



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

**Análise da luz natural em uma residência popular projetada para a
cidade de João Pessoa (PB)**

ANA BEATRIZ MOTA BARBALHO
LUCAS NÓBREGA FERREIRA

JOÃO PESSOA – PB

2022

Ana Beatriz Mota Barbalho

Lucas Nóbrega Ferreira

**Análise da luz natural em uma residência popular projetada para a
cidade de João Pessoa (PB)**

Relatório sobre iluminação natural apresentado à disciplina de Estágio Supervisionado 1, orientado pela professora Ivanize Silva, como requisito para aprovação na referida disciplina.

JOÃO PESSOA – PB

2022

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	4
2. OBJETIVOS.....	6
2.1 Objetivo geral.....	6
2.2 Objetivos específicos:.....	6
3. METODOLOGIA.....	7
4. REFERENCIAL TEÓRICO.....	7
4.1. O olho e a luz.....	7
4.2. Legislação para conforto lumínico.....	8
4.3 Condicionantes bioclimáticos.....	10
4.4 Simulações computacionais para o estudo da iluminação.....	11
5. CORRELATOS.....	12
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	13
6.1 Legislação incidente no lote.....	13
6.2 Diagnóstico do terreno.....	14
6.3 Condicionantes bioclimáticos para João Pessoa (PB).....	18
6.4 Proposta de projeto.....	19
6.5 Simulações.....	21
7. CONCLUSÃO.....	39
8. REFERÊNCIAS.....	41

1.INTRODUÇÃO

Para Lamberts et al. (2014), “ (...), um bom projeto arquitetônico deveria incluir análises sobre o seu desempenho energético, pois cada decisão tomada durante o processo de projeto influencia no desempenho térmico e luminoso do edifício”. Essas decisões seriam baseadas no conhecimento de variáveis que envolvem eficiência energética e o conforto ambiental e nas “análises que o arquiteto pode fazer das diversas alternativas de projeto em todas as etapas do processo”, que geralmente são negligenciadas.

O desempenho luminoso, além de poder influenciar na eficiência energética das edificações, como explicitado anteriormente, também é fundamental para o conforto dos seus habitantes, já que a incidência da luz natural, aquela proveniente diretamente do sol, promove benefícios fisiológicos e psicológicos nos seres humanos.

Segundo Veitch et al (2013), pesquisas sobre regulação dos ritmos circadianos mostraram que as células ganglionares fotorreceptoras da retina são responsáveis pela entrada em ritmos circadianos, e que estas células são mais sensíveis à radiação óptica de curtos comprimentos de onda. Isto levou a Comissão Internacional de Iluminação a promulgar em 2004 os “5 princípios de iluminação saudável”, incluindo a sugestão de que estes princípios deveriam levar a uma ênfase na iluminação natural na arquitetura.

Conforme Aries et al. (2013), pessoas no ocidente passam aproximadamente 80-90% do seu tempo em ambientes internos, portanto, as construções têm um importante papel em prover um espaço e iluminação saudáveis, além disto, muitos aspectos da fisiologia e comportamento humanos são adaptados ao ciclo circadiano, que é gerado pela luz e escuro nas 24 horas de rotação do planeta Terra.

Porém, apesar das informações citadas anteriormente, percebe-se uma deficiência do aproveitamento de iluminação natural nos edifícios residenciais no âmbito nacional, e isto traz à tona a importância da realização de mais estudos dentro desta temática.

Para Veitch et al (2013), o planejamento ideal de habitações deve incluir aberturas com orientação e tamanhos apropriados para o estabelecimento da saúde e bem estar dos moradores, sendo as janelas uma das opções para esta contribuição.

No Brasil já existem algumas normas que apresentam parâmetros de conforto lumínico para ambientes residenciais, apesar de serem recentes e pouco utilizadas no processo projetual, tais como a NBR 15575 e o Regulamento Técnico da Qualidade Para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), que passaram por atualizações em 2021.

A NBR 15575-1, ainda em sua introdução afirma que “O uso otimizado da luz natural em edificações usadas principalmente de dia pode, pela substituição da luz artificial, produzir uma contribuição significativa para a redução do consumo de energia elétrica, melhoria do conforto visual e bem-estar dos ocupantes”. A norma ainda defende que a luz natural possui uma maior variabilidade e qualidades mais agradáveis e apreciadas para os ambientes do que aquelas proporcionadas pela iluminação artificial, permitindo um maior relaxamento do sistema visual pela mudança das distâncias focais, assim como um contato mais direto com o exterior devido as aberturas, garantindo uma maior sensação de bem-estar por consequência.

Tendo como objeto de estudo o uso de Iluminação natural em uma residência popular localizada na cidade de João Pessoa (PB), o presente trabalho busca responder a seguinte pergunta: Como a iluminação natural incidente em uma residência popular projetada para a cidade de João Pessoa (PB) pode contribuir para o conforto luminoso dos seus ocupantes?

2.OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral:

Analisar a iluminação natural em uma residência popular projetada para a cidade de João Pessoa (PB)

2.2 Objetivos específicos:

- I. Estudar os níveis de iluminância no âmbito global.
- II. Determinar o aproveitamento da iluminação natural
- III. Elaborar projeto arquitetônico considerando os itens 1 e 2.

3. METODOLOGIA

A presente pesquisa classifica-se, quanto à natureza, como aplicada, pois aplica o conceito de iluminação no projeto de edifícios residenciais.

No que diz respeito ao método de abordagem, a pesquisa se classifica como quali-quantitativa, por basear-se na análise dos dados lumínicos obtidos por meio de simulações no software Dialux, atendendo aos níveis de iluminância requeridos pela legislação vigente no Brasil.

Quanto aos objetivos, a pesquisa se classifica como descritiva, por descrever os resultados obtidos por meio das simulações e analisar as relações entre suas variáveis, de forma a encontrar boas alternativas para solucionar os problemas apresentados.

Com relação aos procedimentos técnicos, a pesquisa é bibliográfica e experimental, por utilizar informações obtidas em normas e pesquisas, e delimitar variáveis capazes de influenciar o objeto de estudo, analisando possibilidades de iluminação natural em busca da eficiência energética na edificação.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. O olho e a luz

Gonçalves et al (2011) define a luz como a energia radiante medida segundo sua capacidade de produzir sensações luminosas e visuais, sendo o olho do ser humano o receptor dessa energia.

Segundo Calçada e Sampaio (2012), assim como ondas de rádio, microondas, radiação infravermelha e ultravioleta e o raio x, a luz é uma onda eletromagnética, diferindo das demais ondas pelo fato de, ao incidir em nossas vidas, produzir as sensações visuais.

Existem dois tipos de fontes de luz: Os corpos luminosos ou fontes primárias, que emitem a luz que eles produzem, como o sol, as lâmpadas elétricas acesas e as chamas das velas; e os corpos iluminados ou fontes secundárias, que dependeriam da presença de outras fontes para que seja possível sua visibilidade, como a lua, as lâmpadas apagadas, as roupas, paredes, etc (CALÇADA E SAMPAIO, 2012).

As fontes que emitem a luz apenas de uma cor são chamadas de luzes monocromáticas, já aquelas que emitem simultaneamente dois ou mais tipos de luzes monocromáticas formam a chamada luz policromática, como é o caso do Sol, que emite uma infinidade de luzes monocromáticas, as quais são divididas em sete cores principais: Vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta.

A capacidade de percepção das cores é uma característica de seletividade do olho, devido a sensação causada pelos distintos comprimentos de onda entre $0,38\mu\text{m}$ a $0,78\mu\text{m}$, conforme para Gonçalves et al (2011).

O olho é adaptável a extensas situações de luz, desde o céu descoberto no verão, com nível de iluminância 100.000 lux , até a noite de lua cheia, com aproximadamente $0,25\text{ lux}$ (OSRAM, 2010). No entanto, apesar da extensa adaptabilidade do olho, excessivos contrastes de luminâncias podem causar o ofuscamento, que dificulta violentamente o entendimento da mensagem visual, e causam a fadiga dos órgãos da visão.

Segundo Lamberts et al, (2014) o conforto visual pode ser entendido como “a existência de um conjunto de condições, num determinado ambiente, no qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de acuidade e precisão visual, com o menor esforço, com menor risco de prejuízos à vista e com reduzidos riscos de acidentes”.

O European Commission Directorate (1994) condiciona que os resultados que atendem a uma boa iluminação são: Iluminação suficiente, boa distribuição de iluminâncias; ausência de ofuscamento; contrastes adequados (proporção de iluminâncias) e bom padrão e direção de sombras.

4.2. Legislação para conforto lumínico

A NBR 15572-1 de 2021 substituiu a norma de 2013 através do Projeto de emenda 2 que circulou em consulta nacional conforme Edital nº 04, de 07.04.2021 a 06. 05. 2021, sob o título “Edificações habitacionais - desempenho”, contendo 6 partes. A primeira parte, que foi base para este trabalho, “estabelece os requisitos e critérios de desempenho aplicáveis às edificações habitacionais, como um todo integrado, bem como a serem avaliados de forma isolada para um ou mais sistemas específicos”.

