



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JOÃO VITOR DA COSTA SANTOS

**ORIENTAÇÕES PARA CASA SUSTENTÁVEL PARA O PLANO NACIONAL DE
HABITAÇÃO RURAL (PNHR) UTILIZANDO A METODOLOGIA BIM**

ANGICOS
2024

JOÃO VITOR DA COSTA SANTOS

**ORIENTAÇÕES PARA CASA SUSTENTÁVEL PARA O PLANO NACIONAL DE
HABITAÇÃO RURAL (PNHR) UTILIZANDO A METODOLOGIA BIM**

Trabalho Final de Graduação apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Luís Henrique Gonçalves Costa,
Prof. Dr.

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

SS237 SANTOS, JOÃO VITOR COSTA.
o ORIENTAÇÕES PARA CASA SUSTENTÁVEL PARA O PLANO
NACIONAL DE HABITAÇÃO RURAL (PNHR) UTILIZANDO A
METODOLOGIA BIM / JOÃO VITOR COSTA SANTOS. -
2024.
61 f. : il.

Orientador: LUÍS HENRIQUE GONÇALVES COSTA.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2024.

1. CASA SUSTENTÁVEL . 2. PNHR . 3. BIM . 4.
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. I. GONÇALVES COSTA, LUÍS
HENRIQUE , orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo) autor(a).

Biblioteca Campus Angicos
Bibliotecário: Helder Romero Maia Duarte
CRB: 15/673

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

JOÃO VITOR DA COSTA SANTOS

**ORIENTAÇÕES PARA CASA SUSTENTÁVEL PARA O PLANO NACIONAL DE
HABITAÇÃO RURAL (PNHR) UTILIZANDO A METODOLOGIA BIM**

Trabalho Final de Graduação apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em: 23 / 10 / 2024.

BANCA EXAMINADORA

Luís Henrique Gonçalves Costa, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Kleber Cavalcanti Cabral, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Oswaldo Nogueira de Sousa Neto, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, que me concedeu saúde, força e sabedoria para enfrentar essa jornada.

Aos meus pais e minha família pelo apoio incondicional durante esses anos de estudos.

Aos meus amigos de curso, pelo companheirismo e apoio mútuo durante todas as fases da graduação, em que fizeram toda a diferença nesta caminhada.

Agradeço ao orientador Luís Henrique por todo conhecimento e companheirismo durante a jornada do curso.

“É uma disciplina que promove, com visão integrada, o gerenciamento e o compartilhamento de todo o ativo de informação possuído pela empresa. Esta informação pode estar em um banco de dados, documentos, procedimentos, bem como em pessoas, através de suas experiências e habilidades.”

Gartner Group

RESUMO

A moradia é um direito social essencial e deve ser garantida por políticas públicas, especialmente para a população com situações socioeconômicas vulneráveis e que as unidades habitacionais são projetadas para proporcionar conforto e funcionalidade. A proposta de uma habitação sustentável no âmbito do Plano Nacional de Habitação Rural (PNHR) que se deu início em 2009 através do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), utilizando a metodologia Building Information Modeling (BIM), busca integrar tecnologia e sustentabilidade para aprimorar as condições de vida nessas áreas. Através do software Revit, foi capaz de proporcionar projetos para orientações de elementos, materiais e cômodos, relacionando o clima semiárido, em seu estudo. Como contribuição o estudo de reaproveitamento de águas pluviais, adicionando ferramentas para uso econômico da residência. Contudo, a casa sustentável tem a finalidade em uso a eficiência energética através da iluminação e ventilação natural, e o uso do LED, contribuindo para um melhor desempenho e garantindo qualidade.

Palavras-chave: Casa sustentável. PNHR. BIM. Eficiência energética.

ABSTRACT

Housing is an essential social right and must be guaranteed by public policies, especially for the population with vulnerable socioeconomic situations, and housing units are designed to provide comfort and functionality. The proposal for sustainable housing within the scope of the National Rural Housing Plan (PNHR), which began in 2009 through the Minha Casa Minha Vida Program (PMCMV), using the Building Information Modeling (BIM) methodology, seeks to integrate technology and sustainability to improve living conditions in these areas. Through the Revit software, it was able to provide projects for the orientation of elements, materials and rooms, relating the semi-arid climate in its study. As a contribution, the study of rainwater reuse, adding tools for the economical use of the residence. However, the purpose of sustainable housing is energy efficiency through natural lighting and ventilation, and the use of LED, contributing to better performance and ensuring quality.

Keywords: Sustainable housing. PNHR. BIM. Energy efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo da tripla dimensão do desenvolvimento sustentável teoria x prática.	25
Figura 2 - Caminho do Sol dia 10 de janeiro de 2024.	39
Figura 3 - Caminho do sol dia 10 de junho de 2024.	39
Figura 4 - Planta Baixa da residência.	46
Figura 5 - Planta com a representação da calçada.	47
Figura 6 - Planta Humanizada.	48
Figura 7 - Planta de Forro.	50
Figura 8 - Figura 10 - Planta de Fundação 01.	51
Figura 9 - Planta de Fundação 3D.	52
Figura 10 - Planta Baixa com a disposição dos blocos de fundação.	52
Figura 11 - Vista 3D da residência sustentável projetada.	53
Figura 12 - Planta de Instalações Elétricas.	54
Figura 13 - Legenda componente do projeto elétrico criado para a residência sustentável.	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Etapas e atividades de operacionalização do PNHR.	19
Quadro 2 - Especificações mínimas de projeto do PNHR.	20
Quadro 3 - Características das lâmpadas.	26
Quadro 4 - Áreas do Projeto.	38
Quadro 5 - Quadro de elementos.	44
Quadro 6- Elementos da instalação elétrica.	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre diferentes tipos de lâmpadas.	27
Tabela 2 - Vazão de projeto.	35
Tabela 3 - Área de Contribuição.	35
Tabela 4 - Diâmetros da calha, tubo de queda e condutor horizontal.	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BIM	Building Information Modeling
C	Celsius
CUB	Custo Básico Unitário
E.O.	Entidade Organizadora
FGTS	Fundo de Garantia do Tempo de Serviço
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LED	Diodo Emissor de Luz
LN	Luz Natural
LM/W	Lúmen por Watt
m	Metros(s)
m²	Metro(s) Quadrado
mm	Milímetro(s)
NBR	Normas Brasileiras Regulamentadoras
PNHR	Programa Nacional de Habitação Rural
PMCMV	Programa Minha Casa Minha Vida
PVC	Policloreto de vinilo
RN	Rio Grande do Norte
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e índices da Construção Civil
TV	Televisão
u.h	Unidades Habitacionais
UV	Ultravioleta
2D	Duas Dimensões / Bidimensionais
3D	Três Dimensões / Tridimensionais

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVO GERAL	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1	POLÍTICAS HABITACIONAIS	17
3.1.1	Assistência Técnica para habitação rural do PNHR	19
3.1.2	Clima Semiárido	21
3.1.3	Casa Sustentável	22
3.1.4	Eficiência Energética	24
3.1.5	Iluminação	25
3.1.6	Iluminação Natural	26
3.1.7	Conforto Térmico	27
3.1.8	Cobertura	28
3.1.9	Águas Pluviais	28
3.1.10	A importância da Energia Solar	29
3.1.11	Duração e Vantagens dos principais materiais	29
3.1.11.1	<i>Tijolo cerâmico 8 furos</i>	29
3.1.11.2	<i>Telha cerâmica colonial</i>	30
3.1.11.3	<i>Tinta acrílica</i>	30
3.1.11.4	<i>Forro PVC</i>	31
3.2	METODOLOGIA BIM NA ELABORAÇÃO DE PROJETOS	31
4	METODOLOGIA	33
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	36

5.2	QUADRO DE ESQUADRIAS DO PROJETO	38
5.3	QUADRO DE ELEMENTOS DO PROJETO	41
5.4	PLANTA BAIXA	43
5.5	PLANTA BAIXA CONTEMPLADA COM A CALÇADA	44
5.6	PLANTA HUMANIZADA	45
5.7	PLANTA DE COBERTURA	46
5.8	PLANTA DE FORRO	47
5.9	PLANTA DE FUNDAÇÃO	48
5.10	VISTA 3D	50
5.11	PLANTA DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	51
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
	REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

A construção de comunidades rurais sustentáveis é um desafio que envolve a garantia de moradia digna e qualidade de vida para agricultores familiares e indivíduos que vivem em áreas rurais. No Brasil, o Programa Nacional de Habitação Rural (PNHR), lançado em 2009, visa facilitar o acesso à moradia para essas pessoas, especialmente aquelas em situações socioeconômicas vulneráveis (Lei 11.977/2009).

No entanto, a construção de habitações rurais não é apenas uma questão de moradia, mas também de sustentabilidade ambiental. A quantidade de resíduos gerados por construções é cerca de cinco vezes maior do que o de produtos, tornando-se um centro de discussão da sustentabilidade (SILVA *et al.*, 2018).

Nesse sentido, a construção sustentável é um sistema que promove intervenções sobre o meio ambiente, sem esgotar os recursos naturais, preservando-os para as gerações futuras. Esse modelo de construção utiliza materiais e soluções tecnológicas inteligentes, que promovem a redução da poluição, o bom uso, a economia de água e de energia e o conforto de seus usuários (SILVA *et al.*, 2018).

Conforme Rezende (2014) enfatiza, no semiárido, por exemplo, é fundamental considerar o clima e o uso de tecnologias como cisternas para coletar água da chuva e utilizar em manutenção de habitações e agricultura.

Além disso, a territorialidade, interesses, organização social e política, valores em comum e sentimento comunitário também são fatores importantes a serem considerados na construção de comunidades rurais sustentáveis (CORRÊA; CHIARELLI, 2020).

Ou seja, a construção de comunidades rurais sustentáveis é um desafio que envolve a garantia de moradia digna e qualidade de vida para agricultores familiares e indivíduos que vivem em áreas rurais, considerando a sustentabilidade ambiental e a territorialidade (SILVA; HESPAHOL, 2016).

A construção sustentável é um modelo que busca promover intervenções no meio ambiente de forma a não esgotar os recursos naturais, preservando-os para as gerações futuras. Isso pode ser alcançado através do uso de materiais e soluções tecnológicas inteligentes que reduzem a poluição, economizam água e energia e garantem o conforto dos usuários (SILVA *et al.*, 2018).

No Semiárido, é fundamental considerar as previsões meteorológicas ao estudar a construção sustentável, pois o efeito climático exige o desenvolvimento de iniciativas criativas e inovadoras para lidar com seus impactos (SILVA *et al.*, 2018).

Isso pode incluir a promoção do conforto e acesso à habitação, evitando o êxodo rural. A construção sustentável também pode reduzir os custos operacionais das obras, garantindo maior universalização e acesso à habitação e à qualidade de vida para a população, além de promover o reaproveitamento e a reciclagem de resíduos (SILVA *et al.*, 2018).

A iluminação é um fator importante na melhoria das habitações, e a luz natural está ganhando destaque novamente, tanto em termos de saúde e bem-estar dos usuários quanto à economia de energia (ALBUQUERQUE, 2010).

A engenharia civil é um setor que pode ter um impacto significativo na sustentabilidade, e é necessário utilizar materiais sustentáveis e tecnologias inovadoras para reduzir o consumo de recursos não renováveis (LIMA E PERIN). A indústria da construção civil está evoluindo rapidamente, com a inovação de metodologias construtivas, criação de novos produtos e otimização de tecnologias já existentes (PEREIRA E FIGUEIREDO, 2020).

Isso pode proporcionar um melhor desempenho global na obtenção de resultados cada vez mais satisfatórios sem o desperdício de recursos materiais e humanos. É importante considerar também o conforto ambiental e eficiência energética das construções, elaborando projetos com espaços mais confortáveis para os usuários e condizentes com o local de implantação (Campolina, 2022). Para contribuir para essa realidade, é necessário refletir sobre como podemos desenvolver e avançar nestas questões, admitindo a importância de conhecer mais sobre o território rural. Isso pode incluir a ligação com a caracterização do modelo de produção habitacional, desde o desenho e projeto até a entrega da habitação, e contribuir para se pensar em novas políticas e programas para o meio rural.

Portanto, de forma a aplicar soluções que possam otimizar o processo de levantamento de quantitativos utilizando a metodologia BIM, e conjuntamente, pensar num projeto que trabalhe com construções populares sustentáveis, surge a pergunta: quais os parâmetros possíveis de implantar para construção de casas sustentáveis, na zona rural, atendendo o programa PNHR?

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Apresentar uma proposta de casa sustentável através do Programa Nacional de Habitação Rural (PNHR), utilizando a metodologia Building Information Modeling (BIM), para a qualidade nas residências na zona rural adaptada ao clima e a realidade do semi-árido.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as especificidades dos procedimentos da versão rural do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) - o Programa Nacional de Habitação Rural (PNHR), examinando a implementação e gestão, e a produção habitacional para o meio rural;
- Identificar diretrizes para a construção de casas sustentáveis;
- Avaliar a aplicação da metodologia BIM no desenvolvimento do projeto.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A comunidade rural é caracterizada por uma identidade forte, baseada em tradições, hábitos e costumes que se perpetuam ao longo do tempo. Essa identidade é fundamental para a sobrevivência do grupo e é estreitamente ligada à terra e ao lugar (GOMES, 1999).

No entanto, o êxodo rural equivocado pode levar a desemprego e marginalização, tornando essencial que os trabalhadores rurais sejam incentivados a permanecer nas cidades, garantindo condições de desenvolvimento econômico e social para as presentes e futuras gerações (MOTA *et al.*, 2015).

Para garantir uma qualidade de vida satisfatória para os trabalhadores rurais, é necessário investir em infraestrutura básica, como saneamento e eletrificação, além de construir casas de forma eficiente, utilizando técnicas aperfeiçoadas de engenharia e recursos sustentáveis (MOTA *et al.* 2015).

Além disso, é fundamental considerar a sustentabilidade dos materiais e recursos utilizados na construção, minimizando o impacto ambiental. Nesse contexto, este estudo visa projetar uma habitação unifamiliar de dimensões reduzidas, construída de maneira sustentável, que atenda às necessidades dos trabalhadores rurais e minimize o impacto ambiental. A habitação deve ser projetada para ser eficiente em termos de recursos e resíduos, garantindo uma qualidade de vida satisfatória para os moradores e contribuindo para o desenvolvimento sustentável das cidades (STADLER, 2018).

3.1 POLÍTICAS HABITACIONAIS

O Plano Nacional de Habitação, estabelecido pela Lei 11.124/05, foi elaborado entre os anos de 2007 e 2008 com a finalidade de promover um planejamento de longo prazo na política habitacional do Brasil. A proposta buscava criar um sistema estável, capaz de evitar interrupções devido a variações políticas e financeiras, que frequentemente afetam as intervenções do governo no setor habitacional (FAGUNDES *et al.*, 2013).

Dessa iniciativa surgiu, em 2009, o Programa Nacional de Habitação Rural (PNHR), mais conhecido como "Minha Casa Minha Vida Rural", com base na Lei 11.997. Parte integrante do Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), o PNHR tem como objetivo melhorar as condições habitacionais de agricultores familiares e trabalhadores rurais. Isso é realizado por meio de recursos do Orçamento Geral da União ou de financiamentos habitacionais, utilizando o Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS), com o intuito de reduzir o déficit habitacional nas áreas rurais (FAGUNDES *et al.*, 2013).

