



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

DAIANI KUHNEN HEIDEMANN

FÁBIO BOGER ZEFERINO

**CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA:
PROPOSTA DE APLICAÇÃO DO SELO PROCEL EDIFICA EM UMA UNIDADE
HABITACIONAL**

Tubarão

2020

**DAIANI KUHLEN HEIDEMANN
FÁBIO BOGER ZEFERINO**

**CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA:
PROPOSTA DE APLICAÇÃO DO SELO PROCEL EDIFICA EM UMA UNIDADE
HABITACIONAL**

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. Gil Félix Madalena

Tubarão
2020

DAIANI KUHNEN HEIDEMANN

FÁBIO BOGER ZEFERINO

**CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA:
PROPOSTA DE APLICAÇÃO DO SELO PROCEL EDIFICA EM UMA UNIDADE
HABITACIONAL**

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.

Tubarão, 07 de agosto de 2020.

Professor e orientador Gil Félix Madalena, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. Lucimara Aparecida Schambeck Andrade, Me.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. Vivian Mendes da Silva Martins, Me.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Dedico este trabalho aos meus pais, meu irmão, e a todos meus familiares e amigos, por todo o incentivo, e por estarem ao meu lado nesta caminhada. Além deste trabalho, dedico todo o meu amor por vocês e minha gratidão!

Daiani

Dedico esse trabalho à minha família, amigos, e todos os demais que direta ou indiretamente me ajudaram nos momentos difíceis e me motivaram a chegar até aqui. Muito obrigado a todos vocês.

Fábio

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela saúde e força para superar as dificuldades e executar mais este passo da minha vida.

Agradeço aos meus pais, Afonso e Eliani, que sempre mostraram o caminho certo a seguir. Em especial minha mãe que sempre me apoiou, acreditou em mim e nunca mediu esforços para me ajudar no que fosse possível.

Da mesma forma a minha avó Agnésia que sempre me incentivou a buscar conhecimentos e acreditou no meu potencial.

Ao amigo e colega desse trabalho, Fábio Boger Zeferino, pela paciência, compreensão e parceria nesse trabalho.

Sou grata aos amigos que partilharam dessa trajetória comigo, sempre me dando força e compreendendo a falta de tempo enquanto me dedicava ao curso e ao processo de construção deste trabalho.

Agradeço a todos os profissionais da engenharia que conheci durante a caminhada da vida acadêmica, principalmente aqueles que tive a oportunidade e o privilégio de trabalhar junto durante os estágios. Por todo conhecimento e aprendizagem que me transmitiram.

Sou grata a empresa Eraldo Construções por disponibilizarem o projeto para nosso estudo.

Agradeço ao nosso orientador Prof^o Gil Félix Madalena, pela oportunidade nos dada e de nortear nossos esforços para a obtenção desse título.

Também quero agradecer à Universidade do Sul de Santa Catarina e a todos os professores do meu curso pela qualidade do ensino oferecido.

Daiani

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Ageu e Valdete, que sempre me motivaram e estiveram ao meu lado ao longo de toda a minha vida, me auxiliando nos momentos difíceis e possibilitando que eu tenha chegado até esse momento.

Agradeço à minha colega e amiga, Daiani Kuhnen Heidemann, pelo esforço, parceria e seriedade no desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos e colegas que estiveram ao meu lado nos momentos mais complicados dessa trajetória.

Ao professor e orientador deste trabalho, Gil Félix Madalena, por todo o auxílio prestado.

Agradeço também a todos os demais professores do curso pela dedicação e vocação em ensinar, bem como à Universidade do Sul de Santa Catarina como um todo.

Fábio

“Se o dinheiro for a sua esperança de independência, você jamais a terá. A única segurança verdadeira consiste numa reserva de sabedoria, de experiência e de competência.”
(Henry Ford).

RESUMO

A sustentabilidade das edificações é uma das preocupações crescentes da atualidade. Para melhorar essa questão, existem algumas certificações ambientais que incentivam as construções sustentáveis utilizando-se de materiais de bom desempenho e tecnologias construtivas que, através do uso de recursos naturais renováveis (radiação solar, ventos, entre outros), possibilitam uma redução do consumo, principalmente de água e energia elétrica, durante toda a vida útil do edifício. A partir de um estudo geral sobre as certificações mais utilizadas, foi definida aquela tecnicamente mais aplicável na construção civil brasileira. Deste modo, por ser nacional e dispor de requisitos em consonância com a realidade da construção no país, chegou-se ao Selo Procel Edifica. Com base no projeto de uma edificação residencial multifamiliar, foi realizado o estudo de aplicação do selo em uma Unidade Habitacional, e com as características construtivas iniciais, obteve-se a classificação nível B. Após a sugestão de algumas alterações pouco complexas, alcançou-se nível A, melhorando a sustentabilidade e conforto térmico da unidade habitacional.

Palavras-chave: Construções Sustentáveis. Procel Edifica. Unidade Habitacional.

ABSTRACT

The sustainability of buildings is one of the growing concerns currently. In order to improve this issue, some environmental certifications encourage sustainable buildings to use materials and construction technologies with suitable performance, through the use of renewable resources (solar radiation, winds, among others), which allows a reduction in consumption, mainly water and electricity, throughout the lifespan of the building. Based on a general study on the most used certifications, the certification which was most technically applicable in Brazilian civil construction was defined. In this way, the *Procel Edifica* label was chosen, as it is a national certification and has requirements in line with Brazilian reality in the field of construction. Based on the design of a multifamily residential building, the application of the energy label in a housing unit was studied. With the first constructive characteristics, the level B classification was obtained. After suggesting some slight changes, level A was achieved, improving the sustainability and thermal comfort of the housing unit.

Keywords: Sustainable Constructions. *Procel Edifica*. Housing Unit.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Níveis de classificação da certificação LEED	24
Figura 2 – Etapas de gradação do Selo Azul da Caixa.....	26
Figura 3 – “Perfil mínimo de desempenho para certificação”	30
Figura 4 – Tela inicial do aplicativo EDGE para web.....	32
Figura 5 – Etiqueta ENCE para projeto de edificação multifamiliar	34
Figura 6 – Etiqueta ENCE para edificação multifamiliar construída.....	35
Figura 7 – Etiqueta ENCE para áreas de uso comum.....	36
Figura 8 – Sistema de aproveitamento da água pluvial em uma residência.....	39
Figura 9 – Sistema simplificado de aproveitamento de água pluvial em um edifício.....	40
Figura 10 – Painel fotovoltaico em detalhes	41
Figura 11 – Modelo de funcionamento do sistema fotovoltaico conectado à rede	42
Figura 12 – Principais sistemas de geração de energia heliotérmica	44
Figura 13 – Esquema de funcionamento de um aquecedor a gás.....	46
Figura 14 – Planta baixa da UH analisada, com indicação do norte	51
Figura 15 – Classificação Bioclimática da cidade de Laguna - SC.....	52
Figura 16 – Paredes	54
Figura 17 – Fachada com indicação de pintura	54
Figura 18 – Planta da cobertura.....	57
Figura 19 – Características da cobertura na UH analisada.....	58
Figura 20 – Situação Inicial da Envoltória da Unidade Habitacional	59
Figura 21 – Situação Inicial dos pré-requisitos	61
Figura 22 – Análise dos Pré-requisitos da Envoltória da UH	63
Figura 23 – Equivalentes numéricos da Envoltória.....	64
Figura 24 – Bonificações.....	65
Figura 25 – Análise do aquecimento de água.....	69
Figura 26 – Análise da classificação final da UH	71
Figura 27 – Situação final das paredes	72
Figura 28 – Situação final da cobertura.....	73
Figura 29 – Situação Final da envoltória da unidade Habitacional.....	74
Figura 30 – Situação Final dos Pré-requisitos da envoltória.....	76
Figura 31 – Análise dos Pré-requisitos da Envoltória.....	77
Figura 32 – Equivalentes numéricos da Envoltória.....	78

Figura 33 – Situação das bonificações após alterações	79
Figura 34 – Análise da classificação final da UH	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Áreas de Aberturas da UH.....	55
--	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Critérios obrigatórios do selo Casa Azul e suas respectivas categorias	28
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

APP – Áreas de Permanência Prolongada

AQUA – Alta Qualidade Ambiental

B – Base

BD – Building Design

BP – Boas Práticas

C – Construction

CA – Corrente Alternada

CC – Corrente Contínua

CGIEE – Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética

CSP – Concentrated Solar Power

CT – Capacidade Térmica

CT-Edificações – Comissão Técnica de Edificações

EA – Energia e Atmosfera

EDGE – Excellence in Design for Greater Efficiencies

ELETRORAS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A.

ELETRORAS – Centrais Elétricas Brasileiras

ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

EPS – Poliestireno Expandido

EVA – Ethylene-Vinyl Acetate

GBCI – Green Business Certification Inc.

GT – Edificações - Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações no País

HIS – Habitação de Interesse Social

HQE – Haute Qualité Environnementale

ID – Inovação em Projeto

ID – Interior Design

IEQ – Qualidade Ambiental Interna

IFC – International Finance Corporation

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

KW – Quilowatt

LABEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações

LEED – Leadership in Energy and Environmental Design

M – Maintenance

MP – Melhores Práticas

MR – Materiais e Recursos

NBR – Norma Brasileira

ND –Neighborhood

O – Operation

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

PROCEL EDIFICA – Plano de Ação para Eficiência Energética em Edificações

QAE – Qualidade Ambiental do Edifício

RAC – Requisitos de Avaliação da Conformidade

RAC-C – Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos

RCD – Gestão de Resíduos de Construção e Demolição

RP – Prioridades Regionais

RTQ-C – Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos

RTQ-R – Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais

SGE – Sistema de Gestão do Empreendimento

SINDUSCONSP – Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo

SS – Site Sustentável

ST – Edificações - Secretaria técnica de Edificações

U – Transmitância Térmica

UH – Unidade Habitacional

USBGC – United Green Building Council

WE – Eficiência Hídrica

ZB2 – Zona Bioclimática 2

ZBBR – Zoneamento Bioclimático do Brasil

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
1.1	JUSTIFICATIVA	19
1.2	OBJETIVO	20
1.2.1	Objetivo geral	20
1.2.2	Objetivos específicos	20
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	22
2.1	CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS	22
2.1.1	LEED.....	23
2.1.1.1	Classificação LEED.....	23
2.1.2	Selo Casa Azul	25
2.1.2.1	Critérios do selo Casa Azul	27
2.1.3	Certificação AQUA/HQE	29
2.1.3.1	Procedimentos e critérios do processo AQUA	29
2.1.4	EDGE.....	30
2.1.4.1	Software e padrão EDGE	31
2.1.5	Etiqueta PBE EDIFICA.....	32
2.2	TÉCNICAS CONSTRUTIVAS SUSTENTÁVEIS	38
2.2.1	Aproveitamento de Água Pluvial.....	38
2.2.2	Energia Solar	40
2.2.2.1	Energia Fotovoltaica.....	41
2.2.2.2	Energia Heliotérmica.....	43
2.2.3	Aquecimento de Água a Gás	45
2.2.4	Iluminação Natural	46
2.2.5	Ventilação Natural	47
2.2.6	Orientação Solar.....	48
3	METODOLOGIA.....	49
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	50
4.1	DEFINIÇÃO DA ZONA BIOCLIMÁTICA	51
4.2	ANÁLISE DOS PRÉ-REQUISITOS GERAIS	53
4.3	ESTUDO DA SITUAÇÃO INICIAL DA UNIDADE HABITACIONAL.....	53
4.3.1	Paredes e isolamento térmico	53
4.3.2	Aberturas Externas	55

4.3.3	Piso e cobertura	56
4.3.4	Característica Construtiva	58
4.3.5	Situação Inicial da envoltória.....	58
4.3.6	Pré-requisitos da envoltória	60
4.3.7	Pré-requisitos da Unidade Habitacional	62
4.3.8	Bonificações.....	64
4.3.9	Sistema de Aquecimento de água.....	68
4.3.10	Classificação final da UH na situação inicial.....	70
4.4	ESTUDO DAS MODIFICAÇÕES NO PROJETO	71
4.4.1	Alterações nas paredes.....	72
4.4.2	Alterações na cobertura.....	72
4.4.3	Situação final da envoltória e pré-requisitos da envoltória.....	73
4.4.4	Situação final dos pré-requisitos da Unidade Habitacional	77
4.4.5	Alterações nas bonificações	78
4.4.6	Situação final da UH após as modificações.....	81
5	CONCLUSÃO	83
	REFERÊNCIAS	86
	ANEXO A – CORTE DA UH, DEMONSTRANDO COBERTURA, DORMITÓRIOS E BANHEIRO SOCIAL	91
	ANEXO B – PLANTA BAIXA DO PAVIMENTO TIPO	92
	ANEXO C – TABELA 3.1. PRÉ-REQUISITOS DE ABSORTÂNCIA SOLAR, TRANSMITÂNCIA TÉRMICA E CAPACIDADE TÉRMICA PARA AS ZONAS BIOCLIMÁTICAS.....	93
	ANEXO D – TABELA 3.2. PERCENTUAL DE ÁREAS MÍNIMAS PARA VENTILAÇÃO EM RELAÇÃO À ÁREA ÚTIL DO AMBIENTE.....	94

1 INTRODUÇÃO

Ao final da Segunda Guerra Mundial, manifestou-se no Brasil a indústria da Construção civil – especialmente devido a inserção do concreto armado. Houve um grande crescimento a partir do início da década de 1920 que tornou possível a realização de grandes obras, pois, até então, as edificações existentes eram pequenas e não precisavam de cálculos aprimorados (MOTOYAMA, 2004).

A construção civil é uma atividade de grande relevância para o âmbito social, assim como para a economia, visto que traz muitos benefícios e favoreceu o desenvolvimento do país de forma constante nos últimos anos. A geração de vendas e locação de propriedade, mão de obra e comércio de materiais são alguns exemplos onde é possível observar a vasta contribuição socioeconômica gerada pelo setor da construção, sendo esta feita de forma direta ou indiretamente, por meio da elaboração de construções de grande e pequeno porte ou em reformas de estruturas já existentes (LARUCCIA, 2014).

Porém, com o constante desenvolvimento na construção civil e crescimento das cidades, muitos impactos estão sendo causados ao meio ambiente. Além de utilizar muitos recursos naturais, as construções civis estão entre os setores que mais geram resíduos. Essa questão é bastante preocupante e, com isso, gera um estímulo cada vez maior pela busca do desenvolvimento sustentável com o intuito de diminuir os impactos.

1.1 JUSTIFICATIVA

A construção civil é um setor bastante degradante e pode-se observar a geração de impactos ambientais em todas as etapas das construções. De modo que há degradação logo na extração de matéria-prima, sendo o setor responsável por 15 a 50% da extração de recursos naturais. Aponta-se, além disso, ainda na etapa inicial, um consumo para a produção de concreto e argamassa no Brasil equivalente a 220 milhões de toneladas de agregados naturais, além da madeira utilizada nessa atividade onde mais da metade é oriunda de florestas que não possuem um manejo adequado (LARUCCIA, 2014).

Ademais, quando concluída a construção, o ambiente edificado segue a impactar de maneira contínua pela utilização de recursos como água, eletricidade e outros. Sendo assim, deve-se analisar esta etapa também como geradora de degradação ambiental (LARUCCIA, 2014).

Tendo em vista a problemática da degradação ambiental à luz da construção civil, busca-se, constantemente, criar meios construtivos com o intuito de reduzir custos e obter maior sustentabilidade ambiental e eficiência energética, proporcionando qualidade de vida aos cidadãos sem impedir o progresso das cidades.

A eficiência energética busca sustentabilidade por meio de obras capazes de manter-se de forma econômica, como o aproveitamento da luz natural, energia solar para aquecimento da água, o uso de lâmpadas e eletrodomésticos econômicos. O máximo aproveitamento possível do calor e do frio, diminuindo a utilização de ar condicionado e aquecedores são ainda boas práticas ao dar início ao projeto de uma edificação (SIENGE PLATFORM, 2017).

Nesta perspectiva, começaram a ser desenvolvidos métodos de controle na construção civil, que demonstram os requisitos para que se garanta um equilíbrio entre sustentabilidade e qualidade de vida, bem como os procedimentos para que tais requisitos sejam atendidos. Dentre os métodos inclui-se as certificações ambientais, das quais as mais utilizadas no Brasil são a LEED, Selo Casa Azul da Caixa, Processo AQUA-HQE, EDGE e a etiqueta PROCEL.

Nesse contexto, pode-se questionar: **qual é o processo de certificação mais viável no contexto da construção civil brasileira de edifícios residenciais e quais os impactos de sua aplicação?**

1.2 OBJETIVO

1.2.1 Objetivo geral

Fazer um estudo sobre as certificações de sustentabilidade aplicáveis à construção de edifícios residenciais, identificando o melhor método e buscando demonstrar seus critérios e avaliar seus benefícios, bem como realizar a análise da viabilidade técnica do selo mais viável.

1.2.2 Objetivos específicos

- Abordar o contexto geral da aplicação das certificações na construção civil no Brasil;
- Esclarecer os requisitos necessários para a obter as diversas certificações;
- Apresentar as tecnologias empregadas atualmente que buscam eficiência energética;
- Realizar um estudo de caso sobre a aplicação da certificação Procel edifica;

- Propor melhorias na edificação que façam a evoluir a sustentabilidade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Na revisão de literatura do presente estudo, encontra-se uma abordagem geral sobre as certificações ambientais mais utilizadas no contexto da construção civil brasileira, assim como algumas das tecnologias empregadas na obtenção da sustentabilidade ambiental e no recebimento dos selos ambientais referentes às certificações, em especial para edifícios residenciais.

2.1 CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS

A ideia de classificar o desempenho energético das edificações teve início no Japão, em 1997, a partir de uma conferência sobre as mudanças na atmosfera e discussões sobre o meio ambiente e clima, onde houve a criação do protocolo de Kyoto. Esse protocolo é um tratado internacional com o intuito de fazer os países desenvolvidos buscarem a redução de emissão de gases que aumentam o efeito estufa, e conseqüentemente, reduzir os impactos provocados pelo aquecimento global. Também discute a importância de criar metas e maneiras de crescimento sem afetar o planeta (BAVARESCO; GHISI, 2016).

Outra ação aplicada nesse âmbito foi a elaboração de regulamentos que classificam as edificações com um determinado desempenho energético conforme sua eficiência, e através disso, tornou-se fácil visualizar a redução do consumo energético alcançada nas edificações em busca de uma boa certificação. Os países desenvolvidos investem em pesquisas sobre métodos de construções eficientes há bastante tempo, diferentemente no Brasil, que passou por uma crise energética em 2001, e apenas a partir deste momento é que foram impulsionadas as pesquisas em relação à eficiência energética (BAVARESCO; GHISI, 2016).

Algumas certificações utilizadas no Brasil são baseadas em normas internacionais. Isso se deve ao fato de que outros países possuem o método de classificação das edificações conforme sua eficiência energética há mais tempo e, conseqüentemente, dispõem de mais experiência com o assunto.

Para esta pesquisa, foram analisados os tipos de certificações que abrangem a eficiência energética das edificações mais usados no Brasil atualmente, buscando entender suas exigências.

2.1.1 LEED

Com a crescente necessidade de avaliação do nível da sustentabilidade das edificações foi criado, em 1998, pela United States Green Building Council (USGBC), um sistema de certificação ambiental internacional denominado *Leadership in energy and environmental design*, ou seja, Liderança em energia e design ambiental (LEED). Ela é, segundo a definição da própria USGBC, “uma ferramenta de construção verde que contempla o ciclo de vida completo do edifício reconhecendo as melhores estratégias construtivas disponíveis” (SILVEIRA; OLIVEIRA, 2019; LACERDA, 2016).

Utilizando-se de um sistema de pontuação, essa certificação demonstra uma lista de desempenhos desejáveis baseados em referenciais técnicos. Ela engloba projetos e construção de edifícios comerciais e institucionais públicos e privados de todos os tamanhos. O propósito, como mostra o USGBC, é promover a saúde, durabilidade, viabilidade econômica e as boas práticas ambientais em projeto e construção de edifícios (LACERDA, 2016).

Segundo o GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL (2019) a certificação LEED possui quatro tipologias que julga cada categoria de empreendimento conforme suas diferentes necessidades:

- BUILDING DESIGN + CONSTRUCTION (BD+C): Novas construções e grandes reformas.
- INTERIOR DESIGN + CONSTRUCTION (ID+C): Escritórios comerciais e lojas de varejo.
- OPERATION & MAINTENANCE (O+M): Empreendimentos existentes.
- NEIGHBORHOOD (ND): Bairros.

