



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL de LONDRINA

---

LUCAS RAFFO SOUZA

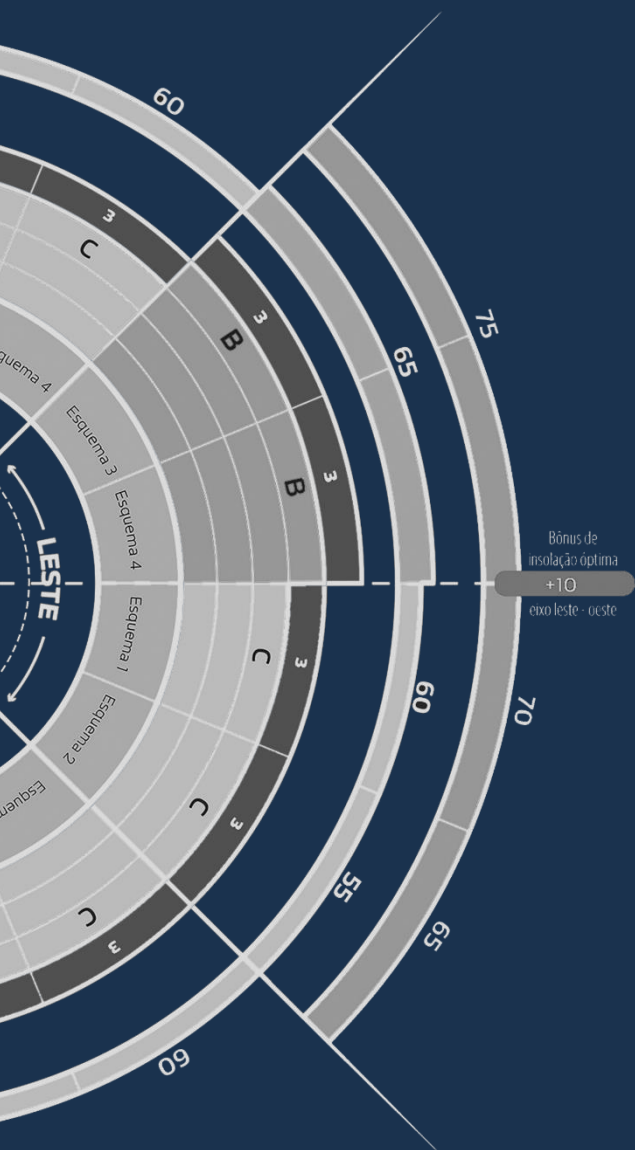
**DIAGRAMAÇÃO DE CONDICIONANTES AMBIENTAIS  
COMO GERADORES NAS FASES INICIAIS DE PROJETO:  
EXPERIMENTO EM EHS NO CASO ZEMCH – UEL**

---

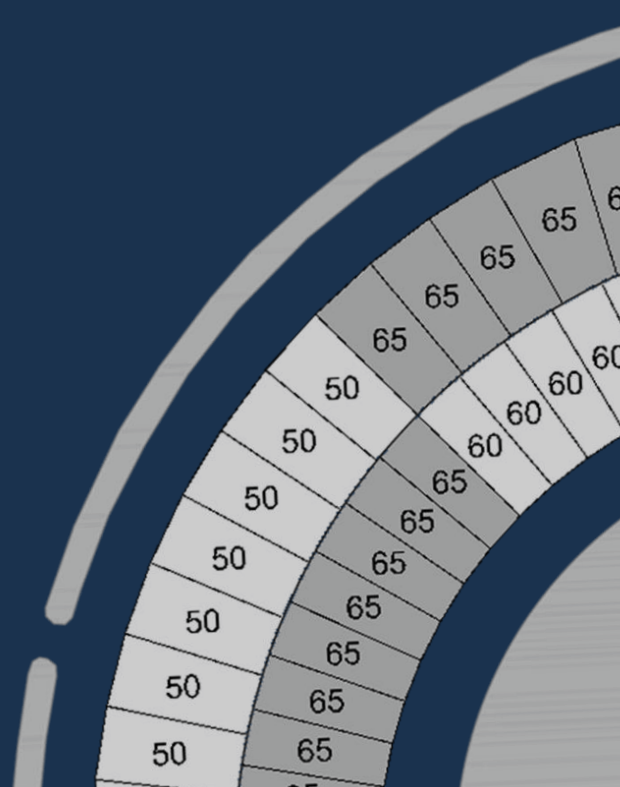
Londrina  
2021

# DIAGRAMAÇÃO DE CONDICIONANTES AMBIENTAIS COMO GERADORES NAS FASES INICIAIS DE PROJETO: EXPERIMENTO EM EHS NO CASO ZEMCH – UEL

LUCAS RAFFO SOUZA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ARQUITETURA E URBANISMO  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA - UEL  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ - UEM



LUCAS RAFFO SOUZA

**DIAGRAMAÇÃO DE CONDICIONANTES AMBIENTAIS  
COMO GERADORES NAS FASES INICIAIS DE PROJETO:  
EXPERIMENTO EM EHS NO CASO ZEMCH – UEL**

Dissertação apresentada como parte das exigências à obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo do programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Londrina e Universidade Estadual de Maringá.

Orientador: Prof. Dr. Rovenir Bertola Duarte

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Camila Gregório Atem

Londrina  
2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

S729 Souza, Lucas Raffo.  
Diagramação de condicionantes ambientais como geradores nas fases iniciais de projeto : experimento em EHIS no caso ZEMCH-UJEL / Lucas Raffo Souza. - Londrina, 2021.  
208 f. : il.

Orientador: Rovenir Bertola Duarte.  
Coorientador: Camila Gregório Atem.  
Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2021.  
Inclui bibliografia.

1. Processo de projeto; Eficiência energética; Loteamento; Diagramas. - Tese. I. Duarte, Rovenir Bertola. II. Atem, Camila Gregório. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Tecnologia e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. IV. Título.

CDU 711/72

LUCAS RAFFO SOUZA

**DIAGRAMAÇÃO DE CONDICIONANTES AMBIENTAIS  
COMO GERADORES NAS FASES INICIAIS DE PROJETO:  
EXPERIMENTO EM EHIS NO CASO ZEMCH – UEL**

Dissertação apresentada como parte das exigências à obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo do programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Londrina e Universidade Estadual de Maringá.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Rovenir Bertola Duarte  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Camila Gregório  
Atem  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof. Dr. Ricardo Dias Silva  
Universidade Estadual de Maringá – UEM

---

Prof. Dr.<sup>a</sup>. Cynthia Marconsini Loureiro Santos  
Universidade Federal do Rio de Janeiro –  
UFRJ

Londrina, 17 de agosto de 2021.

Aos meus pais, à minha esposa e meus filhos.  
À beleza da vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos professores: Dr<sup>a</sup>. Ana Virginia Sampaio, Dr<sup>a</sup>. Juliana Suzuki, Dr. Antonio Castelnuovo, Dr. Gilson Morales que me conduziram para estar neste caminho.

Aos meus colegas dentro do programa, em especial, José Fernando de Paiva pelo apoio emocional e que, ao meu lado, foi exemplo de competência para realização dos trabalhos.

Aos colegas professores: Me. Elisa Zanon, Dr<sup>a</sup>. Joseane Pivetta, Me. Raquel Salla, Me. Rafael Rodriguez, Me. Danilton Jesus de Aragão, Me. Rinaldo Zanatto e Alessandro Cavalcanti, pela retaguarda durante o processo, lembrando especialmente a professora e amiga Me. Lucy Ana Staut pela sua efetiva colaboração no meu desenvolvimento.

Aos professores do programa Dr. Sidnei Guadanhim, Dr. Renato L. Rego pelo empenho obstinado em promover o avanço da pesquisa, colaborando com referências e agregando informações. De maneira incisiva, à professora Dr<sup>a</sup>. Ercilia Hirota pelo apoio direto à pesquisa dentro da rede ZEMCH.

Aos meus colegas arquitetos e parceiros de trabalho Marcos Aleixo, Betânia Fernandes e Daniel Brunetto, que junto comigo caminharam, agregando qualidades técnicas e permitindo espaço para realização do Mestrado. Em, especial, à Bruna Santos pela efetiva e inestimável contribuição na construção do trabalho.

Aos alunos de iniciação científica Mariana Fischer, Isadora Resges e o mestrando Guilherme Yuki que participaram com conhecimentos técnicos nas atividades essenciais da pesquisa.

Ao casal de orientadores Dr. Rovenir Bertola Duarte e Dr<sup>a</sup>. Camila Atem, verdadeiros exemplos de professores, que há muito me orientam nessa jornada e se tornaram ainda mais importantes na minha vida.

Ao apoio incondicional da minha família: primeiramente, meus pais pelo exemplo de competência em seus legados profissionais, apoio efetivo e afetivo. Minha esposa, parceira e conselheira Tatiana Villar, sempre atenta, cuidando-me em todos os sentidos. Meus filhos Valentina Villar Raffo e Mathias Villar Raffo, motores e combustíveis para meu processo de evolução.

SOUZA, Lucas Raffo. **Diagramação de condicionantes ambientais como geradores nas fases iniciais de projeto**: experimento em EHIS no caso ZEMCH – UEL. 2021.207f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa Associado de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, UEL/UEM - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

## RESUMO

A pesquisa investiga a visualização e manuseio de restrições ambientais de modo sintetizado para comunicação e exploração destas na fase inicial do processo de projeto. A revisão bibliográfica, de caráter exploratório, identifica entre as etapas do processo de projeto, a importância da análise das condicionantes ambientais ainda nas fases iniciais de concepção, em função dos impactos no custo direto e ciclo de vida da edificação. O estudo busca responder à dificuldade de síntese para a comunicação dessas informações, apoiando-se nos conceitos de “Visualização da Informação”. Para tanto, tem como objetivo desenvolver um artefato para visualização e manuseio de informações ambientais como apoio à tomada de decisão na fase inicial do processo de projeto de um loteamento. A investigação desenvolve-se dentro do contexto da rede de pesquisa ZEMCH – *Zero Energy Mass Custom Home*, e adota como experimento um empreendimento de habitação de interesse social (EHIS). A metodologia do *Design Science Research* (DSR) é praticada na pesquisa através de um processo sequencial de aplicação para avaliação dos resultados e melhoria da solução. Acredita-se que essa investigação contribui para compreensão mais aprofundada das relações entre projetista e a visualização da informação. Espera-se também, que essa síntese diagramática possa favorecer um aumento na capacidade de produção de respostas em função da possibilidade de se trabalhar com um número maior de dados nas etapas iniciais do projeto.

**Palavras-chave:** Processo de projeto; Eficiência energética; Loteamento; Diagramas; Geradores primários; Habitação de interesse social.

SOUZA, Lucas Raffo. **Environmental constraints diagramming as generators in the initial design phases**: experiment in EHIS in the ZEMCH case - UEL. 2021.207s. Dissertation (Masters in Architecture and Urbanism) Associate Postgraduate Program in Architecture and Urbanism, UEL/UEM – State University of Londrina, Londrina, 2021.

## **ABSTRACT**

The study investigates the management and visualization of environmental restrictions in order to communicate and explore the initial phase of the project. The exploratory bibliographic review identifies the importance of environmental conditioning analysis in the initial phases of conception due to the direct costs and edification cycle of life. The research intends to find a reason for the difficulty in synthesizing information, with support from the “Information Visualization” concepts. Therefore, the objective of the study is to develop an artifact to visualize and manage the environmental information as a support for decision making in the initial phase of the urban land subdivision project. The investigation takes place in the context of the research group ZEMCH, and adopts as experiment a social housing project. Design Science Research (DSR) is used in the research applying a sequel process to evaluate results and the solution improvements. It is believed that the investigation contributes for the deeper understanding of the relationship between architect and information visualization. We hope that the syntheses favours an increase in production capacity in responses, taking into account the possibility of working with a higher dataset in the initial phases of the project.

**Keywords:** Design process; Energetic efficiency; Urban land subdivision project; Diagrams; Primary generator; Social housing.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Gráfico de valoração de requisitos do usuário – IGI (índice geral de importância) .....	21
<b>Figura 2</b> – Artefato de visualização das relações qualitativas entre topografia e eixos para os sistema viário .....	22
<b>Figura 3</b> – Etapas do processo de projeto em ciclos conectados .....	31
<b>Figura 4</b> – Curva de Esforço e Efeito/Tempo .....	34
<b>Figura 5</b> – Influência das decisões de projeto nos impactos e custos do ciclo de vida.....	37
<b>Figura 6</b> – Modelo de relações com o Design Digital .....	48
<b>Figura 7</b> – Legenda dos modelos Design Digital.....	48
<b>Figura 8</b> – Modelo formação baseado em desempenho segundo Oxman (2006).....	50
<b>Figura 9</b> – Modelo de formação baseado em desempenho proposta pela atual pesquisa .....	51
<b>Figura 10</b> – Delineamento geral em DSR.....	54
<b>Figura 11</b> – Delineamento da pesquisa.....	56
<b>Figura 12</b> – Gráfico Rosa dos Ventos para a cidade de Londrina – PR.....	65
<b>Figura 13</b> – Composição do sistema de parede.....	68
<b>Figura 14</b> – Desenho esquemático de uma estrutura em <i>wood frame</i> .....	69
<b>Figura 15</b> – Transmitância e Capacidade Térmica.....	70
<b>Figura 16</b> – Transmitância e Capacidade Térmica.....	70
<b>Figura 17</b> – Tipo e fator de ventilação (Anexo II RTQ-R – Tabela de desconto das esquadrias).....	71
<b>Figura 18</b> – Planta baixa frente leste modulada para sistema <i>light wood frame</i> .....	72
<b>Figura 19</b> – Planta baixa dimensões do lote mínimo (Ex. Frente Leste) .....	73
<b>Figura 20</b> – Esquema gráfico explicativo pra determinação de orientação segundo RTQ-R.....	81
<b>Figura 21</b> – Análises aplicadas no software Formit© para obtenção quantitativa de W/m <sup>2</sup> no centro das faces e suas diferentes orientações para verão e inverno – (Ex. Frente Leste) .....	85

<b>Figura 22</b> – Gráfico resultante da multiplicação de quantidade de Watts pelas superfícies em m <sup>2</sup> das paredes nas diferentes orientações – (Ex. Frente Leste).....	86
<b>Figura 23</b> – Gráfico de verificação para orientação óptima de acordo com valores de radiações máximas e mínimas (W/m <sup>2</sup> ) .....	87
<b>Figura 24</b> – Diagrama 1.....	97
<b>Figura 25</b> – Diagrama 2.....	98
<b>Figura 26</b> – Diagrama 3.....	98
<b>Figura 27</b> – Diagrama 4.....	99
<b>Figura 28</b> – Diagrama 5.....	100
<b>Figura 29</b> – Diagrama 6.....	101
<b>Figura 30</b> – Diagrama 7.....	102
<b>Figura 31</b> – Diagrama em partes.....	103
<b>Figura 32</b> – Diagrama quadro central.....	104
<b>Figura 33</b> – Diagrama físico analógico em uso .....	105
<b>Figura 34</b> – Estrutura final – Cluster de funções para comandos do algoritmo.. .....	106
<b>Figura 35</b> – Algoritmo de esquematização dos lotes a partir do eixo (tipo “espinha de peixe”).....	107
<b>Figura 36</b> – Subparte 1.....	108
<b>Figura 37</b> – Subparte 2.....	109
<b>Figura 38</b> – Subparte 3.....	110
<b>Figura 39</b> – Estrutura final dos algoritmos para geração do diagrama digital.....	110
<b>Figura 40</b> – Subparte 4 – Experimentações com os softwares Grasshopper / Rhinoceros© .....	111
<b>Figura 41</b> – Diagrama de tarefas do algoritmo Subparte 4 para classificação e anotação dos resultados .....	112
<b>Figura 42</b> – Diagrama da estrutura final de tarefas do algoritmo .....	112
<b>Figura 43</b> – Simulações para visualização dos resultados do diagrama digital.....	113
<b>Figura 44</b> – Resultado final do exercício praticado na avaliação sobre um exemplo base de loteamento .....	113
<b>Figura 45</b> – Diagrama físico analógico .....	115

<b>Figura 46</b> – Esquema gráfico de implantação – loteamento fictício em escala 1/1250 tamanho A3.....	116
<b>Figura 47</b> – Aplicação do pré-teste.....	120
<b>Figura 48</b> – Avaliação e as interações com os meios .....	123
<b>Figura 49</b> – Experimentação do diagrama analógico – Interações em loteamento base fictício.....	127
<b>Figura 50</b> – Experimentação do diagrama digital – iterações em tempo real.....	133

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b>	– Comparação entre as fases iniciais do processo de projeto segundo plano de trabalho do Instituto de Arquitetos do Brasil (IAB), <i>Royal Institute of British Architects (RIBA)</i> e <i>American Institute of Architects (AIA)</i> .....	32
<b>Quadro 2</b>	– Modelos gráficos para análise de conforto ambiental Lamberts, Dutra e Pereira (2014) .....	44
<b>Quadro 3</b>	– Modelos Metodológicos do Design Digital segundo Oxman (2006).....	49
<b>Quadro 4</b>	– Fases da pesquisa – definições, aplicações, métodos e resultados.....	62
<b>Quadro 5</b>	– Características principais do modelo-base para casa unifamiliar térrea.....	67
<b>Quadro 6</b>	– Principais características do modelo-base de projeto para a casa unifamiliar térrea.....	74
<b>Quadro 7</b>	– Preenchimento da planilha em valores fixos e variáveis.....	77
<b>Quadro 8</b>	– Opções esquemas de planta baixa consideradas nas simulações para cada orientação.....	78
<b>Quadro 9</b>	– Resultados das simulações para níveis de eficiência avaliados em GHR (Graus-hora para Resfriamento) de cada ambiente de permanência prolongada da Unidade Habitacional Autônoma (UH) segundo sua orientação .....	79
<b>Quadro 10</b>	– Esquemas gráficos para avaliação de quantidade de ambientes com fluxo de ventilação cruzada – Considerando a face leste como ponto de entrada da ventilação .....	82
<b>Quadro 11</b>	– Resultados para números de ambientes com fluxo de ventilação cruzada .....	83
<b>Quadro 12</b>	– Resultados das análises de quantidade de w/m <sup>2</sup> considerando a área das faces e suas orientações.....	86
<b>Quadro 13</b>	– Definição de pontuação para cada letra referente ao desempenho do ambiente.....	89
<b>Quadro 14</b>	– Definição de pontuação da envoltória referente aos somatórios de desempenho dos três ambientes .....	89

<b>Quadro 15</b> – Raciocínio somatório de pontuação para classificação final dos valores de envoltória .....	90
<b>Quadro 16</b> – Raciocínio somatório de pontuação para classificação final dos valores de ventilação cruzada.....	92
<b>Quadro 17</b> – Oito plantas com possibilidade de pontuação extra referentes a orientação óptima para insolação .....	93
<b>Quadro 18</b> – Definição de pontuação final para classificação de desempenho do lote em função das análises dos esquemas de planta .....	94
<b>Quadro 19</b> – Raciocínio somatório de envoltória, ventilação cruzada e orientação óptima para classificação final.....	95
<b>Quadro 20</b> – Resultado dos potenciais máximos dos lotes em função dos melhores desempenhos dos esquemas de planta para cada orientação .....	96

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIA	<i>American Institute of Architecture</i>
APP	Área de Permanência Prolongada
AUamb	Área Útil do Ambiente
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CA	Consumo Relativo para Aquecimento
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.
CR	Consumo Relativo para Refrigeração
CTcob	Capacidade Térmica da Cobertura
CTpar	Capacidade Térmica da Parede
DSR	<i>Design Science Research</i>
DWG	Extensão de arquivos do Software AutoCad para desenhos 2D e 3D
EHIS	Empreendimento de Habitações de Interesse Social
GHR	Graus Hora para Resfriamento
HIS	Habitação de Interesse Social
IAB	Instituto de Arquitetos do Brasil
IDP	<i>Integrated Design Process</i>
IGI	Índice geral de importância
INI-R	Instrução Normativa Inmetro para edificações residenciais
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
NBR	Norma Brasileira
NEPEA	Núcleo de Estudos e Pesquisas de Engenharia e Arquitetura
OO	Orientação Ótima
OSB	<i>Oriented Strand Board</i>

PBQP-H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
PDF	<i>Portable Document Format</i>
PMCMV	Programa Minha Casa Minha Vida
PSQ	Programa Setorial de Qualidade
Q1	Quarto Um
Q2	Quarto Dois
RE	Resultado da envoltória
RIBA	<i>Royal Institute of British Architects</i>
RTQ–R	Regulamento Técnico da Qualidade para Edificações Residenciais
RVC	Resultado da Ventilação Cruzada
SINAT	Sistema Nacional de Avaliação Técnica
Somb	Dispositivos de proteção solar externos às aberturas
TI	Tecnologia da Informação
Ucob	Transmitância Térmica da Cobertura
UEL	Universidade Estadual de Londrina
UH	Unidade Habitacional
Upar	Transmitância Térmica da Parede
ZB1	Zona Bioclimática Um
ZB2	Zona Bioclimática Dois
ZB3	Zona Bioclimática Três
ZEMCH	<i>Zero Energy Mass Custom Home</i>
αcob	Absortância da Cobertura
αpar	Absortância da Parede

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
1.1	QUESTÃO DE PESQUISA.....	25
1.2	JUSTIFICATIVA.....	25
1.3	OBJETIVOS .....	26
1.4	MÉTODO E DELINEAMENTO DO PROCESSO DE PESQUISA .....	27
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	28
<b>2</b>	<b>AS FASES INICIAIS NO PROCESSO DE PROJETO E A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO .....</b>	<b>31</b>
2.1	AS RESTRIÇÕES NAS FASES INICIAIS E AS CONDICIONANTES AMBIENTAIS COMO GERADOR PRIMÁRIO .....	35
2.2	A VISUALIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO E AS FERRAMENTAS DIAGRAMÁTICAS .....	39
2.3	O DESIGN DIGITAL E AS INTERAÇÕES DO FLUXO DE INFORMAÇÕES .....	45
2.4	SÍNTESE DO CAPÍTULO .....	51
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>53</b>
3.1	PESQUISA CONSTRUTIVA EM <i>DESIGN SCIENCE RESEARCH</i> – DSR .....	53
3.2	DELINEAMENTO E TÓPICOS DA PESQUISA.....	55
3.2.1	Identificação do Artefato .....	58
3.2.2	Descrição Metodológica da Avaliação do Artefato: Painel de Especialistas .....	60
3.3	SÍNTESE DO CAPÍTULO .....	61
<b>4</b>	<b>O ARTEFATO: DEFINIÇÕES PRESCRITIVAS E A CONSTRUÇÃO DOS DIAGRAMAS .....</b>	<b>63</b>
4.1	DEFINIÇÕES PRESCRITIVAS.....	63
4.1.1	Características das Condicionantes Ambientais Locais .....	64
4.1.2	O Modelo-Base: Envoltória e Esquema de Planta.....	65
4.2	DESIGN DO ARTEFATO .....	74
4.2.1	Valoração e Construção das Pontuações das Condicionantes Ambientais..	75
4.2.1.1	Valoração para envoltória .....	75
4.2.1.2	Valoração para ventilação .....	80
4.2.1.3	Valoração para insolação .....	83

4.2.1.4	Construção da pontuação das condicionantes .....	88
4.2.2	O Diagrama Analógico de Visualização dos Valores do Modelo-Base no Lote.....	97
4.2.3	Construção e Visualização Digital do Pré-Lançamento do Loteamento .....	106
4.2.3.1	O esquema digital do lote e quadra .....	106
4.2.3.2	Visualização digital do resultado no diagrama lançado .....	110
<b>5</b>	<b>AVALIAÇÃO DO ARTEFATO .....</b>	<b>114</b>
5.1	CONSTRUÇÃO DO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO .....	114
5.1.1	Os Componentes do Instrumento de Avaliação e Sua Estrutura Organizacional.....	115
5.1.2	Aplicação da Avaliação no Grupo-Teste.....	119
5.2	APLICAÇÃO DO INSTRUMENTO NO PAINEL DE ESPECIALISTAS E OS RESULTADOS OBTIDOS.....	121
5.3	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	140
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>150</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>154</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>163</b>
	APÊNDICE A.....	164
	APÊNDICE B.....	166
	APÊNDICE C .....	199
	APÊNDICE D .....	203
	APÊNDICE E.....	206
	APÊNDICE F.....	208

## 1 INTRODUÇÃO

O projeto arquitetônico, de um modo mais genérico, pode ser entendido como um processo de síntese integradora de elementos e realidades diversas. Considera-se neste raciocínio: clientes, localidade, legislação, critérios de desempenho do edifício, possíveis impactos das soluções para os usuários, entre outras informações. Este processo, associado a exercícios de análises e avaliações, move-se de modo cíclico, não retilíneo e em constante evolução (CRUZ, 2006; ANDRADE; RUSCHEL; MOREIRA, 2011; BROADBENT, 1973; ZEISEL, 2006).

Neste contexto, é possível pensar que a natureza do problema de projeto, em fases iniciais de análise, lida com restrições definidas por diversos geradores que direcionam o projeto a um levantamento de dados, ou seja, para uma síntese de elementos internos e externos ao problema (LAWSON, 2011). Essas restrições são definidas por Gross (1986) como regras, requisitos, relações, convenções e princípios que definem o contexto do projeto.

Porém, a seminal pesquisa de Darke (1978), demonstra uma tendência de redução dessa lista de restrições por parte dos arquitetos, em função da dificuldade cognitiva de gerenciamento das soluções em suas práticas projetuais. Esta tendência, limita o projetista a trabalhar com um objetivo particular, ou um conjunto pequeno de restrições, nomeados pelo autor como “geradores primários”.

No entanto, nas últimas décadas, os avanços da tecnologia da informação trouxeram à tona uma ampla discussão com influência na evolução do processo construtivo. Os estudos apontam para o aumento dos esforços de projeto nas fases iniciais de concepção (MACLEAMY, 2004; DAVIS, 2013). Na mesma direção, outros estudos avaliam como positivo o potencial de influência das decisões nas fases iniciais em relação ao custo direto e ciclo de vida das edificações (LU *et al.* 2015; KNOTTEN, 2017).

A possibilidade dessa antecipação da informação alimenta a ideia defendida por Onarheim e Wiltschnig (2010) e Stokes (2006), de que a perspectiva de verificabilidade, testabilidade, usabilidade e similares funcionam como restrições que afetam a criatividade em um movimento ambíguo, tanto limitando quanto direcionando a busca por novas ideias para resolver problemas. Gross (1986) reforça esse pensamento demonstrando que as restrições podem ser adicionadas e alteradas ao

longo desse processo cíclico, explorando suas variações de informações.

Contudo, os parâmetros contextuais-ambientais aparecem como restrições externas ainda pouco avaliadas em fases iniciais do processo de projeto (PEDRINI; SZOKOLAY, 2005). Por outro lado, identifica-se, através da revisão de literatura, o potencial de avaliação destes fatores nas etapas de concepção projetual, pela comprovação de influência na redução de impacto no custo de vida útil da edificação (PEDRINI; SZOKOLAY, 2005; ATTIA *et al.*, 2012; BRAGANÇA; VIEIRA; ANDRADE, 2014; KNOTTEN, 2017).

Observa-se também que as ferramentas de avaliação para fatores contextuais-ambientais, além de não amigáveis e pouco intuitivas a profissionais não especializados, concentram-se em análises de resultados para fases posteriores às tomadas de decisão e, portanto, não estão direcionadas para as fases iniciais (ATTIA *et al.*, 2012; SALES, 2017).

Ainda como fator de relevância para avaliação de parâmetros ambientais nas fases iniciais, Bogenstätter (2010) afirma que as decisões tomadas nesta etapa influenciam 80% das relações de impactos ambientais e dos custos operacionais da edificação. Portanto, avalia-se que as abordagens de impacto de energia nas edificações em etapas posteriores são mais caras e algumas vezes inviáveis (BOGENSTÄTTER, 2010; AIA, 2019).

Entretanto, uma questão emerge aqui: como inserir mais informações restritivas nas fases iniciais do processo de projeto, levando em consideração as limitações cognitivas apresentadas por Darke (1978)?

Uma área que tem evoluído nesta direção é a “Visualização da Informação”, explorando meios de sintetizar dados frente à dificuldade cognitiva de memorização do ser humano (WARE, 2013). Dentro desta discussão, de como compactar dados para visualização e manuseio, destaca-se o uso de diagramas como parte do processo de projeto resultante da externalização de informações intuitivas (LAWSON, 2011; SCHÖN, 1993; WHITE, 1983; LASEAU, 200; MONTANER, 2017). Ware (2013) apresenta o termo “visão ativa”, referindo-se à capacidade de aprimoramento e extensão cerebral favorecida por projetos gráficos que funcionam como ferramentas cognitivas.

Para Ware (2013), as técnicas de visualização da informação ganham

importância à medida que se entende como funciona o eficiente mecanismo de busca de padrões do cérebro. O autor pontua ainda, que diferente de imagens estáticas representativas, a qualidade e eficiência dos resultados, que apresentam detalhes e fazem a diferença, está na construção de artefatos fluidos e dinâmicos para o manuseio.

Nesse sentido, a tecnologia da informação e o design digital colaboram para essa mudança de paradigma, oferecendo novas possibilidades de interação, envolvendo as atividades de representação, geração, avaliação e desempenho (OXMAN, 2006). A partir da nova perspectiva de relação com a informação, Oxman (2006) e Kolarevic (2005) ressaltam que o controle dos processos digitais, ainda que sejam complexos, depende da interação com o projetista, valorizando a reflexão com um meio visual (SCHÖN, 1993).

Desta forma, define-se como problema de pesquisa a ser investigado, a inserção de restrições contextuais-ambientais de modo sintetizado para comunicação e exploração destas informações na fase inicial do processo de projeto.

Fundamentado nisso, propõe-se o desenvolvimento de um artefato constituído de aplicações metodológicas, procedimentos e mecanismos, com respostas visuais expressadas em diagramas. Tal instrumento, visa inserir um conjunto de restrições voltado às variáveis contextuais-ambientais, um tipo de leitura considerada não amigável para uso de profissionais nas fases iniciais do processo de projeto (SALES, 2017).

### **Contexto da pesquisa:**

Como contexto de aplicação, o estudo alinha-se à rede internacional de pesquisa *Zero Energy Mass Custom Home - ZEMCH*<sup>1</sup>. Esta Rede, com a colaboração de mais de 500 parceiros em quase 40 países, tem a finalidade de estreitar as relações entre a área acadêmica e a indústria da construção, através do desenvolvimento de pesquisas de habitações econômicas, social e ambientalmente sustentáveis, tanto em países desenvolvidos quanto emergentes. O objetivo é o estudo em torno à criação de casas customizadas em massa com baixo custo de produção e manutenção e baixo impacto ambiental (ZEMCH, 2020).

---

<sup>1</sup> Construção em massa de casas customizadas com consumo zero de energia – tradução do autor.

No Brasil, um grande número de contribuições de pesquisas concentra-se na Universidade Estadual de Londrina – UEL. As pesquisas direcionam-se para métodos de desenvolvimento projetual voltados à habitação de interesse social (HIS). Os assuntos abordados incorporam, além de metas de custo e requisitos dos usuários, as avaliações de desempenho energético durante as primeiras etapas de projeto buscando melhores soluções para envoltória, aberturas, orientações e geometria (ARAGÃO; HITORA, 2019; GALINDO; GIGLIO; HIROTA, 2017).

Na UEL, segundo proposta enviada ao CNPq<sup>2</sup>, o projeto de pesquisa, intitulado “Instrumentos para custeio-meta no desenvolvimento integrado de HIS customizada em massa em processo colaborativo”, prevê a realização de uma série de estudos envolvendo diferentes áreas para o desenvolvimento de projetos de habitações de interesse social. Leva em conta o uso de modelagem física e digital e instrumentos gerenciais voltados para a customização em massa em processo colaborativo.

Esses estudos têm como objetivo geral avaliar a modularidade e flexibilidade de sistema construtivo pré-fabricado e o uso de instrumentos digitais, para a consideração de custos no desenvolvimento, em processo colaborativo, de HIS customizada em massa. Muitos destes trabalhos têm como método de aplicação o *Design Science Research* (DSR), para construção de artefatos em forma de diretrizes, instrumentos de apoio à gestão do processo de projeto integrado e aplicação do sistema construtivo seguindo os conceitos ZEMCH.

Noguchi (2016), fundador e coordenador da rede ZEMCH, explica que, para a eficiência dos resultados das construções em massa, fatores como localização e orientação solar devem ser diretrizes projetuais tão importantes quanto o design dos componentes da casa. Da mesma forma, tecnologias de energia renováveis devem ser integradas ao projeto como padrão.

Neste âmbito, a evolução das pesquisas da rede ZEMCH no Brasil possibilita um campo de investigação partindo de estudos consolidados. Em relação aos requisitos dos usuários, entre outros resultados, vale ressaltar a conclusão de um levantamento estatístico decrescente de itens priorizados por ordem de importância construído por Aragão e Hirota (2019). Entre estes itens, os elementos de qualidade

---

<sup>2</sup> Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

ambiental e economia de água e luz, aparecem como fatores de maior relevância a serem previstos como restrições de projeto, segundo mostra a (Figura 1). Para estes autores, esse estudo permite identificar possíveis oportunidades de intervenções no produto HIS.

**Figura 1** – Gráfico de valoração de requisitos do usuário – IGI (índice geral de importância).



**Fonte:** Aragão e Hirota (2019).

Seguindo este raciocínio, a rede ZEMCH no Brasil apresenta estudos sobre a envoltória da edificação e suas especificidades, visando a produção em massa. Estes estudos buscam a possibilidade de industrialização e modularidade da edificação, permitindo maior rapidez, qualidade e facilidade de incorporar a customização mediante o intercâmbio de componentes (GALINDO; GIGLIO; HIROTA, 2017).

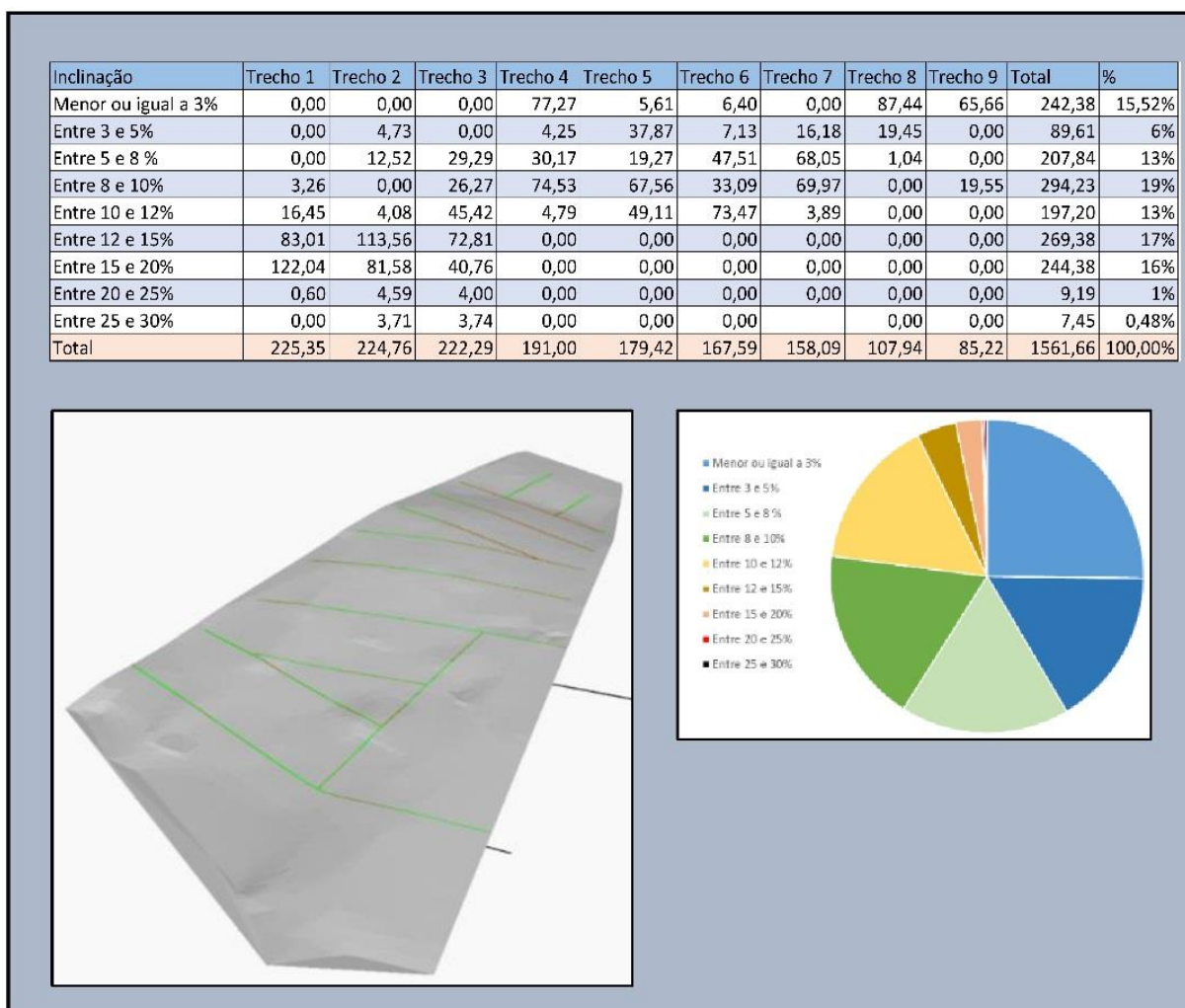
Entre os diversos estudos deste grupo, destaca-se a investigação de Takahashi (2017), onde o autor apresenta um artefato em design associativo que aborda os EHIS sob o ponto de vista da relação entre topografia, sistema viário e custo. Assim, com o enfoque na qualidade de desempenho energético das edificações, como também em alinhamento com os estudos da rede ZEMCH no Brasil, esta pesquisa aqui apresentada visa dar continuidade a investigação citada.

Takahashi (2017) baseia-se nas diretrizes qualitativas levantadas por

Aragão (2014), Saito (2016) e Shigueharu (2015), todos pertencentes à rede ZEMCH no Brasil. Estes estudos levantam pontos associados ao projeto de vias em EHIS, assinalando a condição física do terreno, o comprimento e largura das vias, de modo a relacioná-los com custo e qualidade de vida, aspectos diretamente relacionados com o projeto de loteamento.

O trabalho de Takahashi propõe, através do design associativo, a visualização das condições do terreno para a implantação de um EHIS, através de um artefato parametrizado. Formulado a partir de dois algoritmos, a ferramenta é capaz de avaliar a topografia e visualizar suas relações com o sistema viário, gerando linhas orientadoras que dão subsídios para escolhas fundamentadas nas diretrizes qualitativas no desenvolvimento de loteamentos.

**Figura 2** – Artefato de visualização das relações qualitativas entre topografia e eixos para os sistemas viários.



Fonte: Takahashi (2017).

Deve-se destacar dentro da rede ZEMCH, certos aspectos que delineiam os estudos e são importantes para a continuidade desta pesquisa:

- Alinhamento com questões ambientais direcionadas ao desempenho da edificação;
- Vasto conhecimento associado (oportunidade de continuidade de pesquisas sobre o assunto);
- Experimentação em etapas iniciais de concepção projetual (voltadas a EHIS);
- Habitação de interesse social - HIS (o pequeno porte da edificação possibilita o recorte para a aplicação da pesquisa);
- Utilização de um método construtivo padronizado (oportuniza o estudo direcionado para abordagem de uma técnica construtiva);
- Aplicações pregressas do método DSR para construção de artefatos vinculados à pesquisa (referências de aplicação do método DSR); e
- Uma cultura estabelecida de desenvolvimento e experimentação de exercícios práticos da rede de pesquisas (favorece futuras aplicações do objeto - artefato).

Esta pesquisa busca dar continuidade ao citado estudo, incorporando as informações contextuais-ambientais como variáveis de impacto à vida útil da edificação por influência da orientação do lote. Toma-se as linhas orientadoras para a formatação das vias, trabalhadas por Takahashi (2017), como regramento para a formação das quadras, condicionando deste modo o posicionamento dos lotes. Estes elementos, por sua vez, tornam-se importantes geradores de restrições externas, com papel de influência no processo de projeto de concepção das moradias, refletindo nos resultados finais de desempenho energético (LAWSON, 2011).

Com isso, toma-se também os projetistas de loteamentos como atores das fases mais iniciais da cadeia de projetos de EHIS, com preocupações normalmente mais afastadas deste tipo de restrição projetual. Deve-se destacar que estas variáveis fazem parte de uma estrutura de entendimento básico de fatores que impactam o consumo energético da edificação durante sua vida útil (LAMBERTS;

DUTRA; PEREIRA, 2014; GALINDO; GIGLIO; HIROTA, 2017; SALES, 2017; PEDRINI; SZOKOLAY, 2005; ATTIA *et al.*, 2012; BRAGANÇA; VIEIRA; ANDRADE, 2014), o que justifica a atenção para tais aspectos em fases mais iniciais.

Resolve-se investigar essas etapas iniciais de concepção do loteamento, onde as edificações ainda não foram projetadas. O estudo busca focalizar o lançamento das quadras e desmembramento de lotes para EHIS. Nestas etapas, a incorporação das condicionantes ambientais pode contribuir na escolha de glebas para implementação de EHIS ou simplesmente em um desenho inicial de lançamento do loteamento de EHIS.

Para incorporar tais condicionantes, faz-se necessário visualizar a valoração dos lotes em função das possibilidades do desempenho energético, a partir de um esquema de edificação de HIS hipotética, já que não se tem ainda o edifício em si.

Nesse sentido, a pesquisa se direciona para as características relacionadas ao estudo da rede ZEMCH no Brasil. Deste modo, elegem-se para esta investigação, como padrão de EHIS, unidades habitacionais unifamiliares isoladas, edificadas com técnica construtiva industrializada e passíveis de customizações em massa. Contudo, acredita-se no potencial de aplicabilidade para outros casos de projetos em etapas iniciais, como na análise de diferentes tipologias de HIS, no simples lançamento de loteamento para população de baixa renda, ou ainda, para loteamentos de condomínios horizontais.

Para manter-se alinhado às pesquisas anteriores da rede ZEMCH, buscou-se cumprir alguns dos requisitos do usuário levantados pelo grupo da UEL, levando em consideração impactos energéticos gerados pela qualidade da implantação da edificação. Alia-se a esse aspecto levantado a revisão de literatura, que demonstrou uma lacuna nos processos de projeto em relação avaliação de desempenho energético nas etapas iniciais de concepção (PEDRINI; SZOKOLAY, 2005; ATTIA *et al.*, 2012; BRAGANÇA; VIEIRA; ANDRADE, 2014).

Espera-se trazer as preocupações referentes ao impacto energético para as etapas iniciais de projeto, nas fases de concepção do loteamento de HIS. Investiga-se, portanto, as informações contextuais-ambientais básicas como elementos restritivos a serem sintetizados em um artefato diagramático como modelo

de referência. A ambição do instrumento é dar possibilidade cognitiva de visualização e entendimento prévio desse conjunto de informações, como forma de apoio às decisões de configuração dos lotes em projetos de EHIS, somando-se ao estudo de Takahashi (2017).

### **1.1 QUESTÃO DE PESQUISA**

A questão principal de pesquisa a ser respondida é:

- Como sintetizar e comunicar informações ambientais relacionadas ao sítio para apoio à tomada de decisões nas fases iniciais do processo de projeto de loteamentos?

### **1.2 JUSTIFICATIVA**

A partir do exposto, a pesquisa pode ser justificada da seguinte forma:

- a) Deve-se valorizar as informações do contexto e análise do sítio, pois estas permitem um diálogo entre arquitetura e meio ambiente, podendo reduzir os impactos ambientais, sociais e econômicos ao longo da vida útil de um edifício, como fator importante para o desenvolvimento da arquitetura, contribuindo naturalmente para a qualidade dos espaços e bem-estar dos usuários (WHITE, 1983; LAGRO JR, 2008; ROAF; FUENTES; THOMAS, 2009; NOGUCHI, 2016).
- b) A questão da moradia está no cerne da produção contemporânea da arquitetura e precisa ser problematizada e enfrentada à altura de sua complexidade (ROSSETTI, 2014). Do ponto de vista da construção em massa e dos projetos de habitações de interesse social no Brasil, a maioria deles não são idealizados sob a ótica da eficiência energética, gerando a insatisfação dos usuários, que apontam em pesquisas, a valorização da economia de energia como requisito de alta importância (NOGUCHI, 2016; ARAGÃO; HIROTA, 2016; CONCEIÇÃO, 2015; VILLA; ORNSTEIN, 2013).
- c) Observa-se a necessidade de análise de desempenho nas etapas

iniciais de concepção do projeto, levando em consideração que as decisões tomadas nestas etapas têm alto impacto nos custos operacionais da edificação e ambientais. Avalia-se que alterações para amenizar os impactos em gastos de energia nas etapas iniciais interferem em possíveis aumentos de custos e, em alguns casos, evitam situações que podem não ser mais adaptáveis. Considera-se, no entanto, que a antecipação dos objetivos integrados às questões contextuais-ambientais na concepção projetual, favorece o melhor desempenho energético da edificação (BOGENSTÄTTER, 2000; BRAGANÇA; VIEIRA; ANDRADE, 2014; AIA, 2019).

- d) As ferramentas de simulação e performance são essenciais para alcançar resultados que favoreçam a qualidade de relação ambiental das edificações. Porém, a revisão de literatura demonstra que estas ferramentas ainda não respondem de maneira completa a demandas importantes. Além de apresentarem resultados complexos não intuitivos, necessitando da análise por especialistas, estão mais vinculadas com a aplicação em etapas posteriores de projeto. Quando aplicadas em apoio a tomada decisão nas fases iniciais, são consideradas inadequadas, já que não fornecem um feedback para o projeto em relação a tecnologias passivas e ativas (BRAGANÇA; VIEIRA; ANDRADE, 2014; ATTIA *et al.*, 2012; SALES, 2017; LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

### 1.3 OBJETIVOS

Objetivo principal:

Desenvolver um artefato para visualização e manuseio de informações ambientais para apoio de tomada de decisão na fase inicial do processo de projeto de loteamento de EHIS.

Objetivos específicos:

- a) Definir valorações voltadas às informações ambientais que

parametrem o artefato aplicável às etapas iniciais de concepção projetual de loteamentos a partir de uma ideia genérica de edifício.

- b) Entender padrões visuais e formais intuitivos que auxiliem a geração de respostas às características de desempenho ambiental em lançamentos de loteamento.
- c) Avaliar as interações analógicas e digitais, em etapas iniciais de projeto de loteamento, como formas de entendimento pedagógico de informações ambientais.

#### **1.4 MÉTODO E DELINEAMENTO DO PROCESSO DE PESQUISA**

Assumindo o caráter de ciência do artificial segundo March e Smith (1995), a pesquisa visa construir um artefato a partir do desenvolvimento de um instrumento diagramático de síntese da informação para manuseio profissional ou acadêmico.

Aplica-se a metodologia do *Design Science Research* (DSR), que parte da consciência do problema extraindo informações de conhecimento científico, para construir sugestões com o foco na solução do problema (VAISHNAVI; KUECHLER, 2008). Esta atividade de pesquisa ressalta a relação entre a viabilidade de construção do artefato, como também, o desenvolvimento de critérios para a sua avaliação (MARCH; SMITH, 1995).

O modelo metodológico adotado é apresentado por Vaishnavi e Kuechler (2008), definindo uma sequência lógica que avalia a consciência do problema, define sugestões, experimenta o desenvolvimento do artefato e avalia as implementações. A avaliação possibilita a circunscrição voltando a consciência do problema com possibilidades de novas sugestões para melhorias do instrumento.

No delineamento da atual pesquisa, a partir consciência do problema, constrói-se a sequência metodológica observando as três etapas subsequentes apresentadas no raciocínio de Vaishnavi e Kuechler (2008).

- 1) Definições Prescritivas (Sugestões): conceitos teóricos e características prescritivas relacionadas ao modelo representativo de HIS, adotado no contexto da rede ZEMCH.

Essas fornecem os valores para medição e aferição.

- 2) Design do artefato: definido pela relação de construção e aplicação do artefato com base nos itens: a) valoração e construção das pontuações das condicionantes ambientais b) o diagrama analógico de visualização dos valores do modelo-base no lote c) a construção e visualização digital do pré-lançamento do loteamento.
- 3) Avaliação do artefato: realizada com painel de especialistas, em experimentações individuais de exercícios práticos gerando discussões a partir da aplicação de perguntas semiestruturadas.

Essa circunscrição tem o objetivo de avaliar os resultados e contribuir para melhores desempenhos do artefato com vistas à tecnologia da solução (LACERDA *et al.*, 2013; VAISHNAVI; KUECHLER, 2008).

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

A fundamentação teórica inicia-se no segundo capítulo, após a presente introdução, e busca compreender o problema de pesquisa através da revisão bibliográfica de natureza exploratória. Como ponto inicial, este capítulo discorre sobre a importância das fases iniciais e comprova a relevância de se discutir a ampliação dos esforços nesta etapa do processo como fator de impacto direto nas construções (LAWSON, 2011; DARKE, 1978; DAVIS, 2013; LU *et al.* 2015). Também trata da necessidade de aprimorar o estudo de parâmetros contextuais-ambientais (subcapítulo 2.1) como requisitos projetuais; do déficit de ferramentas de visualização amigáveis; e de aplicações em etapas de concepção projetual (GROSS, 1986; LAWSON, 2011; ONARHEIM; WILTSCHNIG, 2010; STOKES, 2006; PEDRINI; SZOKOLAY, 2005; ATTIA *et al.*, 2012; BRAGANÇA; VIEIRA; ANDRADE, 2014; AIA, 2019). O subcapítulo (2.2), aponta alguns conceitos de Visualização da Informação por Ware (2013), Craft e Cairns (2008), e apresenta o termo “visão ativa” como sequência evolutiva no processo de projeto ao “pensamento visual” consagrado por Schön (1983) e Laseau (2001). O estudo segue apresentando a necessidade de uma nova abordagem visual para a comunicação de fatores ambientais, apresentando os diagramas como ferramentas dinâmicas de apoio à síntese visual para a construção

de padrões intuitivos de leitura (LAWSON, 2011; SCHÖN, 1993; WHITE, 1983; LASEAU, 2001; SOMOL, 1999; MONTANER, 2017). O raciocínio da fundamentação é concluído com o subcapítulo (2.3), que avalia a mudança de paradigma ocasionada pelo avanço da arquitetura digital, e a orientação metodológica a respeito das interações entre projetista e os fluxos de informação (MITCHELL, 2005; OXMAN, 2006; KOLAREVIC, 2005). Por fim, o subcapítulo (2.4) descreve uma síntese geral compilando os conceitos e ideias apresentadas.

Posteriormente, o terceiro capítulo identifica a pesquisa construtiva em DSR como metodologia referência para a construção do artefato, embasada por (VAN AKEN, 2004; VAISHNAVI; KUECHLER, 2008; MARCH; SMITH, 1995; HEVNER *et al.*, 2004; LACERDA *et al.*, 2013). Em uma sequência de raciocínios, o delineamento exhibe os tópicos da pesquisa que compõem a estrutura do trabalho. Depois, discorre sobre a identificação do artefato e a descrição metodológica de sua avaliação. Por fim, apresenta um quadro síntese que ilustra a estrutura da pesquisa.

O quarto capítulo apresenta a concepção geral do artefato, ordenando em definições prescritivas (4.1) e design do artefato (4.2). Inicialmente o primeiro item introduz a identificação do contexto da pesquisa, sugeridos a partir dos conceitos teóricos da revisão bibliográfica e a definição do ambiente de pesquisa – Rede ZEMCH no Brasil (descritos no item 1). A partir disso, explana-se sobre a determinação da localidade e condicionantes ambientais (4.1.1), e o modelo-base: envoltória e esquema de planta (4.1.2) para construção dos valores de medição e aferição. O segundo item apresenta os componentes geradores do artefato. Estes são descritos em três partes: a valoração e construção das pontuações das condicionantes ambientais (4.2.1); o diagrama analógico de visualização dos valores do modelo-base no lote (4.2.2); e a construção e visualização digital do pré-lançamento no lote (4.2.3).

O quinto capítulo expõem a avaliação desenvolvida em um painel de especialistas com uma descrição dos resultados obtidos. Com isso, avança-se sobre as discussões frente às pesquisas existentes na área, com observações a respeito do potencial de utilidade e usabilidade em relação as interações analógicas-digitais do artefato estudado. Verifica-se também, as limitações da pesquisa e as futuras abordagens de estudo.

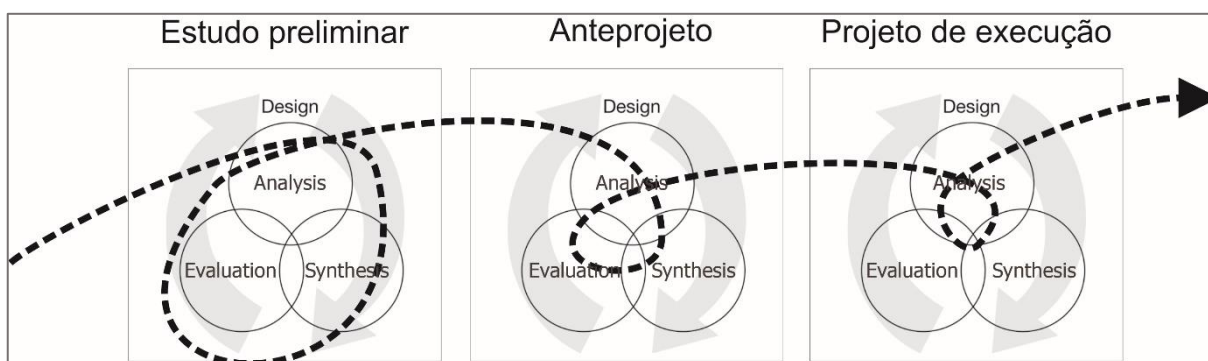
Por fim, o sexto capítulo conclui a respeito do alcance dos objetivos

propostos pelo estudo, e procura responder a questão de pesquisa com reflexões a partir dos aprendizados obtidos com a investigação.

## 2 AS FASES INICIAIS NO PROCESSO DE PROJETO E A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

As etapas de projeto são compreendidas de modo geral como um processo de ações não retilíneo, marcado por um tipo de movimento cíclico que, comumente, é pensado através da metáfora de ciclos conectados (Figura 3) (BROADBENT, 1973; ZEISEL, 2006). Contudo, ainda que se possa ver o projeto por meio deste movimento cíclico de ações, também é possível dividir seu processo pelas etapas do plano de trabalho que evolui do estudo mais inicial para os documentos de suporte da concretização da obra. Esta divisão pode ser vista no mapeamento das fases de projeto apresentada pelo *Royal Institute of British Architects* (RIBA)<sup>3</sup>, *American Institute of Architecture* (AIA)<sup>4</sup> e Instituto de Arquitetos do Brasil (IAB)<sup>5</sup>. Nestes três modos de categorização aparecem termos como “*strategic definition – preparation and briefing*”, “*pre-design services/site analysis*” e “estudo preliminar”, todos para definir a fase inicial do processo de projeto, momento que esta pesquisa se dedica.