Ao longo da história, o Brasil desenvolveu uma série de programas habitacionais voltados para a promoção da casa própria, entre os quais se destacam: 1946: Casa Popular; 1990: Programa de Ação Imediata para Habitação; 2003: Plano Nacional de Habitação e o Sistema Nacional de Habitação; 2009: Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social; 2009–2020: Minha Casa Minha Vida; 2009: Programa Nacional de Habitação Rural; 2021: Programa Casa Verde e Amarela; 2023: Retorno do Minha Casa Minha Vida. Embora o PNHR esteja incluído no PMCMV, que originalmente se direcionava ao meio urbano, ainda há um número reduzido de estudos sobre sua aplicação em áreas rurais (Gomes, 2014).

A análise desse programa como política pública ainda é incipiente e demanda maior investigação na área rural. O programa disponibiliza recursos tanto para a aquisição de materiais de construção quanto para reformas, ampliações e o pagamento de mão de obra envolvida na construção das habitações, sendo permitido que até 25% do montante seja destinado a essa finalidade (FREITAS, 2022).

A implementação do PNHR é dividida em três fases principais: Pré-Obras, Execução das Obras e Pós-Ocupação. Cada etapa envolve uma série de atividades que contribuem para a execução adequada do programa (FREITAS, 2022). Portanto, as etapas representadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Etapas e atividades de operacionalização do PNHR.

1ª Etapa	Pré Obra	Divulgação do programa
		Mobilização E.O. ¹ das famílias
		Seleção das famílias beneficiárias
		Cadastramento
		Organização Documental
		Elaboração do Trabalho Técnico Social
		Elaboração dos projetos técnicos
2ª Etapa	Execução de Obras	Gestão dos recursos financeiros
		Processo de construção das u.h. ²
3ª Etapa	Pós Ocupação	Avaliação dos processos e produtos realizados
		Atendimento para adaptação das famílias na nova casa

Fonte: FREITAS, (2022).

¹ Entidade Organizadora.

² Unidades Habitacionais.

Essas fases garantem que o programa seja executado de forma coordenada, desde o planejamento até o acompanhamento pós-ocupação, promovendo não apenas a entrega das casas, mas também a integração das famílias nas novas residências (FREITAS, 2022).

3.1.1 Assistência Técnica para habitação rural do PNHR

As unidades habitacionais devem atender a um conjunto de requisitos mínimos para garantir a qualidade e a funcionalidade do espaço. De acordo com as normas, as unidades devem ter uma área mínima de 36,00 m² e ser composta por dois quartos, cozinha, banheiro, sala de estar/jantar e área de serviço externa coberta.

Embora não haja dimensões mínimas estabelecidas para cada cômodo, exceto pela largura mínima da cozinha (1,80 m), do banheiro (1,50 m) e da sala (2,40 m), a flexibilização dessas regras permite que os projetos sejam concebidos de forma mais flexível e adaptada às necessidades específicas do mobiliário previsto. Essa abordagem tem o intuito de evitar conflitos entre a legislação municipal e a realidade do projeto, permitindo que os arquitetos e designers criem soluções mais eficazes e práticas para as unidades habitacionais. As especificações são apresentadas de acordo com o Quadro 2.

Quadro 2 - Especificações mínimas de projeto do PNHR.

Casa	
Projeto	Casa com sala / 1 dormitório para casal e 1 dormitório para duas pessoas / cozinha / área de serviço coberta (externa) / circulação / banheiro.
Dormitório casal	Quantidade mínima de móveis: 1 cama (1,40 m x 1,90 m); 1 criado-mudo (0,50 m x 0,50 m); e 1 guarda-roupa (1,60 m x 0,50 m). Circulação mínima entre mobiliário e/ou paredes de 0,50 m.
Dormitório duas pessoas	Quantidade mínima de móveis: 2 camas (0,80 m x 1,90 m); 1 criado-mudo (0,50 m x 0,50 m); e um guarda-roupa (1,50 m x 0,50 m). Circulação mínima entre as camas de 0,80 m. Demais circulações, mínimo de 0,50 m.
Cozinha	Largura mínima da cozinha: 1,80 m. Quantidade mínima de equipamentos: pia (1,20 m x 0,50 m); fogão (0,55 m x 0,60 m); e geladeira (0,70 m x 0,70 m). Previsão para armário sob a pia e gabinete.
Sala de estar/refeições	Largura mínima da sala de estar/refeições: 2,40 m. Quantidade mínima de móveis: sofás com número de assentos igual ao número de leitos; mesa para 4 pessoas; e Estante/Armário TV.

Banheiro	Largura mínima do banheiro: 1,50 m. Quantidade mínima: 1 lavatório sem coluna, 1 vaso sanitário com caixa de descarga acoplada, 1 box com ponto para chuveiro – (0,90 m x 0,95 m) com previsão para instalação de barras de apoio e de banco articulado, desnível máx. 15 mm; Assegurar a área para transferência ao vaso sanitário e ao box.
Área de Serviço	Quantidade mínima: 1 tanque (0,52 m x 0,53 m) e 1 máquina de lavar roupas (0,60 m x 0,65 m).

Fonte: Ministério das cidades (2012).

Para o dimensionamento dos cômodos, o PNHR estabelece padrões mínimos em relação à quantidade e ao tamanho do mobiliário. Contudo, determina que a área da unidade habitacional deve ser de, no mínimo, 36 m², excluindo a área de serviço. Os projetos também precisam prever possibilidades para futuras expansões do imóvel. A altura do pé-direito deve ser de pelo menos 2,50 m nos cômodos, com exceção do banheiro, onde pode ser de 2,30 m (FREITAS, 2022).

A questão da acessibilidade nas edificações foi incorporada nas normas a partir da fase 2 do PMCMV, abrangendo outros cômodos da casa. É obrigatório que haja um espaço livre de obstáculos de no mínimo 1,20 m em frente às portas, além da inclusão de um módulo de manobra para cadeiras de rodas em todos os cômodos, com dimensões adequadas para uma rotação de 180° (1,20 m x 1,50 m), conforme especificado pela NBR 9050/2015 (FREITAS, 2022).

Em relação às instalações elétricas, o programa exige a presença de: dois pontos de tomadas na sala, quatro na cozinha, uma na área de serviço, duas em cada dormitório, uma no banheiro, uma ao lado do tanque e mais uma para o chuveiro elétrico. Também é necessário incluir um ponto de antena de TV na sala e um ponto de iluminação em cada cômodo. É recomendável a criação de circuitos independentes para o chuveiro, tomadas e iluminação (CARVALHO *et al.*, 2016).

Quanto às instalações hidrossanitárias, o reservatório de água potável deve ter capacidade mínima de 500 litros, e o sistema de esgoto pode ser composto por uma fossa séptica e sumidouro. Além disso, os projetos podem incluir sistemas opcionais, como aquecimento solar e cisternas pluviais, assim como prever a instalação de uma máquina de lavar, com os respectivos pontos elétricos, hidráulicos e de esgoto (FREITAS, 2022).

Há também a exigência de proteção das paredes externas por meio de uma calçada de concreto com largura mínima de 0,50 m ao redor da edificação e de 1,20 m em frente ao tanque e à porta da cozinha. A impermeabilização das fundações é necessária, mas não se recomenda

e elevar excessivamente a casa em relação ao solo, como costuma ser feito em áreas rurais. Essa solução, adotada sabiamente, ajuda a proteger pisos e paredes contra a umidade (CARVALHO *et al.*, 2016).

3.1.2 Clima Semiárido

O termo "semiárido" é utilizado para descrever regiões com alta incidência solar, apresentando uma média de 2.800 horas de insolação por ano, precipitação anual de até 800 mm e temperaturas médias que variam entre 23 e 27 °C. O regime de chuvas nessas áreas é marcado pela irregularidade tanto no tempo quanto no espaço, e o bioma predominante é a Caatinga, que se destaca por sua biodiversidade. Os solos são, em sua maioria, rasos, o que limita a capacidade de armazenamento de água nos subsolos (ALMEIDA, 2021).

Conforme apontam Moreira e Targino (2007), o termo "semiárido" é frequentemente utilizado para definir um clima caracterizado por forte radiação solar, temperaturas elevadas e um regime pluviométrico escasso, com precipitações concentradas em curtos períodos e distribuídas de maneira irregular.

A vegetação típica da região é a Caatinga, cuja flora é adaptada à escassez de água, composta majoritariamente por espécies caducifólias, espinhosas e com folhas pequenas ou divididas. A complexidade climática do semiárido nordestino brasileiro, especialmente no que se refere às secas e às chuvas, resulta de uma combinação de múltiplos fatores geográficos e da atuação de diversos sistemas atmosféricos, que operam de maneira muitas vezes imprevisível e desigual (LUCENA *et al.*, 2013).

Esses sistemas são responsáveis pela alternância entre períodos mais secos e chuvosos, sendo as secas os eventos que mais impactam todas as formas de vida na região (LUCENA *et al.*, 2013).

Alguns fatores devem ser considerados através do clima semiárido:

- Climatização Natural - Ventilação;
- Vidro de Controle Solar;
- Cômodos bem-orientados;
- Fachada com varanda;
- Cores;
- Cobertura da Casa.

A paisagem do semiárido é caracterizada por solos rasos e pedregosos, e cobertos por vegetação de caatinga. Onde se torna um gargalo para o homem usar esses recursos para a convivência frente às prolongadas estiagens que ocorrem com bastante frequência em seu entorno (RAMALHO, 2013).

3.1.3 Casa Sustentável

A construção de qualidade e eficiência envolve a aplicação de tecnologias e materiais que atendam a normas técnicas adequadas, buscando soluções que reduzam tanto o tempo de execução quanto os custos da obra (VAGHETTI *et al.*, 2015).

Além disso, é fundamental que a edificação incorpore estratégias arquitetônicas que favoreçam o uso consciente dos recursos naturais, como a adoção de materiais e técnicas construtivas sustentáveis. Ao projetar habitações rurais sustentáveis, diversos aspectos devem ser considerados. O objetivo de uma construção ecologicamente responsável é aliar a preservação ambiental à melhoria da qualidade de vida dos moradores (ROCHA *et al.*, 2015).

A arquitetura contemporânea apresenta soluções inovadoras que se adaptam a diversos contextos urbanos e ambientais. Essas abordagens não se limitam apenas ao conforto ambiental, mas também englobam questões de eficiência energética e uso racional de recursos como materiais, água e energia. O foco é sempre em minimizar o impacto ambiental das edificações (GONÇALVES; DUARTE, 2006).

No entanto, a busca pela qualidade e eficiência só faz sentido se tiver como propósito o bem-estar humano. Uma construção não cumprirá plenamente sua função se não oferecer conforto térmico adequado aos seus ocupantes. Para atingir esse objetivo, o arquiteto deve lidar com três elementos essenciais: o clima, a construção e as pessoas que a habitam.

Dessa forma, o ato de projetar torna-se fundamental para melhorar a qualidade de vida, proporcionando ambientes que favoreçam o conforto e a felicidade dos ocupantes (VAGHETTI *et al.*, 2015).

A sustentabilidade de uma obra vai além do processo de construção. Ela deve considerar aspectos como a finalidade do projeto, quem o utilizará, sua durabilidade e a possibilidade de reutilização futura. O uso dos materiais também precisa ser pensado de maneira a evitar desperdícios e reduzir o consumo de energia, tanto na produção quanto na sua aplicação na construção. Além disso, é fundamental avaliar se esses materiais podem ser reciclados após o uso (SILVA *et al.*, 2018).

Entre as ferramentas que auxiliam na construção de casas sustentáveis, destaca-se o sistema de aproveitamento de água da chuva, que pode ser aplicado em residências, comércios e indústrias. No ambiente doméstico, o reaproveitamento de água é frequentemente utilizado para descargas, lavagem de pisos, irrigação de jardins, limpeza de veículos e até para combate a incêndios (GOLDENFUM, 2015).

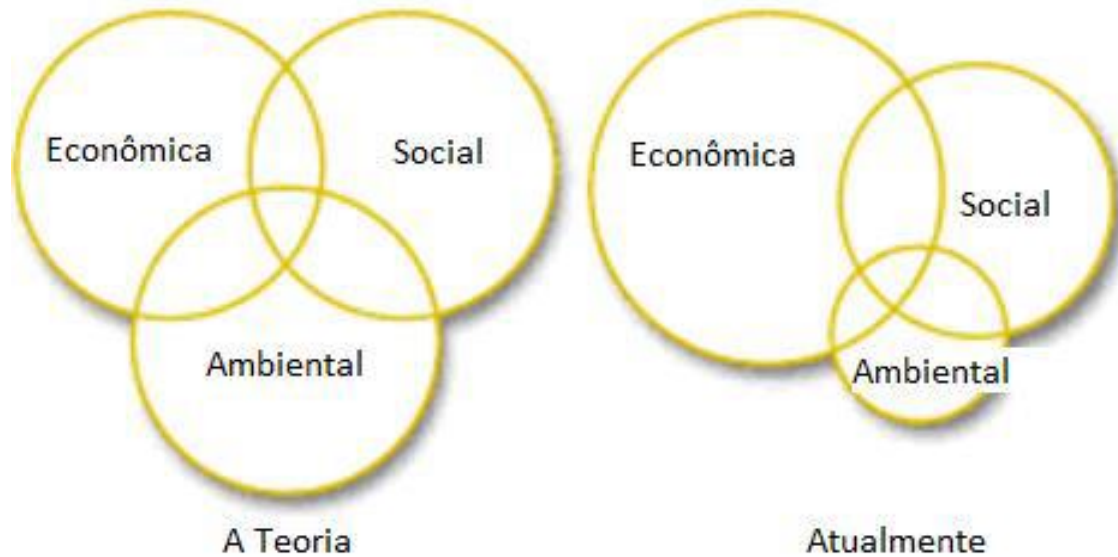
Segundo Charles Kibert (1994), a construção sustentável refere-se à criação e gestão de um ambiente construído de forma responsável, priorizando a saúde humana e respeitando os princípios ecológicos, além de promover o uso eficiente dos recursos. Ele propõe que a sustentabilidade deve ser considerada em todas as fases do ciclo de vida de uma construção, desde a concepção até a demolição. Kibert também destaca cinco princípios fundamentais para a construção sustentável.

- Reduzir o consumo de recursos;
- Reutilizar os recursos sempre que possível;
- Reciclar materiais em fim de vida do edifício e usar recursos recicláveis;
- Proteger os sistemas naturais e a sua função em todas as atividades;
- Eliminar os materiais tóxicos e os subprodutos em todas as fases do ciclo de vida.

Werbach (2006) propõe um modelo de desenvolvimento sustentável fundamentado em três dimensões interconectadas, com o objetivo de promover um equilíbrio abrangente. Ele destaca a necessidade de reduzir desigualdades sociais e econômicas por meio da justiça socioeconômica, promover a eficiência econômica aliada à preservação ambiental por meio da ecoeficiência, e, finalmente, fomentar a conscientização social e ambiental, incentivando uma cultura de responsabilidade ecológica e engajamento social.