A norma determina como requisito que as dependências de edifícios residenciais devem receber iluminação natural conveniente, oriunda diretamente do exterior ou indiretamente, através de recintos adjacentes, devendo atender aos níveis dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 - Níveis de iluminação natural

Dependência	Iluminamento geral para os níveis de desempenho lux		
	M ^a	I	S
Sala de estar, dormitório, copa/cozinha e área de serviço	≥ 60	≥ 90	≥ 120
Banheiro, corredor ou escada interna à unidade, corredor de uso comum (prédios), escadaria de uso comum (prédios), garagens/estacionamentos	Não requerido	≥ 30	≥ 45

^a Valores mínimos obrigatórios, conforme 13.2.1.
 NOTA 1 Para os edifícios multipiso, são permitidos, para as dependências situadas no pavimento térreo ou em pavimentos abaixo da cota da rua, níveis de iluminância ligeiramente inferiores aos valores especificados nesta Tabela (diferença máxima de 20 % em qualquer dependência).
 NOTA 2 Os critérios desta Tabela não se aplicam às áreas confinadas ou que não tenham iluminação natural.
 NOTA 3 Deve-se verificar e atender às condições mínimas requeridas pela legislação local.

Fonte: NBR 15575-1 (2021)

Para o método de avaliação através de simulações no plano horizontal, a norma sugere que sejam realizadas no período da manhã (9:30 h) e da tarde (15:30 h), respectivamente para os dias 23 de Abril e 23 de Outubro, considerando: a latitude e a longitude do local da obras, nebulosidade média, supor desativada a iluminação artificial, janelas abertas e sem a presença de obstruções opacas (como cortinas), altura do plano de trabalho a 0,75 m acima do nível do piso e os eventuais sombreamentos resultantes de edificações vizinhas, taludes, muros e as condições de implantação no geral.

Já, para os requisitos e os métodos de classificação das edificações residenciais quanto a eficiência energética, o Regulamento Técnico da Qualidade Para o Nível de Eficiência Energética para Edificações Residenciais (RTQ-r) “cria condições para a etiquetagem do nível de eficiência das edificações residenciais unifamiliares e multifamiliares.”

Quanto a iluminação natural, o RTQ-r recomenda que em ambientes de permanência prolongada, seu acesso deve ser garantido por uma ou mais aberturas para o exterior e ainda prescreve que o somatório das áreas dessas aberturas para a iluminação natural de cada ambiente deve corresponder a no mínimo 12,5% da área útil deste.

Como bonificação para o aumento do nível de eficiência da Unidade habitacional, a norma determina que na fase projetual “a maioria dos ambientes de permanência prolongada: cozinha, área de serviço e lavanderia (50% + 1) com iluminação natural lateral deve ter

profundidade máxima calculada através da Equação 1. Caso existam aberturas em paredes diferentes em um mesmo ambiente, é considerado a menor profundidade”.

Equação 1: Equação da profundidade máxima de ambientes

$$P \leq 2,4 \cdot ha$$

Onde:

P:profundidade do ambiente (m);

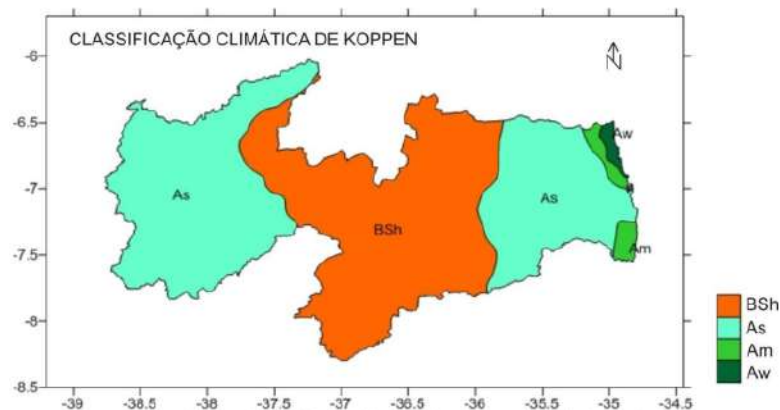
ha:distância medida entre o piso e a altura máxima da abertura para iluminação (m), excluindo caixilhos.

Fonte: RTQ-R

4.3 Condicionantes bioclimáticos

No método de classificação de Koppen elaborado para o estado da Paraíba por Francisco et al. (2015) (Figura 1), apresenta quatro tipos diferentes de clima: predominância do clima As para o litoral; clima Aw que caracteriza a região como tropical, com estação seca no inverno; além do clima Am, característico de região monçônica.

Figura 1: Classificação climática de Koppen para o estado da Paraíba.



Fonte: Francisco et al. (2015)

Conforme Gonçalves, Vianna e Moura (2011) “Na arquitetura bioclimática do clima tropical quente e úmido, a janela se abre e se torna mais generosa. Representa um elemento primordial na ventilação dos espaços e no conforto térmico dos indivíduos. Além disso, contribui imprescindivelmente como elemento de controle da radiação solar.”

Segundo Holanda (1976) “a proteção das aberturas torna - se imprescindível nos trópicos, para a criação de ambientes amenos e a redução dos consumos de energia com refrigeração e iluminação artificiais. As vantagens econômicas dessas proteções ficam evidenciadas quando se compara seu custo de instalação com os de operação do edifício ao longo de sua vida”.

A NBR 15220 (2005), intitulada de Desempenho térmico para edificações e elaborada no Comitê Brasileiro de Construção Civil (ABNT/CB-02), pela Comissão de Estudo de Desempenho Térmico de Edificações (CE-02:135.07), possuindo 5 partes, a terceira estabelece um zoneamento bioclimático para o Brasil e estabelece diretrizes construtivas para as diferentes zonas, as quais procuramos atender neste trabalho.

4.4 Simulações computacionais para o estudo da iluminação

Segundo Caldas e Norford (2002) apud. Lima e Christakou (2014) “Atualmente, a simulação computacional tem provado - especialmente nas duas últimas décadas - ser uma ferramenta eficiente para estudar o desempenho ambiental (térmico, luminoso, acústico e energético, dentre outros) dos edifícios.” Para os autores a interação entre os diversos aspectos do projeto é uma tarefa muito complexa e os recursos da simulação possibilitam uma melhor compreensão desses fatores.

Segundo ainda os autores, o uso de simulações para apoiar a prática projetual em arquitetura, possibilitariam uma realimentação entre a tomada de decisão e a avaliação de seu impacto ambiental,

Lima e Christakou (2014) abordam que “existem diversas ferramentas para simulação da iluminação natural que podem ser aplicadas em todas as fases do projeto de arquitetura”. A principal vantagem da simulação de iluminação natural, segundo os autores, seria a viabilização de estudos quantitativos e qualitativos, o que permitiria visualizar a aparência do ambiente e a produção de um modelo fotométrico para uma estimativa de suas propriedades luminosas.

Para este trabalho utilizou-se para a realização das simulações o software DIALux evo, desenvolvido pela empresa DIAL, um dos programas mais utilizados atualmente que permite a simulação computacional nos projetos de iluminação, tendo a vantagem de ser gratuito e a possibilidade de visualização de edifícios e seus ambientes de forma integrada em uma única unidade, com renders fotorealísticos, trabalhando com iluminação natural, artificial ou simultânea, além de importar e exportar arquivos .DWG, .DXF e IFC, possibilitando uma conexão direta com o Autocad ou Revit.

5. CORRELATOS

O primeiro correlato teve como objetivo “avaliar a iluminação natural disponível no protótipo Casa Popular Eficiente, construído na UFSM, através de variáveis dinâmicas de iluminação natural”Souza (2017). utilizando-se de dois métodos: O Useful Daylight Illuminances (UDI) para identificar as porcentagens de horas de um ano em que a iluminância no plano de trabalho está entre 100 e 2.000 lux,e o Daylight Autonomy (DA), o qual utilizou os parâmetros de desempenho mínimo, intermediário e superior de iluminâncias estipulados pela NBR 15575, que deveriam ultrapassar respectivamente os índices de autonomia em 60 lux, 90 lux e 120 lux, onde as simulações eram indicadas nos pontos centrais dos ambientes de permanência prolongada, cozinha e área de serviço.

Os resultados de iluminação natural apresentados em UDI foram satisfatórios, acima de 85% nos ambientes de permanência prolongada, cozinha e área de serviço. Já em DA, todos os ambientes obtiveram autonomia de 100% ou índices próximos disto.