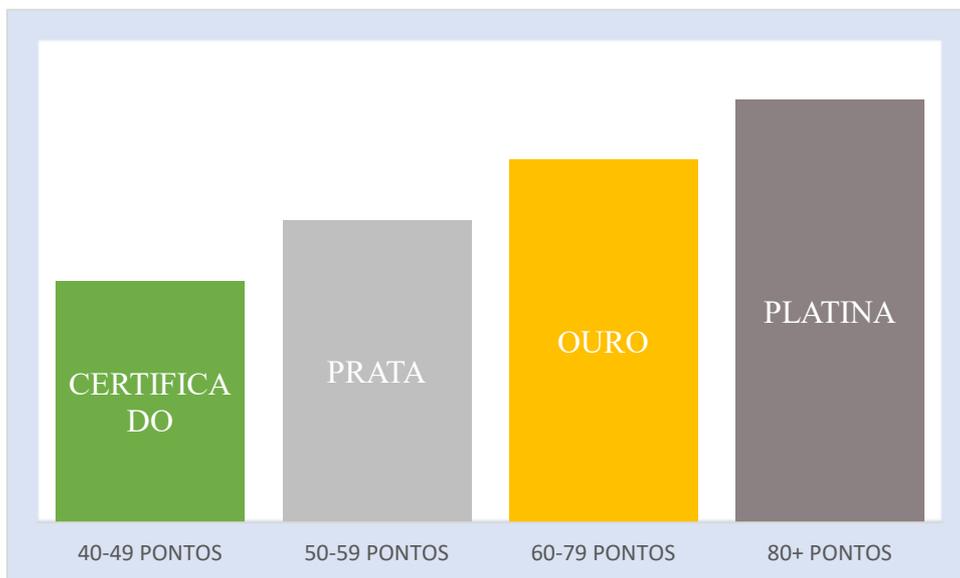
Segundo GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL (2020), as estratégias apresentadas pela certificação LEED dividem-se em nove áreas, sendo estas o Processo integrado, Localização e transporte, Terrenos sustentáveis, Eficiência hídrica, Energia e atmosfera, Materiais e recursos, Qualidade do ambiente interno, Inovação e Prioridade regional.

2.1.1.1 Classificação LEED

A certificação possui diferentes níveis de sustentabilidade que de acordo com seu desempenho recebem uma pontuação LEED e assim são classificados conforme os referenciais. O somatório máximo possível é igual a 110 pontos, divididos entre os pré-requisitos e os créditos. Os níveis de classificação consistem em: Certificado (*Certified*), Prata (*Silver*), Ouro

(*Gold*) ou Platina (*Platinum*), como demonstra a Figura 1 (LACERDA, 2016). Portanto, de 40 a 49 pontos fica classificado em nível Certificado; de 50 a 59 pontos, nível Prata; 60 a 79 pontos, nível Ouro e por último com 80 pontos ou mais se classifica no nível Platina.

Figura 1 – Níveis de classificação da certificação LEED



Fonte: Adaptado de LACERDA (2016).

De acordo com o GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, são vários os benefícios alcançados na busca pela certificação LEED, sejam eles econômicos, sociais ou ambientais. Classificados como benefícios econômicos, tem-se a redução dos custos operacionais, riscos regulatórios reduzidos, valorização do imóvel para comercialização, crescimento na velocidade de ocupação, aumento da retenção e modernização e menor obsolescência da edificação. Para benefícios ambientais, podem ser citados o uso racional e menor extração dos recursos naturais, redução do consumo de água e energia, implantação consciente e ordenada, mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, uso de tecnologias e materiais de baixo impacto ambiental, redução, tratamento e reuso dos resíduos da construção e operação. E entre os benefícios sociais, destacam-se a melhora na segurança e priorização da saúde dos trabalhadores e ocupantes, inclusão social e aumento do senso de comunidade, capacitação profissional, conscientização de trabalhadores e usuários, aumento da produtividade do funcionário, melhora na recuperação de pacientes (em hospitais), melhora no desempenho de alunos (em escolas), aumento no ímpeto de compra de consumidores (em comércios), incentivo a fornecedores com maiores responsabilidades socioambientais, aumento

da satisfação e bem-estar dos usuários e estímulo a políticas públicas de fomento à construção sustentável.

2.1.2 Selo Casa Azul

O selo Casa Azul é uma certificação ambiental desenvolvida pela Caixa Econômica Federal. Trata-se da primeira certificação genuinamente brasileira, ou seja, é o primeiro sistema de classificação ambiental de projetos que foi desenvolvida especificamente pensando na realidade da construção no Brasil. O selo foi desenvolvido por uma equipe técnica da caixa, tendo como consultoria um grupo multidisciplinar formado por professores da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade Federal de Santa Catarina e da Universidade Estadual de Campinas (JOHN; PRADO, 2010).

O objetivo do selo Casa Azul é realizar o reconhecimento de empreendimentos residenciais que se preocupam com a sustentabilidade, aplicando soluções mais eficientes tanto na construção quanto no uso, ocupação e manutenção das edificações, para que a utilização de recursos naturais seja feita de maneira racional e que melhore a qualidade da habitação e seu entorno (CAIXA, 2010).

A aplicação do selo é feita nos projetos de empreendimentos apresentados à Caixa Econômica Federal para obtenção de financiamento ou em programas de repasse. Para adquirir-se a certificação, é realizado uma análise do atendimento aos critérios definidos para a obtenção, feita logo na etapa de estudo de viabilidade técnica do empreendimento (CAIXA, 2010).

Segundo a CAIXA (2019), existem três níveis de gradação do Selo Casa Azul, com níveis crescentes de sustentabilidade, como pode-se observar na Figura 2.

Figura 2 – Etapas de gradação do Selo Azul da Caixa



- Bronze: É adquirido ao atender os critérios mínimos obrigatórios;
- Prata: Critérios obrigatórios e mais seis critérios de livre escolha;
- Ouro: Critérios obrigatórios e mais doze critérios de livre escolha.

Fonte: CAIXA (2010).

Em um primeiro passo para a obtenção do selo Casa Azul, a parte interessada deve informar o interesse para seu empreendimento, apresentando projetos, documentações necessárias e as informações técnicas dos critérios do selo que serão atendidos pelo projeto. Na entrega da documentação, é realizada a cobrança de uma taxa referente a análise do projeto, limitada a R\$ 328,00, sendo esta a única despesa para a concessão do certificado (CAIXA, 2010).

Durante a etapa de análise da viabilidade técnica, é feita a verificação quanto ao atendimento dos critérios e o nível de gradação obtido é informado ao responsável pela proposta. Nesta etapa, o interessado poderá também fazer as alterações necessárias na documentação apresentada à caixa, caso seja necessário para obtenção do selo (CAIXA, 2010).

Além da análise da documentação, serão realizadas medições e vistorias durante a execução do empreendimento, para que seja verificado a conformidade da obra perante ao que foi proposto. Caso seja observado alguma inconformidade, nesta fase, a CAIXA solicita a correção por meio de ofício com prazo de conclusão determinado. Se não for cumprido, é impedida, de maneira imediata, a utilização da logomarca do selo Casa Azul no

empreendimento e proíbe-se que o responsável seja contemplado pela certificação novamente por um período de dois anos (CAIXA, 2010).

Após esgotados os recursos cabíveis e não realizadas as correções das inconformidades, o responsável recebe uma multa de 10% sobre o valor do investimento para o ressarcimento à CAIXA pelo descumprimento ora firmado e a divulgação indevida da marca “Selo Azul CAIXA” (CAIXA, 2010).

2.1.2.1 Critérios do selo Casa Azul

Segundo a CAIXA (2010), o selo Casa Azul é composto por 6 categorias diferentes, sendo elas: qualidade urbana; projeto e conforto; eficiência energética; conservação de recursos materiais; gestão da água e práticas sociais. Dentro dessas categorias, subdividem-se 53 critérios socioambientais, onde alguns deles são considerados pré-requisitos mínimos para a obtenção da certificação, como apresenta o Quadro 1 seguinte.

Quadro 1 – Critérios obrigatórios do selo Casa Azul e suas respectivas categorias

QUALIDADE UBANA	Qualidade do Entorno – Infraestrutura Qualidade do Entorno – Impactos
PROJETO E CONFORTO	Paisagismo Local para Coleta Seletiva Equipamentos de Lazer, Sociais e Esportivos Desempenho Térmico – Vedações Desempenho Térmico – Orientação ao Sol e Ventos
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	Lâmpadas de Baixo Consumo – Áreas Privativas (Obrigatório para HIS – até 3 s.m.) Dispositivos Economizadores – Áreas Comuns Medição Individualizada – Gás
CONSERVAÇÃO DE RECURSOS MATERIAIS	Qualidade de Materiais e Componentes Formas e Escoras Reutilizáveis Gestão de Resíduos de Construção e Demolição (RCD)
GESTÃO DA ÁGUA	Medição Individualizada – Água Dispositivos Economizadores - Sistema de Descarga Áreas Permeáveis
PRÁTICAS SOCIAIS	Educação para a gestão de RCD Educação Ambiental dos Empregados

Fonte: Adaptado de CAIXA (2010).

Dentro do contexto da certificação, esses critérios são considerados fundamentais, sendo obrigatório o cumprimento deles para a obtenção do selo com classificação bronze (CARDOSO; PRADO; JOHN, 2010).

Segundo a CAIXA, em relação a itens não obrigatórios, apesar de ser permitida uma escolha aleatória, é mais adequado que sejam escolhidos tendo como base os aspectos socioambientais do caso em questão, com estudos técnicos, econômicos e sociais. Para tal, sugere-se a adoção de uma “Agenda do Empreendimento”, que deve estar de acordo com a “metodologia de gestão socioambiental da empresa” (CARDOSO; PRADO; JOHN, 2010).

2.1.3 Certificação AQUA/HQE

O processo Alta Qualidade Ambiental (AQUA) é uma certificação ambiental adaptada e aplicada no Brasil pela Fundação Vanzolini, em 2007. Tem como base uma certificação francesa denominada “Démarche HQE (Haute Qualité Environnementale)” (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2015).

Embora tenha mantido o conceito original da norma francesa, o processo AQUA foi adequado à realidade do Brasil. Sendo assim, desde seu lançamento no país, sempre deteve o objetivo de voltar-se à sustentabilidade no âmbito das construções brasileiras, com conceitos técnicos “[...] desenvolvidos considerando a cultura, o clima, as normas técnicas e a regulamentação presentes no Brasil [...]” (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2015).

No ano de 2013, a certificação em questão recebeu uma unificação mundial de critérios e indicadores, com a consequente criação de uma única marca para o mundo todo. Neste processo, a Cerway passou a ser o órgão responsável pela certificação. Assim, a Fundação Vanzolini passou a ser a representante da Cerway no Brasil, e o processo, anteriormente denominado como “AQUA”, passou a se chamar “AQUA-HQE” com reconhecimento internacional (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2015; SILVEIRA; OLIVEIRA, 2019).

2.1.3.1 Procedimentos e critérios do processo AQUA

Este sistema de certificação traz um padrão de desempenho a ser obtido para que se tenha um perfil de Qualidade Ambiental do Edifício (QAE). Para alcançar-se o resultado, o processo AQUA-HQE exige a criação de um Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE), do qual é responsável pelo planejamento, operacionalização e controle das etapas do desenvolvimento do empreendimento (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2015).

Além disso, a certificação obriga avaliar a qualidade ambiental do edifício nas fases de Pré-projeto, Projeto e Execução, para certificação de construção nova ou renovação, e nas etapas de pré-projeto da Operação e Uso, bem como nas fases de Operação e Uso periódicas, para a certificação de empreendimentos em uso e operação (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2015).

A avaliação do edifício quanto à sua Qualidade Ambiental é realizada em 14 categorias diferentes de preocupação ambiental, conforme citado pela Fundação Vanzolini (2015): relação do edifício com seu entorno; escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos; canteiro de obras de baixo impacto ambiental; gestão da energia; gestão

da água; gestão de resíduos de uso e operação do edifício; manutenção – permanência do desempenho ambiental; conforto higrotérmico; conforto acústico; conforto visual; conforto olfativo; qualidade sanitária dos ambientes; qualidade sanitária do ar e qualidade sanitária da água.

Dependendo da classificação atingida por cada categoria no contexto do empreendimento (mínima, intermediária ou máxima), elas serão divididas em três níveis, sendo eles “base”, “boas práticas”, e “melhores práticas”, respectivamente. É o que demonstra a Figura 3 da Fundação Vanzolini:

Figura 3 – “Perfil mínimo de desempenho para certificação”

Perfil Mínimo de desempenho para certificação



Base (B): Prática corrente ou regulamentar

Boas Práticas (BP): Boas Práticas

Melhores Práticas (MP): Desempenho calibrado conforme o desempenho máximo constatado recentemente nas operações de Alta Qualidade Ambiental.

Fonte: FUNDAÇÃO VANZOLINI (2015).

Sendo assim, para que se receba a AQUA-HQE é necessário que o empreendedor interessado alcance um mínimo de desempenho no empreendimento, sendo obrigatório ter pelo menos 3 (três) categorias classificadas como “Melhores práticas”, 4 (quatro) em “Boas práticas” e 7 (sete) no nível “Base” (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2015).

2.1.4 EDGE

Atuando em mais de 150 países, o EDGE (sigla em inglês para “*Excellence in Design for Greater Efficiencies*” ou “Excelência em projetos para maiores eficiências”), desenvolvido pela Corporação Financeira Internacional (IFC), é uma plataforma *on-line*, padrão de edifícios verdes e um sistema de certificação com o intuito de orientar os países que

apresentam rápida urbanização, levando-os à uma trajetória de redução no índice de carbono (GBCI, 201?).

O sistema possui um software que auxilia a encontrar as opções com melhor custo-benefício dentro do conceito de projetos verdes, podendo ser utilizado tanto em construções novas quanto edifícios já existentes e retrofits (GBCI, 201?).

Ao atingir um padrão de 20% de redução do uso de energia e água, além de 20% de redução na energia incorporada aos materiais – quando se comparado a um edifício do “caso básico” –, pode ser realizada uma certificação de forma independente (GBCI, 201?).

Para receber a certificação, um auditor EDGE realiza uma análise das estratégias utilizadas no projeto. Os órgãos responsáveis pela certificação EDGE são a GBCI (*Green Business Certification Inc.*) ou a thinkstep-SGS, com custos que variam de acordo com o órgão certificador escolhido (GBCI, 201?; MITSIDI PROJETOS, 2018).

Um dos pontos positivos é a gratuidade da plataforma caso a empresa não tenha interesse em certificar o empreendimento. Dessa maneira, é possível fazer simulações da eficiência ambiental dos seus projetos, identificando o que pode ser melhorado em relação aos requisitos de sustentabilidade (SINDUSCONSP, 2017).

2.1.4.1 Software e padrão EDGE

O acesso ao software EDGE é gratuito através do site. Em relação ao funcionamento, o software possibilita que arquitetos e engenheiros prevejam de maneira rápida a economia do seu projeto em relação a energia, água, e energia incorporada aos materiais, tendo como base de comparação um estudo de referência local. Além disso, a plataforma permite a visualização de uma estimativa da economia em “despesas mensais, custos de capital inicial e o período de retorno do investimento (*pavback*)”. Com essas informações, o profissional tem a possibilidade de definir a combinação mais adequada de estratégias, com o objetivo de receber o melhor retorno financeiro no empreendimento (GBCI, 201?).

Figura 4 – Tela inicial do aplicativo EDGE para web

The screenshot displays the EDGE web application interface. At the top, there are logos for Edge and IFC, along with a 'Switch to the old interface' button, a 'Visualização expandida' toggle, and language and user settings. The main content area is titled 'Casas' and features a 'PAINEL' button, 'Version 2.1.5', 'Arquivo', and 'SALVAR' options. A table of metrics is shown:

Consumo final de energia	Consumo final de água	Economia operacional de CO ₂	Economia de Energia Embutida	Custo de energia e água - linha de ...	Redução de Custo de Utilidade
932.19 kWh/Mês/Unidade	22.45 kL/Mês/Unidade	0.00 tCO ₂ /Ano/Unidade	0.00 MJ/Unidade	1,988.73 ZAR/Mês/Unidade	- ZAR/Mês/Unidade

Below the table, there are tabs for 'Projeto', 'Energia 0.00%', 'Água 0.00%', and 'Materiais 0.00%'. A list of expandable sections includes: 'Detalhes do projeto', 'Detalhes do subprojeto', 'Informação de localização', 'Dados da construção - Detalhes da área', and 'Sistemas prediais'. A green button labeled 'OCULTAR RESULTADOS' is also visible.

Fonte: GBCI (201?).

Dessa forma, o aplicativo (Figura 4) divide por abas as informações do projeto e opções construtivas referentes à energia, água e energia incorporada aos materiais, atualizando os percentuais de economia conforme as informações são preenchidas.

Um outro ponto em destaque da certificação é o seu custo, que promete ser mais modesto em relação a outros sistemas. Assim sendo, apesar de apresentar conceitos relacionados diretamente com a questão financeira – que são imprescindíveis na popularização da EDGE –, o software resulta em um padrão global que traz soluções reais para as questões ambientais, ajudando a “[...] mitigar as mudanças climáticas, incentivando o desenvolvimento com o uso eficiente de recursos” (GBCI, 201?).

2.1.5 Etiqueta PBE EDIFICA

Criada como ferramenta de classificação do nível de eficiência energética de edifícios, a etiquetagem foi desenvolvida em um processo iniciado em 2001 com a publicação da Lei n°. 10.295. Essa lei, que objetiva discorrer sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, foi regulamentada com o decreto n°. 4059 de 19 de dezembro de 2001 (Ministério de Minas e Energia, 200?).

Neste decreto, estabeleceu-se níveis máximos de consumo de energia e mínimos de eficiência energética, tanto de máquinas e aparelhos consumidores de energia elétrica quanto

edificações. Ademais, foi determinado que seriam necessários indicadores técnicos e regulamentação específica (Ministério de Minas e Energia, 200?).

Assim sendo, por meio deste decreto houve a criação do “Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética” – CGIEE – e, para realizar a regulamentação e criação de procedimentos de avaliação de eficiência energética das edificações brasileiras, foi criado o “grupo técnico para efficientização de energia nas edificações no país”, o GT-Edificações (Ministério de Minas e Energia, 200?).

No final do ano de 2005, por meio do GT-Edificações, foi criada a secretaria de edificações – ST-Edificações – para que fossem discutidas questões técnicas sobre os indicadores de eficiência energética. Como coordenador da secretaria, foi nomeado o Programa Procel Edifica, que havia sido criado pela Eletrobrás/Procel (Ministério de Minas e Energia, 200?).

Dessa maneira, desde o ano de 2003 através do Programa Procel, já se encontrava organizada uma estrutura necessária para a viabilização das exigências do decreto de 2001. Em 2005, com a criação do GT Edificações, o Inmetro foi incluído no processo, gerando assim a comissão técnica sobre a discussão e definição do processo pelo qual a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) seria obtida (Ministério de Minas e Energia, 200?).