Esse modelo busca integrar esses aspectos de forma harmoniosa, reconhecendo a interdependência entre sociedade, economia e meio ambiente. A Figura 1 apresenta a teoria e prática do desenvolvimento sustentável na construção civil.

Figura 1 - Modelo da tripla dimensão do desenvolvimento sustentável teoria x prática.



Fonte: Adaptado Werbach, 2006.

Atualmente, ainda é observado um desajuste deste modelo, em que a dimensão do desenvolvimento econômico é a mais relevante, remetendo para segundo plano a dimensão social, sendo o desenvolvimento ambiental, o mais desfavorecido (CAMPOLINA, 2022).

3.1.4 Eficiência Energética

A eficiência energética na construção civil é um conceito que se refere à capacidade de um edifício em oferecer conforto térmico, visual e acústico aos seus usuários, ao mesmo tempo em que minimiza o consumo de energia. Tal fator pode ser alcançado através da implementação de soluções que reduzam a dependência de sistemas artificiais de climatização e iluminação. Uma estratégia eficaz é a utilização de materiais e técnicas construtivas que permitam a ventilação natural e a iluminação natural (LAMBERTS *et al.*, 2014)..

Isso pode ser feito através da instalação de janelas e portas que permitam a entrada de luz natural e a circulação de ar. Além disso, a orientação do telhado e a utilização de aberturas zenitais podem ser eficazes para controlar a radiação solar e proporcionar sombreamento natural. A integração da vegetação externa também é uma alternativa eficaz, pois contribui para a redução da temperatura das paredes por meio da evapotranspiração e proporciona sombreamento natural (LAMBERTS *et al.*, 2014).

A implementação de telhados verdes é outra estratégia que não apenas retarda o aquecimento e o resfriamento do telhado, mas também melhora o isolamento térmico do interior

da edificação. Essas alternativas, quando aplicadas de forma integrada, podem contribuir para a criação de ambientes mais saudáveis e sustentáveis (BALTAR *et al.*, 2006; apud BASSO *et al.* 2015).

3.1.5 Iluminação

A eficiência energética na iluminação está diretamente ligada a eficiência do tipo de lâmpada empregada no projeto e a maneira com que a utilizamos durante o dia. Existem vários tipos de lâmpadas elétricas no mercado como: incandescente comum, halógenas fluorescentes, vapor de mercúrio, vapor de sódio alta pressão, dicróica, LED (Diodo Emissor de Luz).

As principais características de cada uma estão presentes no Quadro 3.

Quadro 3 - Características das lâmpadas.

Tipo de lâmpada	Principais características
Incandescente comum	Tamanho reduzido. Baixo custo, baixa eficiência energética, vida média curta (1.000 h).
Halógena	Iluminação decorativa, custo e consumo elevado.
Fluorescente	Ótima eficiência luminosa, baixo custo de funcionamento, boa reprodução de cores, boa vida média (7.500 a 12.000 h), custo elevado de instalação.
Vapor mercúrio	Boa eficiência luminosa, pequeno volume, longa vida média (15.000 h), custo elevado.
Vapor de sódio de alta pressão	Ótima eficiência luminosa, longa vida útil (18.000 h), dimensões reduzidas, razoável rendimento cromático, custo elevado.
Dicróica	Baixo custo de substituição, iluminação direcionada e decorativa, consumo de energia mais elevado, luminosidade quente.
LED	Baixo consumo de energia, maior tempo de vida útil, robustez, preço mais elevado, razoável qualidade e projeção da luz.

Fonte: Adaptado Júnior (2018).

Em termos de eficiência energética a lâmpada LED é a tecnologia que apresenta o melhor desempenho, conforme exposto na Tabela 1. Sendo assim, em comparação com as tradicionais incandescentes, por exemplo, as lâmpadas de LED consomem 90% menos de energia. Além disso, por ter alta durabilidade, a lâmpada de LED possui menor índice de descarte no meio ambiente e todos os seus componentes podem ser reciclados (CAMPOLINA, 2022).

Tabela 1 - Comparação entre diferentes tipos de lâmpadas.

Tecnologia de iluminação	Incandescentes	Halógenas	Fluorescentes	Fluorescentes compactas	LED
Eficiência (lm/W)	12-15	17-20	70-115	45-60	80-140
Vida (x1.000)	1	2-3	7-15	6-12	15-50
Preço (R\$)	2-4	5-20	8-20	6-18	40-60

Fonte: Associação Brasileira da Indústria da Iluminação (Abilux).

A lâmpada LED emerge como a opção mais vantajosa em termos de eficiência energética, destacando-se por seu baixo consumo e longa vida útil, que resulta em uma significativa redução de resíduos. A capacidade de reciclagem dos componentes das lâmpadas LED reforça sua sustentabilidade, tornando-as uma escolha não apenas econômica, mas também ambientalmente responsável.

3.1.6 Iluminação Natural

A luz natural pode ser utilizada como estratégia para obter maior qualidade ambiental e eficiência energética em edifícios. Para que isso seja possível, deve-se buscar explorá-la de forma integrada com os sistemas de iluminação artificial. A combinação desses sistemas otimizados pode reduzir o consumo energético de 30 a 50%, e em alguns casos pode chegar a alcançar a ordem dos 60 a 70% (COUTINHO, 2009).

A luz é um elemento importante e indispensável em nossas vidas. Desde a pré-história, ela está ligada à evolução da espécie humana, que sempre procurou abrigos nos quais pudesse instalar-se e sentir-se confortável. O conforto visual, por sua vez, é função de todo o ambiente visível e, juntamente com o conforto acústico e térmico, determina o nível de conforto do usuário em um determinado espaço (TECHIO, 2018).

Os edifícios representam cerca de 32% do consumo anual de energia no mundo e as pessoas passam 90% do tempo dentro deles, o que demanda uma série de pesquisas para melhorar o conforto de seus usuários. Sendo assim, a adaptação de edifícios existentes e construção de novos edifícios representam oportunidades para projetar, construir e operar edificações de alto desempenho de modo a reduzir o consumo de energia e fornecer qualidade ambiental interna (BUSTAMANTE *et al.*, 2017).

A janela tem-se desenvolvido ao longo dos séculos, mas o propósito de deixar a luz do dia entrar tem-se mantido o principal objetivo; as aberturas para as janelas necessitam de reforços/isolamentos que tornem confortável o ambiente interior e o clima exterior (CAIO, 2011).

3.1.7 Conforto Térmico

O conforto térmico é uma característica apresentada pelo meio ambiente e pelas edificações, que indica a satisfação do ser humano com o ambiente térmico em que se encontra (Nogueira *et al.*, 2012).

Para Lyra (2007), conforto ambiental é um processo resultante de fenômenos de transporte de massa e energia – transmissão de calor, luz e som, dentre outros, o qual se encontra relacionado com as propriedades físicas dos materiais (condutividade térmica, emissividade, porosidade, textura, refletância, transmitância etc.).

Segundo Santos & Andrade (2008), o conforto térmico pode ser observado de duas maneiras: do ponto de vista pessoal, considerando-se o conforto do indivíduo em determinados ambientes e da linha climate ambiental, que propõe o estabelecimento de um estado térmico, analisando-se as variáveis ambientais como temperatura, umidade do ar, radiação e vento. É neste contexto que diversos autores propuseram índices para estudar mais profundamente a quantificação do conforto térmico.

O conforto ambiental de uma casa é mensurado a partir de aspectos como temperatura agradável, com ventilação natural predominante, proteção às intempéries externas como chuvas, radiação solar, acústica adequada a cada ambiente de acordo com as tarefas realizadas e iluminância também adequada às tarefas de cada ambiente, priorizando-se a iluminação natural (LAMBERTS *et al*, 2014).

Sendo assim, é fundamental a utilização correta de sistema de aberturas de modo a possibilitar que as trocas térmicas, luminosas e visuais entre o interior e o exterior da edificação aconteçam da maneira desejada, privilegiando o conforto físico e psicológico do usuário. A sua escolha se dará em função de quatro grupos de considerações: estética, funcionalidade, desempenho energético e custo. A sua concepção é particularmente importante, visto que uma abertura oferece o caminho não apenas para a luz e o ar, mas também para o calor, a chuva, a neve, a poeira, o barulho, os insetos, as pessoas. Dessa forma, existe uma necessidade de prevenção ou controle destes aspectos, de acordo com o desejo dos ocupantes, implicando

aberturas bem dimensionadas que minimizem o consumo de energia, a utilização de iluminação artificial e maximizem a ventilação natural (CAMPOLINA, 2022).

Além disso, é importante pensar no sombreamento das aberturas que pode ser utilizado como técnica de resfriamento passivo da edificação, não permitindo que o sol direto penetre no ambiente durante as horas mais quentes do dia. Isso pode ser obtido através de componentes da própria construção: cortinas, persianas, beirais, brises, pérgulas, cobogós, dentre outros protetores. Também é possível tomar partido da vegetação, tendo em vista que um paisagismo planejado de forma eficiente dentro do projeto pode ser um meio para criar um microclima e amenizar temperaturas no interior das edificações (MEDEIROS *et al.*, 2012).

3.1.8 Cobertura

Quanto aos sistemas construtivos, o PNHR recomenda que a unidade habitacional deva ter cobertura em telha cerâmica, sobre estrutura de madeira ou metálica, com beirais de no mínimo 60 cm. Admite-se telha em fibrocimento, com espessura mínima de 6mm, nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste, porém será obrigatório o uso de forro, em madeira ou PVC ou laje de concreto (FREITAS, 2022).

3.1.9 Águas pluviais

A água é o maior patrimônio da sociedade, sendo um item totalmente indispensável, entretanto há um grande desperdício da mesma. Por esta razão houve diversas criações, para que haja maior sustentabilidade em sua utilização, podendo ser utilizado a água da chuva (pluvial) ou até mesmo a água que já foi utilizada e meios para diminuir a quantidade desse item no dia-a-dia (MATOS *et al.*).

Sistemas de utilização da água da chuva podem ser adotados para fins domésticos, comerciais e industriais. No caso de usos domésticos, os mais comuns são descarga de vasos sanitários, lavagem de carros, lavagem de assoalhos, irrigação de jardins e sistemas de combate a incêndio. Nas indústrias e prédios comerciais, a água da chuva pode ser usada para climatização, resfriamento de maquinários, lavagem industrial de roupas, lavagem de veículos como carros, ônibus e caminhões, limpeza industrial (GOLDENFUM, 2015).

A configuração básica de um sistema de reaproveitamento de água da chuva apresenta a área de captação (como telhado, laje ou piso), a condução de água (calhas, condutores verticais e horizontais), a unidade de tratamento e o reservatório de acumulação (SANTOS, 2002).

3.1.10 A importância da Energia Solar

Um dos desafios quando se pensa em desenvolvimento sustentável é associar o desenvolvimento econômico com a mitigação dos impactos ambientais. Estes estudos apontam que isso não só é possível, como também é viável com a expansão do uso de energias renováveis. Entre elas, além da energia hidráulica, renovável com maior participação na matriz elétrica mundial, podem ser destacadas as energias eólica, solar, geotérmica, biomassa, biocombustíveis e até os resíduos urbanos, produzidos nas atividades, residenciais, comerciais e públicas (LEITE, 2022).

Mas cabe destacar que as fontes renováveis também produzem impactos ambientais, mesmo que menores que os combustíveis fósseis, seja na etapa de construção da usina, operação ou descarte dos materiais, e nem todos os impactos estão relacionados ao aquecimento global (LEITE, 2022).

Já os sistemas a base de energia solar convertem a luz do sol em eletricidade ou em energia térmica por meio dos painéis solares, compostos, principalmente, por silício, e que são instalados sobre estruturas metálicas, geralmente de alumínio. O extrativismo mineral, a alta demanda de energia e a geração de resíduos e gases durante a produção dos painéis concentram a maior parte do impacto ambiental verificado para esta tecnologia, que emite poucos gases de efeito estufa durante a operação dos sistemas. Pouco se sabe sobre os impactos do descarte dos equipamentos, cuja vida útil apresentada pelos fabricantes é de 25 anos, embora seja possível acreditar que possuem grande potencial de reuso e reciclagem (SILVA et al., 2017; TURCONI; BOLDRIN; ASTRUP, 2013).

Nos sistemas fotovoltaicos, o produto final é a eletricidade, a qual é gerada em corrente contínua nas placas solares, também chamadas de módulos fotovoltaicos. O sistema precisa, então, ter um inversor, equipamento responsável por converter a corrente elétrica em corrente alternada e pode contemplar, ainda, uma bateria, para armazenamento da energia gerada, e um controlador de carga, que protege a bateria de cargas e descargas excessivas (PINHO; GALDINO, 2014).

Quando conectado à rede elétrica, é denominado *on grid*; quando não, é um sistema independente chamado de *off grid*.

3.1.11 Duração e Vantagens dos principais materiais

3.1.11.1 Tijolo cerâmico 8 furos

O tijolo cerâmico é um dos materiais mais utilizados pela construção civil. Sua composição é formada por argila e água, sendo, portanto, um material sustentável e que produz baixo impacto ao meio ambiente (NATREB).

Segundo Vasquez (2014), às vantagens do tijolo cerâmico são:

- Facilidade de aquisição e baixo custo dos elementos
- Bom Desempenho térmico e acústico
- Grande popularidade e aceitação no mercado;
- Flexibilidade e Versatilidade;
- Boa Resistência contra o fogo.

3.1.11.2 Telha cerâmica colonial

A telha de cerâmica é um tipo de cobertura feita de argila e resistente à altas temperaturas. É um dos materiais de construção mais antigos e amplamente utilizados no mundo todo. As telhas de cerâmica, geralmente, são muito utilizadas na construção de edifícios devido à sua durabilidade, resistência às intempéries e estética (ETESCO, 2023).

Também são capazes de resistir a condições climáticas como chuva intensa, granizo, ventos fortes e radiação UV e não enferrujam, apodrecem ou deformam com facilidade. E além desses benefícios, também oferece:

- Isolamento térmico e acústico;
- Facilidade de manutenção;
- Valor estético e de revenda;
- Sustentabilidade (ETESCO, 2023).

3.1.11.3 Tinta acrílica

Na construção civil a pintura representa uma operação de grande importância, uma vez que as áreas pintadas são, normalmente, muito extensas, implicando num alto custo. Há uma tendência natural em considerar a pintura uma operação de decoração, porém, além de decorar e proteger o substrato, a tinta pode oferecer melhor higienização dos ambientes, servindo também para sinalizar, identificar, isolar termicamente, controlar luminosidade e podendo ainda ter suas cores utilizadas para influir psicologicamente sobre as pessoas (AKZONOBEL).

As tintas acrílicas apresentam maior durabilidade; maior resistência às intempéries, a produtos químicos, ao crescimento de algas e fungos; maior resistência ao descascamento e à formação de bolhas e melhor adesão ao substrato em condições úmidas (ANGHINETTI, 2012).

3.1.11.4 Forro PVC

O PVC pode ser reciclado, não é tóxico e o seu processo de reciclagem não libera emissões perigosas no meio ambiente. Os perfis desse material contam com grande durabilidade e longevidade, não oxidam/enferrujam, são resistentes à maresia, têm baixa manutenção, leveza, não propagam fogo (auto extingüível) e apresentam alta eficiência termo acústica. O material também não necessita de pintura e tem sua limpeza considerada simples, apenas com água e sabão neutro, sem necessidade de produtos químicos (CAMPOLINA, 2022).

