



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO

ARQUITETURA PASSIVA EM JOÃO PESSOA:

ANTEPROJETO DE RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NO CONCEITO *PASSIVE HOUSE*

DISCENTE:

ROBERTO RIVELINO RIBEIRO CARLOS FILHO

ORIENTADORA:

IVANIZE SILVA



Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C284a Carlos Filho, Roberto Rivelino Ribeiro.
Arquitetura Passiva em João Pessoa: anteprojeto de
residência unifamiliar no conceito Passive House /
Roberto Rivelino Ribeiro Carlos Filho. - João Pessoa,
2025.
73 f. : il.

Orientação: IVANIZE SILVA.
TCC (Graduação) - UFPB/TECNOLOGIA.

1. Passive House. 2. arquitetura passiva. 3.
eficiência energética. 4. conforto térmico. 5. clima
quente e úmido. I. SILVA, IVANIZE. II. Título.

UFPB/BSCT CDU 72 (043.2)



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO

**ARQUITETURA PASSIVA EM JOÃO PESSOA:
ANTEPROJETO DE RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NO
CONCEITO *PASSIVE HOUSE***

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao
Centro de Tecnologia da Universidade Federal da
Paraíba, como parte dos requisitos para a obtenção
do título de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

ROBERTO RIVELINO RIBEIRO CARLOS FILHO
JOÃO PESSOA
2025

ORIENTADORA:
IVANIZE SILVA

ROBERTO RIVELINO RIBEIRO CARLOS FILHO

**ARQUITETURA PASSIVA EM JOÃO PESSOA:
ANTEPROJETO DE RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NO CONCEITO
*PASSIVE HOUSE***

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao
Centro de Tecnologia da Universidade Federal da
Paraíba, como parte dos requisitos para a obtenção
do título de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

João Pessoa, 05 de maio de 2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ivanize Silva
UFPB

Prof. Marcos Santana
UFPB

Prof. Heliana Aguiar
UFRRJ

AGRADECIMENTOS

Concluir este curso representa, para mim, o fim de uma etapa intensa e desafiadora, marcada por muito aprendizado e crescimento pessoal. Chego até aqui com a sensação de dever cumprido e gratidão por tudo o que vivi ao longo dessa trajetória.

À minha mãe, Gerusa, que com seu amor incondicional e incentivo constante me sustentou nos momentos em que pensei em desistir. Ao meu pai, Roberto Rivelino, por todo o suporte e por acreditar em mim mesmo quando eu não tinha tanta certeza. À minha irmã Rebeca, por ser exemplo de esforço, foco e superação.

Ao meu esposo Joe, por estar ao meu lado com paciência, apoio e companheirismo sinceros, celebrando comigo cada pequeno avanço. Aos amigos que caminharam junto comigo nessa jornada acadêmica, dividindo não só os desafios do curso de arquitetura, mas também momentos únicos que vou levar comigo na memória.

E, acima de tudo, agradeço a Deus, por me guiar e fortalecer em cada passo.

RESUMO

O consumo de energia elétrica, impulsionado pelo desenvolvimento econômico e aumento populacional, tem gerado grandes impactos na economia mundial. O campo da arquitetura e da indústria das edificações produz uma demanda crescente de energia elétrica, ao mesmo tempo que intensifica a emissão de gás carbônico. Este trabalho tem como objetivo propor um anteprojeto de residência unifamiliar em João Pessoa–PB, baseado no conceito *Passive House*, padrão construtivo originado na Alemanha que visa à máxima eficiência energética e conforto térmico com o mínimo consumo de energia. A pesquisa parte de uma revisão teórica sobre eficiência energética, conforto térmico e os cinco princípios fundamentais da norma *Passive House*, contextualizando sua aplicabilidade em climas quentes e úmidos como o de João Pessoa, além de introduzir o método de simulação de balanço energético da ferramenta *Passive House Planning Package (PHPP)*. Os resultados obtidos sugerem que é possível aplicar os princípios da arquitetura passiva com adaptações pertinentes ao contexto climático local, contribuindo para o avanço do debate sobre eficiência energética no campo da arquitetura residencial brasileira.

Palavras-chave: *Passive House*; arquitetura passiva; eficiência energética; conforto térmico; clima quente e úmido.

ABSTRACT

Electricity consumption, driven by economic development and population growth, has significant effects on the global economy. The architecture and building industry increasingly demands electricity, which in turn leads to higher carbon emissions.

This paper proposes a preliminary design for a single-family residence in João Pessoa, Paraíba, based on the Passive House concept. Developed in Germany, this construction standard aims to achieve maximum energy efficiency and thermal comfort while minimizing energy consumption.

The research begins with a theoretical review of energy efficiency, thermal comfort, and the five fundamental principles of the Passive House standard. It contextualizes the relevance of these principles in hot and humid climates like that of João Pessoa and introduces the energy balance simulation method associated with the Passive House Planning Package (PHPP) tool.

The results indicate that implementing passive architecture principles is feasible with appropriate adaptations to the local climate, thereby contributing to the ongoing discourse on energy efficiency in Brazilian residential architecture.

Keywords: Passive House; passive architecture; energy efficiency; thermal comfort; hot and humid climate.

SUMÁRIO

1

INTRODUÇÃO

- 1.1 APRESENTAÇÃO E DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA
- 1.2 JUSTIFICATIVA
- 1.3 OBJETO/RECORTE
- 1.4 OBJETIVO GERAL
- 1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS
- 1.6 METODOLOGIA
- 1.7 ETAPAS DE TRABALHO

2

REFERENCIAL TEÓRICO

- 2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E CONFORTO TÉRMICO
- 2.2 ESTRATÉGIAS PASSIVAS NO NORDESTE
- 2.3 A NORMA PASSIVE HOUSE
- 2.4 A PASSIVE HOUSE APLICADA EM CLIMAS QUENTES

3

REFERÊNCIAS PROJETAIS

- 3.1 CASA PASSIVA GERALD GEPPERT, NATAL-RN
- 3.2 VILLA DI GIOLA, APÚLIA (ITÁLIA)
- 3.3 CASA RENDADA, PRAIA DO FORTE - BA
- 3.4 INFLUÊNCIAS NO ANTEPROJETO

4

O PROJETO

- 4.1 LOCALIZAÇÃO E ENTORNO
- 4.2 CARACTERIZAÇÃO DO UNIVERSO DE ESTUDO
- 4.3 CONDICIONANTES LEGAIS DO LOTE
- 4.4 PROGRAMA ARQUITETÔNICO, DIMENSIONAMENTO E FLUXOGRAMA
- 4.5 ZONEAMENTO E CONDICIONANTES BIOCLIMÁTICAS
- 4.6 IMPLANTAÇÃO E PLANTAS BAIXAS
- 4.7 CORTES
- 4.8 MATERIAIS

5

BALANÇO ENERGÉTICO DO PROJETO

- 5.1 DESIGN PH
- 5.2 PASSIVE HOUSE PLANNING PACKAGE

6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

7

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

8

ANEXOS

- A** CADERNO DE PRANCHAS
- B** DesignPH+PASSIVE HOUSE PLANNING PACKAGE

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1 – Princípios da Passive House.....	09	Figura 31 – Microzoneamento do Jardim Oceania.....	29
Figura 2 – Recorte espacial do anteprojeto.....	10	Figura 32 – Planta Overlay.....	30
Figura 3 – Fluxograma metodológico.....	11	Figura 33 – Vista aérea do lote.....	30
Figura 4 – Esquema do conforto térmico na Passive House.....	13	Figura 34 – Fluxograma do anteprojeto.....	31
Figura 5 – Estratégia passiva de recuo de paredes.....	14	Figura 35 – Estudo de zoneamento de ambientes.....	32
Figura 6 – Estratégia passiva de continuidade dos espaços.....	14	Figura 36 – Implantação.....	33
Figura 7 – Ventilação por aberturas no teto e janelas altas.....	14	Figura 37 – Planta baixa do térreo.....	34
Figura 8 – Corte esquemático da primeira Passive House.....	15	Figura 38 – Planta baixa do pavimento superior.....	35
Figura 9 – Sistema de classificação por energia renovável da PH.....	16	Figura 39 – Corte AA.....	36
Figura 10 – Cinco parâmetros da Passive House.....	17	Figura 40 – Corte BB.....	36
Figura 11 – Esquema do MVHR numa edificação Passive House.....	18	Figura 41 – Corte CC.....	36
Figura 12 – Soluções adotadas na simulação para o Rio de Janeiro.....	20	Figura 42 – Fachada sul da edificação modelada no DesignPH.....	38
Figura 13 – Exterior da Passive House construída em Natal-RN	21	Figura 43 – Fachada norte da edificação modelada no DesignPH.....	39
Figura 14 – Planta baixa da Casa Passiva Gerald Geppert.....	21	Figura 44 – Gráfico de ganho e perda de calor.....	39
Figura 15 – Corte da Casa Passiva Gerald Geppert.....	21	Figura 45 – Exportação do DesignPH para o PHPP.....	39
Figura 16 – Exterior da Passive House de Villa di Giola.....	22	Figura 46 – Interface da planilha PHPP EasyPH.....	40
Figura 17 – Interior da Passive House de Villa di Giola.....	22	Figura 47 – Dados climáticos de João Pessoa no PHPP EasyPH.....	41
Figura 18 – Planta térreo da Villa di Giola.....	22	Figura 48 – Aba de áreas dos ambientes internos no PHPP EasyPH.....	41
Figura 19 – Planta superior da Villa di Giola.....	22	Figura 49 – Planilha das áreas do anteprojeto no PHPP EasyPH.....	42
Figura 20 – Planta térreo da Casa Rendada.....	23	Figura 50 – Seção de informações de cada parede externa.....	42
Figura 21 – Planta superior da Casa Rendada.....	23	Figura 51 – Resumo dos dados dos dispositivos de sombreamento.....	42
Figura 22 – Fachada da Casa Rendada.....	23	Figura 52 – Informações das esquadrias de alta performance do projeto...43	
Figura 23 – Interior da Casa Rendada.....	23	Figura 53 – Resumo das áreas do anteprojeto no PHPP EasyPH.....	43
Figura 24 – Vista aérea do Jardim Oceania e quadra do anteprojeto.....	25	Figura 54 – Dados das unidades de ventilação e resfriamento.....	44
Figura 25 – Mapa de gabaritos de altura do Jardim Oceania.....	26	Figura 55 – Dados do sistema fotovoltaico sugerido para a residência.....	44
Figura 26 – Mapa de usos do solo do bairro Jardim Oceania.....	27	Figura 56 – Verificação para certificação do PHPP EasyPH.....	45
Figura 27 – Temperatura do ar em João Pessoa.....	28		
Figura 28 – Umidade relativa do ar de João Pessoa.....	28	Tabela 1: Parâmetros de ocupação do solo do lote.....	30
Figura 29 – Carta psicrométrica de João Pessoa.....	28	Tabela 2: Pré dimensionamento do programa de necessidades.....	31
Figura 30 – Macrozoneamento do Jardim Oceania.....	29	Tabela 3: Elementos construtivos da <i>Passive House</i>	37

1.1 APRESENTAÇÃO E DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

O campo da arquitetura e da indústria das edificações produz uma demanda crescente de energia elétrica, ao mesmo tempo que intensifica a emissão de gás carbônico. Segundo o Atlas de Eficiência Energética Brasil 2022, publicado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), as edificações no Brasil consumiram cerca de 41% do consumo total de eletricidade do país. Dentro desse total, o setor residencial foi responsável por cerca de 25% do consumo de energia final no Brasil em 2022.

Atualmente, as diretrizes construtivas de vários países abordam a problemática da economia de energia das edificações. De acordo com a Diretiva de Desempenho Energético de Edifícios UE/31/2010, desde 2020, a construção de novos edifícios na União Europeia deve seguir o padrão de edificação de consumo quase nulo, o NZEB (Nearly Zero Energy Building). Tratam-se de edifícios com alto desempenho energético e demandas de energia muito baixas, cobertas em grande parte por fontes de energia renováveis no local e nas proximidades.

Uma forma de cumprir esse requisito é através da aplicação do conceito construtivo Passive House, um padrão de edificação desenvolvido na Alemanha, a partir do final da década de 1980, que provê um alto nível de conforto térmico ao interior do edifício com baixo consumo de energia.

1. *Passive House Institute*

2. Disponível em: www.wilsonarchitecturaldesign.com/resources/the-five-principles-of-passive-house. Acesso em: 20 jan, 2025.

A primeira edificação classificada como Passive House foi uma residência multifamiliar, erguida em 1991 na Alemanha. Desde então, o conceito se espalhou globalmente, resultando em mais de 120 mil construções que seguem os mesmos princípios.

Para que uma edificação receba a certificação Passive House pelo Passivhaus (PHI¹), é imperativo adotar, além de estratégias passivas fundamentais, como uma orientação solar adequada, os cinco princípios da Passive House (ver figura 1): isolamento térmico, minimização de pontes térmicas, estanqueidade ao ar, esquadrias de alto desempenho e ventilação com recuperação de calor.

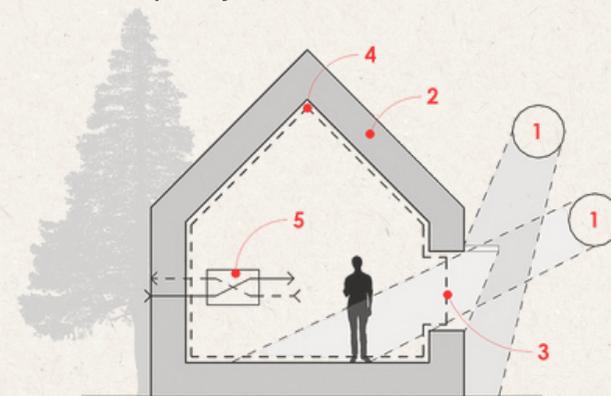


Figura 1: Princípios da *Passive House*.

Fonte: Wilson Architecture Design¹.

1. Ganhos solares / Sombreamento; 2. Isolamento térmico;
3. Esquadrias de alto desempenho; 4. Estanqueidade do ar;
5. Ventilação com recuperador de calor.

1.2 JUSTIFICATIVA

Visto que o conceito *Passive House* tem sua origem na Europa, onde predominam climas temperados e frios com invernos rigorosos, é necessário um estudo minucioso sobre a aplicabilidade desse padrão e suas estratégias construtivas em climas quentes.

No entanto, o debate desta problemática, que possui um caráter tão relevante para a arquitetura contemporânea e futura, tem avançado vagarosamente no Brasil, considerando que não houve a execução de outros projetos relacionados a *Passive House* após a experiência da Casa Passiva Gerold Geppert, inaugurada em 2018 em Natal- RN.

Portanto, a aplicação da norma *Passive House* no contexto climático de João Pessoa traria grande vantagem às edificações, reduzindo a demanda energética e elevando o conforto térmico. Dessa forma, este trabalho busca contribuir para a discussão da aplicação da normativa no clima quente e úmido da cidade de João Pessoa, através de uma proposta de anteprojeto de uma residência unifamiliar projetada conforme os requisitos e estratégias da *Passive House*.

1.3 OBJETO / RECORTE

Anteprojeto de uma *Passive House* / João Pessoa-PB.

1.4 OBJETIVO GERAL

Propor anteprojeto de uma residência unifamiliar a partir da norma alemã *Passive House* em João Pessoa.

1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Compreender as estratégias e diretrizes da norma *Passive House*;
- Verificar a viabilidade da aplicação da norma *Passive House* ao clima de João Pessoa;
- Simular avaliação para pré-certificação do *Passive House Institute* através da ferramenta de balanço energético *Passive House Planning Package*.



Figura 2: Recorte espacial do trabalho.

Fonte: Produzido pelo autor

1.6 METODOLOGIA

Este trabalho adota uma abordagem qualitativa e exploratória, com foco na aplicação dos princípios da certificação Passive House ao clima quente e úmido de João Pessoa, PB. O método se apoia em um processo investigativo que articula teoria, análise projetual e simulação técnica, buscando compreender como estratégias de eficiência energética e conforto térmico podem ser aplicadas às condições de um clima quente e úmido.

A construção do referencial teórico, com base em normas e diretrizes do Passive House Institute, bem como em literatura especializada sobre desempenho térmico e sustentabilidade na arquitetura, oferece os fundamentos conceituais que orientam toda a pesquisa. Essa base teórica é ampliada com a análise de estudos de caso selecionados, envolvendo edificações certificadas e projetos correlatos, o que permite identificar soluções construtivas e decisões projetuais pertinentes ao objetivo do trabalho.

Paralelamente à investigação teórica, o estudo considera as particularidades do terreno e das condições ambientais locais, integrando aspectos como orientação solar, ventilação natural, sombreamento e vegetação ao processo de concepção arquitetônica. O anteprojeto é desenvolvido com apoio de ferramentas digitais como SketchUp, Revit e DesignPH, que permitem testar e simular o desempenho térmico da edificação ao longo do processo de projeto.

A validação técnica do projeto se dá por meio do Passive House Planning Package (PHPP), que oferece uma análise precisa dos principais indicadores de desempenho da edificação. Essa simulação serve como ferramenta de validação e também como apoio para refletir sobre a viabilidade da certificação dentro das condições estudadas.

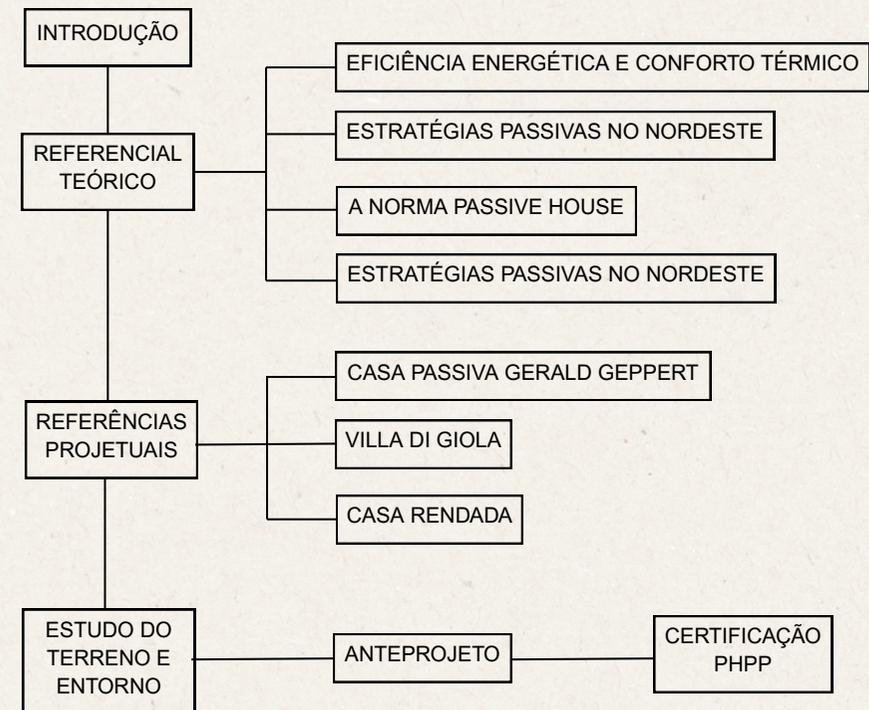


Figura 3: Fluxograma metodológico.

Fonte: Produzido pelo autor

1.7 ETAPAS DE TRABALHO

1 REVISÃO DA LITERATURA

Estudo e fichamento de referencial teórico a partir de levantamento bibliográfico da literatura base da norma *Passive House* e de conceitos relacionados (conforto térmico, eficiência energética e sustentabilidade).

2 ANÁLISE DE CORRELATOS

Análise de três projetos correlatos, incluindo edificações certificadas pelo *Passive House Institute*, com o objetivo de identificar aspectos que possam contribuir para o desenvolvimento do anteprojeto.

3 ESTUDO PRELIMINAR

Caracterização do universo de estudo inclui análise das legislações do lote, infraestrutura local e condicionantes bioclimáticos (orientação solar, ventilação, vegetação e sombreamento). Elaboração do programa arquitetônico, investigação de fluxos, setorização dos ambientes, exploração do fator forma do projeto, e seleção de materiais para vedações e isolamento térmico.

4 MODELAGEM DO ANTEPROJETO

A partir da definição de conceitos e diretrizes, produção de maquete arquitetônica e plantas baixas. Utilização dos softwares Revit e SketchUp - uso da ferramenta de extensão DesignPH para possibilitar a análise de valores simulados relacionados ao conforto térmico e eficiência energética da edificação simultaneamente à etapa de projeto.

5 SIMULAÇÃO DE CERTIFICAÇÃO *PASSIVE HOUSE*

Preencher planilha PPHP (*Passive House Planning Package*) com os valores de transmitância térmica das vedações, sistema de ventilação e demais variáveis determinantes do balanço energético da edificação, visando obter pré-aprovação.

6 CONCLUSÃO E REVISÃO

Discutir a viabilidade da norma *Passive House* em João Pessoa, considerando as estratégias construtivas para o clima quente e úmido, e as adaptações necessárias. Diagramar o TCC, enviar para correção final, realizar ajustes e finalizar a formatação do trabalho.

2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E CONFORTO TÉRMICO

Segundo Lamberts (2007), a eficiência energética na arquitetura trata-se de um atributo inerente à edificação representando seu potencial em possibilitar conforto térmico, visual e acústico aos usuários com baixo consumo de energia. Portanto, um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia. Em 2008 foi publicada a norma NBR 15.575, que avalia o desempenho energético das edificações residenciais. Desde então, as discussões sobre o tema avançaram consideravelmente no Brasil.

O conforto térmico (figura 4) reflete um estado de saúde física e mental que demonstra contentamento com o ambiente térmico ao redor. De acordo com Frota (2001, p. 53), “à arquitetura cabe, tanto amenizar as sensações de desconforto impostas por climas muito rígidos, tais como os de excessivo calor, frio ou ventos, como também propiciar ambientes que sejam, no mínimo, tão confortáveis como os espaços ao ar livre em climas amenos.”

No Brasil, a preocupação com a eficiência energética nas edificações tem ganhado cada vez mais destaque. Nos últimos anos, iniciativas importantes foram implementadas para incentivar o uso racional de energia.

A Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (INI-R), aprovada pela Portaria Inmetro nº 309 de 6 de setembro de 2022, estabelece critérios e métodos para avaliar e classificar a eficiência energética de edificações residenciais no Brasil. A INI-R permite a avaliação por meio de métodos prescritivo, simplificado e de simulação, considerando aspectos como envoltória, sistemas de aquecimento de água, iluminação e ventilação. Essa normativa substitui o antigo Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), visando promover edificações mais eficientes e sustentáveis.

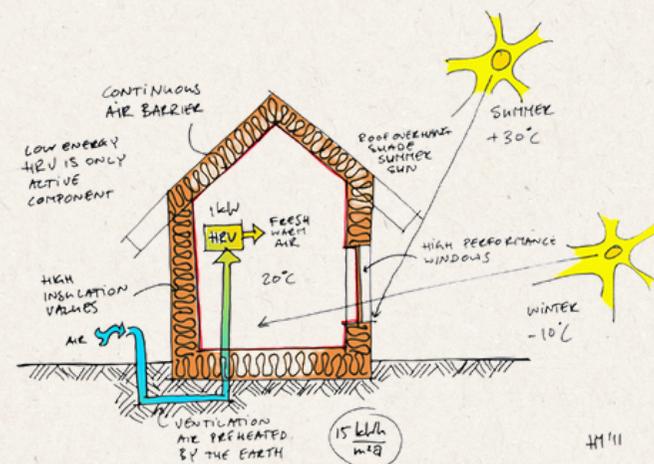


Figura 4: Esquema do conforto térmico na *Passive House*.

Fonte: Passive House Canada³

3. Disponível em: <<https://www.rdbarchitect.ca/passive-house-canphi>>.

Acesso em: 20 jan, 2025.

2.2 ESTRATÉGIAS PASSIVAS NO NORDESTE

Na obra "Roteiro para construir no nordeste", Holanda (1976) apresenta diretrizes arquitetônicas específicas para lidar com as severas condições climáticas do semiárido nordestino. Uma das soluções mais notáveis é a estratégia de recuar as paredes externas (figura 5), que serve como proteção contra a radiação solar direta. Esse afastamento das fachadas em relação à cobertura cria áreas sombreadas ao longo do dia, diminuindo o ganho de calor nos ambientes internos e favorecendo a formação de espaços mais frescos e ventilados.

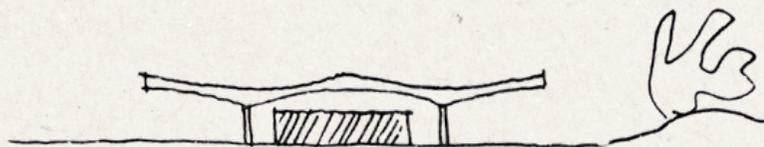


Figura 5: Estratégia passiva de recuo das paredes.
Fonte: HOLANDA⁴

Outra diretriz apresentada é a estratégia de continuar espaços (figura 6), enfatizando a importância de criar espaços integrados. Isso favorece a ventilação, a iluminação natural e a flexibilidade no uso dos espaços. Holanda (1976) afirma: "Deixemos o espaço fluir, fazendo-o livre, contínuo e desafogado. Separemos apenas os locais onde a privacidade, ou a atividade neles realizada, estritamente o recomende."

4. HOLANDA, Frederico de. Roteiro para construir no Nordeste. Brasília: Ministério do Interior, 1976.

5. NEUFERT, Ernst. Manual do arquiteto. 17. ed. rev. e atual. por Peter Neufert; tradução de Lengen. Barcelona: Gustavo Gili, 2004.

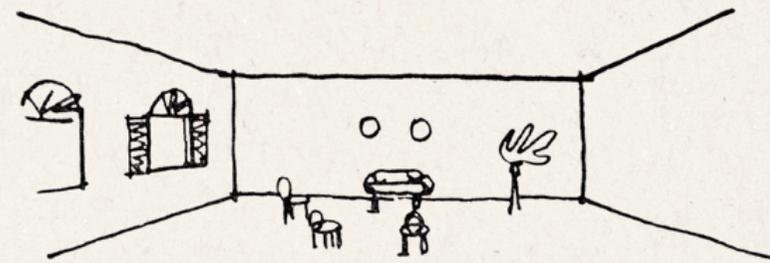


Figura 6: Estratégia passiva de continuidade dos espaços
Fonte: HOLANDA⁴

A obra Manual do Arquiteto, de Neufert (2004), destaca a importância de aberturas de ventilação no teto e janelas altas como estratégia passiva para promover a exaustão do ar quente. Essa solução (figura 7) potencializa a ventilação natural por efeito chaminé, contribuindo para o conforto térmico em regiões de clima quente. Além disso, favorece a renovação constante do ar interno, reduzindo a dependência de sistemas mecânicos de climatização.