Já, o segundo correlato, teve como objetivo “avaliar o desempenho térmico de edificação de interesse social, através de simulação computacional em programas acessíveis a estudantes como ferramentas de previsão do comportamento ambiental de edificações, discutindo suas vantagens e dificuldades à incorporação do processo de projeto.”Souza et al. (2019)

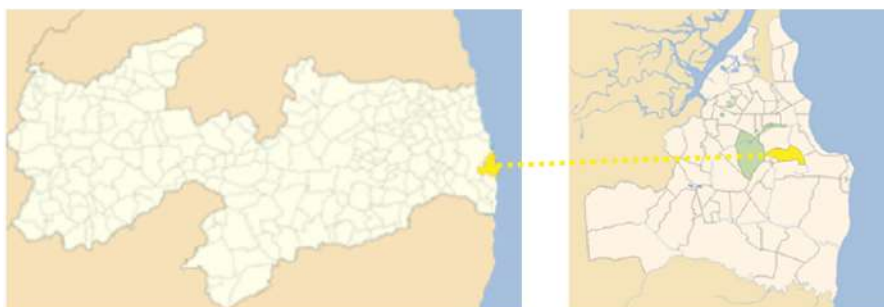
Segundo os autores, os resultados não foram práticos de serem extraídos, mas foram valiosos para uma análise específica do conforto ambiental, sendo importantes para o projeto da edificação quanto a verificação da necessidade das proteções e ganho a curto e longo prazo nas edificações, difundindo soluções positivas no uso de ferramentas computacionais para simulações de desempenho ambiental de uma edificação.”

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Legislação incidente no lote

O terreno escolhido para elaborar o projeto arquitetônico se localiza na cidade de João Pessoa, no estado da Paraíba, no bairro Bancários, destacados na Figura 32, Rua José Vitorino de Araújo (Figura 3).

Figura 2: João Pessoa destacada na Paraíba, Bancários destacado em João Pessoa



Fonte: Adaptado de Wikipedia (2022)

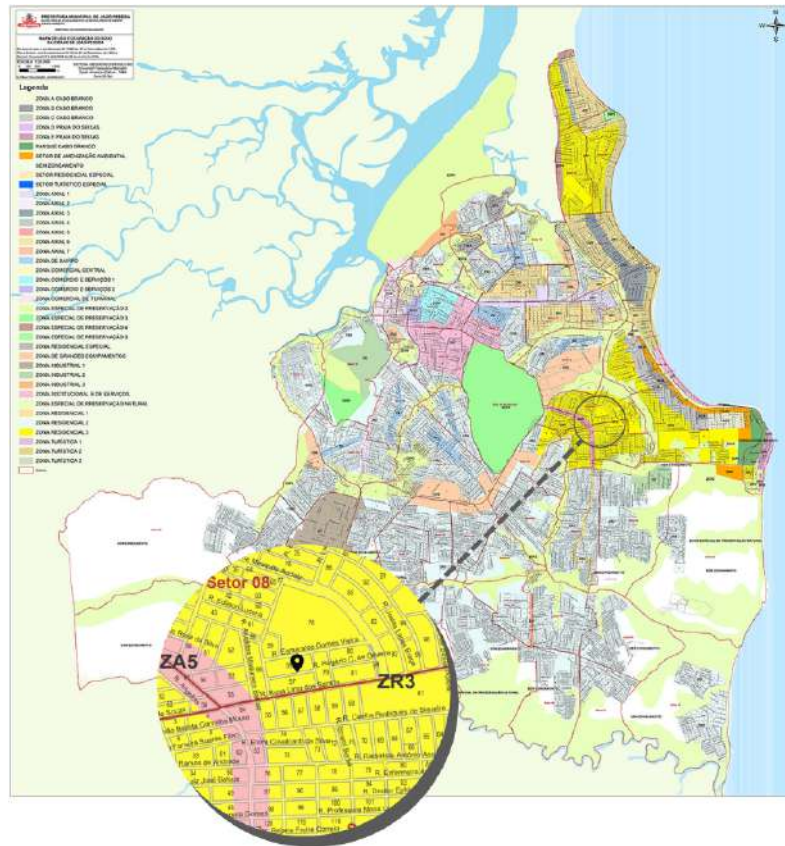
Figura 3 :Vista de satélite do lote



Fonte: Adaptado do Google Maps (2022)

No Mapa de Uso e Ocupação do Solo (Figura 4) é possível identificar que o terreno estudado se localiza na Zona Residencial 3 (ZR3). Os parâmetros exigidos pela ZR3 estão descritos na Figura 5.

Figura 4: Mapa de uso e ocupação do solo



Fonte: Adaptado do Planmob João Pessoa (2022)

Figura 5: Parâmetros da ZR3

ZONA RESIDENCIAL 3 (ZR3)							
USOS	LOTE (*)		EDIFICAÇÃO (A)				
	ÁREA MÍNIMA	FRENTE MÍNIMA	OCUPAÇ. MÁXIMA	ALTURA MÁXIMA (B)	AFASTAMENTOS		
					FRENTE	LATERAL	FUNDOS
R1	360.00	12.00	50	-	5.00	1.50	3.00

Fonte: Adaptada de PMJP, 2022.

Para o terreno escolhido, foram considerados os seguintes valores: Área total = 414,76 m²; Ocupação máxima = 50%; Área construída = 207,38 m² (Figura 7).

6.2 Diagnóstico do terreno

Foram realizadas pesquisas a fim ampliar a compreensão do contexto no qual o terreno estava inserido, a primeira parte partiu da fotografiação do lote e arredores (Figura 6).

Figura 6: Fotografia do lote e arredores



Fonte: Adaptado de Google Streetview (2022)

Quanto à identidade paisagística do local, o terreno se localiza em uma área com predominância de construções térreas e de poucos pavimentos (Figura 7). Além disto, a maioria das fachadas próximas ao terreno não são visualmente permeáveis devido aos seus muros.

Figura 7: Lote e arredores



Fonte: Adaptado de Google Earth (2022)

A presença de vegetação nos lotes adjacentes acontece principalmente de forma esparsa e em lotes privados (Figura 8).

Figura 8: Vegetação nos arredores do lote



Fonte: Adaptado de Google Maps (2022)

O terreno estudado possui muro na frente, uma árvore ao fundo e vegetação de baixo porte (Figura 9).

Figura 9: Imagem frontal do terreno



Fonte: Adaptado de Google Maps (2022)

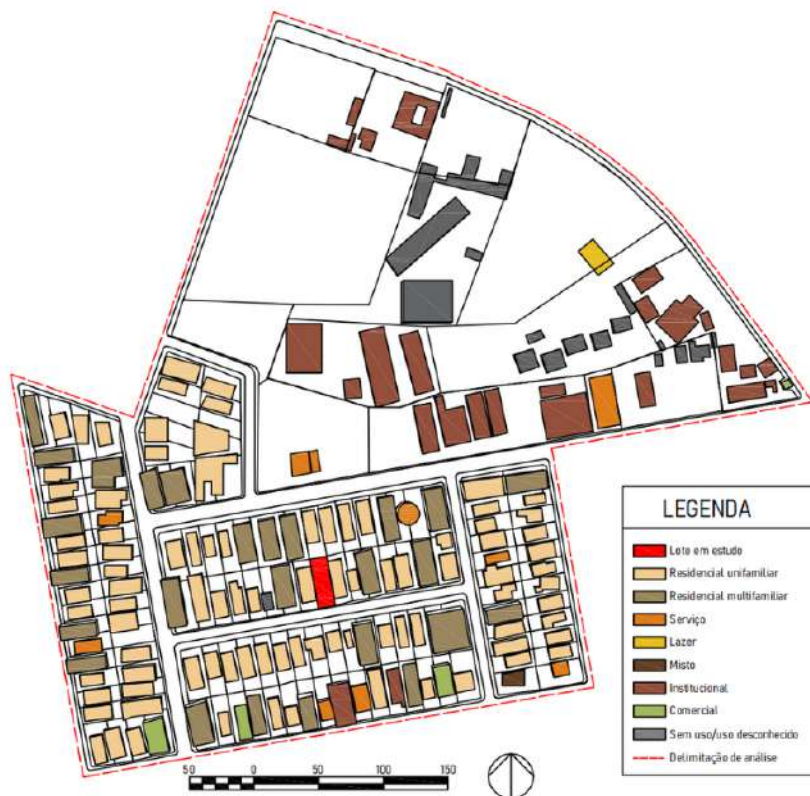
A área possui baixa circulação de veículos em geral, por estar situada em uma rua local e distante de grandes avenidas movimentadas (Figura 10, 11 e 12).