Figura 5 – Etiqueta ENCE para projeto de edificação multifamiliar



INMETRO
PBE Edifica

Eficiência Energética Edificação Multifamiliar

Etiqueta PROJETO

Etiqueta EDIFICAÇÃO CONSTRUÍDA

Edificação: XXXXXXXX xxxxxxxxxxxxxxxx
Endereço: XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXX
Cidade/UF: XXXXX/XX
Zona bioclimática: X
Portaria RTQ-R: XXXXXX
Portaria RAC: XXXXXX
Método de avaliação: XXXXXX
Data da ENCE de projeto: XX/XX/XXXX

Mais eficiente

Menos eficiente

A

PT: X,X

O nível de eficiência energética alcançado deve ser confirmado pela ETIQUETA DA EDIFICAÇÃO CONSTRUÍDA

Edificação Multifamiliar

↓ Nível de eficiência máximo
 ↑ Nível de eficiência mínimo



Quantidade de UHs: XX

Nº de UHs Nível A: XX
 Nº de UHs Nível B: XX
 Nº de UHs Nível C: XX
 Nº de UHs Nível D: XX
 Nº de UHs Nível E: XX

Observações: 1 - A Etiqueta de Projeto tem validade de 5 anos ou até a conclusão da construção da edificação
 2 - Para verificar a validade da etiqueta consulte a página eletrônica do INMETRO: www.inmetro.gov.br





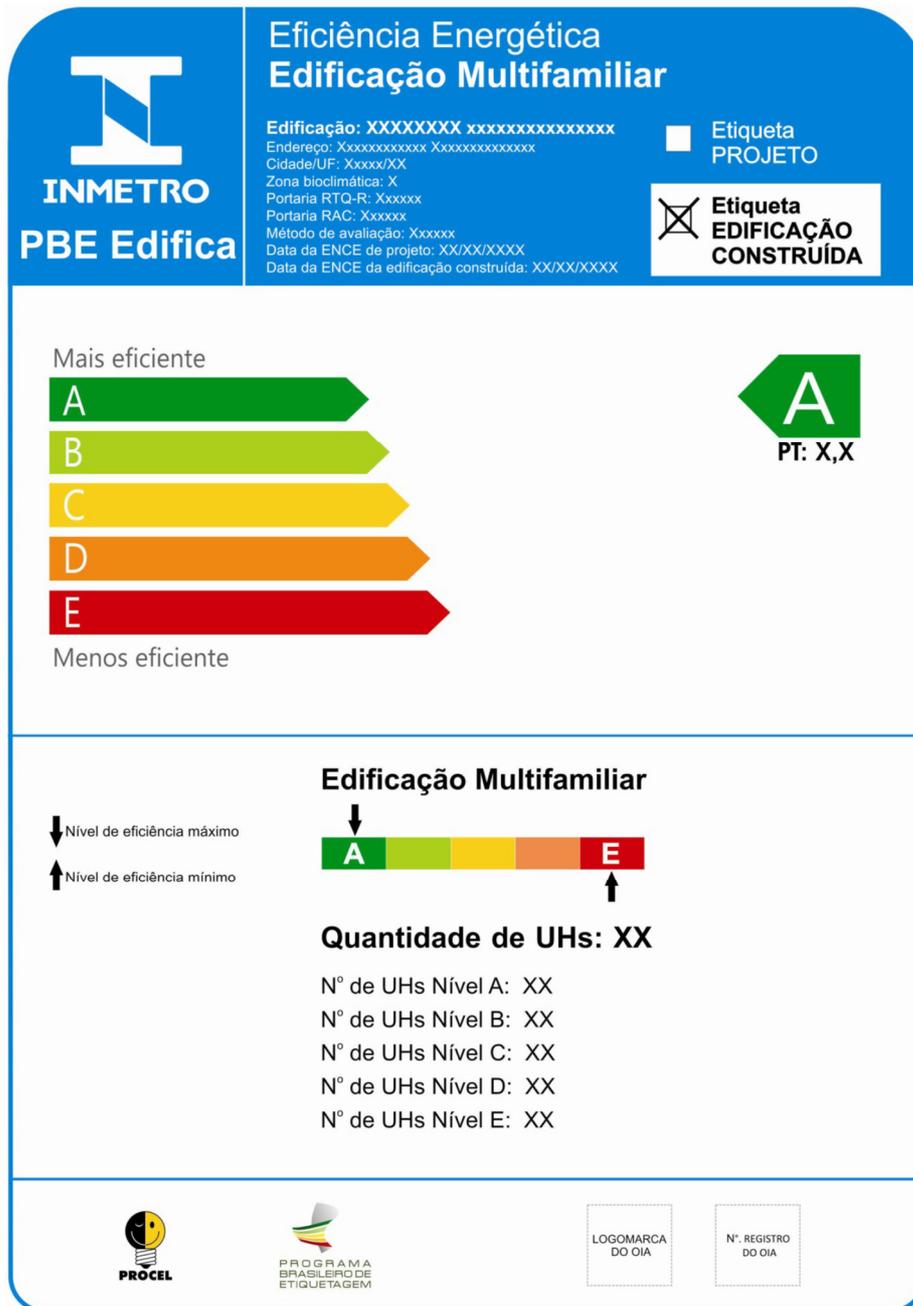
LOGOMARCA DO OIA

Nº. REGISTRO DO OIA

Fonte: MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR (2013).

Após realizada a inspeção do projeto, o solicitante recebe a etiqueta ENCE de projeto (Figura 5), bem como o relatório de inspeção e manual de entendimento da ENCE. A etiqueta de projeto, além de diversas informações relativas à edificação, método de avaliação, entre outros dados, possui o número de Unidades Habitacionais Autônomas (UHs) que atingiram cada pontuação. A etiqueta possui validade até a conclusão da construção ou de 5 (cinco) anos, contando a partir da emissão (Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 2013).

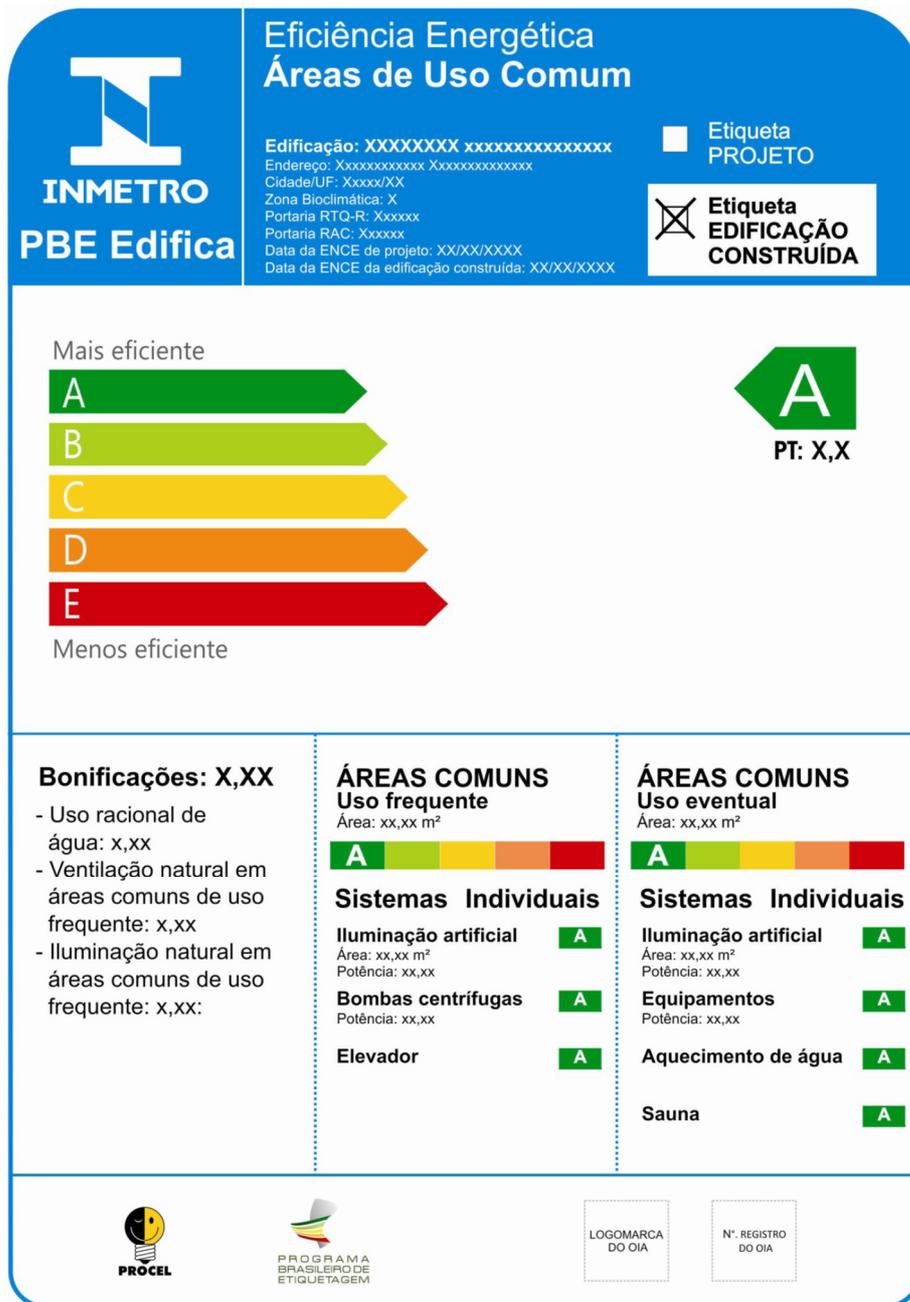
Figura 6 – Etiqueta ENCE para edificação multifamiliar construída



Fonte: MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR (2013).

Após concluída a etapa de inspeção da edificação construída, o solicitante recebe a etiqueta ENCE de edificação construída (Figura 6), assim como o relatório de inspeção e o manual de entendimento da ENCE (Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 2013).

Figura 7 – Etiqueta ENCE para áreas de uso comum



Fonte: MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR (2013).

A etiqueta para áreas de uso comum (Figura 7) também possui diversos dados imprescindíveis, tais como informações de identificação da edificação, datas de projeto e de edificação construídas (se for o caso), pontuações obtidas, bonificações, entre outros (Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 2013).

Para realizar-se a classificação de uma UH, são considerados requisitos de desempenho térmico da envoltória, eficiência do sistema de aquecimento de água e

bonificações que sejam aplicáveis (Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 2013). O cálculo é realizado por meio da aplicação de pesos, conforme a Equação:

$$PT_{UH} = (a * EqNumEnv) + [(1 - a) * EqNumAA] + Bonificações$$

Onde:

PT_{UH} : pontuação total do nível de eficiência da unidade habitacional autônoma;

a: coeficiente adotado de acordo com a região geográfica na qual a edificação está localizada;

$EqNumEnv$: equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória da unidade habitacional autônoma quando ventilada naturalmente;

$EqNumAA$: equivalente numérico do sistema de aquecimento de água;

Bonificações: pontuação atribuída a iniciativas que aumentem a eficiência da edificação.

Para obter-se a classificação geral de uma edificação multifamiliar, é realizado uma ponderação da classificação de todas as suas unidades habitacionais autônomas pelas suas áreas úteis, ou seja, sem considerar terraços e varandas. Vale ressaltar que existem outras etiquetas onde o uso depende de fatores como o tipo de edificação ou Zona Bioclimática na qual ela se encontra (ELETROBRAS, 2012).

O Procel Edifica (Plano de Ação para Eficiência Energética em Edificações) tem como seu principal objetivo a construção de bases para a racionalização do uso de energia nas edificações brasileiras. Os parâmetros de referência para verificação do nível de eficiência energética das edificações são determinados na sua vertente, esta denominada Subsídios à Regulamentação (Ministério de Minas e Energia, 200?).

Na mesma vertente ora citada, foi desenvolvido o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de serviços e Públicos (RTQ-C), bem como os documentos complementares, dentre eles encontram-se o Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RAC-C) e o Manual para aplicação do RTQ-C. Tanto o RTQ-C quanto o RAC-C são publicados pelo Inmetro (Ministério de Minas Energia, 200?).

O RTQ-C apresenta como intuito os quesitos para classificação do nível de eficiência energética do Edifício, e o RAC-C contém o processo de avaliação das características do edifício, para que este possa receber a etiqueta ENCE junto ao laboratório de Inspeção do Inmetro. Este documento é formado por duas etapas de avaliação, sendo elas a etapa de Projeto e a inspeção do edifício construído (Ministério de Minas e Energia, 200?).

O detalhamento e interpretações do RTQ-C, assim como o esclarecimento de algumas questões referentes ao RAC-C são feitas de forma manual. Além de ser ilustrado, possui exemplos teóricos e de cálculo, com atenção às definições do RTQ-C, objetivando a facilidade ao entendimento (Ministério de Minas Energia, 200?).

2.2 TÉCNICAS CONSTRUTIVAS SUSTENTÁVEIS

O setor da construção civil de forma particular não passa por muitas mudanças no método construtivo. Porém, com o decorrer do tempo, a concorrência do setor e as exigências ambientais se tornaram cada vez maiores, tornando necessária a busca por melhorias nas técnicas aplicadas. Outro fator responsável por motivar a busca por técnicas sustentáveis é a carência de recursos naturais (FEIJO; FRANÇA; CAETANO, 2013).

As edificações provocam grandes perturbações ao meio ambiente, principalmente depois de habitadas. Sendo assim, busca-se a implantação de técnicas para diminuição desses impactos, aproveitando os recursos naturais renováveis.

2.2.1 Aproveitamento de Água Pluvial

O aproveitamento da água pluvial, isto é, da água da chuva, é uma ótima alternativa para diminuir o consumo de água potável de uma edificação. Através da minoração de seu consumo, não contribui apenas com o meio ambiente, como também se torna possível a redução no valor da fatura de água e esgoto nas cidades que possuem o tratamento adequado. Além disso, deixar de injetar tal quantidade de água na rede de drenagem urbana possibilita uma diminuição do seu volume final, reduzindo a possibilidade de alagamento de ruas.

A água pluvial não é potável, ou seja, não é própria para o consumo. Pois, antes de chegar ao reservatório, a água entra em contato com gases da atmosfera e conta, ainda, com poluições dos telhados ou áreas onde passam e que, geralmente, contém poeiras e outras impurezas que são levadas conjuntamente. Normalmente, a água proveniente das chuvas é utilizada em descargas de bacias sanitárias, irrigação de jardim, limpeza de pisos, lavagem de carros e outros usos que não necessitam de água potável.

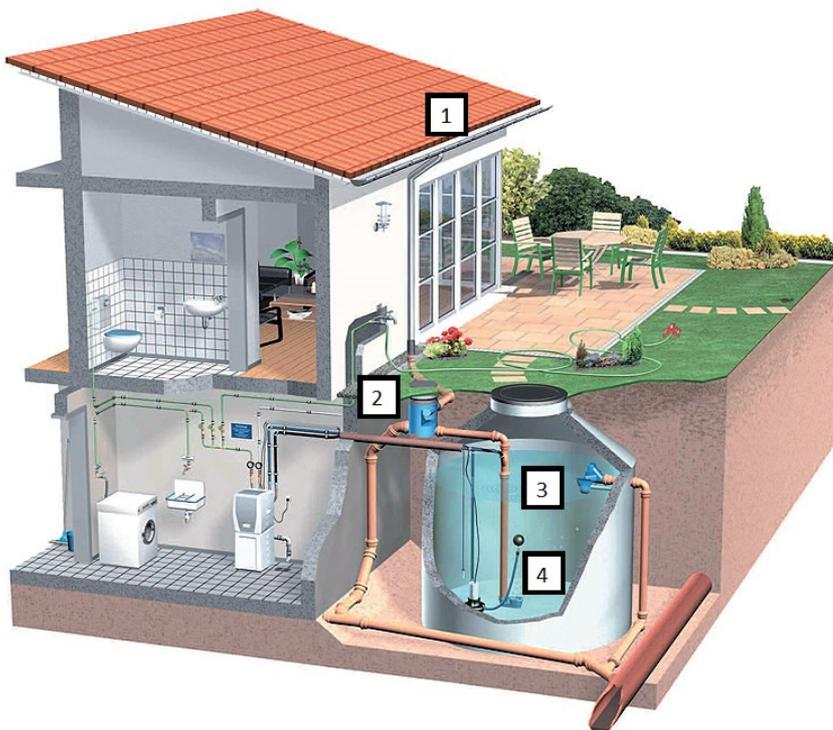
Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2019), o armazenamento e o sistema de distribuição de água pluvial devem ser feitos de forma separada ao sistema de água potável. Os pontos de consumo devem ser de uso restrito, contendo identificação em cada um deles onde

deixa explícito que a água não é potável. O projetista do sistema deve definir o padrão de qualidade da água, além de definir em quais pontos poderá ser utilizada.

As águas pluviais são coletadas nas coberturas e telhados produzidos em material atóxico, em locais sem circulação de veículos, animais ou pessoas e, seguidamente, são transportadas por calhas e tubulações até o local de tratamento da água, onde é realizada uma retenção de sólidos com uso de filtro. Após a remoção dos sólidos, pode ser utilizado um tanque de descarte para a água inicialmente captada (em outros termos, a parcela que realiza a limpeza da cobertura, calhas e tubulações), para que esta não seja direcionada ao reservatório da água que será utilizada. Na etapa de tratamento também é viável utilizar um produto desinfetante (BRAGA, 2017; ABNT, 2019).

Após a etapa de tratamento, a água então é armazenada em cisterna e, em seguida, é transportada com o uso de bomba de recalque para um reservatório superior, do qual será distribuída nos pontos de utilização que não demandem uso de água potável (BRAGA, 2017).

Figura 8 – Sistema de aproveitamento da água pluvial em uma residência

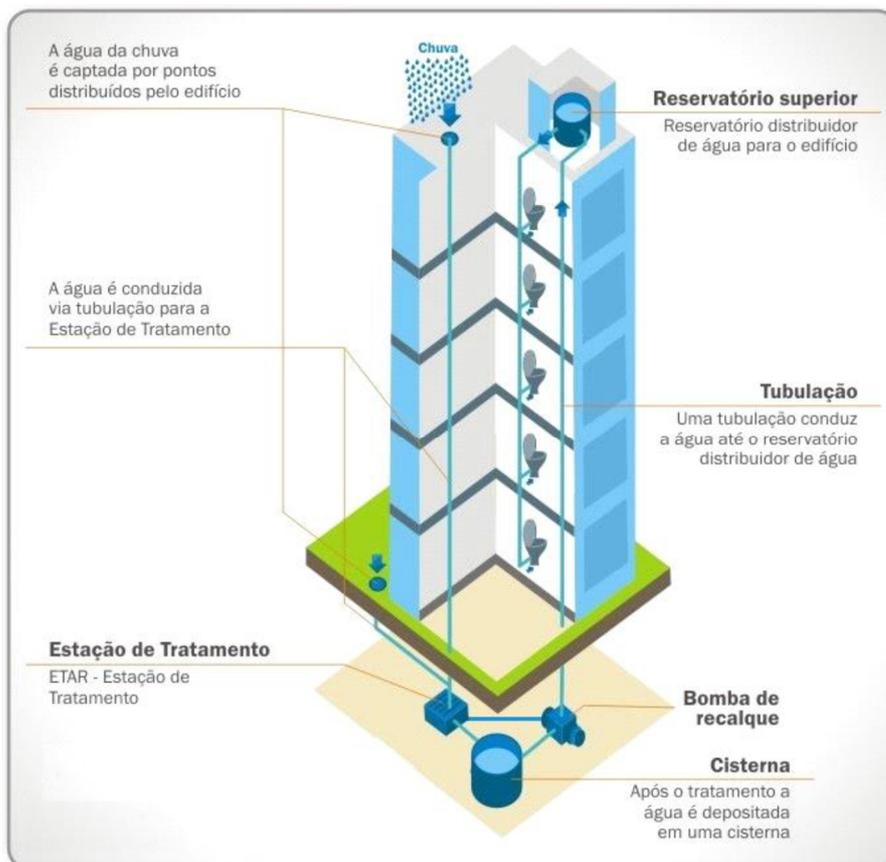


Fonte: FLUXO CONSULTORIA (2018).

A Figura 8 exhibe os pontos presentes no sistema de aproveitamento da água pluvial em uma residência. O ponto 1 representa a calha, o ponto 2 o filtro mecânico, o ponto 3 indica a cisterna onde a água é armazenada e o ponto 4, a bomba que faz o direcionamento.

No caso dos edifícios, alvo de estudo do presente trabalho, o sistema de aproveitamento da chuva é bastante similar ao de uma residência unifamiliar, exemplo simplificado representado pela Figura 9, para melhor compreensão.

Figura 9 – Sistema simplificado de aproveitamento de água pluvial em um edifício



Fonte: SILVA (2017).

2.2.2 Energia Solar

A energia advinda do sol sempre foi indispensável para a vida no planeta Terra como um todo, principalmente para o ser humano que, além de utilizá-la para necessidades básicas como aquecimento, iluminação e alimentação, com o passar do tempo aprendeu a aproveitá-la para outras atividades, dentre as quais destaca-se a geração de energia (TOLMASQUIM, 2016).

A utilização da energia liberada pelo sol como fonte de geração de eletricidade é considerada recente, com início em meados do século XX, mas, ainda sim, cresce progressivamente devido às suas características relacionadas, entre outros fatores, à redução de

custos, redução da degradação ambiental, por não emitir poluentes durante seu uso e ao seu grande potencial de aproveitamento (TOLMASQUIM, 2016).