Vantagens do forro de PVC (MAPA DA OBRA, 2023):

- É composto por materiais 100% recicláveis, o que favorece a preservação do meio ambiente;
- Apresenta praticidade na execução das obras;
- O transporte, a instalação e a manutenção do forro de PVC são facilitados devido a sua baixa densidade e simplicidade de montagem;
- É impermeável e resistente.

3.2 METODOLOGIA BIM NA ELABORAÇÃO DE PROJETOS

Conforme os anos avançam, as inovações tecnológicas que antes só existiam em filmes e histórias se tornam realidade. As pessoas começam a vê-las como dispositivos e ferramentas que aceleram processos, possibilitam novos tipos de entretenimento e transformam a comunicação, a informação e a interação.

Com o desenvolvimento das grandes cidades e o aumento da população mundial, observa-se a necessidade de evolução nas técnicas adotadas para a execução de edifícios e residências, buscando atender as demandas do mercado e o progresso das exigências normativas de construção (PEREIRA; FIGUEIREDO, 2020).

A construção civil possui inúmeros déficits referentes às etapas essenciais de uma obra, como planejamento mal-sucedido, descumprimento de prazos e de orçamento, alterações constantes do projeto de origem e logísticas inadequadas de mão de obra e insumos que podem gerar abandono da construção. Todos esses pontos causam prejuízos tanto ao projeto quanto

para a construtora que o executa, principalmente agora com a evolução da competitividade de mercado, as dificuldades de gerenciar estes problemas pode definir a ascensão ou queda de um empreendimento (PEREIRA; FIGUEIREDO, 2020).

Os processos para elaboração de orçamento em projetos de construção civil normalmente são realizados de maneira manual, apresentando-se falhos e afetando a tomada de decisão do empreendimento. Muitos erros cometidos ocorrem na etapa de levantamento de quantitativos, o que corrobora para a propagação gradativa de todo o orçamento. Ou seja, um equívoco provocado na fase de levantamento pode ser perigosamente retratado na análise do custo final da obra (PEREIRA; FIGUEIREDO, 2020).

Qualquer ferramenta BIM tem a capacidade de extrair o número de componentes, volumes espaciais, áreas, quantidade de materiais e extrair relatórios sobre o empreendimento (EASTMAN *et al.*, 2008). Assim, o desenvolvimento dos projetos em modelagem BIM, possibilita a extração de quantidade dos materiais com maior precisão e detalhes espaciais diretamente do modelo digital.

4 METODOLOGIA

A metodologia foi estruturada em etapas distintas para garantir o alcance dos objetivos estabelecidos para este trabalho, conforme descrito a seguir:

- Etapa 1: Desenvolvimento do projeto incorporando soluções sustentáveis.
- Etapa 2: Avaliação dos benefícios decorrentes da implementação das soluções propostas.

Essa abordagem metódica visa assegurar que cada fase do trabalho contribua de maneira eficaz para o cumprimento dos objetivos estabelecidos.

Etapa 1 - Elaboração do projeto com soluções sustentáveis: O projeto atualizado foi modelado utilizando o software BIM, especificamente o programa Revit. Em seguida, foram desenvolvidos os projetos de planta baixa nos formatos 2D e 3D (modelagem arquitetônica), além da planta de forro, planta de cobertura, planta de fundação e as instalações elétricas. Após uma análise detalhada da edificação, foram propostas as seguintes soluções sustentáveis: telhas transparentes, forro de PVC e janelas translúcidas.

- **Projeto Arquitetônico:** O desenvolvimento deste projeto foi focado em uma residência unifamiliar com área total de 43,31 m², composta por um banheiro, dois quartos, sala de estar e jantar, cozinha, área de serviço e hall.

- **Cálculos para calhas:** O projeto de águas pluviais é um componente essencial no planejamento da infraestrutura de qualquer construção. Seu objetivo é captar, conduzir e, quando necessário, tratar as águas das chuvas de forma eficiente e segura, evitando problemas como alagamentos, erosão do solo e sobrecarga nos sistemas de esgoto.

A determinação da Intensidade Pluviométrica foi realizada com base na NBR 10844/89, consultando o anexo – tabela 5, que apresenta dados sobre chuvas intensas no Brasil (duração de 5 minutos), utilizando um período de retorno de 25 anos. Para a cidade de Natal/RN, o valor encontrado foi de 143 mm/h. Para o cálculo da vazão, utilizou-se a fórmula:

$$V = \frac{A.I.P}{60} \quad (\text{Equação 01})$$

- **Determinação da Vazão de Projeto:**

A vazão de projeto se deu através da área de contribuição (área do telhado) e a intensidade pluviométrica da cidade escolhida para análise, apresentado na Tabela 2. Determinação da vazão de projeto:

Tabela 2 - Vazão de projeto.	
Vazão de Projeto (Total)	
Área de Contribuição (m²)	77,40
Intensidade Pluviométrica (mm/h)	143
Vazão de Projeto (L/mim)	184,47

Fonte: Autoria própria (2024).

Detalhamento da área de contribuição do telhado (Tabela 3):

Tabela 3 - Área de Contribuição.	
Área de Contribuição (m²)	
Frontal Esquerda	34,32
Frontal Direita	43,08
Total	77,40

Fonte: Autoria própria (2024).

De acordo com a determinação da vazão de cada água do telhado, define-se o diâmetro para ser utilizado, sendo o diâmetro mínimo de 100 mm para cada lado do telhado, analisando com a declividade 0,5% (Tabela 4).

Tabela 4 - Diâmetros da calha, tubo de queda e condutor horizontal.				
Calhas				
Calha	Vazão	Diâmetro da calha (mm)	Diâmetro do Tubo de Queda (mm)	Diâmetro do Condutor Horizontal (mm)
Esquerda Frontal	81,796	100	75	100
Direita Frontal	102,674	100	75	100

Fonte: Autoria própria (2024).

- **Projeto Elétrico:** A metodologia para a instalação elétrica em uma residência ou qualquer outro tipo de edificação envolve uma série de etapas rigorosamente planejadas, com o objetivo de garantir segurança, eficiência e conformidade com normas técnicas. A aplicação correta da ABNT NBR 5410, que trata das instalações elétricas de baixa tensão, é fundamental para assegurar a proteção dos usuários e do patrimônio, além de promover a eficiência energética e a durabilidade das instalações.

O primeiro passo na elaboração do projeto elétrico é o levantamento das necessidades energéticas do local. Essa avaliação deve considerar o número de pontos de iluminação, tomadas, eletrodomésticos, equipamentos de alta potência e sistemas de climatização. Essa análise minuciosa é crucial para determinar a carga elétrica necessária e dimensionar adequadamente os circuitos, evitando sobrecargas e garantindo a segurança do sistema.

Etapas 3 - Avaliação dos Benefícios: A avaliação e melhoria da eficiência energética em uma residência envolve uma série de etapas bem estruturadas, com o objetivo de identificar oportunidades de economia de energia e otimizar o desempenho energético geral do imóvel. Para obter uma avaliação precisa da eficiência energética, devem ser considerados os seguintes pontos:

- Características da residência;
- Mapeamento de equipamentos;
- Iluminação;
- Localização das esquadrias;
- Tipo de forro.

Esses elementos são fundamentais para a identificação de estratégias que promovam a eficiência energética, contribuindo para a sustentabilidade e o conforto dos usuários.

5 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O projeto foi desenvolvido utilizando o software Revit, dentro da metodologia BIM (Modelagem da Informação da Construção). As plantas foram elaboradas em formatos 2D e 3D, permitindo uma visualização abrangente e detalhada da área total do projeto, conforme apresentado no Quadro 4.

Quadro 4 - Áreas do Projeto.

Cômodos	Quantidade	Área (m²)
Área de serviço	1	2,12
Banheiro	1	3,74
Circulação	1	2,62
Cozinha	1	5,25
Hall	1	1,41
Quarto 1	1	7,31
Quarto 2	1	8,63
Sala	1	12,26
Total		43,34

Fonte: Autoria própria (2024).

5.1 **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

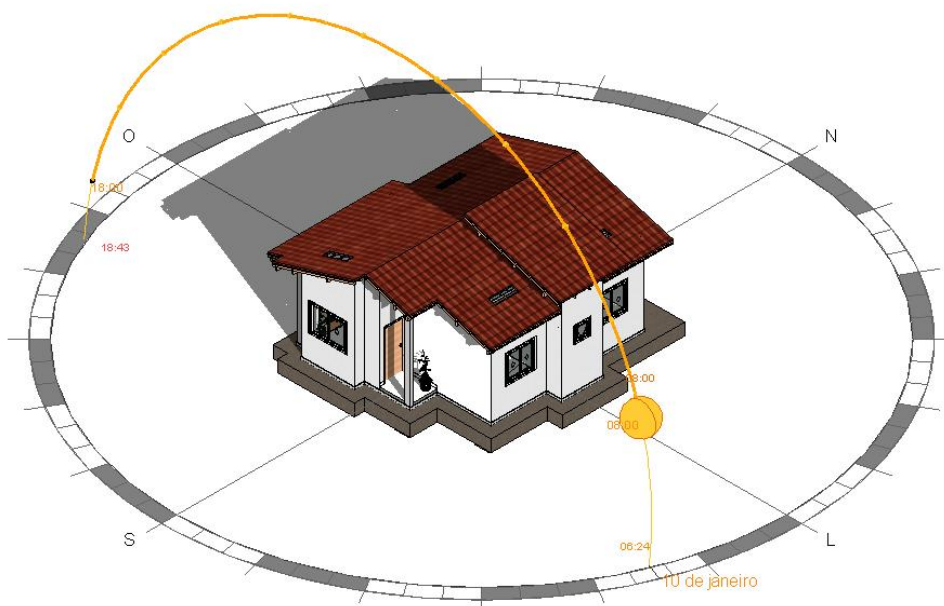
A eficiência energética de uma residência reflete o quanto ela consome de energia para atender às suas necessidades diárias, como climatização, iluminação, e funcionamento de eletrodomésticos, em relação ao nível de conforto e desempenho oferecido. A eficiência energética busca reduzir o consumo de energia, sem comprometer o conforto dos moradores, promovendo, assim, um uso sustentável dos recursos.

De acordo com materiais inseridos, o projeto apresenta resultados positivos, como:

- **Redução do consumo de energia: Uso da luz de LED:** Lâmpadas de LED consomem até 80% menos energia do que lâmpadas incandescentes ou fluorescentes.
- **Análise do caminho do sol no software Revit:** O Caminho do Sol é uma funcionalidade no Revit que permite simular o movimento do sol ao longo do dia ou do ano em um modelo 3D, ajudando a visualizar sombras e iluminação natural no projeto inovador. Isso é extremamente útil para entender o comportamento da luz natural em edifícios e áreas externas.

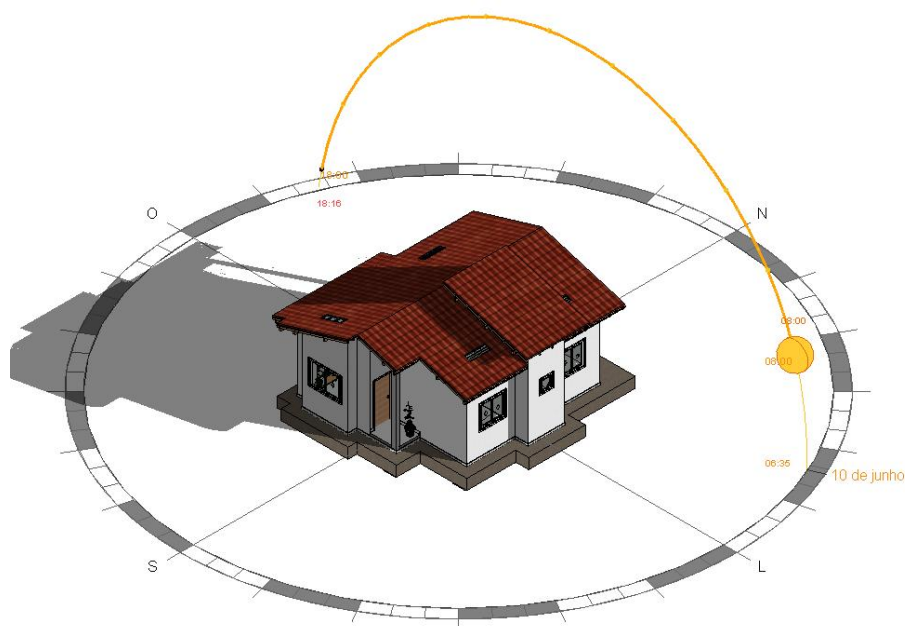
Através do Caminho do Sol, foi observado em três dias do ano, sendo: 10 de janeiro e 10 de junho, representados nas seguintes figuras 2 e 3.

Figura 2 - Caminho do Sol dia 10 de janeiro de 2024.



Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 3 - Caminho do sol dia 10 de junho de 2024.



Fonte: Autoria própria (2024).

Essa metodologia permite observar o comportamento da luz natural sobre a edificação. Para a análise do Caminho do Sol, foi utilizado como referência a localização da cidade de Angicos/RN, especificamente na Rua José Carlos de Machado.

Análise das Figuras Figura 2 - Caminho do Sol dia 10 de janeiro de 2024 - Data e Contexto: A figura ilustra o caminho do sol no hemisfério sul durante o verão, onde o sol atinge a sua posição mais alta no céu. Esta posição geralmente resulta em maiores temperaturas e mais horas de luz.

- Ângulo de Incidência: A trajetória do sol é mais vertical, refletindo uma incidência de luz mais direta, o que pode resultar em maior eficiência na captação solar para sistemas de energia, como painéis solares.
- Implicações para Projetos Arquitetônicos: Esse comportamento solar deve ser considerado no projeto de edificações para otimizar o uso da luz natural e o aquecimento passivo, reduzindo a necessidade de aquecimento artificial.

A Figura 3 - Caminho do Sol dia 10 de junho de 2024 - Data e Contexto: Esta figura representa o caminho do sol durante o inverno no hemisfério sul. Nesse período, o sol atinge a sua posição mais baixa no céu, resultando em temperaturas mais amenas e menor duração da luz solar.

- Ângulo de Incidência: A trajetória do sol é mais inclinada, indicando que a incidência de luz é menos direta. Isso pode afetar a eficiência de captação solar e a iluminação natural nas edificações.
- Implicações para Projetos Arquitetônicos: A análise deste caminho solar é crucial para o dimensionamento de aberturas, como janelas e claraboias, garantindo que os espaços internos recebam a iluminação adequada, mesmo em períodos de baixa incidência solar.
- Comparação entre as Figuras Variação Sazonal: A comparação entre as duas figuras destaca a variação sazonal do caminho solar, enfatizando a necessidade de um planejamento arquitetônico que leve em conta essas mudanças para maximizar a eficiência energética.
- Estratégias de Projeto: Projetos arquitetônicos devem incorporar estratégias de sombreamento e disposição de aberturas que respondam a essas variações, como o uso de beirais maiores no verão e janelas mais altas no inverno.