Figura 10: Trânsito típico: terça-feira, 12 hrs :



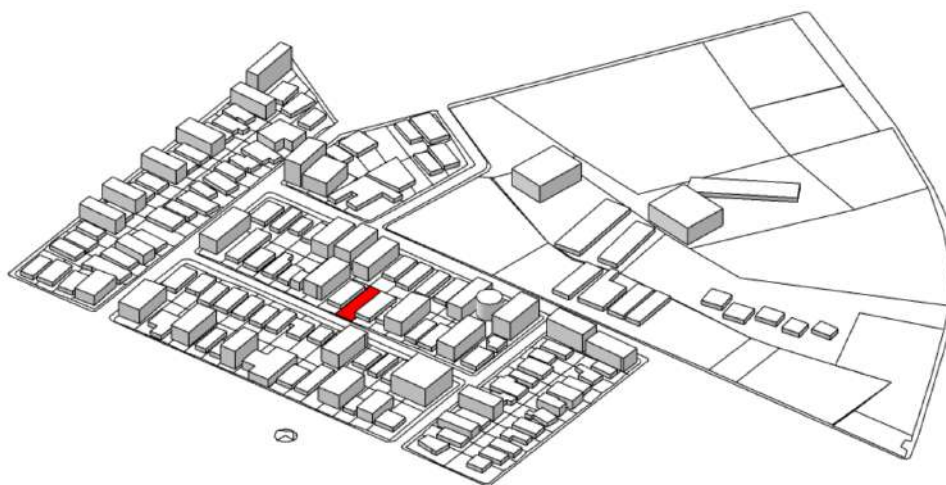
Fonte: Adaptado de Google Maps (2022)

Figura 11: Mapa de Uso e Ocupação do Solo



Fonte: Autores (2022)

Figura 12: Maquete volumétrica do entorno imediato



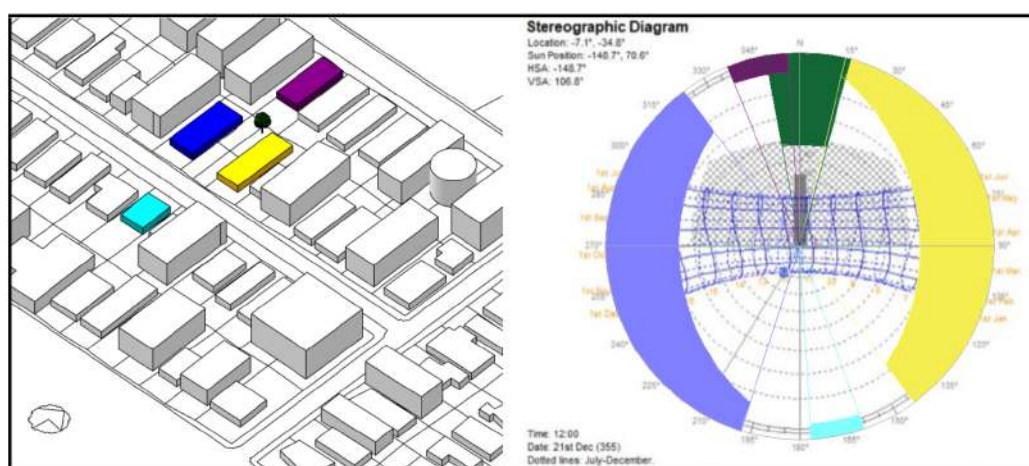
Fonte: Autores (2022)

6.3 Condicionantes bioclimáticos para João Pessoa (PB)

A cidade de João Pessoa, capital do estado da Paraíba, é integrante da região nordeste do Brasil, fazendo parte da zona 8 no zoneamento bioclimático brasileiro da NBR 15220-3 (2005), a qual sugere como diretrizes construtivas para esta zona, aberturas grandes e sombreadas e vedações e coberturas leves e refletoras, devido ao clima quente e úmido.

Com o objetivo de entender melhor o papel da insolação no terreno e, considerando a localização geográfica, o terreno escolhido está submetido a radiação incidente nos meses de Janeiro a Dezembro, a partir das 6:30 às 16 horas devido as massas das edificações laterais, conforme a máscara de sombra (Figura 13),

Figura 13: Máscara de Sombra



Fonte: Autores (2022)

6.4 Proposta de projeto

O estudo da proposta projetual foi iniciado com os conteúdos apresentados em tópicos anteriores, o que culminou para a elaboração do pré-dimensionamento dos ambientes da residência com o auxílio do livro “Arte de projetar em arquitetura” de Ernst Neufert. Posteriormente, a partir do pré-dimensionamento, construiu-se o Programa de necessidades (Figura 14).

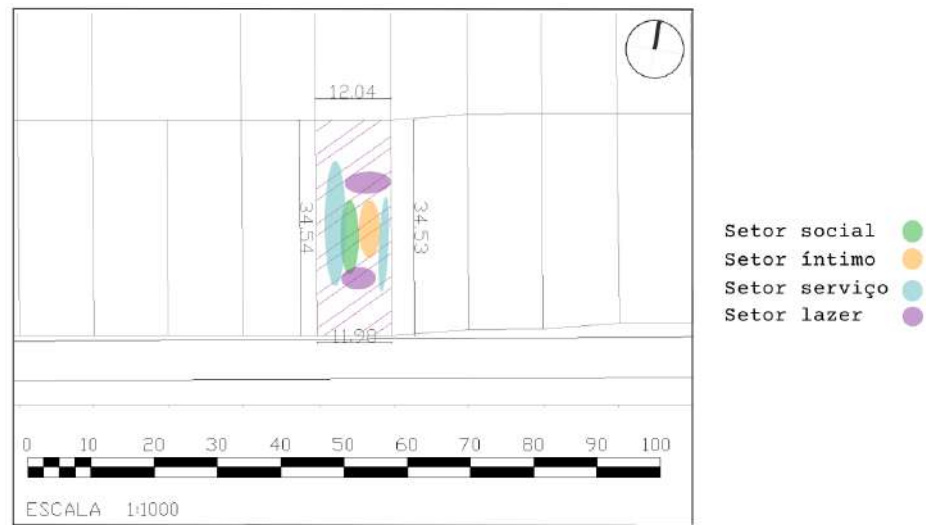
Figura 14: Programa de necessidades

Socializar, conversar, receber, comer, servir, brincar, esperar, conversar.	Social	Sala de estar, sala de jantar.	36 m ²
Estacionar, armazenar, cozinhar, servir, preparar, brincar, receber, esperar, conversar	Serviço	Área de Serviço, Cozinha, dispensa, Garagem, W.C.	34,36 m ²
Dormir, ler, assistir tv, tomar banho, escrever, pesquisar, trabalhar, estudar	Íntimo	Suite master, Quarto do filho	37,21 m ²
Divertir, receber, contemplar, festejar	Lazer	Jardim, terraço.	x m ²

Fonte: Autores (2022)

O zoneamento inicial (Figura 15) priorizou os usos de serviço na fachada que recebe maior insolação (oeste), com o objetivo de resguardar do calor excessivo os ambientes de maior permanência, trazendo aberturas generosas para uma melhor ventilação, assim como sugere a NBR 15220-3.

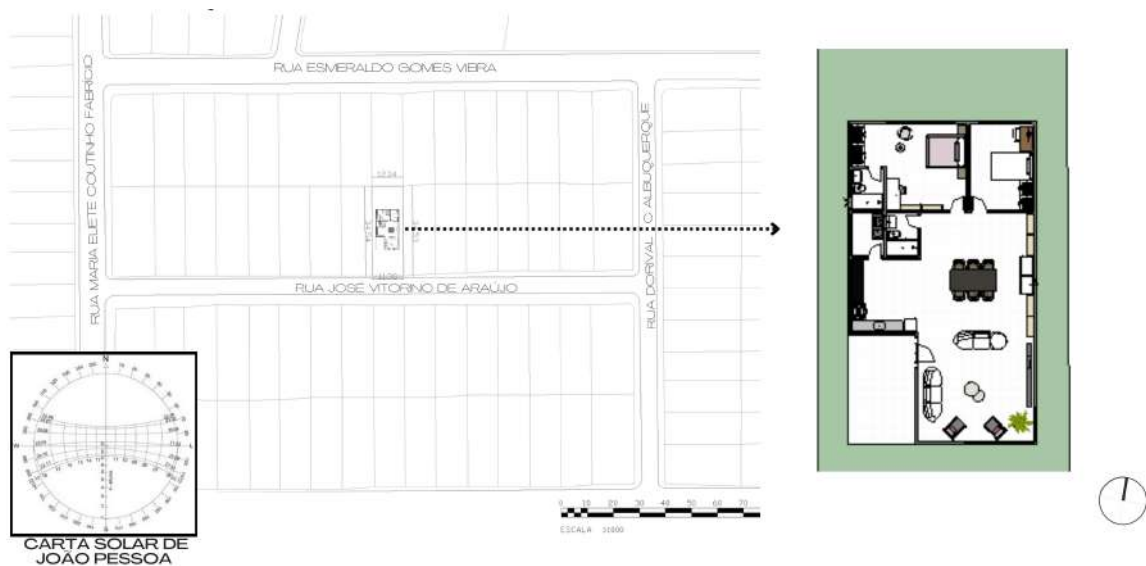
Figura 15:Zoneamento



Fonte:Autores (2022)

Após refinamentos da planta baixa preliminar, a primeira planta baixa em que foram realizados os estudos por meio das simulações computacionais é a apresentada na Figura 16.

Figura 16:Implantação, estudo da planta baixa e carta solar



Fonte:Autores (2022)

Segue a mesma planta baixa, desta vez setorizada (Figura 17), de modo a facilitar a visualização da organização espacial. Esta planta baixa foi elaborada considerando o

programa de necessidades, as legislações relacionadas aos afastamentos e o zoneamento apresentado anteriormente, de forma a distribuir os ambientes íntimos (quartos) aos fundos do terreno, os ambientes de serviço (cozinha, banheiro, área de serviço) e garagem concentrados na fachada oeste, protegendo os ambientes sociais de maior permanência (sala de estar/jantar) da insolação excessiva no oeste.