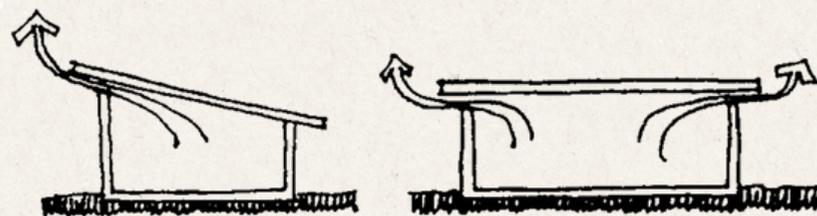


Figura 7: Ventilação por aberturas no teto e janelas altas.
Fonte: NEUFERT⁵

2.3 A NORMA PASSIVE HOUSE

O termo *Passive House* faz referência a um padrão de construção de baixa energia desenvolvido na Alemanha no fim da década de 1980 pelo Dr. Wolfgang Feist e Bo Adamson, ambos professores e precursores do Passive House Institute. De acordo com o BRE (*Building Research Establishment*), esse padrão construtivo pode ser definido como “um edifício, para o qual o conforto térmico pode ser alcançado somente pelo pós-aquecimento ou pós-resfriamento da massa de ar fresco, que é necessária para atingir condições suficientes de qualidade do ar interno.

A primeira *Passive House* a ser construída englobava quatro unidades residenciais de casas geminadas e foi executado em 1991 na cidade de Darmstadt, na Alemanha. O edifício, que é ocupado até os dias atuais, foi monitorado e apresentou bom funcionamento de todos os componentes essenciais para o desempenho termo energético, tais como isolamento, esquadrias, fonte de calor, qualidade do ar interno, entre outros. Destacou-se a economia de energia em 90% para fins de aquecimento, quando comparado com edifícios tradicionais.

O projeto pioneiro na trajetória do conceito *Passive House* partiu de uma cooperação internacional intitulado de “*Passive House Preparatory Research Project*”, que buscava implementar as diretrizes projetuais resultantes de uma pesquisa sistemática acerca dos requisitos para alcançar eficiência energética em edifícios (ver figura 8).

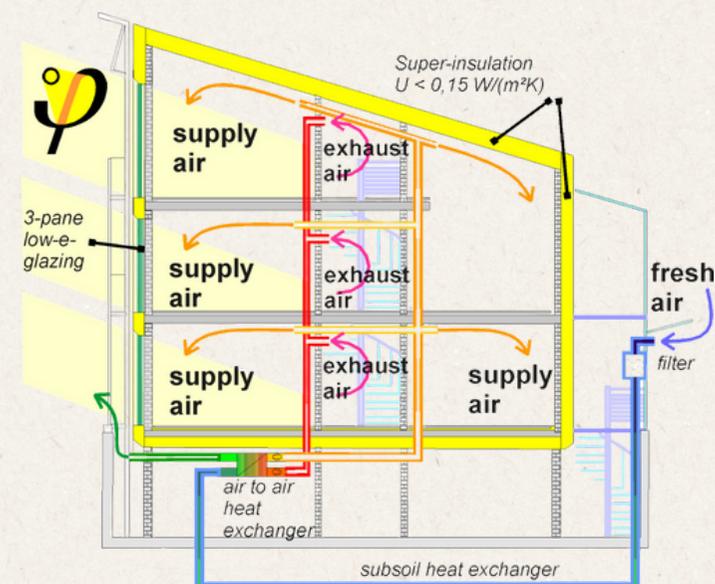


Figura 8: Corte esquemático da primeira *Passive House*.

Fonte: Passipedia.org⁶

6. Disponível em:

<https://passipedia.org/examples/residential_buildings/multi-family_buildings>. Acesso em: 20 jan, 2025.

2.3 A NORMA PASSIVE HOUSE

O objetivo do padrão *Passive House* é reduzir drasticamente a necessidade de aquecimento e resfriamento de espaços, ao passo que cria excelentes níveis de conforto higrotérmico. Para tanto, é necessário adotar estratégias passivas básicas no partido arquitetônico, além de especificar alto isolamento para o envelope térmico, alto de estanqueidade e uso de ventilação mecânica em todo o edifício.

Com relação ao desempenho do edifício, a norma especifica valores de consumo energético que devem ser alcançados. É necessário que a demanda de energia primária seja de até **120 kWh/m²** por ano, valor que engloba tanto aquecimento e/ou resfriamento do ambiente, água quente doméstica, iluminação, ventiladores e também todo o consumo de aparelhos de uma residência. Já o consumo de energia específico para aquecimento e resfriamento não deve ultrapassar **15 kWh/m²** por ano. Com relação ao conforto térmico, a temperatura do ar interno não deve ser inferior a **16°C** no inverno nem superior a **25°C** no verão por mais de **10% das horas do ano**.

O PHI, desenvolveu um sistema de avaliação exclusivo baseado em energia primária renovável (*PER, Primary Energy Renewable*). Com base no nível alcançado de eficiência energética e na quantidade de fornecimento de energia renovável (figura 9):

- A *Passive House Classic*, que é a *Passive House* tradicional.
- A *Passive House Plus*, na qual energia adicional é gerada, como a partir de energia fotovoltaica. No caso de famílias individuais e edifícios com poucos andares, que produzem quase tanta energia quanto os moradores consomem.
- A *Passive House Premium*, em que normalmente é produzida muito mais energia do que o necessário.

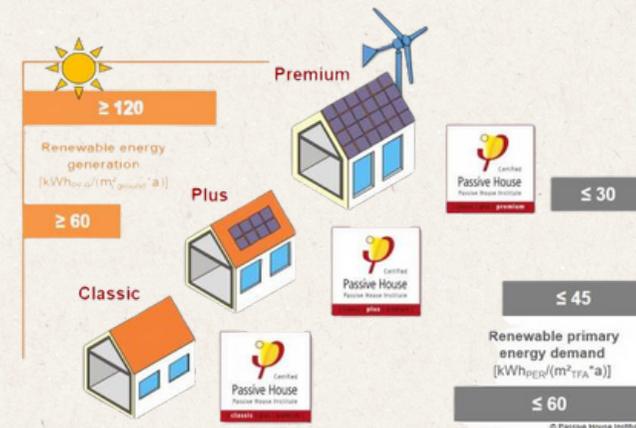


Figura 9: Sistema de classificação por energia renovável da PH.

Fonte: Passipedia.org ⁷

7. Disponível em

<https://passipedia.org/certification/passive_house_categories/classic-plus-premium>. Acesso em: 20 jan, 2025.

2.3 A NORMA PASSIVE HOUSE

Para atingir os requisitos de desempenho energético determinados pela norma, é necessário seguir cinco parâmetros considerados estratégias fundamentais da *Passive House* (figura 10):

- Isolamento térmico: O princípio mais importante de uma *Passive House* é o isolamento. Ele deve ser aplicado continuamente ao redor do envelope do edifício. Isso reduz significativamente as perdas de calor no inverno e também age como proteção contra o calor no verão, contanto que o sombreamento da edificação seja bem projetado e a ventilação seja suficiente. Todos os elementos de construção térmica opacos, tais como paredes externas, pisos e telhados, devem possuir valores de transmitância térmica (U) de até **0,15 W/m²K**. No entanto, esse parâmetro é flexível a depender do clima da região onde será aplicada a norma. No caso de climas quentes, por exemplo, o valor de transmitância térmica dos fechamentos opacos pode ser de no máximo **0,45 W/m²K**.

- Pontes térmicas: As pontes térmicas necessitam ser minimizadas para evitar perdas de energia. Os benefícios dessa estratégia vão além da conservação energética, uma vez que evita a formação de bolores no interior do edifício ao controlar a umidade. De acordo com a norma, um valor psi de $<0,01 \text{ W/m}^2\text{K}$ é considerado livre de ponte térmica.

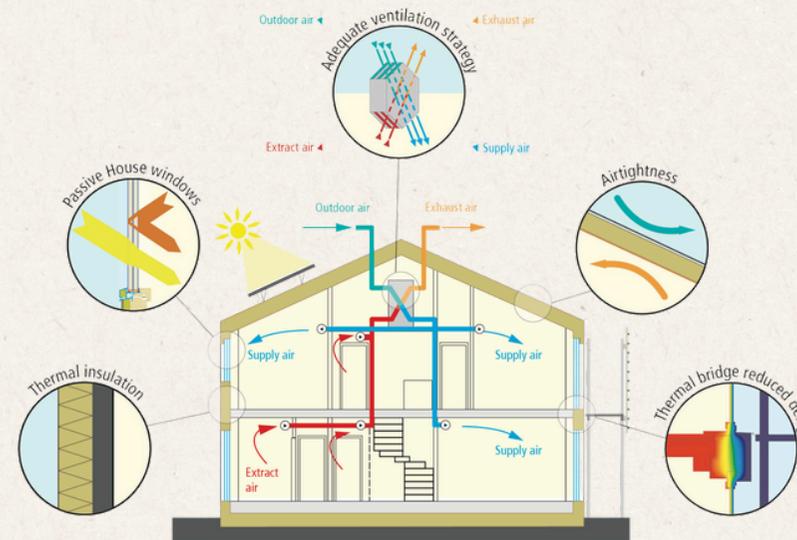


Figura 10: Cinco parâmetros da *Passive House*.

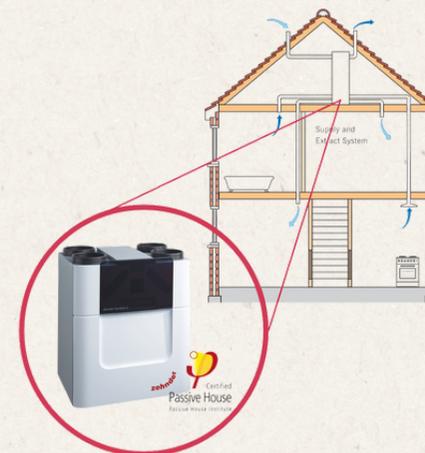
Fonte: Passive House Institute⁸

8. Disponível em: <https://passiv.de/en/02_informations/02_passive-house-requirements/02_passive-house-requirements.htm>.

Acesso em: 20 jan, 2025.

2.3 A NORMA PASSIVE HOUSE

- Estanqueidade do ar: Um edifício estanque ao ar evita vazamentos de ar indesejados, os quais podem causar desconforto localizado devido a correntes de ar e possivelmente ocasionar um acúmulo de umidade dentro do tecido do edifício, levando eventualmente à redução do desempenho e a vida útil do edifício. O valor para medir a estanqueidade do ar é definido através de um teste de pressão com um máximo de **0,60** renovações de ar por hora à pressão de **50 Pascal**. Como esse valor só pode ser aferido na execução do edifício, usa-se a “regra do lápis”, na qual desenha-se a linha de estanqueidade em corte e na planta, assim como em todos os detalhes construtivos.
- Esquadrias eficientes: Para evitar perdas de energia em um edifício, são necessárias portas e janelas que possuam características energeticamente eficientes. As janelas devem ter vidro duplo ou triplo e devem atingir um valor de transmitância térmica de $0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ($0,85 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ instalado). Idealmente, unidades certificadas PHI devem ser especificadas.
- Ventilação com recuperação de calor: Essencial em toda edificação Passive House, o equipamento de ventilação mecânica funciona como um pulmão artificial e eficiente energeticamente. O MVHR (figura 11) é necessário para manter a qualidade do ar interno, substituindo odores indesejados, umidade e dióxido de carbono gerados pela habitação por ar fresco rico em oxigênio. Essa troca é realizada substituindo o ar viciado, que é extraído de ambientes como a cozinha, pelo ar fresco, filtrado, que é introduzido nas zonas de maior permanência, sem permitir que haja contato entre ambos. A norma estabelece que a eficiência desse equipamento deve ser de acima de 75%, preferencialmente uma unidade certificada PHI.



9. Disponível em: <<https://www.hrv-group.com/blog/passivhaus-accredited-mvhr-heat-recovery>>.

Acesso em: 20 jan, 2025.

Figura 11: Esquema do MVHR numa edificação *Passive House*.

Fonte: HRV group

2.4 A PASSIVE HOUSE APLICADA EM CLIMAS QUENTES

Devido ao grande êxito da aplicação da norma *Passive House* nos países europeus de clima frio, a União Europeia financiou, em 2007, com parceria da Universidade Politécnica de Milão, o projeto *Passive-On*, que analisa a aplicabilidade da norma nos países do sul da Europa, como Portugal, Espanha e Itália. Esse projeto visa adaptar o conceito *Passive House* para ser replicado em diferentes zonas climáticas levando em consideração não apenas a variação de temperatura, mas também o mercado da habitação, as práticas construtivas e seus custos em cada país. O *Passive-On* revisou os requisitos para a certificação levando em consideração a variância climática, retificando, por exemplo, o critério de superaquecimento, no qual a temperatura interna de uma edificação não deve ser superior a 26°C em mais que 10% das horas do ano.

Em 2014, foi publicada a obra “Da Casa Passiva à Norma Passivhaus – A Arquitetura Passiva em Climas Quentes”, de Micheel Wassouf, que discute tanto as estratégias passivas na arquitetura em climas quentes de modo geral, como também aborda como os critérios do conceito *Passive House* podem ser alcançados em zonas climáticas tropicais e temperadas. O autor apresenta conceitos tradicionais, como o uso de elementos arquitetônicos vernaculares, e tecnologias contemporâneas, como a hermeticidade ao ar, destacando a importância da adaptação às condições climáticas locais.

Segundo Wassouf (2014), a ideia pré concebida que isolamento térmico não é bem vindo em climas quentes, pela dificuldade de dissipar o calor durante a noite, é somente verdadeira para edificações com ganhos solares excessivos (mal-orientados ou pouco protegidos) e com ventilação noturna deficiente. Em edificações passivas, onde são combinadas estratégias de proteção solar e boa ventilação noturna, a aplicação do isolamento térmico melhora o desempenho energético no verão.

Neste contexto, Aguilar (2018) analisou a otimização do desempenho térmico, energético e econômico de uma edificação construída no Campus da Universidade Federal do Pará a partir da aplicação de medidas de conservação de energia, das quais uma é o isolamento térmico. Nesse estudo, as vedações verticais leste e oeste foram compostas por duas camadas de tijolo e um painel de lã de vidro de 7cm de espessura, enquanto na cobertura foi aplicado um painel de 5cm de lã de vidro com face laminada e câmara de ar. Ao analisar os resultados, observou-se uma diminuição no consumo energético para resfriamento através do ar condicionado após a aplicação do isolamento térmico e câmara de ar, totalizando uma economia de 35,52% do consumo de energia para condicionamento de ar.

2.4 A PASSIVE HOUSE APLICADA EM CLIMAS QUENTES

Ademais, Wassouf analisou os critérios da norma a partir de uma simulação de quatro soluções arquitetônicas diferentes otimizadas para as cidades de Madri, Lisboa, Cidade do México e Rio de Janeiro com o uso da ferramenta Passive House Planning Package (PHPP).

Wassouf concluiu que, para o Rio de Janeiro (figura 12), os melhores resultados são alcançados com aplicação de 4cm de isolamento térmico nas vedações verticais e 8cm na cobertura. Propôs também ventilação híbrida para reduzir o uso de ar-condicionado. Diferente dos climas frios, onde o isolamento varia de **25 - 40cm** ($U = 0,1-0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$), em climas quentes, pode ser de **5 - 25cm** ($U = 0,15-0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$). O edifício cumpre os requisitos da norma mais atual, que adiciona à demanda anual máxima permitida para o frio sensível (15 kWh/m^2) uma parte para o frio latente (neste caso 48 kWh/m^2).

No Brasil, os estudos relacionados à aplicação da norma *Passive House* em zonas climáticas brasileiras tiveram início em 2015, a partir de uma colaboração entre a Universidade Federal de Pelotas e a Universidade de Aveiro de Portugal. Entre os artigos publicados neste tema está “Conceito Passivhaus aplicado ao clima brasileiro” (DALBEM; FREITAS; CUNHA, 2015).

10. WASSOUF, M. Da Casa Passiva à Norma Passivhaus: a arquitetura passiva em climas quentes. Barcelona: Gustavo Gili, 2014.

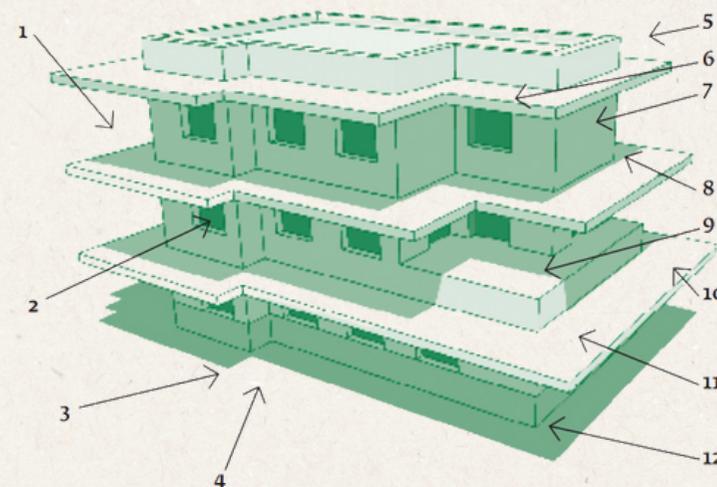


Figura 12: Soluções adotadas na simulação para o Rio de Janeiro.

Fonte: Micheel Wassouf¹⁰

- 1: Proteção solar: grandes elementos
- 2: Janelas: $U_f = 1,6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$; $U_g = 2,4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$; $g = 0,3$
- 3: Orientação norte
- 4: Materiais com alta capacidade de absorção do vapor de água
- 5: Baixa compactidade
- 6: Isolamento da cobertura: 8 cm
- 7: Isolamento das paredes: 4 cm
- 8: Pontes térmicas controladas
- 9: Estanqueidade ao ar: $n_{50} = 1,5/h$
- 10: Fluxos de ventilação: dia 0,3/h e noite 0,15/h, sem recuperação de calor
- 11: Paredes e cobertura de cor clara
- 12: Sem isolamento da laje de piso do térreo

3.1 CASA PASSIVA GERALD GEPPERT, NATAL - RN (BRASIL)

A primeira edificação Passive House no Brasil foi construída em 2018 em Natal-RN, através de uma parceria entre o Ministério Federal da Educação e Pesquisa da Alemanha e o SENAI-RN. O projeto visava a qualificação da mão de obra e dos arquitetos e engenheiros brasileiros na construção de edificações com eficiência energética, além da importação de tecnologia e métodos construtivos, com o intuito de desenvolver a indústria local.

A Casa Passiva Gerold Geppert (figura 13), de 80m², funciona como laboratório, showroom e local para ministração de cursos. O método construtivo utilizou alvenaria estrutural com isolamento térmico e acústico, importando um bloco modular de tijolo da Alemanha com transmitância térmica de 0,21 W/m²K. O isolamento do piso e laje foi feito com Neopor 032, apresentando transmitância de 0,032 W/m²K, e as esquadrias de vidro duplo, também importadas, têm transmitância entre 0,76 e 0,8 W/m²K.

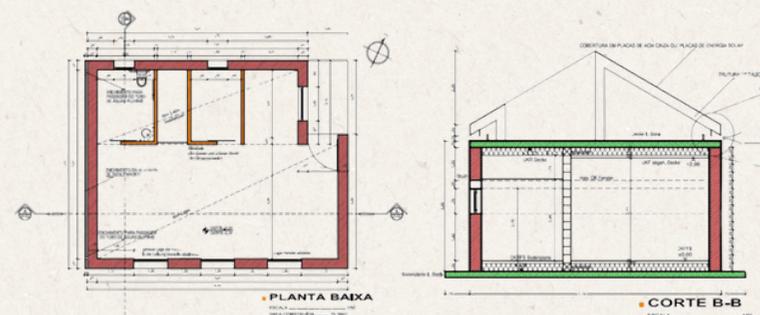
Além de levar em consideração os cinco princípios da arquitetura Passive House, foram dimensionados amplos beirais para garantir o sombreamento necessário para que houvesse redução efetiva do ganho de calor através de radiação solar, além do posicionamento de aberturas nas fachadas norte e sul.

11. Palestra edifício *Passive House* no Brasil. In: Casa Passiva Brasil 2018 – II Congresso Internacional e Workshop. Pelotas, 2018.



Figura 13: Exterior da *Passive House* construída em Natal-RN.
Fonte: Bezerra, 2018¹¹

O projeto (figuras 14 e 15) conta com um sistema de ventilação mecânica com recuperador de calor, certificado pelo PHI com 89% de eficiência. A utilização da ferramenta *Passive House Planning Package* foi essencial para obter a certificação, sendo necessária para avaliar o desempenho térmico e energético.



Figuras 14 e 15: Planta baixa e corte da Casa Passiva Gerald Geppert.
Fonte: Bezerra, 2018¹¹

3.2 VILLA DI GIOLA, APÚLIA (ITÁLIA)

Localizada em Bisceglie, esta residência, projetada segundo os princípios da Passive House, é orientada para o norte, o que assegura conforto térmico no verão e um alto nível de bem-estar durante todo o ano, em contraste com as habitações convencionais. O interior da casa é banhado por luz natural e conta com um pátio voltado para o norte, oferecendo amplas aberturas e vistas deslumbrantes.

Para garantir um consumo energético extremamente baixo, a orientação norte é complementada por janelas de baixa transmitância e alta estanqueidade ao ar. No verão, os principais ambientes (figura 16) são protegidos da incidência solar, graças à disposição do edifício e à vegetação do jardim (figura 17). Tecnologias de construção sustentável foram empregadas para assegurar um consumo energético nulo. As demandas energéticas minimalistas são atendidas por um sistema fotovoltaico de 5 kW, totalmente integrado ao telhado.



Figuras 16 e 17: Exterior e Interior da *Passive House* de *Villa di Giola*.

Fonte: Archdaily¹²

12. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/01-155955/villa-di-gioia-slash-pedone-working>>. Acesso em: 22 jan, 2025.

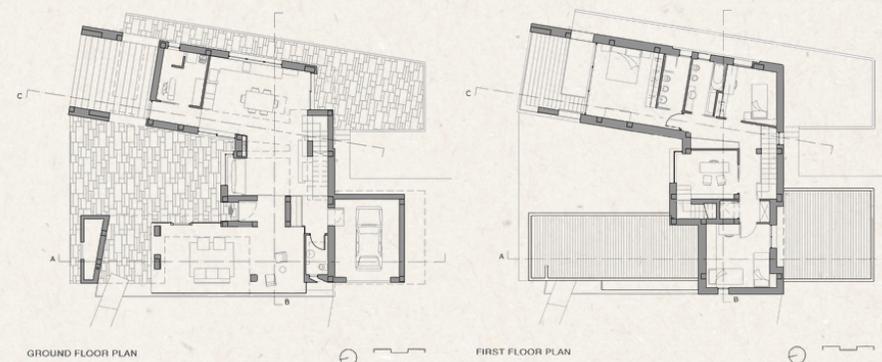


Figura 18 e 19: Plantas baixas dos pavimentos térreo e superior da *Passive House* de *Villa di Giola*.

Fonte: Archdaily¹²

O projeto organiza a casa em torno de um pátio central, que conecta os ambientes e serve como ponto focal. No térreo (figura 18), destaca-se um volume vertical em forma de torre, com vista privilegiada para o pátio. A área social se integra a uma estrutura de vidro voltada para a piscina, enquanto o andar superior (figura 19), mais compacto e reservado, abriga os dormitórios. Espaços como a sala, a cozinha e demais ambientes se conectam visualmente, preservando fluidez sem perder funcionalidade. Uma escada aberta conduz ao pavimento íntimo.

3.3 CASA RENDADA, PRAIA DO FORTE - BA (BRASIL)

Esta residência, no litoral da Bahia, situa-se em um terreno voltado ao poente e exposto a ventos intensos. Como diretriz projetual, foi feita uma aplicação criativa do cobogó. Essa estrutura não só favorece a ventilação cruzada natural, mas também suaviza a entrada de luz, conferindo à casa uma identidade singular. Sua fachada lateral, remete ao rendado regional graças ao uso desse elemento vazado.



Figura 20: Planta baixa do térreo da Casa Rendada.

Fonte: Archdaily¹³

Com uma área total de 2.023 m², a Casa Rendada combina tradição e inovação para criar espaços que refletem a essência e o estilo de vida de seus habitantes

13. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/1016101/casa-rendada-milcent-arquiteturaad_source=search&ad_medium=projects_tab>. Acesso em: 22 jan, 2025.

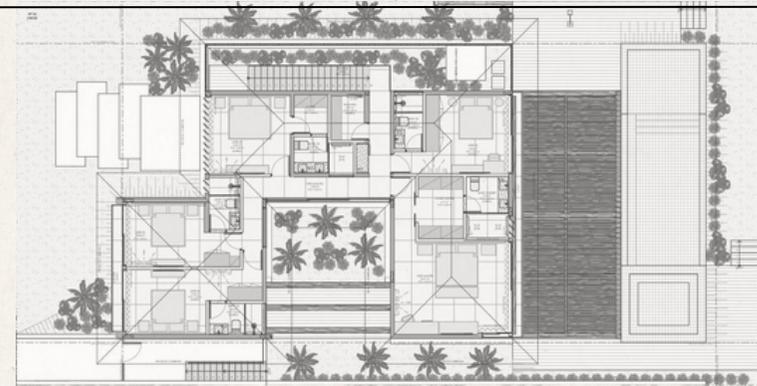


Figura 21: Planta baixa do pavimento superior da Casa Rendada.

Fonte: Archdaily¹³

A área destinada à convivência social foi cuidadosamente pensada para proporcionar conforto e bem-estar. Com uma churrasqueira ao ar livre e uma ampla mesa voltada para o painel de cobogós, o espaço convida à interação. A passagem da luz natural pelos vazios do elemento vazado projeta sombras dinâmicas, criando uma atmosfera envolvente e agradável.



Figuras 22 e 23: Exterior e Interior da Casa Rendada.

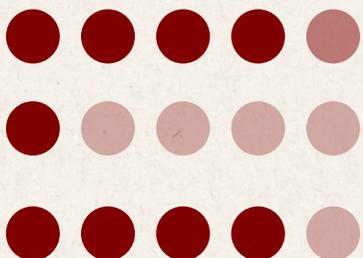
Fonte: Archdaily¹³

3.4 INFLUÊNCIAS NO ANTEPROJETO

Em relação às influências que cada projeto correlato teve no objeto de estudo deste trabalho, destaca-se a importância da construção da *Passive House* em Natal, que garante a possibilidade de reproduzir esse conceito no clima quente e úmido do litoral do nordeste brasileiro.