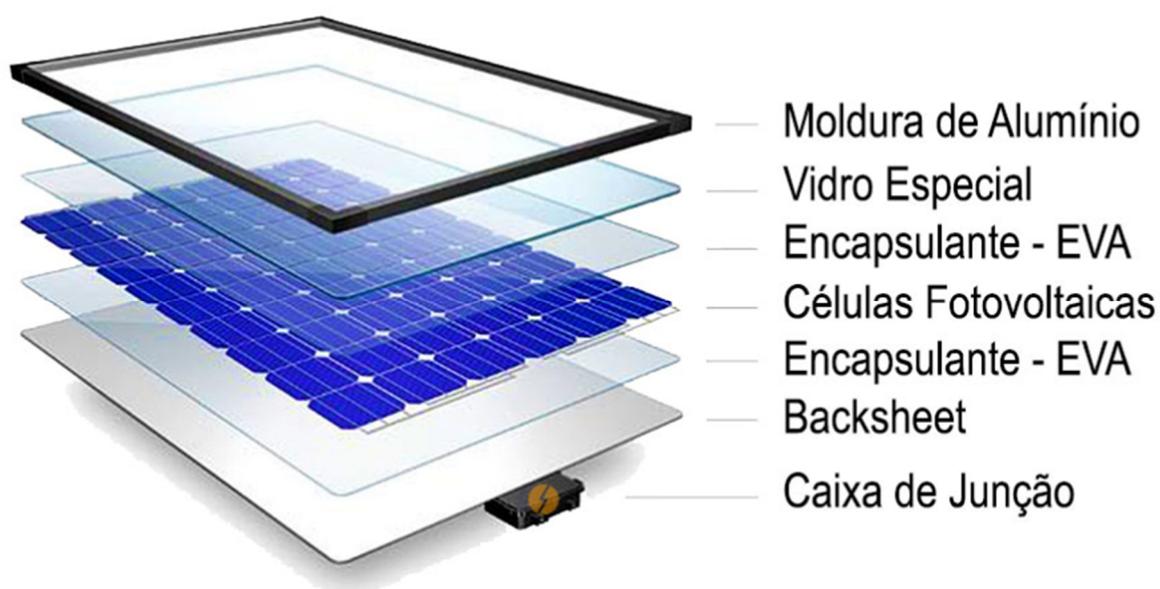
Dentre as técnicas mais utilizadas pelo ser humano para a geração de energia a partir do sol estão a fotovoltaica e a heliotérmica. O primeiro caso consiste na conversão da energia proveniente do sol diretamente em energia elétrica; já a energia heliotérmica é, na verdade, uma geração termelétrica, onde a energia solar é utilizada no aquecimento de um fluido, produzindo vapor (TOLMASQUIM, 2016).

2.2.2.1 Energia Fotovoltaica

Existem diferentes sistemas de geração de energia através do sistema fotovoltaico, dentre estes podem ser citados o sistema fotovoltaico conectado à rede (residencial, comercial e industrial), o sistema isolado (off-grid) e o fotovoltaico híbrido (PORTAL SOLAR).

O funcionamento da geração de energia através do sistema fotovoltaico se dá, principalmente, com o uso de células fotovoltaicas, agrupadas e revestidas, formando módulos fotovoltaicos (TOLMASQUIM, 2016).

Figura 10 – Painel fotovoltaico em detalhes



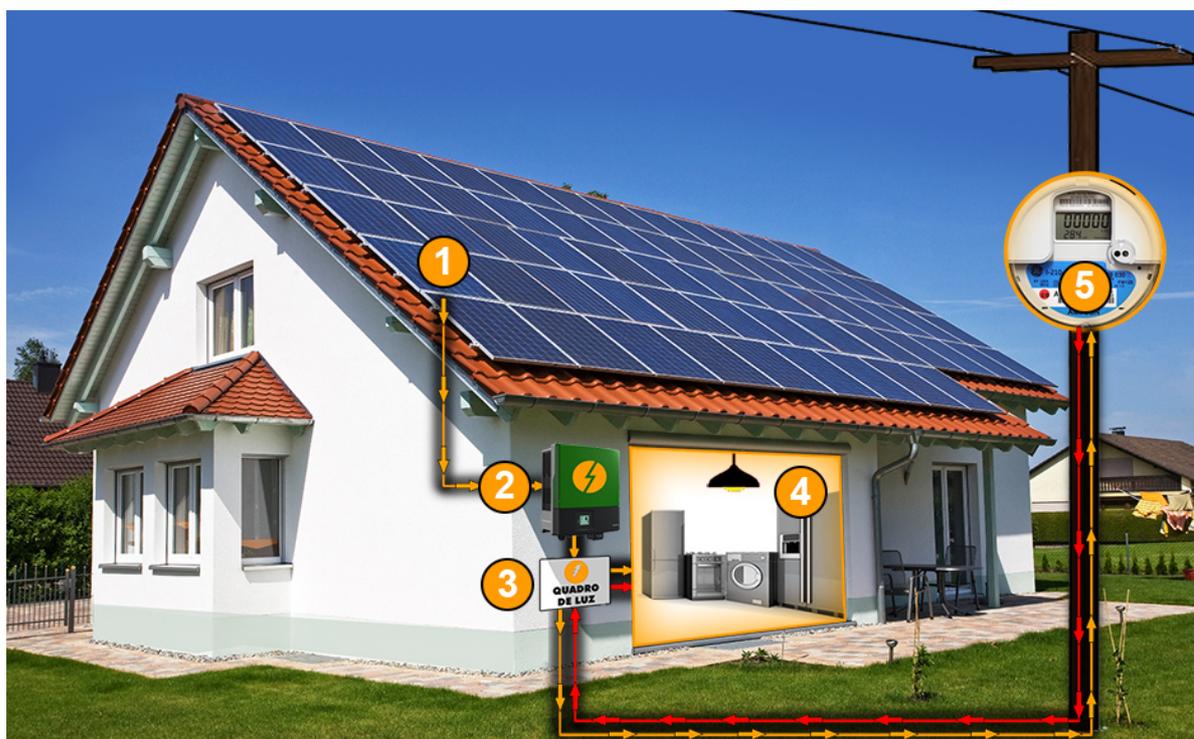
Fonte: PORTAL SOLAR (201?).

Esses módulos, como mostra a Figura 10, são agrupados em arranjos e utilizam a energia solar para a geração de corrente contínua (CC), sendo posteriormente transformada em

corrente alternada (CA), utilizando-se um inversor para que possa ser empregada no uso convencional (TOLMASQUIM, 2016).

No sistema conectado à rede (Figura 11), a corrente alternada proveniente do inversor é utilizada normalmente pelos equipamentos elétricos existentes na residência, comércio ou indústria, de maneira que o excedente retorna para a rede elétrica com o uso de um medidor de energia bidirecional, gerando créditos na conta de luz (PORTAL SOLAR, 201?).

Figura 11 – Modelo de funcionamento do sistema fotovoltaico conectado à rede



1. Módulos fotovoltaicos;
2. Inversor;
3. Quadro de distribuição;
4. Equipamentos elétricos;
5. Medidor bidirecional.

Fonte: PORTAL SOLAR (201?).

É importante salientar que as regras e exigências que possibilitam que o sistema seja conectado na rede variam de acordo com a distribuidora de energia que atua em cada local (PORTAL SOLAR, 201?).

Os sistemas isolados (off-grid), necessitam, ainda, de baterias e controladores de carga para que o sistema possa funcionar (TOLMASQUIM, 2016). Neste contexto, a energia gerada não é conectada à rede elétrica, sendo empregada para alimentar de maneira direta os aparelhos em que estão conectados (PORTAL SOLAR, 201?).

Além dos modelos de geração ora citados, tem-se o sistema híbrido que, além de estar conectado à rede elétrica, possui um banco de baterias com a finalidade de armazenar a energia gerada. Por necessitar de um banco de baterias, bem como mecanismos de segurança e outros equipamentos, trata-se de um sistema mais caro que os demais (PORTAL SOLAR, 2017).

2.2.2.2 Energia Heliotérmica

Neste modelo de geração de energia, é utilizado a radiação proveniente do sol para aquecer um “fluido de transferência de calor”. Isso é possível devido ao redirecionamento da radiação solar, concentrando-a em um ponto ou tubo no qual encontra-se o fluido. Depois disso, o fluido é utilizado de maneira que sua energia térmica seja transformada em energia mecânica, e depois em elétrica, por meio de um sistema de turbina e gerador. Por fim, o fluido é resfriado para que possa voltar para o início do ciclo. Este modelo de geração de energia também é chamado de CSP (do inglês “*Concentrated Solar Power*”) (CASTRO, 2016).

Existem diferentes tipos de plantas heliotérmicas, conforme demonstra a Figura 12 (TOLMASQUIM, 2016).

Figura 12 – Principais sistemas de geração de energia heliotérmica



Fonte: TOLMASQUIM (2016).

O sistema de cilindro parabólico funciona por meio da reflexão dos raios solares para os tubos, que ficam no ponto focal dos espelhos. Neste tipo de planta, os espelhos e tubos se movimentam, de maneira que acompanhem o sol, no decorrer do dia. Dentre as suas desvantagens, está o fato de que esse sistema utiliza coletores móveis, aumentando a possibilidade de ocorrências de problemas mecânicos nas juntas e ocorrência de vazamentos. Além disso, atinge temperaturas menores, tendo, conseqüentemente, menor eficiência (TOLMASQUIM, 2016).

Na planta de torre solar, existem espelhos que direcionam a luz do sol para um ponto no topo da torre, local onde se localiza o coletor, possibilitando que sejam atingidas temperaturas maiores e aumentando sua eficiência. A planta, contudo, necessita de materiais mais resistentes e de maior custo (TOLMASQUIM, 2016).

A tecnologia do refletor linear Fresnel funciona por meio de espelhos planos ou levemente curvados, que direcionam a luz do sol para o tubo horizontal. Dentre suas

características estão seu menor custo, porém, por também funcionar com baixa temperatura de trabalho, possui menor eficiência na absorção e conversão de energia térmica em elétrica (TOLMASQUIM, 2016).

No sistema de Disco Stirling, os espelhos côncavos possuem um motor Stirling no ponto de foco. Apesar do sistema permitir usos de pequena escala, entre 10 e 25 kW, e possuir maior potencial de eficiência, seu custo de instalação, operação e manutenção é maior, pois existe a necessidade de uma unidade de geração para cada conjunto de espelhos (TOLMASQUIM, 2016).

É importante observar que para uma planta heliotérmica ser viável é necessário que vários quesitos sejam atendidos, entre eles a grande incidência de radiação solar, existência de recursos hídricos para a utilização – como na lavagem de espelhos –, e suficiente proximidade com a rede elétrica nos casos em que houver interligação. (GUIMARÃES *et al.*, 2010).

2.2.3 Aquecimento de Água a Gás

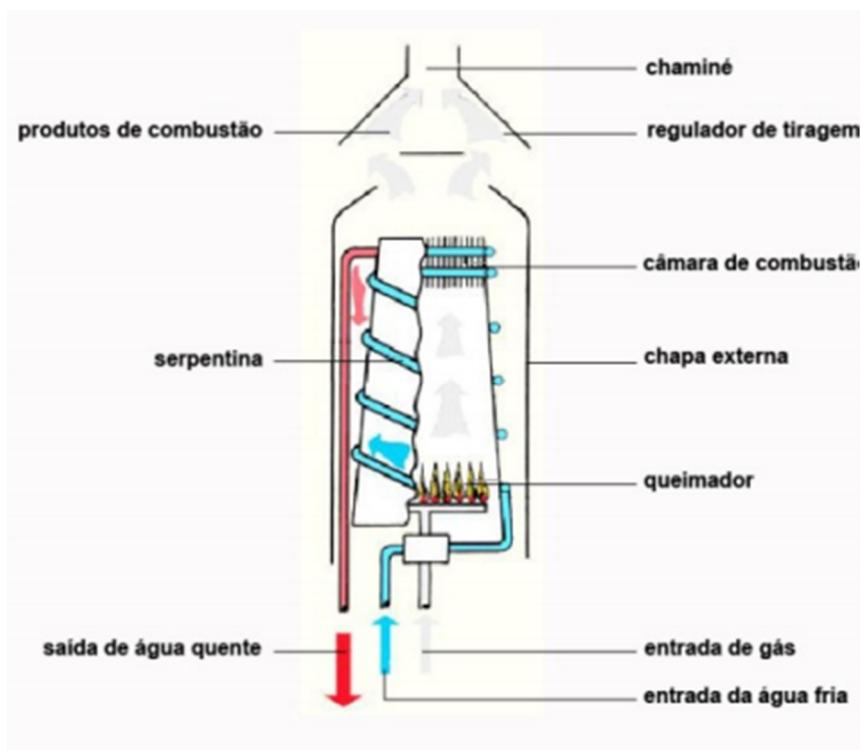
Dentre os itens que mais consomem energia elétrica em uma residência atualmente, estão os chuveiros e torneiras elétricas. Existem algumas alternativas para minimizar o consumo, uma delas muito utilizada é o aquecimento de água a gás.

Os aquecedores individuais de passagem estão sendo cada vez mais utilizados devido a facilidade de implantação nas residências, pois além de ocupar pouco espaço e permitir a passar para o proprietário a responsabilidade de aquisição e manutenção do equipamento, também facilita a individualização da conta de gás (CHAGURI JUNIOR, 2009).

Os aquecedores a gás funcionam de forma similar aos chuveiros elétricos – só é ativado quando há uma demanda de água aquecida –, portanto, quando os pontos alimentados de água quente são acionados, o sistema de aquecimento é ligado. Por exemplo, abrindo o chuveiro, permite-se a circulação de água na tubulação e com esse fluxo o aquecedor é acionado automaticamente; quando o aquecedor é acionado, a água fria entra, passa ao redor de um queimador (semelhante ao de um fogão) com o sistema de uma serpentina, e sai aquecida. No momento em que o registro do aparelho em utilização é fechado, o gás é desligado e a chama do aquecedor se apaga (MONTU, 2016).

A Figura 13 mostra um aquecedor de água a gás de forma detalhada com o ponto de entrada de água fria, os componentes do aquecedor e o local de saída da água quente.

Figura 13 – Esquema de funcionamento de um aquecedor a gás



Fonte: (MONTU, 2016).

Quanto a instalação, são necessários certos cuidados. Ela deve atender a norma NBR 13.103/2013 que trata de instalação de aparelhos a gás para aquecimento de água em ambientes residenciais e deve possuir anotação de responsabilidade técnica.

2.2.4 Iluminação Natural

A iluminação natural é outro ponto importante a ser tratado quando se estuda a aplicação de tecnologias sustentáveis na construção civil, por ser renovável, abundante e gratuita (FERREIRA; SOUZA, 2009).

Ademais, cerca de 24% da energia elétrica consumida dentro do setor residencial é destinada à iluminação, sendo que este percentual aumenta para 44% quando refere-se ao setor comercial e de serviços públicos (MARQUES; HADDAD; MARTINS, 2006).

O estudo sobre a aplicação da iluminação natural é ainda mais importante quando relacionamos seu uso ao contexto brasileiro, devido as características do clima brasileiro que contribuem para o emprego desta fonte de energia (RODRIGUES, 2002).

Sendo assim, a luz natural não proporciona uma economia direta de energia elétrica, porém, se utilizada de maneira adequada, pode ocasionar uma redução drástica no consumo em

qualquer edificação, diminuindo a necessidade de utilização de sistemas de iluminação artificial quando, conjuntamente, ambos sistemas forem integrados a um projeto, de forma que um complemente o outro (FERREIRA; SOUZA, 2009).

2.2.5 Ventilação Natural

O vento é um fenômeno natural causado pelas diferenças na temperatura do ar em torno do globo terrestre, formando áreas com diferentes pressões denominadas zonas de baixa pressão e zonas de alta pressão. Por ser um fluido, no estado gasoso, o ar com maior densidade será direcionado para áreas em que a pressão for menor, causando movimentos de massas de ar (MORAIS, 2013; FROTA, SCHIFFER, 2001).

Assim como no caso da iluminação, a ventilação natural é mais uma das alternativas que uma edificação encontra para atender as questões de sustentabilidade ambiental, beneficiando o meio ambiente e reduzindo os custos de habitação, sendo, neste caso, em relação à diminuição da necessidade de utilizar-se os sistemas de condicionamento de ar.

A ventilação natural quando o vento que passa pelo entorno de uma edificação consegue passar pelo seu interior. Sendo assim, por ser um método de condicionamento passivo, a ventilação não só promove qualidade do ar e conforto térmico, dissipando o calor, vapores, fumaças e outros, como também é um meio para se obter economia de energia. Ela é uma estratégia de projeto com baixo custo e com ampla abrangência, quando se refere a sua possibilidade de utilização no país. Isso é demonstrado pela NBR 15220-3, que indica a utilização da ventilação natural em sete das oito zonas climáticas existentes no Brasil (MORAIS, 2013; ABNT, 2003).

Como a ventilação natural funciona com a passagem do ar através das edificações, é necessário projetar e dimensionar as aberturas de modo que existam tanto aberturas de entrada quanto de saída, permitindo um fluxo de ar no edifício (FROTA, SCHIFFER, 2001).

O fluxo do ar pelo edifício possui diversas variáveis que podem interferir na sua passagem, tais como as diferenças de pressão entre o interior e exterior da edificação, a resistência a passagem do ar ocasionada pelas aberturas e vários outros fatores relacionados, por exemplo, com a incidência do vento e o formato da edificação (FROTA, SCHIFFER, 2001).

2.2.6 Orientação Solar

De acordo com a orientação e a época do ano, ocorre uma variação na quantidade de incidência da radiação solar na superfície das edificações e, por essa razão, o estudo da orientação é um importante ponto ao pensar-se no desempenho térmico. Considera-se que, para regiões quentes, a melhor opção é que os cômodos mais utilizados fiquem menos expostos o possível à radiação solar, para não absorverem grande carga térmica (BARBOSA, 2017).

A orientação solar da construção deve ser analisada cuidadosamente a partir das condições do terreno, respeitando as leis municipais do local e considerando as edificações vizinhas existentes, além de possíveis edificações porvir.

Ela é importante para obtenção de ambientes com bom conforto térmico, reduzindo a utilização de condicionadores de ar. Desta forma, aumenta-se a eficiência energética da edificação. Além disso, o posicionamento solar faz-se relevante também para a iluminação e ventilação natural das edificações.

3 METODOLOGIA

Para abordar a questão da certificação ambiental no contexto da construção civil, realizou-se uma pesquisa na modalidade exploratória, com uso de livros, documentos informativos oficiais dos órgãos de certificação e publicações acadêmicas, entre os quais destacam-se as dissertações e artigos, entre outras referências.

A pesquisa exploratória é utilizada nas situações em que o autor procura obter uma compreensão do tema a ser trabalhado, quando não se tem considerável entendimento sobre ele. Por isso, o planejamento de uma pesquisa realizada nessa modalidade é bastante flexível, de modo que os dados podem ser coletados em uma ampla gama de fontes (GIL, 2017).

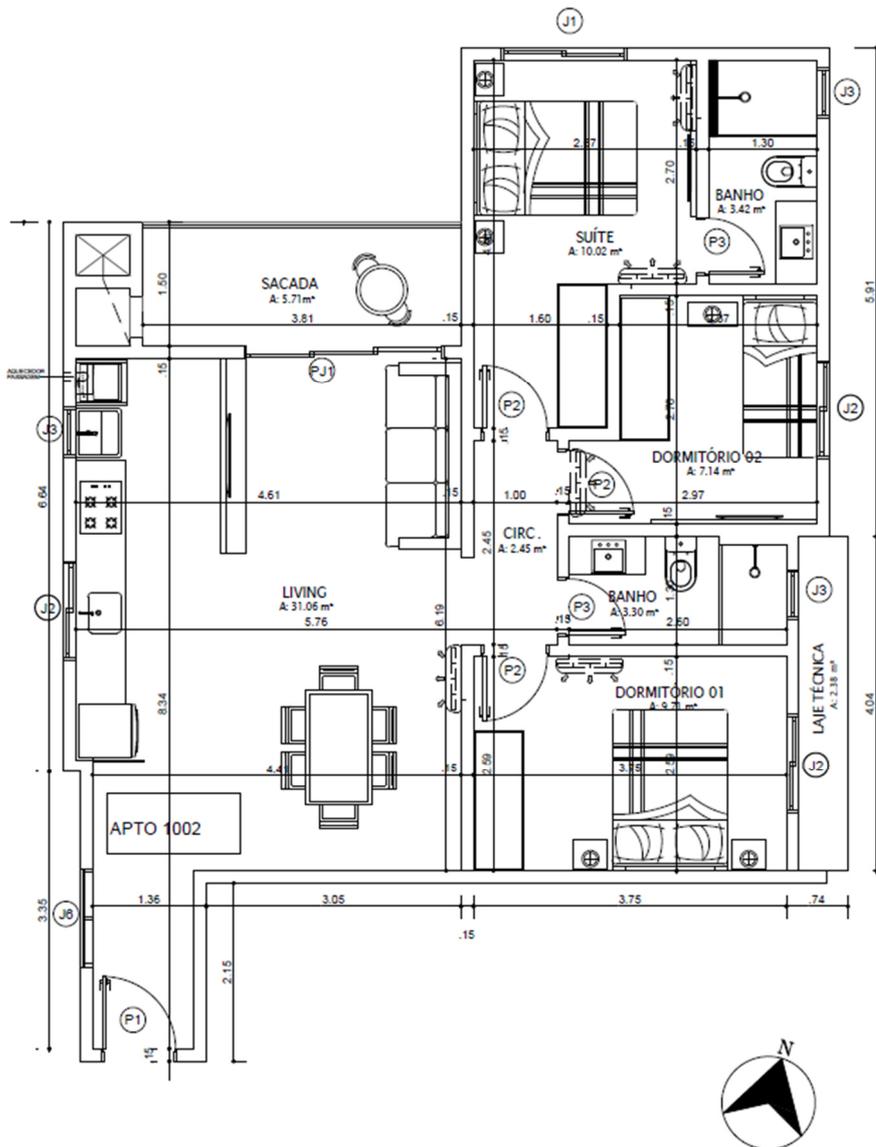
Após a revisão de literatura sobre as certificações ambientais e algumas das tecnologias aplicadas na construção sustentável, o foco do trabalho foi a escolha de uma das certificações, sobre a qual se realizou a análise da sua viabilidade técnica. Para definir a certificação a ser estudada, realizou-se um estudo sobre os regulamentos e pré-requisitos de cada um dos casos, sendo escolhido aquele cujos itens fossem mais viáveis na aplicação em edifícios multifamiliares no país, sem a necessidade de adaptações ou retirada de algumas de suas características.