As figuras apresentadas são essenciais para a compreensão da dinâmica solar ao longo do ano e devem ser utilizadas como referência no desenvolvimento de projetos sustentáveis. A análise dos caminhos solares em diferentes épocas do ano não apenas auxilia na otimização da eficiência energética, mas também contribui para o conforto ambiental dos espaços habitáveis.

5.2 QUADRO DE ESQUADRIAS DO PROJETO

Compreende-se que elementos como portas, janelas e portões influenciam diretamente a funcionalidade, estética e conforto dos ambientes. A escolha adequada e a utilização correta das esquadrias impactam não apenas a aparência da edificação, mas também seu desempenho em várias dimensões, tais como:

- **Ventilação Natural:** As esquadrias facilitam a circulação de ar, promovendo um ambiente interno saudável e confortável.
- **Iluminação Natural:** Janelas estrategicamente posicionadas otimizam a entrada de luz, reduzindo a necessidade de iluminação artificial durante o dia.
- **Isolamento Térmico:** Esquadrias adequadas contribuem para o controle da temperatura interna, promovendo maior eficiência energética.
- **Isolamento Acústico:** O uso correto de esquadrias ajuda a minimizar a transmissão de ruídos externos, aumentando o conforto acústico dos ambientes.
- **Segurança:** Portas e janelas bem projetadas aumentam a segurança da edificação, protegendo contra invasões e outros riscos.
- **Estética e Valorização do Imóvel:** Esquadrias de qualidade melhoram a estética geral da construção e podem valorizar o imóvel no mercado.
- **Acessibilidade:** A escolha de esquadrias acessíveis assegura que todos os usuários, independentemente de suas capacidades, possam usufruir dos ambientes.
- **Sustentabilidade:** Esquadrias eficientes podem ser parte de uma abordagem sustentável, reduzindo o consumo de energia e o impacto ambiental.
- **Durabilidade e Manutenção:** O uso de materiais de alta qualidade garante que as esquadrias tenham uma vida útil prolongada e requeiram menos manutenção ao longo do tempo.

Com base nos benefícios mencionados, as esquadrias selecionadas para o projeto foram as seguintes:

- **5 Portas** padrão de madeira (1 folha) com dimensões de 0,80 x 2,10 m.
- **1 Janela** com esquadria de correr (2 folhas) medindo 1,50 x 1,10 m.
- **2 Janelas** com esquadria de correr (2 folhas) com dimensões de 1,20 x 1,10 m.
- **1 Janela** com esquadria de correr (1 folha) com medidas de 1,00 x 0,50 m.
- **1 Janela** com esquadria de correr (1 folha) de 0,50 x 0,50 m.

A seleção das esquadrias para o projeto foi realizada com base em diversos critérios que visam garantir a funcionalidade, o conforto e a eficiência da edificação. As opções escolhidas atendem a aspectos técnicos e estéticos importantes, conforme descrito a seguir:

Portas Padrão de Madeira (5 unidades, 1 folha, 0,80 x 2,10 m):

- **Durabilidade e Manutenção:** As portas de madeira oferecem excelente durabilidade e resistência ao desgaste, além de serem relativamente fáceis de manter. A escolha desse material é ideal para áreas de alta circulação.
- **Isolamento Acústico e Térmico:** As portas de madeira proporcionam um bom isolamento acústico e térmico, contribuindo para o conforto dos ambientes.
- **Estética:** A madeira é um material tradicional e versátil que se adapta bem a diferentes estilos arquitetônicos, valorizando a estética da edificação.

Janelas com Esquadria de Correr (1 unidade, 2 folhas, 1,50 x 1,10 m)

- **Ventilação e Iluminação Natural:** A configuração de esquadrias de correr permite a abertura parcial, facilitando a ventilação cruzada e o aproveitamento da luz natural, fundamentais para o conforto ambiental.
- **Espaço:** As janelas de correr ocupam menos espaço ao serem abertas em comparação com janelas de abrir, tornando-se uma escolha prática para ambientes com restrições de espaço.

Janelas com Esquadria de Correr (2 unidades, 2 folhas, 1,20 x 1,10 m)

- **Versatilidade:** Este tamanho e configuração proporcionam uma boa relação entre iluminação e ventilação, adequando-se a diferentes ambientes, como salas e dormitórios.
- **Estética:** A harmonização das dimensões das janelas com as portas escolhidas cria um visual coeso e agradável.

Janelas com Esquadria de Correr (1 unidade, 1 folha, 1,00 x 0,50 m):

- **Acessibilidade e Funcionalidade:** Esta janela foi escolhida para áreas onde a abertura lateral é mais conveniente e onde o espaço disponível é limitado.
- **Iluminação:** A sua dimensão permite uma boa entrada de luz natural, contribuindo para a clareza dos ambientes.

Janela com Esquadria de Correr (1 unidade, 1 folha, 0,50 x 0,50 m):

- **Praticidade:** Ideal para ambientes menores ou áreas de serviço, onde o espaço é restrito, permitindo ainda a entrada de luz e ventilação.
- **Acessibilidade:** Essa janela facilita o acesso à luz natural, mesmo em espaços que exigem uma solução mais compacta.

A escolha das esquadrias foi orientada por uma análise cuidadosa das necessidades funcionais e estéticas do projeto, considerando a eficiência energética, o conforto dos usuários e a valorização do imóvel.

5.3 QUADRO DE ELEMENTOS DO PROJETO

O quadro de elementos é um documento/planilha técnica utilizado na engenharia para organizar e listar os principais componentes do projeto. Ele serve como um guia para identificar e descrever cada elemento, facilitando a execução da obra e o controle de materiais e custos.

Ou seja, a importância reside na capacidade de proporcionar uma visão abrangente e detalhada dos elementos que compõem a obra, permitindo a identificação e descrição precisa de cada item, o que, por sua vez, facilita não apenas a execução da obra, mas também o controle eficiente de materiais e custos.

Ao servir como um guia claro e acessível, o quadro de elementos promove a comunicação entre os diferentes profissionais envolvidos, minimizando erros e retrabalhos, além de otimizar a alocação de recursos. Essa organização sistemática é crucial para o sucesso do projeto, pois assegura que todos os aspectos técnicos sejam considerados e monitorados, contribuindo para a efetividade do gerenciamento e para a entrega da obra dentro dos prazos e orçamentos estabelecidos.

No Quadro 5, estão apresentadas as principais informações contidas no quadro de elementos:

Quadro 5 – Quadro de Elementos.

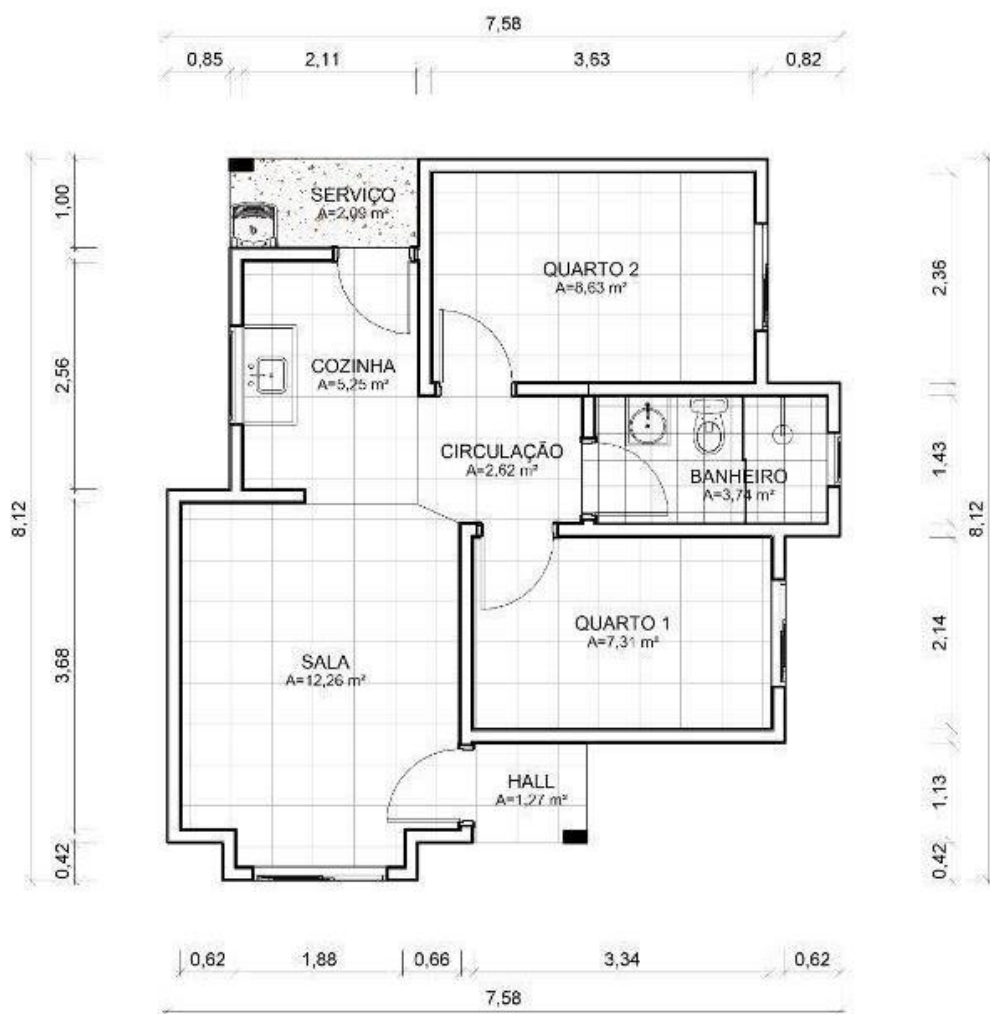
QUADRO DE ELEMENTOS						
DESCRIÇÃO	DIMENSÕES	MATERIAL	FUNÇÃO	POSIÇÃO	QUANT.	OBSERVAÇÃO
Bloco	0,60 x 0,60 x 0,60 m	Concreto magro	Suporte estrutural	Planta de fundação	12	Ref. com aço CA-50, ø 10 mm
Viga baldrame	0,20 x 0,30 m	Concreto armado de classe C-20	Suporte estrutural	Planta de fundação	46,44 m	Ref. com aço CA-50, ø 8 mm
Pilar	14 x 26 cm	Cimento, areia, brita e água (1:2:3)	Suporte estrutural	Planta baixa	12 und	Ref. com aço CA-50, ø 10 mm
Piso cimentado	43,31 m²	Concreto mais argamassa	Suporte estrutural	Planta baixa	43,31 m²	
Piso cerâmico	46 x 46 cm	Esmaltado	Acabamento	Planta baixa	41,00 m²	
Piso cerâmico	30 x 30 cm	Esmaltado	Acabamento	Planta baixa	22,00 m²	
Alvenaria	9 x 19 x 19 cm	Cerâmica vermelha	Vedação	Planta baixa	154,00 m²	
Reboco (chapisco + massa única)	0,018 m (espessura)	Argamassa	Suporte estrutural de vedação e acabamento	Cortes e vistas	307,00 m²	
Tinta acrílica	0,0020 m (espessura)	Acrílica	Acabamento	Cortes e vistas	265,00 m²	
Selador acrílico	0,0020 m (espessura)	Acrílica	Acabamento		265,00 m²	
Forro	38,53 m²	PVC	Acabamento	Planta de forro	39,00 m²	
Luminária	0,41 x 0,41 cm	LED	Iluminação	Planta de forro	10 und	
Telha translúcida	1,00 x 0,30 m	Resina poliéster	Iluminação	Planta de forro e Cobertura	8 und	
Ripa	03 x 06 cm	Madeira	Cobertura	Cobertura	77,00 m²	
Caibro	07 x 05 cm	Madeira	Cobertura	Cobertura	77,00 m²	
Terça	14 x 07 cm	Madeira	Cobertura	Cobertura	77,00 m²	
Telha cobertura	48 x 20 x 15 cm	Colonial vermelha	Cobertura	Cobertura	77,00 m²	
Caixa d'água	500 l	Polietileno	Abastecimento	Corte	1 und	
Bacia sanitária	350 x 660 x 740 mm	Vítreo	Elemento hidrossanitário	Planta baixa	1 und	
Chuveiro	0,55 m	Metal	Abastecimento	Corte	1 und	
Box	1,43 x 1,85 m	Acrílico		Planta baixa	1 und	
Lavatório banheiro	0,50 x 0,56 x 0,51 m	Vítreo	Abastecimento	Planta baixa	1 und	
Pia cozinha	1,14 x 0,60 x 0,33 m	Aço inox	Abastecimento	Planta baixa	1 und	
Pia lavanderia	0,53 x 0,51 x 0,83 m	Cerâmica	Abastecimento	Planta baixa	1 und	

Fonte: Ministério das Cidades, 2012.

5.4 PLANTA BAIXA

A escolha da planta baixa para as unidades habitacionais foi orientada pelas especificações mínimas estabelecidas no ANEXO A, nos projetos técnicos do Programa Nacional de Habitação Rural (PNHR). A planta baixa, que ilustra de forma clara a disposição dos ambientes e suas interconexões, pode ser visualizada na Figura 4.

Figura 4 - Planta Baixa da residência.



Fonte: Autoria própria (2024).

Realizada cuidadosamente com base nas especificações, a planta assegura que todos os ambientes sejam devidamente contemplados, levando em consideração suas características específicas e as instalações elétricas necessárias.

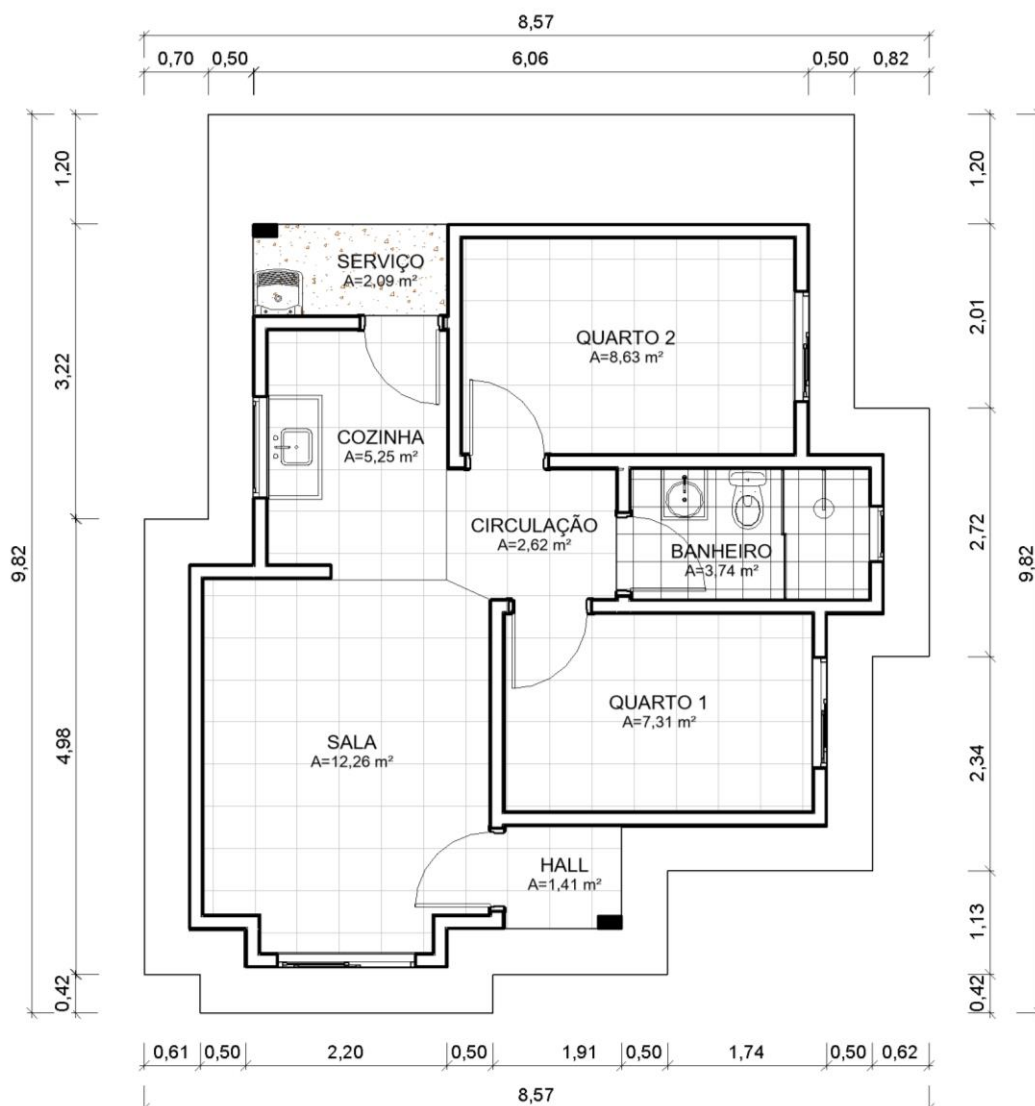
Seguindo as diretrizes do PNHR, as unidades habitacionais devem ter uma área mínima de 36 m², garantindo assim a funcionalidade e o conforto dos moradores. Sendo que no presente projeto, a área total foi de 43,34 m².