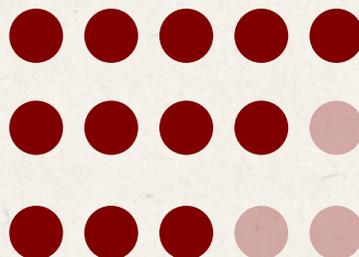
Já a *Passive House* da Villa di Giola e a Casa Rendada do litoral baiano contemplam o programa arquitetônico residencial, com ambientes integrados e soluções passivas pertinentes ao conforto térmico no contexto climático de João Pessoa.

**CASA PASSIVA
GEROLD GEPPERT**



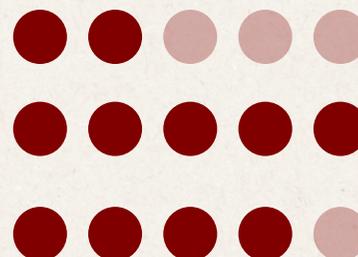
Fonte: Bezerra, 2018 ¹¹

VILLA DI GIOLA



Fonte: Archdaily ¹²

CASA RENDADA



Fonte: Archdaily ¹³

CONCEITO

PROGRAMA

MATERIALIDADE

4.1 LOCALIZAÇÃO E ENTORNO

Com uma população de 20.651 habitantes, conforme o último censo do IBGE de 2022, o bairro Jardim Oceania é majoritariamente formado por edificações de um pavimento, que correspondem a quase metade da ocupação dos lotes, totalizando 48,5%. Além disso, 21,8% dos lotes não têm construções, enquanto 14,3% contêm edificações que variam de 3 a 5 andares. O bairro serve como um elo entre o Bessa e o Manaíra, caracterizando-se por uma ocupação de médio a alto padrão.

A concentração de edifícios com mais de 6 andares está localizada principalmente na zona sudoeste do bairro (figura 24). Um dos fatores que influenciam essa distribuição é a lei de escalonamento vertical da orla, que estabelece o limite de altura de acordo com a distância da praia, aplicável até 500 metros em direção ao interior. A escolha desse local para o anteprojeto, que além de ser um bairro residencial, se destaca pela proposta de uma Passive House pé na areia, transforma o projeto em um marco da arquitetura passiva na região.

De forma geral, o bairro Jardim Oceania exibe uma diversidade razoável de espaços públicos livres e condições de infraestrutura favoráveis, como a presença de calçadas e pavimentação.



Figura 24: Vista aérea do Jardim Oceania e quadra da intervenção do anteprojeto (canto inferior esquerdo)

Fonte: Carlos Veloso¹⁴

O Jardim Oceania, embora seja majoritariamente residencial, vem apresentando um crescimento gradual de comércios e serviços, principalmente nas vias mais movimentadas do bairro. Isso garante aos moradores fácil acesso a mercados, farmácias, restaurantes e outros estabelecimentos, o que contribui para o dinamismo da região. A mobilidade também é um ponto positivo, já que o bairro é bem conectado por avenidas importantes e possui boa acessibilidade tanto para veículos quanto para pedestres. Além disso, o bairro conta com escolas, praças e unidades de saúde, o que reforça a infraestrutura urbana já consolidada.

14. Disponível em:

<<https://www.oscariocasnaparaibaimoveis.com.br/imovel/studio-joao-pessoa-1-quarto-30-m/ST0001-OSCL>>. Acesso em: 25 jan, 2025.

4.1 LOCALIZAÇÃO E ENTORNO

Conforme pode ser observado no mapa de gabaritos (figura 25) do bairro Jardim Oceania, observa-se uma predominância de construções térreas, que representam aproximadamente 48,5% da ocupação dos lotes. Esse dado revela um padrão de uso do solo marcado pela baixa verticalização em grande parte do território. Além disso, cerca de 21,8% dos lotes ainda não apresentam edificações, evidenciando a existência de áreas subutilizadas ou em processo de valorização. As edificações com gabarito entre três e cinco pavimentos somam 14,3%, demonstrando uma transição entre a baixa e média densidade.

Já as construções com mais de seis pavimentos concentram-se principalmente na porção sudoeste do bairro. Esse adensamento não ocorre de forma aleatória, estando vinculado à legislação de escalonamento vertical vigente na cidade. A norma define o limite de altura das edificações com base na distância em relação à linha da praia, sendo válida para uma faixa de até 500 metros terra adentro. Essa regulamentação busca preservar a paisagem costeira e garantir ventilação e insolação adequadas nas zonas próximas à orla.

15. MOURA, Ana Beatriz de Medeiros; MADRUGA, Gabriel de Oliveira; SOARES, Giulia Renata Mariz. Jardim Oceania: Retrato dinâmico do bairro. [Mapa de gabaritos] Elaboração própria. 2024. Trabalho acadêmico não publicado. Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2024.

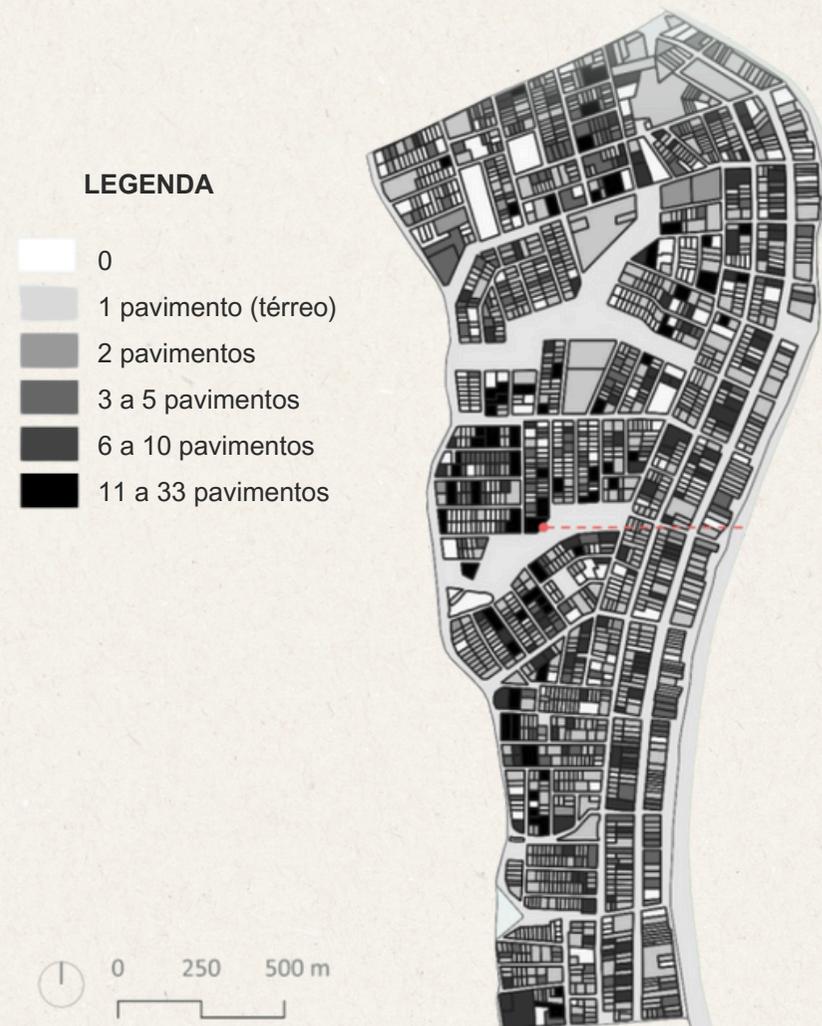


Figura 25: Mapa de gabaritos de altura do bairro Jardim Oceania.

Fonte: Moura, Madruga e Soares.¹⁵

4.1 LOCALIZAÇÃO E ENTORNO

Com relação ao mapa de usos do solo (figura 26), a maior parte dos lotes no bairro Jardim Oceania é ocupada por residências, que representam 53% do total, seguidos por terrenos sem uso definido, que somam 24%. A quantidade de lotes vagos é superior à soma de usos como comércio, serviços, instituições, comedorias, espaços livres públicos, lazer privado, hotéis e ocupações mistas, indicando o potencial de expansão ou requalificação dessas áreas. Essa configuração revela um tecido urbano ainda em transformação, com espaços disponíveis para receber novas funções de interesse coletivo ou misto.

A Avenida Argemiro de Figueiredo, rua do lote de estudo e localizada próxima à orla, concentra a maior proporção de residências, mantendo a tendência histórica dessa região do bairro como área predominantemente habitacional. Esse traço evidencia o padrão de ocupação consolidado ao longo do tempo. Em contraste, a Avenida Flávio Ribeiro Coutinho se destaca por apresentar uma distribuição mais equilibrada entre diferentes tipos de uso, refletindo um caráter urbano mais dinâmico e multifuncional.

16. MOURA, Ana Beatriz de Medeiros; MADRUGA, Gabriel de Oliveira; SOARES, Giulia Renata Mariz. Jardim Oceania: Retrato dinâmico do bairro. [Mapa de usos do solo] Elaboração própria. 2024. Trabalho acadêmico não publicado. Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2024.



Figura 26: Mapa de usos do solo do bairro Jardim Oceania.

Fonte: Moura, Madruga e Soares.¹⁶

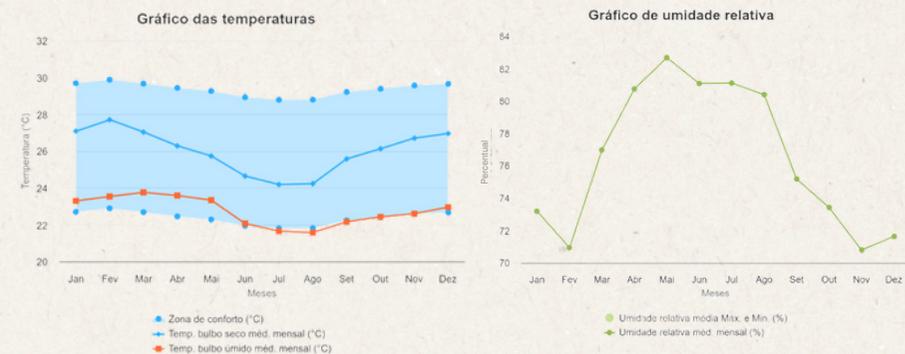
4.2 CARACTERIZAÇÃO DO UNIVERSO DE ESTUDO

João Pessoa, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, apresenta um clima quente e úmido (As), com temperaturas médias acima de 20°C e amplitude térmica de 5°C. Os dados do INMET (figuras 27 e 27) mostram variação de temperatura de bulbo seco entre 24°C e 28°C ao longo do ano, com meses mais quentes de setembro a março, mantendo-se na zona de conforto (23°C a 29°C). A temperatura de bulbo úmido varia entre 22°C e 24°C, com queda entre abril e julho. A umidade relativa do ar é alta entre 78% e 82% de abril a julho, caindo para 70% em novembro, o mês mais seco.

As características climáticas de João Pessoa fazem com que grande parte dos dados se concentre na região superior direita da carta psicrométrica (figura 29). Diante disso, o uso de estratégias passivas para garantir o conforto térmico se mostra fundamental. A ventilação cruzada, por exemplo, é bastante eficiente na cidade, graças aos ventos constantes vindos do sudeste, leste e sul, com velocidades médias em torno de 2,6 m/s. Além disso, elementos de sombreamento, como brises e beirais, ajudam a proteger os ambientes internos da incidência solar direta.

17. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/projeteee/dados-climaticos/?cidade=PB+Jo%C3%A3o+Pessoa&id_cidade=bra_pb_joao.pessoa.81918_0_inmet>. Acesso em: 22 jan, 2025.

18. Disponível em: <<http://www.sbse.org/resources/climate-consultant>>. Acesso em: 22 jan, 2025.



Figuras 27 e 28: Gráficos das temperaturas e umidade relativa de João Pessoa.

Fonte: INMET¹⁵

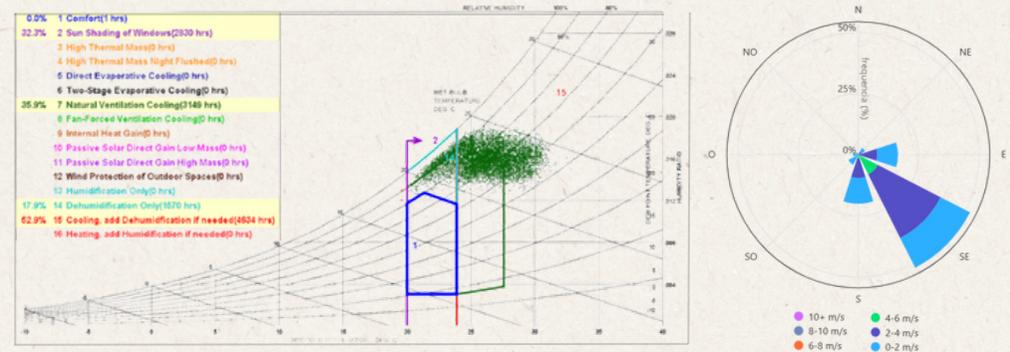


Figura 29: Carta Psicrométrica de João Pessoa e Rosa dos Ventos.

Fonte: Climate Consultant¹⁶

4.3 CONDICIONANTES LEGAIS DO LOTE

Segundo o Plano Diretor do município, o terreno analisado está inserido na Macrozona Adensável 1 (figura 30), conforme disposto no Art. 47. Essa macrozona é caracterizada por dispor de infraestrutura urbana consolidada, o que possibilita um uso mais eficiente dos recursos já existentes. Dessa forma, o adensamento é incentivado como estratégia para otimizar a ocupação do solo urbano e promover um crescimento mais sustentável da cidade. Além disso, busca-se reduzir a pressão sobre áreas ambientalmente frágeis e melhorar a distribuição dos serviços urbanos essenciais, como transporte e saneamento.

Em relação ao Microzoneamento (figura 31), o lote encontra-se dentro da Zona Habitacional 3 (ZH-3), área que compreende a faixa costeira da cidade. Essa zona possui regulamentações específicas, uma vez que engloba porções do território reconhecidas por seu valor ambiental, cultural, paisagístico e histórico. A legislação determina que a ZH-3 se estenda por uma faixa de 500 metros a partir da testada da primeira quadra junto à orla, no sentido do interior do continente, estabelecendo critérios mais rígidos de ocupação e uso para assegurar a preservação da qualidade ambiental da orla marítima.

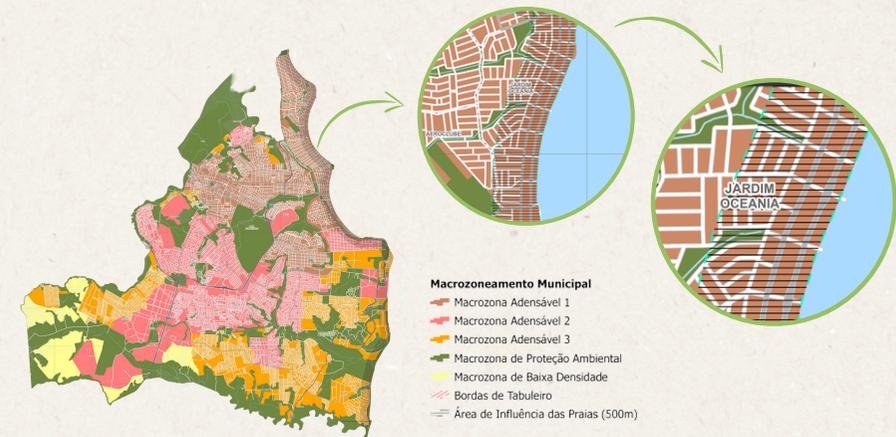


Figura 30: Macrozoneamento do Jardim Oceania.
Fonte: PMJP¹⁹

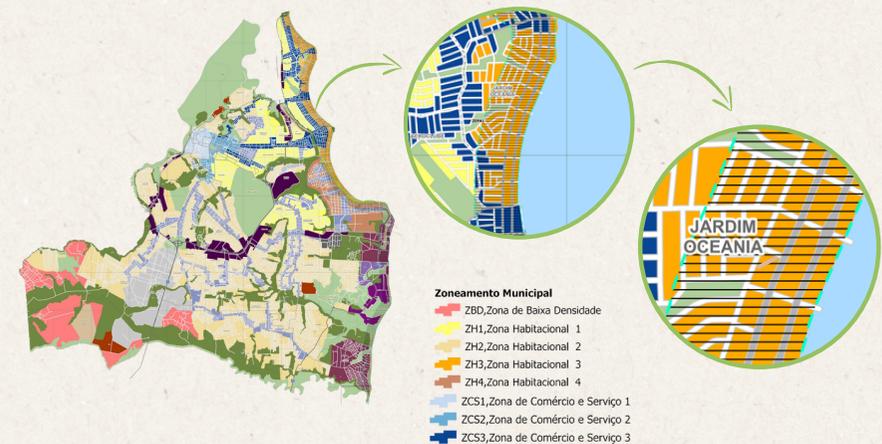


Figura 31: Microzoneamento do Jardim Oceania.
Fonte: PMJP¹⁸

19. Prefeitura Municipal de João Pessoa, 2024. Disponível em <<https://filipeia.joaopessoa.pb.gov.br>> Acesso em: 10/01/2025

4.3 CONDICIONANTES LEGAIS DO LOTE

O terreno em questão (figura 32) possui uma área total de 1.016,25m², sendo que, após a aplicação dos recuos obrigatórios definidos pela Lei de Uso e Ocupação do Solo (tabela 1), 5 metros de frente, 3 metros nos fundos e 1,5 metro em cada lateral, a área efetivamente utilizável se reduz para 727,77 m².

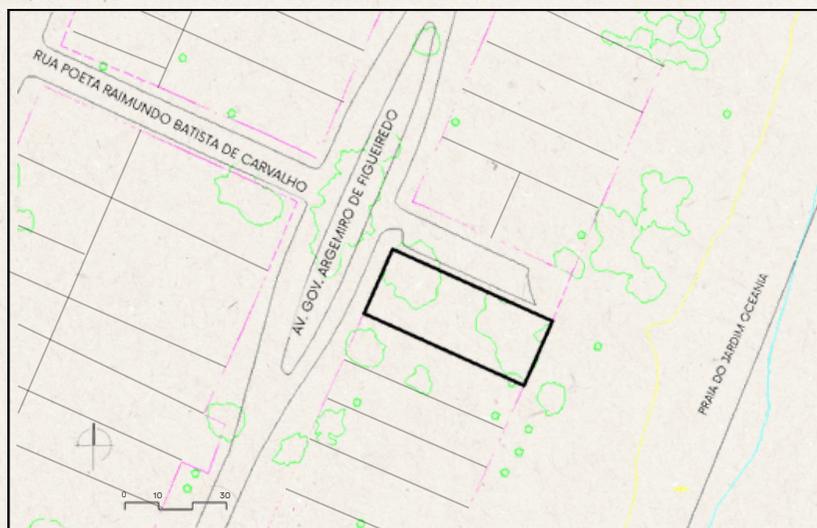


Figura 32: Planta Overlay.

Fonte: Produzido pelo autor

18. GOOGLE EARTH. João Pessoa, PB. Imagem de satélite. Google, 2024. Disponível em: <https://earth.google.com>. Acesso em: 10/01/2025.

19. Lei de Uso e Ocupação do Solo de João Pessoa, 2024. Disponível em: <<https://planodiretor.joaopessoa.pb.gov.br/wp-content/uploads/2024/05/LC-166-2024-Lei-de-Uso-e-Ocupacao-do-Solo-LUOS-versao-D.O.pdf>> Acesso em: 10/01/2025



Figura 33: Vista aérea do lote.

Fonte: Google Earth, 2025.

Em termos de parâmetros construtivos, a taxa máxima de ocupação do lote é de 50%, o que permite uma área construída de até 499,34 m² em planta baixa. A altura máxima permitida para edificações no local é de 12,90 metros, conforme estabelecido pelos critérios de zoneamento. Além disso, o lote deve reservar no mínimo 5% de sua área total para áreas permeáveis, totalizando 50,81 m², o que contribui para a drenagem urbana e o equilíbrio ambiental.

QUADRO DE PARÂMETROS DE OCUPAÇÃO DO SOLO						
ZONA	ALTURA MÁXIMA	TAXA OCUPAÇÃO MÁXIMA (%)	TAXA APROVEIT. MÁXIMA			
				FRONTAL	LATERAL	FUNDO
ZH-1	12,90m	50	10	5,00	ATE 3º PV = 1,50 4º PV = 3,00 DE 3,00 + [(N-4)x0,30]	ATÉ 4º PV = 3,00 DE 3,00 + [(N-4)x0,30]

Tabela 1: Parâmetros de ocupação do solo do lote.

Fonte: LUOS¹⁹

4.4 PROGRAMA ARQUITETÔNICO, PRÉ-DIMENSIONAMENTO E FLUXOGRAMA

O programa arquitetônico foi desenvolvido levando em consideração os princípios da Passive House, que incluem isolamento térmico, redução de pontes térmicas, estanqueidade ao ar, esquadrias de alta performance e ventilação mecânica com recuperação de calor. Além disso, foram incorporadas estratégias passivas adequadas para climas quentes e úmidos.

O programa de necessidades (tabela 2) foi definido e pré-dimensionado para uma residência de dois andares, destinada a quatro moradores. Os ambientes sociais estão interligados de forma integrada, promovendo a continuidade dos espaços e organizando o fluxo (figura 34) para uma utilização mais eficiente da área construída.

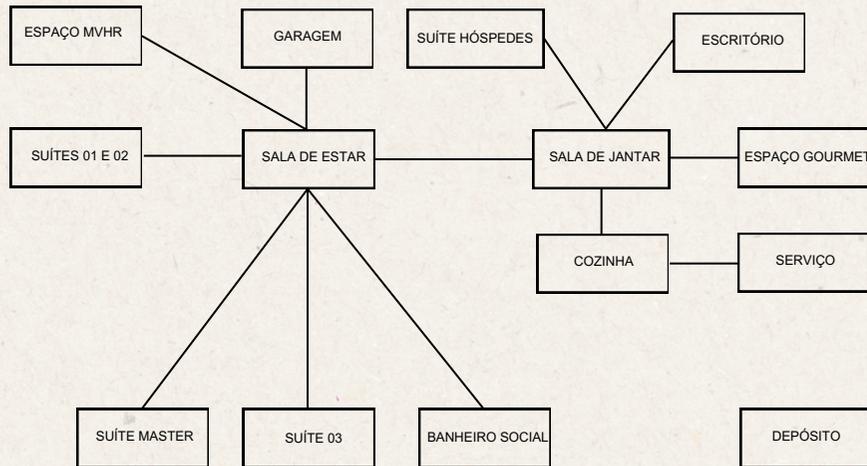


Figura 34: Fluxograma do anteprojeto.

Fonte: Produzido pelo autor

AMBIENTE	METRAGEM PREVISTA
GARAGEM	23,5m ²
SALA DE ESTAR	32,0m ²
SALA DE JANTAR	28,10m ²
COZINHA	22,5m ²
SERVIÇO	12,20m ²
ESCRITÓRIO	13,0m ²
BANHEIRO SOCIAL	4,35m ²
ESPAÇO GOURMET	40,0m ²
SUÍTE HÓSPEDES	21,6m ²
SUÍTE 01	28,3m ²
SUÍTE 02	29,8m ²
SUÍTE 03	45m ²
SUÍTE MASTER	53,5m ²
MEZANINO	16m ²
DEPÓSITO	2m ²

ÁREA TOTAL: 371,85m²

Tabela 2: Pré dimensionamento do programa de necessidades.

Fonte: Produzido pelo autor

4.5 ZONEAMENTO E CONDICIONANTES BIOCLIMÁTICOS

Além da organização funcional, o zoneamento do projeto (figura 35) foi orientado por aspectos bioclimáticos importantes para o conforto térmico em João Pessoa. Considerando que a cidade apresenta um clima quente e úmido, com forte incidência solar, especialmente nas fachadas leste e oeste, a disposição dos ambientes buscou minimizar os impactos da radiação direta. Por isso, os espaços de serviço e áreas molhadas foram posicionados nessas orientações, atuando como uma espécie de barreira térmica para proteger os ambientes mais sensíveis.

Já os dormitórios e a área social foram direcionados para norte e sul, aproveitando melhor a iluminação natural e evitando o superaquecimento causado pelo sol direto. Essa escolha também favorece a ventilação cruzada, essencial em regiões litorâneas como João Pessoa, onde os ventos são constantes e podem ser aproveitados para melhorar a qualidade ambiental interna de forma passiva e eficiente.

Outro ponto essencial considerado foi a direção dos ventos predominantes na região, que sopram principalmente do sudeste e do leste, com velocidade média favorável à ventilação natural. Com isso, a implantação do projeto procurou abrir passagens e alinhamentos que favorecessem esse fluxo de ar pelos espaços internos. A forma fragmentada da edificação, resultado da estratégia de descompactação volumétrica, também contribui para o sombreamento entre blocos e a criação de corredores ventilados.

Essa combinação entre orientação, uso do solo e forma construtiva busca proporcionar ambientes mais agradáveis, reduzindo a dependência de sistemas artificiais de climatização e valorizando soluções passivas desde o início do processo projetual.

LEGENDA

- ÁREA MOLHADA/SERVIÇO
- ÁREA SOCIAL
- ÁREA ÍNTIMA
- CIRCULAÇÃO

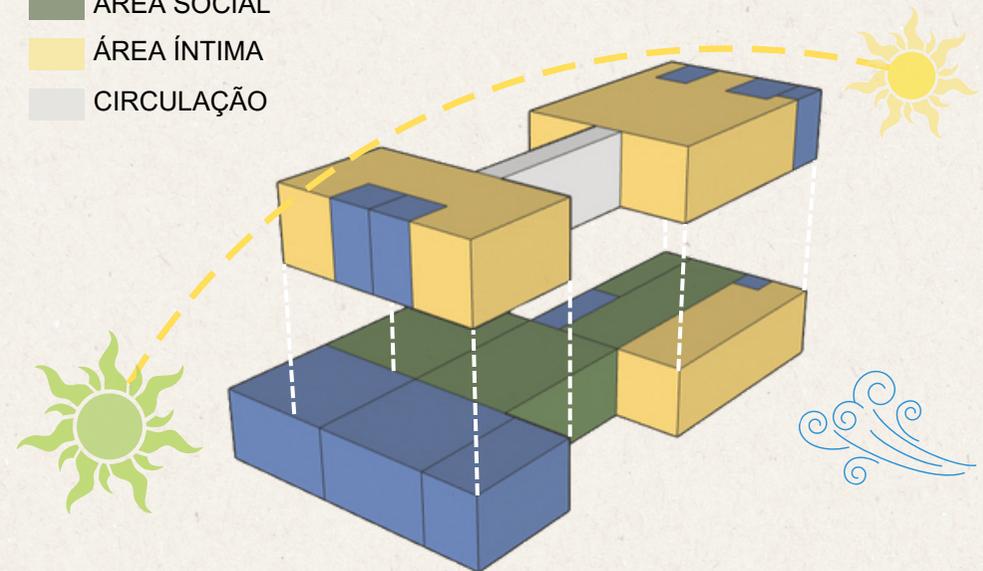


Figura 35: Estudo de zoneamento de ambientes.