Figura 17: Planta baixa setorizada

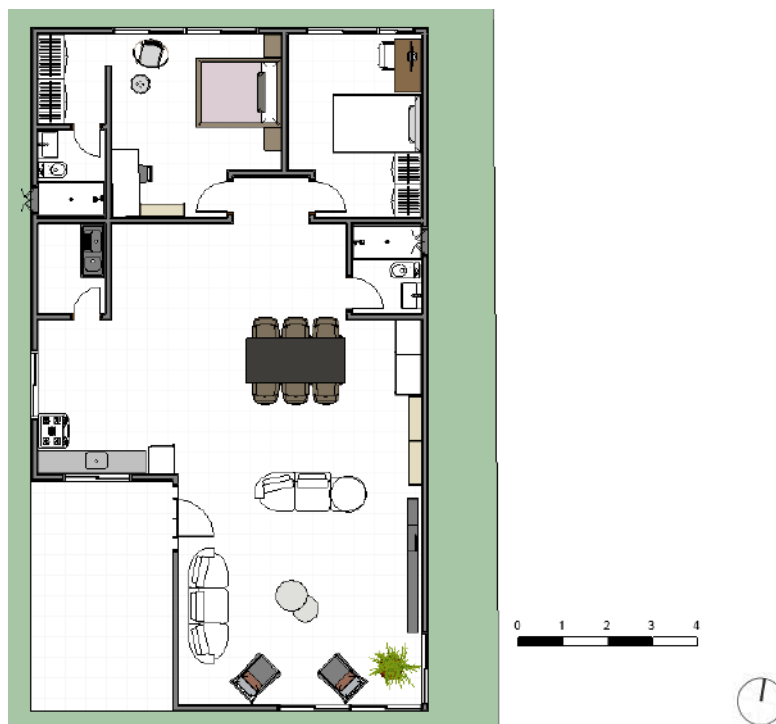


Fonte: Autores (2022)

6.5 Simulações

Não foi necessário o aprofundamento das simulações no software Dialux com a planta baixa anterior, pois na primeira simulação realizada (Figura 18), percebeu-se que o banheiro social, por não possuir uma janela voltada para o exterior, mas para a área de serviço, não entrava para o cálculo de iluminação. A faixa colorida inferior indica o nível de iluminamento em lux.

Figura 19: Planta baixa com mudança na localização do banheiro



Fonte: Autores (2022)

As simulações referentes às Figuras 20 e 21 adotaram as mudanças da planta baixa mostrada anteriormente, como a movimentação do banheiro social para a parede oposta, de forma a ter sua janela voltada para o exterior.

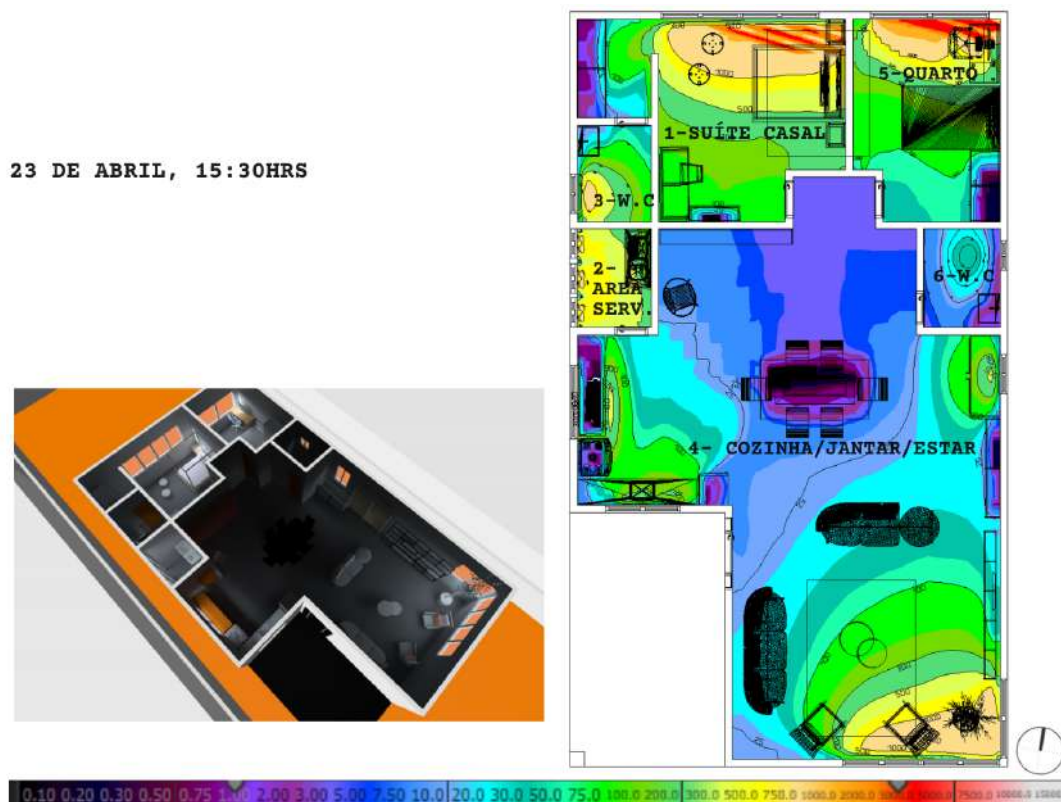
Os níveis de iluminância utilizados como parâmetro para as simulações foram os da NBR 15575 - 1 que estabelece os valores mínimo, intermediário e superior, como tratado anteriormente. A Figura 20 apresenta os resultados da simulação realizada para o dia 23 de abril, às 9:30 horas. A Figura 21 apresenta os resultados da simulação realizada para o mesmo dia, desta vez às 15:30 horas, ambas sem dispositivos de proteção. Apresentando uma grande mancha de 10 lux na copa e parte da sala, o que estaria muito abaixo do nível mínimo de 60 lux estabelecido pela norma.

Figura 20: Simulação para o dia 23 de abril, 9:30 hrs



Fonte:Autores (2022)

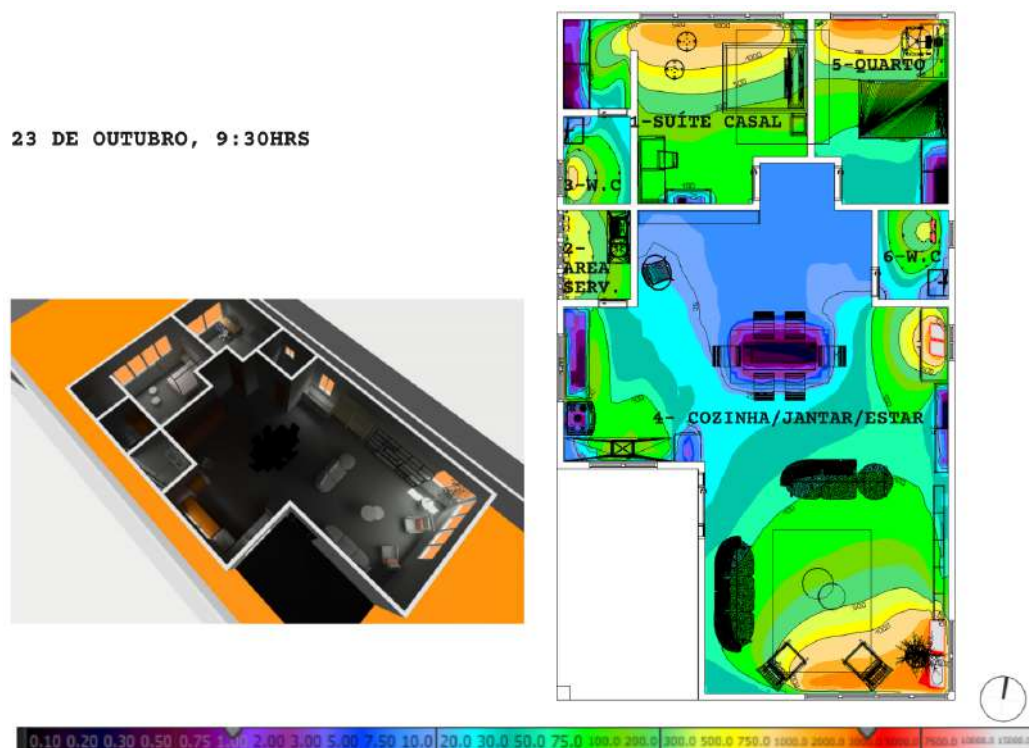
Figura 21: Simulação para o dia 23 de abril, 15:30hrs



Fonte:Autores (2022)