**Figura 3** – Etapas do processo de projeto em ciclos conectados



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O quadro comparativo (Quadro 1) apresenta em destaque os fatores considerados pertencentes à fase inicial do processo e entendidos como informações iniciais geradoras de projeto. Por meio de uma análise desta primeira fase, em cada

<sup>3</sup> Organização profissional que representa os arquitetos do Reino Unido – RIBA Plan of Work. Disponível em: <<https://www.architecture.com/-/media/GatherContent/Test-resources-page/Additional Documents/2020RIBAPlanofWorktemplatepdf.pdf>>

<sup>4</sup> Organização profissional que representa os arquitetos dos Estados Unidos – Architect’s Guide to Building Performance. Disponível em: <<https://www.aia.org/resources/6157114-architects-guide-to-building-performance>>

<sup>5</sup> Organização profissional que representa os arquitetos do Brasil – Manual de Procedimentos e contratação de serviços de Arquitetura e Urbanismo. Disponível em: <[https://www.iabsp.org.br/manual\\_de\\_contratacao\\_aprovado\\_pelo\\_138\\_COSU-SP.pdf](https://www.iabsp.org.br/manual_de_contratacao_aprovado_pelo_138_COSU-SP.pdf)>

categorização, observa-se em comum um conjunto de informações que definem restrições que transitam basicamente entre o programa arquitetônico, elementos contextuais locais, materiais e técnicas construtivas, legislação específica, custo e desempenho esperado entre outros valores variáveis.

**Quadro 1** – Comparação entre as fases iniciais do processo de projeto segundo plano de trabalho do Instituto de Arquitetos do Brasil (IAB), *Royal Institute of British Architects (RIBA)* e *American Institute of Architects (AIA)*.

COMPARAÇÃO ENTRE AS FASES INICIAIS DO PROCESSO DE PROJETO		
INSTITUTO DE ARQUITETOS DO BRASIL (IAB)	ROYAL INSTITUTE OF BRITISH ARCHITECTS (RIBA)	AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS (AIA)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Estudo preliminar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Strategic Definition</i></li> <li>▪ <i>Preparation and Briefing</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Pre-Design Services/Site Analysis</i></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Programa de necessidades (objetivo do cliente e finalidades da obra)</li> <li>– Informações sobre o terreno e seu entorno (análise do contexto)</li> <li>– Legislação arquitetônica e urbanística (municipal, estadual e federal) pertinente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Requisitos do cliente</li> <li>– Estudos de casos</li> <li>– Briefing</li> <li>– Estudos de viabilidade</li> <li>– Informação do site (análise do contexto)</li> <li>– Orçamento do projeto</li> <li>– Programa de projeto</li> <li>– Estratégia de aquisição</li> <li>– Matriz de responsabilidade</li> <li>– Requisitos de informação</li> <li>– Informação do sítio (análise do contexto, critérios de sustentabilidade)</li> <li>– Estudos de casos (referências)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Tipo de projeto (avaliação de referências)</li> <li>– Identificação de metas e objetivos</li> <li>– Coleta de dados (montagem do programa de necessidades)</li> <li>– Análise de informações (forças externas –</li> <li>– Contexto, critérios para sustentabilidade)</li> <li>– Identificação de estratégias programáticas</li> <li>– Estabelecimento de requisitos quantitativos</li> <li>– Tipo de projeto (avaliação de referências)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Anteprojeto / Projeto de aprovação</li> <li>▪ Projeto de execução</li> <li>▪ Assistência à execução da obra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Concept Design</i></li> <li>▪ <i>Spatial Coordination</i></li> <li>▪ <i>Technical Design</i></li> <li>▪ <i>Manufacturing and Construction</i></li> <li>▪ <i>Handover</i></li> <li>▪ <i>Use</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Schematic Design</i></li> <li>▪ <i>Design Development</i></li> <li>▪ <i>Constructions Documents</i></li> <li>▪ <i>Bidding and Negotiation</i></li> <li>▪ <i>Construction</i></li> <li>▪ <i>Post-Construction</i></li> </ul>

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Lawson (2011) define este estágio como a possibilidade de ordenamento das informações e estruturação do problema, seguidos pela classificação dos objetivos e padronização das informações disponíveis. Neste contexto, é possível deduzir que a natureza principal das fases iniciais é buscar rastrear restrições definidoras do problema de projeto por diversos geradores. Estes geradores direcionam o projeto a um levantamento de dados para uma síntese de elementos internos e externos ao problema.

Esta fase, diante da quantidade de informações que o projetista ainda tratará no decorrer do processo, demanda uma leitura mais sintética que permita encontrar mais facilmente as direções principais para prosseguir o projeto. Por isso, como observa Darke (1978), nestes momentos iniciais, os arquitetos tendem a reduzir a lista de informações e fatores a ser considerados em um projeto. A razão se relaciona com uma estratégia de encontrar com mais facilidade possíveis soluções cognitivamente gerenciáveis. Para isso, o projetista fixa-se em um objetivo particular ou um pequeno grupo de objetivos ou restrições, denominados pelo autor como “geradores primários” (DARKE, 1978).

Por outro lado, atualmente discute-se, como fator de impacto no processo de maneira geral, os reflexos do aproveitamento e integração dessas informações quando antecipadas, em especial, à fase inicial de pré-projeto. Essa discussão tem sido amplamente difundida principalmente sob o ponto de vista da contribuição para economia do processo construtivo. Neste contexto, diversos autores apontam as decisões tomadas nesta fase como um fator de influência de impacto no custo direto e no ciclo de vida edificação (MACLEAMY, 2004; DAVIS, 2013; LU *et al.* 2015; KNOTTEN, 2017).

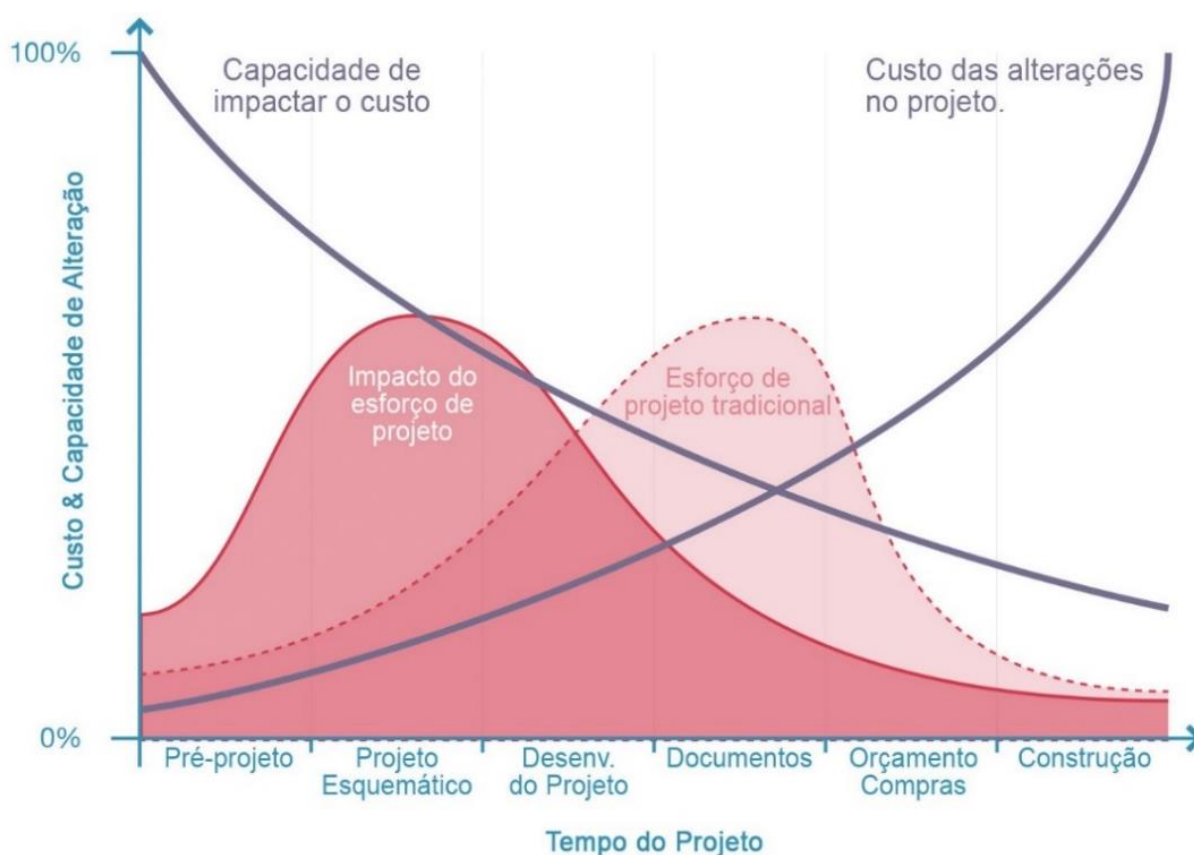
O gráfico de MacLeamy (Figura 4) ilustra os benefícios dessa antecipação da quantidade de informações e influência nas decisões de projeto, demonstrando que o projetista tem mais capacidade de impactar o funcionamento e o custo de um projeto nas fases iniciais. Deixa claro que essa capacidade diminui durante um projeto, enquanto os custos de fazer alterações no projeto aumentam (MACLEAMY<sup>6</sup>, 2010 *apud* DAVIS, 2013, p.33).

---

<sup>6</sup> MACLEAMY, Patrick. Bim-Bam-Boom! How to Build Greener, High-performance Buildings. **HOK Renew**. Accessed 21 November 2012. <http://hokrenew.com/2010/02/09/bim-bam-boom-how-to-guarantee-greener-high-performance-buildings/>.

Davis (2013) ressalta que essas discussões têm aparecido com mais força no início deste século, através do discurso de Patrick MacLeamy e em estudos sobre *Building Information Modeling* (BIM) e *Integrated Design Process* (IDP). Contudo, o mesmo autor ressalta que já em 1976, Boyd Paulson havia esboçado tal raciocínio. O trabalho de Paulson mostrava que o nível de influência do projetista sobre o resultado diminui à medida que o projeto progride e as decisões subsequentes têm influência decrescente e onerosas para implementação. Em outras palavras, à medida que os projetos se tornam mais desenvolvidos, também apresentam maior dificuldades para mudanças (PAULSON<sup>7</sup>, 1976 *apud* DAVIS, 2013, p.33).

**Figura 4 – Curva de Esforço e Efeito/Tempo.**



**Fonte:** MACLEAMY *apud* DAVIS (2013, p.33), traduzido pelo autor.

Esse cenário, reposiciona o projeto arquitetônico como uma atividade centrada na informação, que processa dados de muitas fontes diferentes, organiza e produz novas informações, de modo a simular os impactos esperados e avaliar a

<sup>7</sup> PAULSON, Boyd. Designing to Reduce Construction Costs. *Journal of the Construction Division*, 102 (4): 587–592, 1976.

conveniência destes (KALAY, 2006). Desta forma, torna-se muito importante discutir como ampliar as informações e condições que são incorporadas nas fases iniciais de projeto, como por exemplo, as voltadas às questões ambientais.

## **2.1 AS RESTRIÇÕES NAS FASES INICIAIS E AS CONDICIONANTES AMBIENTAIS COMO GERADOR PRIMÁRIO**

As informações levantadas nas fases iniciais são denominadas, segundo Gross (1986), como restrições. Estas são definidas por regras, requisitos, relações, convenções e princípios que definem o contexto do projeto. A diversidade destas restrições é imposta, ainda segundo o autor, principalmente pela natureza, cultura, convenção e mercado. O ato de projetar, nestas etapas, é fortemente marcado pela descrição e identificação das restrições para, então, encontrar ou especificar um objeto que as satisfaça (GROSS, 1986). Para Lawson (2011), o propósito das restrições é assegurar que o sistema ou objeto projetado cumpra, da maneira mais adequada possível, as funções dele exigidas, fazendo parte do entendimento da natureza do problema de projeto. Ele descreve, ainda, os geradores de restrições, compostos por clientes, usuários, projetistas e legisladores; e complementadas por restrições internas, externas, radicais, práticas, formais e simbólicas (LAWSON, 2011).

Onarheim e Wiltschnig (2010), em um estudo mais recente, complementam os raciocínios anteriores, exemplificando as restrições como um exercício contínuo entre polaridades, tais como: interno x externo, detalhado x amplo, abstrato x concreto, implícito x explícito, objetivo x tarefa, processo x resultado e absoluto x negociável. Esse espaço multidimensional pode ser entendido como uma trama desenhada pela busca constante do equilíbrio entre os extremos opostos. Os autores salientam também que, nessa etapa, existe a possibilidade de relação não só com elementos generativos relacionados com a funcionalidade, estrutura e comportamento, mas também, com elementos do tipo avaliativos, como por exemplo, em prol de verificabilidade, testabilidade, usabilidade e similares.

Stokes (2006), ainda nesta direção, destaca que as restrições afetam a criatividade em um movimento ambíguo, tanto limitando quanto direcionando a busca por novas ideias para resolver problemas. Aliando esse raciocínio ao conceito

de Schön (1993), sobre o enquadramento do problema, diversos autores explicam esse processo como “*design space*”<sup>8</sup>. Em outras palavras, esta ideia define-se como um espaço conceitual que abrange as restrições de criatividade e que governam o resultado do processo de projeto (CANEEL, 2009; ONARHEIM; WILTSCHNIG, 2010; BISKJAER; DALSGAARD; HALSKOV, 2014).

Sob essa ótica, os “geradores primários” de Darke (1978) assim como os “princípios condutores” de Lawson (2011), são leituras semelhantes sobre os modos de trabalho dentro do “*design space*” nas fases iniciais. Esses conceitos descrevem a necessidade de limitação dessas restrições no processo de projeto para o controle cognitivo das informações nestas fases em modelos de condução hierárquica. Porém, outras restrições podem ser adicionadas e alteradas ao longo do processo, o que o torna cíclico em um movimento de necessidade de refinamento sucessivo explorando variações e alternativas (GROSS, 1986).

Voltando ao mapeamento dos modos de trabalho nas fases iniciais, principalmente aos do RIBA e AIA, destaca-se a importância da observação a respeito do terreno e seu contexto na definição de restrições. De modo mais específico, as recomendações por análises de referências e critérios de avaliação de desempenho para sustentabilidade do edifício. Neste raciocínio, as informações contextuais-ambientais despontam como restrições externas de impacto representativo para o ciclo de vida do edifício.

Deve-se observar, contudo, que as análises de desempenho térmico e energético das edificações são itens de restrições de contexto ambiental comumente aplicadas em fases posteriores à concepção do projeto (PEDRINI; SZOKOLAY, 2005). Os autores observam ainda, que apesar do surgimento de ferramentas computacionais para estas análises, suas aplicações são avaliadas como distantes dos escritórios de arquitetura, principalmente nestas fases mais iniciais. Quando ocorrem, são aplicadas por consultores que acabam participando em etapas posteriores de concepção, simulando com um modelo já em fases de anteprojeto.

Neste cenário, há um consenso entre diversos autores sobre os benefícios do emprego de análise de parâmetros ambientais nas fases iniciais do processo (PEDRINI; SZOKOLAY, 2005; ATTIA *et al.*, 2012; BRAGANÇA; VIEIRA;

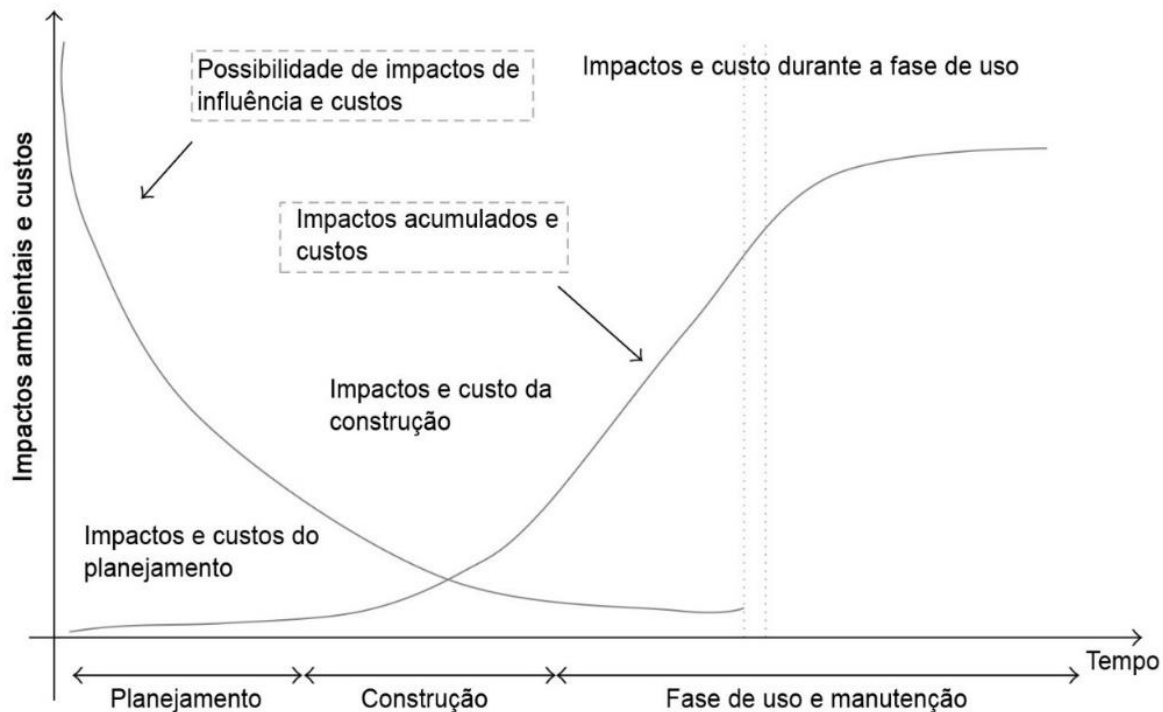
---

<sup>8</sup> Espaço do projeto - tradução do autor.

ANDRADE, 2014). Knotten (2017) reforça que este tipo de decisão, tomada no início do processo, influenciaria o ciclo de vida do edifício. AIA (2019), no guia para desempenho de edifícios, complementa o raciocínio destes autores, explicando que se o desempenho de energia não for considerado no início do processo de projeto, as mudanças necessárias para abordar os impactos de energia posteriores não são apenas mais caras, mas também podem ser impossíveis.

Nesse sentido, Bragança, Vieira e Andrade (2014) apresentam um gráfico semelhante à curva de MacLeamy (Figura 4), porém, tratando especificamente da influência das decisões nas fases iniciais de projeto em relação aos impactos ambientais e custos do ciclo de vida do edifício. Os autores demonstram que para critérios de desempenho de sustentabilidade do edifício, o projeto deve considerar esses parâmetros na abordagem inicial. A razão principal é que nesta fase existe a maior possibilidade de reduzir impactos, pois o custo de atender tais critérios é bastante reduzido (Figura 5).

**Figura 5** – Influência das decisões de projeto nos impactos e custos do ciclo de vida.



**Fonte:** BRAGANÇA; VIEIRA; ANDRADE (2014, p.2), traduzido pelo autor.

AIA (2019), baseando-se no mesmo gráfico, explica que há uma percepção equivocada sobre o alto custo de aplicação de elementos de controle para

eficiência energética. Segundo este Instituto, isso acontece justamente porque o desempenho energético não é tratado como um objetivo desde o início, provocando alterações no final do processo sem terem sido previstas como meta inicial. Bogenstätter (2010) afirma que decisões tomadas nas fases iniciais influenciam 80% das relações de impactos ambientais e dos custos operacionais da edificação. Assim, quanto mais cedo forem definidas as metas e integrados os novos critérios, melhor será a relação de desempenho ambiental da obra edificada (BRAGANÇA; VIEIRA; ANDRADE, 2014).

Attia *et al.* (2012) avaliam que em projetos que buscam consumo zero de energia e, portanto, alta qualidade de desempenho, as ferramentas de simulação de performance são partes fundamentais do processo de projeto. Porém, salienta que esses processos são muito pouco intuitivos. Os autores assinalam que além de haver um déficit de programas de simulação específicos para climas quentes, a maioria das ferramentas existentes concentram-se em avaliar as alternativas de projeto após a tomada de decisão e negligenciam amplamente a questão de informar o projetista antes da fase de concepção do projeto.

Os autores Bragança, Vieira e Andrade (2014) e Attia *et al.* (2012), também definem como inadequadas e raras as ferramentas de apoio para tomada de decisão de projeto em questões ambientais. Estes consideram que tais ferramentas não são capazes de fornecer um feedback adequado quanto ao potencial de projeto para tecnologias passivas e ativas, relacionados às questões ambientais. Attia *et al.* (2012) ressalta, ainda, que os resultados analíticos normalmente apresentados em tabelas de números ou gráficos são frequentemente muito complexos e detalhados, fornecendo uma quantidade excessiva de informação. Algo que vai na direção contrária à síntese, um fator bastante desejado nas fases iniciais. A visualização e a seleção dessas restrições tornam-se muito importantes ao projetista nesta etapa, para que este possa atender as exigências de sintetizar os dados levantados.

No contexto da presente pesquisa, verifica-se a necessidade de sintetização das restrições vinculadas ao contexto ambiental ainda nas fases iniciais, como meio de contribuição para diminuição do impacto na vida útil da edificação. Contudo, esse campo requer ferramentas que apresentem melhores resultados cognitivos, através de modelos intuitivos para o aprimoramento em relação a comunicação com o projetista.

## 2.2 A VISUALIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO E AS FERRAMENTAS DIAGRAMÁTICAS

A interação com o meio visual, vista como essencial para o apoio no processo criativo, foi amplamente discutida no século XX por autores como Arnheim (1969), Laseau (2001), White (1983), Schön (1993) e Lawson (2011). Todos estes autores observaram a importância da externalização do pensamento através da imagem em um processo cognitivo de diálogo com o desenho.

Laseau (2001), consagrando na arquitetura o termo “pensamento gráfico”, destaca a importância da interação com o meio visual nos estágios de projeto mais conceitual, ou seja, nas fases iniciais. Nesta abordagem, pensamento e o desenho trabalham intimamente como estímulos para o desenvolvimento de ideias, onde o pensamento criativo individual tem um papel vital no lidar com problemas complexos e inter-relacionados. Nesse sentido, a comunicação visual fornece ferramentas importantes para descrever e entender a complexidade.

Ware (2010) complementa a expressão “pensamento visual” trabalhada por Arnheim em 1969, utilizando o termo “visão ativa”, onde explica que se deve pensar projetos gráficos como ferramentas cognitivas, aprimorando e estendendo a capacidade de nossos cérebros. O autor salienta que embora o projetista possa formar imagens mentais, evidencia-se maior eficácia quando essas imagens são representadas através de gráficos de informações, instruções visuais, mapas, diagramas e ilustrações técnicas, resolvendo desta maneira os problemas em um processo de pensamento visual. Sempre em processo evolutivo, esse campo de conhecimento ainda acompanha a evolução das metodologias de projeto e ecoam sobre o universo da pesquisa, fazendo valer os estudos ao redor desse rico e complexo tema.

Surge, no entanto, no campo da tecnologia da informação (TI), um processo evolutivo da comunicação visual, onde conceitos de Visualização da Informação, ou *“Information Visualization”*, são estudados em função do avanço quantitativo e qualitativo proporcionado pelo suporte de ferramentas computacionais. Assim, de modo complementar aos conceitos ao redor do pensamento em imagem, defendidos por Schön (1993) e Laseau (2001), Ware (2013) explica que esse campo do conhecimento se volta à possibilidade de cognição externa, onde os recursos exteriores à mente podem ser usados para ampliar as capacidades cognitivas.

Ware (2013) comenta que a aplicação dos conceitos de Visualização da Informação, concede suporte ao pensamento de duas maneiras fundamentais: primeiro, através das consultas visuais por meio de gráficos informativos e, em segundo, pela possibilidade de ampliação da memória. Nesse sentido, o apoio de artefatos visuais à memória são fatores relevantes em um cenário de possibilidades de trabalho com grandes variedades de dados. O autor parte de estudos reveladores de que, aproximadamente, três objetos com diferenças de cor, forma e textura podem ser retidos na memória sem erros. O estudo explica ainda que, se a mesma quantidade de informações de cores, formas e texturas forem distribuídas por mais objetos, a memória diminui para cada um dos atributos (WARE, 2013). O que explica a necessidade de redução da lista de requisitos quando se trabalha nas fases mais iniciais de projeto.

Craft e Cairns (2008), afirmam que o conhecimento a respeito da teoria de Visualização da Informação é explorado através de exemplos, taxonomias, diretrizes e modelos de referência. Estes, embora ofereçam um nível crescente de profundidade e robustez, não constituem uma metodologia. Esses novos sistemas de visualização da informação descrevem “quando” e “o que” representar, porém a informação a respeito de “como” ainda transita no campo da experimentação.

Segundo Craft e Cairns (2008), quatro atributos conceituais constituem técnicas essenciais de visualização da informação, pois descrevem componentes de um sistema de visualização que deve existir e como essas partes devem relacionar-se. Estes quatro atributos são:

- a) Os exemplos são apresentados por meio de novas técnicas, representações visuais e interações, e servem como fonte para projetar ideias e inspirações para profissionais que buscam novas possibilidades de visualizações da informação.
- b) Taxonomias são tentativas de categorizar os atributos dos sistemas de visualização aplicando nomes para elementos visuais e interações.
- c) As diretrizes descrevem as características importantes de sistemas de visualização e quando usá-las. São extraídas de impressões heurísticas dos profissionais. Porém, raramente estão

vinculadas ao contexto em que devem ser usadas, portanto essas recomendações correm o risco de serem vagas ou ambíguas.

- d) Os modelos de referência são baseados em pesquisas psicofísicas, geração de dados de exibição automática e visualização de dados multidimensional. Articulam as capacidades e limitações do processamento visual humano no que se refere a abstração de dados.

No entanto, Craft e Cairns (2008) destacam que entre esses quatro atributos conceituais, que constituem técnicas de Visualização da Informação, os modelos de referência, oferecem uma orientação mais robusta, pois descrevem componentes de um sistema de visualização que deve existir e como essas partes podem relacionar-se.

Craft e Cairns (2008) afirmam também que grande parte das orientações oferecidas pelos modelos de referência, em termos de projetar um artefato visual, é mais implícita do que explícita. Fica a cargo do projetista interpretar como executar, como também, dizer quais componentes devem ser disponibilizados para que os usuários possam atingir seus objetivos. Assim, ainda é papel do projetista preencher a lacuna neste nível superior de modelos visuais, considerando que o conhecimento é capturado por exemplos de sucesso e soluções pontuais.

Em seu estudo, Ware apresenta uma série de fatores relacionados à visão humana e suas capacidades perceptivas. Discorre sobre cores, memória visual de trabalho, relação entre imagens e palavras, escalas e percepção do espaço, entre outros elementos de importância para a visualização da informação. O autor acentua que o cérebro é um poderoso mecanismo de busca de padrões, e esta é a razão pela qual as técnicas de visualização estão se tornando cada vez mais importantes. Desta forma, não há outra maneira melhor de apresentar informações além da aplicação de técnicas de visualização, onde grandes quantidades de valores e dados possam ser interpretadas.

Portanto, os autores concluem que a literatura sobre Visualização de Informações apresenta uma coleção de exemplos que podem fornecer inspiração, mas não funcionam como um guia para resolver problemas associados a novas apresentações visuais ou interações dos usuários. Na maioria das situações, o

desenho de uma nova ferramenta de visualização é uma atividade artesanal e o sucesso depende da compreensão do projetista sobre a tarefa a que as ferramentas se destinam (CRAFT; CAIRNS, 2008, p.48). E, como sublinha Ware (2013), as melhores visualizações não são imagens estáticas para serem impressas em livros, mas artefatos dinâmicos e fluidos que respondem à necessidade de uma visão diferente ou de informações mais detalhadas (WARE, 2013).

No contexto de projetos arquitetônicos, é possível dizer que a aplicação de diagramas funciona como estes artefatos dinâmicos de suporte ao processo de projeto e visualização da informação. Surgem, comumente, durante a fase conceitual de pré-projeto, como instrumento de análise e organização das informações, mas também como elemento gráfico de apresentação e síntese das ideias de um projeto (MONTANER, 2017).

O conceito epistemológico assumido pelos diagramas em arquitetura sugere que o conhecimento do projeto é adquirido através de uma transformação cognitiva das representações visuais de dados (EILOUTI, 2010). Nota-se, através da revisão de literatura, que os diagramas são utilizados no processo de projeto como resultantes da externalização de informações intuitivas do pensamento do projetista, em um diálogo de ação e reflexão (LAWSON, 2011; SCHÖN, 1993; WHITE, 1983; LASEAU, 2001). De modo que, estes se ajustam claramente às necessidades de síntese e visualização de dados nas fases mais iniciais de projeto.

Para Ware (2013), os diagramas são sempre um resultado híbrido do convencional e do perceptivo, pois eles apresentam elementos convencionais, como códigos de rotulagem abstratos, que são difíceis de aprender, mas são formalmente poderosos. Ao mesmo tempo, eles também possuem informações que são codificadas de acordo com as regras de percepção, como os princípios da Gestalt e, assim, funcionam como modelos de referência para a visualização da informação.

Somol (1999), por sua vez, argumenta que, diferentemente do desenho ou do texto, os diagramas operam precisamente entre a forma e a palavra, proporcionando uma disciplina projetiva para a arquitetura. O autor, desde uma ótica mais contemporânea, explora o papel do diagrama e como sua natureza projetiva abre novos territórios para o mundo virtual na prática arquitetônica, permitindo que o arquiteto se torne o organizador e o canal de informações.

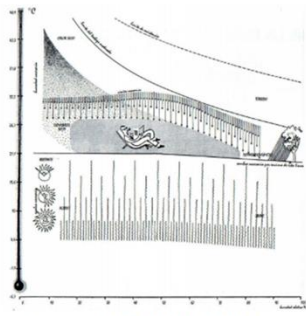
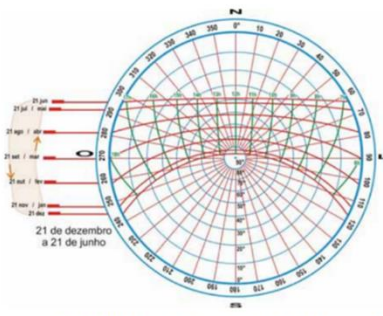
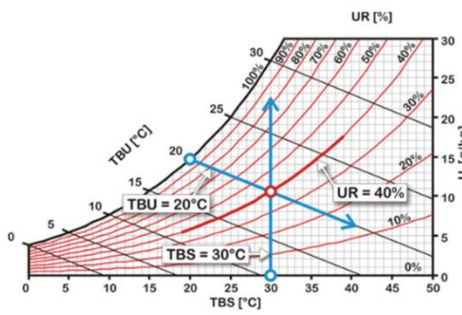
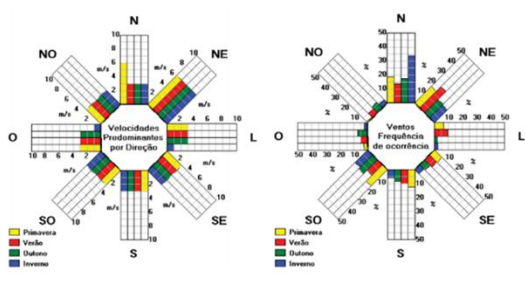
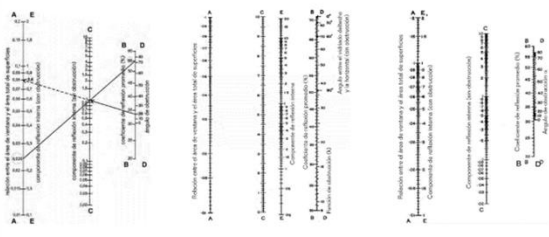
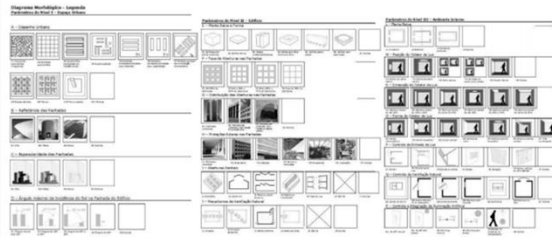
Neste cenário, Montaner (2017) salienta a importância de buscar mecanismos mais versáteis de maneira a acompanhar os novos movimentos da arquitetura:

Neste momento crucial, na segunda década do século XXI, o saber arquitetônico acumulado até hoje necessita de uma reformulação a partir dos novos dados da realidade. É preciso superar a rigidez disciplinar para promover mecanismos de ação mais versáteis e adaptáveis, que sejam capazes de se transformar, que favoreçam uma arquitetura baseada na igualdade de direitos, que sejam uma expressão da diversidade, realizados de forma participativa e tendo como objetivos o reequilíbrio ecológico e a sustentabilidade. A arquitetura avança e evolui enquanto um saber interdisciplinar, e não como uma disciplina fechada e autossuficiente (MONTANER, 2017, p.08).

Deste modo, em um processo de evolução não restritivo ao universo da arquitetura, tem-se detectado uma busca por padrões de visualização da informação para apresentação de conteúdos informativos externos ao pensamento do projetista, como forma de ampliação no campo das soluções projetuais (WARE, 2013; OXMAN, 2006; CRAFT; CAIRNS, 2008; MONTANER, 2017). No sentido de ampliar o campo de abordagem projetual, e conseqüentemente suas soluções, os projetistas têm-se aproximado de modelos gráficos para verificação e orientação do projeto nas áreas de conforto ambiental e eficiência energética.

Dentre os mais conhecidos modelos gráficos para análise de conforto ambiental e, portanto, relacionados aos requisitos contextuais-ambientais no campo da arquitetura (Quadro 2), estão a Carta Solar, Fichas Bioclimáticas, Quadros de Mahoney e o Diagrama Morfológico para a análise da iluminação natural (SALES, 2017).

**Quadro 2 – Modelos gráficos para análise de conforto ambiental Lamberts, Dutra e Pereira (2014).**

MODELOS GRÁFICOS PARA ANÁLISE DE CONFORTO AMBIENTAL	
<b>CARTA DE OLGYAY</b>	<b>CARTA SOLAR</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Gráfico que relaciona clima, conforto ambiental e estratégias de projeto.</li> </ul>  <p>Fonte: OLGAYAY (1963).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gráfico da trajetória aparente do sol, projetada na abóbada celeste.</li> </ul>  <p>Fonte: LAMBERTS, <i>et al.</i> (2014, p. 123).</p>
<b>CARTA PSICROMÉTRICA</b>	<b>ROSA DOS VENTOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Gráfico que relaciona as propriedades do ar.</li> </ul>  <p>Fonte: LAMBERTS, <i>et al.</i> (2014, p. 56).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gráfico que geralmente indica a direção, velocidades e frequência de ocorrência dos ventos predominantes.</li> </ul>  <p>Fonte: LAMBERTS, <i>et al.</i> (2014, p. 79).</p>
<b>NOMOGRAMAS B.R.S.</b>	<b>DIAGRAMA MORFOLÓGICO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Método B.R.S. de cálculo que permite determinar o coeficiente de luz diurna da localidade analisada.</li> </ul>  <p>Fonte: GONZALO, <i>et al.</i> (2015).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instrumento de análise e projeto ambiental com uso de iluminação natural.</li> </ul>  <p>Fonte: AMORIM (2007).</p>

Este tipo de visualização, advindo de um processo analógico, atualmente pode ser manipulado digitalmente, porém Sales (2017) ressalta o caráter não amigável desses procedimentos. Observa-se que fatores relacionados a insolação e ao clima já apresentam uma tendência de produção de ferramentas visuais simplificadas na comunicação de valores, contudo, elementos como ventilação natural e desempenho da envoltória do edifício, são vinculadas a processos matemáticos complexos, motivando a dependência de especialistas (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). Venâncio (2012) explica ainda que esse modelo exige a integração entre processos de simulação e concepção projetual. No entanto, requer arquitetos qualificados o suficiente não somente para operar as ferramentas, mas para identificar dilemas de projeto ao longo do processo e analisar resultados de simulação.

Tem-se, então, como ponto importante de convergência que o exercício de representação visual das informações sempre serviu como apoio de maneira efetiva às práticas projetuais (FANTINATO, 2018), em concordância com as potencialidades de cada ferramenta em sua respectiva época. Neste sentido, Ware (2013) afirma que o período atual demanda a compreensão do suporte computacional como parte significativa de uma tarefa conjunta, em que se abre possibilidades de trabalhar com níveis mais complexos da informação.

### **2.3 O DESIGN DIGITAL E AS INTERAÇÕES DO FLUXO DE INFORMAÇÕES**

Mitchell (2005) apontou a revolução digital como condicionadora de uma mudança de paradigma dentro da arquitetura na relação entre quantidade de informação e soluções de projeto. Esta transformação na produção de edifícios, diferente dos restritamente baseados em desenhos em papel, é marcada pela manipulação de um grupo maior de informação, devido a sua digitalização. Neste contexto, Kolarevic (2005) destaca uma mudança na ênfase do “fazer da forma” para a “descoberta da forma”.

Mitchell (2005) expõe, ainda, que a arquitetura emergente da era digital é caracterizada por altos níveis de complexidade, permitindo uma resposta mais sensível e flexionada às exigências de aspectos contextuais, tais como sítio, programa e intenção expressiva. Além disso, existe um aumento da capacidade dos modelos digitais em ampliar a conexão entre projeto e materialização, mesmo em estágios de

concepção conceitual, suportando uma nova profundidade de contextualização e performance.

Kolarevic (2005) destaca também que as informações podem ser extraídas e compartilhadas com muito mais facilidade e velocidade. Cooper *et al.* (2005) também tratam desta transformação, onde o modelo, suportado nas interações da tecnologia da informação e do design digital, apresenta maior possibilidade de intervenções nas fases de processo de projeto: pré-projeto, pré-construção, construção e pós-construção. Deste modo, amplia-se a possibilidade de controle de fatores e restrições.

Para Oxman (2006), a informação torna-se, portanto, um “novo material” para o projetista, que agora possui novos papéis variando de acordo com a natureza de sua interação com a mídia digital. Assim, o tipo de controle dos processos começa a ser cada vez mais relevante e possibilita a interação, moderando a geração de processos e mecanismos performativos.

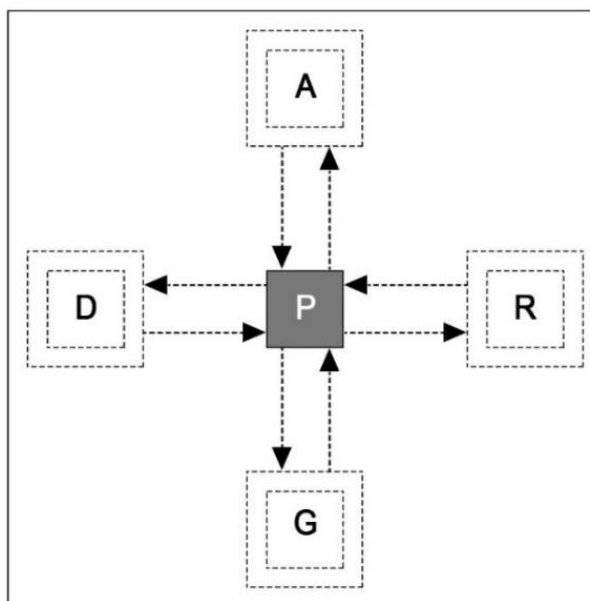
Sob essa ótica, Oxman (2006) e Kolarevic (2005) esclarecem que essa mudança de paradigma da nova cultura de projeto da era digital ainda preserva a relevância da terminologia conceitual de Schön (1993, p.76), de “interação e reflexão com um meio visual”. Para estes dois autores, o controle dos processos digitais, por mais complexos que sejam, ainda se baseiam na interação e reflexão com o projetista.

Oxman (2006) propõe, no entanto, uma orientação metodológica que permite construir uma estrutura conceitual para a formulação de uma abordagem teórica a respeito especificamente do design digital. Na visão da autora, o projetista interage com quatro classes de atividades tradicionais de projeto indicados no esquema, como: representação, geração, avaliação e desempenho (Figura 6). Essas interações, de acordo com Oxman (2006), são apontadas no modelo como relações entre componentes específicos e ligações que são produtos do fluxo de informações (Figura 7).

Do ponto de vista das interações entre componentes, observa-se como fator fundamental no processo de projeto, as relações com as representações de design. Os tipos de interações variam de acordo com a relação entre o projetista e a mídia representacional. Para tanto, Oxman (2006) apresenta quatro diferentes classes de interações:

- a) **Interação com a representação da forma livre** (baseado em papel, não digital): o projetista interage diretamente com uma representação do design através de um esboço, desenho ou modelo físico para criação do próprio design.
- b) **Interação com constructos digitais:** o projetista interage com um esboço digital, desenho digital ou modelo digital. Típica de um design baseado em CAD (*Computer Aided Design*).
- c) **Interação com a representação digital gerada por um mecanismo:** o projetista interage com a estrutura digital gerada por um mecanismo de acordo com um conjunto de regras ou relações pré-definidas. Típica de interação com mecanismos de design generativos.
- d) **Interação com um ambiente digital que gera uma representação digital:** o projetista pode interagir com o mecanismo computacional que gera a representação digital. Típico da interação com a parte operativa de um mecanismo generativo.

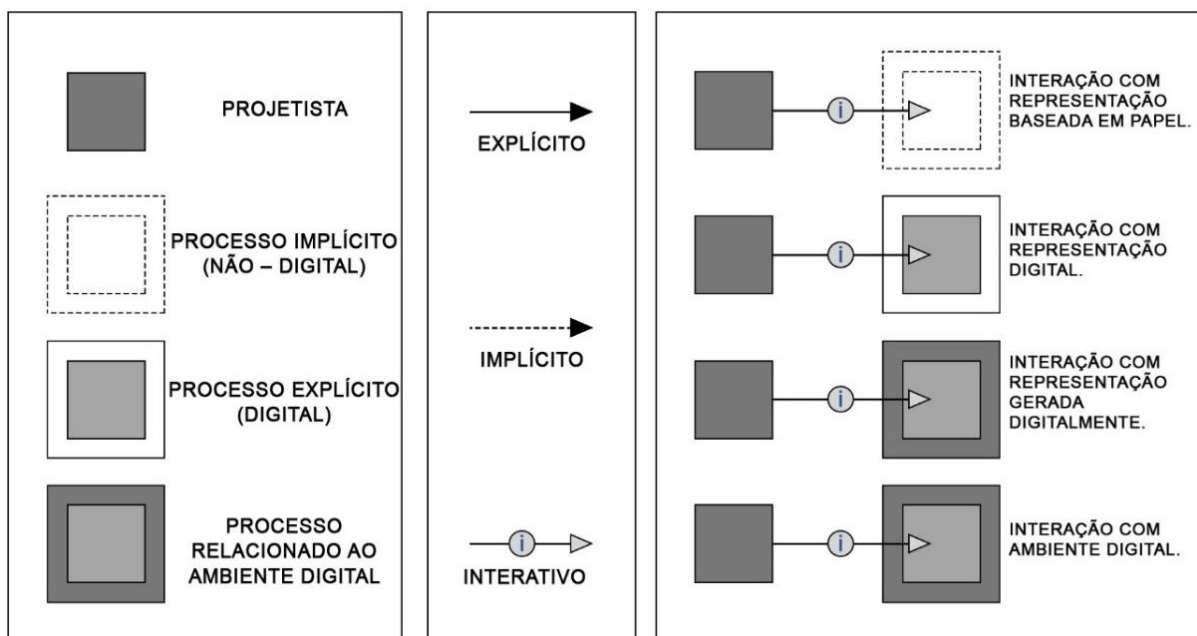
**Figura 6** – Modelo de relações com o Design Digital.



**LEGENDA**  
 P - PROJETISTA  
 A - AVALIAÇÃO  
 D - DESEMPENHO  
 G - GERAÇÃO  
 R - REPRESENTAÇÃO

**Fonte:** OXMAN (2006, p. 241), traduzido e adaptado pelo autor.

**Figura 7** – Legenda dos modelos Design Digital.



**Fonte:** OXMAN (2006, p. 242), traduzido e adaptado pelo autor.

Os elementos de ligação, como produtos do fluxo de informação (Figura 6), são relações cognitivas classificadas como implícitas no que se diz respeito a modelos tradicionais de processos de projeto. Em uma visão computacional do

design, a explicação dos processos cognitivos é baseada em nossa capacidade de formular, representar, implementar e interagir com informações explícitas e bem formuladas do conhecimento.

Oxman (2006) avança o estudo das metodologias digitais apresentando cinco classes paradigmáticas de modelos de estruturação abrangente, de acordo com as relações entre o projetista, seu conteúdo conceitual, os processos de design aplicados e o objeto resultante do design (Quadro 3).

**Quadro 3 – Modelos Metodológicos do Design Digital segundo Oxman (2006).**

MODELOS METODOLÓGICOS DO DESIGN DIGITAL				
MODELOS METODOLÓGICOS				
MODELOS CAD	MODELOS DE FORMAÇÃO DIGITAL	MODELOS DE DESIGN GENERATIVO	MODELOS DE DESEMPENHO	MODELOS COMPOSTOS
<p>▪ Modelos de CAD descritivo</p> <p>▪ Modelo CAD generativo avaliativo</p> <p>▪ Processos digitais de "dupla direção"</p>	<p>▪ Modelos de formação topológicos</p> <p>▪ Modelos de formação de design associativo</p> <p>▪ Modelos de formação baseados em movimento</p>	<p>▪ Modelos de transformação gramatical de design</p> <p>▪ Modelos de design evolutivos</p>	<p>▪ Modelos de formação baseados em desempenho</p> <p>▪ Modelos generativos baseados em desempenho</p>	

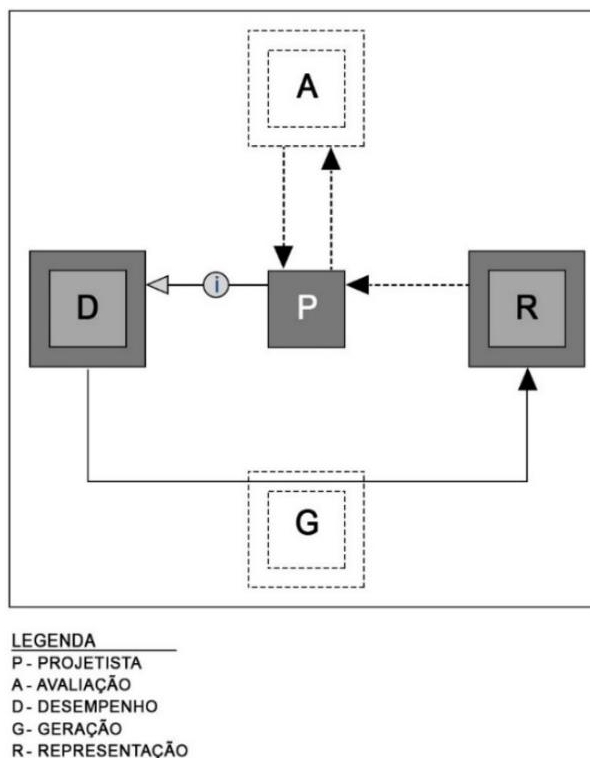
**Fonte:** Elaborado pelo autor (2019).

Considerando as definições estruturadas da metodologia do design digital apresentada por Oxman (2006), a atual pesquisa interage com o modelo de desempenho, enquadrando-se no submodelo de formação baseado em desempenho. A identificação com esta metodologia é caracterizada pelas interações de simulação digital de forças externas relacionadas a parâmetros de desempenho ambiental, tecnológico e de custo. Essas, são empregadas por técnicas de simulação analítica que produzem expressões paramétricas detalhadas de requisitos de desempenho.

No projeto, segundo o autor, a influência das forças externas pode ser aplicada para informar o comportamento complexo de um modelo com possibilidade de alteração e transformação. Isso pode ser considerado relevante para objetos dinâmicos nos quais a simulação dinâmica comporta a influência das forças ambientais.

No modelo de formação baseado em desempenho de Oxman (2006), representando as interações digitais e os fluxos de informação, o diagrama mostra a relação explícita e interativa entre o projetista e a atividade de desempenho, gerando também de modo explícito, a representação digital para uma posterior interação implícita do projetista (Figura 8).

**Figura 8** – Modelo formação baseado em desempenho segundo Oxman (2006).



**Fonte:** OXMAN (2006, p. 258), traduzido e adaptado pelo autor.

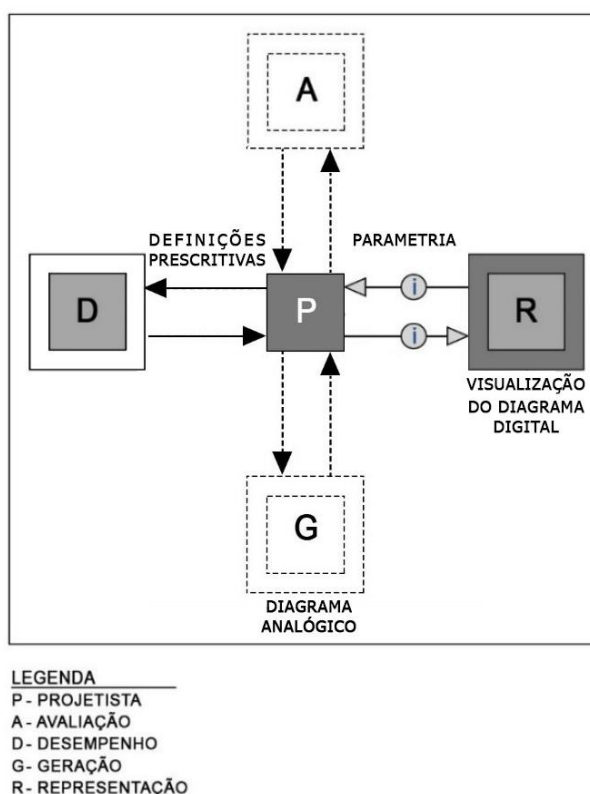
Para esta pesquisa, entende-se que a interação do projetista com a atividade de desempenho também ocorre de maneira explícita através de definições prescritivas, porém a geração acontece em um processo implícito, analógico (não digital), através de uma construção diagramática. Estas, serão resultantes de uma interpretação de conceitos cognitivos para visualização da informação em uma interação implícita do projetista. Já o processo de representação final, volta a ser explícito e interativo, em resposta às informações geradas pelo diagrama analógico (Figura 9).

Este modo de relação explícita e interativa do fluxo de informação com o projetista é apoiada neste estudo pela utilização de ferramentas digitais paramétricas. Segundo Davis (2013), há uma série de possibilidades novas para

geração de modelos paramétricos, que permitem o projetista modificar parâmetros e relacionamentos, acionando rápidas transformações no objeto de estudo, reduzindo conseqüentemente tempo e esforço no processo de projeto.

Attia *et al.* (2012) salientam que o potencial das ferramentas paramétricas é muito alto e permite superar a barreira do “suporte informativo” porque eles podem fornecer feedback com poucas iterações e, ao mesmo tempo, alcançam uma ampla gama de soluções espaciais.

**Figura 9** – Modelo de formação baseado em desempenho proposta pela atual pesquisa.



**Fonte:** OXMAN (2006), traduzido e adaptado pelo autor.

Neste cenário, destaca-se variados modos de interações com o meio digital. Assim, identifica-se para a presente pesquisa, a possibilidade de verificação das relações de interação das informações entre os componentes: Projetista, Geração, Desempenho, Representações e Avaliação.

## 2.4 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Os principais apontamentos extraídos da revisão bibliográfica são:

- As primeiras etapas do processo de projeto possuem grande influência nos custos e qualidade do ciclo de vida das edificações, de modo, a demandar esforços para ampliação do número de informações nesta etapa dentro das possibilidades existentes (LAWSON, 2011; DARKE, 1978; MACLEAMY, 2004; DAVIS, 2013; LU *et al.* 2015; KNOTTEN, 2017).
- As condicionantes ambientais podem ser considerados geradores primários de alto impacto, entretanto as ferramentas atuais de avaliação de desempenho para essas condicionantes, além de muito complexas para o manuseio, são aplicadas em etapas posteriores, com reflexos importantes para a construção (GROSS, 1986; LAWSON, 2011; ONARHEIM; WILTSCHNIG, 2010; STOKES, 2006; PEDRINI; SZOKOLAY, 2005; ATTIA *et al.*, 2012; BRAGANÇA; VIEIRA; ANDRADE, 2014; AIA, 2019).
- Os conceitos de Visualização da Informação são complementares ao pensamento visual, e alcançam, através das ferramentas digitais, avanços qualitativos e quantitativos em relação a leitura de informações. Nesse contexto, os diagramas despontam como artefatos visuais dinâmicos que ampliam a capacidade cognitiva para se trabalhar com grandes variedades de dados (LAWSON, 2011; SCHÖN, 1983; LASEAU, 2001; WARE, 2013; CRAFT; CAIRNS, 2008; SOMOL, 1999; MONTANER, 2017).
- O emprego do Design digital no processo de projeto potencializa as relações de dados implícitos (aqueles que o projetista obtém sem compreender os meios) e explícitos (claramente entendidos pelo projetista) entre as atividades desempenho, geração, representação e avaliação. (MITCHELL, 2005; OXMAN, 2006; KOLAREVIC, 2005).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 PESQUISA CONSTRUTIVA EM *DESIGN SCIENCE RESEARCH* – DSR

O *Design Science Research* (DSR) é uma abordagem relacionada com “*design-science*” e com raízes na chamada “Ciência do Artificial”, conceituada por Herbert Simon.<sup>9</sup> Como explicam Hevner, March e Park (2004), trata-se de uma estratégia metodológica voltada fundamentalmente para a resolução de problemas, na busca por desenvolver inovações que definam ideias, práticas, capacidades técnicas e/ou produtos por meio dos quais o design possa ser realizado com eficácia. Nas palavras do próprio Simon, “ao projeto interessa o quê e como as coisas devem ser, a concepção de artefatos que realizem objetivos” (SIMON, 1996, p. 198). O DSR, a partir da categorização de March e Smith (1995), visa desenvolver um conhecimento prescritivo e não descritivo. Assim, o DSR é marcado por 7 características principais: produzir um artefato; desenvolver soluções para um problema relevante; avaliar a utilidade, qualidade e eficácia do artefato; trazer contribuições claras ao processo de projeto; utilizar métodos rigorosos; entender o projeto como um processo de busca e exploração de um artefato; e buscar comunicar de modo eficaz ao público orientado (HEVNER; MARCH; PARK, 2004).