5.5 PLANTA BAIXA CONTEMPLADA COM A CALÇADA

A concepção de espaços públicos e privados deve sempre considerar a acessibilidade e a funcionalidade, fatores essenciais para o bem-estar dos usuários. Neste contexto, a planta baixa do projeto foi contemplada com a inclusão de uma calçada, cuja importância vai além de um mero elemento estético, servindo como um espaço de convivência e circulação.

A planta baixa, que ilustra essa disposição, pode ser visualizada na Figura 5.

Figura 5 - Planta com a representação da calçada.



Fonte: Autoria própria (2024).

A norma NBR 9050/2015 estabelece diretrizes que garantem a acessibilidade nas edificações, incluindo as calçadas, visando atender a todas as pessoas, independentemente de suas limitações (BRASIL, 2015).

Optou-se por uma calçada de 1,20 metros de largura na parte dos fundos do imóvel. Essa medida foi escolhida deliberadamente para proporcionar um espaço adicional, permitindo a colocação de cadeiras e outros mobiliários que incentivam a interação social, como conversas ao ar livre.

5.6 PLANTA HUMANIZADA

A Figura 6, traz uma representação de como ficará a residência sustentável com a presença das devidas repartições e respectivos mobiliários.

Figura 6 - Planta Humanizada.



Fonte: Autoria própria (2024).

Ou seja, foi pensado em uma planta humanizada de uma residência do Programa Nacional de Habitação Rural (PNHR) com objetivo de apresentar de forma clara e acessível a disposição dos ambientes, facilitando a visualização do espaço e a compreensão das funcionalidades de cada área.

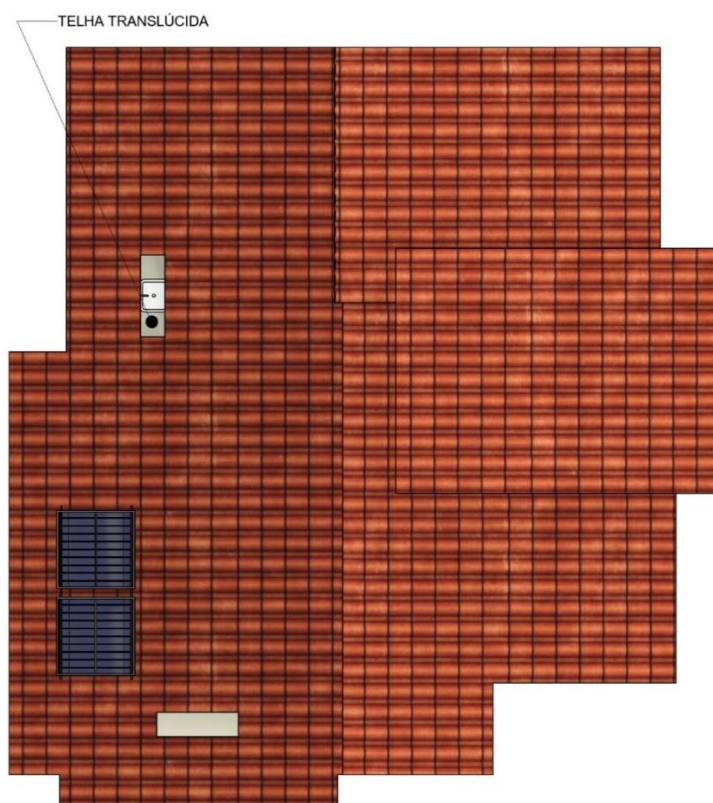
Foram representados nesta planta:

- **Ambientes:** A planta deve incluir todos os cômodos da residência, como sala de estar/jantar, quartos, banheiro, cozinha e áreas externas.
- **Mobiliário:** A representação dos móveis e outros elementos, como eletrodomésticos e itens de decoração, ajuda a visualizar o aproveitamento do espaço.
- **Acessibilidade:** Considerar a acessibilidade, com entradas e passagens adequadas para todos os moradores.

5.7 PLANTA DE COBERTURA

Já a Figura 7, traz a representação da cobertura da residência.

Figura 7 - Planta de Cobertura



Fonte: Autoria própria (2024).

A cobertura da residência é projetada para proporcionar não apenas proteção contra as intempéries, mas também uma boa iluminação natural nos ambientes internos. Na planta humanizada, é possível visualizar a inclusão de quatro telhas translúcidas, estrategicamente distribuídas nos cômodos, como sala, cozinha e quartos.

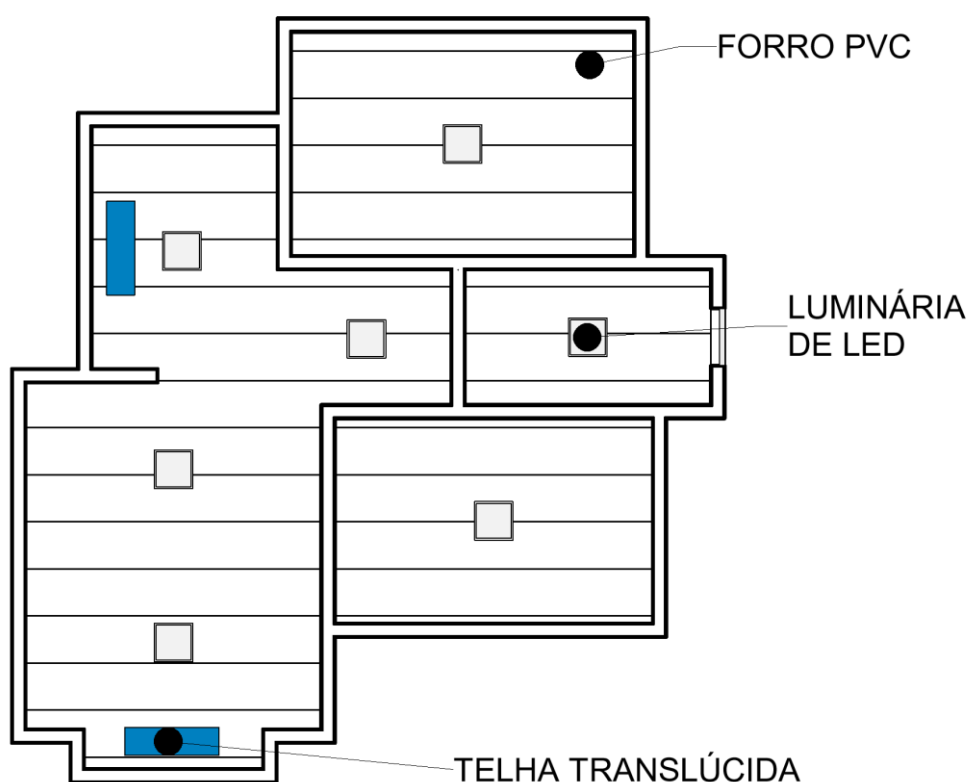
Essas telhas permitem a passagem da luz solar, criando uma atmosfera acolhedora e iluminada durante o dia, reduzindo a necessidade de iluminação artificial e promovendo um ambiente mais saudável. Além disso, a escolha de telhas translúcidas contribui para a eficiência energética da residência, garantindo um consumo mais sustentável e agradável para os moradores.

5.8 PLANTA DE FORRO

A planta do forro apresentada neste documento é contemplada com a representação detalhada do próprio forro, incluindo marcações precisas que indicam a localização das telhas translúcidas e das luminárias de LED.

A planta baixa, que ilustra esses detalhes, pode ser visualizada na Figura 8.

Figura 8 - Planta de Forro.



Fonte: Autoria própria (2024).

Essas informações permitem a compreensão do projeto, permitindo uma análise clara da distribuição dos elementos que contribuem para a iluminação e ventilação do ambiente.

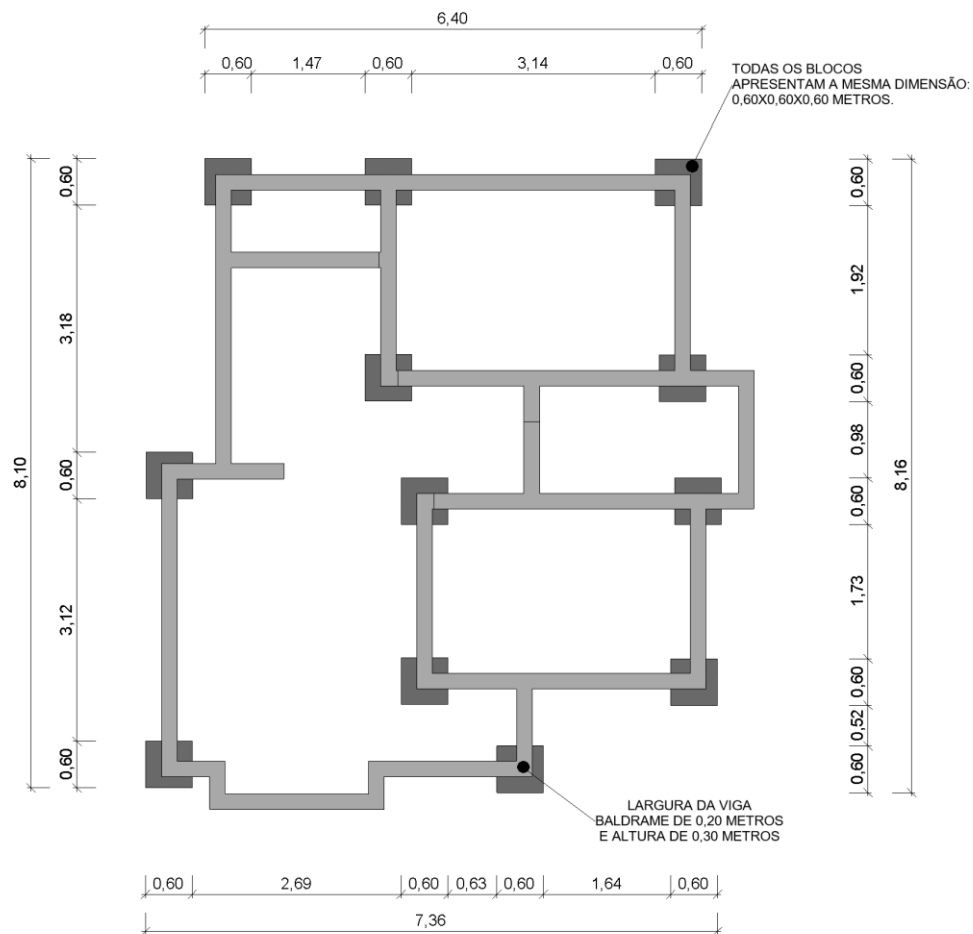
5.9 PLANTA DE FUNDAÇÃO

A planta de fundação é um elemento indispensável para construção de uma residência sustentável, pois estabelece as bases para a estrutura da edificação. Nesta planta, estão representadas as vigas e blocos que compõem a fundação, garantindo a estabilidade e durabilidade da construção.

Quando bem calculada e com organização cuidadosa desses elementos tal fundação servirá para suportar o peso da edificação e assegurar sua resistência a diversas condições ambientais.

Para uma visualização detalhada da planta baixa, consulte a Figura 9.

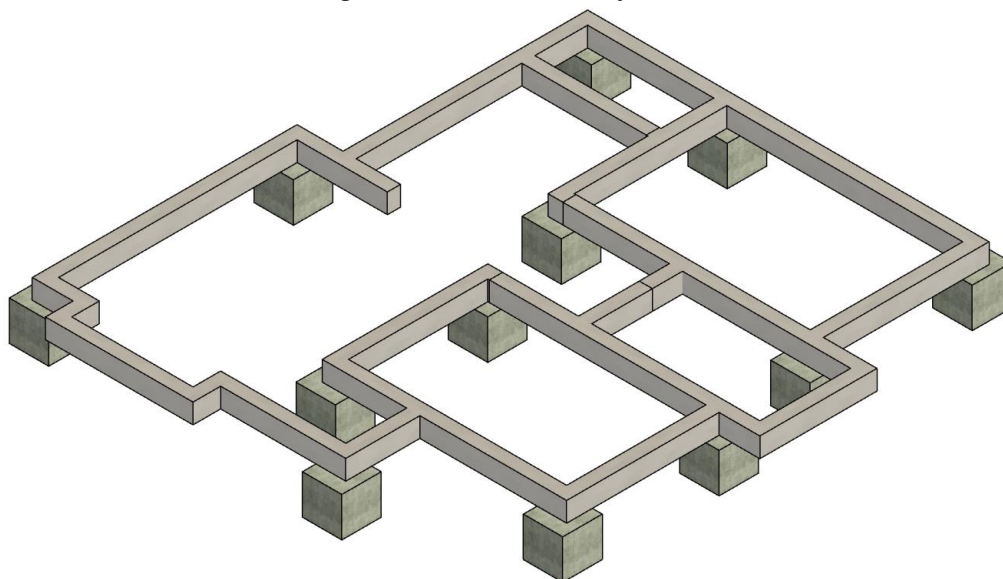
Figura 9 - Planta de Fundação.



Fonte: Autoria própria (2024).

A planta de fundação em 3D, terá a configuração indicada na Figura 10.