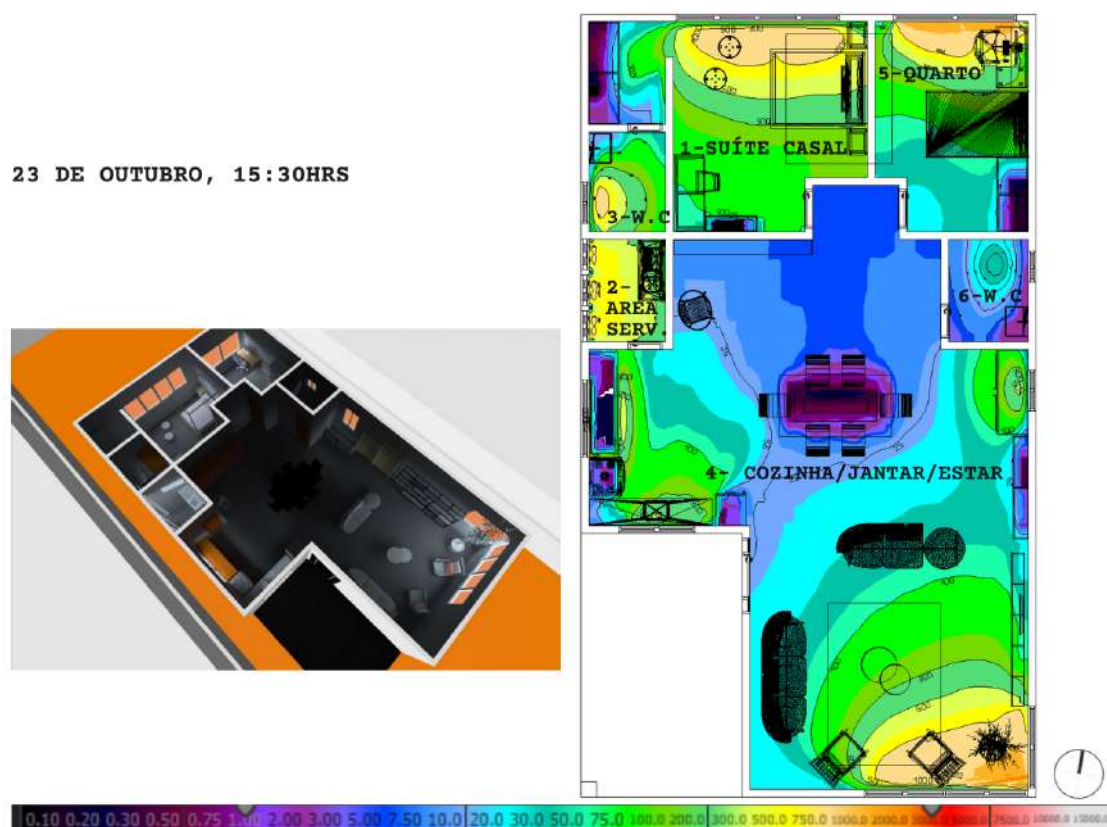
Já as duas simulações seguintes, foram referentes ao dia 23 de outubro, também às 9:30 (Figura 22) e 15:30 horas (Figura 23) respectivamente, e com ausência de dispositivos de proteção. Apesar de apresentar bons resultados, foi proposto um novo estudo atendendo também agora às recomendações de profundidade e área de abertura do RTQ-R.

Figura 22: Simulação para o dia 23 de outubro, 9:30 hrs



Fonte:Autores (2022)

Figura 23: Simulação para o dia 23 de outubro, 15:30 hrs.



Fonte:Autores (2022)

Verificou-se que para que houvesse o atendimento ao RTQ-r, seria necessário mudar a altura da abertura da sala de estar e a área de abertura do banheiro social, para melhorar os índices de profundidade e área de abertura respectivamente. portanto, as simulações foram realizadas novamente com estas alterações.

As Figuras 24 e 25, correspondem às simulações do dia 23 de abril às 9:30 e 15:30 respectivamente, já as Figuras 26 e 27, representam as simulações do dia 23 de outubro às 9:30 e 15:30. Atingindo níveis de iluminância bastante acima do nível superior da NBR 15575-1 próximos às janelas dos quartos e da sala nas simulações referente às 15:30 do dia 23 de Abril e às 9:30 do dia 23 de Outubro. o que poderia contribuir com a carga térmica no interior da edificação.

Figura 24: Simulação para o dia 23 de abril, 9:30 hrs



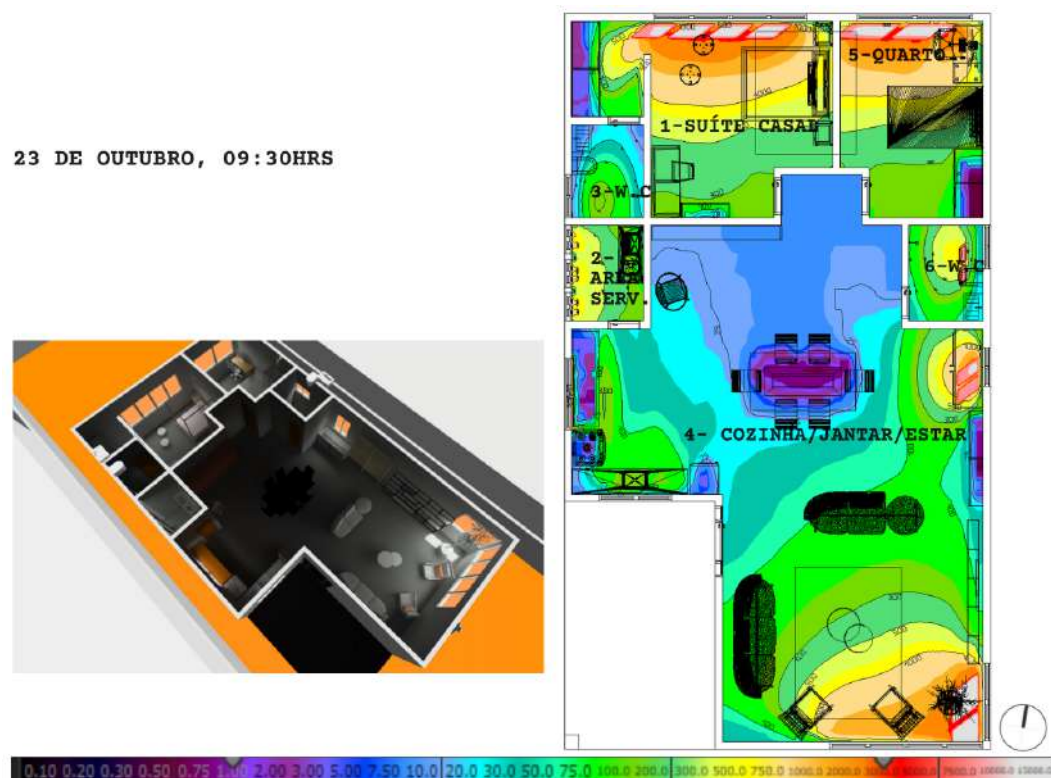
Fonte:Autores (2022)

Figura 25: Simulação para o dia 23 de abril, 15:30 hrs



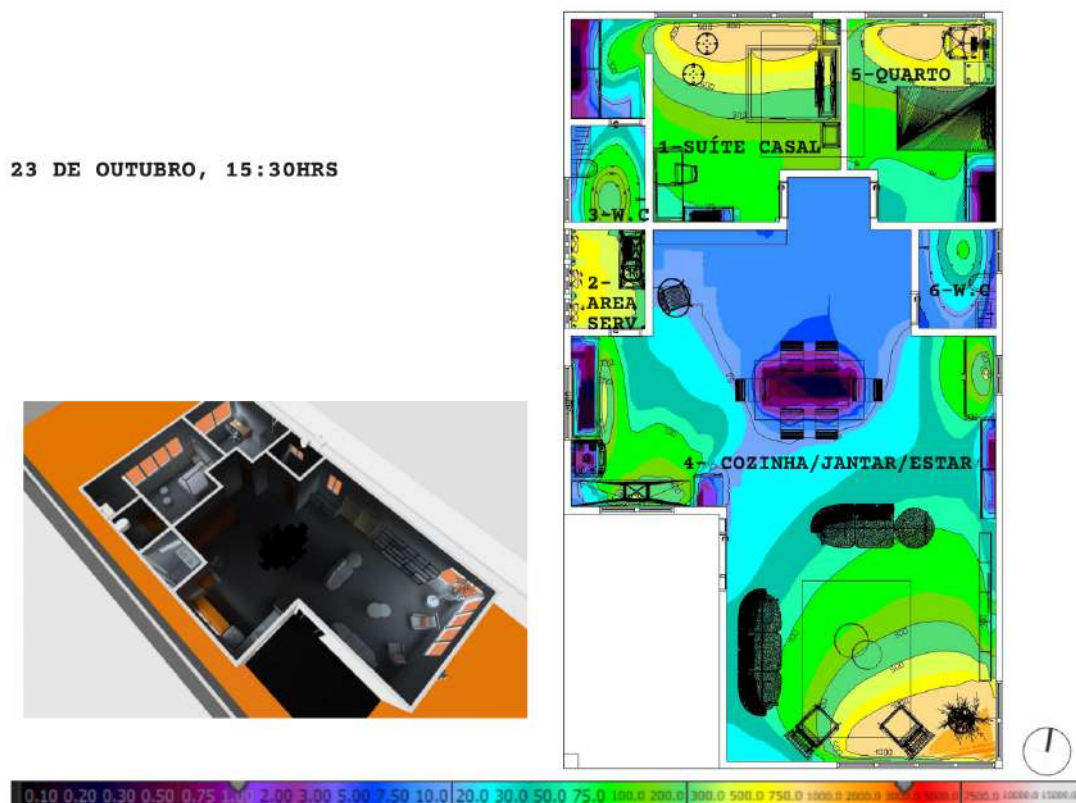
Fonte:Autores (2022)