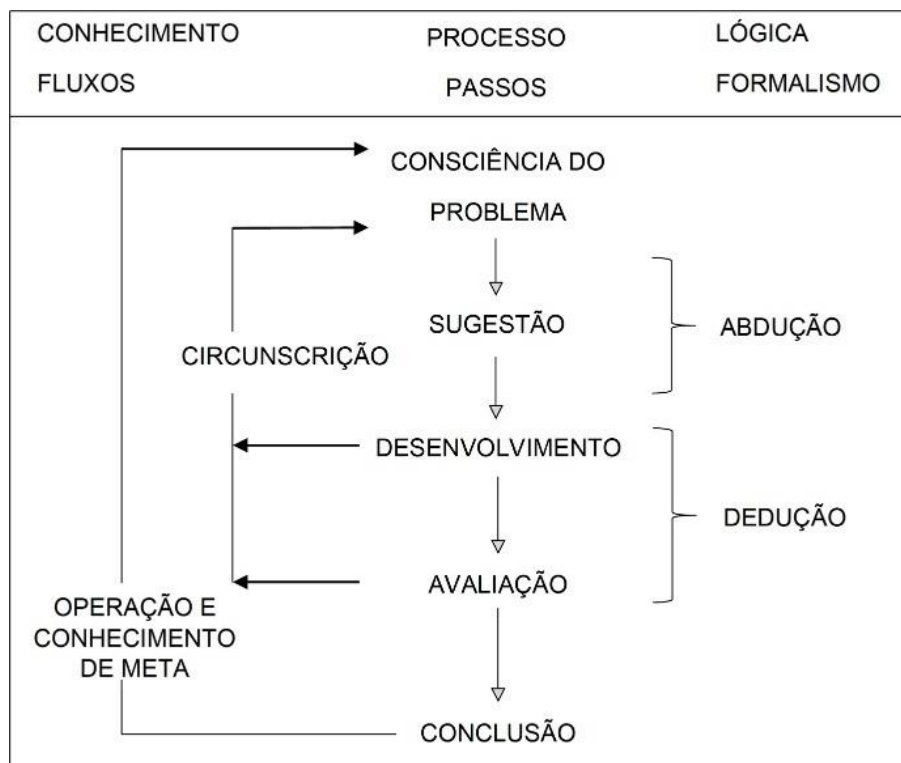
Para tanto, a metodologia do DSR mostra-se bastante adequada por partir da observação da consciência de um problema, procurando uma resolução ou algo que possa melhorar seu desempenho. Através do conhecimento científico, a pesquisa apoia a criação de tal artefato para uso profissional ou acadêmico, enfatizando o entendimento e a orientação dentro de um campo de conhecimento específico. Deve-se destacar ainda que a ciência do DSR não se preocupa com a ação em si, mas com o conhecimento válido e confiável usado na concepção de soluções (VAN AKEN, 2004; VAISHNAVI; KUECHLER, 2008). March e Smith (1995) explicam essa atividade de pesquisa como uma dupla relação entre construir e avaliar. O primeiro refere-se a viabilidade construção do artefato. O segundo inclui o desenvolvimento de critérios e avaliação do desempenho deste artefato.

---

<sup>9</sup> Pesquisador nos campos de, informática, administração pública, sociologia econômica, e filosofia. Os estudos de Herbert A. Simon no campo da teoria organizacional tinham como motivação principal a preocupação com o real comportamento do ser humano junto às organizações (BALESTRIN, 2002).

Como delineamento em DSR, Vaishnavi e Kuechler (2008) sugerem o modelo sequencial apresentado abaixo (Figura 10).

**Figura 10** – Delineamento geral em DSR.



Fonte: Vaishnavi e Kuechler. (2008, p.12), traduzido e adaptado pelo autor.

Neste delineamento, parte-se da **consciência do problema**, para que possíveis **sugestões** de soluções sejam extraídas abdutivamente da base teórica. A seguir, experimenta-se o **desenvolvimento** de forma dedutiva, através da implementação do artefato de acordo com a solução sugerida. De maneira parcial ou total é realizada a **avaliação** da implementação de acordo com as especificações implícitas ou explícitas oriundas das sugestões (VAISHNAVI e KUECHLER, 2008). Como explicam Hevner, March e Park (2004), neste momento ocorre a avaliação do artefato de design, segundo sua utilidade, qualidade e eficácia.

Seguindo o raciocínio da aplicação metodológica, as avaliações e outras sugestões são frequentemente reiteradas no curso da pesquisa. Esse movimento é dado por um fluxo que parte de uma conclusão parcial e leva de volta a consciência do problema, como o representado na seta de circunscrição da Figura 10. Por fim, retorna-se a uma nova **conclusão** podendo retornar ao ciclo ou definir a resolução do artefato.

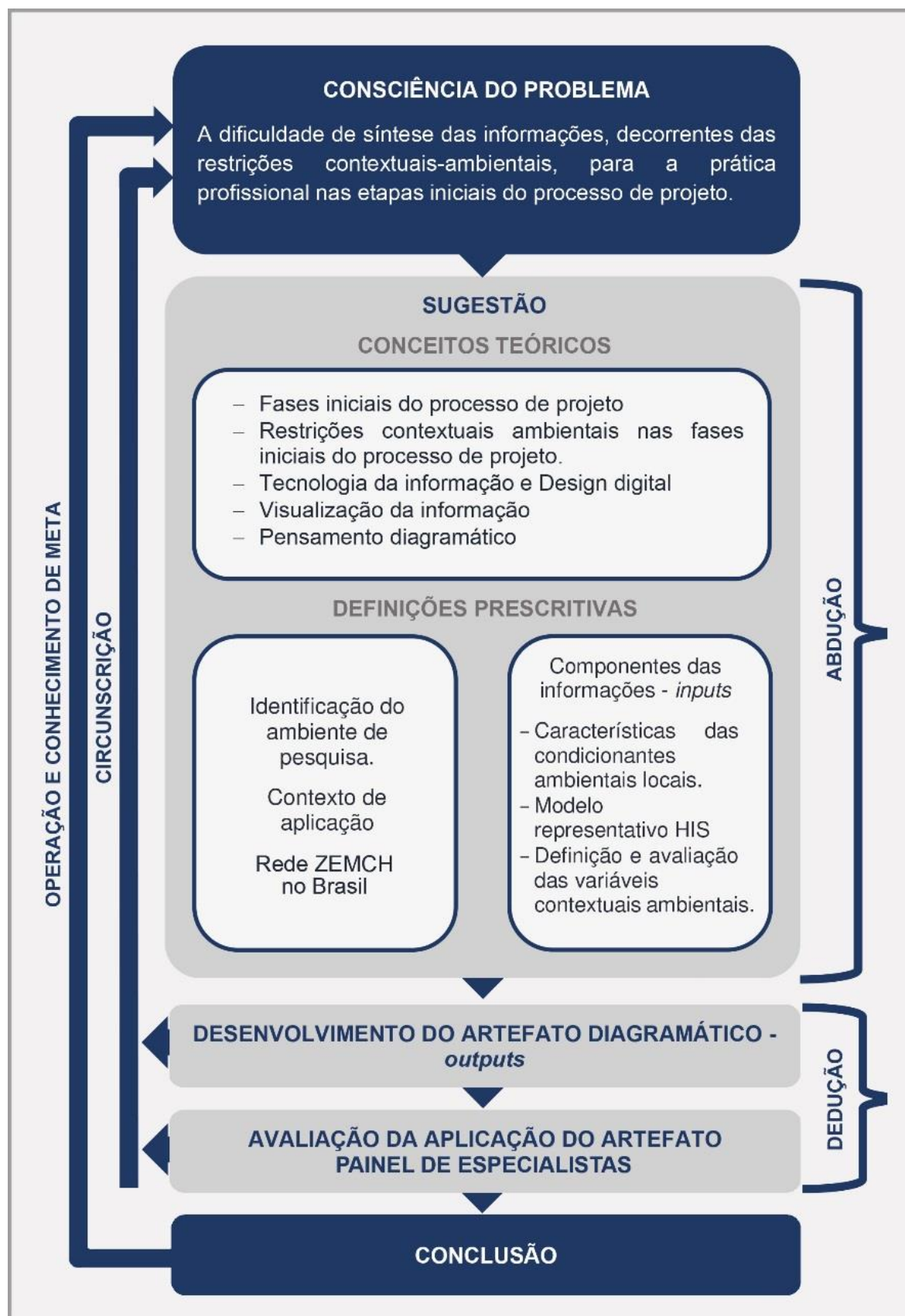
Ressalta-se que o processo de circunscrição é especialmente importante na compreensão da DSR, porque gera um entendimento que só poderia ser obtido a partir do ato específico de construção de um artefato (VAISHNAVI; KUECHLER, 2008). Hevner, March e Park (2004) destacam a busca exploratória no desenvolvimento deste artefato eficaz, utilizando os meios disponíveis para alcançar os fins desejados. Estes autores explicam que um artefato pode ser definido como um constructo, um modelo, um método, uma instanciação ou a combinação destes. Importante observar também, que um artefato não é um protótipo

Além disso, March e Smith (1995) salientam como ponto de relevância, que os critérios de avaliação do artefato devem ser determinados em função do contexto particular de aplicação. O artefato consiste em um elemento central na DSR, entretanto, deve-se entender que todas as demais fases são necessárias para seu desenvolvimento, assim, cabe a seguir a descrição do delineamento específico desta pesquisa.

### **3.2 DELINEAMENTO E TÓPICOS DA PESQUISA**

O raciocínio metodológico desta pesquisa, seguindo as orientações metodológicas do DSR descritas por Vaishnavi e Kuechler (2008), é apresentado através de um delineamento que exhibe uma leitura sequencial e ordenada dos pontos estudados para o desenvolvimento, avaliação e conclusão do artefato (Figura 11).

**Figura 11** – Delineamento da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Pode-se explicar com mais detalhes as três fases da pesquisa para a concepção geral do artefato: definições prescritivas, design do artefato e avaliação do artefato.

A primeira fase, “definições prescritivas”, faz parte da produção do artefato e pode ser considerada como o conjunto de informações relacionadas ao ambiente externo, ou seja, às condicionantes para o funcionamento do artefato (Quadro 4).

Para o entendimento desta fase, é possível dividi-la em três partes: a) identificação do contexto da pesquisa, sugeridos a partir dos conceitos teóricos da revisão bibliográfica e a definição do ambiente de pesquisa – Rede ZEMCH no Brasil (descritos no item 1); b) determinação da localidade e condicionantes ambientais (descritos no item 4.1.1); c) circunscrição de um modelo-base de habitação de interesse social, com determinação de envoltória e esquemas de plantas, para a construção dos valores de medição e aferição das experimentações projetuais no artefato diagramático (descritos no item 4.1.2).

A segunda fase, também faz parte da produção do artefato, porém envolve o ambiente interno de “design do artefato” (Quadro 4). Esta fase, define-se pela aplicação dos métodos que constroem as ferramentas visuais analógica e digital como interface entre o ambiente externo e interno. Organiza-se em três partes: a) valoração e construção das pontuações das condicionantes ambientais (descritos no item 4.2.1) b) o diagrama analógico de visualização dos valores do modelo-base no lote (descritos no item 4.2.2) c) a construção e visualização digital do pré-lançamento do loteamento (descritos no item 4.2.3).

A primeira parte lida com a construção de uma classificação e pontuação a partir da orientação de um modelo de habitação em um lote padrão, tentando valorar através de uma sequência metodológica as variáveis ambientais definidas na pesquisa referentes à envoltória, ventilação e insolação.

A segunda parte é definida pela construção do diagrama analógico e dedica-se a funcionar como um transferidor visual de informações relacionadas as condicionantes ambientais para o contexto de aplicação.

Este artefato procura dar a possibilidade do projetista entrar em contato com certas informações e conhecimentos mais herméticos, tendo um papel

pedagógico. Tem o intuito de sensibilizar o profissional responsável pelo projeto de loteamentos à inclusão destes fatores restritivos em suas concepções iniciais, demonstrando que suas decisões de posicionamento dos lotes podem condicionar o impacto energético da edificação em sua vida útil.

A terceira parte visa dar subsídio para o lançamento da esquematização digital de um conjunto de lotes, com o auxílio de um algoritmo agregado que lança um desenho esquemático em formato espinha de peixe a partir de uma linha de eixo. A aplicação dessas linhas como origem para a construção do conjunto de lotes tem conexão com o trabalho de Takahashi (2017) (ver item 1).

Essa diagramação digital, busca visualizar a sobreposição das etapas anteriores, ou seja, a valoração aferida às orientações em função dos potenciais do modelo de habitação sobre uma esquematização de lotes. Para isso, as informações demonstradas no diagrama analógico são transcritas em forma de algoritmo somados à esquematização digital de lotes. Desta forma, o projetista tem acesso a visualização sintetizada dos dados das condições ambientais nas fases iniciais do processo de projeto de loteamento.

Deve-se ainda acrescentar que estas três partes se orientam entre os ambientes analógico-digital, permitindo ao projetista manipular de modo mais intuitivo as etapas de orientação, sem perder a potencialidade de síntese digital. Para maior entendimento da pesquisa, cabe algumas informações adicionais sobre o artefato e a metodologia de avaliação.

### **3.2.1 Identificação do Artefato**

O artefato é o coração de uma pesquisa em DSR. Nesta pesquisa, este se apresenta como um instrumento diagramático de síntese visual das informações de condicionantes ambientais, que une um constructo físico-digital e um modo procedimental. Sua construção é determinada pela aplicação de métodos de levantamento destas informações ambientais relacionadas a um contexto. Portanto, o artefato neste caso, pode ser considerado o próprio processo metodológico de levantamento e síntese das informações, associado ao objetivo de gerar informações visuais intuitivas através de diagramas, como forma de suporte à atividade projetual nas fases iniciais em processos de projetos.

É possível, assim, observar o impacto do conteúdo informativo presente nos diagramas e sua efetiva contribuição nas etapas iniciais de concepção de um loteamento. Identifica-se a construção metodológica de síntese da informação, como parte do processo para o desenvolvimento de uma ferramenta digital de auxílio a projetos de EHIS, visando melhores desempenhos energéticos das futuras edificações.

O desenvolvimento de um artefato pode ser considerado, segundo Simon (1996), como um ponto de encontro – interface – entre um ambiente interno e outro externo. O ambiente interno seria a substância e a organização do próprio artefato, enquanto o ambiente externo trataria das condições em que o artefato funciona. Segundo este autor, o artefato atua como organizador dos componentes do ambiente interno para atingir objetivos em um determinado ambiente externo (SIMON, 1996, p. 29).

Considerando a produção do artefato como a elaboração desta interface, pode-se entendê-lo como um mapeamento do espaço funcional, um requisito funcional que constitui um ponto neste espaço multidimensional. Seu desenvolvimento é o conhecimento na forma de técnicas e métodos para realizar este mapeamento, satisfazendo um conjunto de requisitos funcionais (VAISHNAVI; KUECHLER, 2008).

Neste sentido, Vaishnavi e Kuechler (2008) explicam que o método de construção de um artefato em um processo de DSR é um objeto de teorização dentro de suas específicas áreas de aplicação. Primeiro, porque a fase de construção dos esforços do DSR pode ser uma prova experimental de um método ou uma exploração experimental do método, ou ainda, ambos os casos. Segundo, porque o artefato pode expor os relacionamentos entre seus elementos em fase de construção e aumentar sua compreensão.

Para Hevner, March e Park (2004) a DSR não apenas projeta um artefato que fornece utilidade, mas também fornece evidências de que esse artefato resolve um problema real. Na verdade, a avaliação de artefato baseada em evidências é crucial em pesquisas em DSR. Essas características demonstram a diferenciação entre simplesmente desenvolver um artefato industrial em forma de produto e produzir conhecimento científico durante o desenvolvimento do processo construtivo, servindo de base para avanços nos determinados campos de interesse.

### 3.2.2 Descrição Metodológica da Avaliação do Artefato: Painel de Especialistas

A fase de “avaliação do artefato”, como explicada anteriormente, é um processo fundamental da metodologia do DSR (VAISHNAVI; KUECHLER, 2008). A avaliação permite compreender se o artefato funciona (utilidade, qualidade e eficácia), medindo como e em qual situação e ambiente este funciona (HEVNER; MARCH; PARK, 2004). Em muitas situações semelhantes é comum avaliações desenvolvidas por pares especialistas, onde se busca compreender aspectos mais complexos e, muitas vezes, com caráter multidisciplinar (LANGFELDT, 2004). Estes avaliadores formariam o chamado “painel de especialistas”. Pinheiro, Farias e Abe-Lima (2013) explicam que o especialista aqui não implica ser detentor de uma palavra final ou definitiva sobre um assunto, mas que seja altamente habilitado, para que suas visões sejam integradas com outras perspectivas de especialidades diferentes. Os autores defendem o emprego de painel de especialistas em pesquisas de caráter exploratório, não se caracterizando como uma estratégia de confirmação de diagnósticos, mas como meio para obter um dos pontos de vista que compõem o cenário complexo e múltiplo das representações do fenômeno investigado (PINHEIRO; FARIAS; ABE-LIMA, 2013).

Esta etapa se desenvolve através de uma experiência individual com cada avaliador convidado, realizada com arquitetos e urbanistas, engenheiros, empreendedores, loteadores e legisladores, todos com experiência na área de EHIS. Este painel de especialistas, após acompanhar o emprego do artefato na prática projetual de EHIS, discute com o moderador sobre as contribuições da ferramenta. De modo semelhante a abordagem de Struchiner, Ricciardi e Vetromille (1998), busca-se a avaliação do ponto de vista da utilidade (potencialidade), funcionalidade e usabilidade (comunicabilidade das formas de interação com o usuário). Estes autores observam que se trataria de profissionais experientes em diferentes aspectos colocando-se na posição de usuários, interagindo, analisando e julgando a sua qualidade e validade. Trata-se, ainda na visão dos autores, de um método de baixo custo e eficiente, já que um pequeno número de especialistas pode detectar problemas significantes em diferentes aspectos (STRUCHINER; RICCIARDI; VETROMILLE, 1998),

A aplicação da avaliação por um grupo de especialistas, segundo

Hevner e Chatterjee (2010), favorece a pesquisa no desenvolvimento do conhecimento para melhoria do design do artefato, porque garante:

- a) Flexibilidade: oferece flexibilidade suficiente para lidar com uma ampla gama de tópicos e domínios de design.
- b) Interação direta com os entrevistados: permite que o pesquisador esclareça quaisquer perguntas sobre o artefato de design.
- c) Grande quantidade e riqueza de dados: permite entendimentos mais profundos, não apenas na reação dos entrevistados e uso do artefato, mas também relativas ao ambiente de design.

O desenho deste instrumento de avaliação, adaptando a visão de Struchiner, Ricciardi e Vermeille (1998) à pesquisa descrita nesse documento, se caracterizaria por um grupo com três a seis membros, podendo ser realizados tantos painéis quantos forem necessários. O processo de aplicação deve ter, ao menos, duas etapas principais, sendo uma marcada pela utilização do artefato e uma segunda para avaliação. O instrumento pode ser composto por entrevistas semiestruturadas ou mistas, com questões objetivas, que enfoque os assuntos relacionados à interatividade, comunicabilidade da interface, legibilidade e funcionalidade. Os autores ainda ressaltam a importância dos avaliadores se manifestarem livremente, ter registros precisos, como gravação de áudio.

### **3.3 SÍNTESE DO CAPÍTULO**

Para maior clareza da sequência metodológica de raciocínio da pesquisa apresenta-se um quadro síntese que expõem as fases da pesquisa e a discriminação das atividades a serem realizadas.

**Quadro 4 – Fases da pesquisa – definições, aplicações, métodos e resultados**

FASES DA PESQUISA	DEFINIÇÕES / APLICAÇÕES / MÉTODOS	RESULTADOS ESPERADOS
<b>FASE 01 (AMBIENTE EXTERNO)</b>	<p><b><u>DEFINIÇÕES PRESCRITIVAS</u></b></p> <p>A. CONTEXTO DE APLICAÇÃO .....&gt; CONCEITUAÇÃO TEÓRICA + REDE ZEMCH NO BRASIL (WOOD FRAME CASA ISOLADA)</p> <p>B. CARACTERÍSTICAS DAS CONDICIONANTES LOCAIS .....&gt; LONDRINA-PR</p> <p>C. CIRCUNSCRIÇÃO DE UM MODELO - BASE DE HIS MODELO REPRESENTATIVO (MONTES, 2016) ADAPTADO AO CONTEXTO DA PESQUISA ZEMCH - BRASIL .....&gt; DETERMINAÇÃO DE ENVOLTÓRIA E ESQUEMA DE PLANTA (VALORES PARA APLICAÇÕES)</p>	<b>CONDICIONANTES PARA APLICAÇÃO FUNCIONAL DO ARTEFATO</b>
<b>FASE 02 (AMBIENTE INTERNO)</b>	<p><b><u>DESIGN DO ARTEFATO</u></b></p> <p>VALORAÇÃO E CONSTRUÇÃO DAS PONTUAÇÕES DAS CONDICIONANTES AMBIENTAIS.</p> <p>A. ENVOLTÓRIA .....&gt; MÉTODO – RTQ-R</p> <p>B. VENTILAÇÃO .....&gt; ANÁLISE DE ESQUEMAS GRÁFICOS PARA VENTILAÇÃO CRUZADA</p> <p>C. INSOLAÇÃO .....&gt; <i>Software:</i> FORMIT</p> <p>O DIAGRAMA ANALÓGICO DE VISUALIZAÇÃO DOS VALORES DO MODELO - BASE NO LOTE.</p> <p>A. CONSTRUÇÃO GRÁFICA .....&gt; DIAGRAMA SUNBURST</p> <p>A CONSTRUÇÃO E VISUALIZAÇÃO DIGITAL DO PRÉ-LANÇAMENTO DO LOTEAMENTO.</p> <p>A. O ESQUEMA DIGITAL DO LOTE E QUADRA .....&gt; <i>Software:</i> GRASSHOPPER + RHINOCEROS</p> <p>B. VISUALIZAÇÃO DIGITAL DO RESULTADO NO DIAGRAMA LANÇADO .....&gt; <i>Software:</i> GRASSHOPPER + RHINOCEROS</p>	<p><b>CLASSIFICAÇÃO E VALORAÇÃO</b></p> <p><b>DIAGRAMA ANALÓGICO</b></p> <p><b>DIAGRAMA DIGITAL</b></p>
<b>FASE 03</b>	<p><b><u>AVALIAÇÃO DO ARTEFATO</u></b></p> <p>PAINEL DE ESPECIALISTAS.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ QUESTÕES</li> <li>▪ IDENTIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DOS AVALIADORES ESPECIALISTAS</li> <li>▪ DEFINIÇÃO DO MODERADOR</li> <li>▪ APLICAÇÃO DO PRÉ-TESTE – AVALIADORES ESPECIALISTAS</li> <li>▪ RECRUTAMENTO DOS AVALIADORES DO PAINEL DE ESPECIALISTAS</li> <li>▪ APLICAÇÃO ENTRE O PAINEL DE ESPECIALISTAS</li> <li>▪ ANÁLISE DOS RESULTADOS</li> </ul>	<b>RESULTADO DISCUSSÕES CONCLUSÕES</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

## **4 O ARTEFATO: DEFINIÇÕES PRESCRITIVAS E A CONSTRUÇÃO DOS DIAGRAMAS**

O artefato proposto aqui visa criar interações analógicas e digitais que busquem congrega a capacidade intuitiva do primeiro com a potencialidade associativa e dinâmica no segundo. Espera-se fomentar o processo de visualização do projetista e de tomada de decisão frente às possibilidades de desempenho das edificações e as orientações dos lotes e quadras.

Tem-se a ideia de que experimentação do artefato por parte dos projetistas seja vivenciada em uma combinação de dois meios: o analógico e o digital. Desta forma, no primeiro, com apresentação do diagrama analógico e a visualização dos potenciais de influência dos lotes em relação ao desempenho energético das futuras edificações, pretende-se pedagogicamente, sensibilizar o projetista de loteamentos para o entendimento e importância do seu papel de contribuição nas fases de concepção do empreendimento, como também, motivá-lo a incorporar tais informações em sua tomada de decisão.

O segundo meio propõe a manipulação da ferramenta digital em uma composição de algoritmos alimentados pelas pontuações das condicionantes levantadas em etapas anteriores. Com a manipulação do diagrama digital pelo projetista, no lançamento do loteamento, espera-se que este possa visualizar a valoração dos lotes e quadras, como também, estimulá-lo a interagir com o artefato para experimentação de outras possibilidades.

O relato da produção do artefato está dividido em duas partes principais: (a) as definições prescritivas – item 4.1; (b) e o design do artefato – item 4.2. A primeira parte define o modelo-base da edificação e suas valorações dentro de uma aplicação de contexto, enquanto a segunda apresenta um esquema que permita visualizar tais valorações em diferentes situações para dar suporte ao projetista de loteamento nas etapas mais iniciais.

### **4.1 DEFINIÇÕES PRESCRITIVAS**

Para a produção do artefato, toma-se como estratégia introduzir o experimento no contexto do grupo de pesquisa brasileiro da rede *Zero Energy Mass*

*Custom Homes* – ZEMCH (descrito no item 1). Como já mencionado, no Brasil a Universidade Estadual de Londrina – UEL abriga um grande número de pesquisas voltadas a empreendimentos de habitações de interesse social – EHIS. Seguindo essa linha, esta pesquisa desenvolve-se como sequência de pensamento ao trabalho de Takahashi (2017) (descrito no item 1), voltando também o interesse para a atuação nas fases iniciais dos projetos de loteamento. Neste sentido, para a condução deste experimento, adota-se alguns parâmetros como fixos, que em situações futuras, poderão ser ajustados a cada caso, para diferentes localidades e envoltórias. O contexto definidor das condicionantes ambientais, aqui escolhido, é dado pela cidade de Londrina (descrito no item 4.1.1), considerando a contribuição para os futuros estudos paralelos da rede ZEMCH no Brasil vinculados a mesma cidade. Para o desenvolvimento de um modelo-base com força representativa, opta-se por trabalhar com uma planta esquemática construída a partir da pesquisa de Montes (2016), porém com a envoltória alterada para a mesma utilizada nas pesquisas deste grupo ZEMCH (descrito no item 4.1.2).

#### **4.1.1 Características das Condicionantes Ambientais Locais**

A partir da definição e abordagem dos métodos que avaliam o desempenho do modelo-base no lote em relação as condicionantes ambientais, foram levantadas as informações necessárias para a sequência da pesquisa.

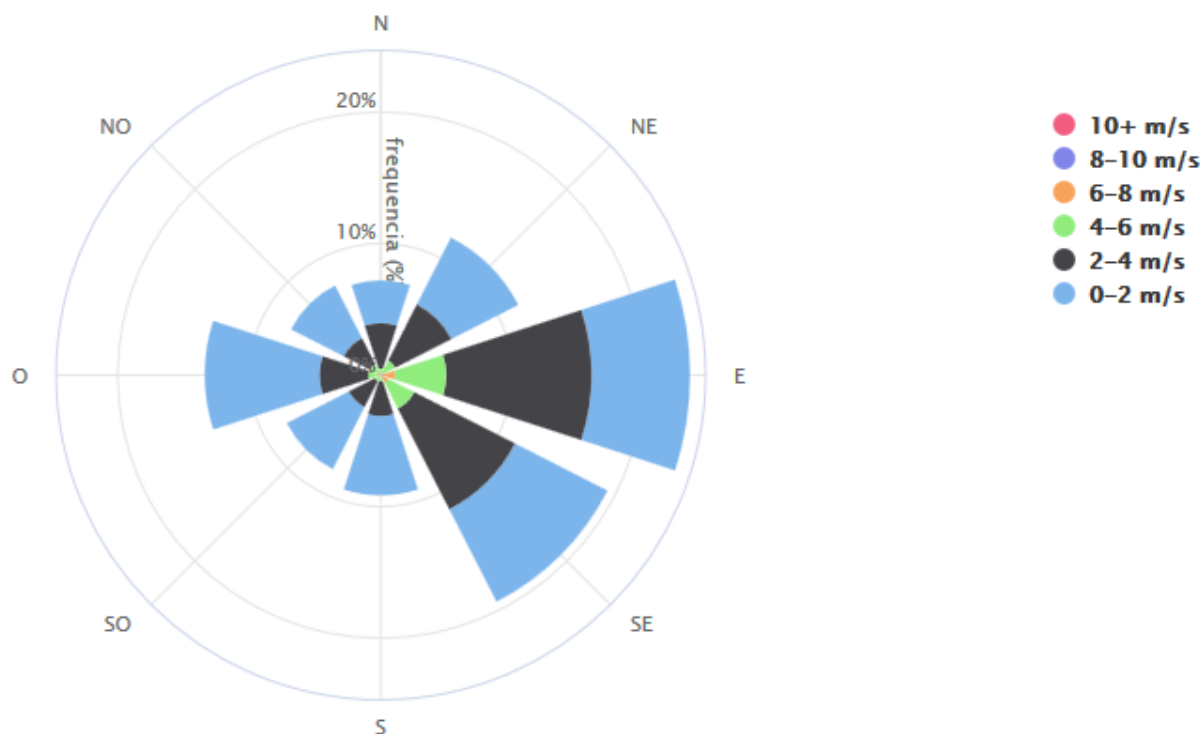
Para análise energética da envoltória a pesquisa apoia-se no método prescritivo para Etiquetagem em Edificações, utilizando o Regulamento Técnico da Qualidade para Edificações Residenciais – RTQ-R (BRASIL, 2012). Ademais, para a inserção do clima local no método identifica-se a cidade de Londrina-PR como pertencente a zona bioclimática 3 – (ZB3) estabelecida de acordo com a norma de desempenho térmico NBR 15220-3.

Opta-se por utilizar o RTQ-R, pois este método permite desmembrar todas as variáveis do edifício, tornando o processo mais atrativo e pedagogicamente aplicável. Sabe-se que esta ferramenta se encontra em atualização para a versão INI-R, mas que, neste momento, ainda não está disponível para utilização.

O levantamento de dados referente a ventilação natural no contexto da cidade de Londrina – PR, foi considerado a partir de informações do gráfico de rosa

dos ventos, dados de arquivos climáticos adotados pela plataforma PROJETEER, provenientes dos arquivos climáticos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET 2016 (Projeteer, 2020). O gráfico (Figura 12) expõe os resultados das medições segundo velocidade, direção e frequência.

**Figura 12** – Gráfico Rosa dos Ventos para a cidade de Londrina – PR.



Fonte: Projeteer (2020).

Constata-se que os ventos oriundos da direção leste obtêm porcentagem de frequência acima de 20% e pode ser considerado como direção de ventilação predominante na região.

Por fim, para alcançar respostas referentes a orientação ótima de insolação das fachadas foi utilizado o software Formit©, que permite de maneira acessível uma maior rastreabilidade dos resultados por parte dos usuários. No software aplicam-se as informações de latitude ( $23^{\circ}17'34''$  sul) e longitude ( $51^{\circ}10'24''$  oeste) referentes à localização da cidade de Londrina-PR.

#### 4.1.2 O Modelo-Base: Envoltória e Esquema de Planta

Para a construção de um modelo-base de HIS, adotou-se a pesquisa de Montes (2016) como referência. A autora, propõe um modelo de planta de

habitação de interesse social decorrente de um estudo pautado em aplicações dessas tipologias em diferentes regiões do Brasil.

O estudo analisou projetos que representam a realidade nacional quanto à produção de novas habitações de interesse social dentro do programa do governo Minha Casa Minha Vida (PMCMV), levantando as características mais comuns apresentadas entre os anos 2012 e 2014. Assim, a pesquisadora reúne as principais tipologias por meio informações disponíveis na lista de contratos divulgados pela Caixa Econômica Federal, agência financiadora do PMCMV. Outras tipologias de projetos foram agregadas por Montes (2016) para completar o estudo, através de solicitações às companhias de habitação, aos agentes públicos, às prefeituras e às construtoras atuantes nesta faixa de renda.




A partir da coleta de amostras de mais de 50.000 unidades habitacionais (UH) em todas as regiões do país, Montes (2016) levantou as principais tipologias, presentes no PMCMV, por faixa de renda. Concluiu-se a prevalência da habitação unifamiliar térrea em relação as demais tipologias, o que ajuda a justificar sua adoção nesta pesquisa para a definição do modelo-base das UH.

Montes (2016) explica que, para a montagem deste modelo-base, as características arquitetônicas predominantes desta tipologia foram estimadas em função da média e moda dos dados levantados nas amostras. A autora salienta ainda que, para dados que permitem imprecisões, como áreas dos ambientes, foram usadas médias com o seu correspondente desvio padrão e aplicada a moda no caso de elementos comerciais (janelas, portas).

Para o modelo de projeto final da UH, a tipologia da casa unifamiliar foi ajustada a atender a norma de acessibilidade NBR 9050 (ABNT, 2004), enquadrando-se nos requisitos exigidos do PMCMV.

O Quadro 5 apresenta o modelo-base da UH, com layout de maior frequência de ocorrência e suas principais características levantadas na pesquisa (MONTES, 2016).

**Quadro 5** – Características principais do modelo-base para casa unifamiliar térrea.

<ul style="list-style-type: none"> <li>–Ventilação cruzada;</li> <li>–Beiral: 50 cm;</li> <li>–Pé-direito: 2,50 m</li> <li>–Chuveiro elétrico para aquecimento de água, considerando potência do equipamento &gt; 4.600 W;</li> <li>–Possibilidade de extensão de um quarto e circulação;</li> <li>–Sem área de convivência externa;</li> <li>–Área de serviço externa;</li> <li>–Piso: piso cerâmico 1 cm + 2 cm argamassa de regularização + 5 cm contrapiso + 3 cm colchão de brita;</li> <li>–Paredes: 13 cm (bloco de tijolo cerâmico 9x14x19 cm com reboco interno e externo) com <math>U=2,43</math> W/m K e capacidade térmica=132 kJ/m K;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>–Portas externas: 2 de 0,80x2,10 m, metálicas;</li> <li>–Portas internas: 0,80x2,10m, madeira;</li> <li>–Cobertura: 2 águas, telha cerâmica + ático forro em PVC. Inclinação de 23,6°.</li> <li>Estrutura do telhado em madeira, <math>U=1,75</math> W/m K, capacidade térmica=21,4 kJ/m K; <math>\alpha=0,6</math>;</li> <li>–Janelas: sala de estar e quartos: 1,50 m<sup>2</sup>, 2 folhas de correr, peitoril=1,10 m (FV=0,45,FI= 0,8); cozinha: 1,20 m<sup>2</sup>, 2 folhas de correr (FV=0,45, FI=0,80); banheiro: 0,48 m<sup>2</sup>, janela basculante com esquadria, peitoril=1,50 m, FV=0,90; FI= 0,65</li> <li>– Janelas sem venezianas</li> <li>–Vidro: 4 mm transparente;</li> <li>–Esquadrias em alumínio ou aço.</li> </ul>
	
	

Fonte: Montes (2016), adaptado pelo autor.

A planta baixa da UH é composta por dois dormitórios e um ambiente integrado, aglutinando cozinha, estar e circulação, sendo todos esses considerados ambientes de permanência prolongada (APP). Somados a eles um banheiro universal atendendo a norma NBR 9050. Para esta pesquisa o modelo extraído em arquivo de extensão PDF foi convertido para extensão DWG e resultou em área quadrada de aproximadamente 58,00m<sup>2</sup>.

Para a envoltória, a presente pesquisa segue as discussões de protótipo realizadas pela rede ZEMCH no Brasil. Levando em consideração a linha do sistema construtivo *light wood frame*<sup>10</sup> adotada pelo grupo de pesquisa para fim de maior industrialização. Propõe-se a adaptação do modelo de Montes (2016) às características construtivas deste método, gerando o esquema diagramático de planta. Espindola e Ino (2014) destacam que esse sistema construtivo se enquadra nos padrões nacionais de construções de HIS, ainda que se limite apenas às unidades habitacionais unifamiliares do tipo térreo ou sobrado, isoladas ou geminadas. Segundo estes autores, o Sistema Nacional de Avaliação Técnica (SINAT), vinculado à Secretaria Nacional da Habitação do Ministério das Cidades, baseia-se no Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) para criação de diretrizes que definem parâmetros de aprovação aplicação do *light wood frame* em edificações residenciais do PMCMV (ESPINDOLA; INO, 2014).

A técnica construtiva é estabelecida pela formação de painéis de piso, parede e cobertura. Compostos por chapas de OSB (*oriented strand board*), essas são fixadas com pregos aos montantes estruturais que formam uma trama de espaçamento equidistante normalmente dimensionados com variação entre 30cm e 60cm. (USP, 2020; GALINDO; GIGLIO; HIROTA, 2017) (Figura 13 e Figura 14).

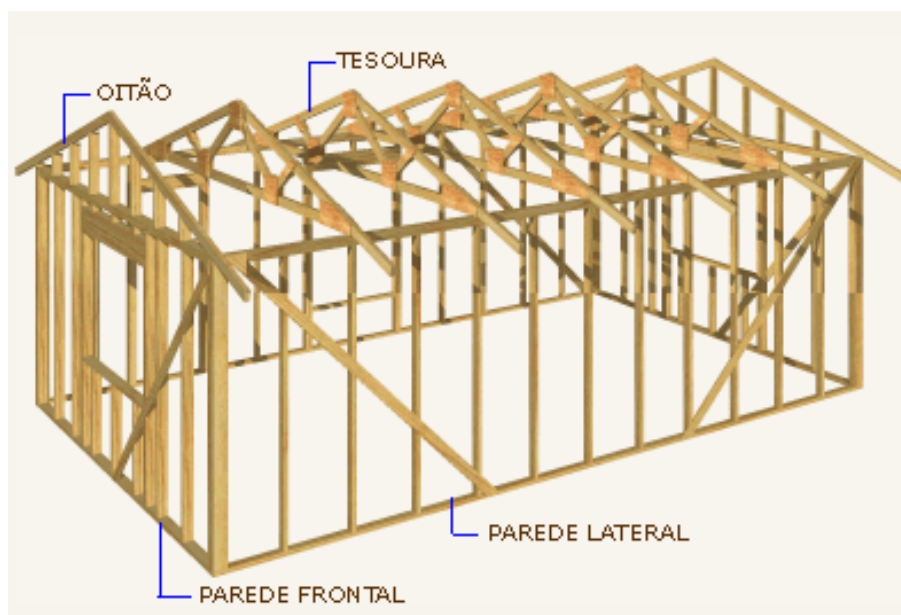
**Figura 13** – Composição do sistema de parede.



**Fonte:** Galindo, Giglio e Hirota (2017), adaptado pelo autor.

<sup>10</sup> Estrutura de madeira leve – tradução do autor.

**Figura 14** – Desenho esquemático de uma estrutura em *wood frame*.



Fonte: USP (2020).

Para a aplicação do método RTQ-R, avalia-se os dados informativos referentes a definições de projeto, obtendo assim, respostas de desempenho relacionadas aos ambientes de permanência de acordo com a envoltória da edificação.

Consideram-se componentes de cálculo, as áreas dos ambientes de permanência prolongada (APP), propriedades térmicas de coberturas, paredes externas, aberturas, piso, fator de sombreamento e fator de ventilação<sup>11</sup>.

Nas Figura 15, Figura 16 e Figura 17 observam-se os elementos que compõem a envoltória da edificação e que servirão de base para cálculos de desempenho energético, seguindo as definições de aplicação do método RTQ-R.

Como primeiro fator de cálculo, define-se a cobertura de tipologia exposta ao exterior e o piso em contato com o solo, já que estas são características do modelo de unidade HIS pesquisado pela rede ZEMCH no Brasil. Além dessas características obtém-se os valores de transmitância<sup>12</sup> térmica ( $U_{cob}$ ) e capacidade térmica<sup>13</sup> ( $CT_{cob}$ ) baseados nos materiais adotados como sistema construtivo (Figura

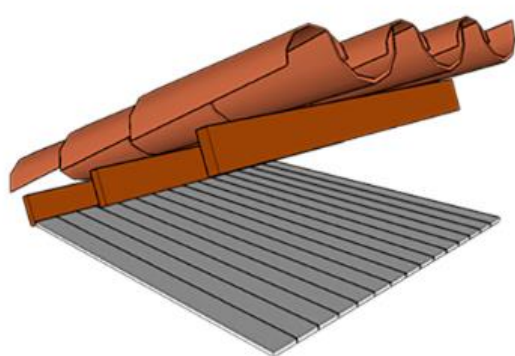
<sup>11</sup> No Anexo II do RTQ-R é apresentado o fator de ventilação e iluminação através de porcentagens referentes a ventilação e iluminação de janelas específicas.

<sup>12</sup> Quociente da taxa de radiação solar que atravessa um elemento pela taxa de radiação solar incidente sobre este mesmo elemento (NBR 15220).

<sup>13</sup> Quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema (NBR 15220).

15). Para absorptância,<sup>14</sup> ( $\alpha_{cob}$ ) adota-se os valores extraídos de acordo com a norma de desempenho térmico de edificações NBR 15220-2. Opta-se pela menor absorptância para partir de uma situação ideal.

**Figura 15** – Transmitância e Capacidade Térmica.



**Pisos e Coberturas**

**Forro PVC 1 cm | Câmara de ar (> 5,0 cm)  
| Telha cerâmica 1 cm**

Resistência  
**0.57** m<sup>2</sup>K/W

Transmitância  
**1.75** W/m<sup>2</sup>.K

Atraso Térmico  
**0.6** h

Capacidade Térmica  
**21** kJ/m<sup>2</sup>.K

Fonte: Projeteee (2020).

Para as paredes foram levantados os valores de transmitância térmica ( $U_{par}$ ) e capacidade térmica ( $CT_{par}$ ) estabelecidos a partir de estudos anteriores da rede ZEMCH no Brasil (GALINDO; GIGLIO; HIROTA, 2017), segundo a composição dos painéis dentro do sistema *light wood frame* (Figura 16). O critério para absorptância térmica das paredes ( $\alpha_{par}$ ), assim como a cobertura, segue valores para superfícies claras (0,2) de acordo com a norma NBR 15220-2.

**Figura 16** – Transmitância e Capacidade Térmica.

Composição	Transmitância Térmica (W/m <sup>2</sup> .K)	Capacidade Térmica (kJ/m <sup>2</sup> .K)
EXT Textura acrílica Placa cimentícia OSB Estrutura em Pinus Câmara de ar > 5cm OSB Gesso acartonado INT	1,97	59

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

<sup>14</sup> Quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície (NBR 15220).

Em relação as tipologias das janelas e suas respectivas dimensões, foram extraídos fatores de ventilação e iluminação apoiados pela determinação do Anexo II do RTQ-R – Tabela de desconto das esquadrias (Figura 17).

**Figura 17** – Tipo e fator de ventilação (Anexo II RTQ-R – Tabela de desconto das esquadrias).

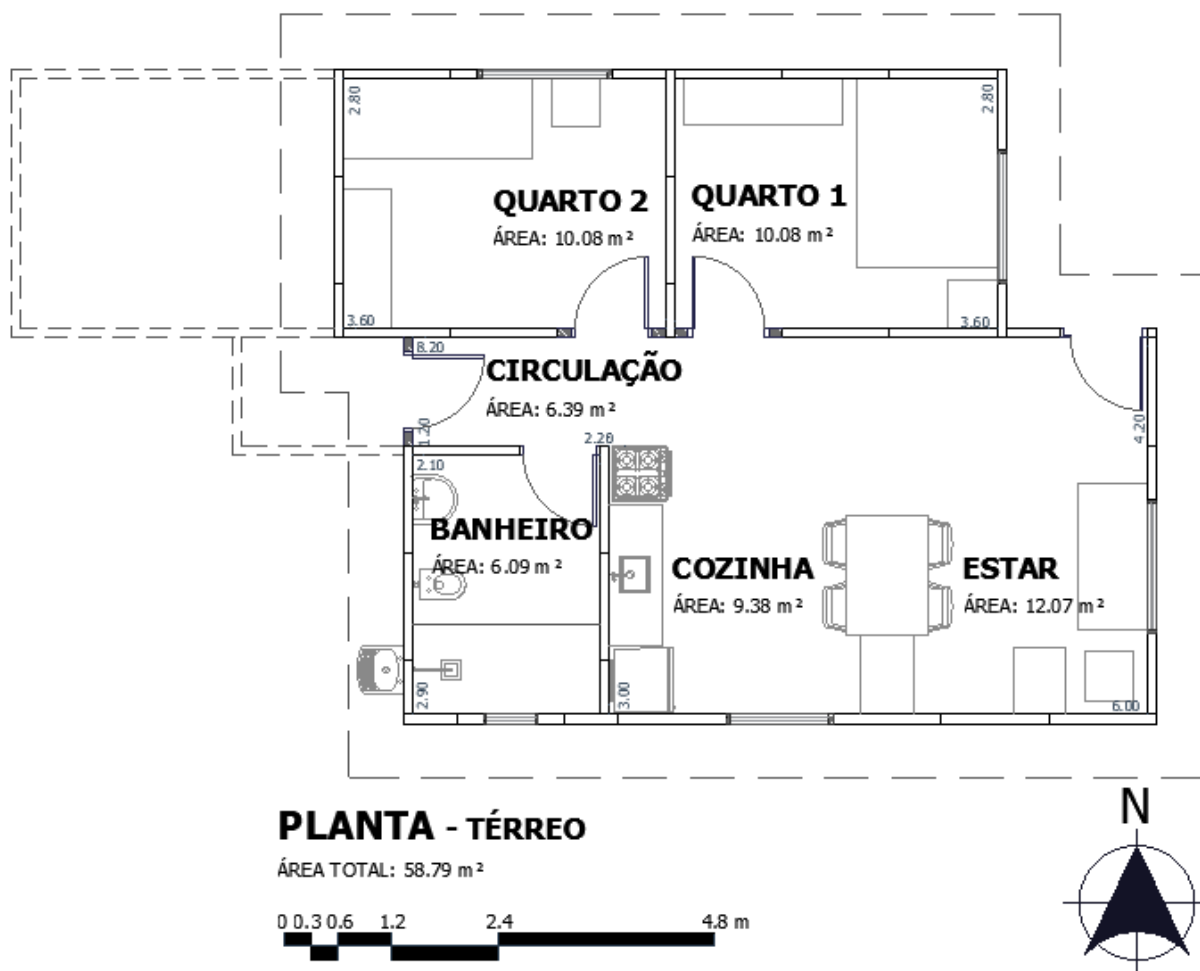
TIPO DE JANELA	ILUSTRAÇÃO	% ABERTURA PARA ILUMINAÇÃO NATURAL	% ABERTURA PARA VENTILAÇÃO NATURAL
De correr (ou deslizante) 2 folhas		80	45
De correr (ou deslizante) 3 folhas sendo 2 venezianas		45	45

**Fonte:** Adaptado de (BRASIL, 2012)

Por fim, estabelece-se os valores de dispositivos de proteção solar externos às aberturas (Somb) de acordo com RTQ-R, definidos pelos beirais com prolongamento de 60cm. Além disso, as dimensões internas das paredes consideram o pé direito de 2,50m, definidos como padrão das HIS no modelo-base.

O modelo-base da UH, extraído da pesquisa de Montes (2016), é adaptado às medidas compatíveis com a composição estrutural, seguindo os critérios de modulação do sistema construtivo. Aplica-se como referência de medida, painéis com largura de 1,20m estruturados em perfis espaçados com 60cm. Essa modulação resulta em ambientes com medidas exatas e seus valores são utilizados para a reestruturação do modelo-base de planta (Figura 18).

**Figura 18** – Planta baixa frente leste modulada para sistema *light wood frame*.

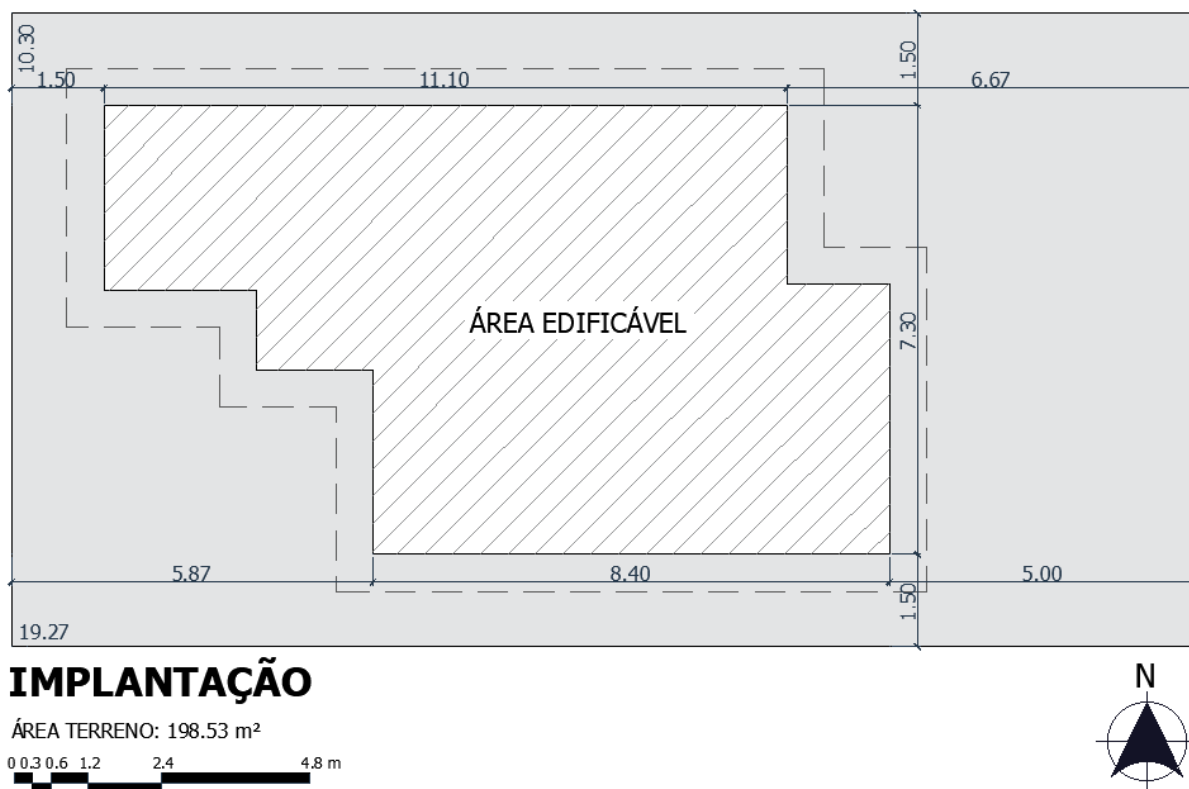


Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Observa-se que esta configuração possibilita que o modelo-base apresente uma planta expansível (Figura 18). Essas características são importantes na composição de um lote mínimo que deve respeitar os recuos laterais e de fundo exigidos pela legislação municipal, permitindo a implantação de janelas em todas as faces.

Deste modo, o lote mínimo é definido por recuos frontais de 5,00m, laterais de 1,50m e também 1,50m para fundos, a partir do limite final estabelecido pelo alinhamento da previsão de expansão. As dimensões finais ficam estabelecidas em 10,30m de frente por 19,27 de fundos com medida quadrada final de 198,53m<sup>2</sup> (Figura 19).

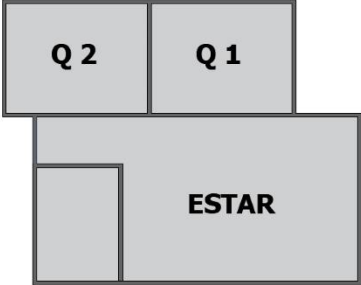

**Figura 19** – Planta baixa dimensões do lote mínimo (Ex. Frente Leste).



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2020).

O Quadro 6 expõe um resumo dos valores finais utilizados para compor planilha de cálculo, embasados nas informações do modelo-base de HIS extraído de Montes (2016) e referentes aos materiais utilizados pelo sistema construtivo adotado pelo grupo ZEMCH no Brasil.

**Quadro 6** – Principais características do modelo-base de projeto para a casa unifamiliar térrea.

<b>CARACTERÍSTICAS DO PROJETO</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilação cruzada</li> <li>• Beiral: 60 cm</li> <li>• Pé-direito: 2,50 m</li> <li>• Possibilidade de extensão de um quarto e circulação</li> <li>• Área de serviço externa</li> <li>• Paredes: 10 cm (painéis <i>light wood frame</i>), com <math>U=1,97 \text{ W/m}^2\text{K}</math>, <math>CT=59 \text{ kJ/m}^2\text{K}</math> e <math>\alpha=0,2</math> (cor branca)</li> <li>• Portas: 0,80x2,10 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cobertura: 2 águas, telha cerâmica + forro PVC 1 cm, com <math>U=1,75 \text{ W/m}^2\text{K}</math>, <math>CT=21 \text{ kJ/m}^2\text{K}</math> e <math>\alpha=0,2</math> (cor branca)</li> <li>• Janelas: <u>estar</u>: 1,50 m<sup>2</sup>, 2 folhas de correr, peitoril=1,10 m (<math>FV=0,45</math>, <math>FI=0,80</math>); <u>quartos</u>: 1,50 m<sup>2</sup>, 3 folhas de correr (sendo 2 venezianas), peitoril=1,10 m (<math>FV=0,45</math>, <math>FI=0,45</math>); <u>cozinha</u>: 1,20 m<sup>2</sup>, 2 folhas de correr, peitoril=1,10 m (<math>FV=0,45</math>, <math>FI=0,80</math>); <u>banheiro</u>: 0,48 m<sup>2</sup>, janela basculante com esquadria, peitoril=1,50 m (<math>FV=0,90</math>, <math>FI=0,65</math>)</li> <li>• Áreas úteis: <u>estar</u>: 27,84 m<sup>2</sup>, <u>quarto 1</u>: 10,08 m<sup>2</sup>, <u>quarto 2</u>: 10,08 m<sup>2</sup></li> </ul>
	

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

## 4.2 DESIGN DO ARTEFATO

Esta parte da pesquisa apresenta a construção dos três tipos de componentes geradores do artefato, entendendo tal artefato pela soma dos dispositivos analógico e digital, como também dos procedimentos a eles associados. Estes três componentes orientam os próximos itens deste documento, que são: (a) Valoração e construção das pontuações das condicionantes ambientais – item 4.2.1; (b) O diagrama analógico de visualização dos valores do modelo-base no lote – item 4.2.2; e (c) Construção e visualização digital do pré-lançamento do loteamento – item 4.2.3.

## **4.2.1 Valoração e Construção das Pontuações das Condicionantes Ambientais**

Para a construção dos diagramas deste artefato duas etapas são necessárias: uma relacionada com a construção de valores para a orientação do funcionamento do diagrama (itens 4.2.1.1, 4.2.1.2 e 4.2.1.3) e outra voltada para a pontuação que abastecerá o diagrama (item 4.2.1.4).

### **4.2.1.1 Valoração para envoltória**

A partir das definições prescritivas levantadas e descritas no item 4.1 e apresentadas no Quadro 6, aplica-se para obtenção dos dados referentes a envoltória o método prescritivo para Etiquetagem em Edificações utilizando o Regulamento Técnico da Qualidade para edificações residenciais – RTQ–R (BRASIL, 2012) do Inmetro/Procel Edifica. Este método avalia o desempenho térmico da envoltória (paredes, cobertura e aberturas), considerando os dados climáticos da zona bioclimática.

O primeiro fator de importância para aplicação da planilha refere-se à definição da zona bioclimática a que se implanta o estudo. Aliada às demais informações, resultam em respostas indicadoras de qualidade dos ambientes de permanência prolongada, em níveis que variam de A (mais eficiente) até E (menos eficiente) – do Programa Brasileiro de Etiquetagem.