Sendo assim, com o método definido, a análise da viabilidade técnica ocorreu por meio da aplicação do sistema de certificação em uma unidade habitacional de um edifício residencial multifamiliar, em comparação ao projeto idealizado inicialmente. Isso possibilitou a realização de um levantamento dos impactos da aplicação de tecnologias sustentáveis na construção civil, objetivando apontar, mediante a análise dos resultados da sua aplicação, a viabilidade técnica na obtenção da certificação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente trabalho tem como objeto de estudo um projeto em fase inicial, ainda na etapa de aprovação pelo setor de projetos da prefeitura. Sua localização será na rua Eng^o Sá Rocha, na cidade de Laguna, litoral do Estado de Santa Catarina. Trata-se de um edifício residencial multifamiliar de médio padrão e 10 pavimentos, sendo o térreo e primeiro andar constituídos, em sua maioria, por vagas de garagem. Os oito pavimentos restantes são de apartamentos residenciais com dois apartamentos por pavimento, somando 16 em sua totalidade, além de um salão de festas na cobertura. A Unidade Habitacional definida para aplicação da certificação foi o apartamento 1002, no 10^o pavimento, como pode ser visto na Figura 14.

Figura 14 – Planta baixa da UH analisada, com indicação do norte



Fonte: ERALDO CONSTRUÇÕES (2020).

4.1 DEFINIÇÃO DA ZONA BIOCLIMÁTICA

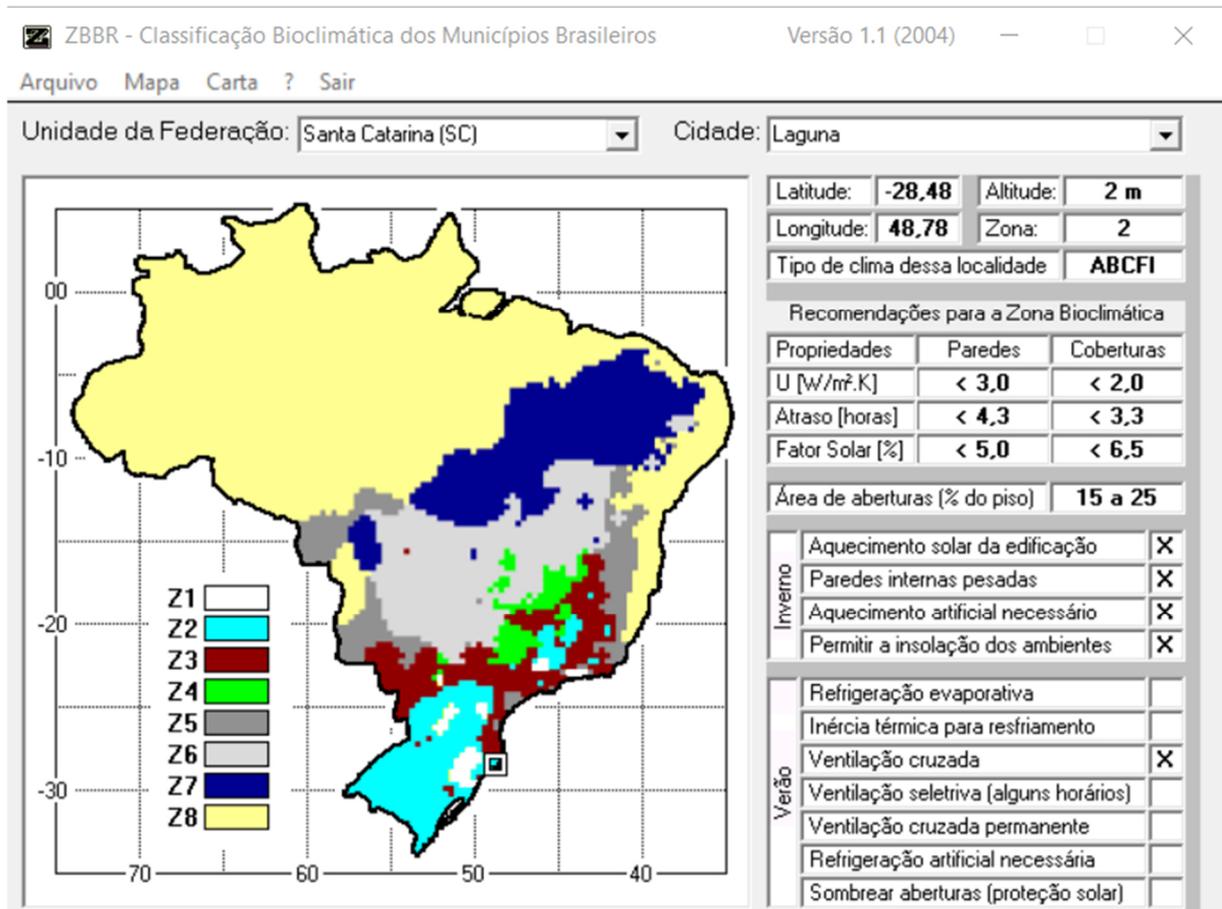
Para que seja possível uma melhor definição de diretrizes construtivas e estratégias de condicionamento térmico passivo, o Brasil possui, atualmente, uma divisão de oito zonas bioclimáticas diferentes (ABNT, 2003).

Sendo assim, antes do início dos procedimentos para determinação da classificação do projeto inicial, é necessária a determinação da Zona Bioclimática na qual a edificação se localizará.

Tendo isso em vista, utilizando o Software de Zoneamento Bioclimático do Brasil (ZBBR), desenvolvido pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) através do programa

de pós-graduação em Construção Civil, determinou-se que a cidade na qual a edificação se localizará está na Zona Bioclimática 2. É importante salientar que o software foi desenvolvido conforme a NBR 15220 – 3, de 2005.

Figura 15 – Classificação Bioclimática da cidade de Laguna - SC



Fonte: LABEEE (2020).

Como pode-se observar na Figura 14, para esta Zona Bioclimática, recomenda-se a utilização de aberturas médias, feitas de maneira a permitir a entrada do sol de inverno, além de coberturas e paredes construídos com o uso de materiais de inércia térmica leve. Recomenda, também, o uso de aquecimento solar e materiais que possuam uma inércia térmica grande nas vedações internas, de maneira que o condicionamento passivo não será suficiente no inverno. A zona bioclimática 2 também apresenta a necessidade de utilizar-se ventilação cruzada para o período do verão (BIOCLIMATISMO, 201?).

4.2 ANÁLISE DOS PRÉ-REQUISITOS GERAIS

Como pré-requisito geral, estabelecido pelo Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), só poderão receber certificação A ou B, as edificações que tiverem medição individual de eletricidade e água para cada Unidade Habitacional Autônoma, caso exista mais de uma em um mesmo lote. Dessa maneira, o presente estudo prevê o uso de medição individualizada para cada apartamento (Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 2012).

Para dar sequência à certificação, é necessário definir quais são os Ambientes de Permanência Prolongada (APP) existentes. Segundo a Figura 14, podemos apontar que as APPs incluem o Living, Suíte, Dormitório 1 e Dormitório 2.

4.3 ESTUDO DA SITUAÇÃO INICIAL DA UNIDADE HABITACIONAL

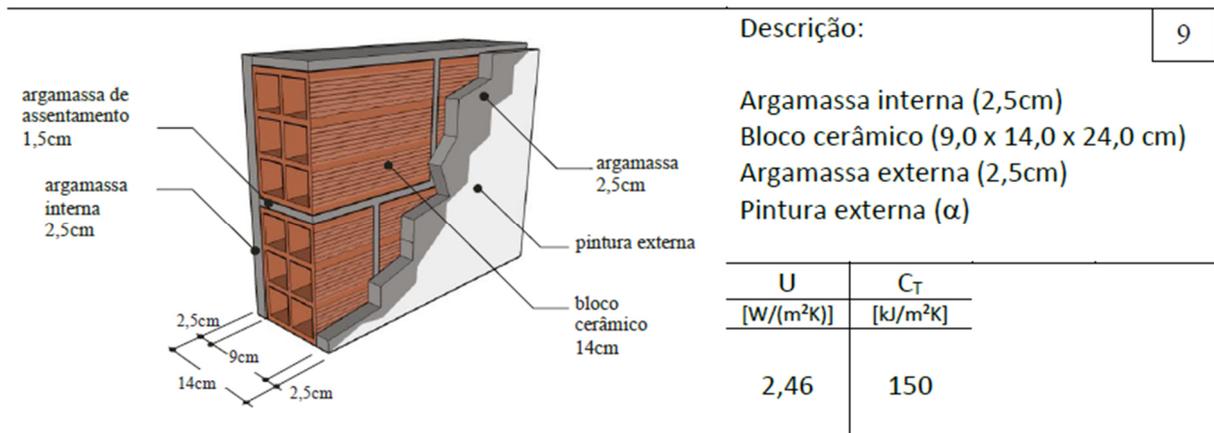
A envoltória de uma edificação refere-se ao conjunto de elementos que estabelecem o fechamento dos ambientes internos e mantém um contato direto com o meio exterior, ou seja, desconsiderando-se o subsolo. A Escolha da Envoltória a ser utilizada no projeto é um dos pontos mais importantes (ELETROBRAS, 2012).

Os pré-requisitos da Envoltória, para classificação do nível de economia da edificação, é dividido nos seguintes subitens: transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância solar das superfícies, ventilação natural e iluminação natural (Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 2012).

4.3.1 Paredes e isolamento térmico

O projeto inicial do edifício não prevê uma tecnologia construtiva específica para a envoltória, sendo a única condição a informação da espessura das paredes, que são de aproximadamente 15 centímetros. Dessa maneira, considerou-se a alvenaria convencional, por ser a mais comumente encontrada nas edificações do sul do Brasil, dos mais variados tipos. Mais especificamente, foi utilizado o modelo demonstrado na Figura 16, presente no Anexo V do RAC.

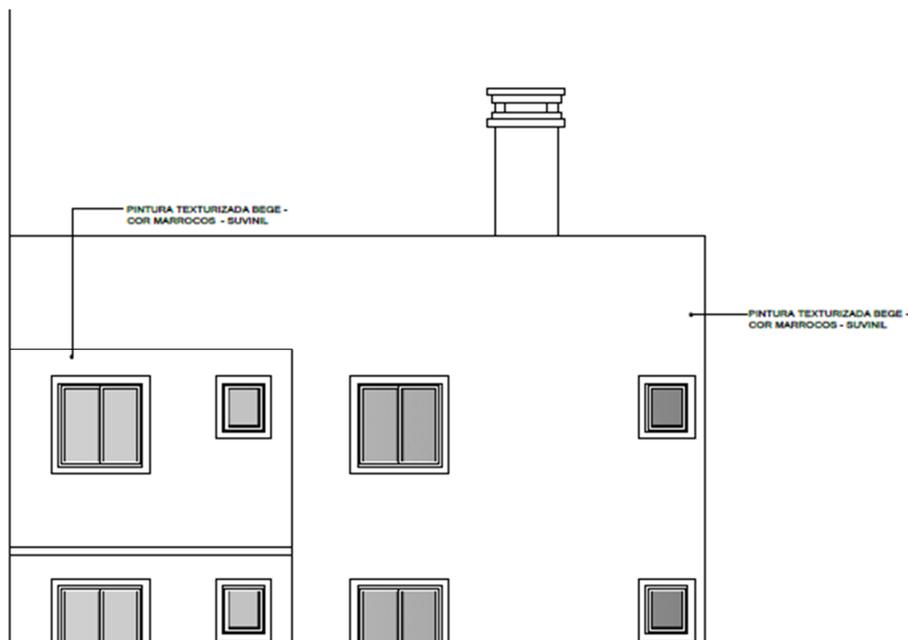
Figura 16 – Paredes



Fonte: MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR (2013).

Como é possível observar na Figura 16, os valores de Transmitância térmica (U) e Capacidade Térmica (C_T) adotados, para a situação inicial do projeto, são de, respectivamente, 2,46 W/(m²K) e 150 KJ/(m²K). Para as superfícies externas das paredes, foi utilizada a cor “Marrocos”, como indicada na Figura 17, atribuindo assim, uma absorvância de 54,7, segundo anexo V do RAC.

Figura 17 – Fachada com indicação de pintura



Fonte: ERALDO CONSTRUÇÕES (2020).

Além disso, o edifício em questão não possui nenhuma tecnologia de isolamento térmico em sua envoltória. Sendo assim, os valores referentes a esse item são nulos (zero).

4.3.2 Aberturas Externas

O projeto apresenta as dimensões das janelas e especifica seu modelo.

De acordo com o projeto as janelas serão de alumínio branco, com folha de vidro, sendo de correr ou deslizantes.

Tabela 1 – Áreas de Aberturas da UH

Áreas de aberturas		
Posição	Cômodo	Área (m ²)
Leste	Dormitório 1	1,44
	Dormitório 2	1,44
	BWC	0,42
	BWC suíte	0,42
Norte	Suíte	1,80
	Sacada	5,04
Oeste	Cozinha	1,44
	Área de serviço	0,42

Fonte: AUTORES (2020)

Utilizando as medidas das janelas fornecidas pelo projeto, é possível encontrar a área de suas respectivas aberturas externas e, com o auxílio de software de CAD, é possível definir o total das áreas das paredes externas e internas de cada ambiente. Essas medidas podem ser conferidas na Tabela 1.

Para o cálculo do fator de ventilação (F_{vent}) das aberturas externas, é necessário verificar qual a área da abertura para ventilação em relação à abertura do vão. Para isso, é possível utilizar o Anexo II do RTQ-R (Tabela de Desconto das Esquadrias) ou, para modelos de esquadrias que não constam na tabela é possível realizar este cálculo manualmente. A unidade habitacional em estudo possui cinco tipos diferentes de aberturas externas, denominadas como J1; J2; J3; J6 e PJ1 (Porta-Janela).

Os modelos J1 e J2 são definidos em projeto como sendo de correr com 2 folhas e seu percentual de abertura para ventilação natural e iluminação podem ser encontrados no anexo em questão, com o valor de 45% para ventilação ($F_{vent} = 0,45$) e 80% para iluminação.

O modelo de janela J3 é Maxim AR, segundo o projeto, com ângulo de abertura de aproximadamente 45°. Sendo assim, foi considerado um F_{vent} de 0,45 e um percentual de iluminação de 80%.

A Janela J6 é fixa, ou seja, sem aberturas para ventilação natural. Portanto, seu fator de ventilação é nulo e seu percentual de iluminação, assim como os outros modelos, também é de 80%.

A porta-janela presente na sacada é definida como de correr, com 3 folhas. O anexo II do RTQ-R não apresenta nenhum modelo de Porta-Janela, sendo realizado o cálculo manual conforme o explicado neste texto. Assim, o valor de F_{vent} encontrado foi igual a 0,6 e o percentual de iluminação é de 75%.

Para definir o F_{vent} final, em ambientes com mais de um modelo de esquadria, foi realizado a média ponderada de todos os valores, conforme explica o manual de aplicação do RTQ-R, resultando em um F_{vent} igual a 0,56 para o ambiente “Living” (ELETROBRAS, 2012).

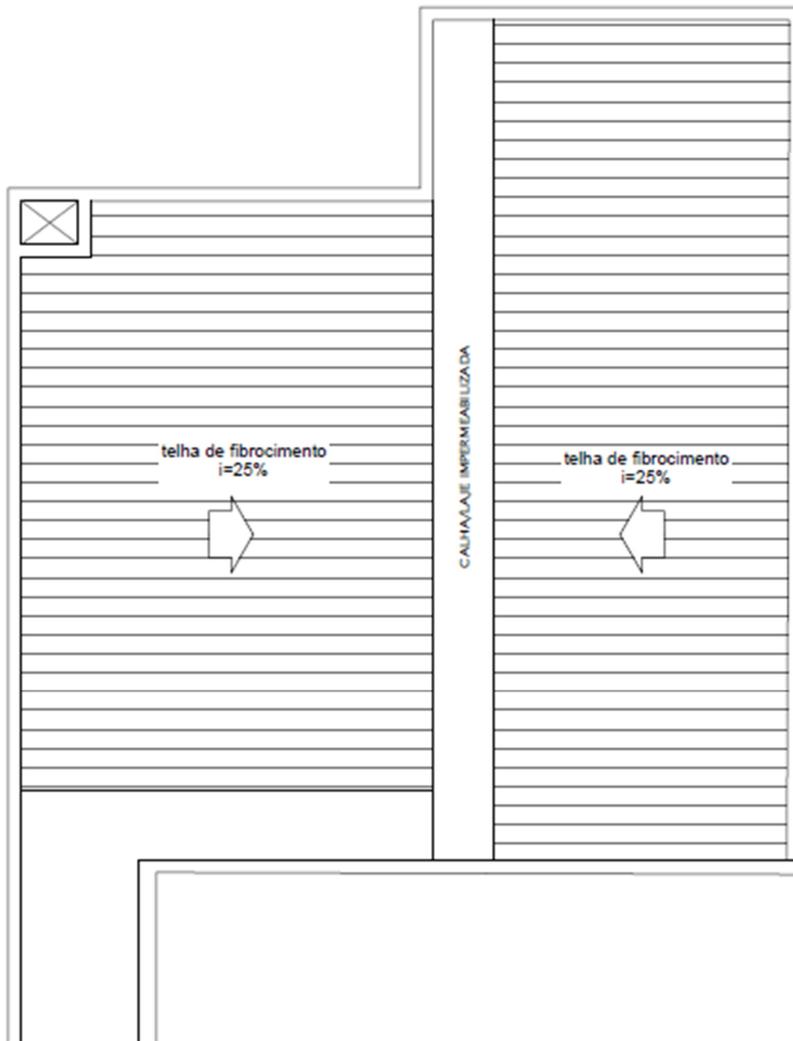
O fator de sombreamento ($Somb$) varia de acordo com cada ambiente, dependendo da presença de dispositivos de proteção solar nas aberturas, sendo 0 (zero) em caso de ausência do dispositivo, 1 (um) para os casos onde é possível cobrir 100% da abertura, e valores que variam nesse intervalo para os casos onde existe um bloqueio parcial da incidência solar. Seu valor considerado foi de 0 (zero) para o ambiente living, e 1 (um) para os demais ambientes.

Vale ressaltar que a zona bioclimática na qual a edificação se encontra (ZB2), torna necessária a definição da Transmitância dos Vidros (U_{vid}). Sendo assim, consultando o Anexo V do RAC, foi definido uma transmitância à radiação solar de 5,70 W/m para os vidros das janelas e porta-janela. Além disso, nenhum ambiente dispõe de aberturas com vidros duplos, sendo assim, o valor para este item é nulo (zero).

4.3.3 Piso e cobertura

As características referentes a esse item mudam de acordo com a posição da UH que está sendo certificada. Conforme previsto anteriormente, a Unidade Habitacional que está sendo analisada localiza-se na cobertura do edifício, possui laje pré-moldada com EPS e telhado em Fibrocimento, como mostra a Figura 18.

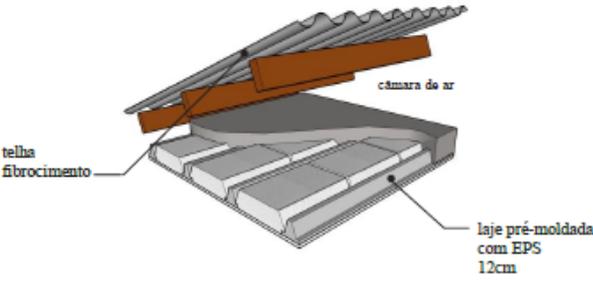
Figura 18 – Planta da cobertura



Fonte: ERALDO CONSTRUÇÕES (2020).