Figura 26: Simulação para o dia 23 de outubro, 9:30 hrs



Fonte: Autores (2022)

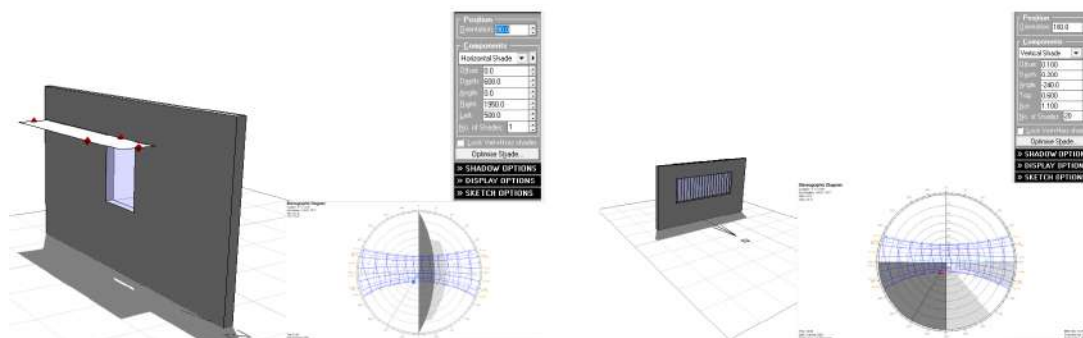
Figura 27: Simulação para o dia 23 de outubro, 15:30 hrs



Fonte: Autores (2022)

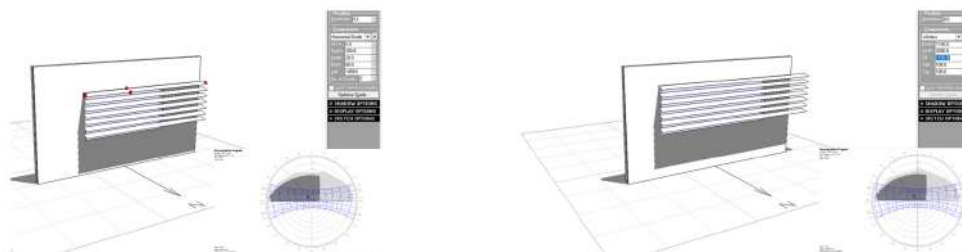
Portanto, foram feitos estudos com dispositivos de proteção para o sombreamento das aberturas, do tipo *brises solei*, para as fachadas, com auxílio do software Solar Tool, desenvolvido pela empresa Square One Research. Os dispositivos adotados estão detalhados nas Figuras 28 e 29.

Figura 28: Estudo de brises para fachadas leste e sul



Fonte: Autores (2022)

Figura 29: Estudo de brises para fachada norte



Fonte: Autores (2022)

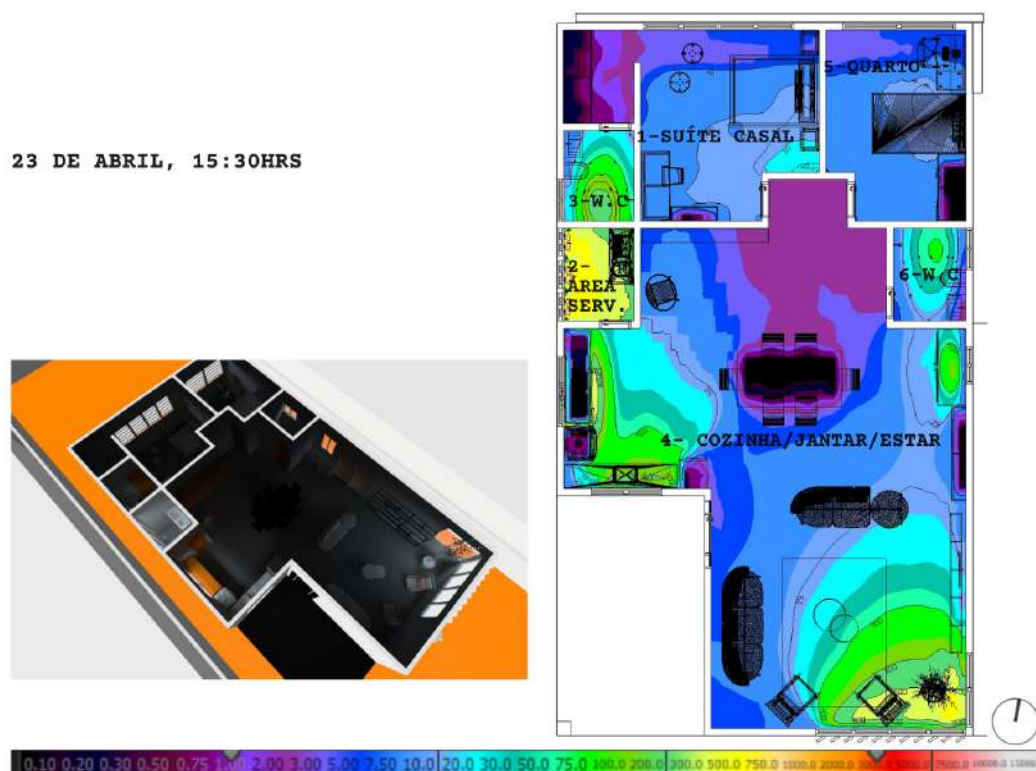
Foram feitas simulações com os *brises solei* que haviam sido estudados anteriormente nas Figuras 30, 31, 32 e 33, e percebeu-se um baixo nível de iluminância, que não ia de acordo com o que era almejado nos estudos da legislação específica. Em muitas partes dos quartos, sala de estar/jantar e cozinha, os valores ficaram abaixo de 20 lux, que é inferior ao nível de iluminação mínimo presente na NBR 15575-1.

Figura 30: Simulação para o dia 23 de abril, 9:30hrs



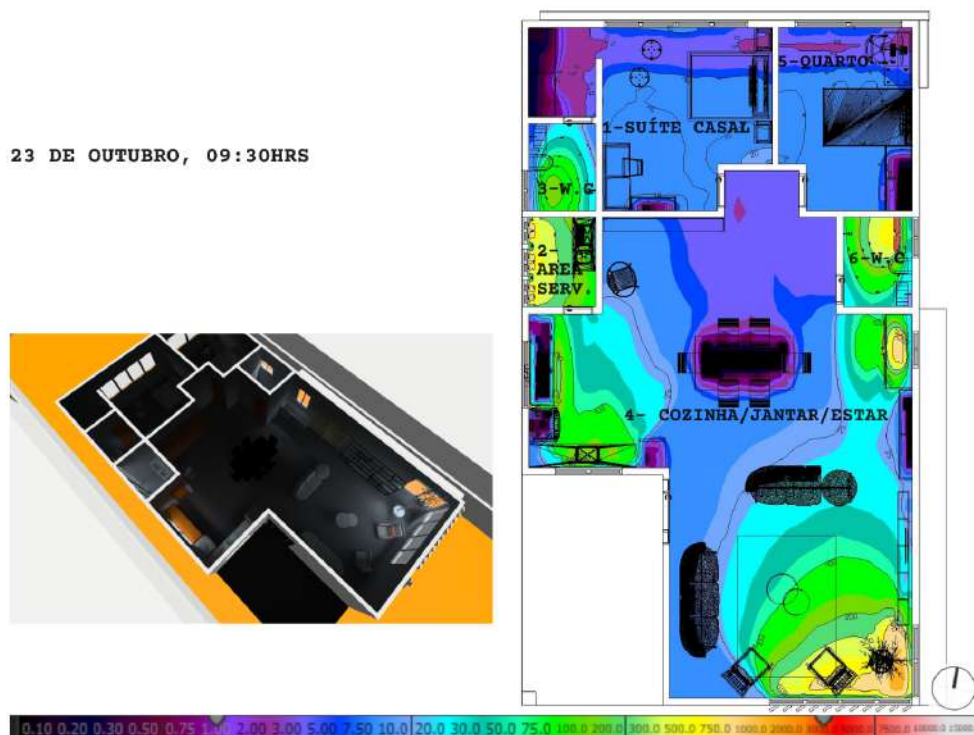
Fonte: Autores (2022)

Figura 31: Simulação para o dia 23 de abril, 15:30hrs



Fonte: Autores (2022)

Figura 32: Simulação para o dia 23 de outubro, 9:30hrs



Fonte: Autores (2022)

Figura 33: Simulação para o dia 23 de outubro, 15:30hrs



Fonte: Autores (2022)

Portanto, em busca de melhores níveis de iluminância, houve a mudança dos elementos de proteção de brises para prateleiras localizadas em 30% das janelas, a retirada de uma janela da fachada leste, o redimensionamento de janelas nas fachadas norte, sul e leste, a mudança do formato do banheiro social e área de serviço, como demonstrado nas Figuras 34, 35, 36 e 37. Estas mudanças constituíram-se como a solução para o alcance dos níveis de iluminância desejados, os tons de verde presentes nas figuras representam os valores de aproximadamente 75 a 100 lux, que estão inseridos na faixa de iluminamento da NBR 15575-1, a qual preconiza o valor mínimo de 60 lux e superior de até 120 lux.