Em primeira instância a planilha apresenta a performance de cada ambiente exibindo seu desempenho para três indicadores:

- a) Indicador de Graus – hora para resfriamento – GHR – °C.h
- b) Consumo relativo para aquecimento – CA – KWh/m<sup>2</sup>/ano
- c) Consumo relativo para refrigeração – CR – KWh/m<sup>2</sup>/ano

Para aperfeiçoamento do cálculo, e conseqüentemente uma etiquetagem final da edificação, a planilha leva em consideração o preenchimento de informações qualificadas como pré-requisitos e bonificações. Essas são definições mais específicas de projeto que contribuem com a construção das pontuações para a orientação do projeto.

Salienta-se que o estudo em questão, no entanto, caracteriza-se pela

potencialidade de trabalhar-se com um número maior de informações nas etapas iniciais de concepção projetual. Neste caso, considera-se que as informações de pré-requisitos e bonificações, exigem definições mais detalhadas e, portanto, pertencentes a etapas mais avançadas do processo de projeto.

Neste cenário, a inserção de informações na planilha de cálculo, concentra-se em alimentar e extrair os dados da etapa inicial de preenchimento. As abas da planilha referentes aos pré-requisitos e bonificações foram desconsideradas.

A partir do esquema de planta do modelo-base definido, baseado em Montes (2016), e adaptado às características das edificações aplicadas pelas pesquisas do grupo ZEMCH no Brasil, os espaços avaliados são aqueles caracterizados como ambientes de permanência prolongada (APP) (Quadro 6). Neste caso, por não possuírem divisórias ou paredes até o forro, as áreas de estar, cozinha e circulação foram avaliadas como um único espaço e referenciados como “Estar”. Completam a planilha os ambientes de dormitório, classificados como Quarto 1 (Q1) e Quarto 2 (Q2), ficando de fora da análise apenas o banheiro e ambientes externos. Assim, são lançados os valores de área útil de cada ambiente (AUamb).

Para o lançamento das informações na planilha de cálculo verifica-se que os itens: situação do piso e cobertura; cobertura; paredes externas; característica construtiva; características das aberturas (fator de ventilação –  $F_{vent}$ ); características gerais e características de isolamento térmico para ZB1 e ZB2, apresentados no Quadro 7 em azul, são alimentados com valores fixos estabelecidos no Quadro 6 na fase de definições prescritivas. Os itens: área útil do APP; área de paredes externas do ambiente; área das aberturas externas; características das aberturas (fator de sombreamento –  $Somb$ ); apresentados em vermelho no Quadro 7, são valores que variam em função das dimensões dos ambientes de permanência prologada (APP) e suas relações com as características de sombreamento.

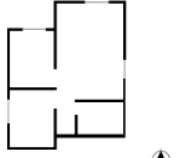

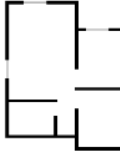

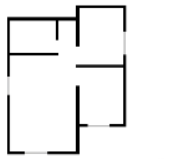
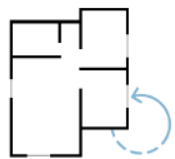
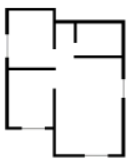
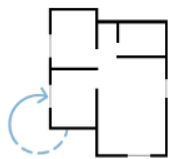
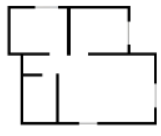
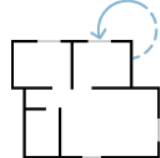
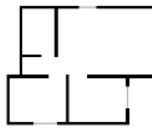
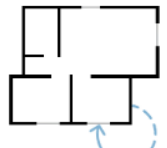
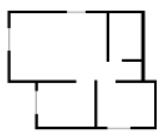
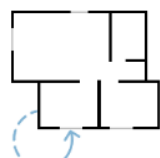
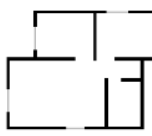
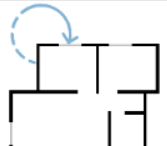
**Quadro 7** – Preenchimento da planilha em valores fixos e variáveis.

Ambiente	Identificação	adimensional
	<b>Área útil do APP</b>	m <sup>2</sup>
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional
	Contato com solo	adimensional
	Sobre Pilotis	adimensional
Cobertura	Ucob	W/m <sup>2</sup> .K
	CTcob	kJ/m <sup>2</sup> .K
	αcob	adimensional
Paredes Externas	Upar	W/m <sup>2</sup> .K
	CTpar	kJ/m <sup>2</sup> .K
	αpar	adimensional
Característica construtiva	CTbaixa	binário
	CTalta	binário
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m <sup>2</sup>
	SUL	m <sup>2</sup>
	LESTE	m <sup>2</sup>
	OESTE	m <sup>2</sup>
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m <sup>2</sup>
	SUL	m <sup>2</sup>
	LESTE	m <sup>2</sup>
	OESTE	m <sup>2</sup>
Características das Aberturas	Fvent	adimensional
	Somb	adimensional
	<b>Área das Paredes Internas</b>	m <sup>2</sup>
Características Gerais	Pé Direito	m
	<b>C altura</b>	adimensional
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário
	vid	binário
	Uvid	W/m <sup>2</sup> .K

Fonte: Planilha UH RTQ-R (BRASIL, 2012), adaptado pelo autor (2021).

Dando sequência ao raciocínio de levantamento das informações da envoltória para valoração de itens do artefato, aplica-se a planilha em 16 situações pré-estabelecidas para implantações da planta baixa modelo. Configuram-se por 4 arranjos com variações de espelhamento e alteração do posicionamento de janelas, avaliadas nas 4 orientações, norte, sul, leste e oeste. O Quadro 8 exemplifica os esquemas configurados para avaliação do desempenho das edificações

**Quadro 8** – Opções esquemas de planta baixa consideradas nas simulações para cada orientação.

	ESQUEMA 1	ESQUEMA 2	ESQUEMA 3	ESQUEMA 4
FRENTE NORTE				
FRENTE SUL				
FRENTE LESTE				
FRENTE OESTE				

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Para aplicação da síntese de informações a serem experimentadas no artefato, este estudo opta apenas pelos resultados de graus hora para resfriamento<sup>15</sup> (GHR), como critério de maior relevância em relação a envoltória, levando em consideração se tratar de uma HIS e este indicador priorizar a ventilação natural. Desta forma, os dados referentes ao consumo relativo para aquecimento (CA) e consumo relativo para resfriamento (CR) não foram computados.

Os resultados apresentam suas variações de etiquetagem entre A (mais eficiente) até E (menos eficiente). Esta relação também é apresentada por aplicação de gradação de cores, do verde escuro (mais eficiente) até o vermelho

<sup>15</sup> Indicador de desempenho térmico da envoltória da edificação naturalmente ventilada, baseado no método dos graus-hora, que utiliza uma temperatura base, independente de temperaturas de conforto, consistindo em uma temperatura de referência para comparações (BRASIL, 2012).

(menos eficiente). No Quadro 9 os valores resultantes são ilustrados pelas cores e letras nas 16 situações de acordo com o desempenho de GHR. As composições são definidas pelos respectivos esquemas relacionados às suas orientações.

**Quadro 9** – Resultados das simulações para níveis de eficiência avaliados em GHR (Graus-hora para Resfriamento) de cada ambiente de permanência prolongada da Unidade Habitacional Autônoma (UH) segundo sua orientação.

		A B C D E			
		ESQUEMA 1	ESQUEMA 2	ESQUEMA 3	ESQUEMA 4
FRENTE NORTE	FRENTE NORTE				
	FRENTE SUL				
	FRENTE LESTE				
	FRENTE OESTE				

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

#### 4.2.1.2 Valoração para ventilação

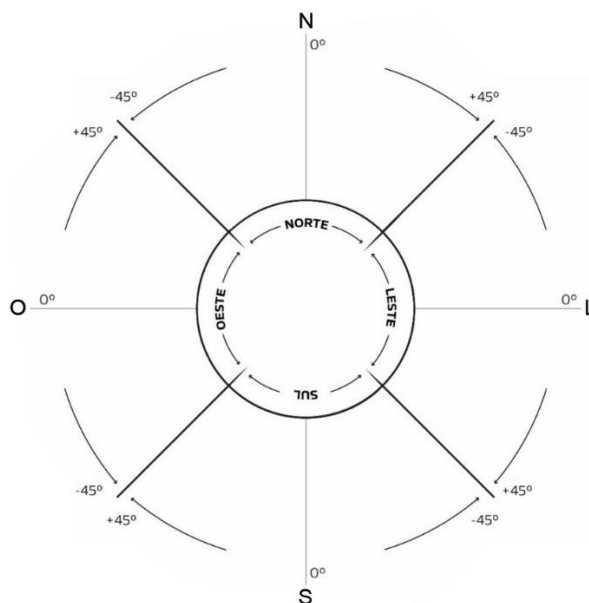
Ainda que a análise da envoltória, a partir da aplicação do método RTQ-R, considere fatores de ventilação para os cálculos de desempenho dos ambientes de permanência prolongada, a pesquisa busca ressaltar a importância da ventilação cruzada. Assim, toma-se em conta a ventilação cruzada como estratégia destacada de condicionamento térmico passivo para a zona bioclimática 3 no verão, de acordo com a norma NBR 15220.

Partindo-se das informações de ventilação natural levantadas e apresentadas como definições prescritivas no item características das condicionantes ambientais locais (item 4.1.1, Figura 12), avalia-se os potenciais de ventilação cruzada para as 16 propostas de configurações de plantas. Esta análise ocorre de acordo com as diferentes orientações de implantação do modelo-base no lote. São definidas por meio de esquemas gráficos que apresentam as combinações para eficiência da ventilação cruzada nos ambientes de permanência prolongada. Considera-se as aberturas de entrada de ventilação aquelas orientadas na direção do vento dominante leste, e o potencial de cruzamento de fluxo de ar de acordo com o posicionamento das demais aberturas nos respectivos ambientes.

Tomando como base, ainda, as informações do RTQ-R as portas de acesso principal e de serviço não são consideradas como aberturas para ventilação. O projeto de ventilação natural deve promover condições de escoamento de ar entre as aberturas localizadas em pelo menos duas diferentes fachadas (opostas ou adjacentes) e orientações da edificação, permitindo o fluxo de ar necessário para atender condições de conforto e higiene.

Considera-se, conforme o RTQ-R (Figura 20), a classificação das orientações das frentes dos lotes, e conseqüentemente das fachadas das edificações, de acordo com seu posicionamento variando entre  $-45^{\circ}$  a  $+45^{\circ}$  a partir dos eixos dos pontos cardeais (BRASIL, 2012).

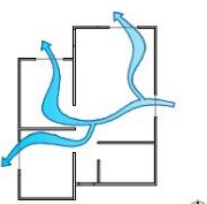
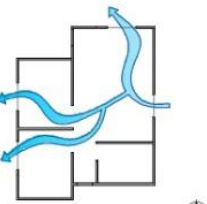


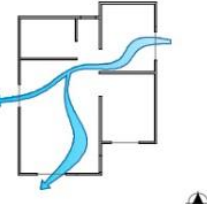
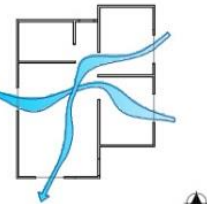
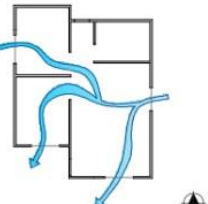
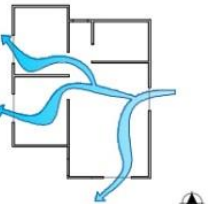
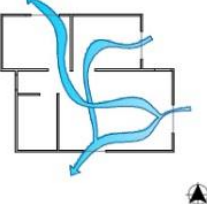
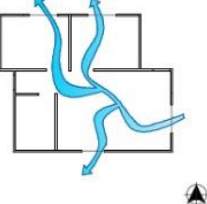
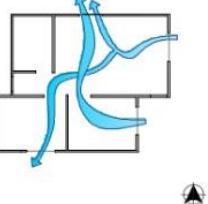
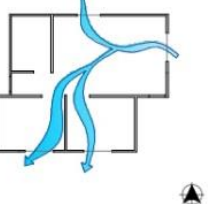
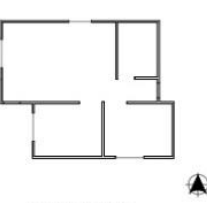
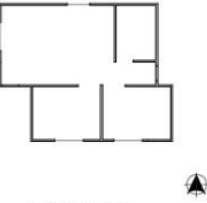
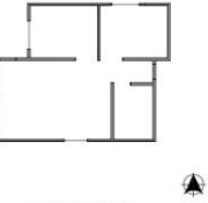
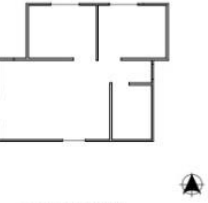
**Figura 20** – Esquema gráfico explicativo pra determinação de orientação segundo RTQ-R.



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2021).

Com isso, esta pesquisa concentra-se em verificar através de esquemas gráficos (Quadro 10), as 16 configurações avaliadas como possíveis implantações e suas relações de cruzamento de fluxo de entre os APP. A caracterização da ventilação cruzada se dá pela presença de uma ou duas aberturas necessariamente orientadas para a face leste e a possibilidade de fluxo de ar por presença de aberturas em faces opostas ou adjacentes.

**Quadro 10** – Esquemas gráficos para avaliação de quantidade de ambientes com fluxo de ventilação cruzada – Considerando a face leste como ponto de entrada da ventilação.

	ESQUEMA 1	ESQUEMA 2	ESQUEMA 3	ESQUEMA 4
FRENTE NORTE	 3 AMBIENTES	 3 AMBIENTES	 2 AMBIENTES	 3 AMBIENTES
FRENTE SUL	 2 AMBIENTES	 3 AMBIENTES	 3 AMBIENTES	 3 AMBIENTES
FRENTE LESTE	 3 AMBIENTES	 3 AMBIENTES	 3 AMBIENTES	 3 AMBIENTES
FRENTE OESTE	 0 AMBIENTE	 0 AMBIENTE	 0 AMBIENTE	 0 AMBIENTE





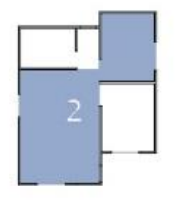



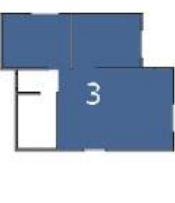
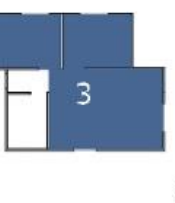

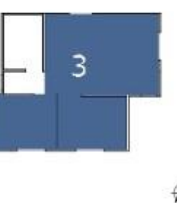
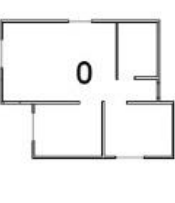
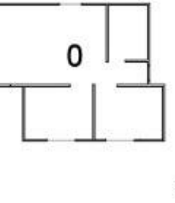
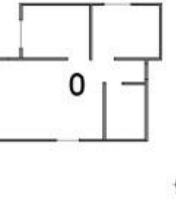
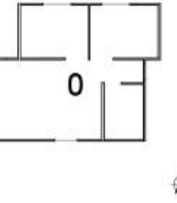
**Fonte:** Elaborado pelo autor (2021).

Nota-se que a variação quantitativa para o número de ambientes com ventilação cruzada entre as 16 situações propostas é de 0 a 3, ou seja, entre 0% a 100%.

A partir desses critérios, o Quadro 11 apresenta os resultados obtidos para as 16 configurações. Utiliza-se uma combinação entre números e cores para ilustração da variação de quantidade de ambientes com fluxo de ventilação cruzada e a qualidade de eficiência. A numeração representa a quantidade exata de ambientes

ventilados, enquanto a gradação de cores varia entre o azul escuro, como mais eficiente, e o branco, como menos eficiente.

**Quadro 11** – Resultados para números de ambientes com fluxo de ventilação cruzada.

LEGENDA: □ 0 □ 1 □ 2 ■ 3				
	ESQUEMA 1	ESQUEMA 2	ESQUEMA 3	ESQUEMA 4
FRENTE NORTE				
FRENTE SUL				
FRENTE LESTE				
FRENTE OESTE				

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

#### 4.2.1.3 Valoração para Insolação

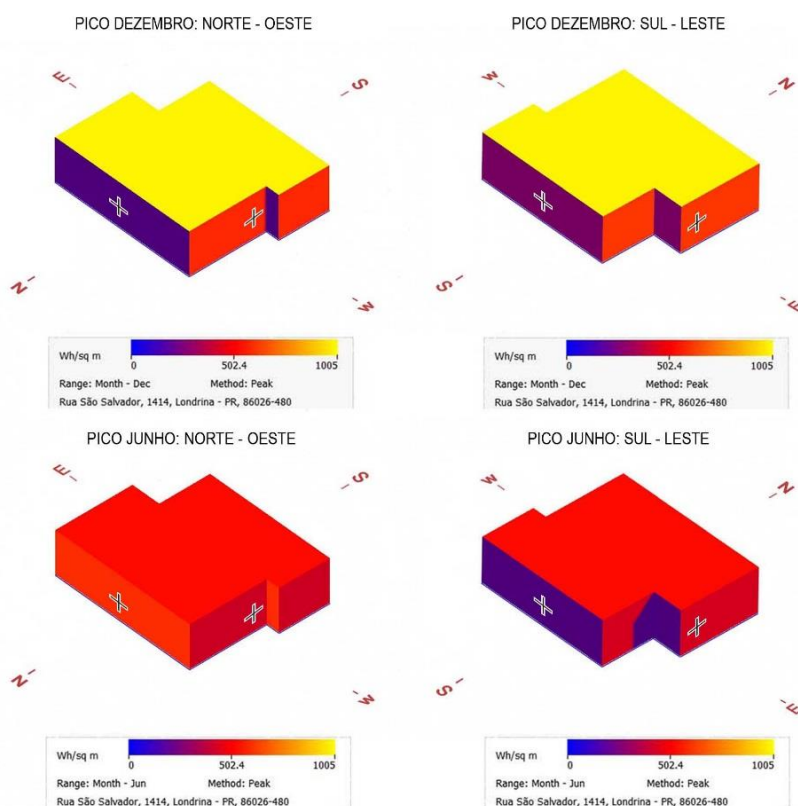
O método prescritivo do RTQ-R aborda fatores vinculados à insolação, observando fluxo de calor nas diferentes orientações, contudo, nesta

pesquisa busca-se apontar uma orientação óptima de acordo com a incidência solar para verão e inverno, com uma intenção mais pedagógico. Esta orientação seria um fator extra que procura minimizar a radiação solar no verão e potencializar a radiação no inverno. Assim, opta-se por levar em conta a relação entre as maiores dimensões de fachada e a quantidade de calor recebido em  $W/m^2$ . Ressalta-se, ainda, que as aberturas e cobertura não foram incluídas como fator de observação para este quesito, já que essa relação foi abordada pela análise da envoltória (item 4.2.1.1).

Desta forma, aplicam-se ao software Formit© as informações das definições prescritivas para extração dos valores, que levam à definição de uma orientação óptima para complementar os dados do artefato diagramático. Importante destacar que, segundo NBR 15220, o mínimo de insolação no verão e o máximo no inverno são parte das estratégias de conforto ambiental das edificações para Zona Bioclimática 3. Para tanto, as aplicações dentro da ferramenta de análise oferecem dados que orientam o resultado.

Para a sequência da aplicação, e a partir das referências dimensionais do modelo-base, desenvolveu-se a modelagem tridimensional da edificação dentro do programa. Selecionou-se, então, a localização geográfica da implantação do modelo. Os comandos para análises foram ativados para observação do pico de radiação mensal nas faces para verão (dezembro) e inverno (junho) extraídos em  $W/m^2$  nos pontos centrais das paredes (Figura 21).

**Figura 21** – Análises aplicadas no software Formit© para obtenção quantitativa de  $W/m^2$  no centro das faces e suas diferentes orientações para verão e inverno – (Ex. Frente Leste).



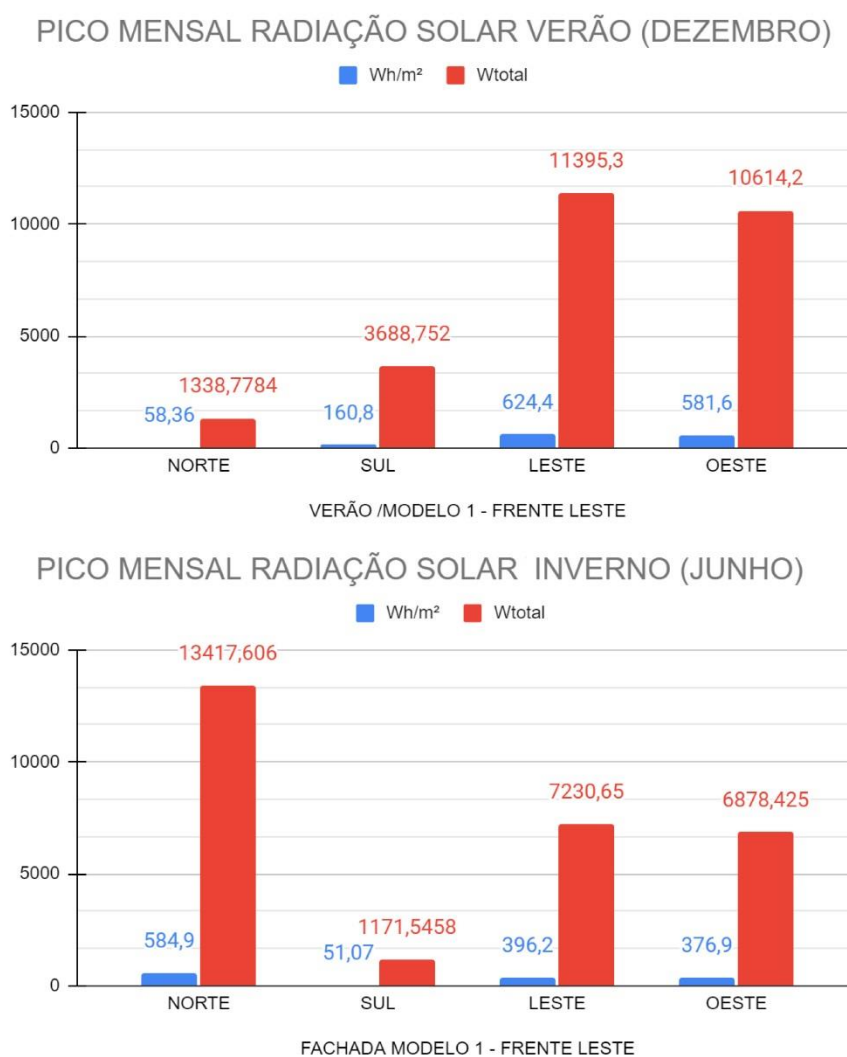
**Fonte:** Elaborado pelo autor<sup>16</sup> (2021).

A partir do levantamento das informações de  $W/m^2$  e a metragem quadrada de cada fachada nas diferentes orientações (APÊNDICE D), multiplicam-se esses valores para a obtenção dos dados finais que mostram a face que recebe menos insolação no verão e a que recebe mais insolação no inverno.

Tomando o melhor caso como exemplo, a aplicação para a situação de uma edificação frente leste, observa-se que a face Norte tem níveis maiores de insolação em  $W/m^2$  no pico de inverno e menores no de verão (Figura 21). Em azul são apresentados os resultados dos cálculos da quantidade de Watts multiplicados pela metragem quadrada das paredes referentes as suas orientações (Figura 22). O Quadro 12 resume os valores alcançados em relação as 16 orientações apresentando as faces de maior insolação para o pico de verão (dezembro) e maior para o pico de inverno (junho).

<sup>16</sup> Trabalho desenvolvido em colaboração na aluna de Iniciação Científica Isadora Resges de Souza (grupo ZEMCH – UEL)

**Figura 22** – Gráfico resultante da multiplicação de quantidade de Watts pelas superfícies em m<sup>2</sup> das paredes nas diferentes orientações – (Ex. Frente Leste)



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

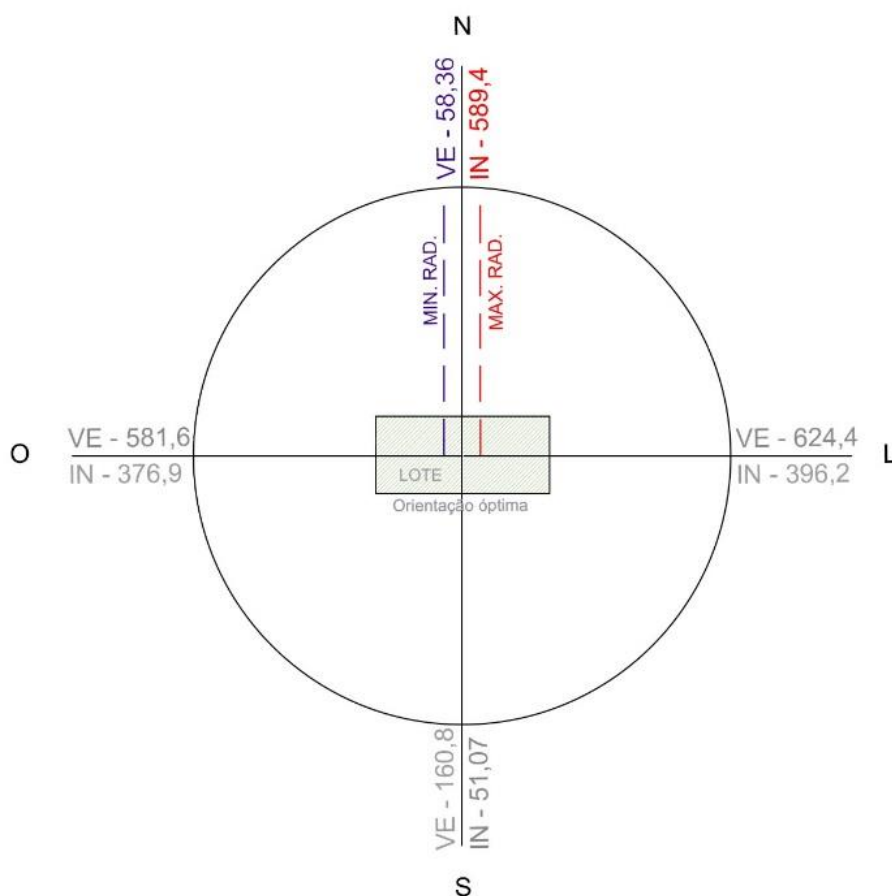
**Quadro 12** – Resultados das análises de quantidade de w/m<sup>2</sup> considerando a área das faces e suas orientações.

VERÃO (DEZEMBRO)		INVERNO (JUNHO)	
	Wh/m <sup>2</sup>		Wh/m <sup>2</sup>
NORTE	58,36	NORTE	589,4
SUL	160,8	SUL	51,07
LESTE	624,4	LESTE	396,2
OESTE	581,6	OESTE	376,9

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A partir deste levantamento compõe-se um gráfico que ilustra os valores máximos e mínimos para os picos de verão e inverno. Essa ilustração conduz o entendimento de que a orientação ótima é caracterizada pelo direcionamento das maiores faces orientadas para as radiações mínimas de verão e máximas de inverno. Conseqüentemente, as menores faces resultarão em direcionamento às maiores radiações de verão (Figura 23).

**Figura 23** – Gráfico de verificação para orientação ótima de acordo com valores de radiações máximas e mínimas ( $W/m^2$ ).



**Fonte:** Olgay (2001), adaptado pelo autor (2021).

Neste caso, baseando-se no estudo de Olgay (2001), porém avaliando valores de pico mensal, entende-se que as maiores faces adquirem melhor desempenho para insolação quando orientadas para o norte, considerando que tanto os menores valores de radiação no verão, quanto os maiores para radiação no inverno, coincidem para esta orientação.

Desta forma, avaliando as configurações do lote mínimo para o estudo

de implantação, serão identificadas no diagrama como orientações ótimas, para fins de insolação, aquelas cuja orientações das faces menores estiverem voltadas para leste e oeste.

#### **4.2.1.4 Construção da pontuação das condicionantes**

Para a montagem do diagrama analógico, foram estabelecidas pontuações referentes à envoltória, ventilação cruzada e insolação. Ressalta-se que, a partir das diferentes abordagens de análises dessas variáveis, os parâmetros numéricos de pontuação adotados para a construção do artefato têm apenas a função de orientar a leitura visual, criando uma escala numérica entre as diferenças qualitativas das possibilidades avaliadas. O objetivo desta pontuação é orientar o projetista de forma mais *gameficada*<sup>17</sup> e intuitiva.

Desta forma, não se trata exatamente de uma avaliação ou reguladores, ainda que se parta de um método, como o RTQ-R, mas sim, de um instrumento com sentido orientador. A pontuação visa estimular o engajamento e o aprendizado, já que a lógica da sua construção é apresentada no procedimento do artefato (descrito no item 4.2.2, Figura 27). Para a construção desta pontuação adotou-se os valores referentes à envoltória com base no método RTQ-R com peso maior (75%), pois sua abordagem contempla também, de forma geral, relações com insolação e ventilação. Porém, opta-se por pontuações extras, ainda que com menor peso, tais como, para ventilação cruzada (15%) e orientações das fachadas maiores para insolação ótima (10%) que contribuem com o caráter pedagógico da proposta.

#### **A pontuação – Envoltória**

O resultado do desempenho de Graus-Hora para Resfriamento (GHR), em relação à envoltória, é avaliado para cada ambiente em separado, porém de modo a favorecer a síntese das informações, define-se uma pontuação final conjunta referente ao desempenho das envoltórias.

Para facilitar a leitura numérica, e a posterior construção do diagrama, foram estabelecidos, como critério de pontuação, valores múltiplos de 5 para cada

---

<sup>17</sup> Como observa Tolomei (2017), a gamificação trata-se de tentar usar certas regras, objetivos e resultados, através dos quais os indivíduos são mais facilmente engajados, sociabilizados, motivados e tornam-se mais abertos à aprendizagem de um modo mais eficiente.

letra referente ao desempenho dos ambientes. Com isso, os números vão de 5 a 25, sendo 5 para letra E (pior desempenho em GHR), seguindo progressivamente com 10 par letra D, 15 para letra C, 20 para letra B e 25 para a letra A (melhor desempenho em GHR) (Quadro 13).

**Quadro 13** – Definição de pontuação para cada letra referente ao desempenho do ambiente.

		Pontuação
Desempenho	E	5
	D	10
	C	15
	B	20
	A	25

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2021).

A somatória dos valores de envoltória resultantes dos três ambientes, gera uma nova classificação final, também dividida em 5 níveis de pontuação. Neste caso, a variação de valores vai de 0 a 75, estabelecendo até 15 pontos para letra E (cor vermelha) como pior desempenho em GHR. Na sequência, tem-se o desempenho considerando de 20 a 30, letra D (cor laranja), de 35 a 45, letra C (cor amarela), de 50 a 60, letra B (cor verde claro), e de 65 a 75, letra A (cor verde escuro) como melhor desempenho (Quadro 14).

**Quadro 14** – Definição de pontuação da envoltória referente aos somatórios de desempenho dos três ambientes.

		Pontuação
Desempenho	E	0 a 15
	D	20 a 30
	C	35 a 45
	B	50 a 60
	A	65 a 75

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2021).

O Quadro 15, mostra o raciocínio somatório de pontuação estabelecido para a classificação conjunta dos ambientes nas 16 situações avaliadas.

**Quadro 15** – Raciocínio somatório de pontuação para classificação final dos valores de envoltória.

		A	B	C	D	E			
		ESQUEMA					SOMATÓRIA		CLASSIFICAÇÃO
FRENTE NORTE	1		$(B=20 + C=15 + C=15) = 50$		B				
	2		$(C=15 + C=15 + C=15) = 45$		C				
	3		$(B=20 + C=15 + C=15) = 50$		B				
	4		$(C=15 + C=15 + C=15) = 45$		C				
FRENTE SUL	1		$(B=20 + C=15 + D=10) = 45$		C				
	2		$(B=20 + C=15 + D=10) = 45$		C				
	3		$(B=20 + C=15 + D=10) = 45$		C				
	4		$(B=20 + C=15 + D=10) = 45$		C				
FRENTE LESTE	1		$(C=15 + C=15 + D=10) = 40$		C				
	2		$(B=20 + C=15 + D=10) = 45$		C				
	3		$(B=20 + C=15 + C=15) = 50$		B				
	4		$(B=20 + C=15 + C=15) = 50$		B				
FRENTE OESTE	1		$(B=20 + C=15 + C=15) = 50$		B				
	2		$(B=20 + C=15 + C=15) = 50$		B				
	3		$(C=15 + C=15 + D=10) = 40$		C				
	4		$(B=20 + C=15 + D=10) = 45$		C				













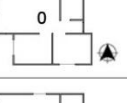
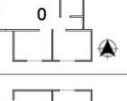


Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

### **A pontuação – Ventilação cruzada**

Para os resultados de ventilação, além da observação de aberturas voltadas para face leste, onde a ventilação é dominante na região, considera-se como o fator de pontuação o número de ambientes com possibilidade de fluxo cruzado de ventilação a partir de aberturas em faces opostas e/ou adjacentes embasados pelo RTQ-R (BRASIL, 2012). Afere-se 5 pontos para cada ambiente com ventilação cruzada como valor numérico para construção do diagrama. Portanto, a variação é de 0 a 15, levando em consideração as possibilidades de aplicação de no mínimo nenhum ambiente com cruzamento de ventilação e no máximo 3.

O Quadro 16 exhibe as pontuações e a classificação através de números e cores equivalentes às 16 situações avaliadas para a situação das janelas.

**Quadro 16 –** Raciocínio somatório de pontuação para classificação final dos valores de ventilação cruzada.

	ESQUEMA	Nº AMBIENTES VENTILADOS	CLASSIFICAÇÃO
FRENTE NORTE		3 AMBIENTES = 15	3
		3 AMBIENTES = 15	3
		2 AMBIENTES = 10	2
		3 AMBIENTES = 15	3
FRENTE SUL		2 AMBIENTES = 10	2
		3 AMBIENTES = 15	3
		3 AMBIENTES = 15	3
		3 AMBIENTES = 15	3
FRENTE LESTE		3 AMBIENTES = 15	3
		3 AMBIENTES = 15	3
		3 AMBIENTES = 15	3
		3 AMBIENTES = 15	3
FRENTE OESTE		0 AMBIENTE = 0	0
		0 AMBIENTE = 0	0
		0 AMBIENTE = 0	0
		0 AMBIENTE = 0	0

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

## A pontuação – Insolação

Para a classificação referente à qualidade de insolação, afere-se 10 pontos, a menor pontuação dos itens avaliados. Entende-se que essa pontuação é complementar a abordagem da envoltória pelo RTQ-R, que também considerou fatores relacionados a insolação. Porém, ela só ocorre quando sua posição longitudinal estiver orientada exatamente para norte e sul. Consequentemente as frentes dos lotes, que possuem menores dimensões, devem estar voltadas para leste ou oeste.

Neste caso, são apenas 8 situações de plantas divididas em 4 para frente oeste e 4 para frente leste, que recebem a possibilidade de pontuação extra quando estiverem orientadas exatamente no eixo Leste-Oeste (Quadro 17).

**Quadro 17** – Oito plantas com possibilidade de pontuação extra referentes a orientação ótima para insolação.

	FRENTE LESTE	FRENTE OESTE
ESQ. PLANTA 1		
ESQ. PLANTA 2		
ESQ. PLANTA 3		
ESQ. PLANTA 4		

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

### **A pontuação final – somatório das variáveis de envoltória, ventilação cruzada e insolação.**

A pontuação final tem o papel de aferir um valor de desempenho, observando o resultado das variáveis avaliadas nas 16 situações que se relacionam entre as tipologias da edificação e sua determinada orientação do lote. Para tanto, cria-se uma nova conversão de pontuação com base em uma fórmula somatória simples. Tem-se que RE (resultado da envoltória = 0 a 75) + RVC (resultado da ventilação cruzada = 0 a 15) + OO (orientação óptima = 0 a 10) = 0 a 100.

Diante desse raciocínio, compõe-se o quadro de classificação final de desempenho da edificação em relação à orientação do lote (Quadro 18).










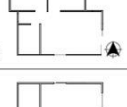
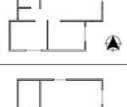


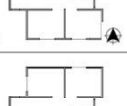


**Quadro 18** – Definição de pontuação final para classificação de desempenho do lote em função das análises dos esquemas de planta.

		Pontuação
Desempenho	E	0 a 20
	D	25 a 40
	C	45 a 60
	B	65 a 80
	A	85 a 100

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2021).

A partir dessas definições são apresentados os resultados somatórios aplicados ao caso estudado e a classificação resultante que alimenta o diagrama analógico e o digital (Quadro 19).

**Quadro 19** – Raciocínio somatório de envoltória, ventilação cruzada e orientação óptima para classificação final.

	ESQUEMA	RE+RVC	CLASSIFICAÇÃO	BÓNUS DE INSOLAÇÃO PARA ORIENTAÇÃO ÓPTIMA EIXO LESTE-OESTE	
FRENTE NORTE	1 	50 + 15 = 65	B	-	-
	2 	45 + 15 = 60	C	-	-
	3 	50 + 10 = 60	C	-	-
	4 	45 + 15 = 60	C	-	-
FRENTE SUL	1 	45 + 10 = 55	C	-	-
	2 	45 + 15 = 60	C	-	-
	3 	45 + 15 = 60	C	-	-
	4 	45 + 15 = 60	C	-	-
FRENTE LESTE	1 	40 + 15 = 55	C	+ 10 = 65	B
	2 	45 + 15 = 60	C	+ 10 = 70	B
	3 	50 + 15 = 65	B	+ 10 = 75	B
	4 	50 + 15 = 65	B	+ 10 = 75	B
FRENTE OESTE	1 	50 + 0 = 50	C	+ 10 = 60	C
	2 	50 + 0 = 50	C	+ 10 = 60	C
	3 	40 + 0 = 40	D	+ 10 = 50	C
	4 	45 + 0 = 45	C	+ 10 = 55	C

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Com esses resultados é possível levantar as pontuações a respeito dos potenciais máximos das edificações em cada orientação. Aqui, estes resultados são convertidos em classificação para visualização de potencial dos lotes. O resultado visual final é experimentado pelos arquitetos e engenheiros que compõem o painel de especialistas. Para isso, o Quadro 20 resume os potenciais máximos dos lotes alcançados em cada orientação e as respectivas plantas que apresentaram as melhores pontuações de desempenhos.

**Quadro 20** – Resultado dos potenciais máximos dos lotes em função dos melhores desempenhos dos esquemas de planta para cada orientação.

	POTENCIAL MÁX.DO LOTE	BÔNUS INSOLAÇÃO ORIENTAÇÃO ÓTIMA EIXO LESTE OESTE	ESQUEMAS DE PLANTAS COM MELHOR POTENCIAL DE DESEMPENHO			
			ESQUEMA 1	ESQUEMA 2	ESQUEMA 3	ESQUEMA 4
FRENTE NORTE						
FRENTE SUL						
FRENTE LESTE						
FRENTE OESTE						

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

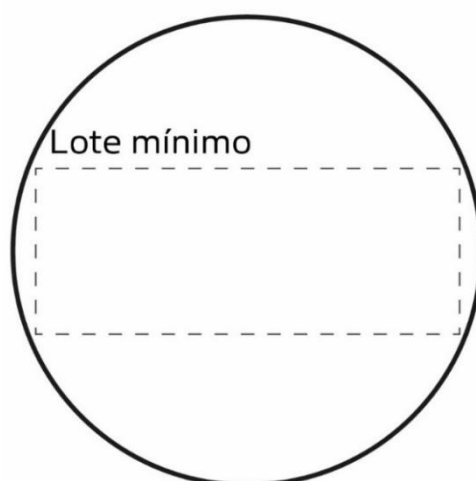
#### 4.2.2 O Diagrama Analógico de Visualização dos Valores do Modelo-Base no Lote

Para a construção do diagrama analógico do artefato é necessário organizar as características de desempenho vinculadas à orientação de implantação do lote, tornando-se fundamental a exibição dos dados orientando-os a cada ponto cardeal. Desta forma, as informações são apresentadas expondo resultados qualitativos e quantitativos em um diagrama circular do tipo *sunburst*<sup>18</sup>.

Para melhor entendimento do modelo de construção do diagrama, apresenta-se a seguir a sequência de construção do artefato diagramático. Segue-se uma linha de montagem ordenada, observando ponto a ponto os componentes das informações sintetizadas, procurando dispor os dados de maneira a favorecer uma leitura visual intuitiva e de fácil cognição.

- 1- A delimitação de um círculo como base para a construção do diagrama é definida inscrevendo um lote mínimo, tendo como parâmetro suas dimensões de comprimento (10,30m) e largura (19,27m) (Figura 24). A parte interna mantém-se sem preenchimento e apenas apresenta linhas de referência para visualização das relações com os lotes que serão estudados.

**Figura 24** – Diagrama 1.



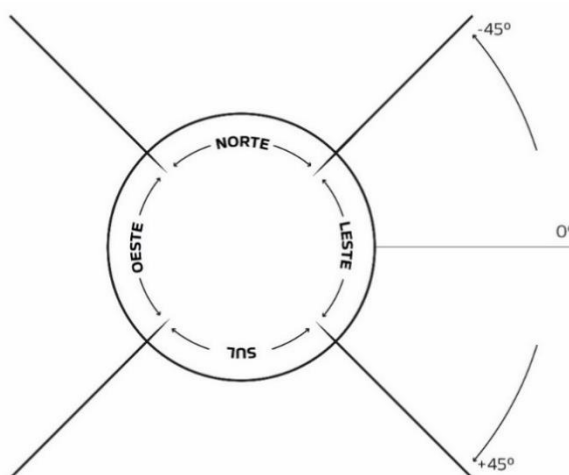
**Fonte:** Elaborado pelo autor (2021).

---

<sup>18</sup> Na visualização de informações, um diagrama de *sunburst* ou um gráfico de *sunburst*, é um gráfico de torta multinível usado para representar a proporção de diferentes valores encontrados em cada nível em uma hierarquia (EDUCALINGO, 2020).

- 2- As separações que definem os quadrantes referentes às orientações das faces dos lotes são estabelecidas pela prescrição do RTQ-R, que determina um total de  $90^\circ$  para cada direção, considerando a variação de  $-45^\circ$  a  $+45^\circ$  em relação a cada eixo (BRASIL, 2012) (Figura 25).

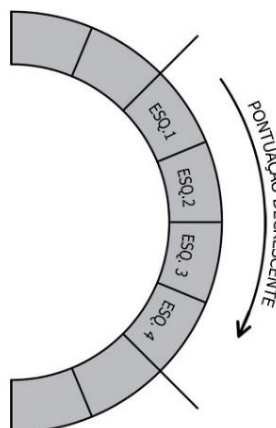
**Figura 25 – Diagrama 2.**



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2021).

- 3- O primeiro anel circunscrito, criando camadas de dentro para fora, contém a relação do número de esquemas de plantas avaliadas. Essas, determinam os espaçamentos de maneira radial, informando relações qualitativas em um eixo de expansão e quantitativas no sentido horário (Figura 26).

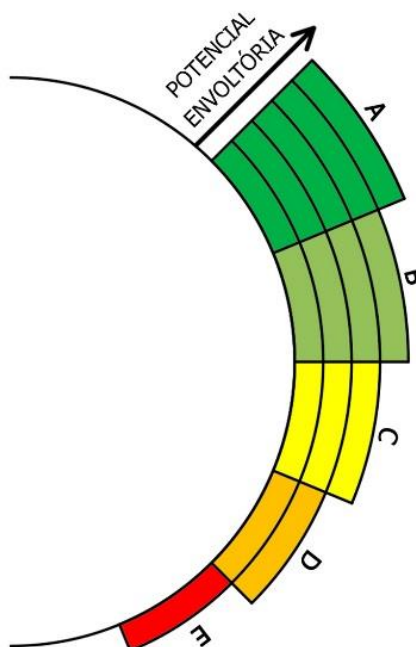
**Figura 26 – Diagrama 3.**



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2021).

- 4- As informações de desempenho de GHR para envoltória, são apresentadas em relação ao alcance de qualidade seguindo o eixo radial de expansão determinado pela cor e letra no segundo anel. Quanto melhor o desempenho adquirido maior o alcance longitudinal no diagrama. As cores e letras seguem o mesmo padrão de cores da etiquetagem de energia do regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética de edificações residenciais – RTQ–R do Inmetro/Procel Edifica (BRASIL, 2012). Em sentido horário, com anéis acompanhando o círculo, em cada quadrante, é possível visualizar a relação quantitativa decrescente dos desempenhos (Figura 27).

**Figura 27 – Diagrama 4**

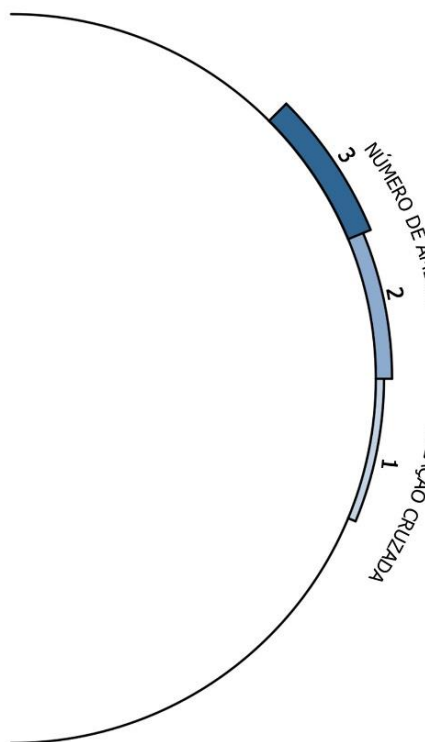


**Fonte:** Elaborado pelo autor (2021).

- 5- O item ventilação natural segue a sequência dos anéis concêntricos e demonstra fatores qualitativos a partir da quantidade de ambientes com possibilidade de ventilação cruzada, com suas aberturas de entrada de ventilação orientadas para a direção dos ventos dominantes. As cores e números, combinados com o alcance longitudinal, exibem os potenciais de desempenhos. O valor numérico estabelecido para a pontuação, a partir do número de ambientes, é de 0 pontos (nenhum), 5 pontos (um ambiente com ventilação cruzada), 10 pontos (dois ambientes com ventilação cruzada) e 15 pontos (três ambientes com ventilação

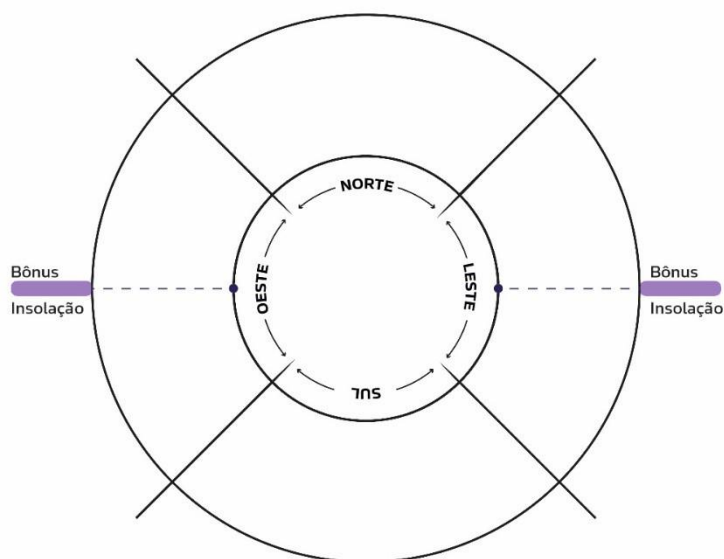
cruzada). Os números 0, 1, 2 e 3 referem-se à quantidade de ambientes com ventilação cruzada, e as cores vão progressivamente do branco aos outros tons de azul, favorecendo o entendimento da qualidade da ventilação (Figura 28).

**Figura 28 – Diagrama 5.**



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2021).

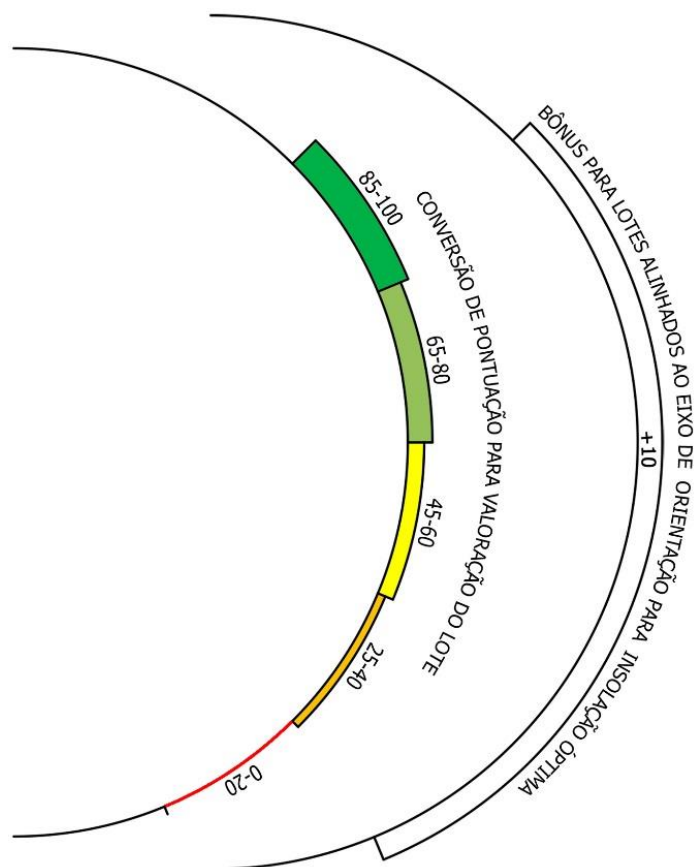
- 6- Para o item insolação, considerada uma pontuação extra aplicada a situações específicas de orientação, cria-se um eixo de referência vinculado aos pontos leste e oeste. Definiu-se que apenas os lotes que se alinhem a esse eixo recebem 10 pontos extras (com uma margem de avaliação e  $5^\circ$  para cima e para baixo). Com isso, optou-se por gerar a informação visual fora do círculo principal, possibilitando o entendimento deste valor aferido como um aspecto extraordinário (Figura 29).

**Figura 29 – Diagrama 6.**

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2021).

- 7- Compõe-se na sequência um resultado somatório entre os valores finais da envoltória somados às pontuações extras de ventilação cruzada e também, em alguns casos, insolação óptima (Quadro 19). Estes valores são convertidos como pontuação de valoração do lote nas respectivas orientações. São, então, apresentados em um círculo de cores e valores finais que apontam o melhor desempenho possível para cada orientação através da cor de referência em função da pontuação e a identificação dos esquemas de plantas (Figura 30). Essa comunicação final é lançada no algoritmo para colaborar como resposta visual digital na manipulação das possibilidades de configuração dos lotes em função de seus desempenhos.

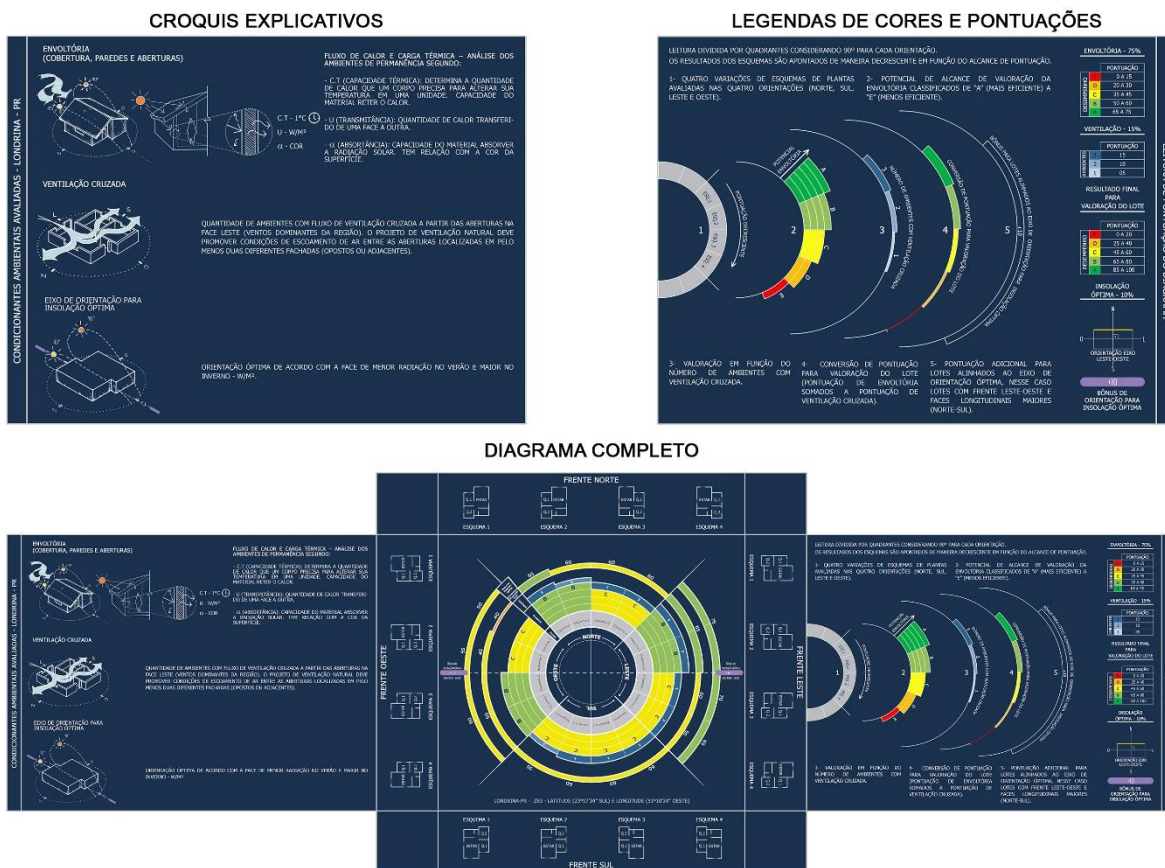
**Figura 30 – Diagrama 7.**



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2021).

- 8- O diagrama tem como complemento croquis explicativos relacionados às variáveis avaliadas como condicionantes ambientais do contexto. Este material tem um caráter didático complementar à apresentação das informações e visa dar um suporte qualitativo ao projetista (Figura 31 e APÊNDICE F).
- 9- As legendas referentes as cores e pontuações são expostas como apoio à leitura do diagrama, colaborando para esclarecer os fatores qualitativos apontados na imagem. Assim, a sequência de leitura de cada camada traz informações resultantes das análises dos esquemas de planta (Figura 31 e APÊNDICE F).