Os valores de transmitância térmica e capacidade térmica da cobertura, pode ser encontrada com a utilização do anexo V do RAC, conforme demonstra a Figura 19.

Figura 19 – Características da cobertura na UH analisada

	Descrição:	15						
	<p>Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + EPS 7cm + argamassa 1cm) Câmara de ar (> 5,0 cm) Telha fibrocimento</p>							
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C_T</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1,52</td> <td style="text-align: center;">145</td> </tr> </tbody> </table>	U	C _T	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	1,52	145	
U	C _T							
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]							
1,52	145							

Fonte: MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR (2013).

Dessa forma, pode-se definir o valor referente à Transmitância Térmica da cobertura (U_{cob}) em 1,52 [W/(m²K)] e da Capacidade térmica da cobertura (C_{cob}) como 145 [kJ/(m²K)]. Além disso, por especificar o material da cobertura em telha de fibrocimento, foi utilizado o anexo V do RAC, para definir uma absorvância aproximada de 61,1.

Não havendo contato com o solo nem estando sobre pilots, a Unidade Habitacional, recebe valor 0 (zero) para este quesito situacional, que significa a ausência do item. Por ter contato com o exterior, a envoltória superior (cobertura) recebe o valor 1 (um).

4.3.4 Característica Construtiva

O item de característica construtiva verifica se os ambientes possuem capacidade térmica baixa (CTbaixa), assim como verifica se possui capacidade térmica alta (CTalta). Para isso, é necessário realizar uma média ponderada das capacidades térmicas das paredes internas, externas e cobertura pelas suas áreas, sem considerar as aberturas. Como o valor resultante nesse caso encontra-se entre 50 e 250 kJ/m²K, o valor atribuído para ambos os itens é 0 (zero). Ou seja, os ambientes não possuem capacidade térmica alta nem baixa.

4.3.5 Situação Inicial da envoltória

Reunindo todas as informações apresentadas em uma planilha de cálculo por método prescritivo, disponibilizada pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), é possível obter a classificação da envoltória de cada ambiente, conforme expressa a Figura 20.

Figura 20 – Situação Inicial da Envoltória da Unidade Habitacional

Zona Bioclimática	ZB	Unidade	ZB2	ZB2	ZB2	ZB2
Ambiente	Identificação	Adimensional	Dormit. 1	Dormit. 2	Suíte	Living
	Área útil do APP	m ²	9,71	7,14	10,02	33,51
Situação do piso e cobertura	Cobertura	Adimensional	1	1	1	1
	Contato com o solo	Adimensional	0	0	0	0
	Sobre Pilotis	Adimensional	0	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	1,52	1,52	1,52	1,52
	CTcob	kJ/m ² .K	145,00	145,00	145,00	145,00
	αcob	Adimensional	0,61	0,61	0,61	0,61
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,46	2,46	2,46	2,46
	CTpar	kJ/m ² .K	150,00	150,00	150,00	150,00
	αpar	Adimensional	0,55	0,55	0,55	0,55
Característica construtiva	CTbaixa	Binário	0	0	0	0
	CTalta	Binário	0	0	0	0
Áreas de paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	0,00	0,00	5,14	4,87
	SUL	m ²	0,00	0,96	0,00	0,57
	LESTE	m ²	3,85	5,74	0,00	0,00
	OESTE	m ²	0,00	0,00	5,07	16,94
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,00	0,00	1,80	5,04
	SUL	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m ²	1,44	1,44	0,00	0,00
	OESTE	m ²	0,00	0,00	0,00	4,74
Características das Aberturas	Fvent	Adimensional	0,45	0,45	0,45	0,56
	Somb	Adimensional	1,00	1,00	1,00	0,00
Características gerais	Área das Paredes Internas	m ²	24,55	20,37	21,68	39,69
	Pé Direito	m ²	2,60	2,60	2,60	2,60
	C altura	Adimensional	0,268	0,364	0,259	0,078
Características de Isolamento Térmico para ZB1 e ZB2	isol	Binário	0	0	0	0
	vid	Binário	0	0	0	0
	Uvid	W/m ² .K	5,7	5,7	5,7	5,7
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	D	D	E	E
			7574	8185	8930	11205
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	B	B	B	A
			18,250	19,167	17,599	10,300
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	E	E	E	Não se aplica 0,00
			28,587	36,715	25,236	

Fonte: LABEEE (2017), adaptado pelos autores.

Dessa forma, é possível observar que as pontuações de Graus-hora para resfriamento, consumo relativo para aquecimento e consumo relativo para refrigeração variam bastante, dependendo do ambiente em que está sendo realizado. A próxima etapa é analisar o cumprimento, ou não, dos pré-requisitos dos ambientes.

4.3.6 Pré-requisitos da envoltória

Encontrado os indicadores de eficiência energética da envoltória, é necessário verificá-la quanto aos pré-requisitos presentes no RTQ-R. Vale ressaltar que os pré-requisitos dependem da Zona Bioclimática em que a edificação se localizará, ou seja, ZB2, no caso em estudo. A Figura 21 reúne as informações da edificação referentes a esse item e indica quais pré-requisitos foram ou não atendidos.

Figura 21 – Situação Inicial dos pré-requisitos

Pré-requisitos da envoltória (por ambiente)					
Ambientes		Dorm. 1	Dorm. 2	Suíte	Living
Paredes externas	CT paredes externas	150	150	150	150
	Upar, CTpar e α par atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim
Cobertura	Ucob, Ctcob e α cob atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim
Fatores para iluminação e ventilação natural	O ambiente é um dormitório?	Sim	Sim	Sim	Não
	Há corredor no Ambiente?	Não	Não	Não	Sim
	Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?				31,06
Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação [m ²]	1,44	1,44	1,44	7,572
	Ai/Auamb (%)	14,83	20,17	14,37	24,38
	Atende 12,5%?	Sim	Sim	Sim	Sim
Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação	0,648	0,648	0,81	3,861
	Av/AUamb (%)	6,67	9,08	8,08	12,43
	Atende % mínima?	Não	Sim	Sim	Sim
	Tipo de abertura	Correr 2 folhas	Correr 2 folhas	Correr 2 folhas	Correr 2 folhas/MaxinA R/Correr 3 folhas
	Abertura passível de fechamento?	Sim	Sim	Sim	Sim
	ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20 °C?	Não	Não	Não	Não
	Atende?	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: LABEEE (2017), adaptado pelos autores.

Em relação às paredes e coberturas, segundo o que consta na tabela 3.1 do RTQ-R, para a Zona Bioclimática 2 é necessário uma transmitância térmica $U \leq 2,50 \text{ W/m}^2.\text{K}$ para paredes e $U \leq 2,30 \text{ W/m}^2.\text{K}$ para cobertura, sendo atendido tanto nas paredes quanto nas coberturas da situação inicial da Unidade Habitacional em Estudo. Já a Capacidade Térmica para ZB2 é requerido $CT \geq 130 \text{ kJ/m}^2.\text{K}$ para paredes, não existindo exigências para coberturas, ou seja, a Unidade Habitacional em estudo também atende a esse item por possuir um CT de $150 \text{ kJ/m}^2.\text{K}$. Na ZB2 não existe exigências de Absortância Solar tanto para as paredes quanto para cobertura e, caso esses itens não tivessem sido atendidos, a UH receberia uma classificação

máxima de C para equivalentes numéricos da envoltória para resfriamento, aquecimento e refrigeração.

Em relação à ventilação natural, todos os ambientes de permanência prolongada precisam atender percentualmente às áreas mínimas de aberturas para a ventilação em relação à área do piso, conforme disposto na Tabela 3.2 do RTQ-R, implicando num máximo de C para o equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento, caso esse item não seja atendido. Como pode ser observado na Figura 21 deste trabalho, o dormitório 1 possui uma porcentagem de abertura de 6,67%, - não atendendo ao mínimo de 8% disposto no RTQ-R para Zona Bioclimática 2, porém, todos os demais ambientes atendem a este pré-requisito. Além disso, vale ressaltar que para as Zonas Bioclimáticas 1 a 7 e às cidades que tenham médias mensais de temperaturas mínimas abaixo de 20 °C, o RTQ-R obriga que as aberturas para ventilação sejam passíveis de fechamento e todos os ambientes atendem a isso.

Quanto à iluminação natural, as únicas obrigações para os ambientes de permanência prolongada são a garantia de pelo menos uma abertura para o exterior, e que o somatório dessas áreas de aberturas para iluminação natural seja maior ou igual a 12,5% da área útil do ambiente. Como pode ser analisado, todos os ambientes atendem a isso.

4.3.7 Pré-requisitos da Unidade Habitacional

Um dos pré-requisitos deste item é a ventilação cruzada, sendo obrigatória e proporcionada por aberturas externas e internas. Como demonstrado na Figura 22 deste trabalho, a UH atende conforme é pré-requisitado, porém, caso não atendesse, poderia atingir um máximo de C na classificação do equivalente numérico da envoltória para resfriamento.

Figura 22 – Análise dos Pré-requisitos da Envoltória da UH

Pré-Requisitos da Envoltória	Medição individual de água?		Sim
	Medição individual de energia?		Sim
	Ventilação Cruzada	Área Aberturas orientação Norte	3,834
		Área Aberturas orientação Sul	0
		Área Aberturas orientação Leste	1,674
		Área Aberturas orientação Oeste	0,837
		A2/A1	0,654929577
		Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25?	Sim
	Banheiros com Ventilação Natural	Nº BWC	2
		Nº Banheiros com ventilação natural	2
Atende 50% ou mais dos banheiros com ventilação natural?		Sim	

Fonte: LABEEE (2017), adaptado pelos autores.

Além disso, o RTQ-R dispõe de outras exigências em relação à Unidade Habitacional de forma Geral, como a medição individual de água e energia (conforme visto anteriormente) e que, pelo menos, 50% dos banheiros tenham ventilação natural. Todos esses pré-requisitos são atendidos já na situação inicial da UH em estudo.

Em consideração a todas informações anteriores e tendo todos os campos da tabela devidamente preenchidos, é possível, por meio da Figura 23, comparar as classificações da envoltória da UH antes e depois da análise de pré-requisitos, bem como seus equivalentes numéricos – obtidos por meio da ponderação com a área útil de cada ambiente.

Figura 23 – Equivalentes numéricos da Envoltória

Pontuação após avaliar os pré-requisitos gerais da UH	Envoltória para Verão	Nota anterior aos pré-requisitos	Nota posterior ao pré-requisito de ventilação cruzada
		E	E
	Envoltória para inverno	1,28	1,28
		A	A
	Envoltória se Refrigerada Artificialmente	4,55	4,55
		E	E
Pontuação após avaliar todos os pré-requisitos	Equivalente numérica da envoltória da UH	Nota anterior aos pré-requisitos gerais e ao pré-requisito dos banheiros com ventilação natural	Nota final da envoltória da UH
		C	C
		3,11	3,11

Fonte: LABEEE (2017), adaptado pelos autores.

Sendo assim, apesar dos pré-requisitos atendidos, as classificações da envoltória não mudaram em nenhuma situação, recebendo uma nota final de C.

4.3.8 Bonificações

São considerados como bonificações, tecnologias e metodologias construtivas que aumentem a eficiência e sustentabilidade da edificação, como, por exemplo, utilização adequada da iluminação natural, uso racional de água, entre outros. Somadas, elas podem aumentar a classificação geral da edificação em até 1 ponto (Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 2012).

A análise das bonificações dos ambientes pode ser vista na Figura 24, onde visualiza-se que algumas bonificações são aplicáveis já na situação inicial da Unidade Habitacional. Na iluminação natural, ambos os itens de bonificação são atendidos, tanto a profundidade dos ambientes quanto a refletância do teto.

Figura 24 – Bonificações

(Continua)

Bonificações			
Bonificação Ventilação Natural	Porosidade	ATAVN (m ²)	3,834
		AATVS (m ²)	0
		AATVL (m ²)	1,674
		AATVO (m ²)	0,837
		ATFN (m ²)	22,31
		ATFS (m ²)	0
		ATFL (m ²)	24,05
		ATFNO (m ²)	21,68
		Pavimento da UH	9 ou mais
		Porosidade a Atender	10,0%
		Porosidade Norte	17,2%
		Porosidade Sul	0,0%
		Porosidade Leste	7,0%
		Porosidade Oeste	3,9%
		Atende pelo menos 2 fachadas?	Não
		Bonificação	0
	Dispositivos Especiais	Todos os APP apresentam dispositivos especiais?	Não
		Quais dispositivos?	
		Bonificação	0
	Centro Geométrico	Todos os APP apresentam abertura com centro geométrico entre 0,40 e 0,70m?	Não
Bonificação		0	
Permeabilidade	Todos APP apresentam abertura intermediária com área livre $\geq 30\%$ da área da abertura?	Não	
	Bonificação	0	
Bonificação Iluminação Natural	Profundidade	50%+1 dos APP, cozinha e lavanderia atendem $p \leq 2,4$. ha?	Sim
		Bonificação	0,2
	Refletância do Teto	Todos os APP, cozinha e lavanderia apresentam refletância do teto maior que 0,6?	Sim
		Bonificação	0,1

(Continuação)

Bonificações			
Outras Bonificações	Uso Racional de Água	Bonificação de uso racional de água	0,04
	Condicionamento Artificial de Ar	Bonificação de condicionamento artificial de ar	0
	Iluminação Artificial	Porcentagens das fontes de iluminação artificial com eficiência superior a 75 lm/W ou com Selo Procel (em todos os ambientes)	Menos de 50%
		Bonificação	0
	Ventiladores no Teto	Ventiladores de teto com Selo Procel em 2/3 dos ambientes de permanência prolongada?	Não
		Bonificação	0
	Refrigeradores	Apresenta refrigerador(es) com ENCE nível A ou Selo Procel?	Não
		Garante as condições adequadas de instalação conforme recomendações do fabricante?	Sim
		Bonificação	0
	Medição Individualizada de Aquecimento de Água	Apresenta medição individualizada de água quente?	Sim
		Bonificação	0,1
	Total de bonificações		0,44

Fonte: LABEEE (2017), adaptado pelos autores.

Para a bonificação referente à profundidade dos ambientes, no mínimo 50%+1 dos ambientes de permanência prolongada, cozinha e lavanderia precisam atender a Equação.

Equação – Profundidade de ambientes

$$P \leq 2,4 \times H_a$$

Onde:

P = Profundidade do ambiente (m)

H_a = Distância medida entre o piso e a altura máxima da abertura para iluminação (m), excluindo caixilhos.

Por atender a esse requisito, a Unidade Habitacional recebe um bônus de 0,2 na pontuação final.

Em relação à refletância do teto, por ter todos os ambientes com refletância superior a 0,6, a UH recebe um bônus de 0,1.

O uso racional da água é outro item que conta pontos para as bonificações, sendo ele calculado a partir da equação.

Equação – Bonificação de economia de água

$$B3 = 0,07 \times \left(\frac{BSAP}{BS} \right) + 0,04 \times \left(\frac{BSE}{BS} \right) + 0,04 \times \left(\frac{CHE}{CH} \right) + 0,02 \times \left(\frac{TE}{T} \right) + 0,03 \times \left(\frac{OUTROS AP}{OUTROS} \right)$$

Onde:

b3: bonificação de uso racional de água;

BSAP: quantidade de bacias sanitárias atendidas por água pluvial;

BS: quantidade de bacias sanitárias existentes;

BSE: quantidade de bacias sanitárias com sistema de descarga com duplo acionamento;

CHE: quantidade de chuveiros com restritor de vazão;

CH: quantidade de chuveiros existentes;

TE: quantidade de torneiras com arejador de vazão constante (6 litro/minuto), regulador de vazão ou restritor de vazão;

T: quantidade de torneiras existentes na UH, excluindo as torneiras das áreas de uso comum;

OUTROSAP: quantidade de outros pontos atendidos por água pluvial, excluindo bacias sanitárias.

A UH em estudo possui dois banheiros com uma bacia sanitária em cada um deles, ambas com sistema de descarga com duplo acionamento. Desta forma, somamos 0,04 pontos para esse item.

O quarto item de bonificação no qual a UH se enquadra é o referente à medição individualizada de aquecimento de água. Atendendo esse requisito, inclui 0,1 pontos de bonificação. Sendo assim, a pontuação final de bonificação para a Unidade Habitacional em estudo é de 0,44 pontos.

No item de ventilação natural nenhuma bonificação é aplicável, pois a UH não atende à porosidade em um mínimo de duas fachadas, de modo a não possuir dispositivos

especiais - como venezianas móveis ou torres de vento, em todos os ambientes de permanência prolongada. Além disso, as bonificações de Centro Geométrico das aberturas e permeabilidade dos ambientes de permanência prolongada também não são atendidas.

4.3.9 Sistema de Aquecimento de água

O edifício em estudo possuirá, em todas as suas unidades habitacionais, a instalação para um sistema de aquecimento de água a gás por passagem. Sendo assim, conforme a Figura 25, considera-se um aquecedor instantâneo, certificado pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem com classificação “A”, com vazão aproximada de 22,5 litros/minuto e potência nominal de 32 465 kcal/h. Dessa maneira, segundo o RTQ-R, para o nível de eficiência A, utiliza-se “5” como respectivo Equivalente Numérico (EqNum) (RINNAI, 2020).

Figura 25 – Análise do aquecimento de água

(Continua)

Pré-requisitos do sistema de aquecimento de água	As tubulações para água quente são apropriadas para a função de condução a que se destinam e atendem às normas técnicas de produtos aplicáveis?	Sim
	A edificação possui sistema de aquecimento de água?	Sim
	A edificação pertence a região Norte ou Nordeste?	Não
	O sistema apresenta aquecimento solar?	Não
	A estrutura do reservatório apresenta resistência térmica maior ou igual a $2,20(\text{m}^3\text{K})/\text{W}$?	Não
	Atende?	Sim
	As tubulações para água quente são metálicas?	Não
	A condutividade térmica da tubulação está entre 0,032 e 0,040 $\text{W}/(\text{mK})$?	Sim
	Diâmetro nominal da tubulação (cm)	3,2
	Espessura de isolamento (cm)	1

(Continuação)

Pré-requisitos do sistema de aquecimento de água	Condutividade do material alternativo à temperatura média indicada para a temperatura da água (W/mK)	
	Atende?	Sim
	A maior classificação que a UH pode atingir em aquecimento de água é:	A

Sistema de aquecimento a Gás	Pré-requisito: os aquecedores a gás do tipo instantâneo e de acumulação possuem ENCE A ou B?	Sim
	Potência do sistema de aquecimento e volume de armazenamento dentro da variação de + ou - 20%?	Sim
	Demanda	100
	Classificação	A
		5

Nota final para o aquecimento de água	A
	5,00

Fonte: LABEEE (2017), adaptado pelos autores.

4.3.10 Classificação final da UH na situação inicial

Em razão ao levantamento e consideração de todos os pré-requisitos dos ambientes e da UH como um todo, juntamente com todas as bonificações aplicáveis, a Unidade Habitacional obteve as classificações descritas na figura 26, tendo uma pontuação final de 4,21;

ou seja, já em sua situação inicial é possível classificá-la em B, apesar de possuir envoltória para verão e envoltória se refrigerada artificialmente, ambas com classificação E.

Figura 26 – Análise da classificação final da UH

Pontuação Total	Identificação	
	Envoltória para Verão	E 1,28
	Envoltória para Inverno	A 4,55
	Aquecimento de Água	A 5,00
	Equivalente numérico da envoltória	C 3,11
	Envoltória se refrigerada artificialmente	E 1,00
	Bonificações	0,44
	Região	Sul
	Coeficiente a	0,65
	Classificação final da UH	B
Pontuação final	4,21	

Fonte: LABEEE (2017), adaptado pelos autores.

4.4 ESTUDO DAS MODIFICAÇÕES NO PROJETO

Apesar de a situação inicial apresentar classificação geral B e 4,21 pontos - o que não é ruim, tanto a envoltória para o verão quanto a envoltória se refrigerada artificialmente, obtiveram uma classificação E com equivalentes numéricos de 1,28 e 1,00, respectivamente, conforme visto na Figura 26. As alterações escolhidas e descritas a seguir tiveram como premissa a conquista da classificação final A e o melhoramento da situação destes itens, sem que para isso seja necessário utilizar metodologias construtivas muito complexas.