Fonte: Produzido pelo autor

4.6 IMPLANTAÇÃO E PLANTAS BAIXAS

A residência foi estrategicamente posicionada no centro do terreno, em conformidade com os recuos estipulados pela LUOS. A edificação se desenvolve nas direções leste e oeste, apresentando suas maiores fachadas orientadas para o norte e o sul, em alinhamento com as diretrizes para o conforto térmico em climas quentes e úmidos. Foram concebidos espaços de contemplação e lazer tanto na parte posterior do terreno, incluindo um espaço gourmet, quanto nas laterais e na fachada principal da casa.

O acesso principal ao terreno ocorre pela Avenida Governador Argemiro de Figueiredo, destacando-se a conveniência da localização da garagem na ala oeste. O acesso posterior está vinculado à área gourmet externa da residência, proporcionando uma rota direta para a praia, situada a aproximadamente 60 metros do litoral. O projeto paisagístico incluiu a preservação da vegetação nativa, bem como o plantio de espécies já presentes na área adjacente.

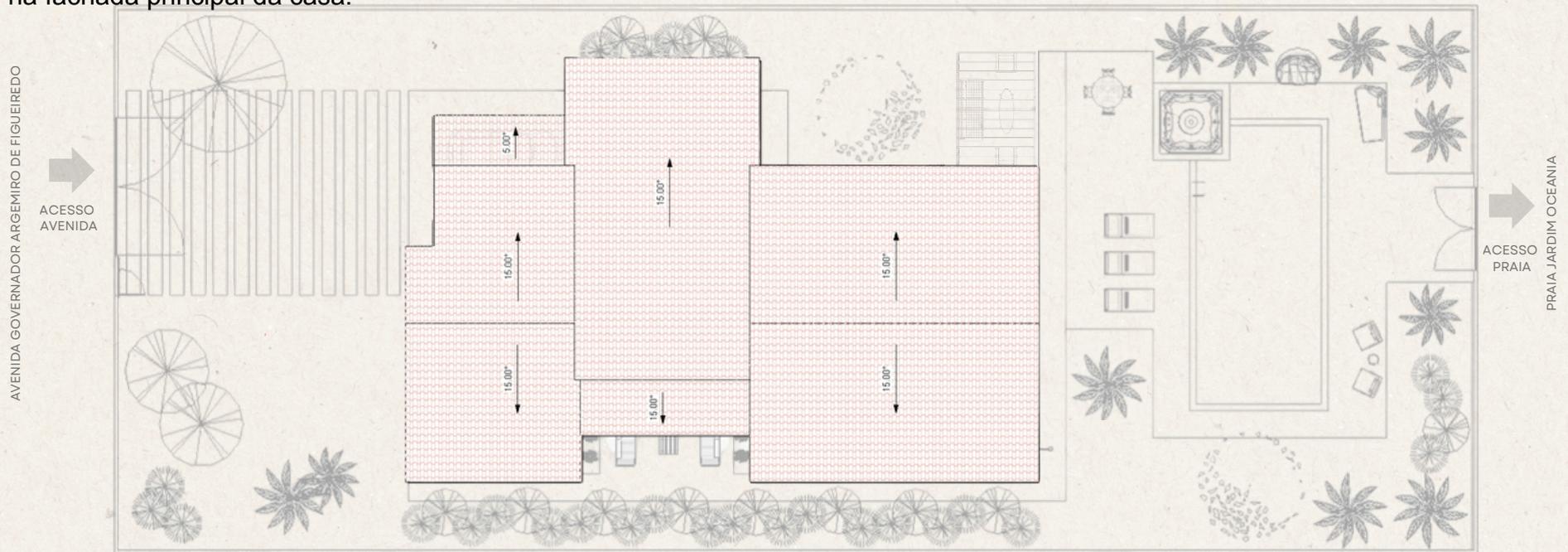


Figura 36: Implantação
Fonte: Produzido pelo autor

0 5



4.6 IMPLANTAÇÃO E PLANTAS BAIXAS

A disposição de ambientes no térreo (figura 36) foi guiada por uma proposta de integração entre os espaços, buscando fluidez e funcionalidade no uso cotidiano. As áreas sociais, sala de estar, jantar e espaço gourmet, foram pensadas como um único ambiente contínuo, proporcionando conexões visuais e físicas que estimulam a convivência e a sensação de amplitude.

Essa estratégia de planta livre também favorece a ventilação cruzada e a entrada de luz natural, elementos fundamentais para o conforto térmico e a eficiência energética para uma proposta de *Passive House* em João Pessoa, diminuindo a necessidade de uso do climatização e iluminação artificial para um menor período do dia.

Além disso, a organização espacial procurou eliminar ao máximo os corredores enclausurados, otimizando o uso do espaço interno e tornando os percursos mais agradáveis e funcionais. A distribuição dos demais cômodos, como cozinha, escritório, suíte de hóspedes e áreas de serviço, foi cuidadosamente planejada para garantir independência sem comprometer a integração geral.

A zonificação funcional é bem definida, com a cozinha integrada à sala de jantar e espaço gourmet, otimizando o uso cotidiano. Ambientes como o escritório e a suíte de hóspedes foram posicionados de forma mais reservada, garantindo privacidade. Essa organização contribui para o conforto e a fluidez dos espaços.

Em síntese, a proposta valoriza a integração espacial, o conforto ambiental e a eficiência energética, alinhando funcionalidade e qualidade de vida. A organização interna, aliada à ventilação e iluminação naturais, reforça os princípios da arquitetura passiva.

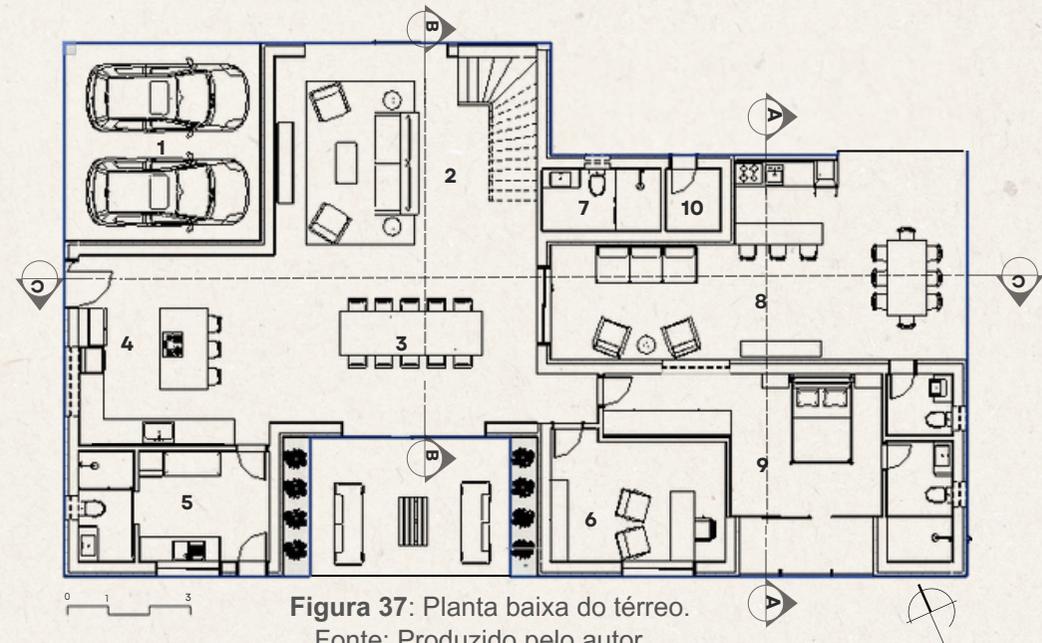


Figura 37: Planta baixa do térreo.

Fonte: Produzido pelo autor

LEGENDA

- | | |
|-------------------|----------------------|
| 1. GARAGEM | 6. ESCRITÓRIO |
| 2. SALA DE ESTAR | 7. BANHEIRO SOCIAL |
| 3. SALA DE JANTAR | 8. ESPAÇO GOURMET |
| 4. COZINHA | 9. SUÍTE DE HÓSPEDES |
| 5. SERVIÇO | 10. DEPÓSITO |

4.6 IMPLANTAÇÃO E PLANTAS BAIXAS

No pavimento superior da residência (Figura 37), foi concebido um mezanino na área central da planta, com a finalidade de ampliar a percepção espacial dos ambientes de estar e jantar localizados no térreo. Essa solução arquitetônica não apenas potencializa a integração visual entre os dois níveis da edificação, mas também contribui para uma maior fluidez e dinamismo na relação entre os espaços, reforçando a continuidade espacial e o diálogo interno da residência. Ademais, a configuração do mezanino exerce um papel estratégico na promoção da ventilação natural, favorecendo o chamado efeito chaminé. Esse fenômeno é viabilizado pela inserção de aberturas em pontos elevados, que facilitam a exaustão do ar quente e promovem a renovação do ar interno, elevando o desempenho ambiental da edificação.

Já as alas desse pavimento foram destinadas, de maneira planejada, às suítes, com a intenção de privilegiar ambientes de descanso mais amplos, confortáveis e resguardados. Tal organização espacial atende não apenas às exigências de privacidade e bem-estar dos usuários, mas também permite a implantação de varandas nas fachadas norte e sul. Essas varandas, além de fortalecerem a relação dos dormitórios com o exterior, contribuem significativamente para o sombreamento dos ambientes e para a otimização da ventilação cruzada, elementos fundamentais para o conforto térmico.

Por fim, os banheiros das suítes foram estrategicamente posicionados ao longo das fachadas leste e oeste, incorporando pequenas aberturas que asseguram a necessária iluminação e ventilação naturais dessas áreas molhadas, ao mesmo tempo em que atuam como barreiras térmicas adicionais para os dormitórios, incrementando a eficiência energética da residência.

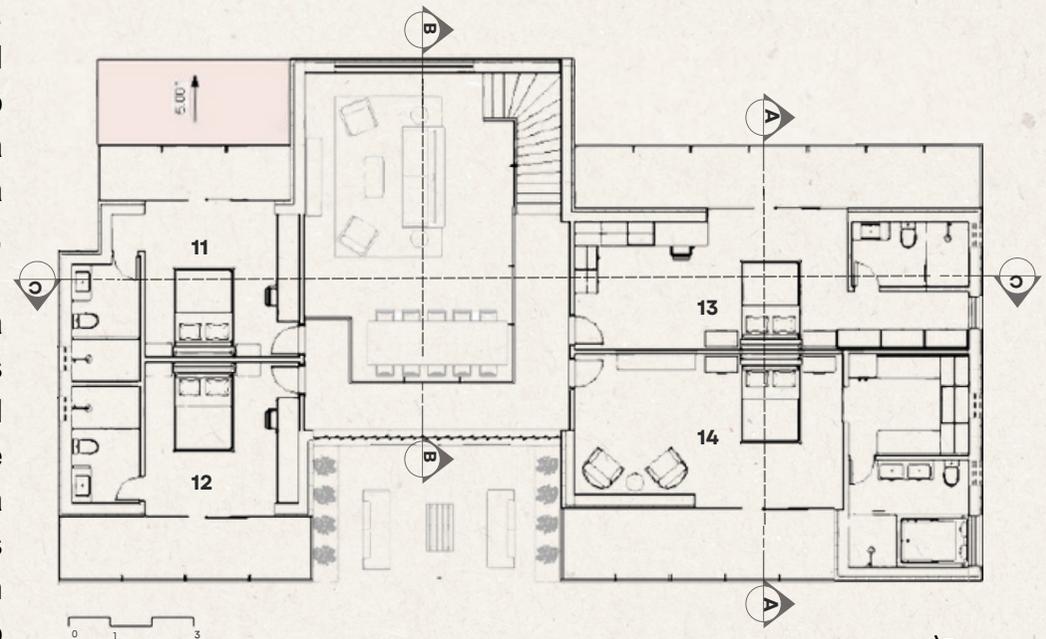


Figura 38: Planta baixa do pavimento superior.

Fonte: Produzido pelo autor

LEGENDA

11. SUÍTE 01
12. SUÍTE 02

13. SUÍTE 03
14. SUÍTE MASTER

4.7 CORTES

O espaço técnico para instalação do sistema de ventilação mecânica com recuperação de energia (MVHR), essencial em edificações com padrão Passive House, foi alocado no sótão (figura 39). O acesso ao equipamento é feito pela área externa, garantindo praticidade na manutenção sem interferir nos espaços de convivência.

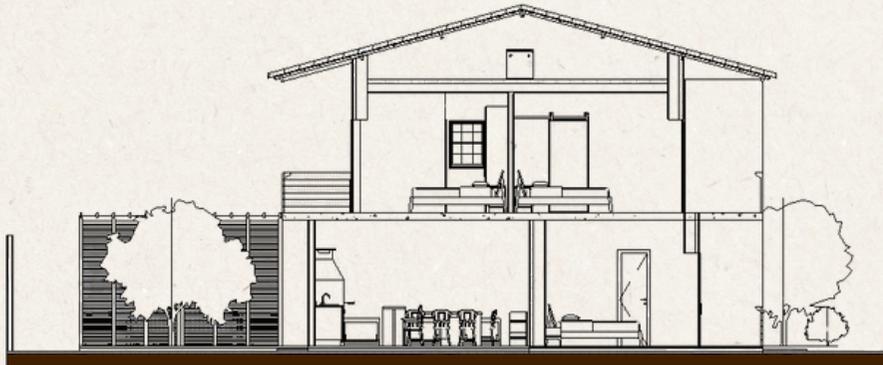


Figura 39: Corte AA
Fonte: Produzido pelo autor

Na Figura 40 (Corte BB), observa-se a área central da residência, com pé-direito elevado. Essa decisão projetual favorece a ventilação natural dos ambientes, não apenas pela altura do espaço, mas principalmente pela adoção de uma janela posicionada na parte superior da fachada norte. Essa abertura potencializa o efeito chaminé, intensificando a circulação do ar ao criar uma pressão negativa que impulsiona os ventos provenientes da abertura situada na fachada sul.

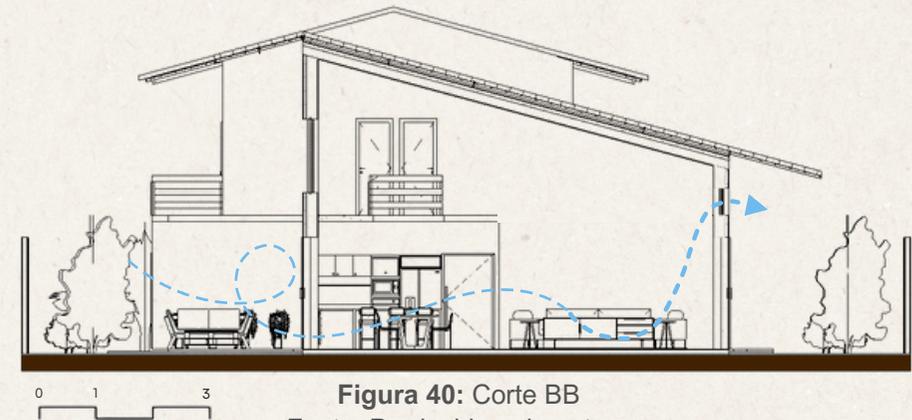


Figura 40: Corte BB
Fonte: Produzido pelo autor

A caixa d'água foi posicionada no sótão da ala oeste (ver figura 41), com acesso externo. Para isso, foram adotadas todas as precauções necessárias, como o reforço estrutural e a adoção de uma bomba pressurizadora para garantir a adequada pressão nos pontos de consumo.

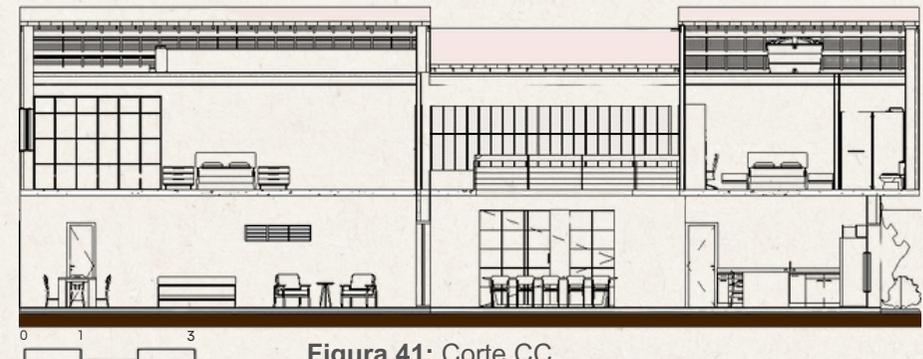


Figura 41: Corte CC
Fonte: Produzido pelo autor

4.8 MATERIAIS

Os materiais escolhidos para a estrutura, cobertura e vedações foram baseados no artigo de DALBEM (2015), “Conceito Passivhaus aplicado ao clima brasileiro”, em que foi desenvolvida um anteprojeto de edificação a ser construída no campus da UFPel, seguindo os critérios exigidos pela *Passive House*. Neste caso, foram utilizados elementos construtivos com a transmitância térmica total dentro dos requisitos de isolamento térmico da *Passive House*. Empregando esses materiais e estratégias passivas, conseguiram obter uma pré-aprovação da certificação do PHI através do PHPP. Em 2016, esse trabalho culminou no artigo “Discussão do desempenho da envoltória de uma passive house adaptada à zona bioclimática 2 em acordo com o RTQ-R”.

Tais materiais, como tijolos térmicos, isolamento térmico em EPS e sistemas de reboco eficientes, podem ser aplicados em João Pessoa. A *Passive House* de Natal, Casa Passiva Gerald Geppert, que está localizada na mesma zona bioclimática e com localização geográfica muito próxima a João Pessoa, obteve excelentes resultados de desempenho térmico e eficiência energética justamente utilizando materiais muito semelhantes aos empregados no projeto de Pelotas.

20. DALBEM, R.; CUNHA, E. G. da; VICENTE, R.; FIGUEIREDO, A. J.; SILVA, A. C. S. B. da. Discussão do desempenho da envoltória de uma passive house adaptada à zona bioclimática 2 em acordo com o RTQ-R. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 201-222, jan./mar. 2017.

Esses elementos construtivos demonstraram eficácia em controlar a transferência de calor e garantir o conforto térmico interno, mesmo em condições climáticas desafiadoras. demonstram alto desempenho térmico e eficiência energética, características que são totalmente aplicáveis também em João Pessoa. A cobertura do anteprojeto dessa residência inclui, ainda, telha cerâmica, totalizando uma transmitância térmica de 0,39 W/m².K para o sistema da cobertura.

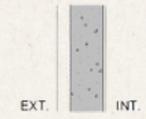
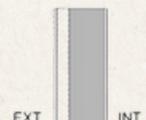
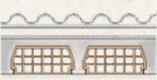
		PONTES TÉRMICAS			R _{si} = 0,13	R _{se} = 0,04
		Constituição	e (m)	λ (W/(mK))	R (m ² /(WK))	U (W/(m ² K))
EXT.  INT.		Reboco interno	0,02	1,15	0,02	0,43
		Pilar/Vigas de concreto	0,24	1,75	0,14	
		Isolamento térmico - EPS	0,08	0,04	2,00	
		Reboco externo	0,02	1,15	0,02	
		PAREDES EXTERNAS			R _{si} = 0,13	R _{se} = 0,04
		Constituição	e (m)	λ (W/(mK))	R (m ² /(WK))	U (W/(m ² K))
EXT.  INT.		Reboco interno	0,02	1,15	0,02	0,31
		Tijolo térmico Weber	0,24	0,22	1,07	
		Isolamento térmico - EPS	0,08	0,04	2,00	
		Reboco externo	0,02	1,15	0,02	
		COBERTURA			R _{si} = 0,10	R _{se} = 0,04
		Constituição	e (m)	λ (W/(mK))	R (m ² /(WK))	U (W/(m ² K))
		Reboco interno	0,02	1,15	0,02	0,41
		Laje pré-moldada	0,25	-	0,19	
		Isolamento térmico - EPS	0,08	0,04	2,00	
		Reboco externo	0,02	1,15	0,02	

Tabela 3: Elementos construtivos da *Passive House*.

Fonte: DALBEM (2016)¹⁸

LEGENDA

e = espessura
 γ = condutividade térmica
 R = resistência térmica
 U = transmitância térmica

5.1 DesignPH

Para a simulação da certificação do cumprimento dos requisitos da norma *Passive House*, o PHI desenvolveu ferramentas de balanço energético: o *Passive House Planning Package* e o DesignPH. Para este trabalho, foi utilizada uma licença anual da versão mais recente do DesignPH e do PHPP, disponibilizada pelo Passive House Institute, representado por Mr. Patrick Manott, exclusivamente para a viabilização dessa pesquisa.

O DesignPH é um plugin desenvolvido para o software SketchUp, criado pelo Passive House Institute, com o objetivo de facilitar a aplicação prática dos princípios da construção passiva no processo de projeto arquitetônico. A ferramenta funciona como uma ponte entre a modelagem tridimensional e os cálculos energéticos exigidos pela certificação Passive House, permitindo uma análise preliminar do desempenho térmico da edificação ainda nas fases iniciais de concepção.

Por meio do DesignPH, é possível importar geometrias diretamente do modelo 3D, definir parâmetros como orientação solar, espessura e composição de elementos construtivos, e simular o comportamento energético da edificação com base nos critérios da planilha PHPP. O uso do plugin 3D facilita o preenchimento das informações de área das vedações externas, metragem da área de tratamento interna total, bem como da cobertura e dos dispositivos de proteção das aberturas.

Após concluir a modelagem da residência no Revit, o projeto foi exportado em DWG para o Sketchup, com intuito de reproduzir os elementos construtivos na posição e dimensões exatas. Diferentemente da modelagem tradicional de paredes e coberturas, com espessura especificamente pré-definidas, para que a ferramenta designPH realize a análise térmica, é necessário modelar apenas a “casca” desses elementos construtivos em 2D, sem acabamentos nem detalhes da fachada. Portanto, assim foi feito o primeiro passo para uso da ferramenta (figura 42).

Seguindo orientações de uso do designPH, as vedações opacas e aberturas foram agrupadas separadamente dos dispositivos de proteção, para que não houvesse interferência na análise de carga térmica da cobertura e para que os beirais fossem contabilizados como área de sombreamento.

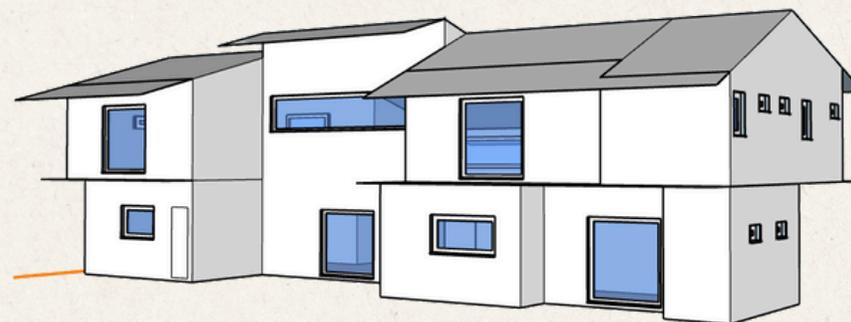


Figura 42: Fachada sul da edificação modelada para uso do DesignPH.

Fonte: Elaboração própria, a partir de captura de tela do software Sketchup com a utilização do plugin DesignPH (2025).

5.1 DesignPH

A modelagem foi geocalizada no terreno de estudo e propriamente orientada para que análise obtivesse precisão dos dados climáticos. Já as aberturas foram posicionadas exatamente com as dimensões do projeto. É importante ressaltar que o designPH executa a análise e coleta dos dados da área de cada abertura através da modelagem de formas retangulares simples, sem detalhamento de materiais (ver figura 43).

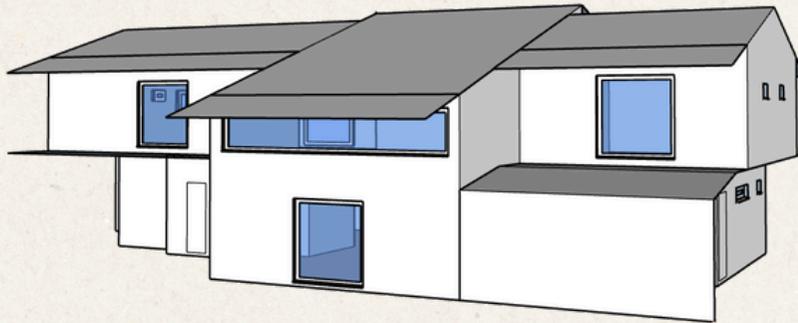


Figura 43: Fachada norte da edificação modelada para uso do DesignPH.

Fonte: DesignPH.²⁰

Com relação aos componentes das esquadrias na modelagem, o designPH possui um função que automaticamente substitui as formas retangulares em 2D por um padrão de janelas de alta performance, com valor de transmitância $U = 0,80 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

20. Elaboração própria, a partir de captura de tela do software Sketchup com a utilização do plugin DesignPH (2025).

O plugin do designPH possui, no entanto, algumas limitações para análise do balanço térmico de edificações em climas quentes. O gráfico gerado (figura 44) não apresenta resultados conclusivos para o resfriamento dos ambientes. Isso se deve ao programa ser focado em gerar a demanda de calor para aquecimento interno, que no caso de João Pessoa ela é nula ($0,1 \text{ kWh/m}^2\text{a}$).

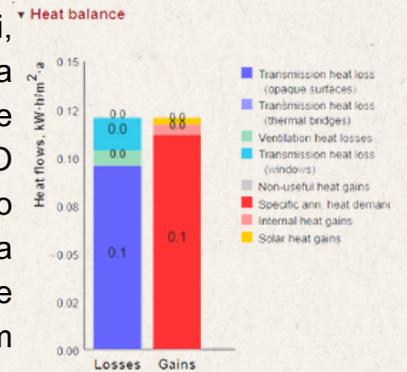


Figura 44: Gráfico de ganho e perda de calor.