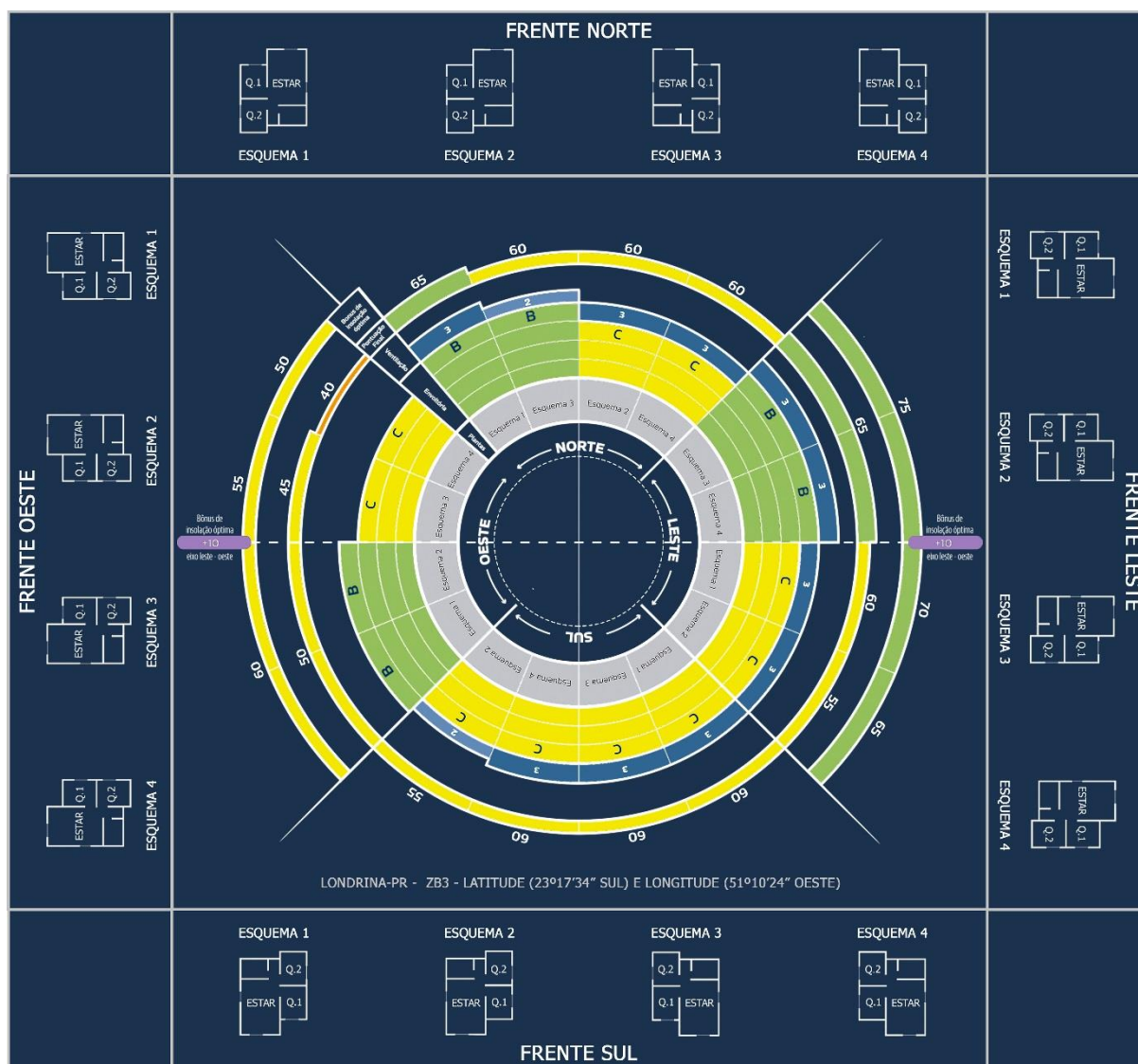
Figura 31 – Diagrama em partes.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Os quatro esquemas de plantas também são apresentados junto ao diagrama de forma perpendicular ao seu eixo de referência, oferecendo apoio de leitura para consulta direta da opção de edificação de melhor resposta ao desempenho energético em função da orientação do lote. Esta última informação complementa o entendimento da pontuação para orientação dos lotes e oferece, neste caso, subsídios também ao projetista de edificações para suas etapas de concepção projetual (Figura 32).

Figura 32 – Diagrama quadro central.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

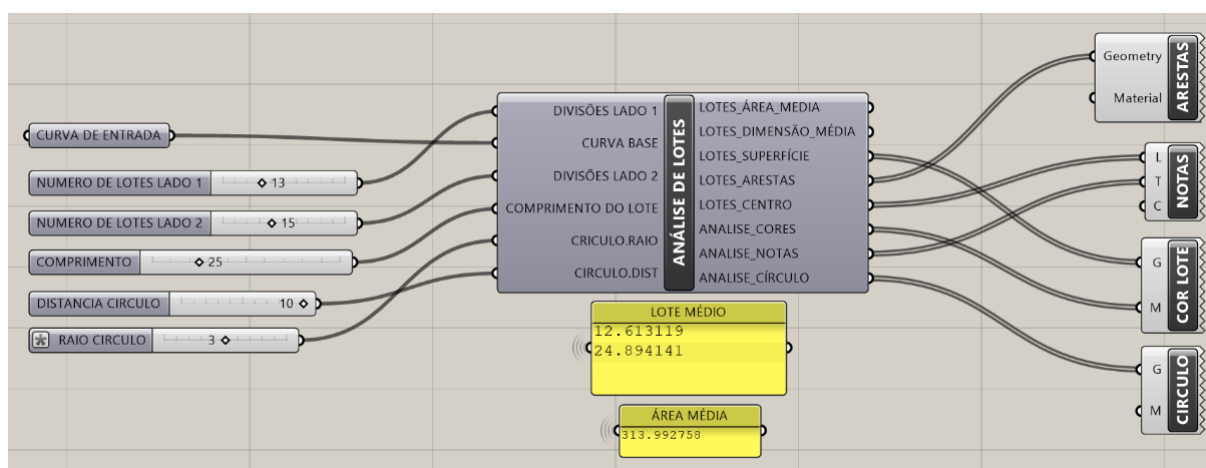
Por fim, essa síntese visual das informações de condicionantes ambientais resulta em um diagrama analógico em formato físico, para experimentação em estudos de loteamento vinculados a situações reais de orientação (Figura 33). Essas informações são a base para a elaboração da sequência do experimento no diagrama digital, que a partir da criação de algoritmos tem a função de parametrizar essas informações para gerar o resultado visual final.



### 4.2.3 Construção e Visualização Digital do Pré-Lançamento do Loteamento

Observa-se que a partir da apresentação do diagrama analógico é necessário oferecer possibilidades de visualizações rápidas ao projetista de loteamento dentro do processo inicial de concepção dos lotes. Entendendo que as futuras edificações podem ter seus impactos energéticos ampliados ou reduzidos em função da orientação do loteamento, nesta etapa desenvolve-se um algoritmo para experimentação por meio de edição de eixos e pela visualização em tempo real do loteamento. O grande algoritmo compactado em forma de *cluster*<sup>19</sup>, produzido<sup>20</sup> dentro do programa Grasshopper / Rhinoceros© (Figura 34), possui uma sequência de comandos dividida aqui em duas partes: (a) O esquema digital do lote e quadra – item 4.2.3.1; e (b) Visualização digital do resultado no diagrama lançado – item 4.2.3.2.

**Figura 34** – Estrutura final – Cluster de funções para comandos do algoritmo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

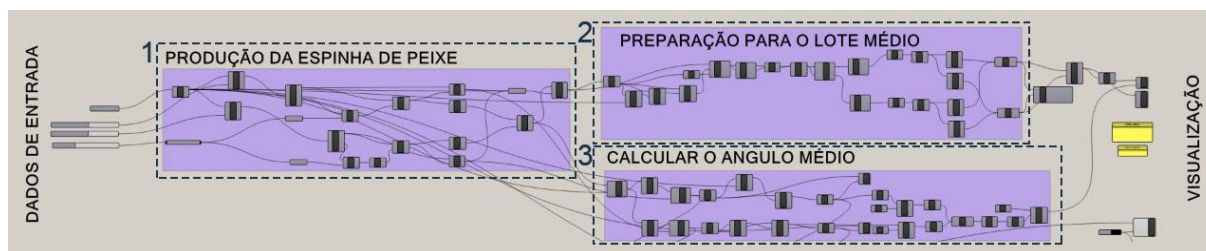
#### 4.2.3.1 O esquema digital do lote e quadra

A primeira parte do algoritmo (Figura 35) visa produzir uma quadra tipo “espinha de peixe” a partir de seu eixo. Para a explicação desta parte do algoritmo, este foi decomposto em outras 3 subpartes como apresentado a seguir.

<sup>19</sup> Grupo de funções – tradução do autor.

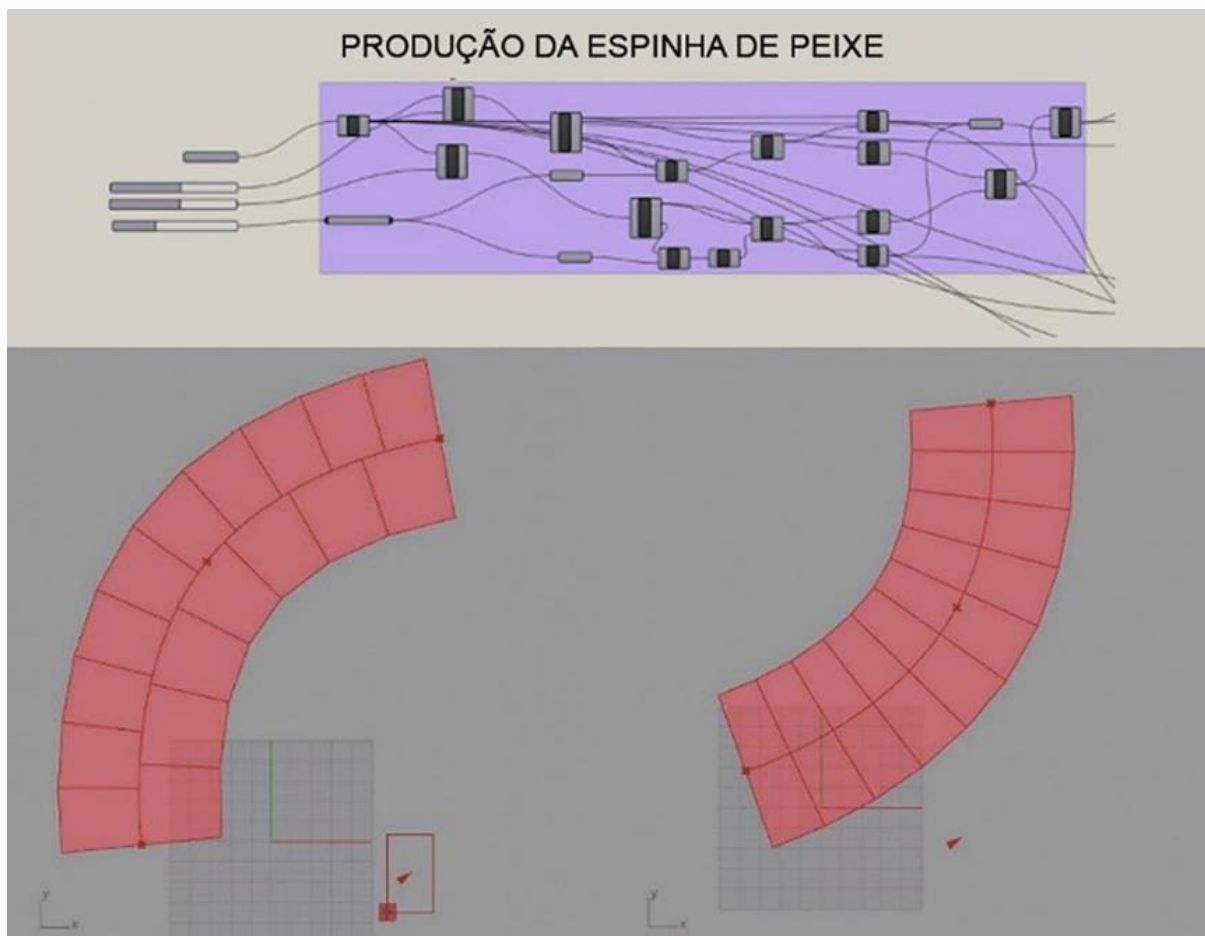
<sup>20</sup> Este algoritmo foi desenvolvido em parceria com o pesquisador Guilherme Massahiro Rodrigues Yuki, participante do projeto de pesquisa “Instrumentos para custeio-meta no desenvolvimento integrado de HIS customizada em massa em processo colaborativo”, vinculado ao grupo de pesquisa ZEMCH - UEL. O pesquisador, atualmente mestrando, desenhou e programou sob orientação do autor desta dissertação.

**Figura 35** – Algoritmo de esquematização dos lotes a partir do eixo (tipo “espinha de peixe”)



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2021).

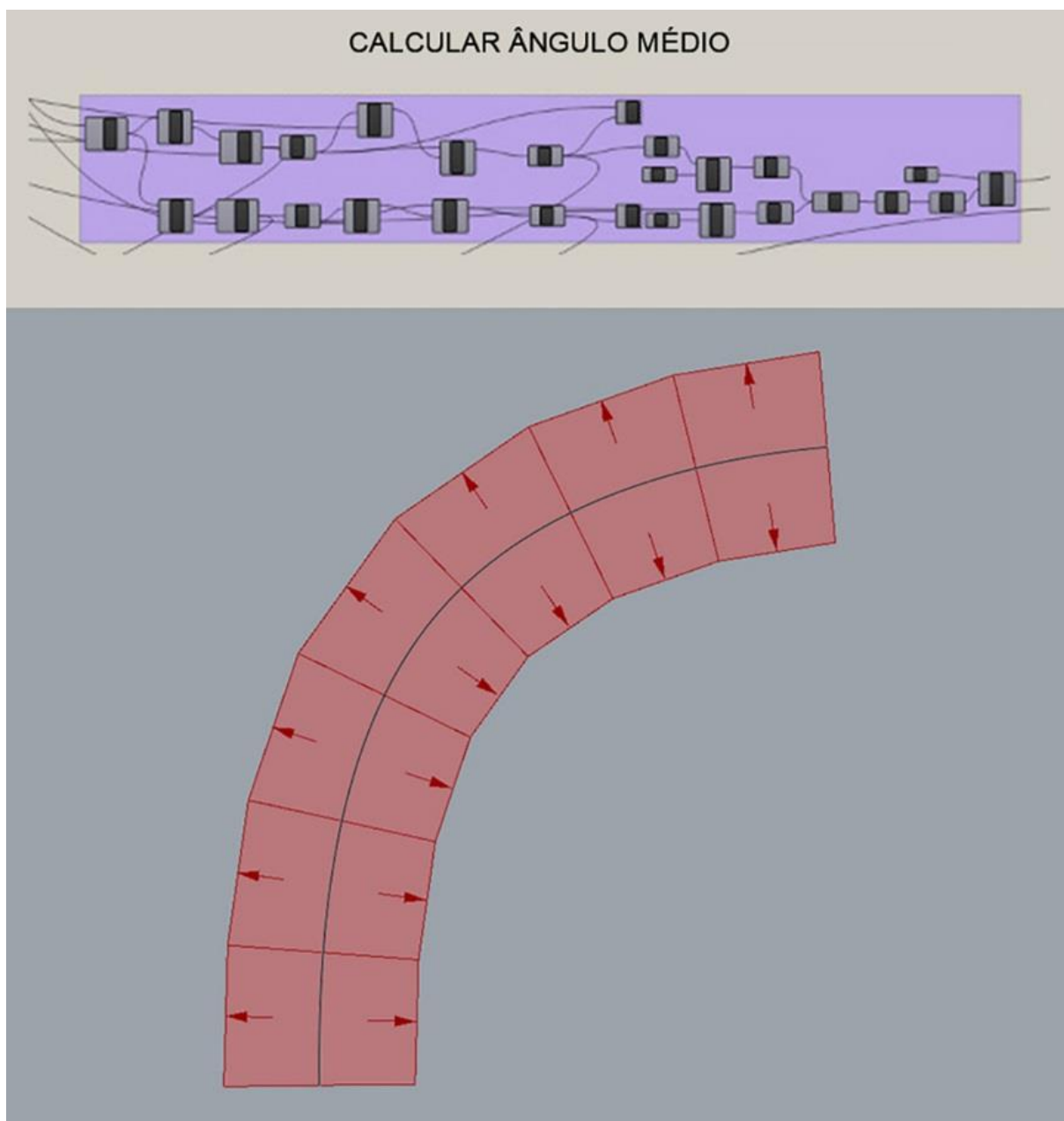
A subparte 1 do algoritmo (Figura 36) produz a geometria mais básica do desenho ou configuração de uma possível quadra e subdivisão dos lotes a partir de um eixo central. Para tanto, propõe-se uma sequência de comandos que partem de uma linha de eixo, que orienta a estrutura da “espinha de peixe”. Esta linha de eixo se relaciona com procedimento gerado pelo artefato produzido por Takahashi (2017), podendo ou não ser empregado em continuidade ao trabalho citado. Nesta parte do algoritmo, tal linha é subdividida por pontos e repetida para as duas laterais, produzindo o desenho axial da quadra. Importante destacar que esse eixo pode ser dado também por pontos, permitindo que a linha se adapte às diferentes composições e formas. Para a montagem final da estrutura dos lotes, o algoritmo permite diferentes profundidades e número de subdivisões, em uma “banda” ou outra da quadra (fileiras horizontais de lotes). Essa estrutura, de maneira geral, possibilita estabelecer a quantidade de lotes de acordo com uma forma mais esquemática que, ainda que não abarque todos os tipos de quadra, permite oferecer um esboço para o lançamento de um loteamento e aplicação desta pesquisa.

**Figura 36 – Subparte 1.**

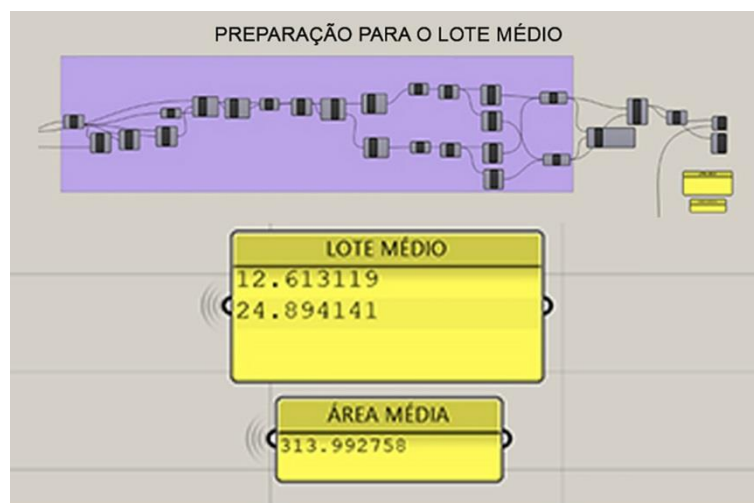
**Fonte:** Elaborado pelo autor (2021).

As outras duas subpartes se concentram em calcular fatores médios de maneira individualizada. A subparte 2 do algoritmo (Figura 37) encontra um eixo para cada lote, através de uma malha com aplicação de coordenadas x e y individualizadas, permitindo encontrar o ângulo médio da quadra, podendo ser, então, comparada com a posição em relação ao norte. Essa leitura torna-se importante para compor a visualização dos resultados de desempenho finais em conexão com o diagrama analógico, que corresponde a primeira parte do desenvolvimento do artefato (ver item 4.2.2 desta pesquisa). A subparte 3 do algoritmo (Figura 38) permite uma análise da variação das dimensões do lote, fornecendo os valores do lote médio de uma quadra.

Figura 37 – Subparte 2.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

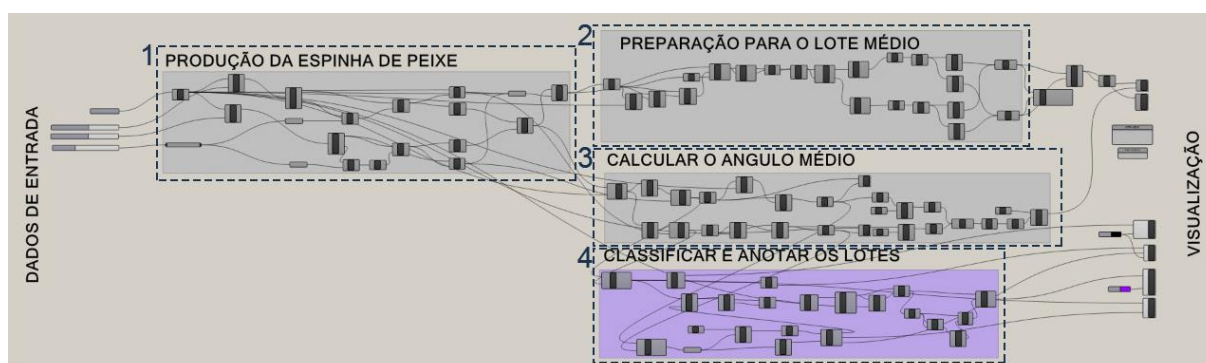
**Figura 38 – Subparte 3.**

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A partir dessa estrutura montada para possibilitar diferentes combinações dimensionais, oportuniza-se a sobreposição das informações sintetizadas no diagrama analógico para estender-se ao resultado digital sequencial do diagrama.

#### 4.2.3.2 Visualização digital do resultado no diagrama lançado

A partir dos resultados sintetizados no Quadro 20, e também presentes no diagrama analógico, produz-se o conteúdo informativo para a composição da parte final do algoritmo. Esta segunda parte é resultante da sobreposição das informações levantadas até aqui, formada pelas três subpartes apresentadas anteriormente, completando a estrutura final para geração do diagrama digital (Figura 39).

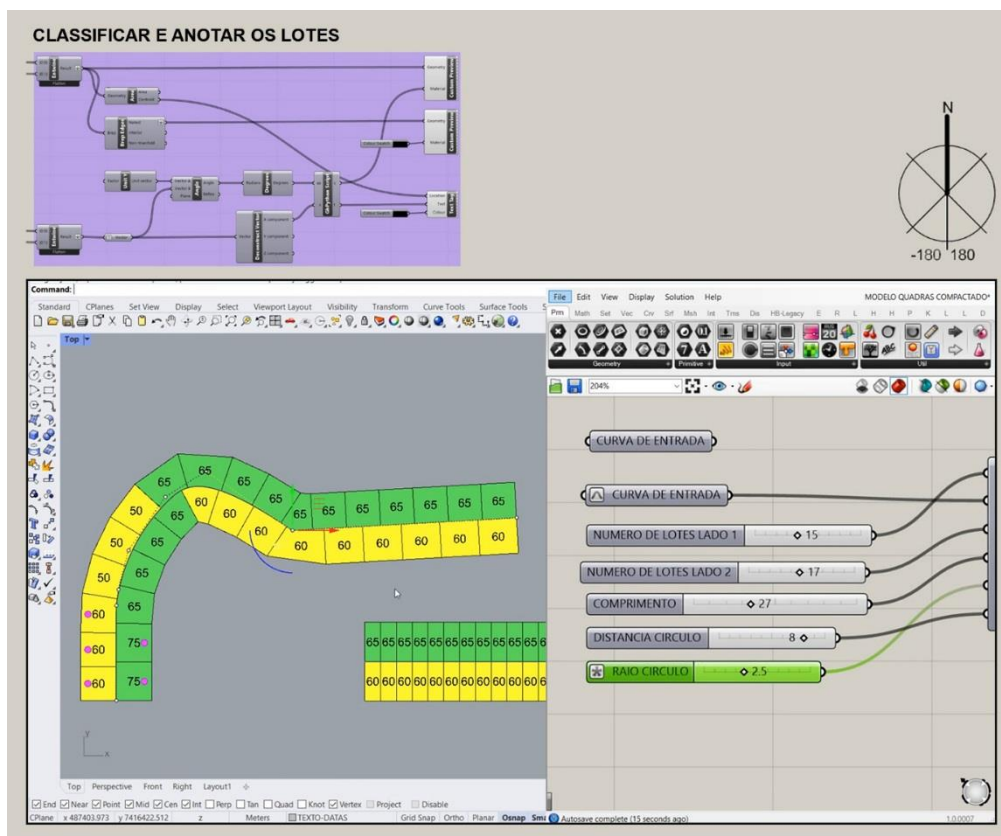
**Figura 39 – Estrutura final dos algoritmos para geração do diagrama digital.**

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A subparte 4, demonstrada na Figura 39 e Figura 40, e apresentada em forma de diagrama na Figura 41, considera as subpartes definidas anteriormente e constrói uma sequência a fim de classificar e anotar os lotes em função de sua orientação. O sistema parte da leitura do ângulo menor formado pela relação entre o eixo vertical norte e sua orientação, chegando apenas até 180°. Assim, foi necessário também saber se a orientação é para leste ou oeste segundo o ângulo médio de cada lote. Com isso, afere-se as cores e pontuações numéricas máximas finais a cada lote de acordo com os posicionamentos relacionados aos quadrantes norte sul leste e oeste, incluindo a pontuação bonificada.

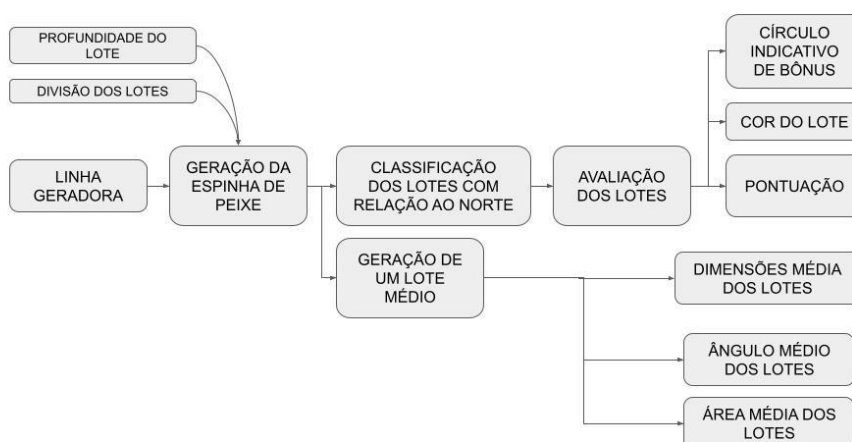
Nesta subparte foi incluído o círculo violeta que indica quando o lote recebe a bonificação de insolação óptima. Para tal, selecionou-se apenas os lotes bonificados do processo de pontuação e por decomposição e análise destaca-se essa marcação referenciando a indicação presente no diagrama analógico. Utilizou-se uma margem de erro de 5° para o norte ou para o sul.

**Figura 40** – Subparte 4 – Experimentações com os softwares Grasshopper / Rhinoceros©.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

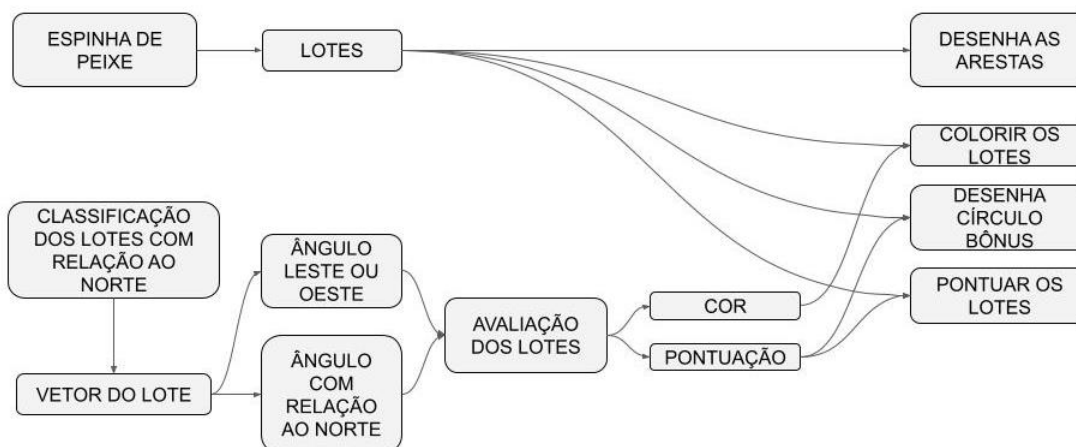
**Figura 41** – Diagrama de tarefas do algoritmo Subparte 4 para classificação e anotação dos resultados.



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2021).

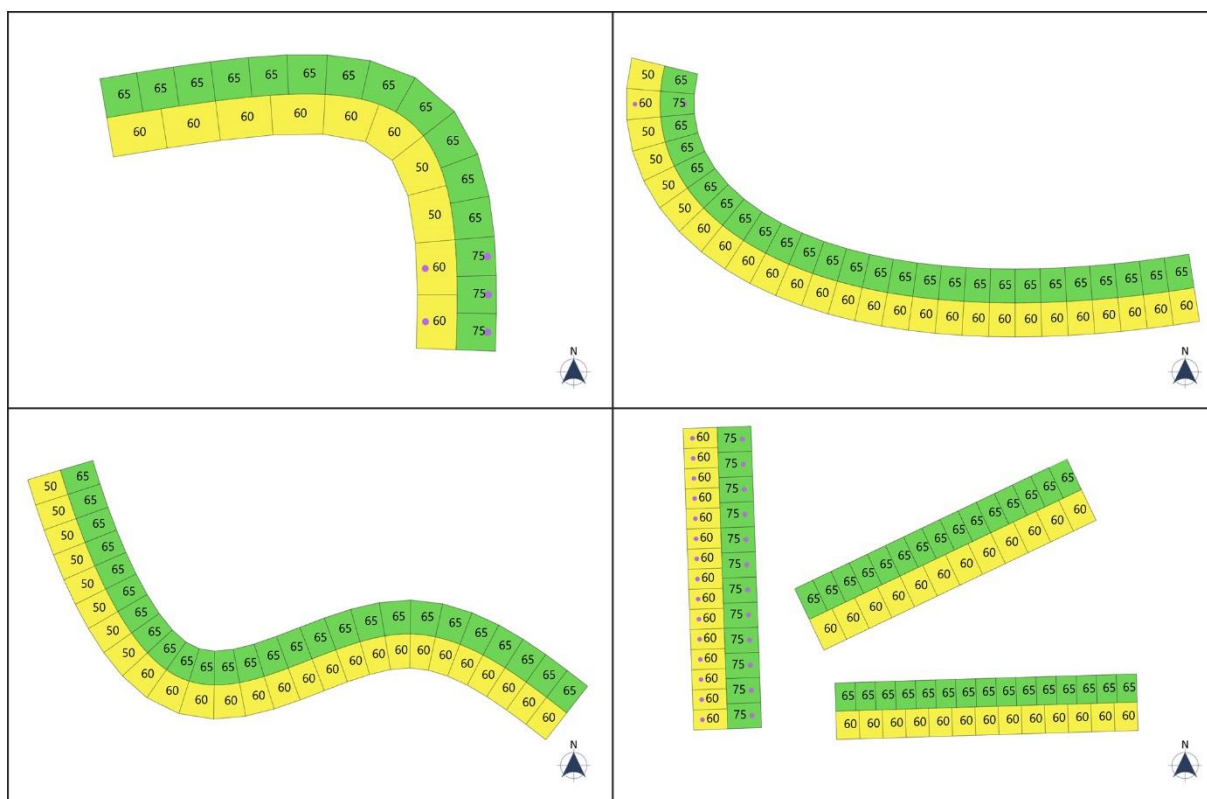
Por fim, a Figura 42 apresenta um diagrama que traduz a composição final de montagem das tarefas do algoritmo. Em suma, a partir de uma linha geradora cria-se o sistema que compõe os lotes em formato espinha de peixe (Subpartes 1, 2 e 3). Na sequência, a subparte 4, acompanhada da avaliação dos lotes, trata da classificação dos resultados sobrepondo informações extraídas do diagrama analógico e a composição das subpartes 1, 2 e 3 do algoritmo. Juntas, estas geram um conteúdo sintético de visualização da informação em cores e pontuações (Figura 43 e Figura 44).

**Figura 42** – Diagrama da estrutura final de tarefas do algoritmo.



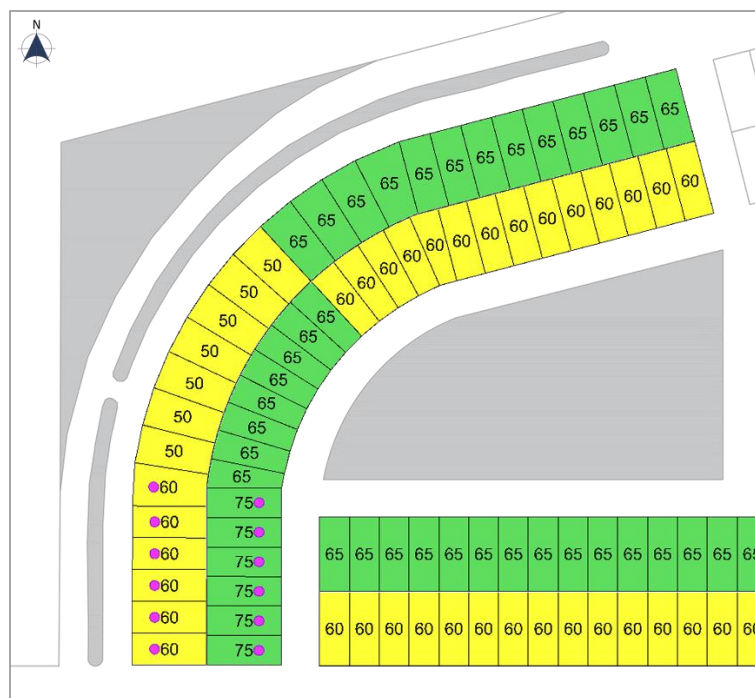
**Fonte:** Elaborado pelo autor (2021).

**Figura 43 –** Simulações para visualização dos resultados do diagrama digital.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

**Figura 44 –** Resultado final do exercício praticado na avaliação sobre um exemplo base de loteamento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

## 5 AVALIAÇÃO DO ARTEFATO

As atividades de avaliação desta pesquisa seguem os preceitos da metodologia em DSR. Desta forma, as respostas, discussões e sugestões têm o papel de dar subsídios para a sequência cíclica e evolutiva da pesquisa para melhoria do artefato. Neste capítulo são apresentadas a construção do instrumento de avaliação e as reflexões de sua aplicação em um grupo de pré-teste (5.1); a aplicação deste instrumento no painel de especialistas<sup>21</sup> e os resultados obtidos da avaliação (5.2); e a discussão dos resultados obtidos (5.3).

### 5.1 CONSTRUÇÃO DO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO

O processo de avaliação do artefato foi dividido em três etapas: (I) introdução e compreensão das afinidades; (II) experimentação e avaliação do diagrama analógico; (III) experimentação e avaliação do diagrama digital. As etapas foram guiadas em um passo a passo de 10 tarefas para a experimentação das ferramentas sobre um exercício de loteamento fictício como base. As etapas foram complementadas pela aplicação de um questionário com 11 questões semiestruturadas (MANZINI, 2004), sendo duas na etapa I, cinco na etapa II e mais quatro na etapa III, objetivando gerar respostas de avaliação qualitativa sobre a experimentação dos diagramas (APÊNDICE E).

Na primeira etapa, duas perguntas introduziram o assunto avaliando as percepções pessoais sobre a possibilidade de influência das condicionantes ambientais no trabalho de concepção projetual de EHIS.

Na segunda etapa, que trata da experimentação e avaliação do diagrama analógico, procurou-se observar a experiência de usabilidade e sensibilização por parte dos especialistas a partir de uma aplicação prática. Nesta etapa da experimentação, foram previstas as intervenções dos avaliadores especialistas para buscar garantir o entendimento do funcionamento do diagrama analógico. Pretendeu-se aqui, sanar as dúvidas antes dos demais passos do exercício proposto.

---

<sup>21</sup> Este trabalho é registrado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos - Plataforma Brasil - Parecer nº 4.592.267

Na terceira parte, voltada ao diagrama digital, os avaliadores especialistas obtiveram o resultado visual da aplicação do diagrama digital no loteamento base, ao mesmo tempo que o pesquisador propôs uma interação entre estes especialistas e a ferramenta.

### 5.1.1 Os Componentes do Instrumento de Avaliação e Sua Estrutura Organizacional

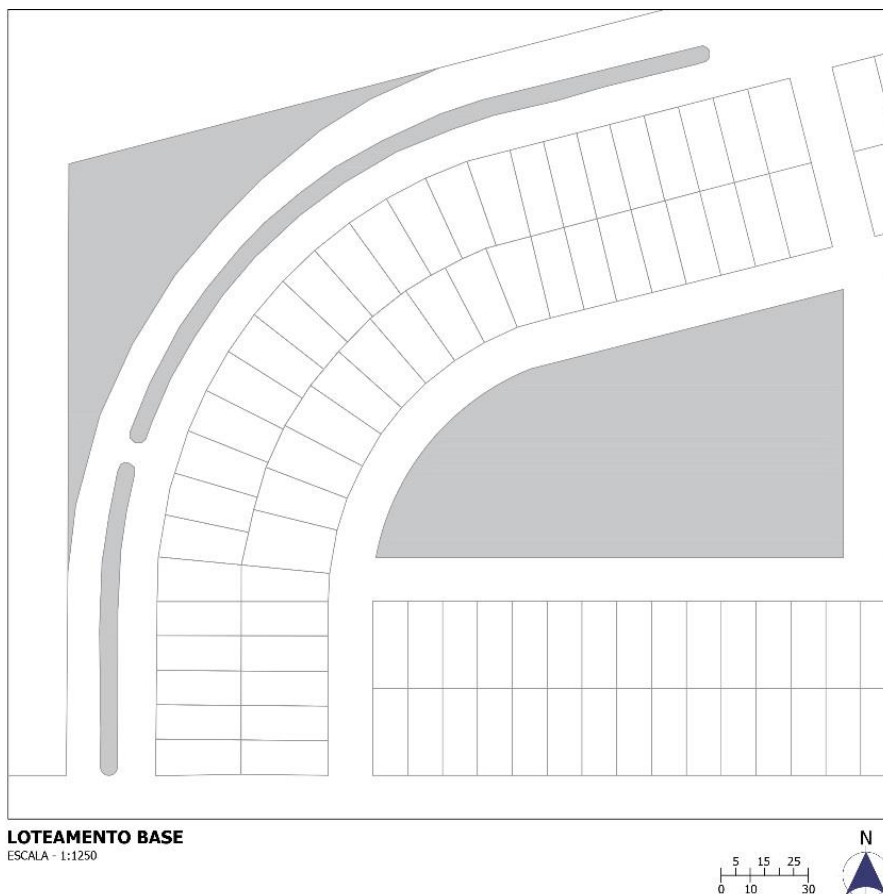
Para a compor o instrumento de avaliação foram fornecidos aos avaliadores especialistas, o diagrama analógico (Figura 45) e um desenho gráfico de implantação de um loteamento fictício estruturado em formato espinha de peixe. Este desenho foi impresso em uma folha sulfite A3 na escala 1/1250 (Figura 46).

**Figura 45** – Diagrama físico analógico.



Fonte: Do autor (2021).

**Figura 46** – Esquema gráfico de implantação – loteamento fictício em escala 1/1250 tamanho A3.



**Fonte:** Do autor (2021).

Após a introdução dos objetivos da pesquisa na etapa I e a aplicação das perguntas introdutórias, o evento de avaliação iniciou como primeiro passo, a explanação do pesquisador sobre as condicionantes ambientais avaliadas como variáveis, e também, a descrição sobre o sistema de pontuação para leitura da ferramenta analógica. Em seguida, na etapa II, foram colocadas duas perguntas a respeito das primeiras impressões sobre a leitura do diagrama. Na sequência, aconteceu a experimentação prática do diagrama analógico por parte destes avaliadores especialistas (passos 2 ao 9). Os especialistas nesta etapa, a partir da leitura visual de pontuação tomando um lote como referência, propuseram marcações manuais na implantação do loteamento fictício apresentado. O objetivo foi assegurar o entendimento por parte dos especialistas do manuseio, e permitir que estes tivessem alguma experiência, antes da avaliação realizada pelas três questões semiestruturadas.

Na última etapa, os especialistas visualizaram o resultado no diagrama digital (Figura 44, Pág. 113). Neste momento, no passo 10, demonstrou-se as possibilidades de aplicações de diferentes configurações para formatações das quadras em sistema espinha de peixe. Essa simulação procurou verificar a possibilidade de aplicação nas etapas iniciais de variações nos estudos de configurações de loteamentos, partindo da predefinição de eixos geradores das quadras com resultados simultâneos das classificações e pontuações. Ao final, foram aplicadas mais quatro questões semiestruturadas para avaliação da experiência no emprego do diagrama digital.

Segue abaixo o quadro com os passos das atividades nas respectivas etapas:

<b>PASSO A PASSO DAS ATIVIDADES E RESPECTIVAS ETAPAS:</b>	
Etapa I: Introdução	
Aplicação de duas perguntas introdutórias semiestruturadas para verificação das afinidades com o objeto estudado.	
Etapa II: avaliação diagrama analógico	
Passo 1 – Apresentação do diagrama analógico.	
Aplicação de duas perguntas semiestruturadas para verificação da qualidade de leitura e entendimento do diagrama ainda antes do início do processo de avaliação.	
Etapa II: avaliação diagrama analógico	
Passo 2 – Posicione o Diagrama Físico sobre o exemplo de loteamento e selecione um lote para análise.	
Passo 3 – Identifique para qual orientação está direcionada a frente do lote escolhido.	
Passo 4 – Verifique as 4 pontuações de envoltória que cada esquema de planta resulta nesta orientação.	

<p>Passo 5 – Verifique as 4 pontuações de ventilação cruzada que cada esquema de planta resulta nesta orientação.</p>
<p>Passo 6 – Confira a pontuação final somatória que será convertida para desempenho do lote.</p>
<p>Passo 7 – Verifique se esse lote teria um bônus de pontuação de insolação óptima em função de sua orientação.</p>
<p>Passo 8 – Identifique no modelo de loteamento base quais lotes receberiam melhores pontuações em função das suas orientações (considerando sempre a frente do lote como direcionamento de orientação).</p> <p>Obs.: pinte na cor verde.</p>
<p>Passo 9 – Identifique no modelo de loteamento base quais lotes receberiam pontuação bônus de acordo com sua orientação (considerando a frente do lote sempre como direcionamento de orientação).</p> <p>Obs.: pinte um círculo azul dentro do lote.</p>
<p>Aplicação de três perguntas semiestruturadas direcionadas à validação das condicionantes ambientais aplicadas ao diagrama e sua contribuição de usabilidade.</p>
<p>Etapa III: avaliação diagrama digital</p>
<p>Passo 10 – Visualização do resultado no diagrama digital e intervenções de simulações do pré-lançamento do loteamento.</p>
<p>Aplicação de quatro perguntas semiestruturadas voltadas para a verificação da qualidade do resultado visual final e a aplicabilidade e impacto da contribuição da ferramenta vinculada à atividade projetual nas etapas de concepção do loteamento.</p>

Após a construção do instrumento de avaliação, buscou-se averiguar sua eficácia através de um grupo-teste formado por profissionais do grupo ZEMCH, como descrito a seguir.

### 5.1.2 Aplicação da Avaliação no Grupo-Teste

Optou-se nesta pesquisa, pela elaboração de um pré-teste para avaliar tal atividade com o intuito de averiguar a aplicação dos exercícios e a sequência de perguntas. Para isso, foram selecionados dois participantes<sup>22</sup> com experiências na área de metodologia e HIS, descritos abaixo:

- Participante 1 foi definido levando em consideração os 39 anos de formação em Engenharia Civil, Doutora com uma vasta experiência na docência da disciplina de Metodologia de Pesquisa, e sua atuação como pesquisadora da área de HIS dentro do grupo de pesquisas ZEMCH.

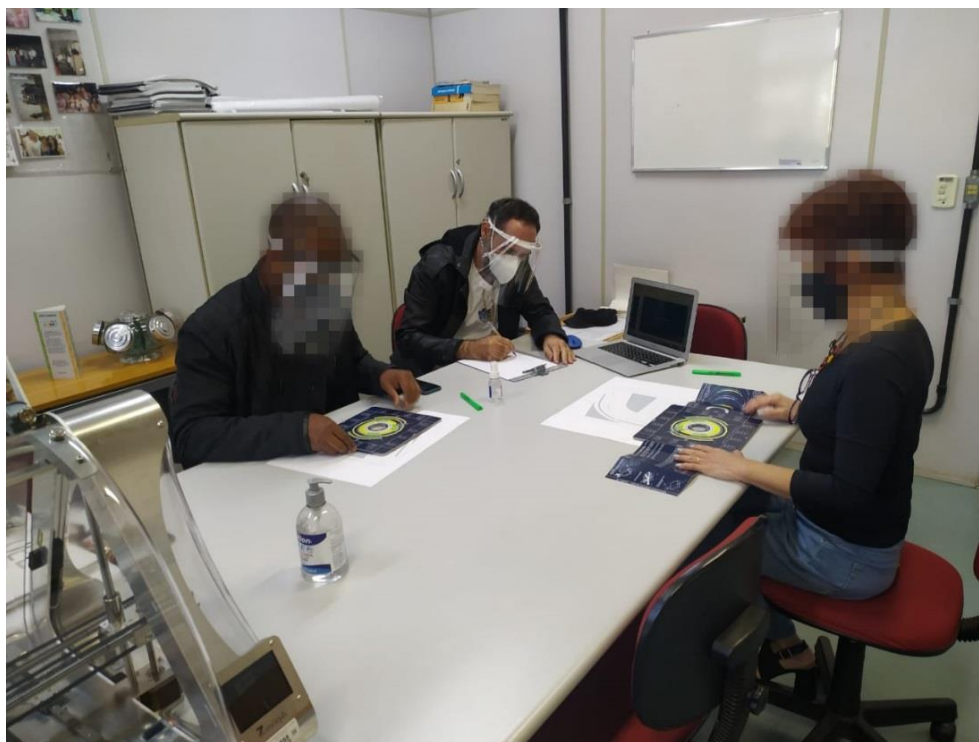
- Participante 2 complementa a avaliação com sua formação em Arquitetura e Urbanismo, Mestre pesquisador da área de HIS com estudos relacionados a custeio-meta. É também participante do grupo de pesquisas ZEMCH, tem experiência como docente nas disciplinas de Gerenciamento de Projetos e Projeto de Arquitetura, além de gerir um escritório próprio de projetos em arquitetura.

A atividade foi documentada através de gravação de áudio e anotações de respostas e comentários (Figura 47). A equipe de aplicação do instrumento de avaliação foi formada: pelo próprio pesquisador como moderador, uma assistente para coleta complementar das informações e um pesquisador colaborador que interagiu por vídeo chamada manipulando as interferências dos participantes nos algoritmos da ferramenta digital.

---

<sup>22</sup> A pesquisa inicialmente estava orientada para aplicação com painel de especialistas em grupo focal, justificando assim a escolha de dois participantes simultâneos. Contudo após a aplicação no grupo-teste e também devido as restrições relacionadas com a pandemia adotou-se pela aplicação individual.

**Figura 47 – Aplicação do pré-teste.**



**Fonte:** Do autor (2021).

A aplicação do pré-teste não evidenciou problemas na estrutura da elaboração das perguntas, porém a atividade foi importante para definição de posturas de condução da avaliação.

A primeira questão levantada pelos participantes foi o cuidado com a linguagem muito técnica relacionada às condicionantes ambientais para aplicação dos exercícios com os especialistas, considerando que suas áreas de atuação podem não contemplar a vivência ativa desses parâmetros e linguagens, isso poderia prejudicar o entendimento e conseqüentemente influenciar no resultado.

Como segundo ponto no pré-teste, foi aplicado um exercício individual do diagrama analógico que previa sua experimentação sem qualquer explicação antecipada, motivado pela verificação de qualidade intuitiva do instrumento. Houve um certo constrangimento por parte dos convidados no momento da proposta do exercício, que posteriormente foi relatado pela participante 1 e também confirmado pelo participante 2. Assim, decidiu-se pela retirada desse exercício. Os participantes consideraram a proposta não relevante para o estudo, pois a possibilidade de gerar um desconforto prévio poderia criar uma barreira em relação à seqüência das atividades.

Foi considerado ainda neste pré-teste a importância de dar atenção individualizada para cada convidado, em função de uma coleta de dados mais efetiva em relação a especialidade de cada avaliador, sob o ponto de vista das suas reais percepções de aplicabilidade da ferramenta. Deste modo, optou-se pela aplicação do instrumento individualmente, reforçado pelo estado de pandemia, necessitando assegurar o distanciamento social seguro.

## **5.2 APLICAÇÃO DO INSTRUMENTO NO PAINEL DE ESPECIALISTAS E OS RESULTADOS OBTIDOS**

A composição do painel de especialistas para a avaliação do artefato está baseada em 5 avaliadores convidados com características e experiências diversas em áreas relacionadas ao tema da pesquisa objetivando uma avaliação aprofundada das ferramentas. Estes foram selecionados pela formação dentro dos campos da Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo, pelo tempo e experiência nas áreas relacionadas à Habitação de Interesse Social, como também, pela diversidade de abordagens, tais como, empreendedores, legisladores e projetistas.

Os avaliadores selecionados são descritos abaixo:

- Avaliador 1 – Arquiteta e Urbanista formada há 25 anos, com um largo envolvimento em projetos de HIS. Presta serviços para a Caixa Econômica Federal e Banco do Brasil através de perícias, avaliações e acompanhamento de obras financiadas pelo PMCMV. É uma das 60 arquitetas selecionadas para a participação em um projeto nacional para atuação em zonas especiais de HIS. É Mestre na área de metodologia de projeto com pesquisa relacionada à HIS.
- Avaliador 2 – Arquiteto e Urbanista, Doutor formado há 27 anos, atua como docente na graduação e pós-graduação do curso de Arquitetura e Urbanismo, participa do projeto de pesquisa do grupo ZEMCH no Brasil há mais de 15 anos, tendo a HIS como um dos principais interesses de pesquisa, mais especificamente, envolvendo projeto, gestão e tecnologia. Atua também nas áreas de projeto arquitetônico, habitação e processo de projeto.
- Avaliador 3 – Engenheiro Civil, formado há 40 anos.

Empreendedor no ramo da habitação de interesse social com forte atuação no mercado há mais de 35 anos. Trabalhou com regularização fundiária e foi responsável pela urbanização de diversos assentamentos. Projetou e executou um dos maiores EHIS do Brasil. Tem participação em pesquisas relacionadas ao objeto de estudo. É diretor técnico em empresa privada na área da construção civil

- Avaliador 4 – Engenheiro Civil, formado há mais de 25 anos, tem larga experiência em EHIS de pequena e grande escala nas áreas de planejamento, projetos e orçamentos para obras de interesse social, incluindo projetos para o PMCMV. Trabalhou no poder executivo como gestor de programas habitacionais. É membro de um grupo multidisciplinar para revisão de planos diretores e também atua no desenvolvimento planos diretores para cidades.
- Avaliador 5 – Arquiteta e Urbanista, Mestre, formada há 21 anos, tem experiência em projetos para habitação social e planejamento urbano. Além da docência da disciplina de Projeto Urbano, faz parte do corpo técnico de um órgão público municipal de planejamento, atuando há mais de 10 anos como legisladora de planejamento urbano neste órgão.

A atividade de avaliação foi documentada através de gravação de áudio, trechos de vídeos e anotações de respostas e comentários. O instrumento foi aplicado aos participantes de maneira individual e teve duração média de 1h e 30min, aproximadamente. Foi realizado dentro do Núcleo de Estudos e Pesquisas de Engenharia e Arquitetura (NEPEA) da UEL em dias distintos, no intervalo de uma semana. Do mesmo modo que o grupo-teste, teve como moderador o próprio pesquisador e a presença de uma assistente para coleta das informações complementares. O pesquisador colaborador, do mesmo modo, interagiu por vídeo chamadas manipulando as interferências dos participantes nos algoritmos da ferramenta digital. A sequência das atividades em um passo a passo foi apresentada em PowerPoint (APÊNDICE E) e projetada por um aparelho de Datashow para ampliar

a qualidade da visualização e experimentação (Figura 48). Os participantes também interagiram com marcações no esquema de implantação fornecido, como exercício comprovatório do entendimento da aplicação do diagrama analógico.

**Figura 48** – Avaliação e as interações com os meios.



Fonte: Do autor (2021).

### **Etapa I: Perguntas introdutórias.**

Ressalta-se que as duas primeiras perguntas foram introduzidas para ambientar o interesse da pesquisa. Estas questões foram colocadas antes de qualquer explicação sobre as ferramentas diagramáticas que serão avaliadas nas perguntas subsequentes.

Pergunta 1
O senhor(a) acha que seria útil para toda a cadeia de produção – arquitetos, empreendedores e usuários saber de maneira antecipada a qualidade de desempenho energético que o lote pode oferecer as futuras edificações através da visualização de uma classificação e pontuação?
Respostas:
Avaliador 1 – Respondeu: após uma pausa pensativa - “Sim, com

*certeza, pois a partir disso é possível desenvolver o projeto de uma HIS que aproveita as condições climáticas, topográficas caso envolver, posicionamento. Isso traz informações e base para o projeto”.*

Avaliador 2 – Respondeu: - *“Sim, sem dúvida! Pois não depende de avaliações subjetivas”.*

Avaliador 3 – Respondeu: - *“Claro! Se souber é ótimo! Eu mesmo, quando compro meus terrenos observo isso”.*

Avaliador 4 – Respondeu: - *“Sim! Claro!”* Porém, ficou reticente e na sequência devolveu com uma pergunta tentando entender o que foi considerado como variáveis para a eficiência energética. Após breve explicação do pesquisador concluiu a resposta explicando: - *“Se a ideia é indicar a melhor face, se norte ou leste, para onde apontam as janelas... tem uma relação com o projeto... só vou tentar fazer um projeto de um loteamento que priorize a possibilidade de apontar janelas para leste, ou para norte, ou para norte e depois leste, nunca para sul, né? Então se for alguma coisa nesse sentido, agora que estou começando a entender o objeto, realmente seria perfeito, nesse sentido.”*

Avaliador 5 – Respondeu: - *“Eu acho fundamental! Mas quero entender o que você está colocando dentro de desempenho energético”.* Com uma breve explicação do moderador voltou a concluir: - *“Acho importante!”.*

## Pergunta 2

É possível considerar que o projetista de loteamento possa atuar como um facilitador do desempenho energético das futuras edificações de HIS?

### Respostas:

Avaliador 1 – Respondeu: - *“Sim”.*

Avaliador 2 – Respondeu: - *“Pode-se considerar”.*

Avaliador 3 – Respondeu: *“Pode, mas para HIS depende muito da topografia, da parte do sistema viário que está projetado em função do custo de financiamento”.* Comentou a dificuldade de propor diferenças no projeto pelo custo mínimo amarrado pelo PSQ - Programa Setorial de Qualidade vinculados a Caixa Econômica Federal.

Avaliador 4 – Respondeu: com bastante convicção - <i>“Sim, sim com certeza, baseado no que conversamos na pergunta anterior, sim”</i> .
Avaliador 5 – Respondeu: com bastante convicção - <i>“Fundamental”</i> .

## **Etapa II – Experimentação e avaliação do diagrama analógico.**

Seguindo o protocolo de aplicação da avaliação, o primeiro passo foi a explanação do moderador sobre as partes que compõem a síntese visual definida como diagrama analógico. A partir desse primeiro contato com a ferramenta analógica, ainda antes do exercício prático, os avaliadores responderam sobre suas primeiras percepções de leitura e entendimento da ferramenta.