4.4.1 Alterações nas paredes

Com o objetivo de melhorar o desempenho da envoltória da UH, optou-se por alterar a espessura das paredes utilizando tijolo de 9 furos, conforme demonstra a Figura 27, obtida no Anexo V do RAC.

Figura 27 – Situação final das paredes

	Descrição:	14						
	Argamassa interna (2,5cm) Bloco cerâmico (14,0 x 19,0 x 29,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)							
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C_T</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,85</td> <td>161</td> </tr> </tbody> </table>	U	C_T	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	1,85	161	
U	C_T							
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]							
1,85	161							

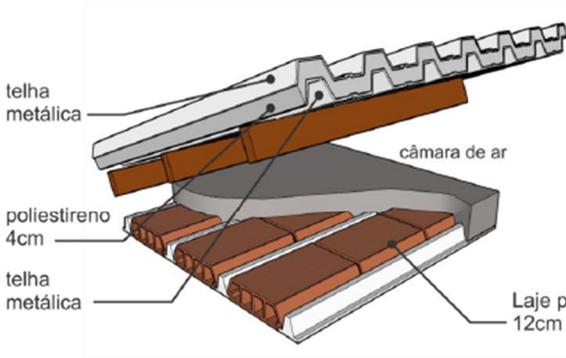
Fonte: MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR (2013).

Além disso, a cor da pintura externa também foi alterada para uma cor mais clara, definida no Anexo V do RAC como “Vanila”, com uma absorvância de 23,9. Os Valores de transmitância térmica das paredes (U_{par}) e capacidade térmica das paredes (C_{Tpar}), ficaram com os valores de 1,85 W/(m²K) e 161 KJ/(m²K), respectivamente.

4.4.2 Alterações na cobertura

Para a cobertura, a laje pré-moldada com EPS e telhado em fibrocimento, considerada inicialmente, foi alterada para laje pré-moldada com tijolo cerâmico e telhado termoacústico, conforme pode ser observado na Figura 28. Essa cobertura possui telhas metálicas, preenchidas por uma camada de material com propriedade termoisolante (poliestireno, neste caso). Sua principal vantagem em relação à telhados convencionais, como no caso das telhas cerâmicas, é seu isolamento térmico e acústico aprimorado, além de apresentarem considerável leveza (BARRETO, 2020).

Figura 28 – Situação final da cobertura

Descrição:		21
		
<p>Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + EPS 7cm + argamassa 1cm) Câmara de ar (> 5,0 cm) Telha metálica* 0,1cm Poliestireno 4,0cm Telha metálica* 0,1cm</p>		
<p>* A transmitância térmica independe se a telha tem formato trapezoidal ou ondulada</p>		
U	C _T	
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	
0,65	176	

Fonte: MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR (2013).

Dessa maneira, segundo as informações presentes no Anexo V do RAC e conferidas na Figura 28, a transmitância térmica da cobertura (U_{cob}) e a capacidade térmica da cobertura (C_{Tcob}) ficaram definidas com os valores de 0,65 W/(m²K) e 176 KJ/(m²K), respectivamente. Além disso, a cor da cobertura foi alterada para amarelo canário, com absorvância de 25,2.

4.4.3 Situação final da envoltória e pré-requisitos da envoltória

Com a definição das alterações na envoltória e obtenção dos seus respectivos valores, conforme descrito nos itens 4.4.1 e 4.4.2, bem como a alteração desses itens na planilha de cálculo, a situação obtida é evidenciada através da Figura 29:

Figura 29 – Situação Final da envoltória da unidade Habitacional

Zona Bioclimática	ZB	Unidade	ZB2	ZB2	ZB2	ZB2
Ambiente	Identificação	Adimensional	Dormit. 1	Dormit. 2	Suíte	Living
	Área útil do APP	m ²	9,71	7,14	10,02	33,51
Situação do piso e cobertura	Cobertura	Adimensional	1	1	1	1
	Contato com o solo	Adimensional	0	0	0	0
	Sobre Pilotis	Adimensional	0	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,65	0,65	0,65	0,65
	CTcob	kJ/m ² .K	176,00	176,00	176,00	176,00
	αcob	Adimensional	0,25	0,25	0,25	0,25
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	1,85	1,85	1,85	1,85
	CTpar	kJ/m ² .K	161,00	161,00	161,00	161,00
	αpar	Adimensional	0,24	0,24	0,24	0,24
Característica construtiva	CTbaixa	Binário	0	0	0	0
	CTalta	Binário	0	0	0	0
Áreas de paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	0,00	0,00	5,14	4,87
	SUL	m ²	0,00	0,96	0,00	0,57
	LESTE	m ²	5,29	5,74	0,00	0,00
	OESTE	m ²	0,00	0,00	5,07	16,94
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,00	0,00	1,80	5,04
	SUL	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m ²	1,44	1,44	0,00	0,00
	OESTE	m ²	0,00	0,00	0,00	4,74
Características das Aberturas	Fvent	Adimensional	0,45	0,45	0,45	0,56
	Somb	Adimensional	1,00	1,00	1,00	0,00
Características gerais	Área das Paredes Internas	m ²	24,55	20,37	21,68	39,69
	Pé Direito	m ²	2,60	2,60	2,60	2,60
	C altura	Adimensional	0,268	0,364	0,259	0,078
Características de Isolamento Térmico para ZB1 e ZB2	isol	Binário	0	0	0	0
	vid	Binário	0	0	0	0
	Uvid	W/m ² .K	5,7	5,7	5,7	5,7
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	C	C	D	D
			5523	6105	6551	7279
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	B	B	B	A
			25,241	28,304	24,464	12,750
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	C	D	C	Não se aplica 0,00
			15,202	19,297	11,849	

Fonte: LABEEE (2017), adaptado pelos autores.

Desta maneira, vários ambientes tiveram melhoras consideráveis. Em relação ao indicador de graus-hora para resfriamento, os dormitórios 1 e 2 tiveram suas classificações alteradas de D para C. E, a suíte e living, que antes tinham ambas a classificação E, agora possuem classificação D.

No consumo relativo para aquecimento, todos os dormitórios, incluindo suíte, já possuíam classificação B e o ambiente de living possuía classificação A. Após as alterações, essas classificações se mantiveram.

No campo de consumo relativo para refrigeração, que anteriormente possuía classificação E para todos os ambientes aplicáveis (dormitórios e suíte), agora é atribuído classificação C para dormitório 1 e suíte, e D para o dormitório 2.

Para os pré-requisitos da envoltória não houve mudanças quanto aos itens que foram ou não atendidos, conforme demonstra a Figura 30.

Figura 30 – Situação Final dos Pré-requisitos da envoltória

Pré-requisitos da envoltória (por ambiente)					
Ambientes		Dorm. 1	Dorm. 2	Suíte	Living
Paredes externas	CT paredes externas	161	161	161	161
	Upar, CTpar e apar atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim
Cobertura	Ucob, Ctcob e acob atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim
Fatores para iluminação e ventilação natural	O ambiente é um dormitório?	Sim	Sim	Sim	Não
	Há corredor no Ambiente?	Não	Não	Não	Sim
	Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?				31,06
Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação [m ²]	1,44	1,44	1,44	7,572
	Ai/Auamb (%)	14,83	20,17	14,37	24,38
	Atende 12,5%?	Sim	Sim	Sim	Sim
Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação	0,648	0,648	0,81	3,861
	Av/AUamb (%)	6,67	9,08	8,08	12,43
	Atende % mínima?	Não	Sim	Sim	Sim
	Tipo de abertura	Correr 2 folhas	Correr 2 folhas	Correr 2 folhas	Correr 2 folhas/MaxinA R/Correr 3 folhas
	Abertura passível de fechamento?	Sim	Sim	Sim	Sim
	ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20 °C?	Não	Não	Não	Não
	Atende?	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: LABEEE (2017), adaptado pelos autores.

Sendo assim, os pré-requisitos das paredes externas e cobertura continuaram sendo atendidos em todas as áreas de permanência prolongada e o pré-requisito de iluminação natural permaneceu presente em todos os ambientes. A ventilação natural do dormitório 1 continuou não sendo atendida, pois não foi proposto uma mudança nas aberturas externas, desta forma pode-se observar a importância de as aberturas possuírem tamanho mínimo para garantir que sejam bem ventiladas. Todos os demais ambientes já apresentavam o percentual de ventilação natural atendidos no início, e isso se manteve. Por fim, todas as aberturas continuam sendo passíveis de fechamento.

4.4.4 Situação final dos pré-requisitos da Unidade Habitacional

Para os pré-requisitos da Unidade Habitacional também não ocorreram mudanças, conforme é visto na Figura 31. Todos os itens que haviam sido atendidos já na situação inicial permaneceram da mesma forma, tanto a ventilação cruzada quanto o pré-requisito de banheiros com ventilação natural.

Figura 31 – Análise dos Pré-requisitos da Envoltória

Pré-Requisitos da Envoltória	Medição individual de água?		Sim
	Medição individual de energia?		Sim
	Ventilação Cruzada	Área Aberturas orientação Norte	3,834
		Área Aberturas orientação Sul	0
		Área Aberturas orientação Leste	1,674
		Área Aberturas orientação Oeste	0,837
		A2/A1	0,654929577
	Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25?		Sim
	Banheiros com Ventilação Natural	Nº BWC	2
		Nº Banheiros com ventilação natural	2
Atende 50% ou mais dos banheiros com ventilação natural?		Sim	

Fonte: LABEEE (2017), adaptado pelos autores.

Sendo assim, na situação modificada da UH, os valores finais de equivalentes numéricos da envoltória e suas respectivas classificações permaneceram iguais antes e após a análise dos pré-requisitos da UH, conforme mostra a Figura 32.

Figura 32 – Equivalentes numéricos da Envoltória

Pontuação após avaliar os pré-requisitos gerais da UH	Envoltória para Verão	Nota anterior aos pré-requisitos	Nota posterior ao pré-requisito de ventilação cruzada
		D	D
		2,28	2,28
Pontuação após avaliar todos os pré-requisitos	Envoltória para inverno	A	A
		4,55	4,55
Pontuação após avaliar todos os pré-requisitos	Envoltória se Refrigerada Artificialmente	C	C
		2,73	2,73
Pontuação após avaliar todos os pré-requisitos	Equivalente numérica da envoltória da UH	Nota anterior aos pré-requisitos gerais e ao pré-requisito dos banheiros com ventilação natural	Nota final da envoltória da UH
		B	B
		3,55	3,55

Fonte: LABEEE (2017), adaptado pelos autores.

A Envoltória para o Verão, que no início possuía uma classificação E antes e após a análise desses pré-requisitos, agora possui uma classificação D, com 2,28 pontos. A Envoltória para o Inverno permaneceu igual à situação inicial, com 4,55 pontos e classificação A e, por fim, a Envoltória se Refrigerada Artificialmente passou de classificação E para classificação C, com 2,73 pontos

4.4.5 Alterações nas bonificações

Para melhorar a classificação final da Unidade Habitacional, bem como sua sustentabilidade, este campo recebeu alterações, conforme é visto na Figura 33, que demonstra a situação final das bonificações; ou seja, após aplicadas as mudanças.

Figura 33 – Situação das bonificações após alterações

(Continua)

Bonificações			
Bonificação Ventilação Natural	Porosidade	ATAVN (m ²)	3,834
		AATVS (m ²)	0
		AATVL (m ²)	1,674
		AATVO (m ²)	0,837
		ATFN (m ²)	22,31
		ATFS (m ²)	0
		ATFL (m ²)	24,05
		ATFNO (m ²)	21,68
		Pavimento da UH	9 ou mais
		Porosidade a Atender	10,0%
		Porosidade Norte	17,2%
		Porosidade Sul	0,0%
		Porosidade Leste	7,0%
		Porosidade Oeste	3,9%
		Atende pelo menos 2 fachadas?	Não
	Bonificação	0	
	Dispositivos Especiais	Todos os APP apresentam dispositivos especiais?	Não
		Quais dispositivos?	
		Bonificação	0
	Centro Geométrico	Todos os APP apresentam abertura com centro geométrico entre 0,40 e 0,70m?	Não
Bonificação		0	
Permeabilidade	Todos APP apresentam abertura intermediária com área livre $\geq 30\%$ da área da abertura?	Não	
	Bonificação	0	
Bonificação Iluminação Natural	Profundidade	50%+1 dos APP, cozinha e lavanderia atendem $p \leq 2,4$. ha?	Sim
		Bonificação	0,2
	Refletância do Teto	Todos os APP, cozinha e lavanderia apresentam refletância do teto maior que 0,6?	Sim
		Bonificação	0,1

(Continuação)

Bonificações				
Outras Bonificações	Uso Racional de Água	Bonificação de uso racional de água	0,17	
	Condicionamento Artificial de Ar	Bonificação de condicionamento artificial de ar	0	
	Iluminação Artificial	Porcentagens das fontes de iluminação artificial com eficiência superior a 75 lm/W ou com Selo Procel (em todos os ambientes)		De 50% a 99%
		Bonificação		0,05
	Ventiladores no Teto	Ventiladores de teto com Selo Procel em 2/3 dos ambientes de permanência prolongada?		Não
		Bonificação		0
	Refrigeradores	Apresenta refrigerador(es) com ENCE nível A ou Selo Procel?		Não
		Garante as condições adequadas de instalação conforme recomendações do fabricante?		Sim
		Bonificação		0
	Medição Individualizada de Aquecimento de Água	Apresenta medição individualizada de água quente?		Sim
		Bonificação		0,1
	Total de bonificações			0,62

Fonte: LABEEE (2017), adaptado pelos autores.

A bonificação referente à profundidade dos ambientes permaneceu inalterada, somando 0,2 pontos na pontuação final, assim como a bonificação de refletância do teto, com 0,1 pontos. A medição individualizada de água quente não se alterou, garantindo mais 0.1 pontos.

Em relação as bonificações que sofreram alterações, encontra-se aquela referente ao uso racional de água, que agora possui 0,17 pontos ao invés de 0,04 - adquirida na situação inicial. Isso foi possível graças a consideração de alguns dispositivos de economia de água que não estavam previstos no projeto. Dentre eles estão a utilização de água pluvial para o atendimento das duas bacias sanitárias; utilização de restritores de vazão nos dois chuveiros; e arejadores nas torneiras de ambos os banheiros e cozinha, garantindo uma vazão de 6 litros/minuto em cada uma.

Além disso, considerou-se que entre 50% a 99% das fontes de iluminação artificial possuam Selo Procel, o que é suficiente para que a UH receba um bônus de 0,05 pontos na classificação final. Dessa maneira, somando todas as bonificações aplicáveis à unidade habitacional após a realização das alterações, é encontrado o valor de 0,62, sendo esse aplicado à pontuação final.

4.4.6 Situação final da UH após as modificações

Por fim, após a aplicação de todas as alterações das tecnologias construtivas na planilha de cálculo da certificação, se obteve o que pode ser conferido na Figura 34. Vale ressaltar neste ponto, que o Aquecimento de Água não teve qualquer alteração, permanecendo a tecnologia de aquecimento a gás, conforme demonstra o Item 4.3.9.

Figura 34 – Análise da classificação final da UH

Pontuação Total	Identificação	
	Envoltória para Verão	D
		2,28
	Envoltória para Inverno	A
		4,55
	Aquecimento de Água	A
		5,00
	Equivalente numérico da envoltória	B
		3,55
	Envoltória se refrigerada artificialmente	C
	2,73	
Bonificações	0,62	
Região	Sul	
Coeficiente a	0,65	
Classificação final da UH		A
Pontuação final		4,68

Fonte: LABEEE (2017), adaptado pelos autores.

Analisando a Pontuação Total Final de cada item separadamente, têm-se a seguinte situação: a classificação final da Envoltória para Verão ficou definida como D, com um equivalente numérico de 2,28 pontos; a Envoltória para Inverno, com classificação A e 4,55 pontos; o Aquecimento de água com 5,00 pontos e nível A; o Equivalente numérico da Envoltória teve 3,55 pontos, com nível B; a Envoltória se Refrigerada Artificialmente ficou com 2,73 pontos e nível C; e, por fim, a Unidade Habitacional conseguiu uma bonificação de 0,65 pontos.

Levando em consideração todos os valores, com seus respectivos pesos, a planilha faz o cálculo automático do Equivalente Numérico final da UH, demonstrando 4,68 pontos e atingindo a classificação A.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho abordou o contexto geral dos sistemas de certificação ambiental das construções civis, apresentando 5 das mais utilizadas no Brasil e no mundo, dentre estas encontram-se a certificação LEED, Selo Casa Azul, AQUA/HQE, EDGE e Selo Procel Edifica. Além disso, reuniu informações sobre suas origens, requisitos e formas de aplicação.

Dessa maneira, foi possível observar que apesar de possuírem diferenças bastante significativas, seja na questão técnica ou burocrática, todas possuem o mesmo objetivo que é, principalmente, promover materiais que garantam o consumo consciente dos recursos naturais, bem como tecnologias construtivas que não somente tenham um bom desempenho, como também promovam a redução de resíduos da construção e economia no uso de água e energia elétrica durante a vida útil da edificação.

Em seguida, foi realizado um estudo sobre algumas das tecnologias sustentáveis mais utilizadas, não apenas no contexto das certificações ambientais, mas na construção civil de forma geral, que garantam a sustentabilidade ambiental e redução de custos de moradia.

Para demonstrar a aplicação prática de uma das certificações, foi escolhida aquela que possui características que mais se adaptam à realidade brasileira - o Selo Procel Edifica. Este foi utilizado tendo como foco de aplicação uma Unidade Habitacional da Cobertura de um projeto residencial multifamiliar, que está em fase de aprovação e localizar-se-á na rua Eng^o Sá Rocha, na cidade de Laguna/SC.

Após análise do projeto, os valores e características pertinentes à certificação foram introduzidos em uma planilha de cálculo prescritivo, disponibilizada pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina. Como resultado, é importante notar que a situação inicial do projeto já garantiu uma boa classificação, chegando ao nível B como pontuação geral e, inclusive, com nível A na Envoltória para o Inverno e para aquecimento de Água; especialmente em decorrência ao Sistema de Aquecimento à gás por passagem, que não apresenta dificuldades para que se use um aparelho com Selo Procel de nível A. Porém, teve notas baixas no desempenho da Envoltória para o verão e refrigeração artificial, com classificação E em ambos.

Para melhorar a situação, foram estudadas várias opções de mudanças desde tecnologias construtivas e materiais da envoltória, pequenas mudanças arquitetônicas, bonificações e, inclusive, alterações das cores externas da Unidade Habitacional. Dessa maneira, foram escolhidas aquelas que não necessariamente teriam o melhor desempenho possível, mas que atingissem o objetivo - conseguir classificação A, melhorando os itens que

tiveram notas baixas sem que fosse preciso grandes alterações arquitetônicas ou emprego de tecnologias complexas. Para tornar-se possível, foram escolhidas algumas alterações nas paredes externas e cobertura, bem como melhora nas bonificações.

Nas paredes, foi alterado a alvenaria inicial com tijolo de 6 furos para o de 9 furos, com valores de Transmitância Térmica e Capacidade Térmica que tornou o seu desempenho térmico mais eficiente. Além disso, foi prevista a alteração da cor externa para um tom mais claro, que possibilitou uma mudança bastante significativa no valor da Absortância.

Na cobertura, a alteração seguiu os mesmos princípios das paredes externas, com a retirada do telhado em fibrocimento que deu lugar à uma cobertura com telhado termoacústico e cor mais clara que a situação inicial. Essas alterações também possibilitaram uma melhora nos valores referentes à Transmitância, Capacidade térmica e Absortância.

No campo de bonificações foi melhorado o uso racional da água - após a consideração de dispositivos de economia de água adicionais, e o item de iluminação artificial recebeu um aumento no percentual de fontes de iluminação com Selo Procel. Essas alterações aumentaram a pontuação de bonificação de 0,44 para 0,62.

Dessa forma, como resultado final do trabalho, foi possível alterar a pontuação geral dada à Unidade Habitacional pela Certificação de 4,21 para 4,68 pontos. Apesar de não parecer muito relevante à princípio, foi suficiente para elevar a classificação final de B para A e melhorar o nível de sustentabilidade obtido em três itens analisados pelo método prescritivo, melhorando aqueles que haviam tido a classificação E, inclusive, chegando a elevar dois níveis da pontuação no caso da Envoltória se Refrigerada Artificialmente.

Ademais, uma ampliação no emprego de tecnologias que utilizem recursos renováveis pode ser possível ao se pensar no edifício inteiro; como a aplicação de energia solar e sensores de presença na iluminação de áreas de uso coletivo, utilização da água pluvial para limpeza de áreas externas e alterações nos tamanhos, formatos ou localizações das aberturas externas para, assim, permitir uma melhora na questão da ventilação, iluminação, entre outros.