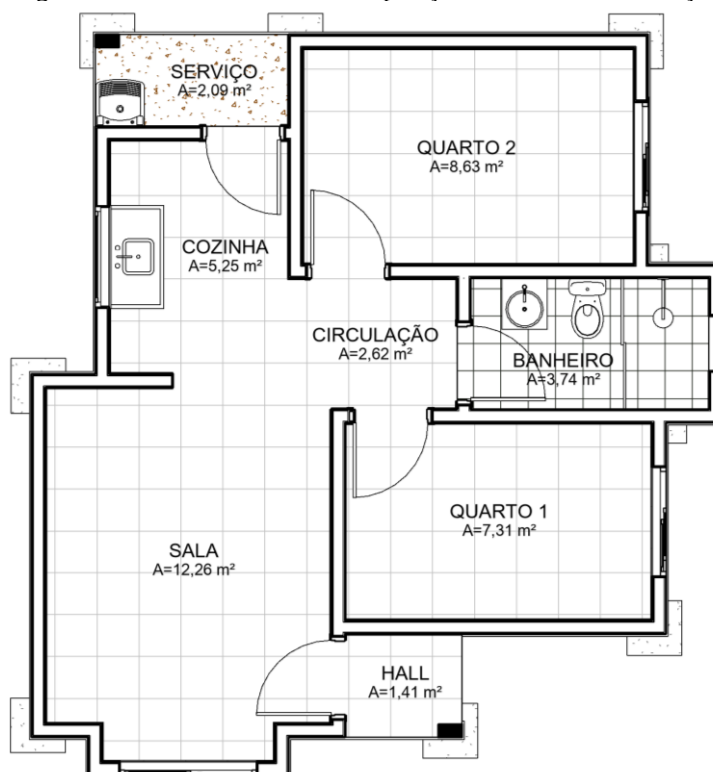
Figura 10 - Planta de Fundação 3D.



Fonte: Autoria própria (2024).

Já a Figura 11, traz a disposição dos blocos com a sobreposição da planta baixa da edificação.

Figura 11 - Planta Baixa com a disposição dos blocos de fundação.



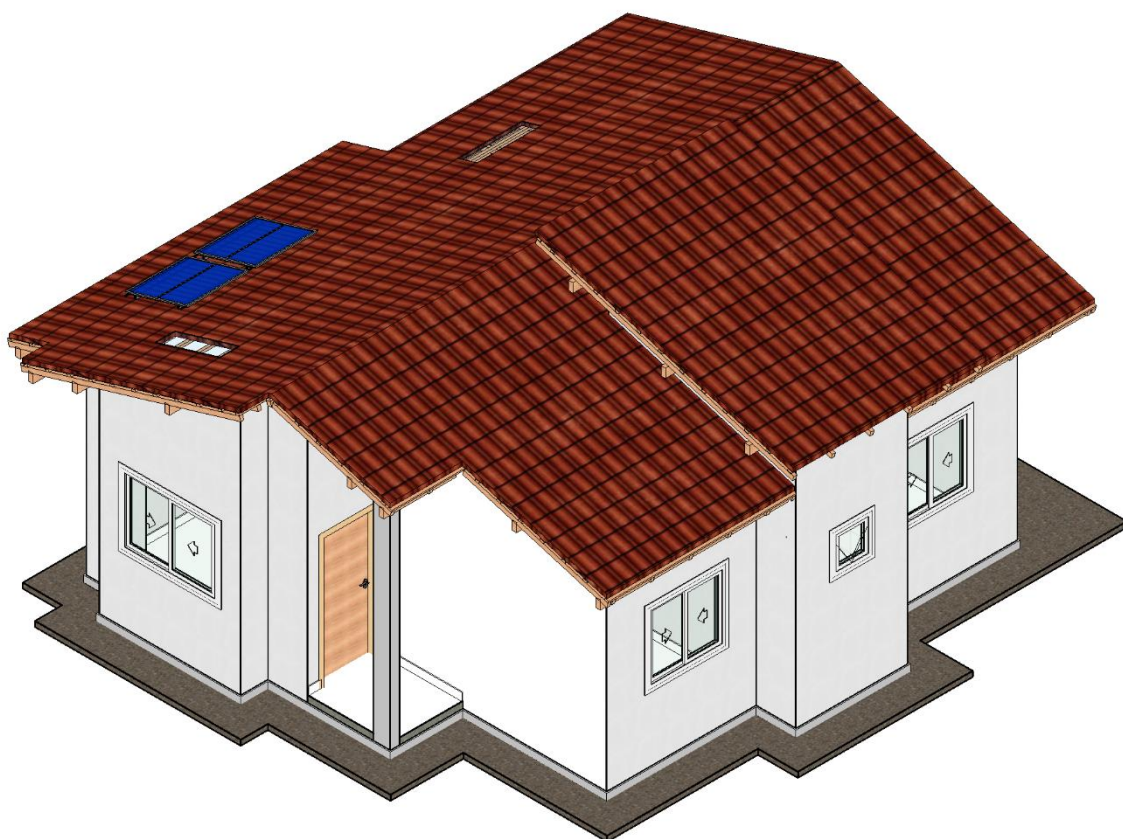
Fonte: Autoria própria (2024).

5.10 VISTA 3D

A visualização em 3D apresenta criada trouxe uma representação detalhada da casa, destacando as portas e janelas que integram a estrutura. Foram expostas a estética e a disposição dos elementos arquitetônicos, conferindo um caráter convidativo ao ambiente.

A simplicidade da casa é uma característica marcante, claramente perceptível na planta baixa, que pode ser visualizada na Figura 12.

Figura 12 - Vista 3D da residência sustentável projetada.



Fonte: Autoria própria (2024).

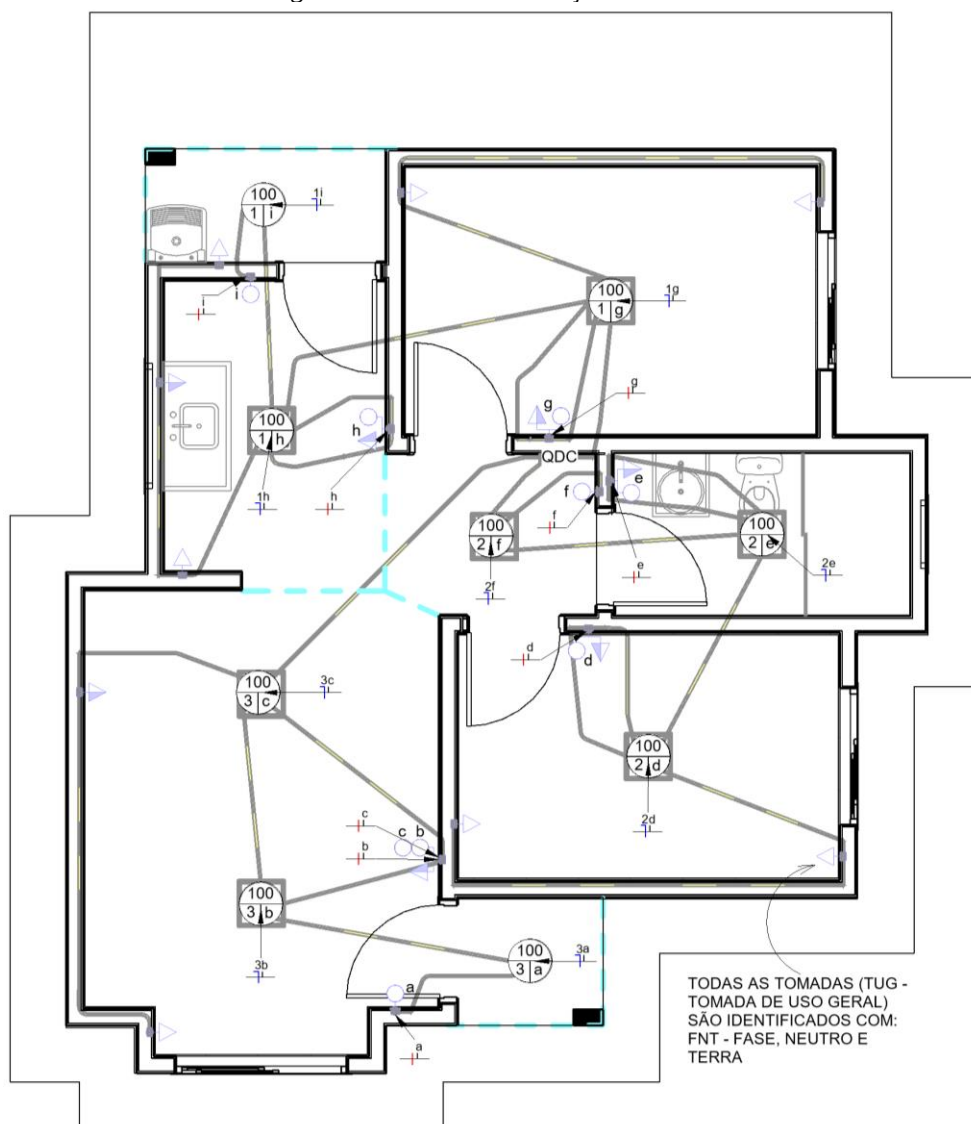
A visualização em 3D apresenta uma representação detalhada da casa, destacando as portas e janelas que integram a estrutura. Essa abordagem permite apreciar a harmonia estética e a disposição dos elementos arquitetônicos, conferindo um caráter convidativo ao ambiente. A simplicidade da casa é uma característica marcante, claramente perceptível na planta baixa, que pode ser visualizada na Figura 4.

5.11 PLANTA DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

A planta de instalações elétricas não apenas detalha a disposição dos elementos elétricos, como interruptores, tomadas e iluminação, mas também integra a representação das portas e janelas, proporcionando uma visão abrangente do espaço. A segurança é uma das principais preocupações ao elaborar a planta baixa, pois uma instalação elétrica bem projetada e executada minimiza os riscos de acidentes e falhas elétricas, contribuindo para um ambiente seguro e funcional.

A Figura 13 apresenta a planta baixa das instalações elétricas, permitindo uma visualização clara da disposição dos componentes.

Figura 13 - Planta de Instalações Elétricas.



Fonte: Autoria própria (2024).

Para um melhor entendimento, a Figura 14 traz a representação da legenda do projeto elétrico, que facilita a interpretação dos símbolos utilizados.

Figura 14 - Legenda componente do projeto elétrico criado para a residência sustentável.

	Tomada Baixa 2P+T, 10A, a 30cm do piso
	Tomada Média 2P+T, 10A, a 120cm do piso
	Tomada Alta 2P+T, 10A, a 210cm do piso
	Tomada Baixa 2P+T, 20A, a 30cm do piso
	Tomada Média 2P+T, 20A, a 120cm do piso
	Tomada Alta 2P+T, 20A, a 210cm do piso
	Interruptor simples de uma seção
	Conjunto de 2 Interruptores simples
	Conjunto de 3 Interruptores simples
	Interruptor paralelo (three-way)
	Condutores Neutro, Fase, Terra e Retorno, respectivamente
	Ponto de luz embutido no teto
	Eletróduto corrugado flexível embutido no teto ou na parede
	Quadro geral de luz e força embutido a 1,50 do piso acabado

Fonte: Autoria própria (2024).

No Quadro 6, são apresentados os elementos da instalação elétrica, incluindo os quantitativos por cômodo, que evidenciam a distribuição de luz, interruptores e tomadas em cada ambiente, conforme detalhado abaixo:

Quadro 6- Elementos da instalação elétrica.				
AMBIENTE	LUZ TETO	INTERRUPTOR	TOMADA	TELEFONE
Sala	2,0	2,0	3,0	-
Quarto 1	1,0	1,0	3,0	-
Quarto 2	1,0	1,0	3,0	-
Banheiro	1,0	1,0	1,0	-
Circulação	1,0	1,0	-	-
Cozinha	1,0	1,0	3,0	-
Área de Serviço	1,0	1,0	1,0	-
Total	8,0	8,0	14,0	-

Fonte: Autoria própria (2024).

Esse quadro serve como um guia para a execução e a manutenção das instalações elétricas, assegurando que cada ambiente tenha a iluminação e a energia necessárias para o seu funcionamento adequado.

A organização permite que os profissionais responsáveis pela execução e manutenção da infraestrutura elétrica tenham uma referência clara, facilitando o trabalho e minimizando erros.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das especificidades do Programa Nacional de Habitação Rural (PNHR), parte integrante do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), revela a importância de sua implementação e gestão na produção habitacional destinada ao meio rural.

O PNHR não apenas visa suprir a demanda habitacional, mas também se propõe a integrar diretrizes sustentáveis que respeitem e valorizem os contextos locais, promovendo a qualidade de vida no campo.

As especificações do PNHR para a gestão da elaboração do projeto, atribuiu em dimensões específicas de cada cômodo, apresentando uma área mínima de 36m². Portanto, contribuindo em diversas partes, como: cobertura, calçada, pé direito, uso de forros, assim tornando uma residência mais eficaz para uso no campo.

Para a construção de casas sustentáveis no contexto rural, é preciso considerar diretrizes que priorizem o uso de materiais locais e técnicas construtivas que respeitem a cultura e as tradições da comunidade. Isso inclui a adoção de práticas que favoreçam a eficiência energética, a captação de água da chuva e a utilização de sistemas de saneamento que minimizem impactos ambientais.

O presente trabalho apresentou orientações para casa sustentável seguindo as normas do Programa Nacional de Habitação Rural (PNHR), com uso da metodologia BIM exibindo de formato 3D as áreas internas e externas, assim melhorando a leitura e reduzindo erros do projeto. Para estudo, a residência foi situada na cidade de Angicos/RN, com análises do caminho do sol para melhor orientações dos ambientes da casa.

Além disso, a incorporação de tecnologias que promovam a sustentabilidade deve ser contemplada para garantir a autossuficiência das residências. No que se refere à elaboração de projetos de arquitetura e complementares, é fundamental que os mesmos sejam desenvolvidos com a perspectiva de baixo custo, priorizando soluções que reduzam os gastos sem comprometer a qualidade.

O uso de técnicas de construção modular e pré-fabricada pode ser uma alternativa viável, permitindo agilidade na execução e redução de resíduos durante o processo construtivo.

Quanto a aplicação da metodologia Building Information Modeling (BIM) no desenvolvimento do projeto traz uma série de vantagens, como a visualização precisa do modelo, a colaboração entre as equipes de projeto e a redução de erros durante a construção. Com o uso do BIM, é possível otimizar o planejamento, prever e mitigar possíveis problemas,

além de promover uma gestão mais eficaz dos recursos, contribuindo para a sustentabilidade do projeto.