Pergunta 3
Foi possível entender o que foi avaliado para dar valores de pontuação as configurações de lotes?
Respostas:
Avaliador 1 – Respondeu: - <i>“Sim!”</i> Porém, demonstrou estar um pouco confusa. Comentou que terá certeza depois de manusear a ferramenta. Ao final concluiu: - <i>“Trata-se sobre a ventilação, espessura de parede e telhado – retenção de calor”</i> .
Avaliador 2 – Respondeu: - <i>“Sim! 3 itens – orientação, envoltória e ventilação”</i> .
Avaliador 3 – Respondeu: - <i>“Sim! Entendo normalmente porque também penso dessa forma”</i> .
Avaliador 4 – Respondeu: - <i>“Sim, sim, claro!”</i> .
Avaliador 5 – Respondeu: - <i>“Sim! Foi possível no segundo momento, depois que você apresentou passo a passo os temas e a ferramenta, a forma como você demonstrou na apresentação incluindo as camadas parte a parte foi muito didático, assim foi possível entender”</i> .

Pergunta 4
O diagrama permitiu ao senhor(a) uma leitura das informações entre as camadas, cores, números e bonificações em que grau de dificuldade?
Respostas:
Avaliador 1 – Respondeu: - <i>“É preciso testar primeiro”</i> . Considerou aparentemente regular, porém após experimentar pediu para mudar a resposta. Considerou fácil.
Avaliador 2 – Respondeu: - <i>“Não é imediato... deu para entender a lógica mas não é automático... relacionar com o lote é a dificuldade inicial”</i> . Considerou regular.
Avaliador 3 – Respondeu: - <i>“Preciso experimentar, mas se olhar com calma dá para entender bem”</i> . Considerou regular.
Avaliador 4 – Respondeu: - <i>“Quando se analisa os itens em separados fica mais fácil de entender, porque é muito simples, agora quando visualizados na sobreposição de informações ainda estou tentando assimilar como funciona”</i> . – <i>“Não é tão fácil por ser vários itens sobrepostos na mesma análise”</i> . Avaliou que dá para entender mas tem um grau de dificuldade. Considerou regular.
Avaliador 5 – Respondeu: - <i>“Fácil”</i> . Considerou fácil.

Após a explanação detalhada da construção do diagrama por parte do moderador, onde foram descritas as análises de condicionantes e as classificações e pontuações que compõem o instrumento diagramático, iniciou-se a atividade de experimentação do diagrama analógico em um passo a passo.

Sobre um esquema de implantação de um loteamento base fictício os convidados realizaram a atividade identificando as pontuações de um lote a partir da sua orientação de frente (Figura 49). Depois avançaram para o entendimento das melhores pontuações alcançadas pelo loteamento exemplo. Foi experimentada a visualização em partes, primeiramente as pontuações de envoltória, posteriormente de ventilação e pôr fim a pontuação bônus de insolação ótima. Este exercício foi acompanhado de marcações na folha de implantação exemplo para que os avaliadores tivessem a oportunidade de entender todo o processo de transferência da

informação do diagrama para o papel e também comparar com o resultado digital final.

**Figura 49** – Experimentação do diagrama analógico – Interações em loteamento base fictício.

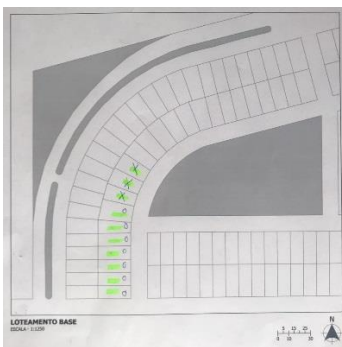


**Fonte:** Do autor (2021).

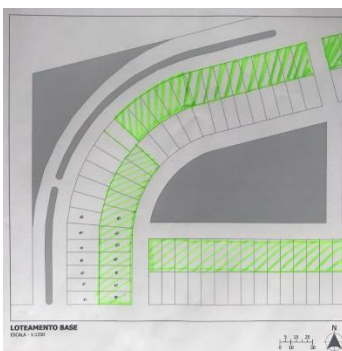
Nesta etapa é possível afirmar que todos os avaliadores, sem exceção, se aplicaram com bastante interesse no entendimento do diagrama. Foram realizados todos os passos da atividade com todos os avaliadores especialistas incluindo as marcações das classificações do loteamento exemplo.

RESULTADO DAS MARCAÇÕES NO MODELO DE LOTEAMENTO BASE:

Avaliador 1 –



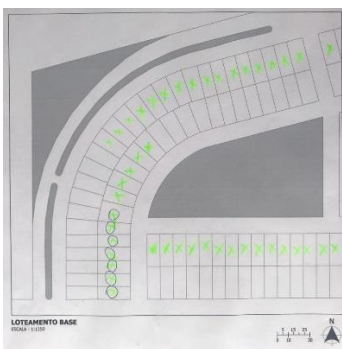
Avaliador 2 –

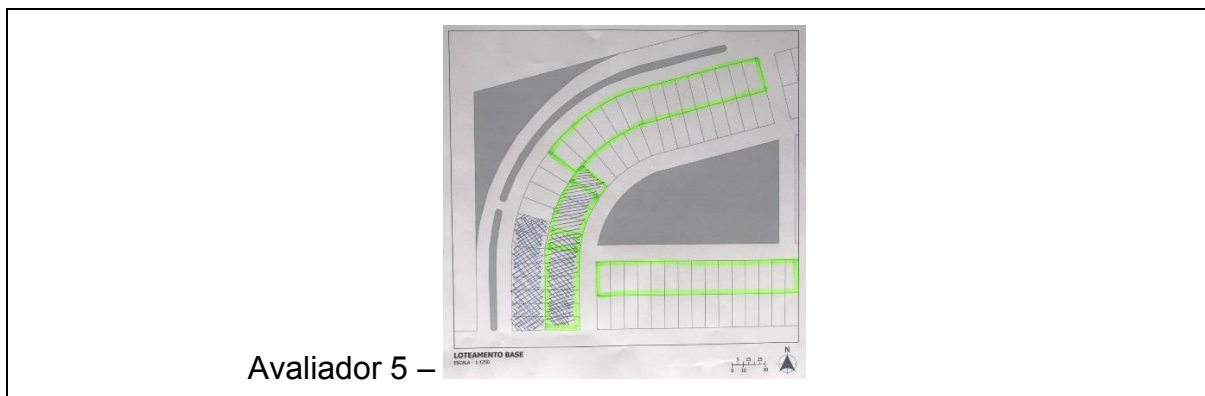


Avaliador 3 –



Avaliador 4 –





Avaliador 5 –

É possível considerar a partir das anotações dos participantes, que o exercício apresentou entre os avaliadores, resultados semelhantes e com porcentagem de acerto acima de 80% em relação as respostas demonstradas no diagrama analógico.

Após a realização dos passos para a atividade prática com o diagrama analógico seguiram 3 perguntas direcionadas ao manuseio e entendimento das informações de condicionantes ambientais consideradas no instrumento e a contribuição para aplicação nas fases iniciais para desenvolvimento de projetos de EHIS.

Pergunta 5
Alguma informação não ficou clara no diagrama apresentado? Qual(is)?
Respostas:
Avaliador 1 – Respondeu: apresentando um pouco de dúvida - “A pontuação bônus”. Considerou o modo como foi colocado no diagrama não muito claro. Sugeriu a colocação de um transferidor em graus no centro transparente do diagrama para colaborar com a precisão da pontuação bônus.
Avaliador 2 – Respondeu: em relação a pontuação bônus - “Os 5º de flexibilidade de variação para orientação do lote poderiam estar representados no diagrama”. Em relação ao design do diagrama considerou que a apresentação das informações em ângulo podem induzir ao entendimento de que essas informações têm relação direta com a angulação específica da implantação das

edificações. Segundo ele: - *“Induz a uma interpretação gráfica que na verdade é visual”*. Comentou com surpresa o quanto a modificação de orientação das janelas influenciam no resultado final.

Avaliador 3 – Respondeu: praticou um pouco mais antes de responder - *“Ficou clara sim. É necessário praticar mais para entender, mas é compreensível”*. Comentou que ninguém considera a ventilação cruzada nos projetos.

Avaliador 4 – Respondeu: em relação a pontuação bônus – *“O bônus cria uma dificuldade, a primeira dificuldade é a sobreposição”*. Considerou separar a informação em outro diagrama. Comentou sobre os pesos entre insolação e ventilação. Observou que a insolação é bem importante e que a ventilação sofre muitas influências.

Avaliador 5 – Respondeu: depois de um pausa pensativa - *“Não, tudo ficou claro!”*. Depois comentou sobre o design, que a ordem de correlação entre os esquemas de planta no primeiro círculo, em cinza, com os esquemas de planta apresentados na parte externa do diagrama, poderiam estar na mesma ordem. Ela sugere que essa relação é automática, porém no diagrama estão colocados em ordens distintas prejudicando a correlação. Observou: - *“Acho que daria mais acessibilidade à ferramenta”*

#### Pergunta 6

O senhor(a) considera que o diagrama contribui para a visualização das informações de condicionantes ambientais ainda nas fases de concepção do loteamento?

#### Respostas:

Avaliador 1 – Respondeu: - *“Contribui, mas o projeto tem uma grande contribuição e não necessariamente iria ser esse tipo de planta”*. Comentou que gostaria de aplicar o diagrama para outro tipo de planta. Complementou avaliando como bem interessante. Considerou que contribui muito.

Avaliador 2 – Respondeu: com um pouco de dúvidas - *“Sim!”*. Comentou que ainda está com dúvidas no manuseio da ferramenta. Considerou que

contribui um pouco.

Avaliador 3<sup>23</sup> – Respondeu: antes de responder diretamente explicou - *“Para loteamentos de HIS, procura-se fazer um padrão de plantas, isso facilita o trabalho em larga escala”*. Observou que a proposta de espelhamento e alterações de janelas teria impacto significativo no custo em função da condicionante do treinamento do funcionário. Segundo ele: - *“Na obra chega um gabarito, o pedreiro vem executando tudo de uma vez, nesse caso precisaria de várias equipes”*. Deu um exemplo da indústria automotiva onde os trabalhadores ficam na mesma estação e o que se move é o veículo que está sendo produzido. Na construção de HIS o que se move são os trabalhadores e isso, segundo ele, justifica a repetição de plantas para a economia. Também salientou, que em alguns casos as diretrizes urbanísticas são restritivas e não há possibilidade de variação no posicionamento das vias locais, conseqüentemente não seria possível diferentes estudos para configuração das quadras do loteamento. Nesse caso, entendeu que a contribuição ficaria por parte das diretrizes de projeto da edificação que apresenta melhor desempenho em função das restrições de posicionamento do loteamento. Também comentou que se fosse uma proposta para condomínio fechado não teria receio de aplicar a ferramenta. Considerou ao final que contribui muito.

Avaliador 4<sup>24</sup> – Respondeu: - *“Sim, ele contribui!”*. Na sequência devolveu a pergunta questionando a possibilidade de avaliar um esquema único, perguntou: - *“Você acha que não vale a pena? Uma planta só? E a partir do seu próprio questionamento explanou sobre as práticas de HEIS: -“Porque é uma sugestão que eu vou dar, estou tentando adiantar alguma coisa, eu falaria no final, mas infelizmente quando estamos tratando de empreendimento de habitação de interesse social 99% dos projetos que virão serão de casas geminadas, isso em qualquer cidade, qualquer lugar, acabamos de fazer um Plano Diretor, é casa geminada que eles querem, eles falam que só potencializa, só viabiliza se você puder fazer a subdivisão, que é a casa geminada. Ela tem 2 esquemas, não são 4, você fica travado em 2, então essa é a minha sugestão, talvez desenvolver para 2, pela própria condição dos programas habitacionais que predomina em todas as*

<sup>23</sup> Ressalta-se que as características do avaliador 3 favorecem maiores comentários sobre essa pergunta em função da sua experiência como empreendedor de habitações de interesse social.

<sup>24</sup> Ressalta-se que as características do avaliador 4 favorecem maiores comentários sobre essa pergunta em função da sua experiência como legislador e empreendedor de habitações de interesse social.

*idades que vão fazer esse tipo de empreendimento*". Na sequência, observou os esquemas de planta avaliando alterações de janelas tentando verificar a aplicação para geminadas. Comentou que o esquema adotado no diagrama é coerente e daria para adaptar para geminadas. Ao final concluiu: - *"Contribui muito, é muito interessante."* Considerou que contribui muito.

Avaliador 5 – Respondeu: - *"Contribui muito, tanto é que escolhi o lote perfeito"*. Considerou que contribui muito.

#### Pergunta 7

A experiência permitiu o entendimento da valorização desses parâmetros ambientais para uso ainda nas fases iniciais de concepção dos loteamentos?

#### Respostas:

Avaliador 1 – Respondeu: - *"Sim!"*

Avaliador 2 – Respondeu: - *"Sim! Claro". Porque aqui estamos partindo de um loteamento já desenhado, mas se fosse para eu desenhar iria privilegiar algumas faces*".

Avaliador 3 – Respondeu: - *"Sim!"* Ressaltou que isso seria mais aplicável a um loteamento ou condomínios com custos não muitos fechados. Explicou que para EHIS os custos são muito amarrados.

Avaliador 4 – Respondeu: - *"Sim, claro. Perfeito"*.

Avaliador 5 – Respondeu: - *"Sim!"*

### **Etapa III – Experimentação e avaliação do diagrama digital.**

Esta etapa iniciou-se com a projeção visual em tela (Figura 50) do resultado do lançamento das classificações e pontuações do diagrama analógico aplicados no diagrama digital sobre o loteamento base fictício experimentado na etapa anterior. Esse resultado, como já mencionado na metodologia, é fruto da aplicação dos algoritmos que parametrizam a informação em tempo real. Com isso a experimentação seguiu com as interações por parte dos avaliadores, aplicando alterações na configuração formal do loteamento a partir de interferências nas linhas

de eixo das quadras que seguem a estrutura espinha de peixe.

**Figura 50** – Experimentação do diagrama digital – iterações em tempo real



Fonte: Do autor (2021).

Durante o experimento, antes do lançamento das perguntas, alguns comentários e impressões foram observados pelos participantes.

COMENTÁRIOS DURANTE A INTERAÇÃO COM A FERRAMENTA DIGITAL
Avaliador 1 – Sem comentários.
Avaliador 2 – Comentou: a importância de aplicar o controle para formatar lotes de áreas similares.

Avaliador 3 – Perguntou: sobre a possibilidade de variar as medidas dos lotes. Saliou sobre a diferença de velocidade de resposta de informação e concluiu que esse é o futuro. Se interessou em apresentar para as pessoas que trabalham com ele.

Avaliador 4 – Comentou: a respeito da montagem do esquema de quadras, sobre a necessidade de configurar o lote mínimo de esquina e de meio de quadra de maneira a responder a legislação. Também observou a viabilidade de fixar um valor de frente mínima para todos os lotes.

Explicou que formato espinha de peixe tem sido muito praticado, e comentou que essa experimentação é interessante para observar as angulações entre vias principais locais.

Avaliador 5 – Comentou: a respeito da frente mínima observando como uma questão bem importante. – *“Considerando que por lei a frente mínima é 5m, e para pensar em novos parâmetros de ocupação do solo para HIS, essa ferramenta pode dar subsídios para aumentar a largura do lote e melhorar a qualidade da edificação através de uma simulação”.*

A partir das interações com a ferramenta digital seguiram as perguntas vinculadas à percepção de qualidade do resultado visual final e a aplicabilidade e impacto da contribuição da ferramenta vinculada a atividade projetual nas etapas de concepção do loteamento.

Pergunta 8
Como o senhor(a) avalia a qualidade da leitura final de apresentação dos lotes com as cores e pontuações nas respectivas orientações de frentes norte, sul, leste e oeste?
Respostas:
Avaliador 1 – Respondeu: - <i>“Muito Fácil de ler”. “Clara!”</i>
Avaliador 2 – Respondeu: - <i>“Muito clara! A resposta visual facilita muito”</i>

Avaliador 3 – Respondeu: - <i>“Muito clara! Fácil de entender”</i> .
Avaliador 4 – Respondeu: - <i>“Muito clara! Tranquilo”</i> .
Avaliador 5 – Respondeu: - <i>“Clara!”</i> Comentou que fica instigada em verificar meio termos entre os resultados das cores amarelas e verdes.

Pergunta 9
O senhor(a) considera que essa ferramenta de visualização das informações de condicionantes ambientais poderia contribuir nas fases iniciais de projetos de loteamentos? porque?
Respostas:
Avaliador 1 – Respondeu: - <i>“Sim! Pois poderia analisar as potencialidades do lote antecipadamente e assim trabalhar esse loteamento de forma mais assertiva para uma HIS de melhor qualidade. Isso não alteraria o custo aparentemente, pelo contrário, potencializa a gleba para um melhor qualidade desse conjunto habitacional”</i> . Comentou que empreendedor poderia utilizar isso como um bônus, e principalmente o morador terá um benefício maior para a moradia em termos de ventilação e iluminação principalmente em regiões mais quentes. Segundo ela, teria um impacto grande nas construções das moradias.
Avaliador 2 – Respondeu: - <i>“Sim! Pois é uma ferramenta a mais para simular alternativas de traçados de quadra, além de atribuir a valoração”</i> . Observou que a alteração de posicionamento e angulação das quadras dá a possibilidade de visualizar os desempenhos e isso pode influenciar na decisão.
Avaliador 3 – Respondeu: - <i>“Sim! Contribui bastante pois a leitura é muito rápida dessa forma”</i> . Porém observou mais uma vez a questão do custo em relação as alterações para considerar as condicionantes ambientais.
Avaliador 4 – Respondeu: - <i>“Pode contribuir sim!”</i> Salientou que funcionaria melhor fazendo ajustes nos esquemas experimentando as reais tipologias que seriam aplicadas para tal loteamento. Concluiu: - <i>“Feito de acordo com a tipologia que está sendo proposta é perfeita”</i> . Sugeriu aqui a experimentação com 3 tipologias - casa isolada (recuos laterais dos dois lados), geminada (uma recuo lateral) e com o uso de toda a testada (sem recuos laterais). Também

mencionou a possibilidade de não demonstrar layouts e apenas apresentar parâmetros de posicionamento dos ambientes e localização das janelas. Segundo ele, dessa forma o projetista não ficaria amarrado ao esquema apresentado no diagrama.

Avaliador 5 – Respondeu: - *“Sem dúvida, sem dúvida! Eu avalio como uma possibilidade de desempenhar com mais facilidade o dimensionamento das parcelas, pelo menos na fase inicial de projeto, eu acho que facilita muito o trabalho de lançar os dimensionamentos dos lotes e das quadras. Comentou também que acha um forma bem interessante de comunicar ao não profissional, quais são as qualidades desses lotes, antes do loteamento ou da edificação.*

#### Pergunta 10

Na sua visão, o quanto essas informações antecipadas impactariam nas suas decisões para elaboração de um projeto de loteamento?

#### Respostas:

Avaliador 1 – Respondeu: - *“Partindo da questão da habitação, iria impactar muito, apesar de existir algumas condicionantes que não tem como fugir, como por exemplo vão ter lotes com frentes voltadas para face oeste, mas isso poderia ser melhorado de forma a minimizar esse impacto, concentrando os lotes na zona de melhor aproveitamento, e usando a ferramenta para verificar a necessidade de alterar a espessura das paredes, as aberturas, a cobertura em lotes que estejam e situações piores”. Também comentou que a ferramenta poderia contribuir para dar dicas com relação a alteração da dimensão dos lotes para possibilitar rotações na edificação que beneficiem o desempenho. Considerou que impactaria muito.*

Avaliador 2 – Respondeu: observando, primeiramente, que os arquitetos tem noção de muita coisa, mas principalmente do ponto de vista do desempenho, trabalha-se muito mais com a intuição do que com o conhecimento - *“A ferramenta converte dados objetivos de estudos em uma mancha, em uma orientação para seguir, isso é muito positivo para um trabalho inicial”. Apresentou alguns questionamentos na sequência. - “Para o empreendedor, haverá lotes com menor benefício, como ele irá vender esses lotes? É uma questão que ele levaria*

ao morador? Saliou que entende que a avaliação do loteamento está vinculada ao estudo de plantas pré-definidas, aonde só se garantiria o desempenho oferecido pelo lote se a planta for executada segundo as determinações apresentadas no diagrama. Conclui que os resultados entre loteamento e edificação estão colados e portanto se concentrou na possibilidade de variação das plantas. Considerou que impactaria muito.

Avaliador 3 – Respondeu: antes de responder definitivamente comentou que o trabalho de EHIS está sempre amarrado às diretrizes do sistema viário, para adotar alguma mudança precisaria ser para um empreendimento de condomínio fechado. Segundo ele, seria muito útil, até mesmo em função da comercialização dos lotes, onde cada lote teria sua variação de custo em função das suas potencialidades. Para HIS, observou que não usaria, pois precisaria da padronização. Concluiu: - *“Se fosse possível dentro do padrão de plantas que eu trabalho, sem alteração de custo, eu usaria”*. Ainda observou: - *“Seria um valor agregado para o usuário, e poderia se trabalhar uma espécie de selo verde tanto para a edificação quanto para o Loteamento”*. Comentou que nunca havia imaginado a possibilidade de selo de qualidade para loteamentos. Ao final concluiu que para EHIS impactaria pouco no seu trabalho. Considerou que impactaria pouco.

Avaliador 4 – Respondeu: comentou antes da resposta definitiva que vencido as demais restrições que o empreendedor lida para iniciar a proposta de loteamento como custo, legislações, topografia de loteamento, - *“Claro impactaria muito, desde que eu tivesse um pouco mais de flexibilidade na análise do esquema”*. Comentou que a ferramenta pode colaborar para o encaminhamento das vias locais. Poderia ajudar na definição dos ângulos dessas vias em relação as vias que devem permanecer segundo as diretrizes impostas. Considerou que impactaria muito.

Avaliador 5 – Respondeu: - *“Muito!”* Considerou que impactaria muito.

#### Pergunta 11

Você considera relevante incluir essa preocupação com o desempenho energético das futuras edificações na fase de concepção do projeto

de loteamentos de HEIS?
<b>Respostas:</b>
Avaliador 1 – Respondeu: - <i>“Sim! Cada vez mais”</i> . Comentou que é fundamental primeiramente pela crise energética que estamos vivendo, mas principalmente para uma classe que cada vez menos pode pagar por energia e infraestrutura para compensar o não planejamento.
Avaliador 2 – Respondeu: - <i>“Sim! Cada vez mais”</i> .
Avaliador 3 – Respondeu: - <i>“Sim! sem dúvida”</i> . Explicou que acha importante e finalizou: - <i>“Porque realmente quando faço pra mim observo muito isso”</i> .
Avaliador 4 – Respondeu: - <i>“Sim! Principalmente insolação”</i> . Na sequência sugeriu dar ênfase na relação com a insolação. Comentou que entende que tem sido um pós-ocupação bem problemático, porém em toda sua larga experiência nunca ouviu reclamações a respeito da ventilação. Salientou insistindo que: - <i>“A informação de ventilação também pode ser como um complemento, mas a gente sabe que a ventilação está muito sujeita a altura do muro, ao desnível do terreno, do muro de arrimo e outros obstáculos”</i> .
Avaliador 5 – Respondeu: - <i>“Considero muito importante! Eu posso te dizer que eu não imaginava o quanto, eu acho que com essa ferramenta, a demonstração a ferramenta digital eu pude perceber que é”</i> . Comentou sobre a possibilidade de leitura do consumidor final, para oferecer um pouco mais de segurança para os usuários nas escolhas de seus investimentos. Salientou: - <i>“Acho que você demonstrar quais são as qualidades e as possibilidades do projeto de uma edificação dentro do espaço antes de acontecer, é muito importante para essas pessoas”</i> . Levantou um outra questão: - <i>“O quanto essa valoração em termos de qualidade energética pode influenciar no valor da terra, ou no valor dos lotes, na comercialização? É uma coisa que preocupa também, para habitação de interesse social nem se fala, isso me leva a acreditar que o projeto ganha muita importância, porque se a gente pretende trazer uma qualidade e baixo custo principalmente na questão habitacional, a gente tem que trabalhar projeto do loteamento para que todos os lotes tenham semelhante qualidade, depende de projeto, não tem outra forma de você equilibrar a qualidade do lotes e o valor da terra se não for através</i>

*do projeto, pelo menos eu estou entendendo que é isso”.*

Após a finalização dos questionários os avaliadores especialistas ficaram à vontade para tecer comentários e sugestões conclusivas a respeito do assunto.

#### COMENTÁRIOS CONCLUSIVOS

Avaliador 1 – Comentou: - *“A ferramenta abre possibilidade de se pensar a infraestrutura urbana em conjunto com outras diretrizes também essenciais para qualidade de vida sem deixar de observar o custo”.*

Avaliador 2 – Comentou: - *“Um belo exercício com conteúdo que não dominamos está só na intuição, então é muito favorável essa aplicação”.*

Avaliador 3 – Comentou: novamente sobre o custo ser amarrado, porém pretende aplicar isso em trabalhos que estão em andamento.

Avaliador 4 – Comentou: sobre a possibilidade da ferramenta funcionar como uma consultoria de avaliação, entendendo que existe uma certa flexibilidade no desenvolvimento do projeto de loteamentos. Sugeriu novamente a aplicação para os 3 modelos de casa em alvenaria.

Avaliador 5 – Comentou: - *“Pode-se considerar diversas possibilidades urbanísticas e arquitetônicas para HIS chegando a resultados de muita qualidade, mas o padrão que gera baixo custo para o consumidor final é esse de moradias idênticas, monótonas, com o mínimo de área, mínimo de qualidade urbanística no sentido de áreas livres. Porém é importante levar em conta esse padrão mesmo que não seja o ideal do ponto de vista arquitetônico, para a partir daí alcançar mais qualidade”.*

Reorganizar os lotes de maneira que você tenha a mesma qualidade energética ou equilibrar a qualidade energética de todos, pode ter um impacto positivo no sentido de reorganização das vias e isso pode superar outras diretrizes iniciais para determinação de loteamento de EHIS porque leva a um impacto de custo social no sentido de qualidade.

Para ela seria interessante saber ao final através de uma tabela qual o custo. Quanto custaria o lote com a casa. Concluiu: - *“Porque é isso que interessa*

*no final, eu acho que a relação de qualidade e custo, nesse caso o custo da terra”.*

Por fim explanou que seria interessante a possibilidade de aplicar em condomínios urbanísticos sem muitas limitações financeiras, pela liberdade do traçado e aplicações de grandes áreas verdes.

### **5.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

Com a aplicação do instrumento de avaliação alguns pontos podem ser destacados e discutidos. As observações colocadas pelos avaliadores especialistas ressaltam valores positivos, como também, sugerem caminhos de continuidade da pesquisa e melhorias diretas para a aplicação do artefato estudado.

Seguindo os assuntos abordados no roteiro de avaliação destacam-se os pontos para discussão que oportunizam a continuidade da pesquisa.

#### **- Etapa I.**

Na etapa I, os pontos avaliados referem-se à utilidade do artefato. Parte-se da reflexão da importância de se abordar parâmetros de desempenho energético para a concepção do loteamento como possibilidade de contribuição para as futuras edificações. Nesse sentido, a abrangência diversificada do painel de especialistas ajudou a constatar que em diversas perspectivas esse enfoque é considerado como positivo. Este pensamento apresentado pelos avaliadores vai em direção semelhante aos dos diversos autores sobre os benefícios do emprego de análise de parâmetros ambientais nas fases iniciais do processo de projeto (PEDRINI; SZOKOLAY, 2005; ATTIA *et al.*, 2012; BRAGANÇA; VIEIRA; ANDRADE, 2014; KNOTTEN, 2017).

Neste item da avaliação, foi possível identificar por parte avaliadores 3, e 4, dedicados ao trabalho com projetos de loteamentos<sup>25</sup>, um olhar mais abrangente para o início das discussões, extraindo fatores relacionados às suas vivências diárias.

A avaliação também é considerada positiva a respeito da efetiva participação do projetista de loteamento como observador dos parâmetros de

---

<sup>25</sup> Importante retomar que esses avaliadores mencionados têm maior experiência na área de grandes empreendimentos de HIS e planejamento urbano.

desempenho energético nas fases iniciais. No entanto, chama a atenção a observação do avaliador 3, que identifica algumas restrições primárias, colocando as condicionantes ambientais como restrições secundárias. Nesse sentido destaca-se a relação com a prática projetual observada por Lawson (2011), Gross (1986) e Darke (1978) a respeito das restrições e geradores primários que definem o contexto do projeto. Assim, é possível perceber que tais restrições variam de projetistas para projetistas, mas todos concordam que tal atividade proposta está ampliando o número de informações e fatores normalmente considerados nas fases iniciais de projeto do loteador, tornando-se útil.

### **- Etapa II.**

A etapa II buscou examinar o diagrama analógico sob a perspectiva de sua usabilidade, observando características de leitura e manuseio da ferramenta.

A partir da explanação do pesquisador sobre as variáveis avaliadas e a síntese das informações entre as camadas, cores, números e bonificações, observa-se sobre essa leitura que as respostas oscilaram entre regular e fácil. Vale notar que até esse momento da avaliação não havia ocorrido o manuseio do instrumento físico e que após experimentação, com um tempo limitado de aprox. 25 min, alguns avaliadores consideraram um melhor entendimento da ferramenta. Nesse sentido, o artefato reafirma os estudos dos autores Arnheim (1969), Laseau (2001), White (1983), Schön (1993) e Lawson (2011) Ware (2010) Ware (2013), sobre a visualização da informação e a valorização do pensamento através da imagem, levando em consideração o aumento da capacidade de cognição em um diálogo com os projetistas.

É possível pontuar aqui uma dificuldade maior de adaptação à leitura por parte dos avaliadores 3 e 4 (engenheiros) em relação aos avaliadores 1, 2 e 5 (arquitetos), ainda que o avaliador 2 tenha considerado como regular. Esse fato, mostra que ainda precisam ser observados alguns pontos para alcançar maior facilidade de leitura para usuários com características dos avaliadores 3 e 4, ou seja, projetistas de loteamento, público alvo da pesquisa.

A experimentação entre a síntese visual gráfica e as aplicações em um loteamento base no papel, evidenciou o caráter pedagógico e trouxe novas reflexões a respeito das condicionantes ambientais avaliadas, sensibilizando

principalmente os avaliadores 3 e 4, engenheiros com experiência em desenho de loteamento. Porém, tantos os avaliadores com características profissionais relacionadas a planejamento de loteamentos e legislação, quanto os arquitetos voltados ao projeto de moradias, utilizaram a ferramenta sob a perspectiva de suas especificidades profissionais.

Apesar da boa receptividade da ferramenta por parte dos avaliadores especialistas, a experimentação prática do diagrama analógico também demonstrou algumas fragilidades na apresentação da síntese de informações. O primeiro ponto de dificuldade de leitura, mencionado pela maioria dos avaliadores, foi a visualização dos dados que apresentam a pontuação bônus para insolação ótima. Além de apresentar, nesse caso, pouca qualidade intuitiva, também não ofereceu uma precisão de análise quanto possibilidade de variação de posicionamento do lote entre 5° ao norte ou ao sul do eixo leste – oeste, como flexibilidade de angulação para alcance da pontuação bônus de insolação ótima. Neste caso, os avaliadores 1 e 2 sugeriram soluções similares, agregando números correspondentes aos ângulos na parte transparente do diagrama.

Considerando a sobreposição das informações gráficas, os avaliadores 2 e 4 observaram a relação dos pesos determinados para as variáveis envoltória, ventilação cruzada e pontuação bônus. Para eles ficou claro o caráter didático da aplicação, entretanto, observaram que essa construção ainda precisaria de um estudo mais aprofundado.

O natural envolvimento com as peças gráficas por parte dos arquitetos avaliadores 1, 2 e 5 de maneira geral facilitou a leitura do diagrama, mas também evidenciou hábitos que os fizeram relacionar de forma equivocada a angulação de apresentação da informação com uma suposta angulação dos esquemas de planta. O avaliador 2 mencionou que o caráter geométrico da ferramenta analógica que mescla a orientação dos eixos cardeais norte, sul, leste e oeste com dados aplicados de maneira radial em um gráfico tipo *sunburst*, pode induzir a um erro de leitura. Já a avaliadora 5 sugere que os esquemas de planta apresentados no perímetro externo do diagrama e relacionado a cada orientação poderiam obedecer a mesma ordem presente na nomenclatura do primeiro anel interno da ferramenta, criando maior correlação de leitura dos resultados.

Entretanto, o manuseio da ferramenta na atividade guiada em um

passo a passo demonstrou o importante relacionamento com a peça física para o aumento da compreensão do alcance da ferramenta. Ficou evidente o envolvimento com a ferramenta por parte dos avaliadores especialistas, além da resposta de cognição comprovada pelos índices de acerto acima de 80% em relação as respostas apresentadas na atividade, considerado alto pela pouca familiaridade dos especialistas com a ferramenta. Essas características reafirmam os conceitos de Visualização da Informação e o uso de ferramentas diagramáticas defendidos por Craft e Cairns (2008), Ware (2013), Montaner, 2017 e Somol (1999) como atributos conceituais essenciais, artefatos dinâmicos de suporte ao processo de projeto que operam entre a forma e a palavra.

A sequência da avaliação ainda apurou a qualidade de contribuição do diagrama como ferramenta de uso nas fases iniciais do processo de projeto para loteamentos de EHIS. Dentre os 5 avaliadores especialistas, apenas o avaliador 2, arquiteto com envolvimento maior em projetos de moradias respondeu que contribuiria um pouco, os demais consideraram que a ferramenta contribui muito. Nesse sentido, a experiência por parte dos avaliadores levou-os a reflexão dessa aplicabilidade dentro de seus contextos profissionais, observando a possibilidade de experimentação do artefato em outros contextos sob a mesma metodologia. Apesar da ferramenta evidenciar a experimentação nas fases iniciais, onde ainda não existiria a edificação, para os arquitetos, avaliadores 1 e 2, com experiências voltadas ao projeto de HIS, a leitura de aplicação voltava-se sempre para a possibilidade de variações da moradia. Eles se mostravam incomodados pelo limite dado pelos modelos praticados nos EHIS do panorama nacional ao invés de se voltarem para o lançamento inicial do loteamento, fase ainda sem o projeto dos edifícios. Já os engenheiros e a arquiteta, avaliadores 3, 4 e 5, envolvidos com EHIS e legislações de planejamento urbano, ressaltaram positivamente o alcance da ferramenta, porém, baseados na prática comum atual, pensavam basicamente com a ideia de planta única, sem cogitar fortemente a possibilidade de customizações.

Essa discussão evidenciou as relações comuns com as respectivas práticas profissionais dos avaliadores como já mencionado nas impressões iniciais, o que permite pensar nas limitações do instrumento de avaliação (ver o subitem “Os limites do instrumento de avaliação” na continuidade). Isso sugere, que após o lançamento do loteamento deveria haver maior integração entre essas áreas de

atuação.

### **- Etapa III**

Neste momento, foram avaliados os critérios de usabilidade para contribuição do artefato digital. Durante o manuseio da ferramenta digital a maioria dos pontos destacados refere-se à contribuição para melhoria do algoritmo na construção estrutural do loteamento. Segundo as observações, a ferramenta apresenta coerência em relação à prática projetual dos projetistas de loteamento sob a perspectiva da estrutura de espinha de peixe a partir de eixos viários. Porém, de acordo com as sugestões, deve ser complementada de modo a congelar determinações de lote mínimo, frente mínima e dimensões para lotes de esquinas, implementações que podem ser incorporadas com bastante facilidade na estrutura do algoritmo.

No caso da avaliação sobre a qualidade de leitura final apresentada pelo diagrama digital, um pouco diferente em relação ao analógico, obteve-se um resultado de resposta visual de muita clareza em relação a síntese dos dados entregues.<sup>26</sup> Neste sentido, as discussões salientaram como contribuição não só a velocidade de resposta e a possibilidade de diferentes experimentações ofertadas aos profissionais que atuam na concepção do loteamento, mas também a comunicação de potencial para uso do empreendedor e para visualização por parte do usuário final. As contribuições de velocidade e qualidade de visualização oferecida pelos meios digitais em suas interações, confirmam os estudos dos autores Attia *et al.* (2012), Davis (2013), Oxman (2006), Kolarevic (2005), demonstrando o potencial das ferramentas paramétricas como suporte informativo através de um fluxo de informação que se baseia na iteração e reflexão com o projetista.

Verifica-se também a partir da experimentação, que o artefato de maneira geral poderia impactar nas decisões iniciais dos respectivos avaliadores especialistas. Para os avaliadores 3, 4 e 5, com experiências em desenhos de loteamento e planejamento urbano, foi mais fácil o reconhecimento das vantagens do artefato em relação aos avaliadores 1 e 2, arquitetos voltados ao projeto da unidade habitacional. Provavelmente, os avaliadores 1 e 2 fixaram-se mais nas análises a

---

<sup>26</sup> Como observado no item 2.3, isso também demonstra a interação do projetista com um fluxo de informações geradas de modo implícito, onde o vínculo com a ferramenta analógica permite um maior entendimento do funcionamento para essa representação explícita dos resultados do diagrama digital.

respeito dos esquemas de planta, preocupados com as potencialidades das unidades em relação ao alcance de performance. Os avaliadores 3 e 5, ainda mencionaram a possibilidade de se trabalhar de maneira mais livre com a ferramenta aplicando-a em planejamento de condomínios horizontais, onde as restrições financeiras são menores, confirmando a possibilidade da utilização da ferramenta para além dos EHIS.

As observações complementares dos avaliadores especialistas revisitam o processo aplicado, comentando sobre a real possibilidade de contribuição do instrumento para o pensamento da infraestrutura urbana e das futuras edificações, tendo sempre em mente as limitações de custo. De modo específico, a avaliadora 5, envolvida com o planejamento urbano e legislação, aponta o interesse em mensurar e equilibrar os custos dessa intervenção nas fases iniciais, ressaltando também os impactos que essa valoração do loteamento poderia gerar no valor da terra. Estes aspectos, abordados pelos autores Macleamy (2004), Davis (2013), Lu *et al.* (2015), Knotten (2017), Bogenstätter (2010), ressaltam que as decisões tomadas nas fases iniciais baseadas em parâmetros ambientais têm impacto no ciclo de vida e nos custos diretos operacionais da edificação e desenho urbano.

Ao final, ficou clara para os avaliadores, a preocupação com o loteamento e seu impacto no desempenho das futuras edificações. Apesar das observações sobre as restrições muito fortes produzidas pelas limitações financeiras características neste tipo de empreendimento, os avaliadores concluíram que a ferramenta tem um objetivo fundamental que vai além dos reflexos de custo para o empreendedor.

Nesse sentido, observa-se que com as devidas alterações, o artefato pode servir de modo geral para qualquer loteamento que possa ter correspondência com uma edificação que permita certa padronização e simplicidade, podendo ser generalizada previamente em uma situação hipotética útil. Entende-se também, que para HIS de padrões mais baixos essas aplicações são subordinadas aos custos de outros requisitos. No entanto, abre-se caminho para pensar modos de regramento e proposição de exigências mínimas para EHIS.

### **- Os limites do instrumento de avaliação.**

A análise dos resultados e discussões permitiram verificar fatores limitantes no processo de avaliação que conseqüentemente também alimentam a pesquisa permitindo uma compreensão maior em função dos procedimentos adotados.

Os fatores destacados são descritos abaixo:

- Levando em consideração a complexidade do artefato, considera-se que o tempo de experimentação conduziu a uma interpretação do uso imediato da ferramenta. Aplicado em outras circunstâncias, com maior disposição de tempo, a avaliação poderia oferecer respostas diferentes, aproximando do observado por Langfeldt (2004), que os limites de tempo estabelecidos pelo organizador podem afetar a avaliação.
- As experiências de manuseio das ferramentas diagramáticas não ocorreram de maneira proporcional. O avaliadores vivenciaram o diagrama analógico praticando o processo de leitura e aplicação prática, enquanto a experiência digital foi descrita e manuseada por terceiros. Em função disso, as impressões em relação ao uso da ferramenta digital poderiam oferecer diferentes respostas.
- O fator pedagógico da ferramenta e as possibilidades de desmembramentos da envoltória em função da aplicação do método RTQ-R parece não ter sido compreendido de modo integral, aparentemente em função do pouco espaço e tempo de aplicação. Essa avaliação do valor pedagógico da ferramenta necessitaria mais encontros, para se obter uma maior clareza em relação as possibilidades que o método oferece.
- A experimentação evidenciou que o RTQ-R, na versão prescritiva, se mostra um método muito simplificado. Observa-se que este método, atualmente, está em processo de revisão e, possivelmente, esses ajustes contribuiriam para um novo resultado. Avalia-se como limitação do método, a pequena variação de gradação, onde poucas alterações podem levar a

resultados muito diferentes. Outro ponto limitante, muito impactante no resultado dessa pesquisa é definição de um quadrante com abertura de 90° para cada orientação norte, sul, leste e oeste, desconsiderando as orientações nordeste, noroeste, sudeste e sudoeste. Naturalmente, a inclusão de uma variação maior de cores para a classificação e uma maior análise para posicionamentos das edificações além dos eixos norte, sul, leste e oeste, resultaria em melhoras no resultado desta pesquisa. Sugere-se aqui também, a possibilidade de trabalhar com uma pontuação numérica de valor final como resultado ou nota de alcance do loteamento. Isso poderia facilitar ainda mais a leitura das respostas da ferramenta.

- As pontuações extras de ventilação cruzada e insolação ótima, adotadas como bonificações complementares, foram inseridas a partir de uma regra própria com o intuito de aprofundar o número de condicionantes avaliadas e contribuir com a abordagem limitada do RTQ-R. Teve como objetivo experimentar o trabalho com um número maior de informações nas fases iniciais de um modo mais lúdico ou “gameficado”. No entanto, ficou evidente o grau de dificuldade para mensurar os pesos das variáveis em função da falta de referências. Aqui, a ferramenta apresenta uma limitação entre a generalidade e a precisão das informações, observadas ainda durante o andamento da pesquisa e também pontuada pelos avaliadores.
- Inicialmente, a proposta de avaliação seria conduzida em um grupo focal resultando em discussões coletivas. Para isso, foi determinado um grupo de 5 avaliadores especialistas, arquitetos envolvidos com projetos de moradia de HIS, engenheiros empreendedores de loteamento de EHIS e legisladores. Sem o debate, recomendados por diversos autores (LANGFELDT, 2004; PINHEIRO; FARIAS; ABE-LIMA, 2013; HEVNER; MARCH; PARK, 2004), as respostas não conseguiram refletir uma dimensão mais multidisciplinar. É verdade que ainda assim, estas,

apresentaram dados qualitativos, porém, dentro do esperado e limitado pelas respectivas especificidades profissionais. Assim, apesar de não ser o objetivo desta pesquisa, a diferente percepção para o uso da ferramenta evidenciada entre esses profissionais, demonstra que há uma necessidade maior de inter-relação entre essas partes. Neste caso, considera-se que para a atividade vivenciada individualmente os resultados poderiam oferecer dados mais expressivos se avaliados por um número maior de especialistas com experiências voltadas à concepção de loteamentos e planejamento urbano.

#### **- Abordagens para pesquisas futuras.**

Como contribuição para o avanço da pesquisa pode-se considerar:

- A experimentação do método RTQ-R atualizado, aplicando-o a modelos de EHIS com padrões de tipologias habitacionais pré-determinadas. Essa análise pode variar o estudo entre diferentes materiais de envoltória ou em diferentes implantações, como por exemplo, casa isolada (recuos laterais dos dois lados), geminada (um recuo lateral) e com o uso de toda a testada (sem recuos laterais), aproximando-se da prática comum dos programas nacionais de HIS. Aspectos observados pelos avaliadores.
- A inclusão da topografia e outras variáveis do contexto como fatores ambientais a serem analisados e incluídos à síntese diagramática.
- A ampliação dos detalhes da constituição do diagrama, considerando, por exemplo, orientações intermediárias (noroeste, nordeste, sudoeste e sudeste) e/ou maiores níveis de gradação de cores convertidas a valores finais somatórios para pontuação geral do loteamento.
- O aumento da integração entre as interfaces analógica e digital,

de modo a converter a representação analógica em sistema digital, permitindo intervenções no diagrama síntese com visualizações simultâneas de resultados para a estrutura de pré-lançamento do loteamento.

## 6 CONCLUSÕES

A pesquisa teve como ponto inicial os estudos dos autores Macleamy (2004), Davis (2013), Lu *et al.* (2015) e Knotten (2017) que, a partir dos avanços da tecnologia, tratam da importância das fases iniciais do projeto, como também, do potencial das decisões nesta etapa em relação ao custo direto e ciclo de vida das edificações. Nessa linha, a pesquisa dedicou-se aos parâmetros contextuais-ambientais como elementos restritivos, apoiando-se nas reflexões de autores como Pedrini e Szokolay (2005); Attia *et al.* (2012); Bragança, Vieira e Andrade (2014); e Knotten (2017). Assim, o trabalho tratou de loteamentos para HIS, como exercício, com enfoque específico em edificações unifamiliares, térreas, isoladas e com método construtivo industrializado. A atividade teve o desenvolvimento de um artefato acompanhado de sistemas, procedimentos e mecanismos de funcionamento, em uma experimentação de diagramas analógico e digital, testados por um painel de especialistas para verificação de utilidade e usabilidade.

A partir disso, seguem os seguintes comentários conclusivos:

Em relação ao objetivo principal dessa pesquisa, procurou-se desenvolver um artefato para visualização e manuseio de informações ambientais para apoio de tomada de decisão na fase inicial do processo de projeto de loteamento de EHIS.

Desenvolveu-se um artefato fundamentado em um duplo sistema de diagramas, um analógico pelo qual o projetista manuseia sobre seus esboços, e outro digital, que permite visualizar as especulações desenvolvidas no primeiro. A construção do diagrama é baseada em uma composição de uma habitação genérica, onde suas características de envoltória poderiam em tese ser configuradas pelo projetista, para que este entendesse as consequências das decisões tomadas. A avaliação, realizada por um painel de especialistas, considerou em análise final o artefato útil e usável. Alguns aspectos foram observados sobre seu aprimoramento, destacando ajustes para melhor leitura das informações no diagrama analógico e também sobre a construção do algoritmo digital para a formatação da estrutura de lotes e quadras. Os avaliadores, apontaram ainda, outras possibilidades de uso, como por exemplo a aplicação em projetos de loteamentos de condomínios, desvinculando-se de HIS e a possibilidade de experiências referenciando tipologias habitacionais dos

modelos habituais do panorama nacional.

Em relação aos objetivos específicos, verificou-se se o estudo foi capaz de definir valorações voltadas às informações ambientais que parametrizem o artefato aplicável às etapas iniciais de concepção projetual de loteamentos a partir de uma ideia genérica de edifício.

Apoiando-se no método RTQ-R, mesmo com suas limitações já observadas neste trabalho, a pesquisa construiu uma base para a caracterização da valoração de envoltória, para, a partir desse ponto, desenvolver as demais valorações complementares de ventilação e insolação ótima. A composição das valorações para as condicionantes buscaram exercer um papel mais pedagógico, com o intuito de responder ao exercício de síntese com números maiores de informação. Com isso, a parametrização dos dados completou o artefato e sua experimentação para uso nas etapas iniciais, teve êxito, ainda que alguns pontos devam ser aprimorados.

A experiência alcançou respostas distintas a respeito da definição de padrões visuais e formais intuitivos para o auxílio na geração de respostas às características de desempenho ambiental em lançamentos de loteamento. No diagrama analógico a limitação cognitiva em se trabalhar com grandes números de informações, cores e formas, como visto na revisão bibliográfica (WARE, 2013), exigiria ainda mais etapas de aprimoramento. Ainda assim, mesmo com um tempo de experimentação baixo, a ferramenta analógica levou os especialistas a alcançarem respostas assertivas. Já a estrutura formal de visualização final do diagrama digital entregou uma leitura mais amigável e de fácil compreensão.

Diante dessa construção, contata-se que foi possível avaliar as interações analógicas e digitais em etapas iniciais de projeto de loteamento, como formas de entendimento pedagógico de informações ambientais.

Essas avaliações trouxeram reflexões que ajudam a responder à questão da pesquisa: Como sintetizar e comunicar informações ambientais relacionadas ao sítio para apoio à tomada de decisões nas fases iniciais do processo de projeto de loteamentos?

Nesse sentido, é possível discorrer a respeito dos aprendizados que o exercício proporcionou, trazendo considerações que podem ser absorvidas como respostas conclusivas à questão de pesquisa.

Assim, avalia-se que o uso de diagramas fluidos e dinâmicos apontados por Ware (2013), Montaner (2017), Oxman (2006), Craft e Cairns (2008), que sintetizam informações com o auxílio de mecanismos digitais, parecem funcionar como um caminho para a ampliação das habituais restrições por parte dos projetistas, entendidos como “geradores primários” (DARKE, 1978).

Deve-se ressaltar que o estudo mostra ser possível trabalhar com informações de condicionantes ambientais nas fases iniciais de processo de projeto. No entanto, a aplicação dessas informações em uma única ferramenta não é tão simples, exige mais conhecimentos integrados e talvez seria útil a interação com outras áreas que estudem as diferentes formas de visualização da informação.

A leitura sobre a visualização de dados tem diferente receptividade por parte dos usuários e depende muito dos meios de trabalho com que esses profissionais estão habituados. Nesse sentido, é preciso estudar maneiras de gerar respostas intuitivas de ação direta relacionadas ao perfil específico desses usuários.

Em relação ao fluxo de informações, este transita entre movimentos implícitos e explícitos, com interações analógicas e digitais (OXMAN, 2006). Diante dessa movimentação, o que se notou aqui, é a importância de se trabalhar com ferramentas que atuem de dois modos, ou seja, entregando a informação visual sintetizada de forma amigável (passível de manuseio gestual), porém, oferecendo o entendimento do que está envolvido sob aquela visualização (explorando a capacidade digital de construção física rápida e de edição). A aplicação conjunta desses elementos revelou um papel pedagógico no processo e pode contribuir para uma experimentação de simulações projetuais mais assertivas nas etapas iniciais.

Como outro ponto, deve-se observar que apesar da aparente facilidade em manipular linhas dentro das experimentações da estrutura digital apresentada, toda a construção embutida no sistema do algoritmo para a parametrização dos dados ainda exige interferências de especialistas, e sua manipulação não é um processo didático para alguns dos possíveis usuários.

Foi possível constatar ainda, que há uma relação muito forte de tudo que foi praticado no exercício da pesquisa com o limite de custo. Atualmente, os parâmetros ambientais, principalmente em atuações de EHIS no Brasil, têm sido tratados como restrições secundárias, porém, seus impactos na vida útil das

edificações já são observados pelos usuários como requisito de importância segundo Aragão e Hirota (2016). A avaliação mostrou que há o interesse e o entendimento da importância desses parâmetros por parte dos projetistas e empreendedores de loteamentos. Entretanto, seguem produzindo estruturas com pouca flexibilidade em função das limitações legislativas e normativas. Deste modo, um dos meios para essa transgressão parece ser uma mudança nas determinações legais que regem os caminhos do planejamento urbano.

Por fim, conclui-se que a pesquisa levou a reflexões entre escalas distintas, com observações que vão desde detalhes das dimensões das janelas à composição de estruturas de bairros. Essa prática, deixou evidente a necessidade de maior inter-relação entre as partes que envolvem arquitetura, urbanismo, engenharia civil, design, tecnologia da informação e outros. Avalia-se, que para estudos de tamanha abrangência o caminho ainda seja a aplicação de inteligências integradas em ciclos de avaliações entre ações e reflexões, com a perspectiva de alcançar resultados proporcionais à complexidade das abordagens.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Norma Técnicas. **NBR 9050**: Acessibilidade a edificações, mobiliários, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <[https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/nbr\\_%2009050\\_acessibilidade%20-%202004%20-%20acessibilidade\\_a\\_edificacoes\\_mobiliario\\_1259175853.pdf](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/nbr_%2009050_acessibilidade%20-%202004%20-%20acessibilidade_a_edificacoes_mobiliario_1259175853.pdf)> Acesso em: 05 nov. 2020.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15.220-2**: Desempenho térmico de Edificações Parte 2: Métodos de cálculo de transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15.220-3**: Desempenho térmico de Edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.
- AIA. American Institute of Architects. Architect's Guide to Building Performance: Integrating performance simulation in the design process, 2019. Disponível em: <<https://www.aia.org/resources/6157114-architects-guide-to-building-performance>> Acesso em: 25 ago. 2020.
- AMORIM, C. N. D. Diagrama morfológico Parte I: instrumento de análise e projeto ambiental com uso de luz natural. **Paranoá**: cadernos de arquitetura e urbanismo, Brasília, n. 3, 2007. Disponível em: <<http://periodicos.unb.br/inde.php/paranoa/article/vie//12111/4444>> Acesso em: 05 nov. 2020.
- ANDRADE, M.L.V.X. de; RUSCHEL, R.C.; MOREIRA, D. de C. O processo e os métodos. In: KOWALTOWSKI, D.C.C.K.; MOREIRA, D. de C.; PETRECHE, J.R.D.; FABRÍCIO, M.M. **O processo de projeto em arquitetura da teoria à tecnologia**. São Paulo: Oficina de textos, 2011. p. 80 -100. 504p.
- ARAGÃO, D. L. L. J. **Subsídios Para Aplicação do Custeio-Meta na Etapa de Concepção de Unidades Habitacionais de Interesse Social no Âmbito do PMCMV**. 2014, 100f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Arquitetura, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.uel.br/document/?code=vtls000193833>> Acesso 05 nov. 2020.
- ARAGÃO, D. L. L. J. de; HIROTA, E. H. Sistematização de requisitos do usuário com o uso da Casa da Qualidade do QFD na etapa de concepção de unidades habitacionais de interesse social no âmbito do Programa Minha Casa, Minha Vida. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 4, p. 271-191, out./dez. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212016000400118>> Acesso em: 10 jun. 2019.

ARNHEIM, R. **Visual thinking**. Berkeley, CA: University of California Press, 1969. 352 p.

ATTIA, S.; GRATIA, E.; HERDE, A.; HENSEN, J.L.M. Simulation-based decision support tool for early stages of zero-energy building design. **Energy and Buildings**, [s.l.], v. 49, p. 2-15, jun. 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.01.028>> Acesso em: 18 nov. 2019.

BALESTRIN, A. Uma análise da contribuição de Herbert Simon às teorias organizacionais, **READ – Revista de administração do PPGA/UFRGS**, Porto Alegre, v. 8, n.4, 2002. Disponível em: <<https://www.seer.ufrgs.br/read/article/view/44111>> Acesso em: 21 abr. 2021.

BISKJAER, M. M.; DALSGAARD, P.; HALSKOV, K. A constraint-based understanding of design spaces. **DIS '14: Proceedings of the 2014 conference on Designing interactive systems**, jun. 2014, p. 453–462. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2598510.2598533>> Acesso 05 nov. 2020.

BOGENSTÄTTER, U. Prediction and optimization of life-cycle costs in early design. **Journal Building Research & Information**, London, v. 28, n. 5-6, p. 376-386, 18 Oct. 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/096132100418528>> Acesso em: 20 dez. 2019.