Se tais questões forem pensadas já na etapa de concepção dos projetos de engenharia e arquitetura, é possível a tomada de decisões de maneira à permitir um equilíbrio entre a evolução da sustentabilidade e eficiência energética do edifício, com os custos atrelados à questão ambiental, o que pode tornar a aplicação da certificação mais viável técnica e financeiramente.

Para propor uma sugestão de aperfeiçoamento do estudo e continuação do trabalho, pode ser evidenciado o fato de que a aplicação do Selo Procel Edifica se deu apenas em uma Unidade Habitacional de um edifício multifamiliar com 10 pavimentos. Sendo assim, um

próximo estudo poderia prever a análise do edifício como um todo, inclusive os demais tipos de apartamentos existentes e áreas de uso comum.

REFERÊNCIAS

- ARCHANJO, Caroline. **Aproveitamento de água pluvial: Como unir sustentabilidade e economia.** 2018. Disponível em: https://fluxoconsultoria.poli.ufrj.br/blog/energia-e-sustentabilidade/aproveitamento-de-agua-da-chuva/?gclid=EA1aIQobChMI0pTmlsC65QIVgYnICh3DIgktEAAYASAAEgK7HPD_BwE. Acesso em: 27 out. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** Rio de Janeiro, 2003. 23 p. Disponível em: http://sinop.unemat.br/site_antigo/prof/foto_p_downloads/fot_9080nby_15220_pdf.pdf. Acesso em: 27 out. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15527: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos.** 2º ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2019. 10 p.
- 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. Disponível em: http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/K%C3%A1ssiaHB_disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf. Acesso em: 29 out. 2019.
- BARRETO, Nathália. **16 tipos de telhas para todos tipos de projeto.** Tua Casa, 2020. Disponível em: <https://www.tuacasa.com.br/tipos-de-telhas/>. Acesso em 13 jul. 2020
- BAVARESCO, Mateus Vinícius; GHISI, Eneidir. **Métodos de avaliação de eficiência energética por consumo global e energia primária.** 2016. Disponível em: http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/downloads/201602_Bavaresco_Ghisi.pdf. Acesso em: 22 out. 2019.
- BIOCLIMATISMO. **Zoneamento Bioclimático Brasileiro.** 201?. Disponível em <http://bioclimatismo.com.br/bioclimatismo/zoneamento-bioclimatico-brasileiro/>. Acesso em 12 mai. 2020
- BRAGA, Gabriela Izeppi. **Aproveitamento da água da chuva em edificação multifamiliar Florianópolis-SC.** 2017. 50 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017. Disponível em <https://riuni.unisul.br/handle/12345/3778> . Acesso em: 04 abr. 2019.
- CARDOSO, Francisco Ferreira; PRADO, Racine Tadeu Araújo; JOHN, Vanderley M. **Agenda do Empreendimento.** In: CAIXA. **Selo Casa Azul: Boas Práticas para Habitação Mais Sustentável.** São Paulo: Páginas & Letras, 2010. p. 29. Disponível em: http://www.caixa.gov.br/Downloads/selo_casa_azul/Selo_Casa_Azul.pdf. Acesso em: 20 set. 2019.
- CASTRO, Laís Costa e. **Análise comparativa para geração de energia heliotérmica em diferentes regiões brasileiras.** 2016. Relatório (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica,

Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: <http://bdm.unb.br/handle/10483/13369>. Acesso em: 20 out. 2019.

CHAGURI JUNIOR, José Jorge. **Sistemas prediais de aquecimento de água a GÁS: parâmetros de dimensionamento e gerenciamento**. 2009. 104 f. Dissertação (Mestrado em Energia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ELETROBRAS. **Manual para Aplicação do RAC: Residencial**. Brasil, 2013. 141p. Disponível em: http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/Manual_RACR_0.pdf. Acesso em 15 fev. 2020.

ELETROBRAS. **Manual para Aplicação do RTQ-R: Residencial**. Brasil, 2012. 202p. Disponível em: http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/Manual_de_aplicação_do_%20RTQ-R-v01.pdf. Acesso em 15 fev. 2020.

FEIJO, Claudio Cabral; FRANÇA, Sérgio Luiz Braga; CAETANO, Franchiesco Bittencourt França. **ANÁLISE DE TÉCNICAS CONSTRUTIVAS SUSTENTÁVEIS PARA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. ESTUDO DE CASO EM SERVIÇOS DE EDIFÍCIO RESIDENCIAL**. IX Congresso Nacional de Excelência em Gestão, Rio de Janeiro, jun. 2013. Disponível em: http://www.inovarse.org/sites/default/files/T13_0574_3534.pdf. Acesso em: 24 out. 2019.

FERREIRA, Camila C.; SOUZA, Roberta V.. **INVESTIGAÇÃO SOBRE O POTENCIAL DE ECONOMIA DE ENERGIA DA ILUMINAÇÃO NATURAL**. Natal, set. 2009. X ENCONTRO NACIONAL E VI ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Roberta_Souza3/publication/270282373_INVESTIGACAO_SOBRE_O_POTENCIAL_DE_ECONOMIA_DE_ENERGIA_DA_ILUMINACAO_NATURAL/links/54a68ec20cf256bf8bb682ea/INVESTIGACAO-SOBRE-O-POTENCIAL-DE-ECONOMIA-DE-ENERGIA-DA-ILUMINACAO-NATURAL.pdf. Acesso em: 20 out. 2019.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto Térmico**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001. 243 p. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/18350/material/ManualConfortoTERMICO.pdf>. Acesso em: 27 out. 2019.

FUNDAÇÃO VANZOLINI (Brasil). **Certificação AQUA-HQE em detalhes**. 2015. Disponível em: <https://vanzolini.org.br/aqua/certificacao-aqua-em-detalhes/>. Acesso em: 21 set. 2019.

FUNDAÇÃO VANZOLINI (Brasil). **Certificação AQUA-HQE**. 2015. Disponível em: <https://vanzolini.org.br/aqua/certificacao-aqua-hqe/>. Acesso em: 21 set. 2019.

FUNDAÇÃO VANZOLINI (Brasil). **Certifique o seu empreendimento**. 2015. Disponível em: <https://vanzolini.org.br/aqua/certifique-o-seu-empreendimento/>. Acesso em: 21 set. 2019.

GBC BRASIL. **Certificação LEED**. São Paulo: GBC Brasil, [201-]. Disponível em: <https://www.gbcbrasil.org.br/certificacao/certificacao-leed/>. Acesso em: 17 setembro 2019.

GBCI. Casas. 201?. Aplicativo web da certificação EDGE. Disponível em: <https://app.edgebuildings.com/project/homes>. Acesso em: 31 out. 2019.

GBCI. **EDGE**. 2019. Disponível em: <https://www.edgebuildings.com/marketing/edge/?lang=pt-pt#toggle-id-4>. Acesso em: 24 set. 2019.

GBCI. **EDGE**: Construções sustentáveis para um mundo melhor. 10 p. Disponível em: <https://gbc-edge.s3.amazonaws.com/edge-online/s3fs-public/resources/gbc-edge-brochure-portuguese.pdf>. Acesso em: 29 set. 2019. Local? Data?

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

GUIMARÃES, Ana Paula Cardoso et al. **CARACTERIZAÇÃO DE LOCALIDADES DO SEMI-ÁRIDO PARA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA PILOTO HELIOTÉRMICO DE GERAÇÃO ELÉTRICA**. Belém, set. 2010. III Congresso Brasileiro de Energia Solar. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/artigo/III-CBENS/68987.pdf>. Acesso em: 20 out. 2019.

JOHN, Vanderley M.; PRADO, Racine Tadeu Araújo (Coord.). Como obter o Selo Casa Azul. In: BRASIL. CAIXA. **Selo Casa Azul: Boas Práticas para Habitação Mais Sustentável**. São Paulo: Páginas & Letras, 2010. p. 20-26. Disponível em: http://www.caixa.gov.br/Downloads/selo_casa_azul/Selo_Casa_Azul.pdf. Acesso em: 20 set. 2019.

LABORATÓRIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES (LABEEE). **Análise da envoltória e dos Pré-Requisitos dos Ambientes RTQ – Edificações Residenciais**. UFSC, 2017. Disponível em: http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/2017-06-27-Planilha_uh_completa.xlsm. Acesso em 15 fev. 2020.

LACERDA, Cristiane Silveira de. **As certificações de sustentabilidade construtiva LEED e AQUA-HQE e a agregação de valor nos processos produtivos, comerciais e operacionais de edifícios comerciais no Brasil**. 2016. 191 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

LARUCCIA, Mauro Maia. **SUSTENTABILIDADE E IMPACTOS AMBIENTAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2014. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2014.

MARQUES, Milton César Silva; HADDAD, Jamil; MARTINS, André Ramon Silva (Coord.). **CONSERVAÇÃO DE ENERGIA: Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações**. Itajubá, 2006. 596 p.

Ministério de minas e energia (Brasil). **Etiquetagem de eficiência energética de edificações**. 200?.

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. Brasil, 2012. 136 p. Disponível em:

<http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/RTQR.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2020.

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações:** Residencial, Comercial, de Serviços e Público. Brasil, 2013. 101 p. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/RAC.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2020.

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações:** Residencial, Comercial, de Serviços e Público – Anexo Geral V. Brasil, 2013. 28 p. Disponível em: http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/AnexoV_CatalogoPropriedadesTermicas%20v27NOV2017.pdf. Acesso em: 26 mar. 2020.

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Manual para Aplicação do RAC:** Comercial, de Serviço e Público. Brasil, 2013. 108 p.

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência de Edificações Comerciais, de serviços e Públicas:** Comercial, de Serviço e Público. Brasil, 2013. 93 p.

MITSIDI PROJETOS (São Paulo). **EDGE:** a certificação pela qual o Brasil estava esperando?. 2018. Disponível em: <https://mitsidi.com/edge-a-certificacao-pela-qual-o-brasil-estava-esperando/>. Acesso em: 04 out. 2019

MONTU, Thiago Mendonça Sandanielli. **Estudo comparativo de sistemas residenciais de aquecimento de água.** 2016. 45 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

MORAIS, Juliana Magna da Silva Costa. VENTILAÇÃO NATURAL EM EDIFÍCIOS MULTIFAMILIARES DO "PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA". 2013. 229 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/258057>. Acesso em: 27 out. 2019.

MOTOYAMA, Shozo (Org.). **Prelúdio para uma história:** Ciência e tecnologia do Brasil. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=z_BNPYRNmyYC&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 06 out. 2019.

PORTAL SOLAR. **Como funciona a energia solar e o sistema fotovoltaico.** Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/sistema-fotovoltaico--como-funciona.html>. Acesso em: 19 out. 2019.

PORTAL SOLAR. **Passo a passo da fabricação do painel solar.** Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/passo-a-passo-da-fabricacao-do-painel-solar.html>. Acesso em: 19 out. 2019.

RINNAI. **Aquecedor a Gás REU-1602 FEH.** 2020. Disponível em: <https://www.rinnai.com.br/aquecedores-a-gas/linha-digital/reu-1602-feh-1#0>. Acesso em 06 jun. 2020.

RODRIGUES, Pierre. **MANUAL DE ILUMINAÇÃO EFICIENTE**. 2002. 36 p. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Disponível em: http://www.cqgp.sp.gov.br/gt_licitacoes/publicacoes/procel%20predio_pub_manual_iluminacao.pdf. Acesso em: 20 out. 2019.

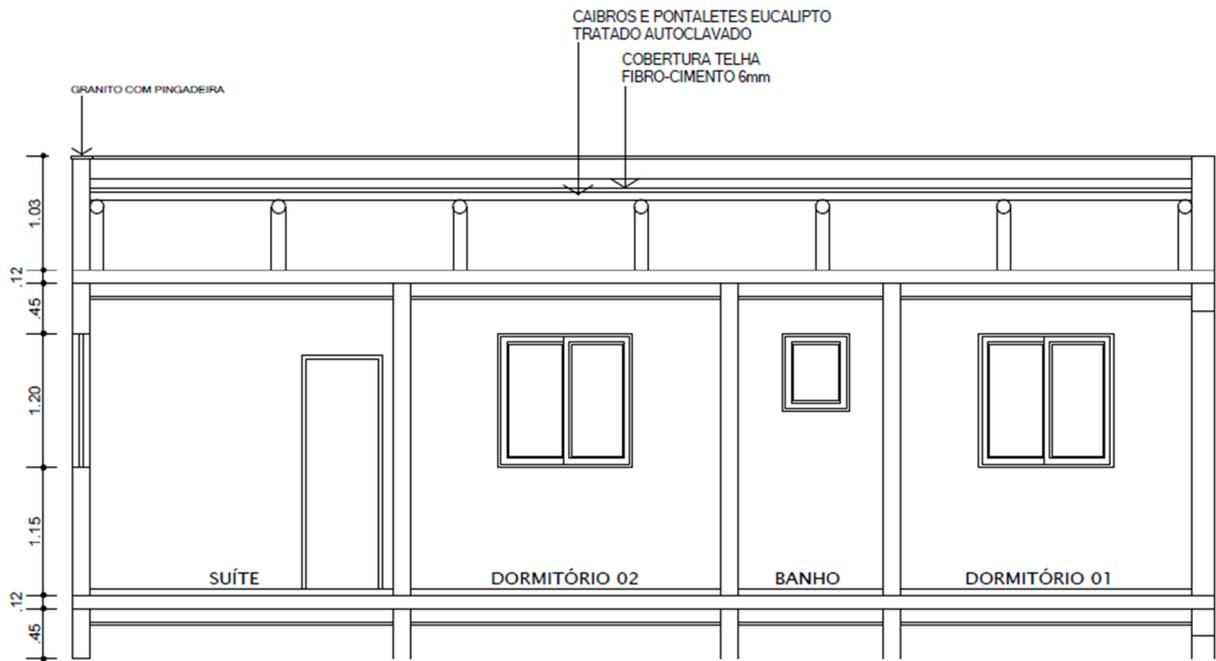
SILVA, Vivian. **Instalações elétricas e Hidráulicas** – R.A.V. PROJECTS, 2017. Disponível em: <https://ravprojects.com.br/instalacoes-eletricas-e-hidraulicas/>. Acesso em 05 abr. 2020.

SILVEIRA, Heitor Koerich da; OLIVEIRA, Lucas Guimarães. **Certificações ambientais LEED, AQUA e EDGE aplicáveis a edifícios residenciais: Comparativo em estudo de caso**. 2019. 98 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2019. Disponível em: <https://riuni.unisul.br/handle/12345/7526>. Acesso em: 15 setembro 2019.

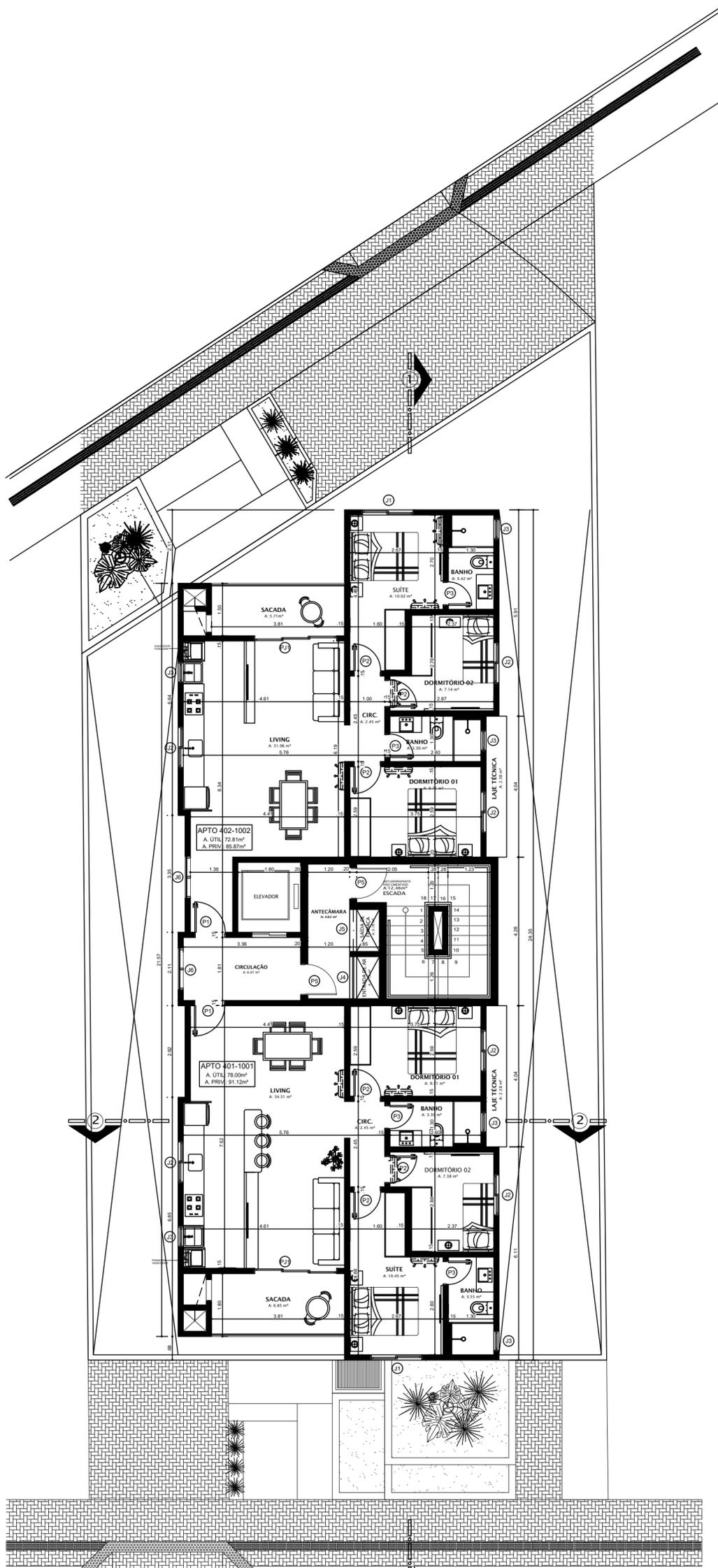
SINDUSCONSP (São Paulo). **Certificação EDGE de sustentabilidade: mais simples e com acesso mais fácil para pequenas e médias empresas**. 2017. Disponível em: <https://sindusconsp.com.br/certificacao-edge-de-sustentabilidade-mais-simples-e-com-acesso-mais-facil-para-pequenas-e-medias-empresas/>. Acesso em: 24 set. 2019.

SOLETROL. **Como funciona o Aquecedor Solar de Água Soletrol**. Disponível em: <https://www.soletrol.com.br/extras/como-funciona-o-aquecedor-solar-soletrol/>. Acesso em: 28 out. 2019.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno (Coord.). **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica**. Rio de Janeiro, 2016. 452 p. Disponível em: <http://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento/download/585bf34e-7893-4b73-8d5b-22026191d845>. Acesso em: 19 out. 2019.

ANEXO A – Corte da UH, demonstrando cobertura, dormitórios e banheiro social**CORTE 01**

ANEXO B – Planta baixa do pavimento tipo



PLANTA BAIXA PVTO TIPO (x8)
 A: 210,83m²
 ESC.: 1/75



ANEXO C – Tabela 3.1. Pré-requisitos de absorptância solar, transmitância térmica e capacidade térmica para as zonas bioclimáticas

Zona Bioclimática	Componente	Absortância solar	Transmitância térmica	Capacidade térmica
		(adimensional)	[W/(m ² K)]	[kJ/(m ² K)]
ZB1 e ZB2	Parede	Sem exigência	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	Sem exigência	$U \leq 2,30$	Sem exigência
ZB3 a ZB6	Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	$CT \geq 130$
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 2,30$	Sem exigência
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 1,50$	Sem exigência
ZB7	Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	$CT \geq 130$
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	$\alpha \leq 0,4$	$U \leq 2,30$	Sem exigência
		$\alpha > 0,4$	$U \leq 1,50$	Sem exigência
ZB8	Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	Sem exigência
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	Sem exigência
	Cobertura	$\alpha \leq 0,4$	$U \leq 2,30$	Sem exigência
		$\alpha > 0,4$	$U \leq 1,50$	Sem exigência

ANEXO D – Tabela 3.2. Percentual de áreas mínimas para ventilação em relação à área útil do ambiente

<i>Ambiente</i>	<i>Percentual de abertura para ventilação em relação à área útil do ambiente (A)</i>		
	<i>ZB 1 a ZB 6</i>	<i>ZB 7</i>	<i>ZB 8</i>
<i>Ambientes de permanência prolongada</i>	$A \geq 8\%$	$A \geq 5\%$	$A \geq 10\%$