Portanto, ao considerar esses parâmetros para a construção de casas sustentáveis na zona rural, o PNHR se apresenta como uma plataforma estratégica que não apenas visa a erradicação do déficit habitacional, mas também a promoção de uma habitação que respeite o meio ambiente e que seja adaptável às necessidades da população rural. A integração de práticas sustentáveis, aliada a uma gestão eficaz e ao uso de novas tecnologias, pode transformar a realidade habitacional no campo, resultando em comunidades mais resilientes e sustentáveis.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410:** Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844:** Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050:** Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015.
- ALBUQUERQUE, D. M. **Avaliação da influência da luz natural na redução do consumo de energia em edifícios comerciais:** Uma análise em Maceió-AL. Universidade Federal de Alagoas. 2010.
- ALMEIDA, Enos de Araújo. **Aspectos do saneamento básico na zona rural de Janduí/RN: diagnóstico para a melhoria da qualidade sócio ambiental.** Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Caraúbas - RN, 2021.
- ANGHINETTI, Izabel C. B. **Tintas, suas propriedades e aplicações imobiliárias.** Universidade Federal de Minas Gerais. Especialização em Construção Civil. Jan. 2012.
- BASSO, T. M.; CAMARGO NOGUEIRA, C. E.; SANDERSON SILVA, D. Eficiência energética na construção civil no Brasil. *Acta Iguazu*, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 48–56, 2000. DOI: 10.48075/actaiguaz.v4i1.12476.
- BASTOS, Frederico Holanda; CORDEIRO, Abner Monteiro Nunes. Fatores naturais na evolução das paisagens no semiárido brasileiro: uma abordagem geral. *Revista Geonorte*, [S. l.], v. 3, n. 5, p. 464–476, 2012.
- BUSTAMANTE, W.; URIBE, D.; VERA, S.; MOLINA, G. An integrated thermal and lighting simulation tool to support the design process of complex fenestration systems for office buildings. *Applied Energy*, v. 198, 9. 36-48, jul. 2017.
- CAIO, F. F. S. **Dispositivos de iluminação natural:** a sua evolução na arquitetura. Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa. 2011.
- CARVALHO, Aline Werneck Barbosa de; *et al.* Programa Nacional de Habitação Rural e modo de morar no campo: reflexões a partir da casa rural na Zona da Mata mineira. **Habitat no Campo, nas Águas e nas Florestas - Paranoá**, v. 17, p. 1679-0944, 2016.
- CAMPOLINA, Anne Castro. **Construções sustentáveis:** projeto de edificações populares voltadas para o clima tropical. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal - RN, 2022.
- CORRÊA, F. G.; CHIARELLI, L. G. A. O Programa Nacional de Habitação Rural (PNHR) como incentivo à permanência das famílias beneficiadas em suas comunidades de origem. *Revista Thema*, v.17, n.1, p.135-150. 2020.

COUTINHO, Mónica Sofia. **Avaliação das condições de Iluminação Natural através de Simulações em Modelos Virtuais**. [Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Arquitectura] Lisboa : UTL, Instituto Superior Técnico, Maio, 2009.

ETESCO - Construção e Gerenciamento. **Telha de cerâmica: Quais são as vantagens do uso?**. 2023.

FAGUNDES *et al.* **Análise das metas do Programa Nacional de Habitação Rural (PNHR) no contexto nacional**. Universidade do Oeste de Santa Catarina (Unoesc). Chapecó - RS, 2013.

FREITAS, Sueme. **Assistência Técnica em Arquitetura e Urbanismo na Habitação Rural: o caso do PNHR em Rancho Queimado/SC**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2022.

GOLDENFUM, J. A. **Reaproveitamento de águas pluviais**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2015.

GOMES, P. C. A identidade territorial e a sobrevivência do grupo. In: **Anais do XXV Congresso Brasileiro de Sociologia**, 1999.

GOMES, Francisco Carlos Delgado. **Os desafios da implementação das políticas públicas de habitação: o caso do Município Campos dos Goytacazes**. 2015. 141 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Regional e Gestão de Cidades) – Universidade Candido Mendes, Campos dos Goytacazes, RJ, 2014. Orientador: José Luis Vianna da Cruz. Bibliografia: f. 128-141.

GONÇALVES, Joana Carla Soares; DUARTE, Denise Helena Silva. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. **Ambiente construído**, v. 6, n. 4, p. 51-81, 2006.

KIBERT, CHARLES J., 1994. Establishing Principles and a Model for Sustainable Construction. in Kibert, C.J., ed. Proceedings of the First International Conference on Sustainable Construction. Tampa, FL, November 6-9. CIB Publications TG 16, Roterdão.

LAMBERTS, Roberto *et al.* **Sustentabilidade nas Edificações: contexto internacional e algumas referências brasileiras na área**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 2008.

LEITE, Cristiana de Sousa. **Programa Minha Casa Minha Vida em Teresina, Piauí: inclusão social, energia solar fotovoltaica e mitigação da pobreza energética**. Universidade Federal do Piauí. Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Teresina, 2022.

LIMA, T. M.; PERIN, J. **Materiais Sustentáveis Na Construção Civil**. Faculdade Anhanguera.

LUCENA *et al.* **Variabilidade climática no município de Caicó/RN: secas e chuvas num arquétipo do clima semiárido do nordeste brasileiro**. 2017 .

MATOS, G. S.; REIS, M. S.; LIMA, M. N. F.; ROCHA, N.V. G.; CASTRO, T. G.; BENARROSH, P. F. P. M. **Métodos e materiais sustentáveis na construção civil**. Faculdade de Rondônia - FARO.

MEDEIROS, Deisyanne; NOME, Carlos; ELALI, Gleice. Construindo no clima quente e seco do Brasil: conforto térmico e eficiência energética para a Zona Bioclimática 7. Seminário Internacional. **NUTAU 2012**, p. 1-17, 2012.

MOTA, V. N. T.; SAAVEDRA, O. R.; LIMA, S. Projeto de Habitação Rural Eco-Eficiente com Geração Solar Fotovoltaica Individual. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Sustentável**, v. 1, n. 1, p. 12-25, 2015..

NATREB - Soluções inteligentes para a indústria. **Características ideais e qualidade de tijolos cerâmicos**.

NOGUEIRA *et al.* **Avaliação do conforto térmico nas residências convencional e inovadora do “Projeto CASA”, Unioeste, Campus de Cascavel**. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 2012.

PEREIRA, D. M.; FIGUEIREDO, K. **O impacto da metodologia BIM na elaboração de orçamentos em projetos de obras civis**. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Revista Boletim do Gerenciamento, n.17, 2020.

PINHO (ORG.), J. T.; GALDINO (ORG.), M. A. Manual de engenharia pra sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro: **CEPEL_CRESESB**, 2014.

RAMALHO, Maria Francisca de Jesus Lírio. A fragilidade ambiental do Nordeste brasileiro: o clima semiárido e as imprevisões das grandes estiagens. **Sociedade e Território, Natal – RN**, v. 25, n. 2, p. 104-115, 2013.

REZENDE, Júlio. **Construção sustentável em uma propriedade rural no nordeste brasileiro**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

ROCHA, V. de P. T. **Conforto térmico de residência no semiárido paraibano: estudo de caso**. 2016. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande - Paraíba - Brasil, 2016.

SANTOS, Rosângela Leal; ANDRADE, Henrique de Oliveira. **Avaliação quantitativa do conforto térmico de uma cidade em área de transição climática: Feira de Santana-Bahia, Brasil**. Revista de Geografia Norte Grande. 2008.

SCHELB, Cristina Galvão. **Avaliação de tipologias construtivas nos critérios de sustentabilidade Estudo de casos –Telhas**. 2016. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

STADLER, André Sales. **Residência zero: Um modelo de habitação sustentável no Ceará**. Universidade Federal do Ceará, 2018.

SILVA, J. M.; HESPAÑHOL, R. A. M. **Discussão sobre comunidade características das comunidades rurais no município de Catalão (GO)**. 2016.

SILVA, D. H. DA, SANTANA, E. DA S., SILVA, J. F. T., ALMEIDA, S., & LIMA, S. F. DE. (2018). Construção sustentável na engenharia civil. **Caderno De Graduação - Ciências Exatas E Tecnológicas - UNIT - ALAGOAS**, 4(2), 89. Recuperado de <https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/5204>

SILVA, *et al.* Construção sustentável na engenharia civil. **Ciências exatas e tecnologias**, v.4, n.2, p.89-100, Alagoas. 2017.

SILVA, A. A. L.; STRADIOTTO, A.; SAGGIN, A. A.; BRANDALISE, L. T. Análise da percepção ambiental e do potencial do painel fotovoltaico na perspectiva de avicultores de Toledo-PR. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 3, n. 1, p. 80–98, 2017.

TECHIO, L. M. **Avaliação da iluminação natural de habitação multifamiliar de interesse social**: conjunto residencial videiras, Santa Maria, RS. Universidade Federal de Santa Maria. 2018.

VAGHETTI, M. A. O.; SANTOS, J. C. P.; CARISSIMI, E. **Casa Popular Eficiente**: Uma proposta de moradia de baixo custo e sustentável. Universidade Federal de Santa Maria. 2015.

VASQUEZ, C. C. P. C. F. Comparativo de sistemas construtivos, convencional e wood frame em residências unifamiliares. **Revista Unilins**, São Paulo, [s/n], n.1, p.1-17, 2014.

WERBACH A. The Future of Sustainability – Rethinking Environment and Development in the Twenty-first Century IUCN, **The World Conservation Union, Cambridge**, UK, 2006.

ANEXO A - Normativas dos projetos do PNHR

Especificações mínimas dos projetos técnicos do PNHR.

PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA / PNHR	
Casa	
Projeto	Casa com sala / 1 dormitório para casal e 1 dormitório para duas pessoas / cozinha / área de serviço coberta (externa) / circulação / banheiro.
DIMENSÕES DOS CÔMODOS (Estas especificações não estabelecem área mínima de cômodos, deixando aos projetistas e competência de formatar os ambientes da habitação segundo o mobiliário previsto, evitando conflitos com legislações estaduais e municipais que versam sobre dimensões mínimas dos ambientes)	
Dormitório casal	Quantidade mínima de móveis: 1 cama (1,40 m x 1,90 m); 1 criado-mudo (0,50 m x 0,50 m); e 1 guarda-roupa (1,60 m x 0,50 m). Circulação mínima entre mobiliário e/ou paredes de 0,50 m.
Dormitório duas pessoas	Quantidade mínima de móveis: 2 camas (0,80 m x 1,90 m); 1 criado-mudo (0,50 m x 0,50 m); e um guarda-roupa (1,50 m x 0,50 m). Circulação mínima entre as camas de 0,80 m. Demais circulações, mínimo de 0,50 m.
Cozinha	Largura mínima da cozinha: 1,80 m. Quantidade mínima de equipamentos: pia (1,20 m x 0,50 m); fogão (0,55 m x 0,60 m); e geladeira (0,70 m x 0,70 m). Previsão para armário sob a pia e gabinete.
Sala de estar/refeições	Largura mínima da sala de estar/refeições: 2,40 m. Quantidade mínima de móveis: sofás com número de assentos igual ao número de leitos; mesa para 4 pessoas; e Estante/Armário TV.
Banheiro	Largura mínima do banheiro: 1,50 m. Quantidade mínima: 1 lavatório sem coluna, 1 vaso sanitário com caixa de descarga acoplada, 1 box com ponto para chuveiro – (0,90 m x 0,95 m) com previsão para instalação de barras de apoio e de banco articulado, desnível máx. 15 mm; assegurar a área para transferência ao vaso sanitário e ao box.
Área de Serviço	Quantidade mínima: 1 tanque (0,52 m x 0,53 m) e 1 máquina de lavar roupas (0,60 m x 0,65 m).
Em todos os cômodos	Espaço livre de obstáculos em frente as portas de no mínimo 1,20 m. Deve ser possível inscrever, em todos os cômodos, o módulo de manobra sem deslocamento para rotação de 180° definido pela NBR 9050 (1,20 m x 1,50 m), livre de obstáculos.
CARACTERÍSTICAS GERAIS	
Área útil (área interna sem contar áreas de paredes)	36,00 m ² (não computada a área de serviço).
Pé direito mínimo	2,30 m nos banheiros e 2,50 m nos demais cômodos.
Cobertura	Em telha cerâmica, sobre estrutura de madeira ou metálica. Nas Regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste admite-se telha em fibrocimento (espessura mínima de 6 mm), sobre estrutura de madeira ou metálica ou metálica. Será obrigatório forro em madeira ou PVC ou laje de concreto nas Regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste e demais regiões será exigido no banheiro. Largura mínima do beiral de 60 cm.
Cobertura	Em telha cerâmica, sobre estrutura de madeira ou metálica. Nas Regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste admite-se telha em fibrocimento (espessura mínima de 6 mm), sobre estrutura de madeira ou metálica ou metálica. Será obrigatório forro em madeira ou PVC ou laje de concreto nas Regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste e demais regiões será exigido no banheiro. Largura mínima do beiral de 60 cm.
Revestimento Interno	Pintura sobre reboco ou gesso. Quando utilizada tecnologia inovadora, homologada pelo SINAT, seguir a diretriz do SINAT.
Revestimento Externo	Revestimento texturizado ou pintura acrílica sobre reboco. Quando utilizada tecnologia inovadora, homologada pelo SINAT, seguir a diretriz do SINAT.

Revestimento Áreas Molhadas	Azulejo com altura mínima de 1,50 m em todas as paredes do banheiro, cozinha e área de serviço. Quando utilizada tecnologia inovadora, homologada pelo SINAT, seguir a diretriz do SINAT.
Portas	Portas em madeira ou metálica. Batente em aço ou madeira. Vão livre de 0,80 m x 2,10 m em todas as portas. Previsão de área de aproximação para abertura das portas (0,60 m interno e 0,30 m externo).
Janelas	Em aço ou madeira. Vão de 1,20 m² nos quartos e 1.50 m² na sala, sendo admissível uma variação de até 5%.
Pisos	Cerâmico em toda a área interna da unidade e desnível máximo de 15 mm.
Ampliação da UH	Os projetos deverão prever solução de ampliação das casas.
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS / TELEFÔNICAS	
Número de pontos de tomadas elétricas	2 na sala, 4 na cozinha, 1 na área de serviço, 2 em cada dormitório, 1 tomada no banheiro, 1 tomada ao lado do tanque e mais 1 tomada para chuveiro elétrico.
Número de pontos diversos	1 ponto de antena de TV na sala.
Iluminação	1 ponto em cada ambiente
Número de circuitos	Prever circuitos independentes para chuveiro (dimensionado para a potência usual do mercado local), tomadas e iluminação.
Geral	Tomadas baixas a 0,40 m do piso acabado, interruptores e outros a 1,00 m do piso acabado.
DIVERSOS	
Reservatório	Reservatório de no mínimo de 500 litros ou de maior capacidade quando exigido.
Proteção de alvenaria externa	Em concreto com largura de 0,50 m ao redor da edificação com sistema de impermeabilização da fundação. Em frente ao tanque e porta da cozinha, largura mínima de 1,20 m.
Aquecimento Solar	Instalação opcional, para aquecimento da água do chuveiro. Sistemas aprovados/certificados pelo INMETRO/QUALISOL.
Cisterna Pluvial	Instalação opcional, em consonância com o Programa Cisternas do Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome - MDS.
Máquina de Lavar	Prever solução para máquina de lavar roupas (ponto elétrico, hidráulica e de esgoto).
DIVERSOS	
	Vias de acesso em condições de tráfego de veículos.
	Sistema de abastecimento de água adequado às condições locais.
	Solução de esgotamento sanitário, sendo admitido fossa séptica e sumidouro.
	Solução de energia elétrica adotada para a região, ou protocolo de pedido firmado pela Entidade Organizadora ou pelo beneficiário junto à Concessionária de Energia.
OBSERVAÇÃO	
	Os projetos arquitetônicos deverão apresentar compatibilidade com as características regionais, locais, climáticas e culturais da localidade/comunidade, mediante compensação na melhoria da unidade habitacional e comunicação a Secretaria Nacional de Habitação-SNH do Ministério das Cidades.

Fonte: Ministério das Cidades, 2012.