BRAGANÇA, L.; VIEIRA, S. M.; ANDRADE, J. B. Early Stage Design Decisions: The Way to Achieve Sustainable Buildings at Lower Costs. **The Scientific World Journal**, London, v. 2014, p. 1-8, 22 Jan. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1155/2014/365364>> Acesso em: 20 nov. 2019.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portaria n.18, de 16 de janeiro de 2012. Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais (RTQ-R). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2012. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001788.pdf>> Acesso em: 05 nov. 2020.

BRASIL. **PROCEL Edifica**: Eficiência Energética nas Edificações, 2012. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/>> Acesso em: 09 jun. 2020.

BROADBENT, G. **Design in architecture**: architecture and the human sciences. London: John Wiley & Sons, 1973. 504 p.

CANEEL, K. J. **The Blank Page**: Effects of Constraint on Creativity. 2009, 119f. Dissertation (Doctor of Philosophy) - Department of Management of Organizations, University of California, Berkeley, 2009. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/The-Blank-Page%3A-Effects-of-Constraint-on-Creativity-Joyce/567a9fd2442c79101d89c90821c125a5ca068691>> Acesso 05 nov. 2020.

CONCEIÇÃO, P. de A. **Método de classificação de famílias visando à adoção da Customização em massa por segmentos na Habitação de Interesse Social.**

2015, 166 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Estadual de Londrina e Universidade Estadual de Maringá, Londrina-PR, 2015.

Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.uel.br/document/?code=vtls00020225>> 1> Acesso em: 13 jun. 2019.

COOPER, R.; AOUD, G.; LEE, A.; WU, S.; FLEMING, A.; KAGIOGLOU, M.

**Process Management in Design and Construction.** Salford: Blackwell Publishing, 2005. 192p.

CRAFT, B; CAIRNS, P. Directions for Methodological Research in Information Visualization. In: International Conference Information Visualisation, 12, 9-11 Jul.

2008, London. **Anais...** London-UK: IEEE, 2008. p. 45 - 50. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/4577924>> Acesso em: 14 nov. 2019.

CRUZ, M. Construir a casa: Elementos exploratórios para a compreensão dos conteúdos, do contexto e do processo de concepção arquitetônica da habitação unifamiliar. **Sociologia**, Revista da Faculdade de Letras da Universidade do Porto, Porto, v. 16, p. 231-250, 2006. Disponível em:

<<http://ojs.letras.up.pt/index.php/Sociologia/article/view/2376>> Acesso em: 14 jun. 2019.

DARKE, J. The primary generator and the design process. In: **New Directions in Environmental Design Research: Proceedings of EDRA 9.** Washington, EDRA. p. 325-337, 1978.

DAVIS, D. **Modelled on software engineering:** flexible parametric models in the practice of architecture. 2013, 122f. Thesis (Doctor of Philosophy) - School of Architecture and Design, RMIT University, Sydney - NSW. Disponível em:

<<http://researchbank.rmit.edu.au/view/rmit:161769>> Acesso em: 21 nov. 2019.

EDUCALINGO. Sunburst [on-line]. Disponível <<https://educalingo.com/pt/dic-en/sunburst>>. Acesso em: 05 nov 2020

EILOUTI, B. Diagrams as Design Catalysts. **Design Principles and Practices: An International Journal**, v. 4, Common Ground, 2010. Disponível em:

<<https://doi.org/10.18848/1833-1874/CGP/v04i02/37613>> Acesso em: 5 nov. 2019.

ESPINDOLA, L. da R.; INO, A. Inserção e financiamento do sistema wood frame no programa habitacional Minha Casa Minha Vida. **XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Maceió – AL, 2014. p. 1578-1587. Disponível em: <<http://doi.org/10.17012/entac2014.566>> Acesso em: 05 nov. 2020.

ESPINDOLA, L. da R. **O wood frame na produção de habitação social no Brasil.** 2017, 166f. Tese (Doutorado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 2017.

Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/102/102131/tde-04092017-113504/en.php>> Acesso em: 05 nov. 2020.

FANTINATO, D.M. **O uso de diagramas na representação de projetos em publicações de arquitetura: o caso da domus**. 2018, 119f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Tecnologia e Cidade) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2018. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/331872>> Acesso em: 10 nov. 2019.

GALINDO, A.P; GIGLIO, T; HIROTA, E. Eficiência energética de uma habitação de interesse social em *wood frame*: análise para o clima de Londrina, Paraná, Brasil. **4. CIHEL – Congresso internacional de Habitação no Espaço Lusófono – A Cidade Habitada**, 5 a10 mar. 2017, Porto – Portugal. 17f.

GONZALO, G. E.; NOTA, V. M. **Manual de arquitectura bioclimática y sustentable**. 5. ed. 2015. 321 p. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/337772555\\_Manual\\_de\\_Arquitectura\\_Bioclimatica](https://www.researchgate.net/publication/337772555_Manual_de_Arquitectura_Bioclimatica)> 05 nov. 2020.

GROSS, M. D. **Design as Exploring Constraints**. 1986, 143f. PhD dissertation (Doctor of Philosophy in Design Theory and Methods) - Massachusetts Institute of Technology - M.I.T, S. B. Art and Design, Massachusetts - New England, EUA. Disponível em: <<https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/15036/15434997-MIT.pdf?sequence=2>> Acesso em: 05 nov. 2020.

HEVNER, A.R.; MARCH, S.T.; PARK, J.; RAM, S. Design research in information systems research. **MIS Quarterly**, v. 28, n. 1, p 75-105, 2004. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/25148625?seq=1>> Acesso em: 20 out. 2020.

HEVNER, A.R.; CHATTERJEE, S. Design research in information systems: theory and practice. **Integrated Series in Information Systems**, v. 22. New York: Springer; 2010. 350 p. Disponível em: <[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4419-5653-8\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4419-5653-8_2)> Acesso em: 08 jan. 2021.

IAB. **Roteiro para desenvolvimento do projeto de arquitetura da edificação**. 77. Cosulab, 2019. 7p. Disponível em: <<http://www.iab.org.br/sites/default/files/documentos/roteiro-arquitetonico.pdf>> Acesso 05 nov. 2020.

KALAY, Y. E. The impact of information technology on design methods, products and practices. **Design Studies**, v. 27, n. 3, p. 357-380, 2006. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0142694X05000888>> Acesso em: 06 nov. 2020.

KNOTTEN, V. **Building design management in the early stages**. 2017, 53f. Thesis (Degree of Philosophiae Doctor) - Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Architecture and Design, Trondheim- Norway. Disponível em:<[https://www.ntnu.no/documents/20658136/21235908/2018\\_PhD\\_Knotten\\_BuildingDesignManagement\\_intheearlystages\\_dig.pdf/f671d795-e268-4ac6-a04b-19551e0b97cd](https://www.ntnu.no/documents/20658136/21235908/2018_PhD_Knotten_BuildingDesignManagement_intheearlystages_dig.pdf/f671d795-e268-4ac6-a04b-19551e0b97cd)> Acesso em: 08 nov. 2019.

KOLAREVIC, B. **Architecture in the Digital Age**. New York e London: Taylor & Francis Group, 2005. 320 p.

LACERDA, D.P; DRESCH, A.; PROENÇA, A.; ANTUNES JUNIOR, J. A. V. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 20, n. 4, p. 741-761, 26 nov. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2013005000014>> Acesso em: 09 jun. 2019.

LAGRO JR, J. A. **Site Analysis: A Contextual Approach to Sustainable Land Planning and Site Design**. New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 2008. 384p.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2014. 366p.

LANGFELDT, L. Expert panels evaluating research: decision-making and sources of bias. **Research Evaluation**, v.13, n.1, p. 51–62, abr. 2004. Disponível em: <<https://academic.oup.com/rev/article-abstract/13/1/51/1593286>> Acesso em: 10 mai. 2021.

LASEAU, P. **Graphic Thinking for Architects & Designers**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons Inc., 2001. 256p.

LAWSON, B. **Como os arquitetos e designers pensam**. Tradução Maria Beatriz Medina. São Paulo: Oficina de textos, 2011. 296p.

LU, W.; FUNG, A.; PENG, Y.; LIANG, C.; ROWLINSON, S. Demystifying construction projecttime-effort distribution curves: a BIM and non-BIM comparison. **Journal of Management in Engineering**, 2015, v. 31 n. 6, p. article n. 04015010, nov. 2015. Disponível em: <[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000356](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000356)> Acesso em: 20 nov. 2019.

MACLEAMY, P. **Collaboration, integrated information and the project lifecycle in building design, construction and operation**. CURT, The Construction Users Roundtable, 2004. Disponível em: <<https://kcuc.org/wp-content/uploads/2013/11/Collaboration-Integrated-Information-and-the-Project-Lifecycle.pdf>> Acesso em: set. 2019.

MANZINI, E.J. Entrevista semi-estruturada: análise de objetivos e de roteiros. **Seminário internacional sobre pesquisa e estudos qualitativos**, 2; 2004. Bauru: USC, 2004. CD-ROM. ISBN: 85-98623-01-6. 10p. Disponível em: <<http://wp.ufpel.edu.br/consagro/files/2012/03/MANZINI-Jos%C3%A9-Eduardo-Entevista-semi-estruturada-An%C3%A1lise-de-objetivos-e-de-roteiros.pdf>> Acesso 05 mai. 2021.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and Natural Science Research on Information Technology. **ScienceDirect**, v. 15, n. 4, Dec. 1995, p. 251-266. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0167923694000412>> Acesso 05 nov. 2020.

MITCHELL, W.J. Constructing Complexity. In: MARTENS, B; BROWN, A. (eds). **Computer Aided Architectural Design Futures**. Dordrecht, Netherlands: SPRINGER, 2005. p. 41-55.

MONTANER, J.M. **Do diagrama às experiências, rumo a uma arquitetura de ação**. São Paulo: Gustavo Gili, 2017. 192p.

MONTES, M. A. T. **Abordagem integrada no ciclo de vida de habitação de interesse social considerando mudanças climáticas**. 2016, 473f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/176656>> Acesso em: 22 abr. 2020.

NOGUCHI, M. **ZEMCH: Toward the Delivery of Zero Energy Mass Custom Homes**. Melbourne: Springer, 2016. 372p.

OLGYAY, V. **Arquitectura y Clima: Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y urbanistas**. Barcelona: Gustavo Gili, 1963. 216 p.

ONARHEIM, B.; WILTSCHNIG, S. Opening and constraining: constraints and their role in creative processes. **DESIRE '10: Proceedings of the 1st DESIRE Network Conference on Creativity and Innovation in Design**, Aug. 2010. p. 83–89. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.5555/1854969.1854984>> Acesso 05 nov. 2020.

OXMAN, R. Theory and design in the first digital age. **Design Studies**, v. 27, n. 3, p. 229–265, mai. 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.destud.2005.11.002>> Acesso em: 08 dez. 2019.

PEDRINI, A. SZOKOLAY, S. Recomendações para o desenvolvimento de uma ferramenta de suporte às primeiras decisões projetuais visando ao desempenho energético de edificações de escritório em clima quente. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p.39-54, jan./mar. 2005. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3610/1992>> Acesso em: 10 jun. 2019.

PINHEIRO, J. de Q.; FARIAS, T. M.; & ABE-LIMA, J. Y. Painel de Especialistas e Estratégia Multimétodos: Reflexões, Exemplos, Perspectivas. **Psico**, v. 44. n. 2, p. 184-192, abr./jun. 2013. Disponível em: <<https://revistaseletronicas.pucrs.br/index.php/revistapsico/article/view/11216>> Acesso em: 10 mai. 2021.

PROJETEEEE. **Projetando Edificações Energeticamente Eficientes**. Disponível em: <<http://projeteee.mma.gov.br/>> Acesso em: 05 de jun. 2020.

RIBA. Royal Institute of British Architects. **RIBA Plan of Work**, RIBA, 2020. Disponível em: <<https://www.architecture.com/-/media/GatherContent/Test-resources-page/Additional-Documents/2020RIBAPlanofWorktemplatepdf.pdf>> Acesso em: 05 nov. 2020.

ROAF, S.; FUENTES, M.; THOMAS, S. **Ecohouse: A casa ambientalmente sustentável**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 488p.

ROMERO, M. **Arquitectura Bioclimática do Espaço Público**. Brasília: Universidade

de Brasília (3a reimpressão), 2007. 226p.

ROSSETTI, E. P. Morar brasileiro. Impressões e nexos atuais da casa e do espaço doméstico. **Arquitextos**, São Paulo, ano 15, n. 169.01, jun. 2014. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/15.169/5220>> Acesso em: 14 mai. 2019.

SAITO, C. **Estudo Para a Determinação dos Custos-Meta em Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social no Programa Minha Casa, Minha Vida**. 2016, 73f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina - PR, 2016. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.uel.br/document/?code=vtls000207074>> Acesso em: )5 nov. 2020.

SALES, G. de L. **Diagrama de ventilação natural ferramenta de análise do potencial da ventilação natural no estudo preliminar de projeto**. 2017, 217f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/22747>> Acesso em: 10 set. 2020.

SCHÖN, D. **The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action**. New York: Basic Books, 1993. 384p.

SHIGUEHARU, M. A. **O Senso de Comunidade no Conjunto Habitacional São Lourenço - Londrina - PR**. 2015, 129f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina-PR, 2015. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.uel.br/document/?code=vtls000202795>> Acesso em: 05 nov. 2020.

SIMON, H. A. **The Sciences of the Artificial**, 3rd ed. Cambridge, MA: MIT Press. 1996. 230p.

SOMOL, R. E. Dummy Text, or the Diagrammatic Basis for Contemporary Architecture. In: EISENMAN, P. **Diagram diaries**. New York: Universe Publishing, 1999. p. 6-25. Disponível em: <[https://www.academia.edu/7069135/SOMOL\\_Robert\\_Dummy\\_Text\\_or\\_The\\_Diagrammatic\\_Basis\\_of\\_Contemporary\\_Architecture](https://www.academia.edu/7069135/SOMOL_Robert_Dummy_Text_or_The_Diagrammatic_Basis_of_Contemporary_Architecture)>. Acesso em: 03 out. 2019.

STOKES, P. D. **Creativity from constraints: The psychology of breakthrough**. New York, NY: Springer Pub. Co., 2006. 184 p.

STRUCHINER, M.; RICCIARDI, R. M. V.; VETROMILLE, V. P. O painel de especialistas no processo de apreciação analítica de sistemas hipermedia para o ensino de graduação. **IV Congresso RIBIE**, Brasília, 1998. 12p. . Disponível em: <[http://www.ufrgs.br/niee/eventos/RIBIE/1998/pdf/com\\_pos\\_dem/170.pdf](http://www.ufrgs.br/niee/eventos/RIBIE/1998/pdf/com_pos_dem/170.pdf)> Acesso 10 mai. 2021.

TAKAHASHI, F. A. **Design associativo: análise da topografia no traçado de vias e quadras**. 2017, 101f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) -

Universidade Estadual de Londrina e Universidade Estadual de Maringá, Londrina-PR, 2017. Disponível em:

<<http://www.bibliotecadigital.uel.br/document/?code=vtls000217188>> Acesso em: 03 set. 2019.

TAKAHASHI, F. A.; HIROTA, E. H.; DUARTE, R. B. Design associativo: análise da topografia no traçado de vias e quadras. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 19, n. 4, p. 95-113, out. /dez. 2019. Disponível em:

<[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S167886212019000400095](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S167886212019000400095)> Acesso em: 05 nov. 2020.

TOLOMEI, B.V. A Gamificação como Estratégia de Engajamento e Motivação na Educação. **EaD em Foco**. 2017; 7 (2):145-156. Disponível em:

<<https://eademfoco.cecierj.edu.br/index.php/Revista/article/view/440>> Acesso em: 05 abr. 2021.

USP. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Construção em Madeira**. Disponível em:

<<http://www.usp.br/nutau/madeira/paginas/introducao/introducao.htm>> Acesso em: 14 out. 2020.

VAISHNAVI, V.; KUECHLER, W. **Design Science Research methods and patterns: innovating information and communication technology**. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2008. 416 p.

VAN AKEN, J. E. Management Research on the Basis of the design Paradigm: the Quest for Field-tested and Grounded Technological Rules. **Journal of Management Studies**, v. 41, n. 2, fev. 2001. p. 219-246. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1111/j.1467-6486.2004.00430.x>> Acesso em: 05 nov. 2020.

VENÂNCIO, R. dos S. L. **Modos projetuais de simulação: uso de ferramentas de simulação térmica no processo projetual de arquitetura**. 2012, 255f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN, 2012. Disponível em:

<<https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/12302>> Acesso em: 10 set. 2020.

VILLA, S. B.; ORNSTEIN, S. W. (orgs.). **Qualidade Ambiental na Habitação: avaliação pós-ocupação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 387p.

WARE, C. **Visual Thinking: for Design**. Burlington, MA: MK, 2010. 212p.

\_\_\_\_\_. **Information Visualization: perception for design**. 3. ed. Waltham, MA: MK, 2013. 537p.

WHITE, E. T. **Site Analysis: Diagramming Information for Architectural Design**. Florida: Architectural Media, 1983. 158p.

ZEISEL, J. **Inquiry by design: environment/ behavior/ neuroscience in architecture, interiors, landscape, and planning**. New York: W. W. Norton; Revised edition, 2006. 400p.

ZEMCH. Página institucional. Disponível em: <<http://www.zemch.org/>> Acesso em: 01 out. 2020.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A

Resultados de aplicação da planilha do RTQ-R.

Resultado da pontuação total para todas as simulações (igual para todos):

Pontuação Total	Envoltória para Verão	C
		3,00
	Envoltória para Inverno	C
		3,00
	Aquecimento de Água	E
		1,00
	Equivalente numérico da envoltória	C
		3,00
Envoltória se refrigerada artificialmente	C	
	3,00	
Bonificações	0,30	
Região	Sul	
Coeficiente a	0,65	

Classificação final da UH	C
Pontuação Total	2,60

		Estar	Quarto 1	Quarto 2
Planta 1 – Norte	Indicador de Graus-hora para Resfriamento	C	B	C
	GHR	2234	1492	1861
	Consumo Relativo para Aquecimento	C	C	C
	CA	18,305	15,625	17,804
	Consumo Relativo para Refrigeração	Não se aplica	A	A
	CR	0,000	4,445	4,271

Planta 2 - Norte	Indicador de Graus-hora para Resfriamento	C	C	C
	GHR	2234	1845	1861
	Consumo Relativo para Aquecimento	C	C	C
	CA	18,305	16,145	17,804
	Consumo Relativo para Refrigeração	Não se aplica	A	A
	CR	0,000	4,832	4,271

Planta 3 - Norte	Indicador de Graus-hora para Resfriamento	C	B	C
	GHR	2196	1564	1896
	Consumo Relativo para Aquecimento	C	C	C
	CA	18,305	15,625	17,804
	Consumo Relativo para Refrigeração	Não se aplica	A	A
	CR	0,000	4,445	4,276

Planta 4 - Norte	Indicador de Graus-hora para Resfriamento	C	C	C
	GHR	2196	1920	1896
	Consumo Relativo para Aquecimento	C	C	C
	CA	18,305	16,145	17,804
	Consumo Relativo para Refrigeração	Não se aplica	A	A
	CR	0,000	4,837	4,276

Planta 1 - Sul	Indicador de Graus-hora para Resfriamento	D	B	C
	GHR	2562	1376	2324
	Consumo Relativo para Aquecimento	C	C	C
	CA	19,040	17,918	16,253
	Consumo Relativo para Refrigeração	Não se aplica	A	A
	CR	0,000	3,136	4,891

Planta 2 - Sul	Indicador de Graus-hora para Resfriamento	D	B	C
	GHR	2562	1492	2324
	Consumo Relativo para Aquecimento	C	C	C
	CA	19,040	17,696	16,253
	Consumo Relativo para Refrigeração	Não se aplica	A	A
	CR	0,000	4,222	4,891

Planta 3 - Sul	Indicador de Graus-hora para Resfriamento	D	B	C
	GHR	2560	1304	2288
	Consumo Relativo para Aquecimento	C	C	C
	CA	19,040	17,918	16,253
	Consumo Relativo para Refrigeração	Não se aplica	A	A
	CR	0,000	3,136	4,886

## Planta 4 - Sul

Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	D	B	C
			2560	1417	2288
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m².ano	C	C	C
			19,040	17,696	16,253
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m².ano	Não se aplica 0,000	A 4,217	A 4,886

## Planta 1 - Leste

Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	D	C	C
			2649	1902	1650
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m².ano	C	C	C
			18,910	16,115	17,232
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m².ano	Não se aplica 0,000	A 4,837	A 3,850

## Planta 2 - Leste

Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	D	B	C
			2649	1546	1650
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m².ano	C	C	C
			18,910	15,594	17,232
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m².ano	Não se aplica 0,000	A 4,445	A 3,850

## Planta 3 - Leste

Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	C	B	C
			2216	1527	2082
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m².ano	C	C	C
			18,217	17,664	17,968
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m².ano	Não se aplica 0,000	A 4,236	A 3,203

## Planta 4 - Leste

Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	C	B	C
			2216	1410	2082
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m².ano	C	C	C
			18,217	17,886	17,968
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m².ano	Não se aplica 0,000	A 3,149	A 3,203

## Planta 1 - Oeste

Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	C	B	C
			2195	1460	2145
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m².ano	C	C	C
			18,217	17,664	17,968
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m².ano	Não se aplica 0,000	A 4,230	A 3,203

## Planta 2 - Oeste

Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	C	B	C
			2195	1347	2145
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m².ano	C	C	C
			18,217	17,886	17,968
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m².ano	Não se aplica 0,000	A 3,149	A 3,203

## Planta 3 - Oeste

Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	D	C	C
			2682	1835	1713
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m².ano	C	C	C
			18,910	16,115	17,232
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m².ano	Não se aplica 0,000	A 4,832	A 3,850

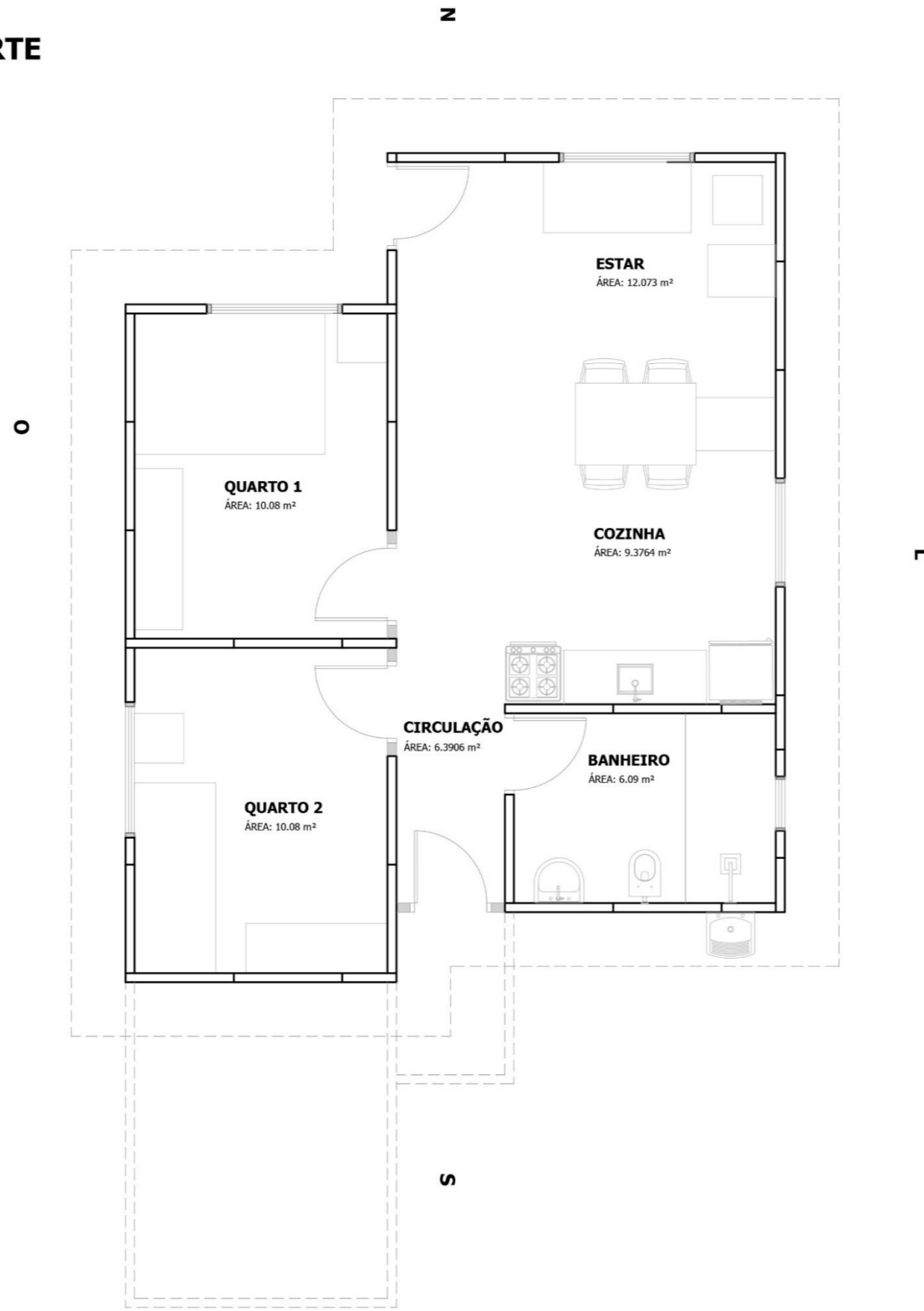
## Planta 4 - Oeste

Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	D	B	C
			2682	1482	1713
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m².ano	C	C	C
			18,910	15,594	17,232
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m².ano	Não se aplica 0,000	A 4,445	A 3,850

**APÊNDICE B**

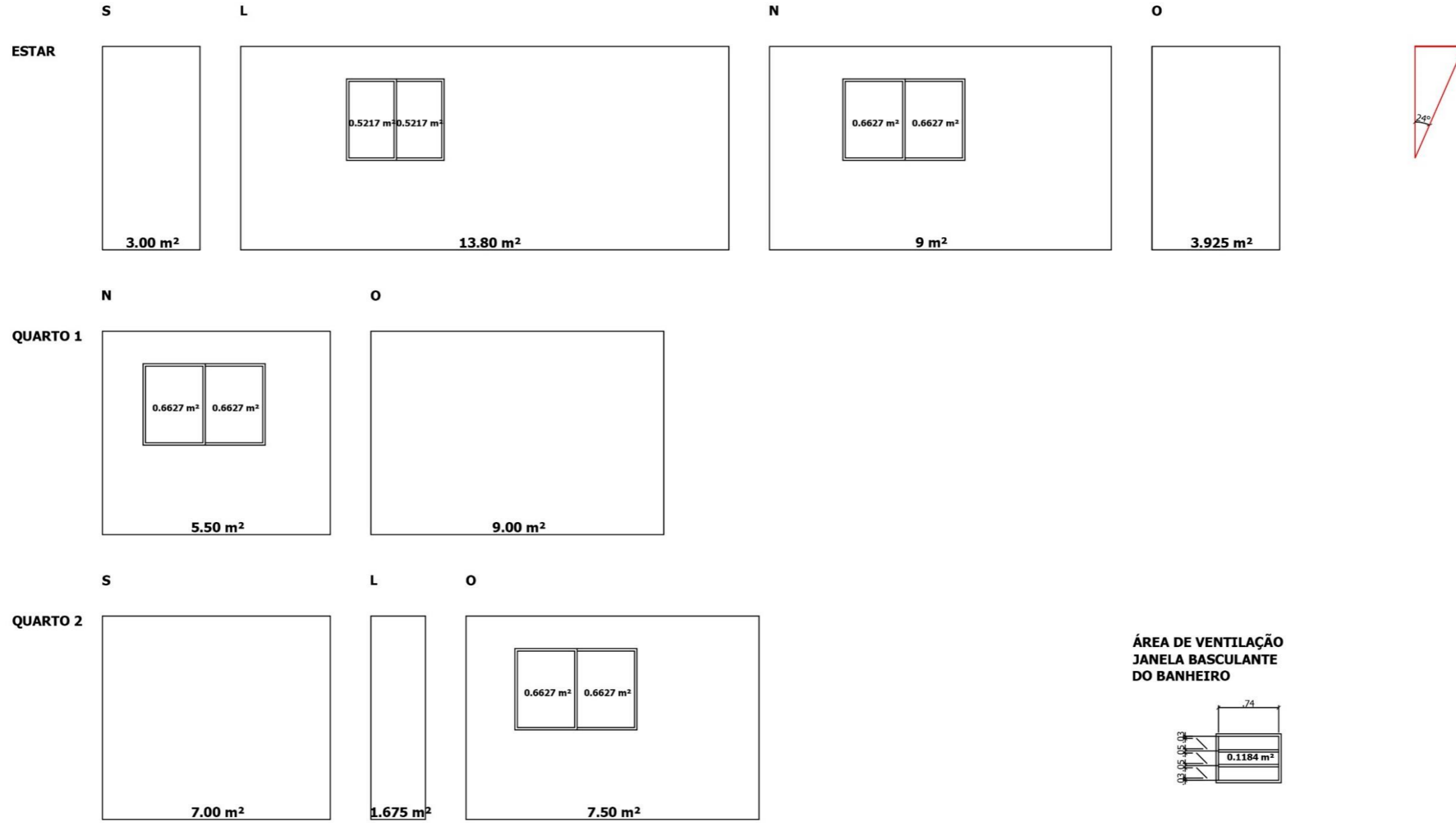
Desenhos esquemáticos para apoio aos cálculos.

**PLANTA 1 - FACE NORTE**

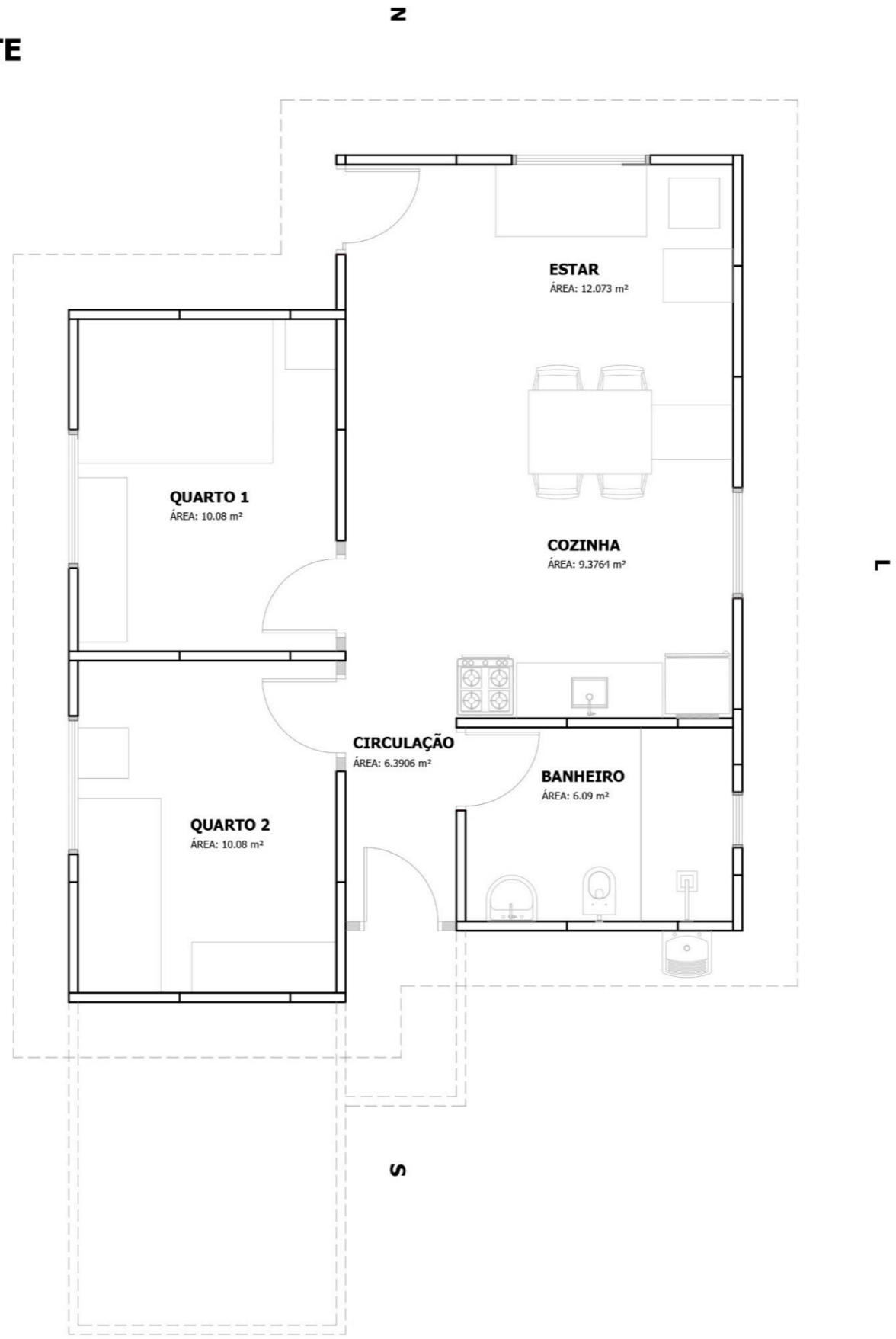


### VISTA PLANTA 1 - FACE NORTE

ÁREAS DE PAREDES EXTERNAS DOS AMBIENTES/ ÁREAS DE ABERTURAS PARA ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO/ ÂNGULOS PARA CALCULAR "SOMB"

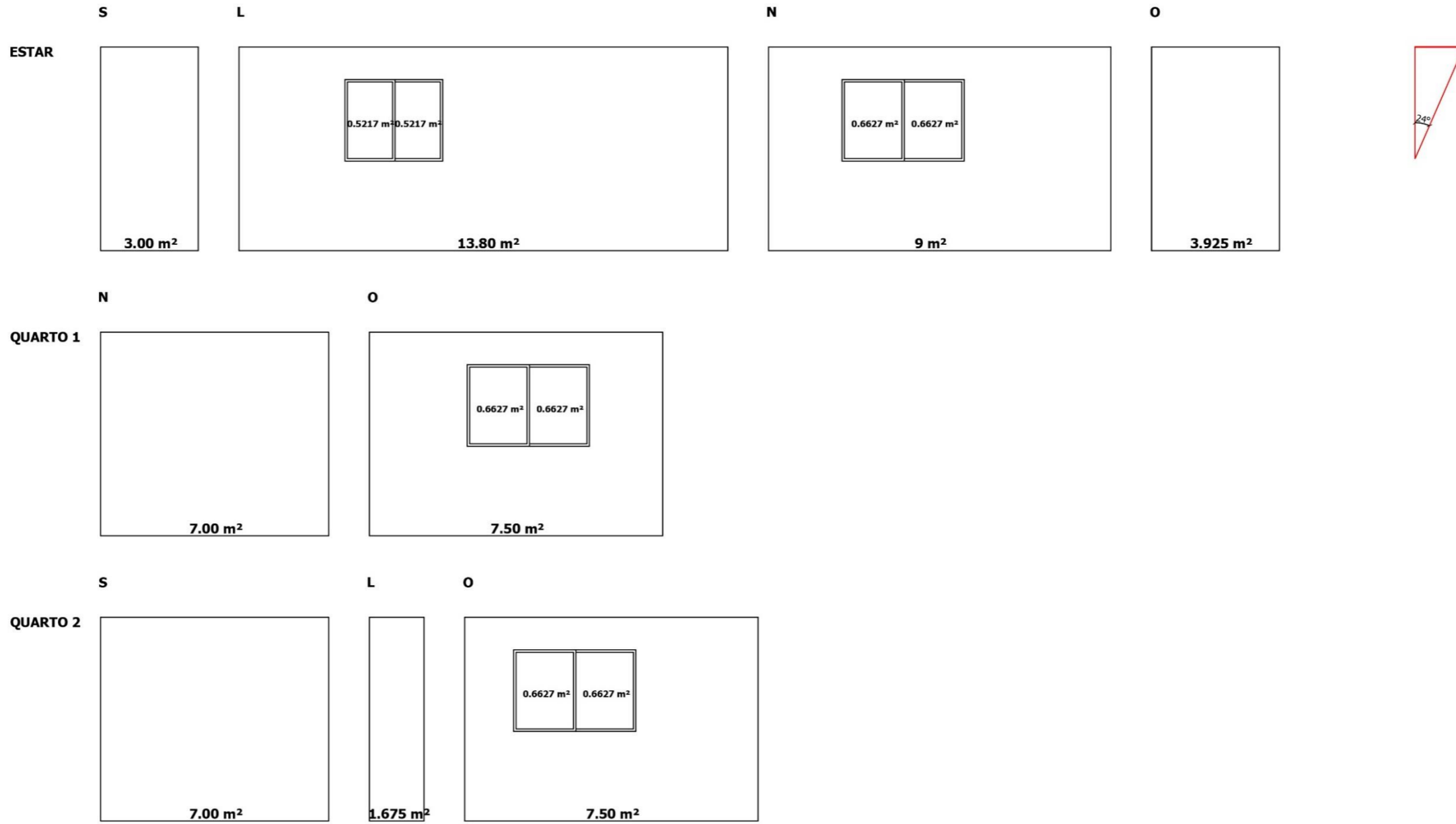


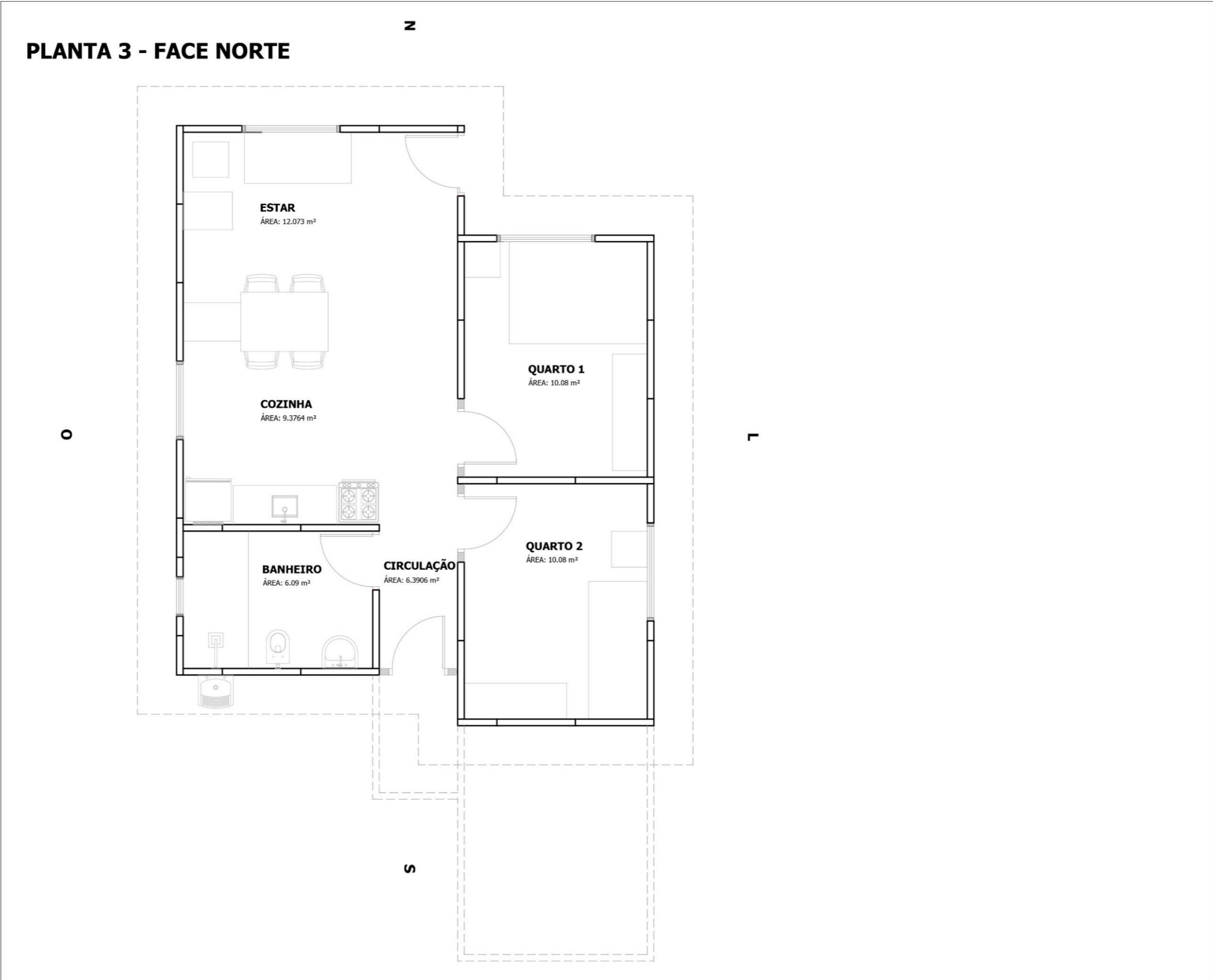
# PLANTA 2 - FACE NORTE



### VISTA PLANTA 2 - FACE NORTE

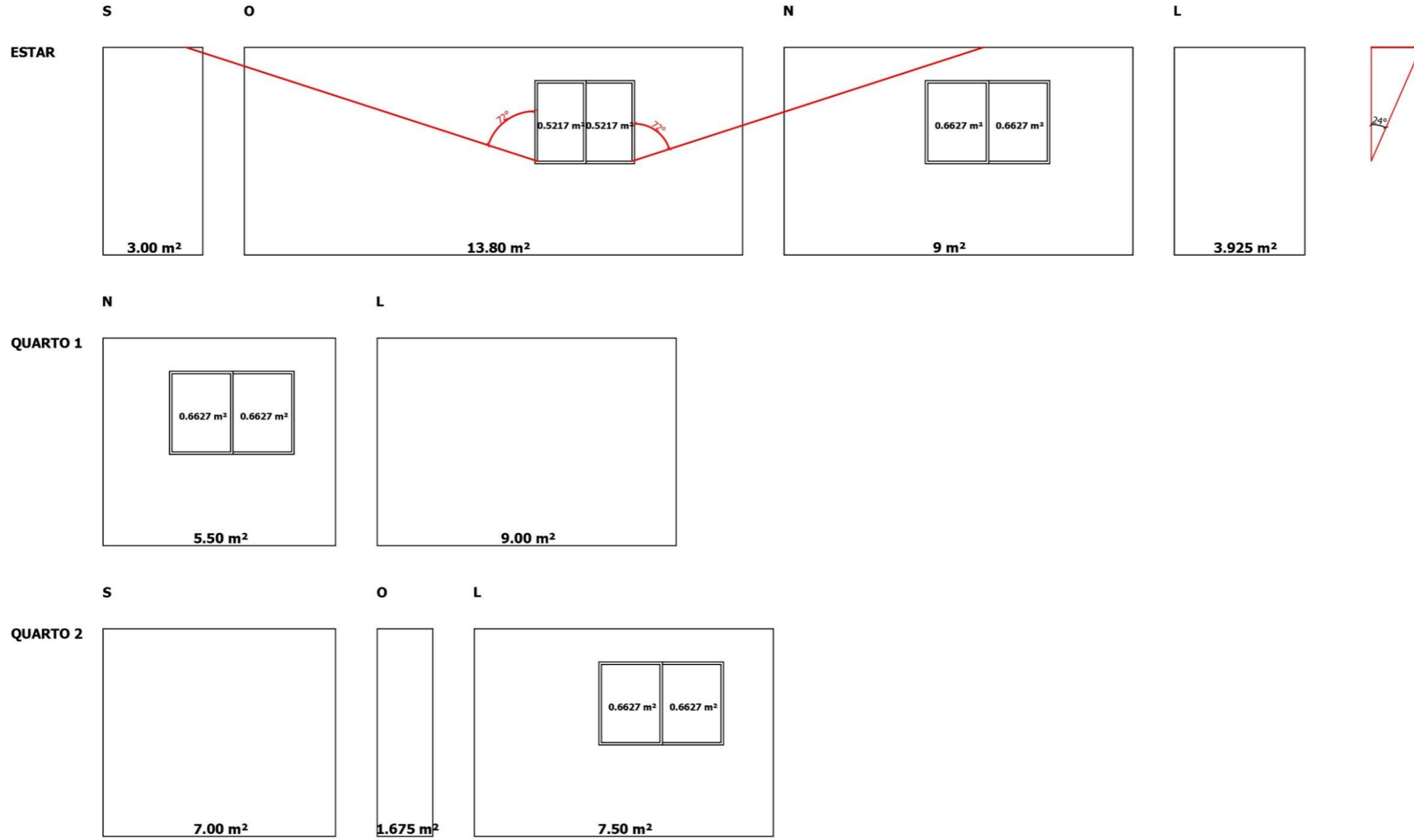
ÁREAS DE PAREDES EXTERNAS DOS AMBIENTES/ ÁREAS DE ABERTURAS PARA ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO/ ÂNGULOS PARA CALCULAR "SOMB"

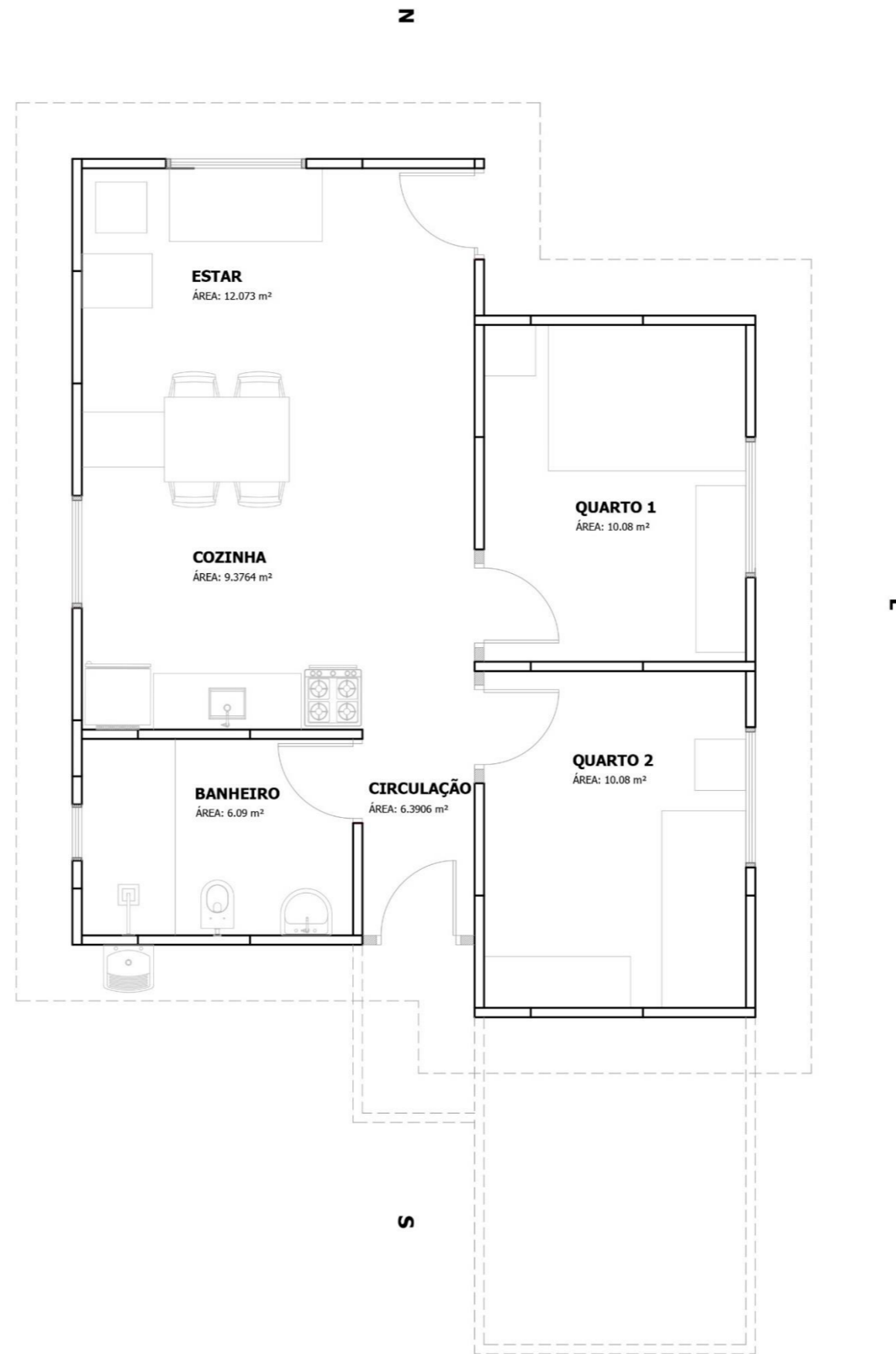




### VISTA PLANTA 3 - FACE NORTE

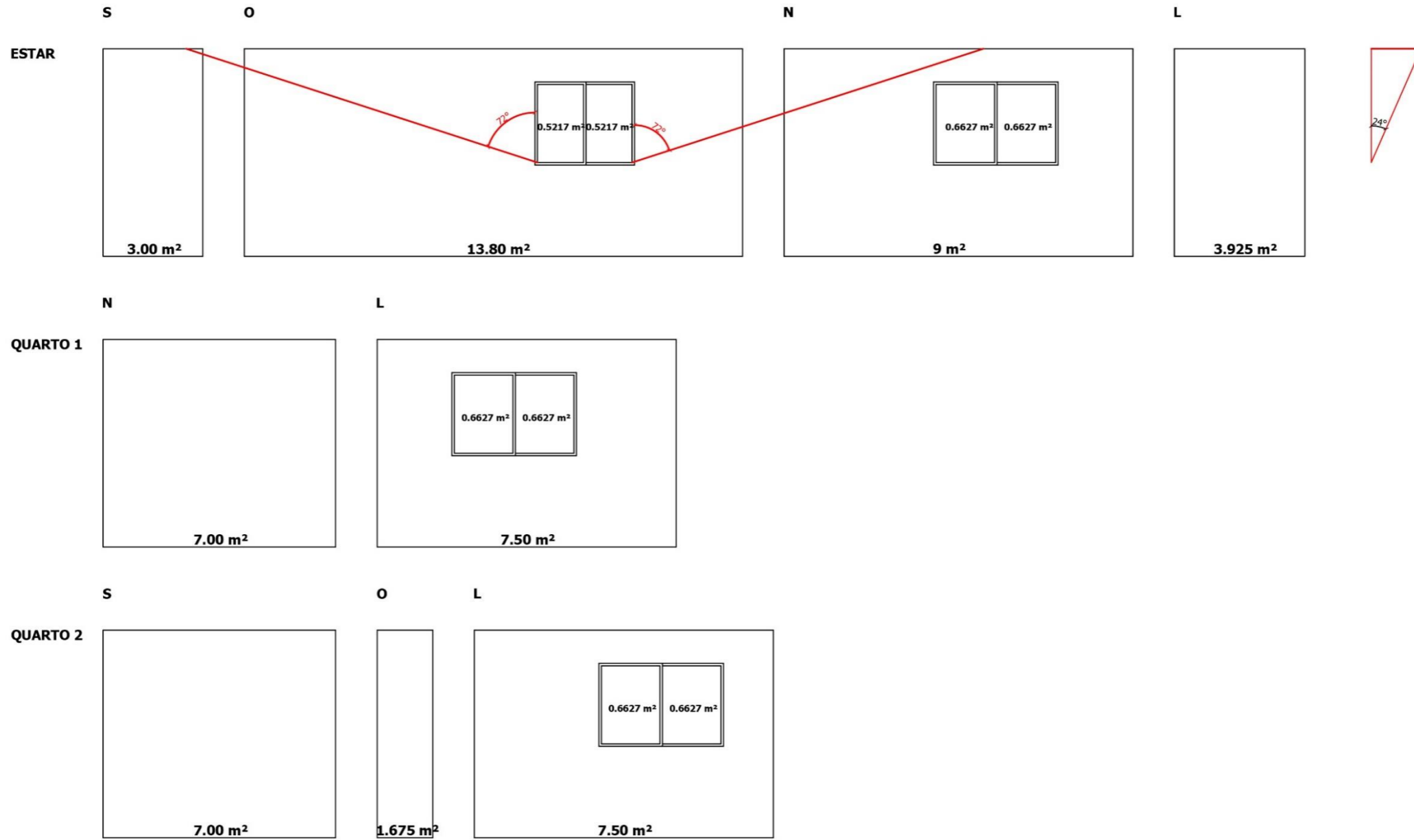
ÁREAS DE PAREDES EXTERNAS DOS AMBIENTES/ ÁREAS DE ABERTURAS PARA ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO/ ÂNGULOS PARA CALCULAR "SOMB"



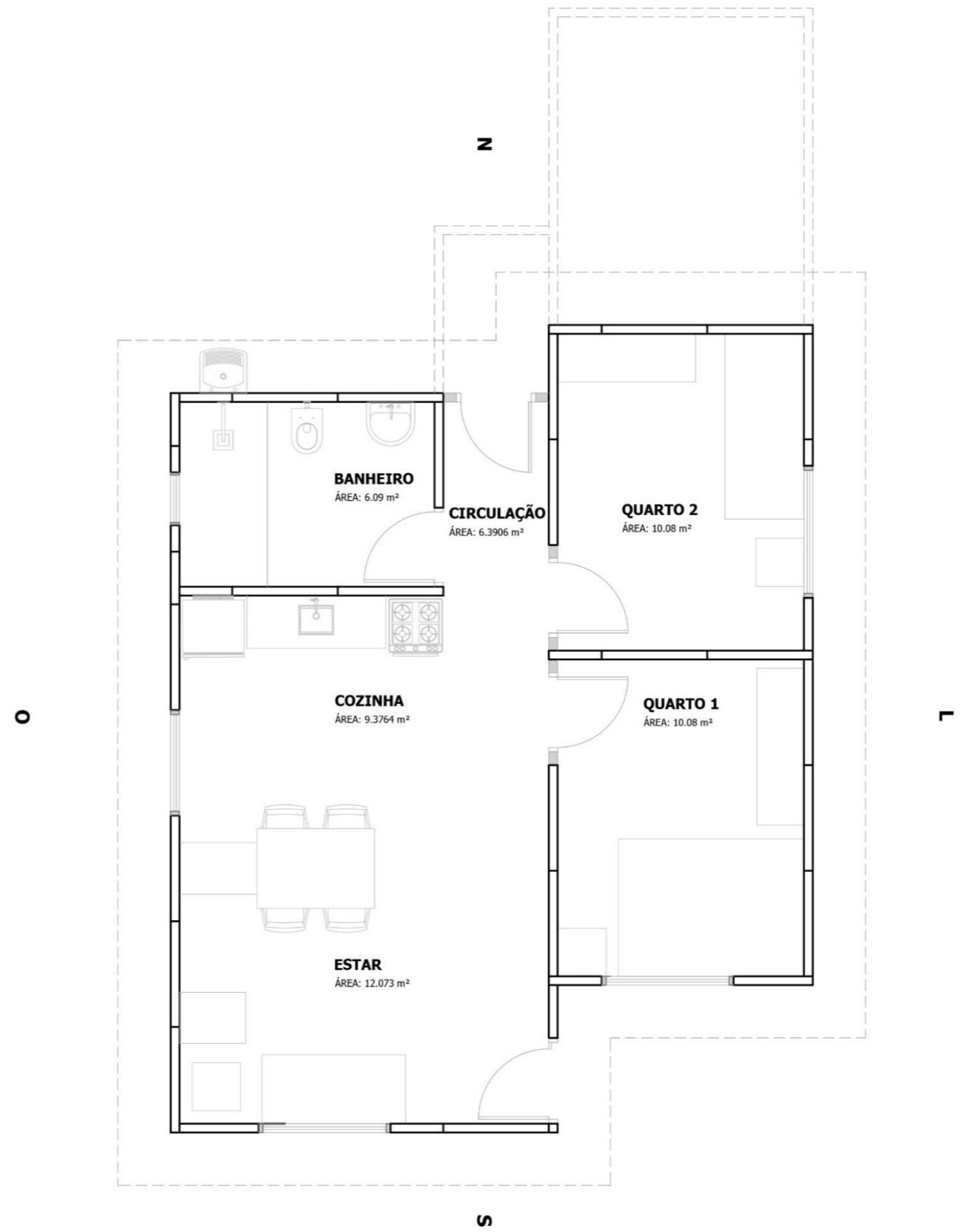
**PLANTA 4 - FACE NORTE**

### VISTA PLANTA 4 - FACE NORTE

ÁREAS DE PAREDES EXTERNAS DOS AMBIENTES/ ÁREAS DE ABERTURAS PARA ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO/ ÂNGULOS PARA CALCULAR "SOMB"