Figura 34: Simulação para o dia 23 de abril, 9:30hrs



Fonte: Autores (2022)

Figura 35: Simulação para o dia 23 de abril, 15:30 hrs



Fonte: Autores (2022)

Figura 36: Simulação para o dia 23 de outubro, 9:30 hrs



Fonte:Autores (2022)

Figura 37: Simulação para o dia 23 de outubro, 15:30 hrs



Fonte:Autores (2022)

Ressalta-se que foi possível alcançar o nível de iluminância estabelecido pela NBR 15575 de acordo com as legislações estudadas protegendo o edifício da carga térmica, desde decisões tomadas quanto ao zoneamento no início do projeto, a localização e dimensionamento das aberturas nas faces que recebem a melhor iluminação com a menor carga térmica, até a utilização dos dispositivos de proteção.

Nas simulações finais, a última mudança consistiu no alinhamento da parede da área de serviço com a parede da cozinha. Os resultados são apresentados na Figura 38 e 39 referentes às 9:30 e 15:30 do dia 23 de Abril e na Figura 40 e 41 que correspondem às 9:30 e 15:30 do dia 23 de outubro.

Figura 38: Simulação para o dia 23 de abril, 9:30hrs



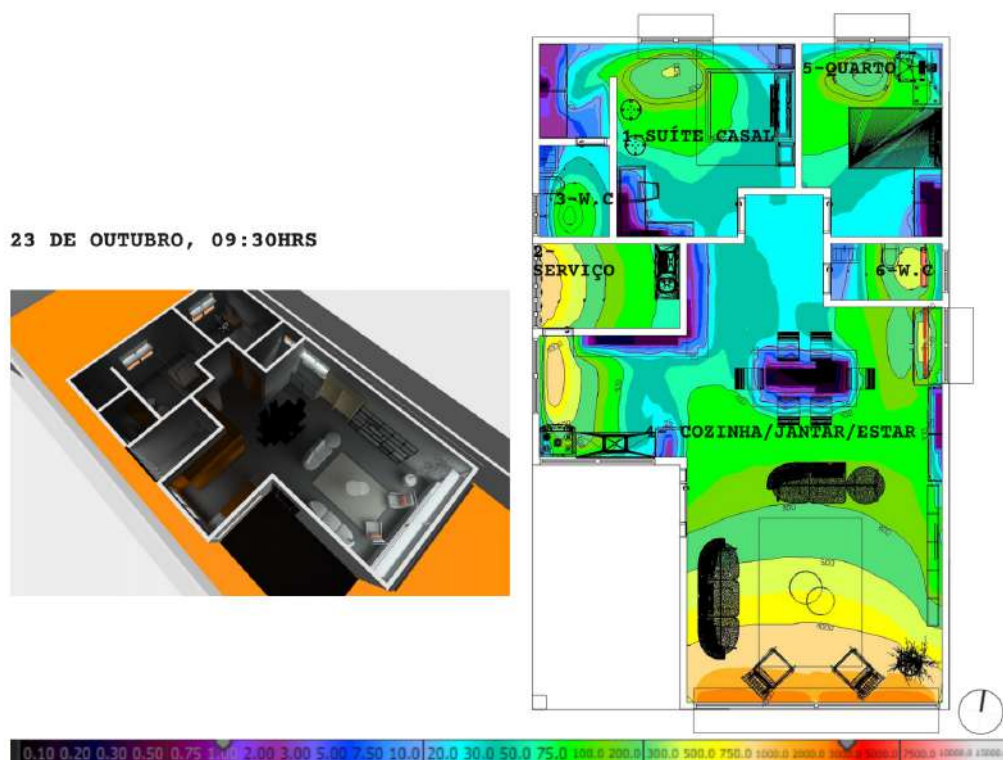
Fonte: Autores (2022)

Figura 39: Simulação para o dia 23 de abril, 15:30hrs



Fonte: Autores (2022)

Figura 40: Simulação para o dia 23 de outubro, 9:30hrs



Fonte: Autores (2022)

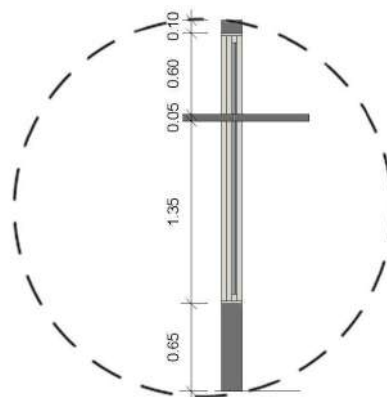
Figura 41: Simulação para o dia 23 de outubro, 15:30hrs



Fonte: Autores (2022)

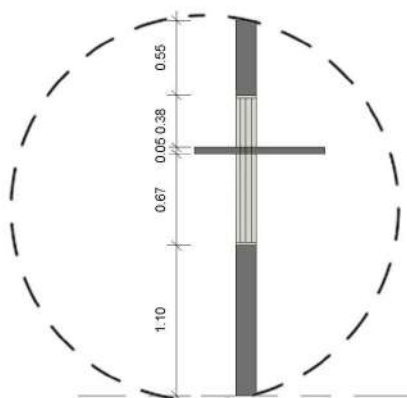
Abaixo, na Figura 42 e 43, seguem os cortes das prateleiras utilizadas para alcançar os resultados finais satisfatórios.

Figura 42: Corte da prateleira da fachada sul



Fonte: Autores (2022)

Figura 43: Corte da prateleira utilizada nas fachadas leste e norte



Fonte: Autores (2022)

7. CONCLUSÃO

Como visto ao longo do relatório, o uso da iluminação natural se faz necessário não apenas pela melhoria da eficiência energética das edificações, mas também pelo aumento do nível de conforto dos habitantes, inclusive influenciando no ciclo circadiano.

Do que foi explicitado parte a relevância deste trabalho, o qual utilizou simulações computacionais durante o processo projetual para o melhoramento do conforto lumínico dos ambientes de uma habitação unifamiliar na cidade de João Pessoa (PB), através dos níveis mínimo, intermediário e superior de iluminância estabelecidos pela NBR 15575-1 e as

recomendações de área de abertura e profundidade dos ambientes estabelecidos pelo Regulamento Técnico da Qualidade Para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R).

Por fim, entender a iluminação natural incidente em uma residência popular dentro do contexto bioclimático e localização presentes neste relatório, e como esta iluminação pode contribuir para o conforto dos seus ocupantes, demonstra que o estudo e simulações de luz podem ser aliados no processo projetual e na elevação da qualidade da arquitetura.

8. REFERÊNCIAS

_____. **NBR 15575**: Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2021.

_____. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Parte 3: : Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social . Rio de Janeiro, 2005.

ARIES, Myriam BC; AARTS, Mariëlle PJ; VAN HOOFF, Joost. Daylight and health: A review of the evidence and consequences for the built environment. **Lighting Research & Technology**, v. 47, n. 1, p. 6-27, 2015.

CALÇADA, Caio Sérgio; SAMPAIO, José Luiz. Física Clássica: Termologia, óptica e ondas. 1ª. Edição. Atual Editora. São Paulo. 2012.

FRANCISCO, Paulo Roberto Megna et al. Classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 4, p. 1006-1016, 2015.

GONÇALVES, Joana Carla Soares; VIANNA, Nelson Solano; MOURA, NC da S. Iluminação natural e artificial. **Rio de Janeiro: PROCEL**, 2011.

HOLANDA, Armando. **Roteiro para construir no Nordeste - Arquitetura como lugar ameno nos trópicos ensolarados**. Recife: UFPE/MDU, 1976.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Regulamento Técnico da Qualidade Para o Nível de Eficiência Energética Edificações Residenciais. RTQ-R**. Portaria n.18, de 16 de Janeiro de 2012. INMETRO, 2012.

LAMBERTS, R; DUTRA, L; PEREIRA, F. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW Editores. 2014.

LIMA, Thais Borges Sanches; CHRISTAKOU, Evangelos Dimitrios. Projeto de iluminação natural: ferramentas para cálculo e avaliação. **A Paranoá mudou de endereço-<http://periodicos.unb.br/index.php/paranoa>**, n. 3, p. 49-57, 2014.

OSRAM, Manual luminotécnico prático. Disponível em: <https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/ManualOsram.pdf>, acesso em 08 de junho de 2022.

SOUZA, M. C. de; GRIGOLETTI, G; VAGHETTI, M. O. **Avaliações dinâmicas da iluminação natural em protótipo de habitação de interesse social.** In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., ENCONTRO LATINOAMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2017, Balneário Camboriú. Anais [...]. Balneário Camboriú, SC: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2017. p. 1713-1719.

VEITCH, J. A.; CHRISTOFFERSEN, J.; GALASIU, A. D. Daylight and view through residential windows: effects on well-being. **Residential daylighting and Well-being**, p. 1-6, 2013.

VIANA, Shaiane Gomes; LEITE, Renan Cid Varela; NAZARETH, Samuel Bertrand Melo. **AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL.**