tabela D.4 (conclusão) – Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para algumas coberturas.

Cobertura	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ [horas]
	Cobertura de telha de fibro-cimento, lâmina de alumínio polido e forro de madeira Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	1,16	25	2,0
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de concreto Espessura da telha: 1,0 cm Espessura do concreto: 3,0 cm	1,18	84	4,2
	Cobertura de telha de fibro-cimento, lâmina de alumínio polido e forro de concreto Espessura da telha: 0,7 cm Espessura do concreto: 3,0 cm	1,18	77	4,2
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de laje mista Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da laje: 12,0 cm R _{t(laje)} = 0,0900 (m ² .K/W) C _{T(laje)} = 95 kJ/(m ² .K)	1,09	113	5,4
	Cobertura de telha de fibro-cimento, lâmina de alumínio polido e forro de laje mista Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da laje: 12,0 cm R _{t(laje)} = 0,0900 (m ² .K/W) C _{T(laje)} = 95 kJ/(m ² .K)	1,09	106	5,4
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 20 cm Espessura da telha: 1,0 cm	1,06	458	11,8
	Cobertura de telha de fibro-cimento, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 20 cm Espessura da telha: 0,7 cm	1,06	451	11,8
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 25 cm Espessura da telha: 1,0 cm	1,03	568	13,4
	Cobertura de telha de fibro-cimento, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 25 cm Espessura da telha: 0,7 cm	1,03	561	13,4
	Cobertura de telha de barro com 2,5 cm de lâmina de vidro sobre o forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	0,95	33	2,3
	Cobertura de telha de barro com 5,0 cm de lâmina de vidro sobre o forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	0,62	34	3,1
<p>NOTAS:</p> <p>1 As transmitâncias térmicas e os atrasos térmicos das coberturas são calculados para condições de verão (fluxo térmico descendente).</p> <p>2 Deve-se atentar que, apesar da semelhança entre a transmitância térmica da cobertura com telhas de barro e aquela com telhas de fibrocimento, o desempenho térmico proporcionado por estas duas coberturas é significativamente diferente pois as telhas de barro são porosas e permitem a absorção de água (de chuva ou de condensação). Este fenômeno contribui para a redução do fluxo de calor para o interior da edificação, pois parte deste calor será dissipado no aquecimento e evaporação da água contida nos poros da telha. Desta forma, sugere-se a utilização de telhas de barro em seu estado natural, ou seja, isentas de quaisquer tratamentos que impeçam a absorção de água.</p>				