Fonte: DesignPH.²⁰

A principal vantagem de utilizar o designPH para esta pesquisa foi a capacidade de exportar os dados das áreas das vedações externas, aberturas e dispositivos de sombreamento diretamente para a planilha PHPP (ver figura 45).

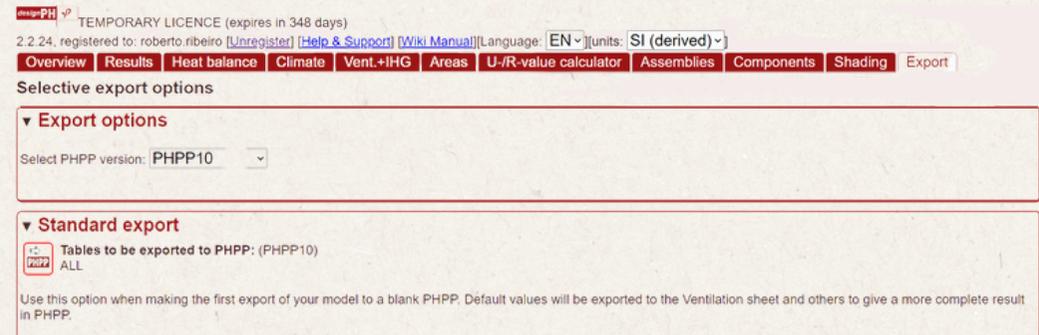


Figura 45: Função de exportação do designPH para o PHPP.

Fonte: DesignPH.²⁰

5.2 PASSIVE HOUSE PLANNING PACKAGE

O PHPP (*Passive House Planning Package*) é uma ferramenta de cálculo energético desenvolvida pelo Passive House Institute, utilizada na concepção e validação de edificações de alto desempenho energético. Estruturado em formato de planilha, o PHPP reúne dados e fórmulas que permitem estimar com precisão a demanda de aquecimento, resfriamento, ventilação e o consumo energético total de uma edificação ao longo do ano.

Diferentemente dos softwares que simulam o comportamento da edificação em tempo real ou com base em modelagens complexas, o PHPP trabalha com valores médios e dados climáticos específicos da localidade, sendo uma ferramenta mais acessível. O PHPP possibilita a avaliação detalhada da envoltória térmica, da eficiência dos sistemas de ventilação com recuperação de calor, da incidência solar e das perdas energéticas.

Além de ser o instrumento oficial de verificação para a certificação *Passive House*, o PHPP também é utilizado como suporte no processo projetual, permitindo ajustes e comparações entre soluções arquitetônicas e construtivas. Quando integrado ao plugin DesignPH, como feito neste trabalho, o processo se torna ainda mais dinâmico, pois é possível importar dados diretamente da modelagem tridimensional para a planilha, otimizando a análise e reduzindo erros de compatibilidade.

A versão mais recente do *Passive House Planning Package* é a PHPP 10 possui ao todo cerca de 40 abas que abrangem diferentes aspectos do desempenho energético de uma edificação, como dados climáticos, geometria, envoltória térmica, ventilação, sombreamento, demanda de aquecimento e resfriamento, energia primária renovável (PER), entre outros.

Para simplificar o processo de verificação da aplicação dos requisitos da *Passive House* no anteprojeto deste trabalho, foi utilizada a planilha PHPP EasyPH. Essa ferramenta é uma versão mais acessível do PHPP, com uma interface mais intuitiva e eficiente para projetos de menor complexidade (figura 46). O easyPH é composto por apenas oito abas, o que reduz significativamente a quantidade de dados necessários para a análise energética.

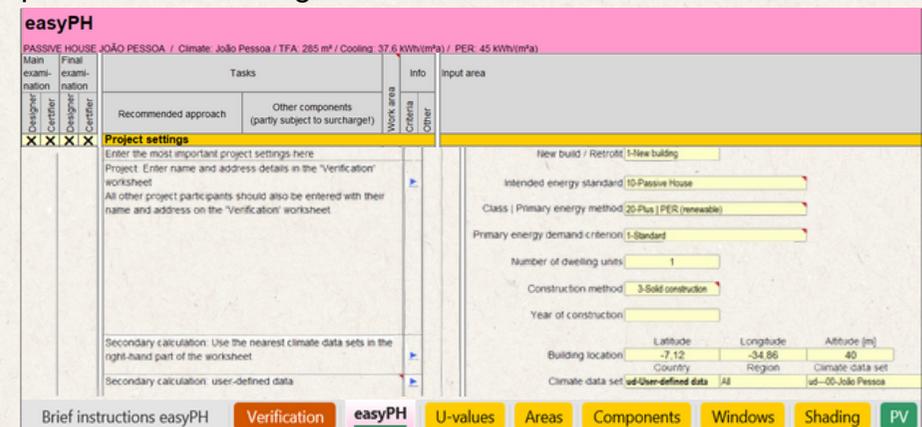


Figura 46: Interface da planilha PHPP EasyPH.

Fonte: Elaboração própria, a partir de captura de tela do EasyPH (2025).

5.2 PASSIVE HOUSE PLANNING PACKAGE

O primeiro passo para uso do EasyPH foi importar os dados da modelagem do plugin designPH para a planilha. Depois, foi necessário preencher os dados de localização do projeto, como latitude e longitude, dados climáticos de João Pessoa e radiação solar (ver figura 47).

Os valores de radiação solar mensal por orientação de fachada, específicos para a cidade de João Pessoa, não estão disponíveis nem na base climática da ferramenta utilizada, nem em fontes oficiais como o INMET ou outras bases de dados confiáveis. Diante dessa limitação, optou-se pelo uso dos dados da cidade de Cartagena, na Colômbia, cuja localização geográfica e características climáticas são semelhantes às de João Pessoa.

No entanto, por estar situada ao norte da linha do Equador, as orientações solares em Cartagena se comportam de forma oposta em relação às do hemisfério sul. Por esse motivo, os dados de radiação das fachadas norte e sul foram invertidos para se adequar à realidade local durante a análise deste projeto.

User-defined data: fill in yellow cells

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dez
João Pessoa	Latitude [°] = -7,12		Longitude [°] = -34,86		Altitude [m] = 40		ΔT Summer [K] = 1,6		T comfort		26	
Exterior temperature	27.0	27.2	26.8	26.6	25.8	25.4	24.9	25.0	25.7	26.2	26.8	27.0
Radiation North	149	113	85	52	50	48	50	49	56	81	108	149
Radiation East	100	93	106	99	102	96	102	99	85	85	78	91
Radiation South	43	43	50	57	66	93	92	67	45	44	41	42
Radiation West	96	99	111	99	100	91	96	93	81	78	82	95
Horizontal radiation	173	166	192	176	178	165	175	168	144	142	140	163
Dew point temperature	24.0	24.0	24.0	24.0	23.0	23.0	22.0	22.0	23.0	24.0	24.0	24.0
Sky temperature												
Comment	Dados de radiação solar baseados em Cartagena devido à indisponibilidade de João Pessoa.											

Figura 47: Dados climáticos de João Pessoa inseridos no PHPP EasyPH.

Fonte: Elaboração própria, a partir de captura de tela do EasyPH (2025).

easyPH
 PASSIVE HOUSE JOÃO PESSOA / Climate: João Pessoa / TFA: 285 m² / Cooling: 37.6 kWh/(m²a) / PER: 45 kWh/(m²a)

Room data
 Here, each room is systematically named and its floor area determined.

Floor / level	Area [m²]
1	156,8
2	128,1
	0,0
	0,0
	0,0
Total	284,9

Room	Floor / level	Amount	Width [m]	Length [m]	Additional area + [m²]	Area deduction - [m²]	Net floor area = [m²]
Living room	1	1	7,14	9,61	6,6		75,2
Kitchen	1	1	4,84	5,13			24,8
Bathroom	1	1	2,64	1,48			3,9
Office	1	1	4,3	3			12,9
Service room	1	1	4,98	2,42			12,1
Staircase	1	1	1,2	3,7			4,4
Bedroom 1	2	2	3,46	3,82	4,87		36,2
Bedroom 2	2	1	10	3,32	4		37,2
Master bedroom	2	1	10	3,49	5,4		40,3
Restroom	1	1	1	1			1,0
Guest Bedroom	1	1	3,8	3,3	9,95		22,5
Mezanino	2	1	1,2	6,85	6,2		14,4

Brief instructions easyPH Verification easyPH U-values Areas Components Windows Shading PV

Figura 48: Aba de áreas dos ambientes internos no PHPP EasyPH.

Fonte: Elaboração própria, a partir de captura de tela do EasyPH.

Também foi necessário preencher as dimensões de cada ambiente interno (figura 48), uma vez que o designPH apenas informa a área de tratamento interno total, sem as subdivisões de cômodos da residência. É importante ressaltar que esses dados não refletem a área construída total, uma vez que desconsideram área de varandas dos dormitórios e outros espaços externos, como a área gourmet, que não possui fechamento opaco para o exterior do edifício.

5.2 PASSIVE HOUSE PLANNING PACKAGE

Os dados da área total e do valor de transmitância das vedações externas, das aberturas e da cobertura que foram previamente importadas da modelagem do designPH são organizadas na aba de “áreas” do EasyPH (figura 49). A partir dessa tabela, também são contabilizadas as pontes térmicas e se há algum elemento construtivo compartilhado com o lote vizinho, o que não é o caso deste projeto.

Areas determination				
PASSIVE HOUSE JOÃO PESSOA / Climate: João Pessoa / TFA: 285 m ² / Cooling: 37.6 kWh/(m ² a) / PER: 45 kWh/(m ² a)				
Summary				Average U-value [W/(m ² K)]
Temp.-	Thermal envelope	Area group	Group no.	
	284,92	Treated floor area	1	
A	8,66	North windows	2	0,772
A	2,34	East windows	3	0,841
A	9,91	South windows	4	0,775
A	0,78	West windows	5	0,854
A	0,00	Horizontal windows	6	
A	5,14	Exterior door	7	0,303
A	468,17	External wall - ambient	8	0,303
B	0,00	External wall ground/basement	9	
A	207,38	Roof / ceiling - ambient	10	0,374
B	197,73	Floor slab / basement ceiling	11	0,094
	0,00		12	
	0,00		13	
	0,00		14	
Thermal bridges, length [m]				Y [W/(mK)]
A	123,85	Thermal bridges ambient	15	-0,007
P	0,00	Perimeter thermal bridges	16	
B	11,35	Thermal bridges FS/BC	17	0,061
Building element towards neighbour, [m ²]				[W/(m ² K)]
I	0,00	Building element towards neighbour	18	
Total thermal envelope [m ²]				[W/(m ² K)]
900,11				Average U-value of thermal envelope: 0,285

Figura 49: Planilha do resumo das áreas do anteprojeto no PHPP EasyPH.

Fonte: Elaboração própria, a partir de captura de tela do EasyPH (2025).

Wall_010_N	8-External Wall - Ambient	1	x (	9,86	x	3,00
Wall_011_E	8-External Wall - Ambient	1	x (	4,45	x	3,00
Wall_012_W	8-External Wall - Ambient	1	x (	3,00	x	1,10
Wall_013_S	8-External Wall - Ambient	1	x (	3,00	x	1,62

Figura 50: Seção de informações de cada parede externa (pequena amostra).

Fonte: Elaboração própria, a partir de captura de tela do EasyPH (2025).

Além de calcular a área total das paredes externas, como ilustrado na figura 49 "External wall - ambient", a ferramenta também fornece informações detalhadas sobre cada parede individualmente, incluindo suas dimensões e orientação (figura 50).

Com base na modelagem no designPH dos elementos que protegem as aberturas, como beirais, varandas e brises, os dados desses dispositivos são organizados no PHPP conforme a orientação, a radiação solar daquela fachada específica e o fator de redução proporcionado pelo sombreamento (figura 51).

Calculation of reduction factors for shading					
PASSIVE HOUSE JOÃO PESSOA / Climate: João Pessoa / TFA: 285 m ² / Cooling: 37.6 kWh/(m ² a) / PER: 45 kWh/(m ² a)					
Orientation	Glazing area [m ²]	Reduction factor winter r _s	Reduction factor cooling r _{s,1}	Reduction factor cooling load r _{s,2}	Solar load [kWh/(m ² Glazing a)]
North	10,12	75%	100%	100%	404
East	1,06	75%	100%	100%	470
South	15,78	75%	100%	100%	293
West	0,52	75%	100%	100%	462
Horizontal	0,00	100%	100%	100%	0

Figura 51: Resumo dos dados dos dispositivos de sombreamento.

Fonte: Elaboração própria, a partir de captura de tela do EasyPH.

5.2 PASSIVE HOUSE PLANNING PACKAGE

A aba "windows" contém informações acerca das esquadrias de alta performance, com uma média de valor g de 0,50, indicando vidros com controle solar (vidro duplo / com película de baixa emissividade). O valor médio de transmitância térmica das janelas (U_w) é de $0,78 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, compatível com janelas de alto desempenho térmico, como esquadrias com vidro duplo com câmara de ar.

Windows and entrance doors
 PASSIVE HOUSE JOÃO PESSOA / Climate: João Pessoa / TFA: 285 m² / Cooling: 37,6 kWh/(m²a) / PER: 45 kWh/(m²a)

Window orientation	Global radiation (mean direction)	Shading	Dirt	Non-perpendicular radiation incidence	Glazing fraction	g-value	Solar irradiation reduction factor	Window area	Window U_w installed	Glazing area	Average global radiation
	(Standard values → kWh/m²d)							m²	W/(m²K)	m²	kWh/m²a)
North	0	0,75	0,95	0,85	0,71	0,50	0,43	8,7	0,77	6,12	0
East	0	0,75	0,95	0,85	0,26	0,50	0,16	2,3	0,84	0,61	0
South	0	0,75	0,95	0,85	0,70	0,50	0,42	9,9	0,78	6,91	0
West	0	0,75	0,95	0,85	0,11	0,50	0,07	0,8	0,85	0,09	0
Horizontal	0	1,00	0,95	0,85	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0
Total or average value for all windows						0,50	0,38	21,69	0,78	13,73	0

Brief instructions easyPH | Verification | easyPH | U-values | Areas | Components | Windows | Shading | PV

Figura 52: Informações das esquadrias de alta performance do projeto.

Fonte: Elaboração própria, a partir de captura de tela do EasyPH (2025).

Na aba "U-values", a ferramenta apresenta tabelas com os valores de transmitância de cada elemento construtivo (figura 53). Para determinar o valor U ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$), é necessário preencher cada camada do sistema construtivo com dados sobre condutividade térmica [$\text{W}/(\text{mK})$], espessura (mm) e resistência térmica superficial interna e externa ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$). Essa aba é fundamental para que as seções de área, janela e sombreamento possam especificar as informações de cada componente do envelope térmico, de acordo com os valores de transmitância correspondentes, resultando em uma análise de balanço térmico precisa.

U-values of building assemblies
 Passive House with easyPH beta V.2 based on PHPP Version 10.6 EN
 PASSIVE HOUSE JOÃO PESSOA / Climate: João Pessoa / TFA: 285 m² / Cooling: 37,6 kWh/(m²a) / PER: 45 kWh/(m²a)

Description of building assembly: External wall, Assembly no.: 01ud

Orientation of building assembly (or R_{si}): 2-Wall
 Adjacent to (or R_{se}): 1-Outdoor air

Interior insulation?
 U-value supplement [W/(m²K)]:

Area section	1	2 (optional)	3 (optional)	Thickness [mm]
Reboco interno	1,150			20
Tijolo térmico Weber	0,220			240
EPS	0,040			80
Reboco externo	1,150			20
Percentage of sec. 1: 100%				

Heat transmission resistance coefficients: Interior R_{si} : 0,13 m²K/W, Exterior R_{se} : 0,04 m²K/W
 Total thickness [cm]: 36,0
 U-value [W/(m²K)]: 0,303

Description of building assembly: Roof, Assembly no.: 02ud

Orientation of building assembly (or R_{si}): 1-Roof
 Adjacent to (or R_{se}): 1-Outdoor air

Interior insulation?
 U-value supplement [W/(m²K)]:

Area section	1	2 (optional)	3 (optional)	Thickness [mm]
Reboco interno	1,150			20
Laje pré-moldada	1,000			190
EPS	0,040			80
Reboco externo	1,150			20
Telha canal cerâmica	0,720			18
Percentage of sec. 1: 100%				

Heat transmission resistance coefficients: Interior R_{si} : 0,17 m²K/W, Exterior R_{se} : 0,04 m²K/W
 Total thickness [cm]: 32,8
 U-value [W/(m²K)]: 0,407

Description of building assembly: Thermal bridges, Assembly no.: 05ud

Orientation of building assembly (or R_{si}): 2-Wall
 Adjacent to (or R_{se}): 1-Outdoor air

Interior insulation?
 U-value supplement [W/(m²K)]:

Area section	1	2 (optional)	3 (optional)	Thickness [mm]
Reboco interno	1,150			20
EPS	0,040			80
Reboco externo	1,150			20
Pilar/Vigas de concreto	1,750			240
Percentage of sec. 1: 100%				

Heat transmission resistance coefficients: Interior R_{si} : 0,13 m²K/W, Exterior R_{se} : 0,04 m²K/W
 Total thickness [cm]: 36,0
 U-value [W/(m²K)]: 0,427

Brief instructions easyPH | Verification | easyPH | U-values | Areas | Components | Windows | Shading | PV

Figura 53: Planilha de resumo das áreas do anteprojeto no PHPP EasyPH.

Fonte: Elaboração própria, a partir de captura de tela do EasyPH.

5.2 PASSIVE HOUSE PLANNING PACKAGE

A planilha easyPH também permite uma avaliação simplificada das estratégias de ventilação e resfriamento mecânico (figura 54). No cenário analisado, a ventilação básica durante o período de resfriamento foi ajustada para 10 volumes por hora, com janelas inclinadas pela manhã e, principalmente, à noite, otimizando a ventilação cruzada e dissipando o calor acumulado durante o dia nas superfícies internas. O modelo também considera a presença de um sistema de ventilação mecânica com recuperação de calor (MVHR), com uma eficiência de 80%, sendo o mínimo obrigatório pela *Passive House* > 75%.

Para o resfriamento mecânico, foi modelado um sistema do tipo split com potência nominal de 2,64 kW. Considerando os ambientes de longa permanência, como dormitórios e escritório, o sistema de condicionamento composto por seis unidades.

A aba de sistemas fotovoltaicos (figura 55) fornece uma análise detalhada do desempenho energético do sistema fotovoltaico automaticamente proposto para essa residência. Composto por 8 painéis orientados ao oeste e utilizando tecnologia Mono-Si, o sistema totaliza uma produção anual de 3.810 kWh/a. Esse valor atende ao PER (*Primary Energy Renewable*) da edificação, estipulado em 11 kWh/(m²a), ou seja, 3.135 kWh/ano para a área total de tratamento interno (285 m²).

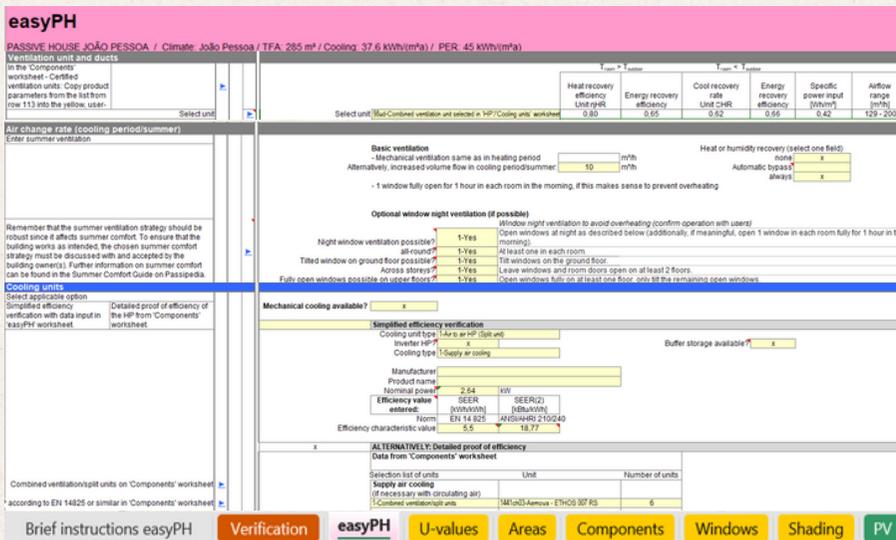


Figura 54: Dados das unidades de ventilação e resfriamento.

Fonte: Elaboração própria, a partir de captura de tela do EasyPH (2025).

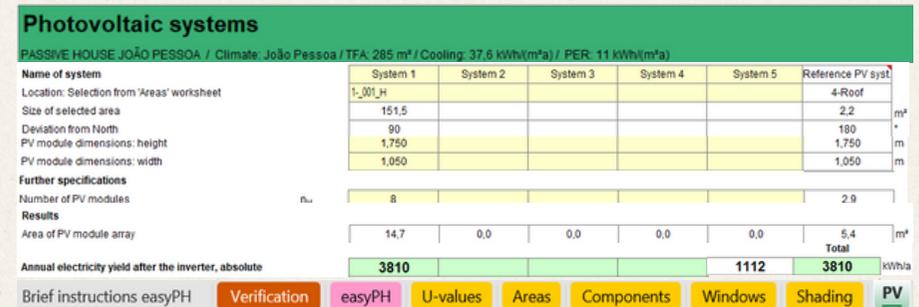


Figura 55: Dados do sistema fotovoltaico sugerido para a residência.

Fonte: Elaboração própria, a partir de captura de tela do EasyPH (2025).

5.2 PASSIVE HOUSE PLANNING PACKAGE

Por fim, obtém-se a aba de verificação da ferramenta PHPP EasyPH (figura 56), etapa fundamental no processo de certificação de edifícios de acordo com os critérios do padrão *Passive House*. Ela reúne e consolida os principais dados do projeto para avaliar se o edifício atende às exigências de desempenho térmico e energético estabelecidas pela norma.

Além de informações básicas do anteprojeto, como localização, altitude e clima, essa seção expõe os principais indicadores de desempenho do edifício, comparando-os com os limites estabelecidos para certificação *Passive House*. Observa-se que a demanda de aquecimento é extremamente baixa (0 kWh/m²a), o que é esperado para um clima tropical como o de João Pessoa.

Em relação à demanda energética para resfriamento e desumidificação do ar, o valor total registrado foi de 38 kWh/(m²a). Para esta análise, adotou-se a metodologia proposta por Wassouf (2014), que realizou uma simulação simplificada para uma edificação no Rio de Janeiro. Nesse estudo, obteve-se um valor de 63 kWh/(m²a), considerando 15 kWh/(m²a) para o resfriamento sensível e 48 kWh/(m²a) para o resfriamento latente (desumidificação), em razão da alta umidade relativa do ar. De acordo com a norma mais recente, à demanda anual máxima permitida para o frio sensível (15 kWh/m²a) é adicionada uma parcela correspondente ao frio latente, ampliando o limite de energia aceitável para a certificação em climas quentes.

Assim, aplicou-se a mesma metodologia para a *Passive House* em João Pessoa, adotando 15 kWh/(m²a) para o resfriamento sensível e 23 kWh/(m²a) para a desumidificação. Observa-se que os demais requisitos, como demanda de energia primária (87<120KWh/m²a), esquadrias eficientes, equipamento MVHR, geração de energia renovável, estanqueidade do ar (somente possível de verificar de fato na execução), foram todos devidamente atingidos para obter a pré-certificação.

PHPP

Passive House-Verification

Photo or drawing

Building: PASSIVE HOUSE JOÃO PESSOA
 Street: Rua Poeta Luiz Raimundo Batista de Carvalho
 Postcode/City: 55037-530 João Pessoa
 Province/Country: Paraíba BR-Brazil
 Building type: 1-Freestanding single family house
 Climate data set: João Pessoa
 Climate zone: 7: Very hot Altitude of location: 40 m

Home owner / Client:
 Street: Rua Poeta Luiz Raimundo Batista de Carvalho
 Postcode/City: 55037-530 João Pessoa
 Province/Country: Paraíba BR-Brazil

Year of construction:		Interior temperature winter [°C]:	26.0	Interior temp. summer [°C]:	26.0
No. of dwelling units:	1	Internal heat gains (IHG) winter [W/m²]:	2.3	IHG summer [W/m²]:	
No. of occupants:	4.0	Specific heat capacity [Wh/K per m² TFA]:	204	Mechanical cooling:	x

Specific building characteristics with reference to the treated floor area		Criteria	Alternative criteria	Fulfilled?
Space heating	Treated floor area m²	284.9		
	Heating demand kWh/(m²a)	0	≤ 15	Yes
Space cooling	Heating load W/m²	0	≤ -	Yes
	Cooling & dehum. Demand kWh/(m²a)	38	≤ -	-
	Frequency of overheating (> 26 °C) %	10	≤ 10	Yes
	Sensible cooling demand kWh/(m²a)	15	≤ 15	Yes
Airtightness	Latent cooling demand kWh/(m²a)	23	≤ 50	Yes
	Pressurisation test result n ₅₀ 1/h	0,6	≤ 0,6	Yes
Non-renewable Primary Energy (PE)	PE demand kWh/(m²a)	87	≤ 120	Yes
Primary Energy Renewable (PER)	PER demand kWh/(m²a)	11	≤ 45 / 30	Yes
	Renew. energy generation (in rel. to normalized habitable footprint area) kWh/(m²a)	58	≥ 60 / 7	Yes

I confirm that the values given here have been determined following the PHPP methodology and based on the characteristic values of the building. The PHPP calculations are attached to this verification.

Task: 1-Design First name: ROBERTO Surname: RIBEIRO

Passive House Plus? **Yes** Signature:

Brief instructions easyPH **Verification** easyPH U-values Areas Components Windows Shading PV

Figura 56: Planilha de verificação para certificação do PHPP EasyPH.

Fonte: Elaboração própria, a partir de captura de tela do EasyPH.

O desenvolvimento deste anteprojeto de residência unifamiliar com base no conceito *Passive House* em João Pessoa destacou a viabilidade de estratégias de arquitetura passiva em climas quentes e úmidos. Durante a pesquisa e prática, comprovou-se que, com as adaptações climáticas adequadas, é possível atingir altos níveis de conforto térmico e eficiência energética, respeitando os parâmetros do *Passive House Institute*.

As soluções projetuais adotadas, como orientação solar cuidadosa, reforço da ventilação natural, escolha criteriosa de materiais e uso de sistemas eficientes, mostraram-se eficazes para o clima da cidade. O *Passive House Planning Package* foi crucial para validar as decisões projetuais e garantir a compatibilidade com os requisitos da certificação.

Todos os critérios do padrão *Passive House* foram atendidos no anteprojeto proposto. A demanda anual de energia para resfriamento e desumidificação foi de 38 kWh/(m²a), dividida em 15 kWh/(m²a) para resfriamento sensível, sendo este o limite de acordo com a norma e 23 kWh/(m²a) para resfriamento latente, respeitando os parâmetros flexibilizados para climas quentes. A demanda de energia primária foi de 87 kWh/(m²a), abaixo do limite de 120 kWh/(m²a).

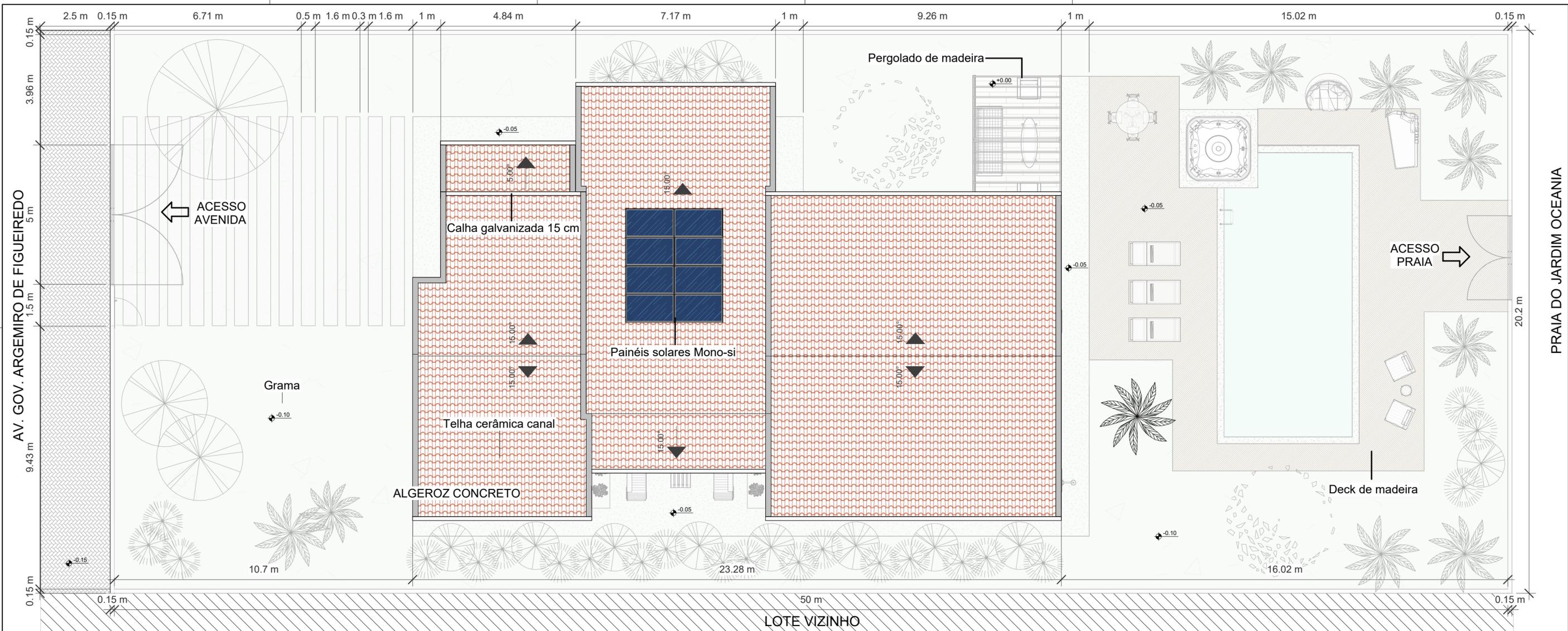
O projeto contemplou esquadrias de alto desempenho térmico, ventilação mecânica controlada com recuperação de calor (MVHR), produção de energia renovável e controle de infiltrações de ar através da “regra do lápis” na etapa de projeto, sujeita a verificação prática durante a execução.

Os critérios de eficiência do envelope foram atingidos com elementos de transmitância térmica de 0,40 W/m²K na cobertura e 0,31 W/m²K nas paredes externas, ambos abaixo do limite recomendado pela *Passive House* para zonas tropicais (0,45 W/m²K). Foram utilizados tijolos térmicos, isolamento em EPS e reboco eficiente, além de tratamento de pontes térmicas.

Alcançar esses parâmetros evidencia que, mesmo em regiões tropicais, é viável criar edificações altamente eficientes ao integrar o conceito *Passive House* com estratégias da arquitetura bioclimática, como controle solar, ventilação natural e inércia térmica dos materiais.

Este estudo enfatiza a relevância de reavaliar os métodos construtivos tradicionais, propondo alternativas que visem à redução da demanda energética das edificações residenciais em João Pessoa e, de forma mais ampla, no Brasil.

- AGUILAR, Heliana Maria Ceballos. Desempenhos térmico e energético de uma edificação na região amazônica brasileira 2018. 181 f. Orientador: João Tavares Pinho. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018. Disponível em: <<http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/10413>>. Acesso em: 12/09/2024
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15220 – 3: desempenho térmico de edificações residenciais. Parte 3 – Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, ABNT, 2005. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).
- BEZERRA, L. Palestra edifício Passive House no Brasil. In: Casa Passiva Brasil 2018 – II Congresso Internacional e Workshop. Pelotas, 2018.
- DALBEM, R.FREITAS, J. M. R.; CUNHA, E. G. Conceito Passivhaus aplicado ao clima brasileiro. Revista de Arquitetura IMED, v. 4, n. 1, p. 26-36, 2015.
- DALBEM, R.; CUNHA, E. G. da; VICENTE, R.; FIGUEIREDO, A. J.; SILVA, A. C. S. B. da. Discussão do desempenho da envoltória de uma passive house adaptada à zona bioclimática 2 em acordo com o RTQ-R. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 201-222, jan./mar. 2017
- EPE (2022). Atlas de Eficiência Energética Brasil 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/atlas-de-eficiencia-energetica-brasil-2022>. Acesso em: 20/09/2024.
- FROTA, A. B., & SCHIFFER, S. R. (2001). Manual de conforto térmico (5a ed.). São Paulo: Studio Nobel.
- HOLANDA, Armando. Roteiro para se construir no Nordeste. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, Mestrado de Desenvolvimento Urbano, 1976.
- INMETRO. Portaria nº 309, de 6 de setembro de 2022. Aprova as Instruções Normativas e os Requisitos de Avaliação da Conformidade para a Eficiência Energética das Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas e Residenciais. Disponível em: <https://pbeedifica.com.br/portariaconsolidada>. Acesso em: 30/09/2024.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Brazil. Disponível em: <https://www.iea.org/countries/brazil>. Acesso em: 10 set. 2024.
- LABEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Dados climáticos de João Pessoa – PB. Universidade Federal de Santa Catarina. Projeto EEE – Eficiência Energética em Edificações.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. Eficiência Energética na Arquitetura. 3ª edição. Eletrobras. 2014.
- LENGEN, J.V. Manual do arquiteto descalço. (Câmara Brasileira do Livro) - São Paulo — Brasil. Ed. Empório do Livro, 2008.
- PASSIVE-ON. A Norma Passivhaus em Climas Quentes da Europa: Diretrizes de Projeto para Casas Confortáveis de Baixo Consumo Energético: Parte 1. Revisão de casas confortáveis de baixo consumo energético. 2007.
- PASSIVE HOUSE INSTITUTE. Criteria for the Passive House, EnerPHit and PHI Low Energy Building Standard. 2016.
- WASSOUF, M. Da casa Passiva à norma PassivHaus: A arquitetura passiva em climas quentes. Barcelona: Gustavo Gili, 2014.



1 IMPLANTAÇÃO

1 : 100

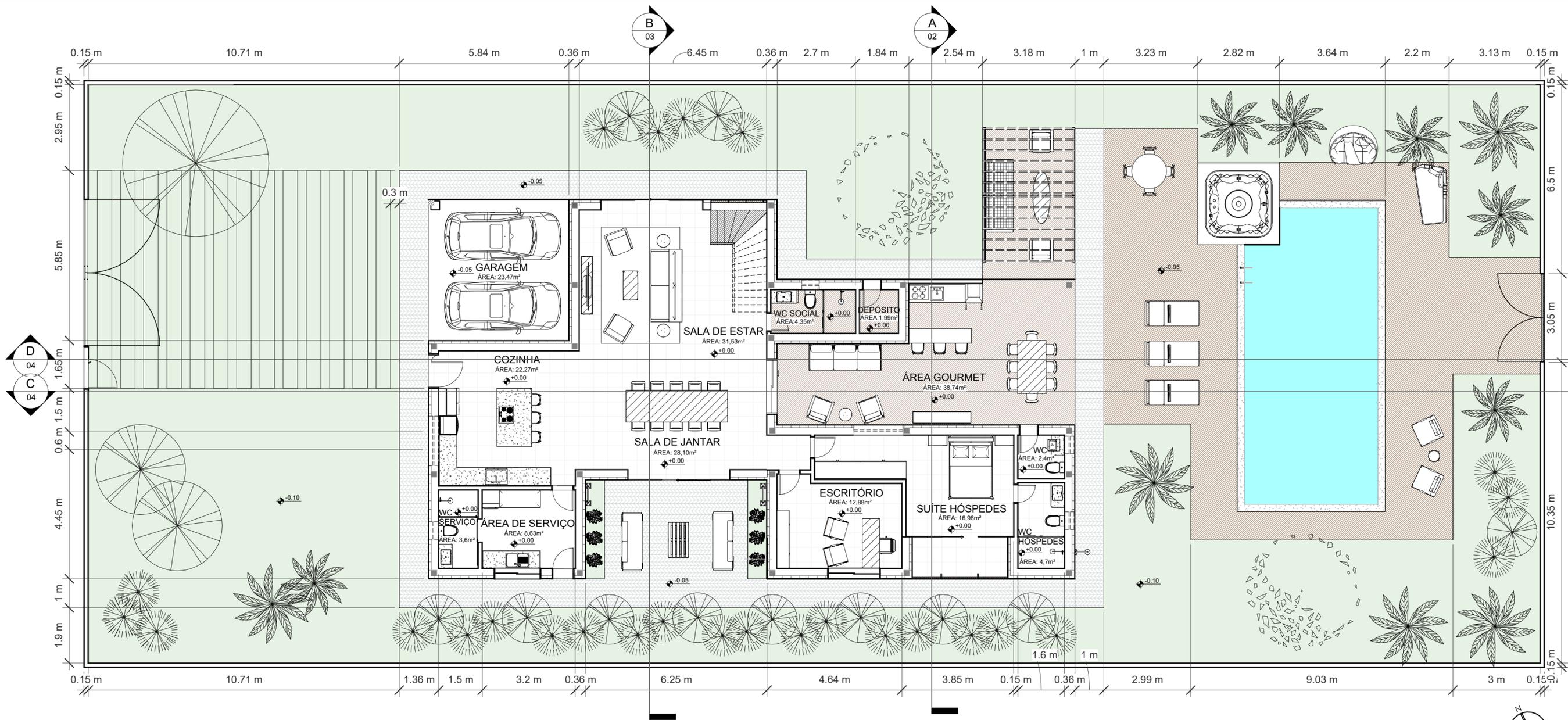


2 OVERLAY

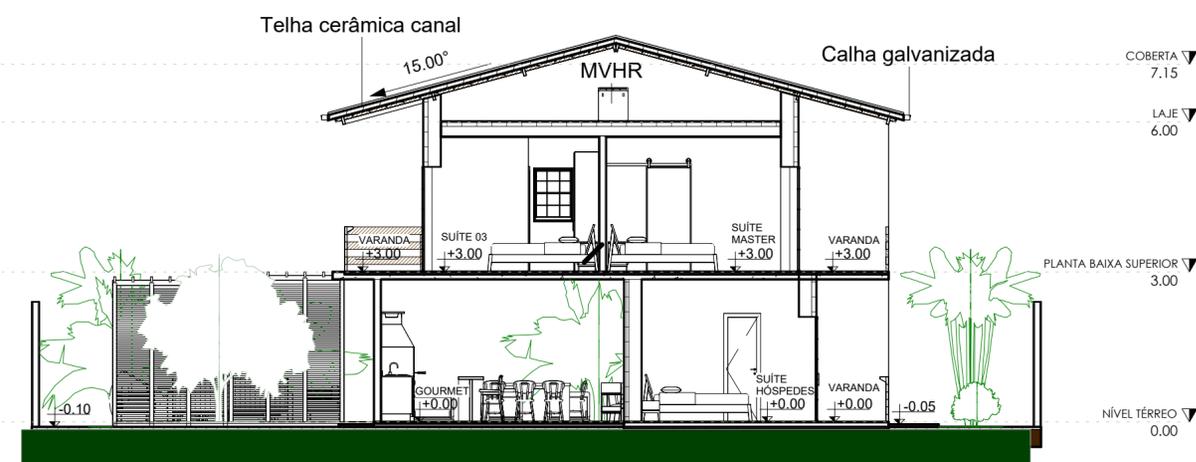
1 : 2000

TABELA DE ÍNDICES URBANÍSTICOS	
ÁREA DO TERRENO (m ²)	1016,06
ÁREA CONSTRUIDA TêRREO (m ²)	253,75
ÁREA CONSTRUIDA PAVIMENTO SUPERIOR(m ²)	202,37
ÁREA TOTAL CONSTRUIDA (m ²)	456,12
ÁREA PERMEÁVEL (m ²)	440,15
PERCENTUAL DE ÁREA PERMEÁVEL (%)	43,32
TAXA DE OCUPAÇÃO (%)	24,97
COEFICIENTE DE APROVEITAMENTO (%)	44,89
RECUO FRONTAL (m)	10,70
RECUO DOS FUNDOS (m)	16,20
RECUO LATERAL NORTE (m)	1,74
RECUO LATERAL SUL (m)	2,46

 UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO			
		CURSO: ARQUITETURA E URBANISMO	
DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II			
ORIENTADORA: IVANIZE SILVA	DISCENTES: ROBERTO RIVELINO RIBEIRO CARLOS FILHO MATRÍCULA: 20190037830	FOLHA: 1/6	
TEMA: ARQUITETURA PASSIVA EM JOÃO PESSOA: ANTEPROJETO DE RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NO CONCEITO PASSIVE HOUSE			
CONTEÚDO: IMPLANTAÇÃO E OVERLAY	DATA: 28/04/2025	ESCALA: 1:100	

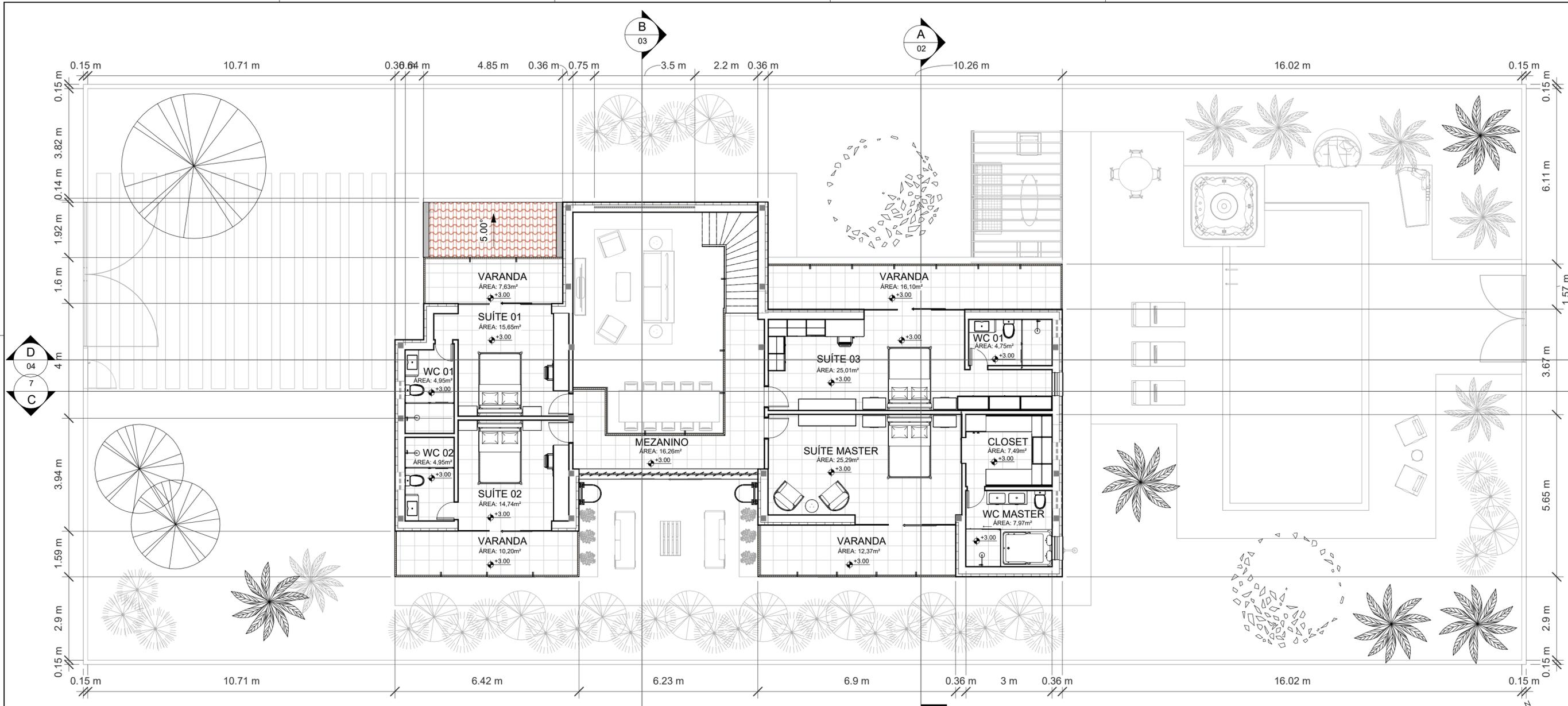


3 NÍVEL TÉRREO
1 : 100

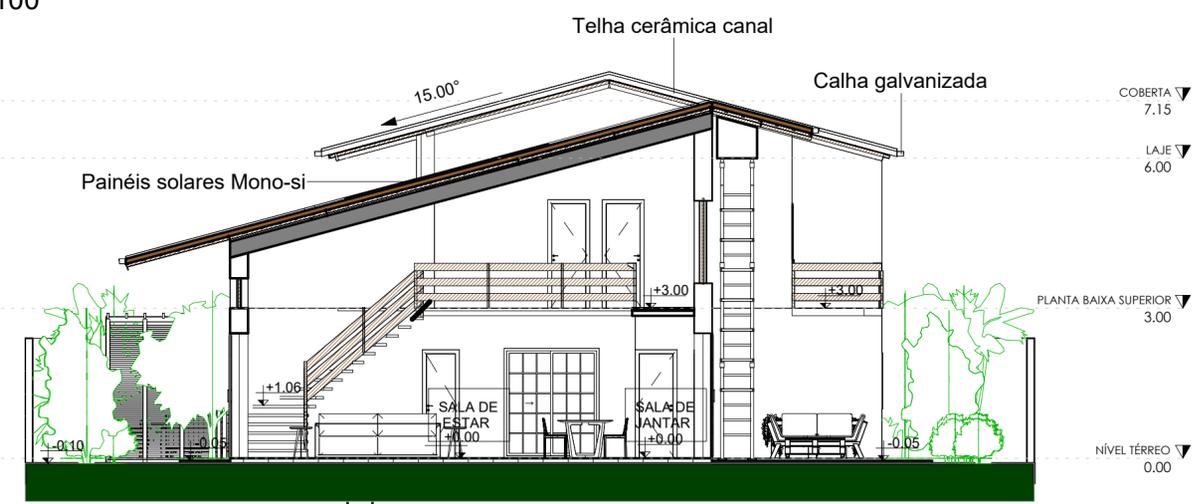


4 CORTE AA
1 : 100

		UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA	
		DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO	
CURSO:	ARQUITETURA E URBANISMO		
DISCIPLINA:	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II		
ORIENTADORA:	IVANIZE SILVA	DISCENTES:	ROBERTO RIVELINO RIBEIRO CARLOS FILHO
		MATRÍCULA:	20190037830
TEMA:	ARQUITETURA PASSIVA EM JOÃO PESSOA: ANTEPROJETO DE RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NO CONCEITO PASSIVE HOUSE		FOLHA: 2/6
CONTEÚDO:	PLANTA BAIXA TÉRREO, CORTE AA	DATA: 28/04/2025	ESCALA: 1:100



5 **PLANTA BAIXA SUPERIOR**
1 : 100

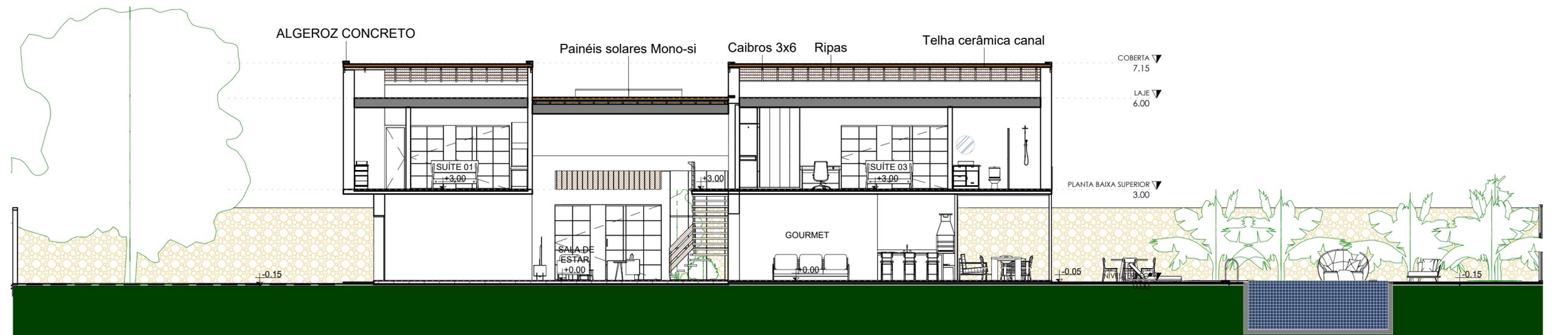


6 **Corte BB**
1 : 100

 UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO			
CURSO:		ARQUITETURA E URBANISMO	
DISCIPLINA:		TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II	
ORIENTADORA:	IVANIZE SILVA	DISCENTES:	ROBERTO RIVELINO RIBEIRO CARLOS FILHO
		MATRÍCULA:	20190037830
TEMA:	ARQUITETURA PASSIVA EM JOÃO PESSOA: ANTEPROJETO DE RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NO CONCEITO PASSIVE HOUSE		
CONTEÚDO:	PLANTA BAIXA SUPERIOR, CORTE BB		DATA: 28/04/2025 ESCALA: 1:100
			FOLHA: 3/6



7 Corte CC
1 : 100



8 Corte DD
1 : 100

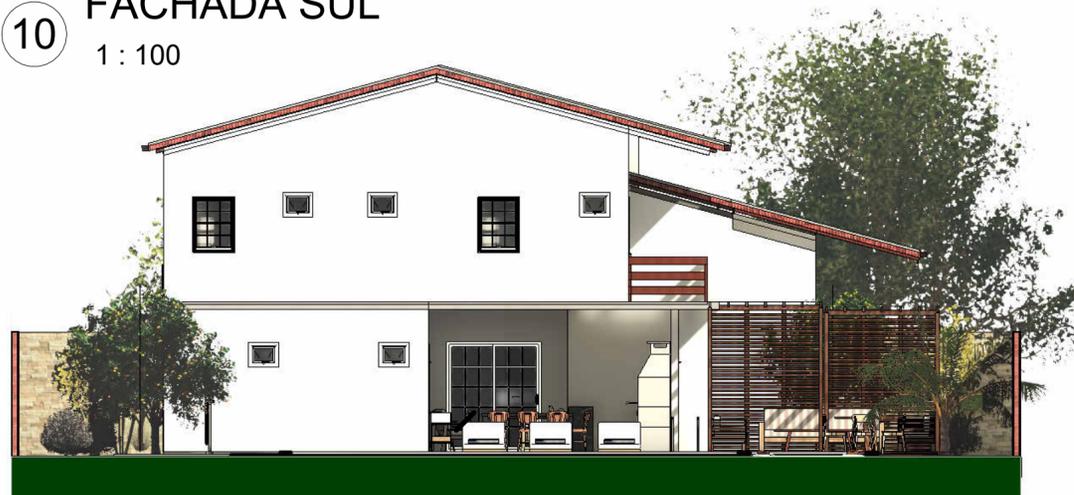
 UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO		CURSO: ARQUITETURA E URBANISMO	
		DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II	
ORIENTADORA: IVANIZE SILVA	DISCENTES: ROBERTO RIVELINO RIBEIRO CARLOS FILHO	FOLHA: 4/6	
TEMA: ARQUITETURA PASSIVA EM JOÃO PESSOA: ANTEPROJETO DE RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NO CONCEITO PASSIVE HOUSE		DATA: 28/04/2025	ESCALA: 1:100
CONTEÚDO: CORTE CC, CORTE DD			



9 FACHADA NORTE
1 : 100



10 FACHADA SUL
1 : 100

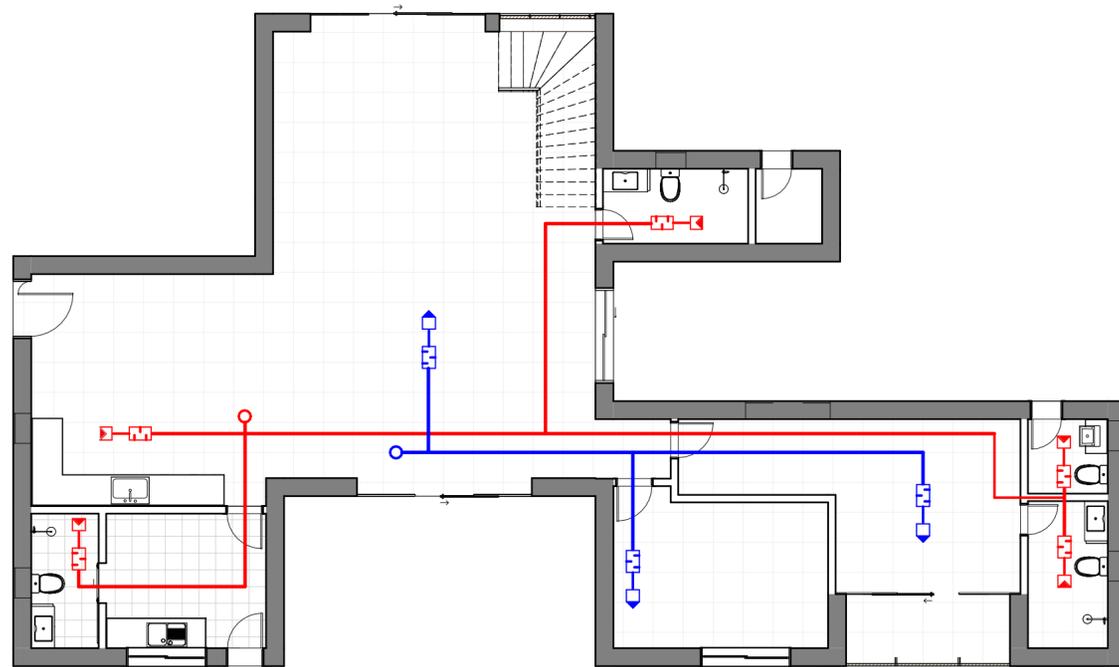


11 FACHADA LESTE
1 : 100



12 FACHADA OESTE
1 : 100

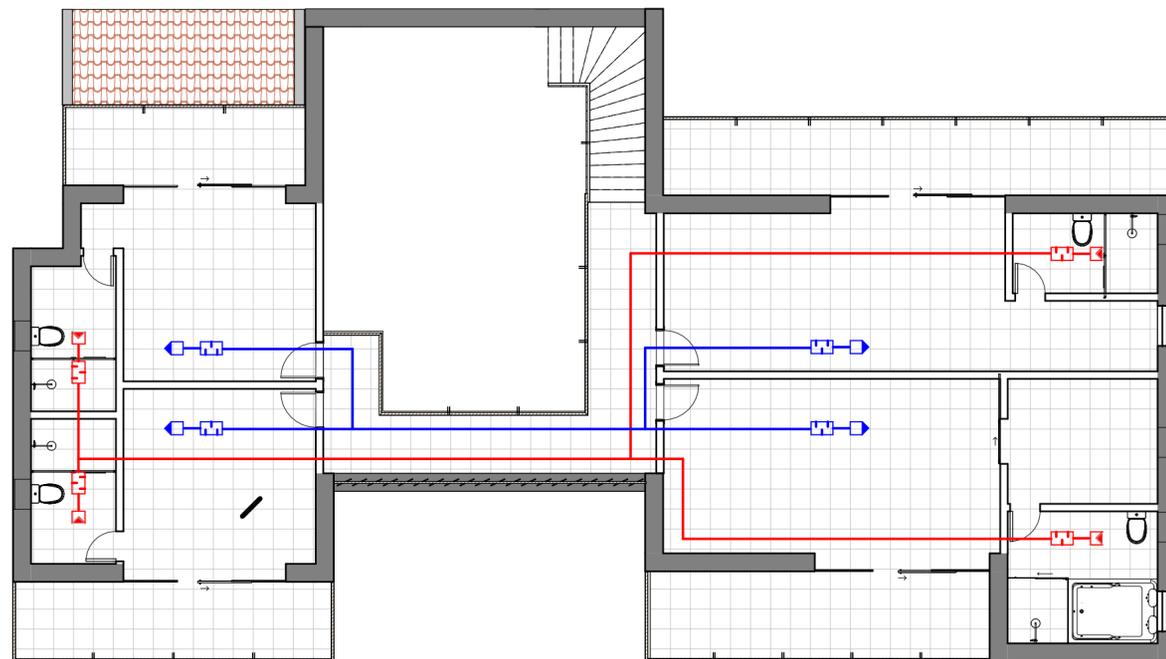
 UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO		CURSO:		ARQUITETURA E URBANISMO
		DISCIPLINA:		TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II
ORIENTADORA:	IVANIZE SILVA	DISCENTES:	ROBERTO RIVELINO RIBEIRO CARLOS FILHO	FOLHA:
		MATRÍCULA:	20190037830	5/6
TEMA:	ARQUITETURA PASSIVA EM JOÃO PESSOA: ANTEPROJETO DE RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NO CONCEITO PASSIVE HOUSE			DATA:
CONTEÚDO:				28/04/2025
				ESCALA:
				1:100



LEGENDA

- DUTOS DE INSUFLAÇÃO
- DUTOS DE EXAUSTÃO
- SILENCIADORES
- SILENCIADORES
- ▶ INSUFLADORES
- ▶ EXAUSTORES

13 SISTEMA MVHR TÉRREO
1 : 100

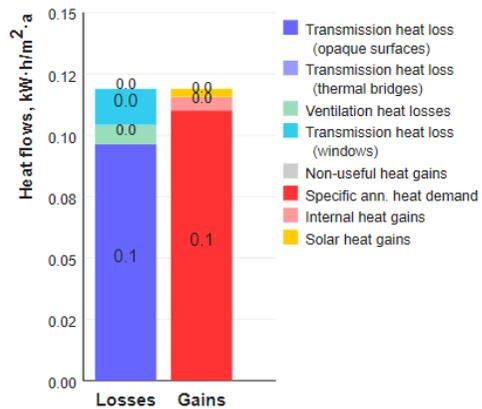


14 SISTEMA MVHR PAV. SUPERIOR
1 : 100



		UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA	
		DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO	
CURSO:	ARQUITETURA E URBANISMO		
DISCIPLINA:	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II		
ORIENTADORA:	IVANIZE SILVA	DISCENTES:	ROBERTO RIVELINO RIBEIRO CARLOS FILHO
		MATRÍCULA:	20190037830
TEMA:	ARQUITETURA PASSIVA EM JOÃO PESSOA: ANTEPROJETO DE RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NO CONCEITO PASSIVE HOUSE		FOLHA: 6/6
CONTEÚDO:	SISTEMA MVHR TÉRREO E SUPERIOR	DATA: 28/04/2025	ESCALA: 1:100

▼ Heat balance



▼ Project overview

TEMPORARY LICENCE (expires in 348 days)

Climate	BR1001b - Brasilia	change
Building type	Dwelling	change
Annual heat demand (Q_h)	0.1 kW·h/m²·a	details
Treated Floor Area (TFA)	285 m² (Direct entry)	details
Thermal envelope area	900 m²	details
Heat Loss Form Factor	3.16	
Projected building footprint	-- m²	
Number of windows	22	details
Number of thermal surfaces	50	details
Number of thermal bridges	None defined	details

Thermal envelope checks

The thermal envelope appears to be incomplete!

This may be caused by incorrectly assigned non-thermal surfaces, reversed faces, a hole, glued components, or unintersected faces in the envelope!

Projection along Blue axis:	86.7% variance
Projection along Red axis:	0.1% variance
Projection along Green axis:	0.0% variance

Render mode

Render by Area Group

▼ Transmission heat loss (opaque surfaces)

Area group	Total area (m ²)	Area weighted U-value (W/m ² ·K)	Temp. factor, f_t	Ann. htg. degree hours (kK·h/a)	Transmission heat losses, $Q_{t,o}$ (kW·h/a)	$Q_{t,o}/TFA$ (kW·h/m ² ·a)
7 - External Door	5.14	0.80	1.00	0.10	0.41	0.00
8 - External Wall - Ambient	445.22	0.31	1.00	0.10	13.80	0.05
9 - External Wall - Ground	0.00			0.10		
10 - Roof/Ceiling - Ambient	207.38	0.41	1.00	0.10	8.50	0.03
11 - Floor slab / Basement ceiling	197.73	0.40	0.60	0.10	4.75	0.02
12 -	0.00			0.10		
13 -	0.00			0.10		
14 - Temperature zone X	0.00			0.10		
18 - Partition Wall to Neighbour	0.00			0.10		
	855.47				27.46	0.10

▼ Transmission heat loss (windows)

Area group	Total area (m ²)	Area weighted U-value (W/m ² ·K)	Temp. factor, f_t	Ann. htg. degree hours (kK·h/a)	Transmission heat losses, $Q_{t,w}$ (kW·h/a)	$Q_{t,w}/TFA$ (kW·h/m ² ·a)
2 - North Windows	12.86	0.91	1.00	0.10	1.17	0.00
3 - East Windows	2.60	1.19	1.00	0.10	0.31	0.00
4 - South Windows	27.68	0.92	1.00	0.10	2.55	0.01
5 - West Windows	1.50	1.23	1.00	0.10	0.18	0.00
6 - Horizontal Windows	0.00			0.10		
	44.65				4.21	0.01

▼ Transmission heat loss (thermal bridges)

Area group	(m)	(W/m·K)	f_t	(kK·h/a)	(kW·h/a)	(kW·h/m ² ·a)
15 - Thermal Bridges Ambient	0.00			0.10		
16 - Perimeter Thermal Bridges	0.00			0.10		
17 - Thermal Bridges Floor Slab / Basement Ceiling	0.00			0.10		
	0.00				0.00	0.00

▼ Ventilation heat losses

	Energy effective air change rate (1/hr)	Ventilation volume, V_v (m ³)	Heat capacity of air (W·h/(m ³ ·K))	Ann. htg. degree hours (kK·h/a)	Ventilation heat losses, Q_v (kW·h/a)	Q_v /TFA (kW·h/m ² ·a)
Ventilation system	0.05	712.25	0.33	0.10	1.13	0.00
Infiltration	0.05	712.25	0.33	0.10	1.09	0.00
	0.0944				2.22	0.01

▼ Solar heat gains

Area group	Win. area (m ²)	Glazing area (m ²)	g-value	Reduction factor	Radiation, G_s (kW·h/m ² ·a)	Solar heat gains, Q_s (kW·h/a)	Q_s /TFA (kW·h/m ² ·a)
2 - North Windows	12.86	10.12	0.50	0.31	0.10	0.20	0.00
3 - East Windows	2.60	1.06	0.50	0.31	0.10	0.04	0.00
4 - South Windows	27.68	21.53	0.50	0.50	0.10	0.69	0.00
5 - West Windows	1.50	0.52	0.50	0.22	0.10	0.02	0.00
6 - Horizontal Windows	0.00	0.00				0.00	0.00
	44.65	33.22				0.95	0.00

▼ Internal heat gains

Treated Floor Area (m ²)	Internal heat gain rate (W/m ²)	Heating period (d/yr)	Heating period (kh/yr)	Internal heat gains (kW·h/a)	Q_i /TFA (kW·h/m ² ·a)
284.90	2.28	0.10	0.00	1.56	0.01

▼ **Treated Floor Area**

284.90 m² Total from direct user entry

Use direct entry TFA?	Direct entry TFA total (m ²)
<input checked="" type="checkbox"/>	284.90

▼ **Opaque surfaces**

Assigned to group **-All-**

expand columns >> freeze auto names

Select	Area ID	Building element desc.	Assigned to group	Orientation	Qty. windows	Window areas (m ²)	Net area (m ²)	Total area (m ²)	Assem. desc.	U-value (W/m ² ·K)	Transmission heat losses (kW·h/a)
+	1	_001_H	11 - Floor slab / Basement ceiling	H	0	0.00	151.46	151.46	85ud - PH Floor	0.40	3.64
+	2	External Door_002_N	7 - External Door	N	0	0.00	1.47	1.47	89ud - PH External Door	0.80	0.12
+	3	External Door_003_S	7 - External Door	S	0	0.00	1.47	1.47	89ud - PH External Door	0.80	0.12
+	4	External Door_004_W	7 - External Door	W	0	0.00	2.20	2.20	89ud - PH External Door	0.80	0.18
+	5	Wall_005_E	8 - External Wall - Ambient	E	0	0.00	10.95	10.95	83ud - PH External wall	0.31	0.34
+	6	Wall_006_N	8 - External Wall - Ambient	N	1	0.26	10.87	11.13	83ud - PH External wall	0.31	0.34
+	7	Wall_007_E	8 - External Wall - Ambient	E	0	0.00	4.50	4.50	83ud - PH External wall	0.31	0.14
+	8	Wall_008_S	8 - External Wall - Ambient	S	0	0.00	12.60	12.60	83ud - PH External wall	0.31	0.39
+	9	Wall_009_E	8 - External Wall - Ambient	E	0	0.00	8.70	8.70	83ud - PH External wall	0.31	0.27
+	10	Wall_010_N	8 - External Wall - Ambient	N	0	0.00	29.58	29.58	83ud - PH External wall	0.31	0.92

↓ [show more...](#) (40 rows hidden) ↓

					22	44.65	855.47	900.11			27.46
--	--	--	--	--	----	-------	--------	--------	--	--	--------------

▼ Windows

Assigned to group

Select	Win ID	Window name	Assigned to group	cill_height (m)	Width (m)	Height (m)	Installed in	Glazing type	Frame type	Window area (S/O) (m ²)	g-value	U-value installed (W/m ² ·K)	Transmission heat losses (kW·h/a)	Solar heat gains (kW·h/a)
+	1	Win_001_S	4 - South Windows	0.10	2.00	2.10	Wall_014_S	01ud - PH Glazing	01ud - PH-FRAMES: average thermal quality	4.20	0.50	0.91	0.38	0.11
+	2	Win_002_S	4 - South Windows	0.10	2.10	2.00	Wall_030_S	01ud - PH Glazing	01ud - PH-FRAMES: average thermal quality	4.20	0.50	0.91	0.38	0.11
+	3	Win_003_N	2 - North Windows	0.10	2.00	2.10	Wall_021_N	01ud - PH Glazing	01ud - PH-FRAMES: average thermal quality	4.20	0.50	0.91	0.38	0.13
+	4	Win_004_S	4 - South Windows	1.20	2.00	1.00	Wall_016_S	01ud - PH Glazing	01ud - PH-FRAMES: average thermal quality	2.00	0.50	0.98	0.20	0.05
+	5	Win_005_S	4 - South Windows	1.20	1.50	1.00	Wall_018_S	01ud - PH Glazing	01ud - PH-FRAMES: average thermal quality	1.51	0.50	1.00	0.15	0.04
+	6	Win_006_E	3 - East Windows	1.70	0.65	0.40	Wall_011_E	01ud - PH Glazing	01ud - PH-FRAMES: average thermal quality	0.26	0.50	1.26	0.03	0.00
+	7	Win_007_E	3 - East Windows	1.70	0.65	0.40	Wall_011_E	01ud - PH Glazing	01ud - PH-FRAMES: average thermal quality	0.26	0.50	1.26	0.03	0.00
+	8	Win_008_N	2 - North Windows	1.80	0.65	0.40	Wall_006_N	01ud - PH Glazing	01ud - PH-FRAMES: average thermal quality	0.26	0.50	1.26	0.03	0.00
+	9	Win_009_W	5 - West Windows	1.90	0.65	0.40	Wall_019_W	01ud - PH Glazing	01ud - PH-FRAMES: average thermal quality	0.26	0.50	1.26	0.03	0.00
+	10	Win_010_W	5 - West Windows	1.90	1.80	0.40	Wall_019_W	01ud - PH Glazing	01ud - PH-FRAMES: average thermal quality	0.72	0.50	1.19	0.09	0.01

↓ [show more...](#) (12 rows hidden) ↓

44.65

4.21

0.95

Selective export options

▼ Export options

Select PHPP version:

▼ Standard export

 **Tables to be exported to PHPP:** (PHPP10)
ALL

Use this option when making the first export of your model to a blank PHPP. Default values will be exported to the Ventilation sheet and others to give a more complete result in PHPP.

▼ Geometry + components

 **Tables to be exported to PHPP:** (PHPP10)
Treated Floor Area, Opaque surfaces, Thermal bridges, Windows, Shading, Assemblies (user-calculated), Glazing (user-defined), Frames (user-defined), Assemblies (user-defined), Projected building footprint

Use this option when you want to export updated geometry to PHPP, but don't want to overwrite changes you have made to the Ventilation sheet in PHPP.

▼ Geometry only

 **Tables to be exported to PHPP:** (PHPP10)

Passive House-Verification

10.6 EN



Building: PASSIVE HOUSE JOÃO PESSOA
Street: Rua Poeta Luiz Raimundo Batista de Carvalho
Postcode/City: 58037-530 João Pessoa
Province/Country: Paraíba BR-Brazil
Building type: 1-Freestanding single family house
Climate data set: João Pessoa
Climate zone: 7: Very hot **Altitude of location:** 40 m

Home owner / Client:
Street: Rua Poeta Luiz Raimundo Batista de Carvalho
Postcode/City: 58037-530 João Pessoa
Province/Country: Paraíba BR-Brazil

Architecture: ROBERTO RIBEIRO
Street: Valdemar Chianca, 150
Postcode/City: 58037-255 João Pessoa
Province/Country: Paraíba BR-Brazil

Mechanical engineer:
Street:
Postcode/City: João Pessoa
Province/Country: Paraíba BR-Brazil

Energy consultancy:
Street:
Postcode/City: João Pessoa
Province/Country: Paraíba BR-Brazil

Certification: Passive House Institute
Street: Rheinstr. 44/46
Postcode/City: 64283 Darmstadt
Province/Country: Hesse DE-Germany

Year of construction: Interior temperature winter [°C]: Interior temp. summer [°C]:
 No. of dwelling units: Internal heat gains (IHG) winter [W/m²]: IHG summer [W/m²]:
 No. of occupants: Specific heat capacity [Wh/K per m² TFA]: Mechanical cooling:

Specific building characteristics with reference to the treated floor area

				Alternative criteria		Fullfilled?
		Criteria		Criteria	criteria	
Space heating	Treated floor area m²	284,9				
	Heating demand kWh/(m²a)	0	≤	15	-	Yes
	Heating load W/m²	0	≤	-	-	
Space cooling	Cooling & dehum. Demand kWh/(m²a)	38	≤	-	-	-
	Frequency of overheating (> 26 °C) %	10	≤	10		Yes
	Sensible cooling demand kWh/(m²a)	15	≤	15		Yes
	Latent cooling demand kWh/(m²a)	23	≤	50		Yes
Airtightness	Pressurisation test result n ₅₀ 1/h	0,6	≤	0,6		Yes
Non-renewable Primary Energy (PE)	PE demand kWh/(m²a)	87	≤	120		Yes
Primary Energy Renewable (PER)	PER demand kWh/(m²a)	11	≤	45	30	Yes
	Renew. energy generation (in rel. to projected building footprint) kWh/(m²a)	58	≥	60	7	

² Empty field: data missing; '-': No requirement

I confirm that the values given here have been determined following the PHPP methodology and based on the characteristic values of the building. The PHPP calculations are attached to this verification.

Passive House Plus?

Task: First name: Surname:
 Certificate-ID: Issued on: City:

Signature: _____

PASSIVE HOUSE JOÃO PESSOA / Climate: João Pessoa / TFA: 285 m² / Cooling: 37,6 kWh/(m²a) / PER: 11 kWh/(m²a)

Main examination		Final examination		Tasks		Info		Input area									
Designer	Certifier	Designer	Certifier	Recommended approach	Other components (partly subject to surcharge!)	Work area	Criteria		Other								
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Project settings													
				Enter the most important project settings here Project: Enter name and address details in the 'Verification' worksheet All other project participants should also be entered with their name and address on the 'Verification' worksheet.				New build / Retrofit <input type="text" value="1-New building"/>									
								Intended energy standard <input type="text" value="10-Passive House"/>									
								Class Primary energy method <input type="text" value="20-Plus PER (renewable)"/>									
								Primary energy demand criterion <input type="text" value="1-Standard"/>									
								Number of dwelling units <input type="text" value="1"/>									
								Construction method <input type="text" value="3-Solid construction"/>									
								Year of construction <input type="text"/>									
				Secondary calculation: Use the nearest climate data sets in the right-hand part of the worksheet.				Building location <table border="1"> <tr> <td>Latitude</td> <td>Longitude</td> <td>Altitude [m]</td> </tr> <tr> <td>-7,12</td> <td>-34,86</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Country</td> <td>Region</td> <td>Climate data set</td> </tr> </table>	Latitude	Longitude	Altitude [m]	-7,12	-34,86	40	Country	Region	Climate data set
Latitude	Longitude	Altitude [m]															
-7,12	-34,86	40															
Country	Region	Climate data set															
				Secondary calculation: user-defined data				Climate data set <input type="text" value="ud-User-defined data"/> All <input type="text" value="ud--00-João Pessoa"/>									
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	U-values / Insulation thermal envelope													

Ventilation unit and ducts

In the 'Components' worksheet - Certified ventilation units: Copy product parameters from the list from row 113 into the

Select unit

Enter ducts between device and building envelope.

$T_{room} > T_{outdoor}$ $T_{room} < T_{outdoor}$

Heat recovery efficiency Unit η HR	Energy recovery efficiency	Cool recovery rate Unit \square HR	Energy recovery efficiency	Specific power input [Wh/m ³]
0,80	0,65	0,62	0,66	0,42

Select unit: 98ud-Combined ventilation unit selected in 'HP'/Cooling units' work
 Select location of unit: 3-Outside thermal envelope: OUTDOOR AIR

	Length [m]	Nominal width [mm]	Insulation thickness [mm]	Aluminium laminated?	conductivity [W/(mK)]
Supply or outdoor air duct	1,1	100	150	x	0,040
Extract or exhaust air duct	1,5	125	100	x	1,040

Kitchen hoods

Selection for extract air hood and extract air flap

Type	Efficient hood?	Extract air opening for pressurisation test sealed?	Air-tight exhaust air flap?
3-Exhaust air	x		

Air change rate (heating/cooling period)

Air change rate (heating period/winter)

Values from the secondary calculation
 This secondary calculation can be used for the commissioning report of the ventilation unit (e.g. print a PDF and have it signed by the commissioning engineer)

Enter air flow rate

Total air flow rate:	Design:		Commissioning		Supply air per person	ACH
	ODA/EHA	ACH [1/h]	ODA/EHA	ACH [1/h]		
Maximum level (party)	100%	152	0,2		Project Min. requirement Fulfilled?	0,2 0,3 No
Standard levels	77%	117	0,2	0,0		
Minimal level	40%	61	0,1			
Application range [m ³ /h]		129 - 200				

Air change rate (cooling period/summer)

Enter summer ventilation

Basic ventilation
 - Mechanical ventilation same as in heating period: m³/h
 Alternatively, increased volume flow in cooling period/summer: m³/h
 Heat or humidity recovery (select one field)
 none
 Automatic bypass
 always
 - 1 window fully open for 1 hour in each room in the morning, if this makes sense to prevent overheating

Optional window night ventilation (if possible)

Window night ventilation to avoid overheating (confirm operation with users)

Night window ventilation possible?	1-Yes	Open windows at night as described below (additionally, if meaningful, open 1 window in each room full the morning).
all-round?	1-Yes	At least one in each room.
Tilted window on ground floor possible?	1-Yes	Tilt windows on the ground floor.
Across storeys?	1-Yes	Leave windows and room doors open on at least 2 floors.
Fully open windows possible on upper floors?	1-Yes	Open windows fully on at least one floor, only tilt the remaining open windows.

Airtightness

Calculate and enter net air volume for pressurisation test (Secondary calculation from row 33 onwards)

Pressurisation test: Enter result or preliminary assumption

Auxiliary calculation: calculate n_{50} with the correct V_{n50} value

Net air volume for pressurisation test (V_{n50})	857	m ³
Air change rate at pressurisation test (n_{50})	0,60	1/h

Cooling units

Select applicable option

Simplified efficiency verification with data input in 'easyPH' worksheet.	Detailed proof of efficiency of the HP from 'Components' worksheet.
---	---

Combined ventilation/split units on 'Components' worksheet 

according to EN 14825 or similar in 'Components' worksheet 

Mechanical cooling available?

Simplified efficiency verification

Cooling unit type 1-Air to air HP (Split unit)
 Inverter HP?
 Cooling type 1-Supply air cooling

Buffer storage available?

Manufacturer
 Product name

Nominal power 2,64 kW

Efficiency value entered:	SEER	SEER(2)
	[kWh/kWh]	[kBtu/kWh]

Norm	EN 14 825	ANSI/AHRI 210/240
------	-----------	-------------------

Efficiency characteristic value	5,5	18,77
---------------------------------	-----	-------

x ALTERNATIVELY: Detailed proof of efficiency

Data from 'Components' worksheet

Selection list of units	Unit	Number of units
Supply air cooling (if necessary with circulating air)		
1-Combined ventilation/split units	1441ch03-Aernova - ETHOS 007 RS	6
Recirculation cooling		
1-Combined ventilation/split units		
Surface cooling		

Additional dehumidification

Reheat to room (check if appropriate)
 Seasonal performance factor 5,5

U-values of building assemblies

Passive House with easyPH beta V.2 based on PHPP Version 10.6 E

PASSIVE HOUSE JOÃO PESSOA / Climate: João Pessoa / TFA: 285 m² / Cooling: 37,6 kWh/(m²a) / PER: 11 kWh/(m²a)

Show special cases and secondary calculations on the right

Description of building assembly						Assembly no.	
External wall						01ud	
Orientation of building assembly (or R _{si})			2-Wall		Interior insulation?		
Adjacent to (or R _{se})			1-Outdoor air		U-value supplement [W/(m²K)]		
Area section 1	I [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	I [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	I [W/(mK)]	Thickness [mm]	
Reboco interno	1,150					20	
Tijolo térmico Weber	0,220					240	
EPS	0,040					80	
Reboco externo	1,150					20	
Percentage of sec. 1:	100%	Percentage of sec. 2:		Percentage of sec. 3:			
Heat transmission resistance coefficients						Total thickness [cm]:	
Interior R _{si} :						36,0	
Exterior R _{se} :						U-value [W/(m²K)]:	
0,13 m²K/W						0,303	
0,04 m²K/W							

Description of building assembly						Assembly no.	
Roof						02ud	
Orientation of building assembly (or R _{si})			1-Roof		Interior insulation?		
Adjacent to (or R _{se})			1-Outdoor air		U-value supplement [W/(m²K)]		
Area section 1	I [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	I [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	I [W/(mK)]	Thickness [mm]	
Reboco interno	1,150					20	
Laje pré-moldada	1,000					190	
EPS	0,040					80	
Reboco externo	1,150					20	
Telha canal cerâmica	0,720					18	
Percentage of sec. 1:	100%	Percentage of sec. 2:		Percentage of sec. 3:			
Heat transmission resistance coefficients						Total thickness [cm]:	
Interior R _{si} :						32,8	
Exterior R _{se} :						U-value [W/(m²K)]:	
0,17 m²K/W						0,407	
0,04 m²K/W							

Description of building assembly	Assembly no.
Thermal bridges	05ud

Orientation of building assembly (or R _{si})	2-Wall	Interior insulation?	
Adjacent to (or R _{se})	1-Outdoor air	U-value supplement [W/(m²K)]	
Area section 1	I [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	I [W/(mK)] Area section 3 (optional)
Reboco interno	1,150		
EPS	0,040		
Reboco externo	1,150		
Pilar/Vigas de concreto	1,750		
Percentage of sec. 1:	100%	Percentage of sec. 2:	
		Percentage of sec. 3:	

Heat transmission resistance coefficients

Interior R _{si} :	0,13	m²K/W
Exterior R _{se} :	0,04	m²K/W

Total thickness [cm]: **36,0**

U-value [W/(m²K)]: **0,427**

Areas determination

PASSIVE HOUSE JOÃO PESSOA / Climate: João Pessoa / TFA: 285 m² / Cooling: 37,6 kWh/(m²a) / PER: 11 kWh/(m²a)

Summary				Average U-value [W/(m ² K)]	Radiation gains	
Temp.-	Thermal envelope	Area group	Group		Heating period 2 months	Radiation load Cooling 12 months
	284,92	Treated floor area	1			
A	8,66	North windows	2	0,772	183	2471
A	2,34	East windows	3	0,841	37	285
A	9,91	South windows	4	0,775	333	2026
A	0,78	West windows	5	0,854	5	40
A	0,00	Horizontal windows	6			
A	5,14	Exterior door	7	0,303	12	80
A	468,17	External wall - ambient	8	0,303		
B	0,00	External wall ground/ba	9			
A	207,38	Roof / ceiling - ambient	10	0,371		
B	197,73	Floor slab / basement ca	11	0,094		
	0,00		12			
	0,00		13			
	0,00		14			
Thermal bridges, length [m]				Y [W/(mK)]		
A	123,85	Thermal bridges ambier	15	-0,007		
P	0,00	Perimeter thermal bridg	16			
B	11,35	Thermal bridges FS/BC	17	0,061		
Building element towards neighbour, [m ²]				[W/(m ² K)]		
I	0,00	Building element toward	18			
Total thermal envelope [m ²]				[W/(m ² K)]		
	900,11	Average U-value of thermal envelope:		0,284		

Area input													Building assembly selection				
Area no.	Building assembly description	Assigned to group	Quantity	x (a [m]	x	b [m]	+	User-defined calculation [m²]	-	User-defined subtraction [m²]	-	Subtraction window areas [m²]) =	Area [m²]	Selection building assembly / Building system	U-value [W/(m²K)]
	Projected building footprint	0-Projected building footprint:	1	x (x		+	0,00	-)	=	0,0		1-Sortierung: WIE LISTE	
	Treated floor area	1-Treated floor area	1	x (x		+	284,92	-)	=	284,9			
	Exterior door	7-Exterior door		x (		x		+		-		)	=		Exterior door	
1	_001_H	11-Floor slab / Basement ceiling	1	x (		x		+	151,46	-		)	=	151,5	03ud-Basement ceiling	
2	External Door_002_N	7-External Door	1	x (	2,10	x	0,70	+		-		)	=	1,5	01ud-External wall	0,303
3	External Door_003_S	7-External Door	1	x (	2,10	x	0,70	+		-		)	=	1,5	01ud-External wall	0,303
4	External Door_004_W	7-External Door	1	x (	2,20	x	1,00	+		-		)	=	2,2	01ud-External wall	0,303
5	Wall_005_E	8-External Wall - Ambient	1	x (	3,65	x	3,00	+		-		)	=	11,0	01ud-External wall	0,303
6	Wall_006_N	8-External Wall - Ambient	1	x (		x		+	11,13	-		)	=	10,9	01ud-External wall	0,303
7	Wall_007_E	8-External Wall - Ambient	1	x (	3,00	x	1,50	+		-		)	=	4,5	01ud-External wall	0,303
8	Wall_008_S	8-External Wall - Ambient	1	x (	4,20	x	3,00	+		-		)	=	12,6	01ud-External wall	0,303
9	Wall_009_E	8-External Wall - Ambient	1	x (	3,00	x	2,90	+		-		)	=	8,7	01ud-External wall	0,303
10	Wall_010_N	8-External Wall - Ambient	1	x (	9,86	x	3,00	+		-		)	=	29,6	01ud-External wall	0,303
11	Wall_011_E	8-External Wall - Ambient	1	x (	4,45	x	3,00	+		-		)	=	13,1	01ud-External wall	0,303
12	Wall_012_W	8-External Wall - Ambient	1	x (	3,00	x	1,10	+		-		)	=	3,3	01ud-External wall	0,303
13	Wall_013_S	8-External Wall - Ambient	1	x (	3,00	x	1,62	+		-		)	=	4,9	01ud-External wall	0,303
14	Wall_014_S	8-External Wall - Ambient	1	x (	3,84	x	3,00	+		-		)	=	7,3	01ud-External wall	0,303
15	Wall_015_E	8-External Wall - Ambient	1	x (	3,00	x	1,10	+		-		)	=	3,3	01ud-External wall	0,303
16	Wall_016_S	8-External Wall - Ambient	1	x (	4,40	x	3,00	+		-		)	=	13,2	01ud-External wall	0,303
17	Wall_017_E	8-External Wall - Ambient	1	x (	3,00	x	2,89	+		-		)	=	8,7	01ud-External wall	0,303
18	Wall_018_S	8-External Wall - Ambient	1	x (		x		+	13,26	-		)	=	11,8	01ud-External wall	0,303
19	Wall_019_W	8-External Wall - Ambient	1	x (		x		+	20,36	-		)	=	20,1	01ud-External wall	0,303
20	Wall_020_N	8-External Wall - Ambient	1	x (	4,91	x	3,00	+		-		)	=	14,7	01ud-External wall	0,303
21	Wall_021_N	8-External Wall - Ambient	1	x (	7,14	x	4,80	+		-		)	=	34,3	01ud-External wall	0,303
22	Wall_022_W	8-External Wall - Ambient	1	x (		x		+	24,67	-		)	=	24,7	01ud-External wall	0,303
23	Roof_023_H	10-Roof/Ceiling - Ambient	1	x (	4,20	x	0,91	+		-		)	=	3,8	02ud-Roof	0,407
24	Roof_024_D	10-Roof/Ceiling - Ambient	1	x (	2,23	x	0,02	+		-		)	=	0,0	02ud-Roof	0,407
25	Roof_025_H	10-Roof/Ceiling - Ambient	1	x (	4,40	x	1,08	+		-		)	=	4,8	02ud-Roof	0,407
26	Roof_026_D	10-Roof/Ceiling - Ambient	1	x (		x		+	0,02	-		)	=	0,0	02ud-Roof	0,407
27	Floor_027_D	11-Floor slab / Basement ceiling	1	x (		x		+	33,86	-		)	=	33,9	03ud-Basement ceiling	0,401
28	Floor_028_D	11-Floor slab / Basement ceiling	1	x (		x		+	12,40	-		)	=	12,4	03ud-Basement ceiling	0,401
29	Wall_029_W	8-External Wall - Ambient	1	x (		x		+	14,83	-		)	=	14,8	01ud-External wall	0,303
30	Wall_030_S	8-External Wall - Ambient	1	x (	7,60	x	7,14	+		-		)	=	54,3	01ud-External wall	0,303
31	Wall_031_S	8-External Wall - Ambient	1	x (	3,25	x	2,51	+		-		)	=	8,2	01ud-External wall	0,303
32	Wall_032_W	8-External Wall - Ambient	1	x (		x		+	3,01	-		)	=	3,0	01ud-External wall	0,303
33	Wall_033_S	8-External Wall - Ambient	1	x (	6,63	x	3,00	+		-		)	=	19,9	01ud-External wall	0,303
34	Wall_034_S	8-External Wall - Ambient	1	x (	5,84	x	3,00	+		-		)	=	13,3	01ud-External wall	0,303
35	Wall_035_N	8-External Wall - Ambient	1	x (	5,84	x	3,00	+		-		)	=	13,3	01ud-External wall	0,303
36	Wall_036_E	8-External Wall - Ambient	1	x (		x		+	11,24	-		)	=	11,2	01ud-External wall	0,303
37	Wall_037_N	8-External Wall - Ambient	1	x (	9,88	x	3,13	+		-		)	=	26,7	01ud-External wall	0,303
38	Wall_038_E	8-External Wall - Ambient	1	x (		x		+	9,91	-		)	=	9,9	01ud-External wall	0,303
39	Wall_039_W	8-External Wall - Ambient	1	x (		x		+	30,49	-		)	=	30,0	01ud-External wall	0,303
40	Wall_040_E	8-External Wall - Ambient	1	x (		x		+	28,25	-		)	=	26,2	01ud-External wall	0,303
41	Wall_041_W	8-External Wall - Ambient	1	x (		x		+	0,00	-		)	=	0,0	01ud-External wall	0,303

42	Roof_042_H	10-Roof/Ceiling - Ambient	1	x (	10,01	x	7,14	+		-		) -	0,0	=	71,5	01ud-External wall	0,303
43	Roof_043_H	10-Roof/Ceiling - Ambient	1	x (	4,35	x	3,25	+		-		) -	0,0	=	14,1	02ud-Roof	0,407
44	Wall_044_W	8-External Wall - Ambient	1	x (		x		+	0,04	-		) -	0,0	=	0,0	01ud-External wall	0,303
45	Roof_045_H	10-Roof/Ceiling - Ambient	1	x (	5,84	x	4,40	+		-		) -	0,0	=	25,7	02ud-Roof	0,407
46	Roof_046_H	10-Roof/Ceiling - Ambient	1	x (	5,84	x	4,40	+		-		) -	0,0	=	25,7	02ud-Roof	0,407
47	Roof_047_H	10-Roof/Ceiling - Ambient	1	x (	6,63	x	3,16	+		-		) -	0,0	=	20,9	02ud-Roof	0,407
48	Roof_048_H	10-Roof/Ceiling - Ambient	1	x (	9,88	x	4,14	+		-		) -	0,0	=	40,9	02ud-Roof	0,407
49	Wall_049_E	8-External Wall - Ambient	1	x (		x		+	0,43	-		) -	0,0	=	0,4	01ud-External wall	0,303
50	Wall_050_W	8-External Wall - Ambient	1	x (		x		+	0,51	-		) -	0,0	=	0,5	01ud-External wall	0,303

Aend

[zur Wärmebrückenliste](#)

[Sortierung ändern](#)

Thermal bridge input														
No.	Thermal bridge - description	Group No.	Quantity	x (	Length [m]	-	Subtraction length [m]	)=	Length ℓ [m]	User-defined psi value [W/(mK)]	User defined $f_{Rsi}=0,25$ (optional)	or	Selection building system	Ψ -value [W/(mK)]
	Interior drain pipes pipes	15-Thermal Bridges Ambient	1	x	6,00			=	6,00	0,147				0,147
1	Ext. wall-basement	15-Thermal Bridges Ambient	1	x (	24,85	-		)=	24,85	-0,039	0,950	or	1160cs02-Izodom 2000 Polska z.	-0,039
2	Int. wall-basement	17-Thermal Bridges FS/BC	1	x (	11,35	-		)=	11,35	0,061	0,950	or	1160cs02-Izodom 2000 Polska z.	0,061
3	Partition walls	15-Thermal Bridges Ambient	1	x (	17,36	-		)=	17,36	0,000	0,950	or	1160cs02-Izodom 2000 Polska z.	0,000
4	Interior ceilings	15-Thermal Bridges Ambient	1	x (	20,25	-		)=	20,25	0,002	0,950	or	1160cs02-Izodom 2000 Polska z.	0,002
5	Partition wall-roof	15-Thermal Bridges Ambient	1	x (	11,77	-		)=	11,77	0,005	0,950	or	1160cs02-Izodom 2000 Polska z.	0,005
6	Ext. wall-roof	15-Thermal Bridges Ambient	1	x (	25,27	-		)=	25,27	-0,061	0,950	or	1160cs02-Izodom 2000 Polska z.	-0,061
7	Ext. wall edge	15-Thermal Bridges Ambient	1	x (	17,36	-		)=	17,36	-0,062	0,950	or	1160cs02-Izodom 2000 Polska z.	-0,062

Windows and entrance doors

PASSIVE HOUSE JOÃO PESSOA / Climate: João Pessoa / TFA: 285 m² / Cooling: 37,6 kWh/(m²a) / PER: 11 kWh/(m²a)

Window orientation	Global radiation (main direction) kWh/(m²a)	Shading	Dirt	Non-perpendicular radiation incidence	Glazing fraction	g-value	Solar irradiation reduction factor	Window area m²	Window U _w installed W/(m²K)	Glazing area m²	Average global radiation kWh/(m²a)
Standard values →		0,75	0,95	0,85							
North	0	0,75	0,95	0,85	0,71	0,50	0,43	8,7	0,77	6,12	0
East	0	0,75	0,95	0,85	0,26	0,50	0,16	2,3	0,84	0,61	0
South	0	0,75	0,95	0,85	0,70	0,50	0,42	9,9	0,78	6,91	0
West	0	0,75	0,95	0,85	0,11	0,50	0,07	0,8	0,85	0,09	0
Horizontal	0	1,00	0,95	0,85	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0
Total or average value for all windows.						0,50	0,38	21,69	0,78	13,73	0

	Transmission losses heating period kWh/a	Heating gains solar radiation heating period kWh/a
North	11	183
East	3	37
South	12	333
West	1	5
Horizontal	0	0
Total	27	558

Frame absorptivity	0,25
Frame emissivity	0,90

Heating degree hours [kKh/a]: 2

Qua	Pos. no.	Description	Deviation °	Angle of °	Orientation	Dimensions windows, doors etc.		Installed in	Glazing/panel	Frame	Opening casement: length of outer frame					Fixed glazing: length of outer frame								
						Width m	Height m				Selection from 'Areas'	Auswahlliste im Blatt	Auswahlliste im Blatt	Left	Right	Top	Bottom	Threshol	Left fixed	Right	Top fixed	Bottom		
1	001	Win_001_S	180	90	South	2,00	2,10	14-Wall_014_S	01ud-PH Glazing	01ud-PH-FRAMES: average	2,10	2,10	2,00	2,00										
1	002	Win_002_S	180	90	South	2,10	2,00	30-Wall_030_S	01ud-PH Glazing	01ud-PH-FRAMES: average	-0,55	2,00	0,98	-0,14	1,12	2,55			1,12	1,12				
1	003	Win_003_N	0	90	North	2,00	2,10	21-Wall_021_N	01ud-PH Glazing	01ud-PH-FRAMES: average	-0,02	2,10	0,86	-0,28	1,14	2,12			1,14	1,14				
1	004	Win_004_S	180	90	South	2,00	1,00	16-Wall_016_S	01ud-PH Glazing	01ud-PH-FRAMES: average	-1,12	1,00	0,90	-0,20	1,10	2,12			1,10	1,10				
1	005	Win_005_S	179,9	90	South	1,50	1,00	18-Wall_018_S	01ud-PH Glazing	01ud-PH-FRAMES: average	1,00	1,00	1,50	1,50										
1	006	Win_006_E	90	90	East	0,65	0,40	11-Wall_011_E	01ud-PH Glazing	01ud-PH-FRAMES: average	0,40	0,40	0,65	0,65										
1	007	Win_007_E	90	90	East	0,65	0,40	11-Wall_011_E	01ud-PH Glazing	01ud-PH-FRAMES: average	0,40	0,40	0,65	-0,26	0,91									
1	008	Win_008_N	0	90	North	0,65	0,40	6-Wall_006_N	01ud-PH Glazing	01ud-PH-FRAMES: average	0,40	0,40	0,65	0,65										
1	009	Win_009_W	270	90	West	0,65	0,40	19-Wall_019_W	01ud-PH Glazing	01ud-PH-FRAMES: average	0,40	0,40	0,65	0,65										
1	010	Win_010_W	270	90	West	1,80	0,40	19-Wall_019_W	01ud-PH Glazing	01ud-PH-FRAMES: average	-1,90	0,40	0,60	-0,60	1,20	2,30			1,20	1,20				
1	011	Win_011_S	180	90	South	2,00	2,10	33-Wall_033_S	01ud-PH Glazing	01ud-PH-FRAMES: average	-0,20	2,10	0,80	-0,40	1,20	2,30			1,20	1,20				
1	012	Win_012_N	0	90	North	2,00	2,10	37-Wall_037_N	01ud-PH Glazing	01ud-PH-FRAMES: average	2,10	2,10	2,00	2,00										
1	013	Win_013_S	180	90	South	2,00	2,10	34-Wall_034_S	01ud-PH Glazing	01ud-PH-FRAMES: average	2,10	2,10	2,00	2,00										
1	014	Win_014_N	0	90	North	2,00	2,10	35-Wall_035_N	01ud-PH Glazing	01ud-PH-FRAMES: average	2,10	2,10	2,00	2,00										
1	015	Win_015_E	90	90	East	0,65	1,00	40-Wall_040_E	01ud-PH Glazing	01ud-PH-FRAMES: average	1,00	1,00	0,65	0,65										
1	016	Win_016_E	90	90	East	0,65	1,00	40-Wall_040_E	01ud-PH Glazing	01ud-PH-FRAMES: average	1,00	1,00	0,65	0,65										
1	017	Win_017_E	90	90	East	0,65	0,40	40-Wall_040_E	01ud-PH Glazing	01ud-PH-FRAMES: average	0,40	0,40	0,65	0,65										
1	018	Win_018_E	90	90	East	0,65	0,40	40-Wall_040_E	01ud-PH Glazing	01ud-PH-FRAMES: average	0,40	0,40	0,65	0,65										
1	019	Win_019_E	90	90	East	0,65	0,40	40-Wall_040_E	01ud-PH Glazing	01ud-PH-FRAMES: average	0,40	0,40	0,65	0,65										
1	020	Win_020_W	270	90	West	0,65	0,40	39-Wall_039_W	01ud-PH Glazing	01ud-PH-FRAMES: average	0,40	0,40	0,65	0,65										
1	021	Win_021_W	270	90	West	0,65	0,40	39-Wall_039_W	01ud-PH Glazing	01ud-PH-FRAMES: average	0,40	0,40	0,65	0,65										

Calculation of reduction factors for shading

PASSIVE HOUSE JOÃO PESSOA / Climate: João Pessoa / TFA: 285 m² / Cooling: 37,6 kWh/(m²a) / PER: 11 kWh/(m²a)

Latitude: °

Orientation	Glazing area [m ²]	Reduction factor winter r _S	Reduction factor cooling r _{S,1}	Reduction factor cooling load r _{S,2}	Solar load [kWh/(m ² Glazinga)]
North	10,12	75%	100%	100%	404
East	1,06	75%	100%	100%	470
South	15,78	75%	100%	100%	293
West	0,52	75%	100%	100%	462
Horizontal	0,00	100%	100%	100%	0

Quantity	Description	Deviation from North	Angle of inclination from the horizontal	Orientation	Glazing width	Glazing height	Glazing area	Horizon		Lateral reveal		Reveal / Overhang		Additional shading reduction factor, winter
								Height of the shading object	Distance of horizon	Window reveal depth	Distance from glazing edge to reveal	Overhang depth	Distance from upper glazing edge to overhang	
								h _{Hori} [m]	d _{Hori} [m]	o _{Reveal} [m]	d _{Reveal} [m]	o _{over} [m]	d _{over} [m]		r_{other,w} [%]
1	001 Win_001_S	180	90	South	1,78	1,88	3,3							
1	002 Win_002_S	180	90	South	1,88	1,78	3,3	5,80	42,50	0,16	0,135	0,43	0,55	
1	003 Win_003_N	0	90	North	1,78	1,88	3,3	8,30	42,50	0,16	0,098	0,43	0,55	
1	004 Win_004_S	180	90	South	1,78	0,78	1,4	10,80	42,50	0,16	0,135	0,43	0,55	
1	005 Win_005_S	180	90	South	1,28	0,78	1,0							
1	006 Win_006_E	90	90	East	0,43	0,18	0,1							
1	007 Win_007_E	90	90	East	0,43	0,18	0,1	16,00	50,00	0,16	0,135	0,16	0,14	
1	008 Win_008_N	0	90	North	0,43	0,18	0,1							
1	009 Win_009_W	270	90	West	0,43	0,18	0,1							
1	010 Win_010_W	270	90	West	1,58	0,18	0,3	0,20	12,00	0,16	0,150	0,16	0,15	
1	011 Win_011_S	180	90	South	1,78	1,88	3,3	3,00	12,00	0,16	0,150	0,16	0,15	
1	012 Win_012_N	0	90	North	1,78	1,88	3,3							
1	013 Win_013_S	180	90	South	1,78	1,88	3,3							
1	014 Win_014_N	0	90	North	1,78	1,88	3,3							
1	015 Win_015_E	90	90	East	0,43	0,78	0,3							
1	016 Win_016_E	90	90	East	0,43	0,78	0,3							
1	017 Win_017_E	90	90	East	0,43	0,18	0,1							
1	018 Win_018_E	90	90	East	0,43	0,18	0,1							
1	019 Win_019_E	90	90	East	0,43	0,18	0,1							
1	020 Win_020_W	270	90	West	0,43	0,18	0,1							
1	021 Win_021_W	270	90	West	0,43	0,18	0,1							

Photovoltaic systems

Climate data set:	João Pessoa
Building type:	1-Freestanding single family house
Projected building footprint:	0,0 m ²

Name of system

	System 1	System 2	System 3	System 4	System 5	Reference PV syst.	
Location: Selection from 'Areas' worksheet	1-_001_H					4-Roof	
Size of selected area	151,5					2,2	m ²
Deviation from North	90					180	°
Angle of inclination from horizontal	30					45	°
Alternative input: deviation from north	90						°
Alternative input: angle of inclination from horizontal	30						°

Information from the PV module data sheet for standard test conditions (STC)

	4-Mono-Si	1-				4-Mono-Si	
Technology	4-Mono-Si	1-				4-Mono-Si	
Nominal current	I _{MPP0} 10,00					10,00	A
Nominal voltage	U _{MPP0} 34,00					34,00	V
Nominal power	P _n 340	0	0	0	0	340	Wp
Temperature coefficient short-circuit current	a 0,050					0,050	%/K
Temperature coefficient open-circuit voltage	b -0,270					-0,270	%/K
PV module dimensions: height	1,750					1,750	m
PV module dimensions: width	1,050					1,050	m
						1,8	PV module area [m ²]

Further specifications

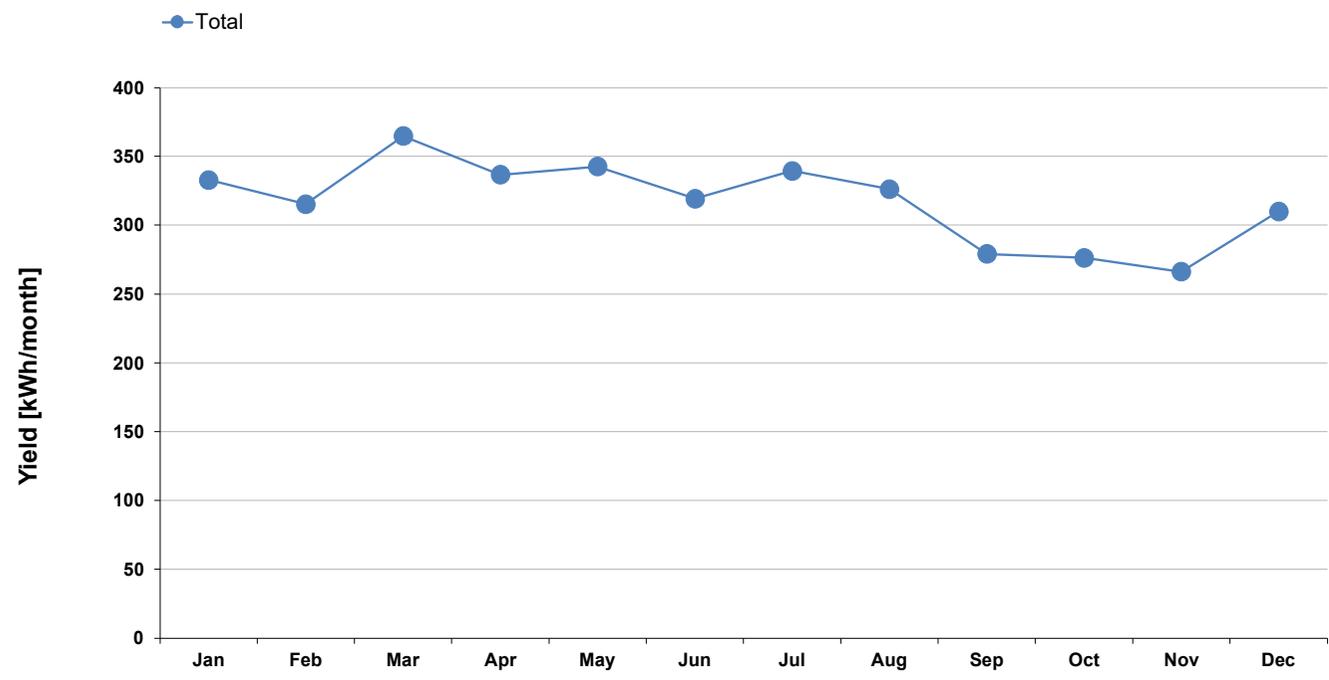
Number of PV modules	n _M 8					2,9	
Height of PV module array	2,0					1	m
Height of horizon	h _{Hori}					0	m
Distance of horizon	a _{Hori}					1000,0	m
Additional reduction factor shading	r _{Other} 95%					100%	
Efficiency of the inverter	h _{Inv} 95%					95%	

Results

Area of PV module array	14,7	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	m ²
Free area on the selected building element	136,8					-3,2	m ²
Used fraction of building element	10%					245%	
Annual losses due to shading	201					0	kWh

Annual electricity yield after the inverter, absolute

	3810					1112	3810	Total
Referred to projected building footprint area							0	kWh/m ² A _{Projected} *a
CO ₂ -equivalent emissions according to 1-CO ₂ factors GEMIS (Germ)	495,3					144,6	495,3	kg/a
PE-factor according to 1-PE factors (non-renewable) PHI Certification	0,00					0,0	0,00	kWh _{prim} /kWh _{End}



1							
2	Amorph-Si	7,955	1,141695	30	1,00	0,00	0,063
3	CIGS	5,805	0,788184	30	1,00	0,00	0,063
4	Mono-Si	11,85	1,782135	30	1,00	0,00	0,130
5	Poly-Si	8,04	1,595889	30	1,00	0,00	0,063