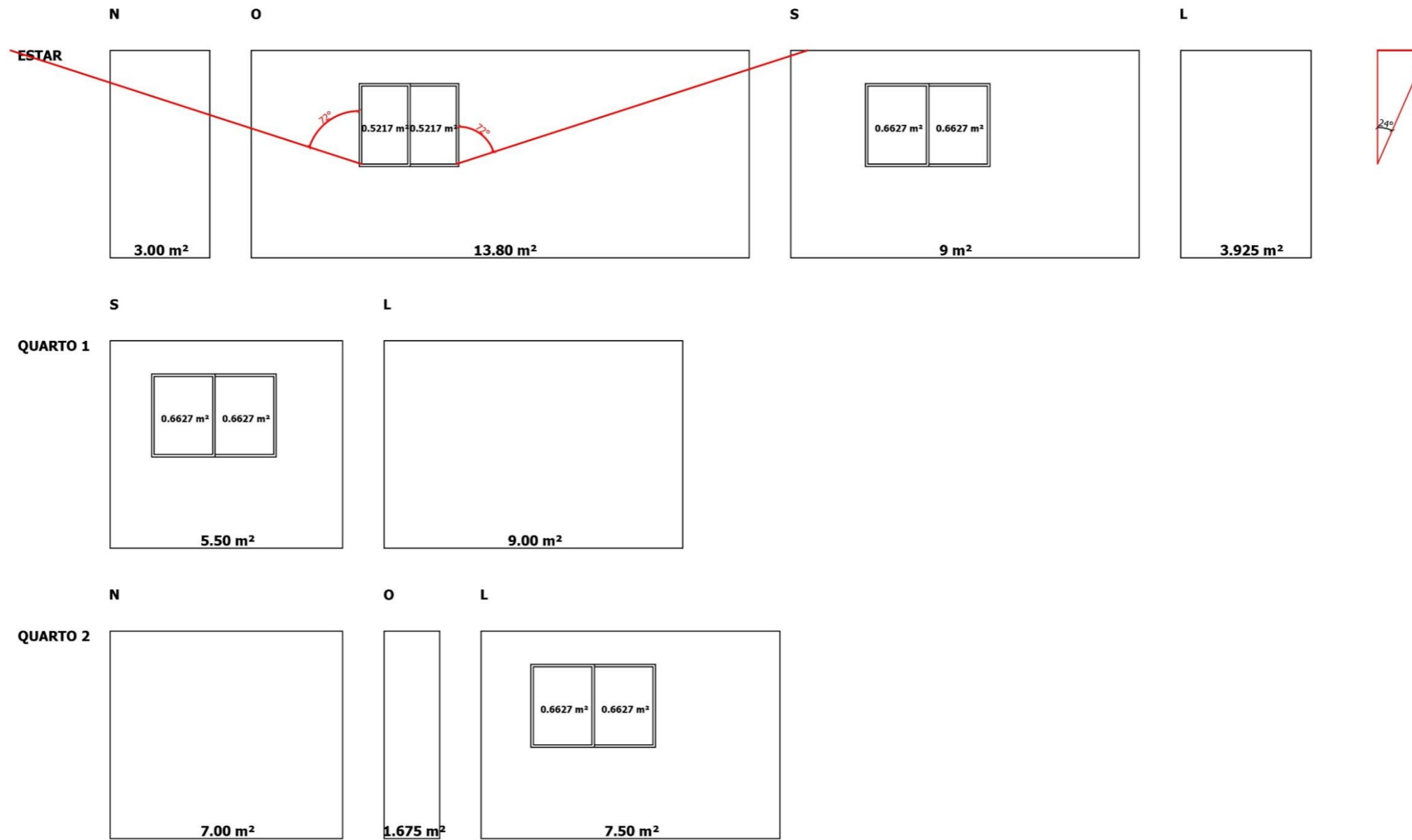


**PLANTA 1 - FACE SUL**

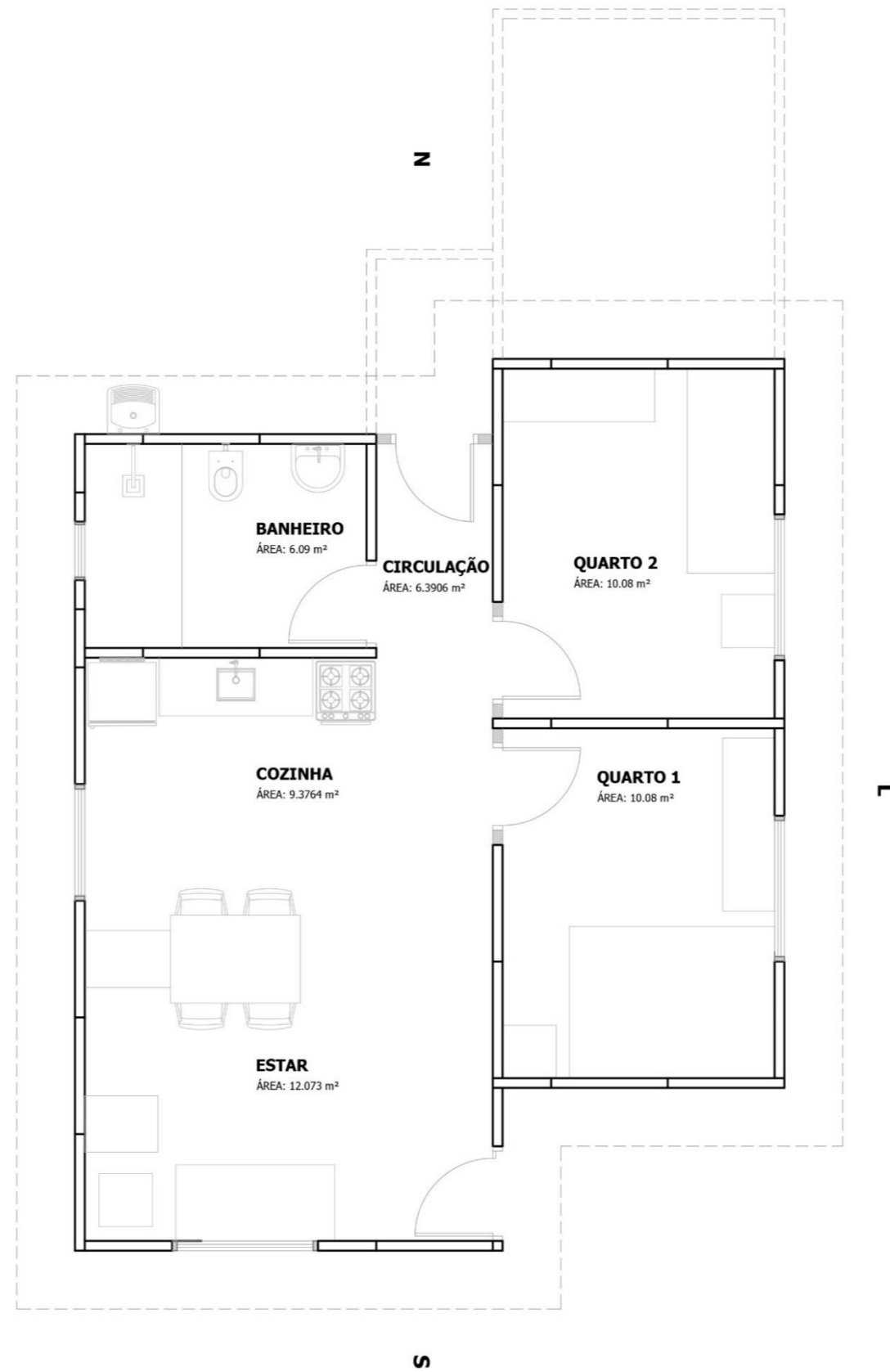


### VISTA PLANTA 1 - FACE SUL

ÁREAS DE PAREDES EXTERNAS DOS AMBIENTES/ ÁREAS DE ABERTURAS PARA ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO/ ÂNGULOS PARA CALCULAR "SOMB"

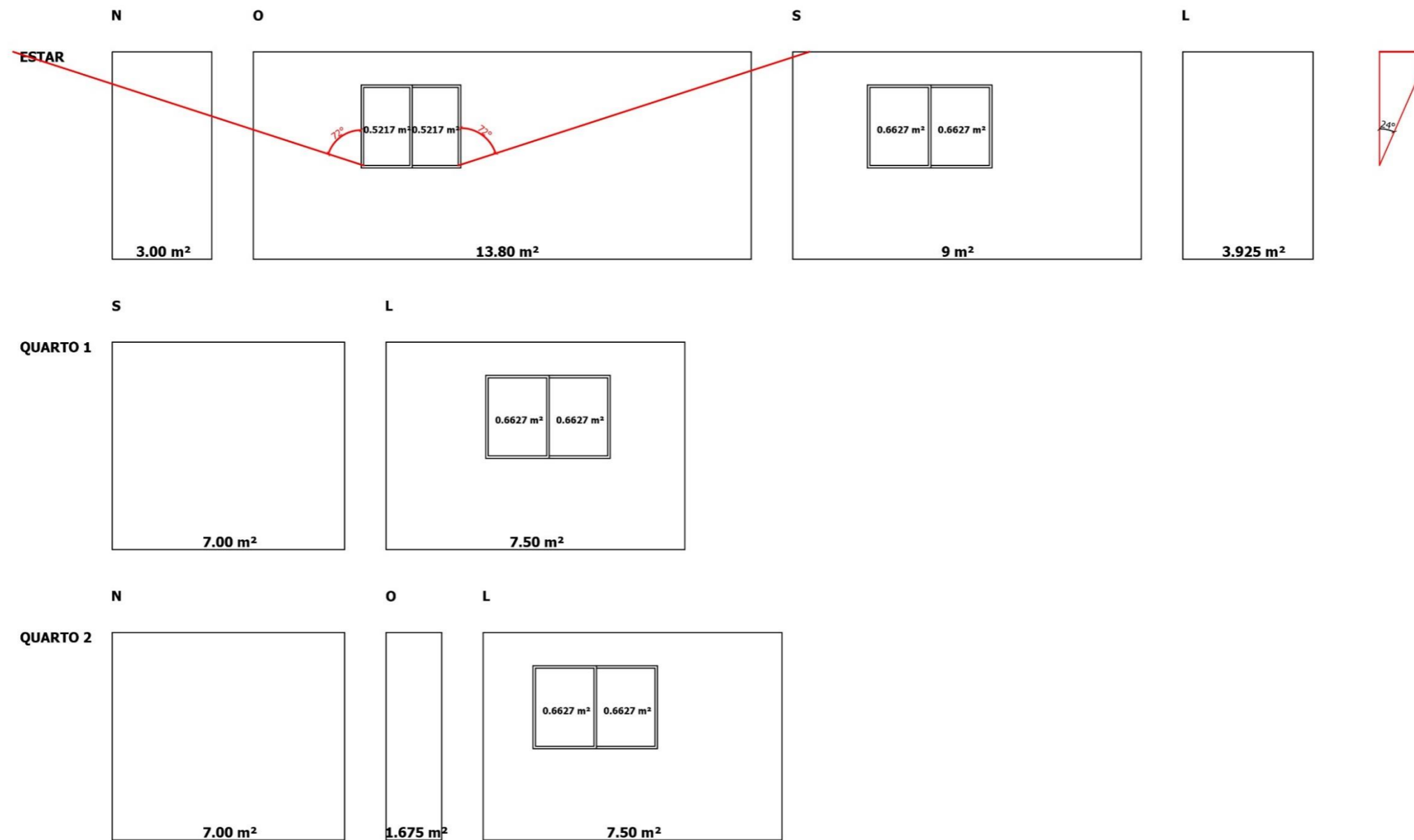


**PLANTA 2 - FACE SUL**

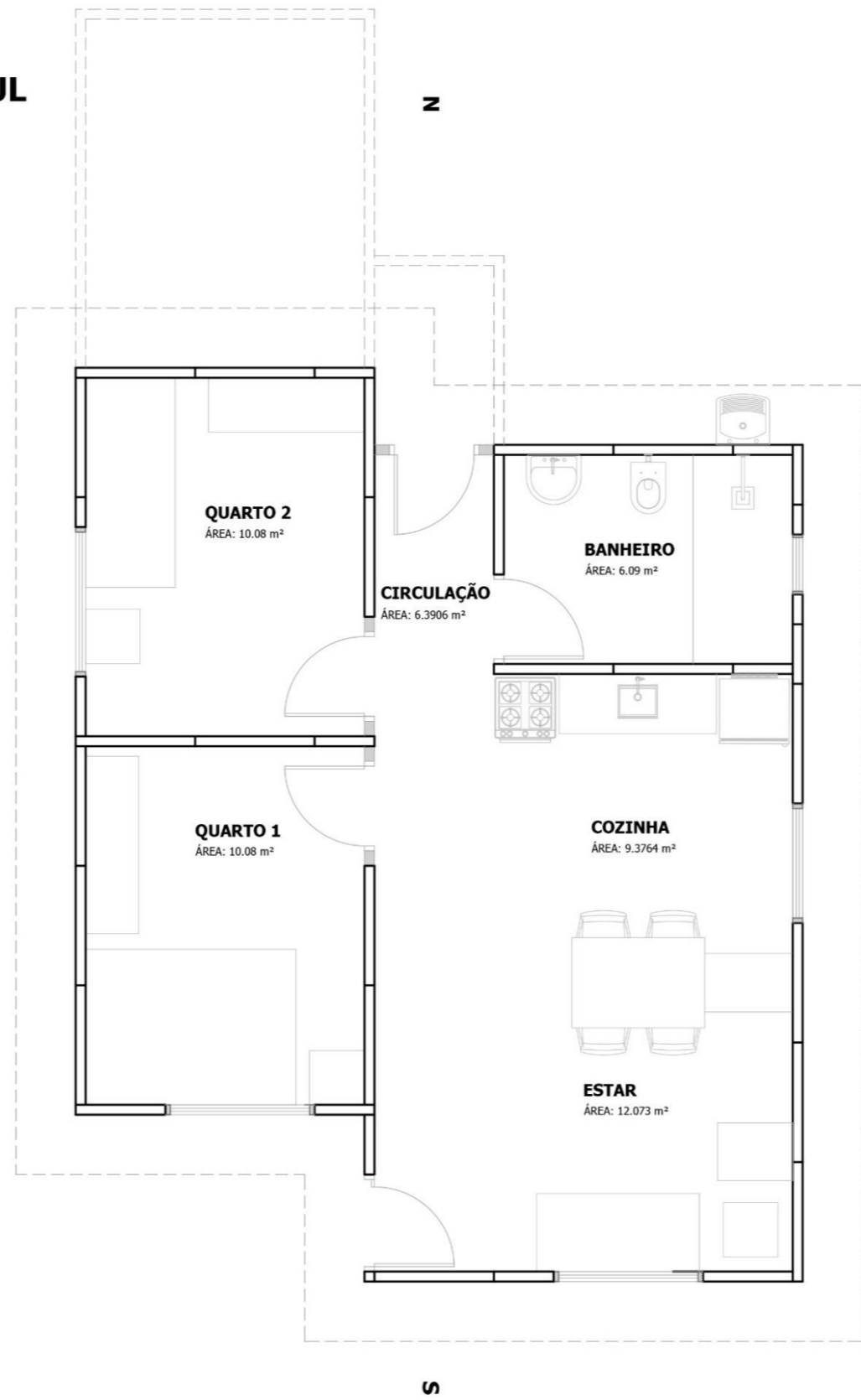


### VISTA PLANTA 2 - FACE SUL

ÁREAS DE PAREDES EXTERNAS DOS AMBIENTES/ ÁREAS DE ABERTURAS PARA ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO/ ÂNGULOS PARA CALCULAR "SOMB"

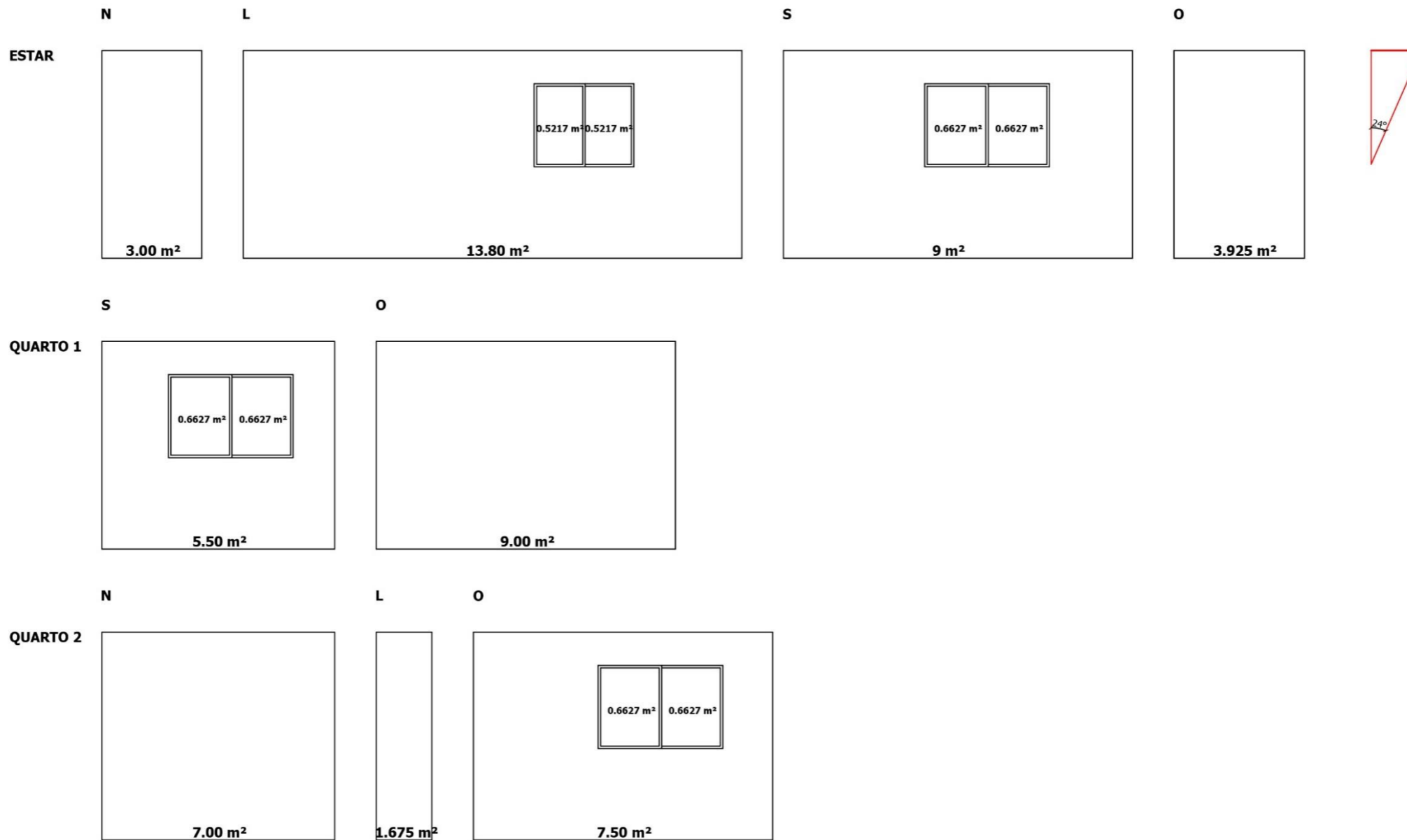


**PLANTA 3 - FACE SUL**

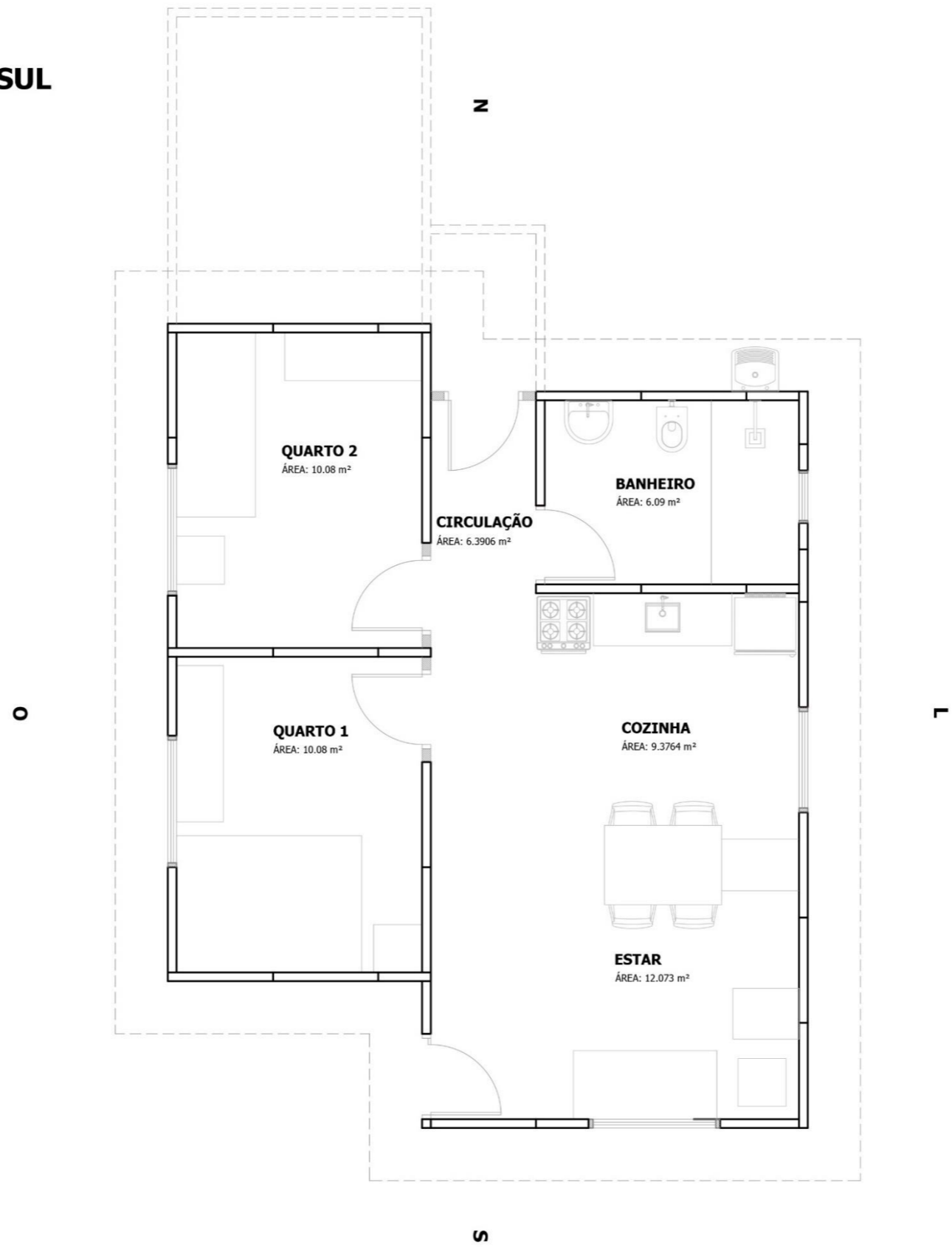


### VISTA PLANTA 3 - FACE SUL

ÁREAS DE PAREDES EXTERNAS DOS AMBIENTES/ ÁREAS DE ABERTURAS PARA ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO/ ÂNGULOS PARA CALCULAR "SOMB"

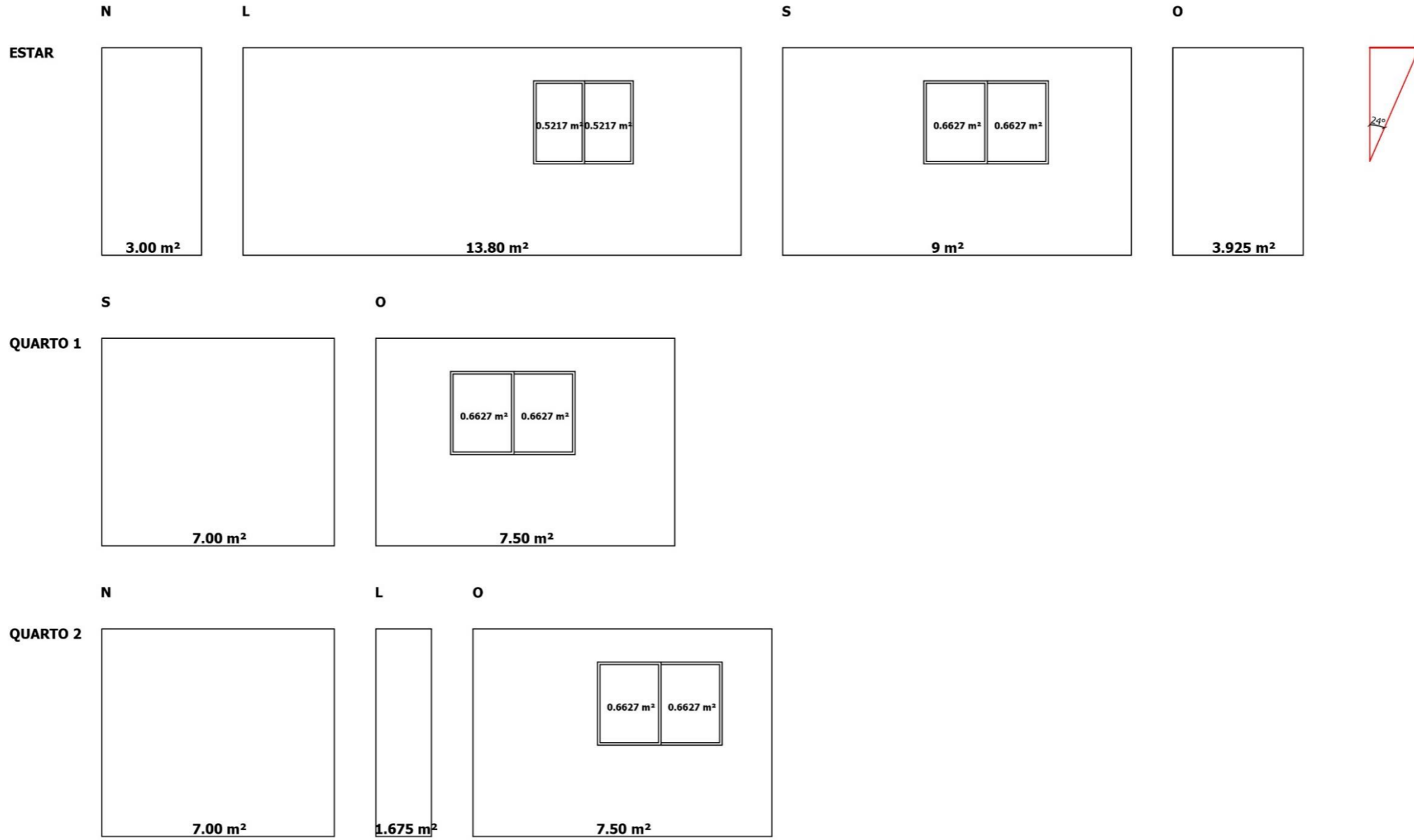


**PLANTA 4 - FACE SUL**

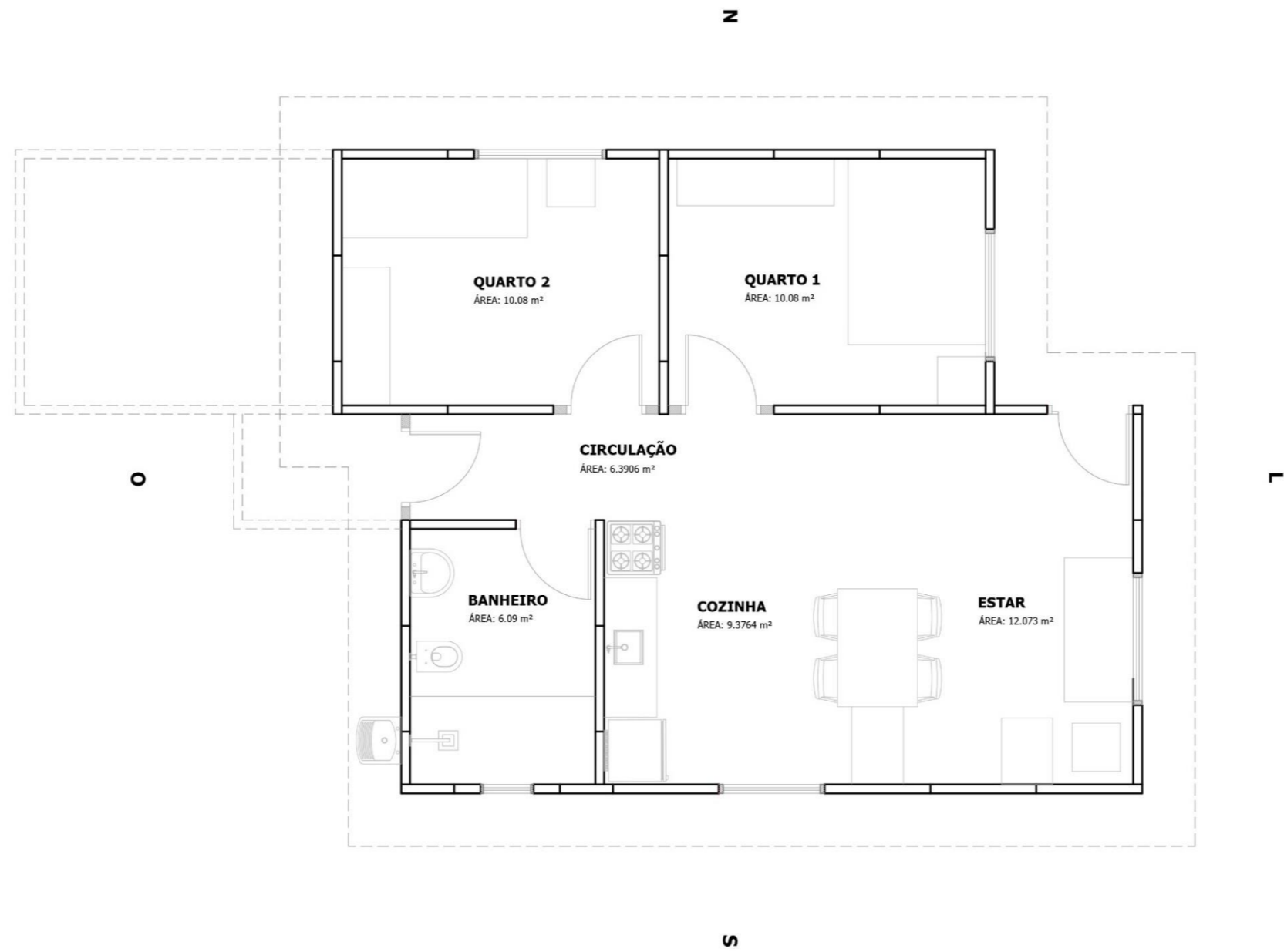


### VISTA PLANTA 4 - FACE SUL

ÁREAS DE PAREDES EXTERNAS DOS AMBIENTES / ÁREAS DE ABERTURAS PARA ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO / ÂNGULOS PARA CALCULAR "SOMB"

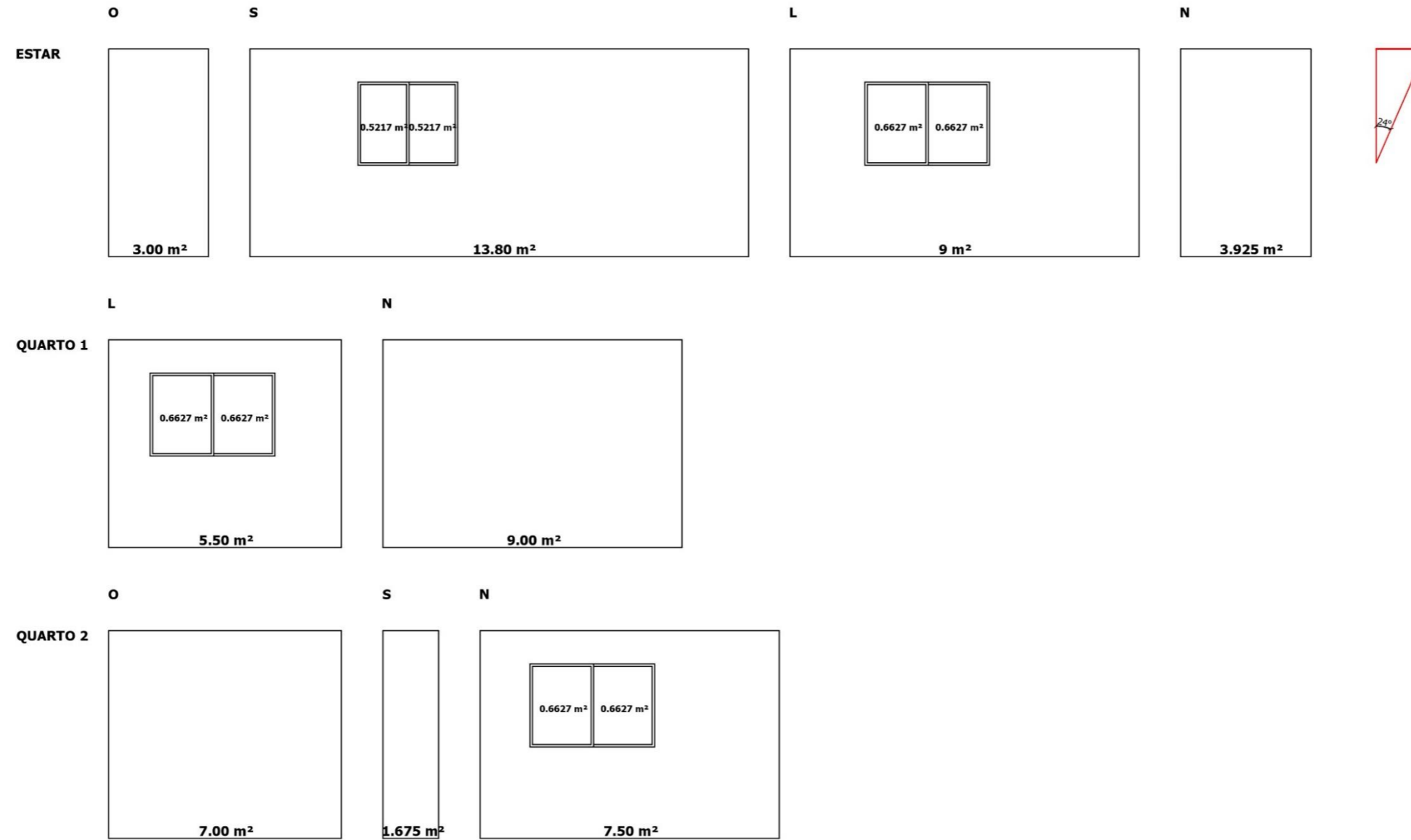


**PLANTA 1 - FACE LESTE**

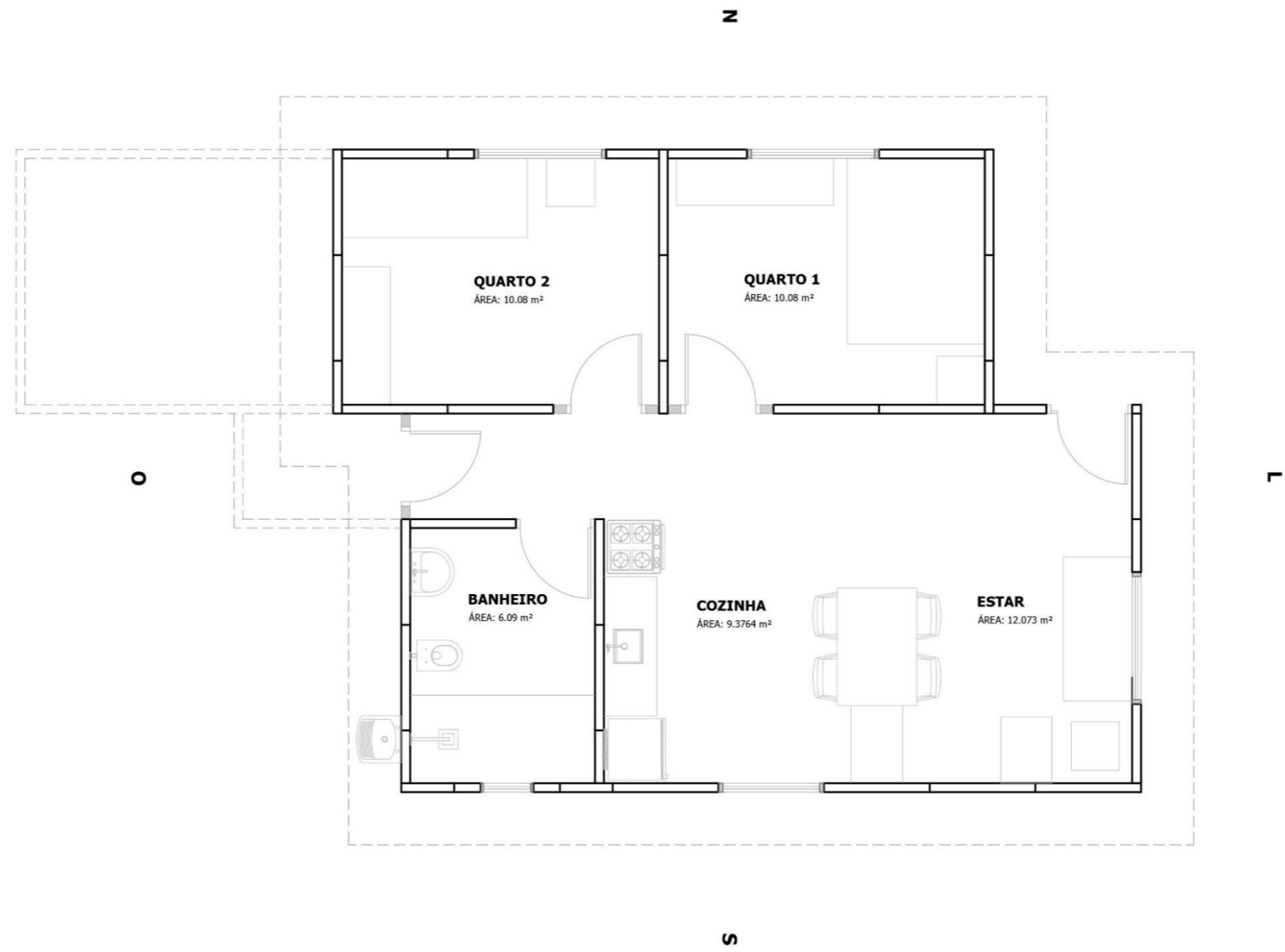


### VISTA PLANTA 1 - FACE LESTE

ÁREAS DE PAREDES EXTERNAS DOS AMBIENTES/ ÁREAS DE ABERTURAS PARA ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO/ ÂNGULOS PARA CALCULAR "SOMB"

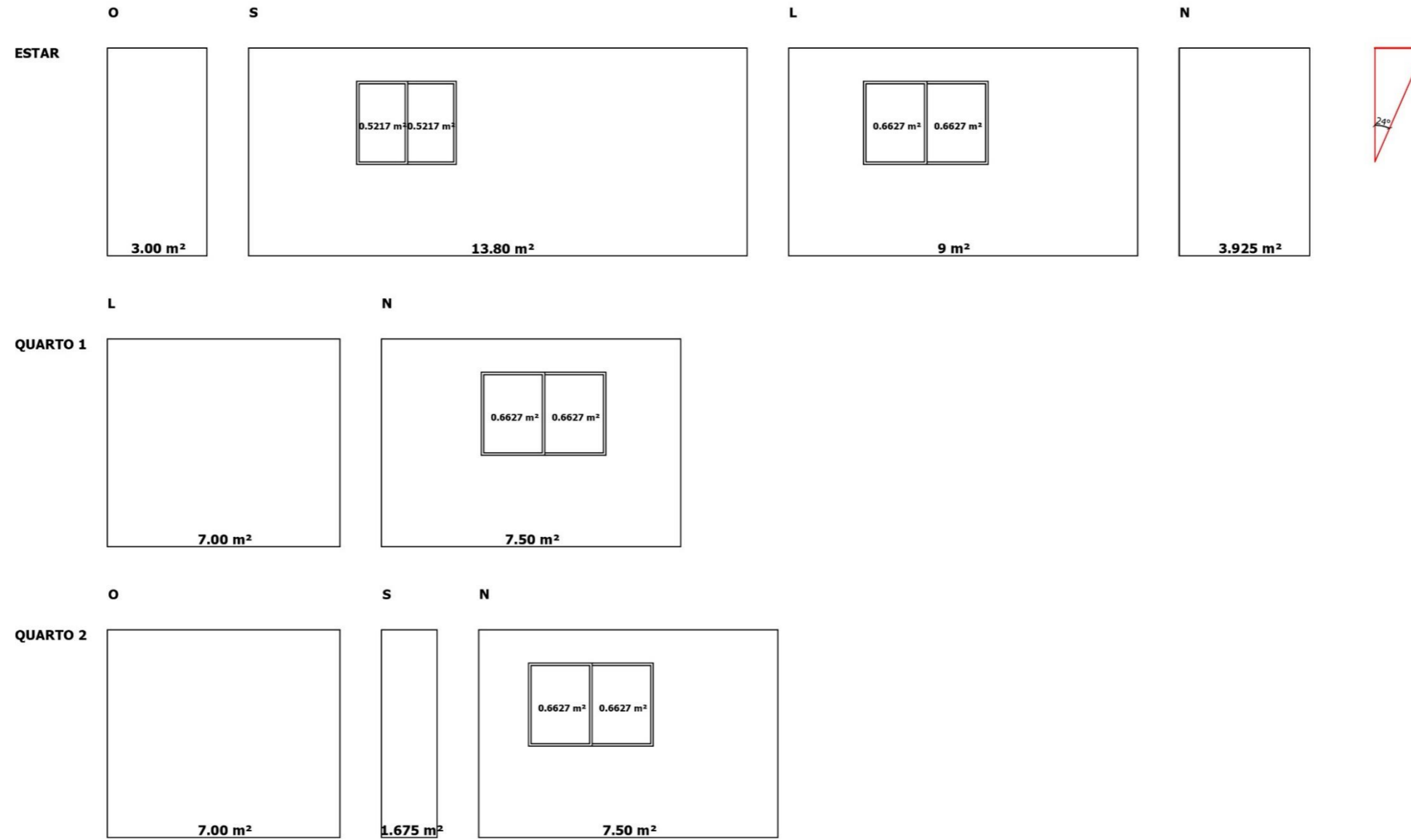


**PLANTA 2 - FACE LESTE**

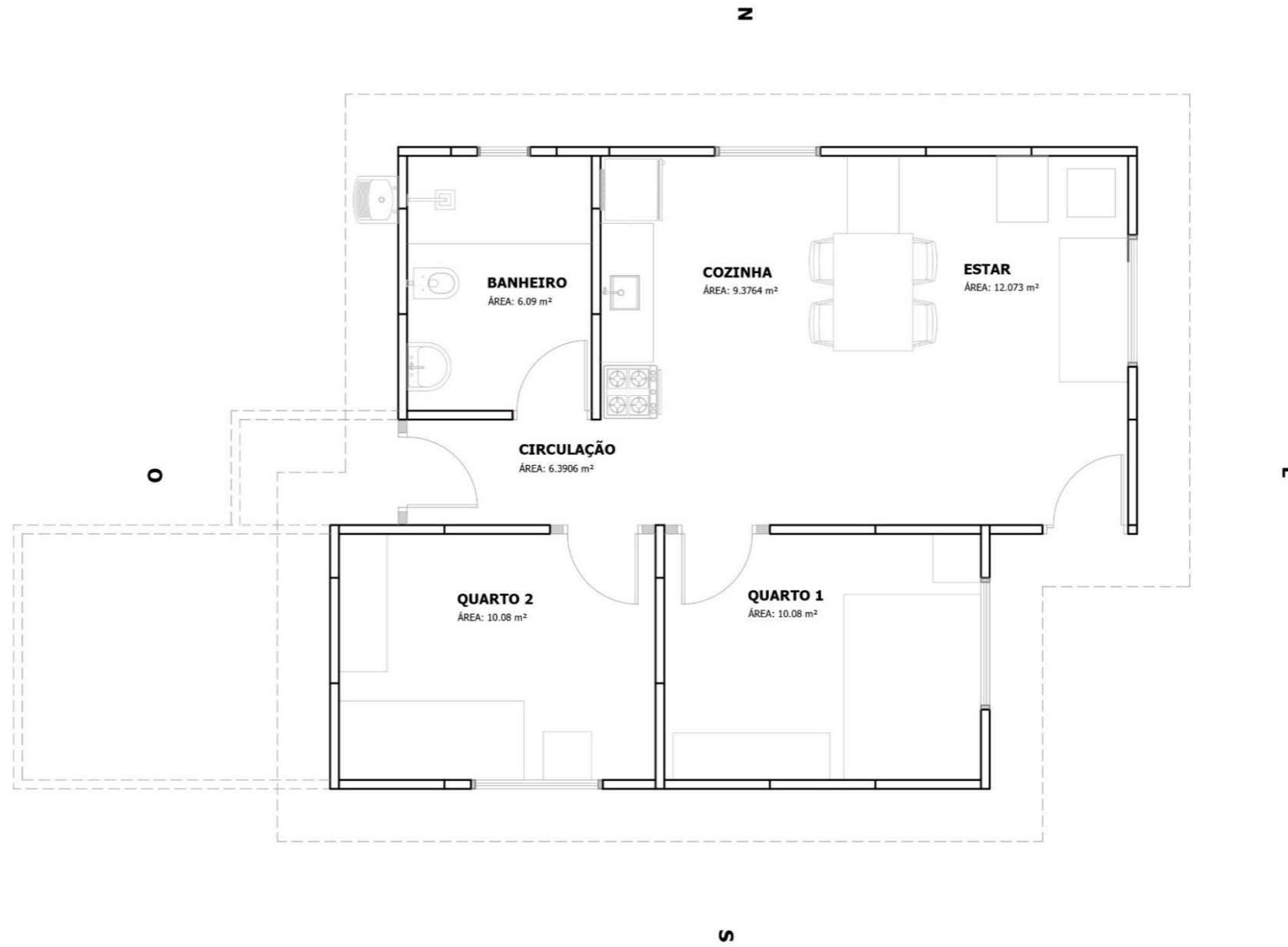


### VISTA PLANTA 2 - FACE LESTE

ÁREAS DE PAREDES EXTERNAS DOS AMBIENTES/ ÁREAS DE ABERTURAS PARA ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO/ ÂNGULOS PARA CALCULAR "SOMB"

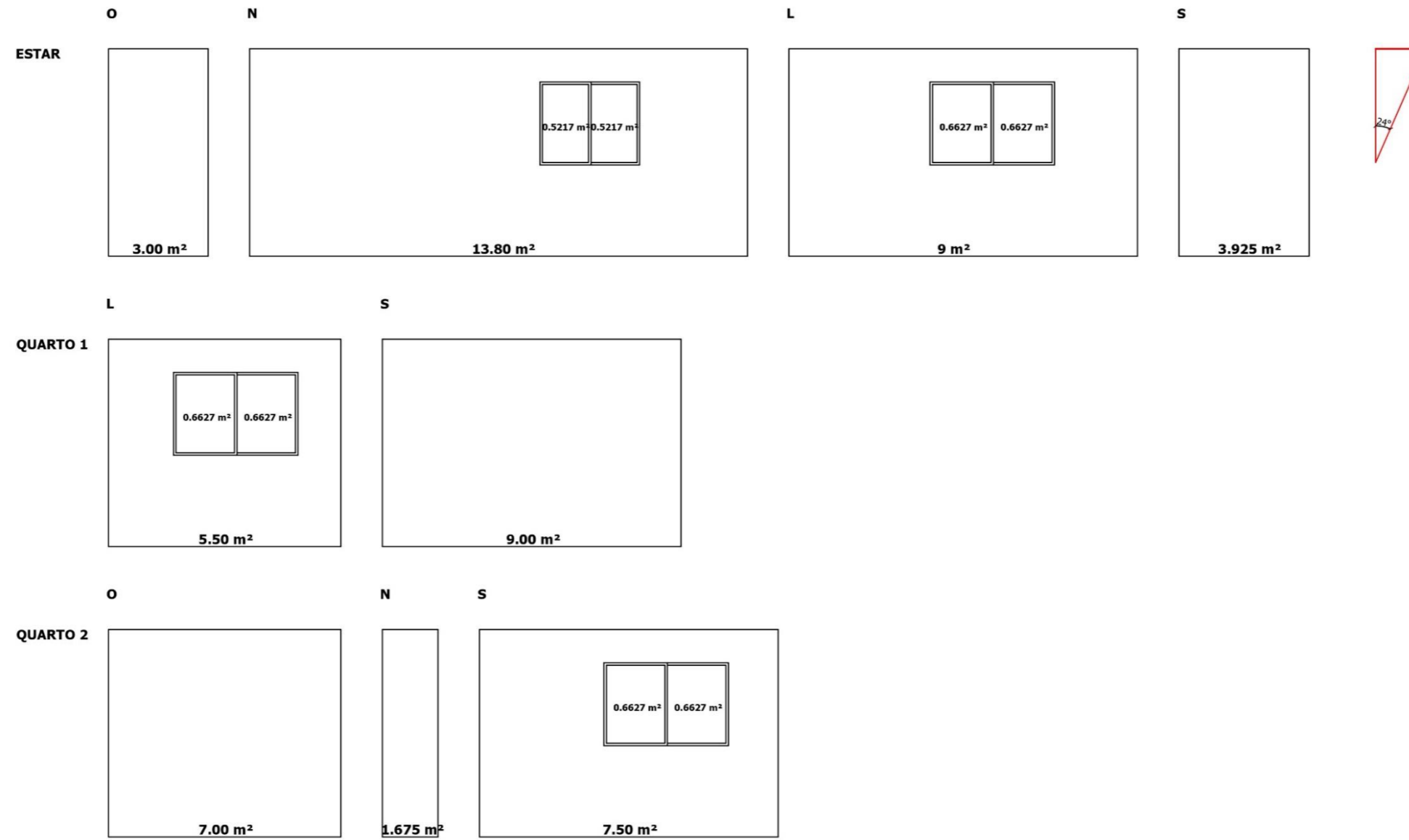


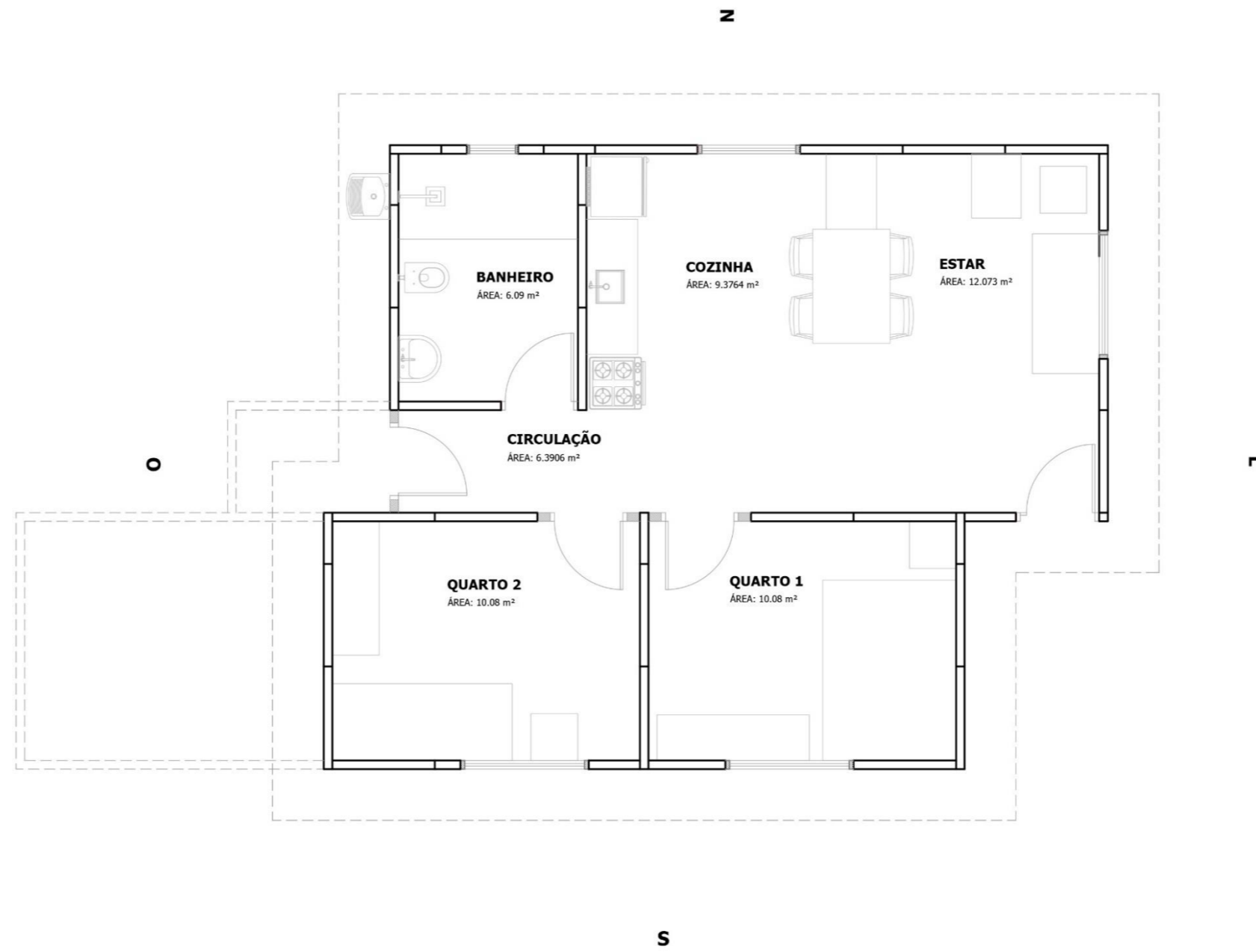
**PLANTA 3 - FACE LESTE**



### VISTA PLANTA 3 - FACE LESTE

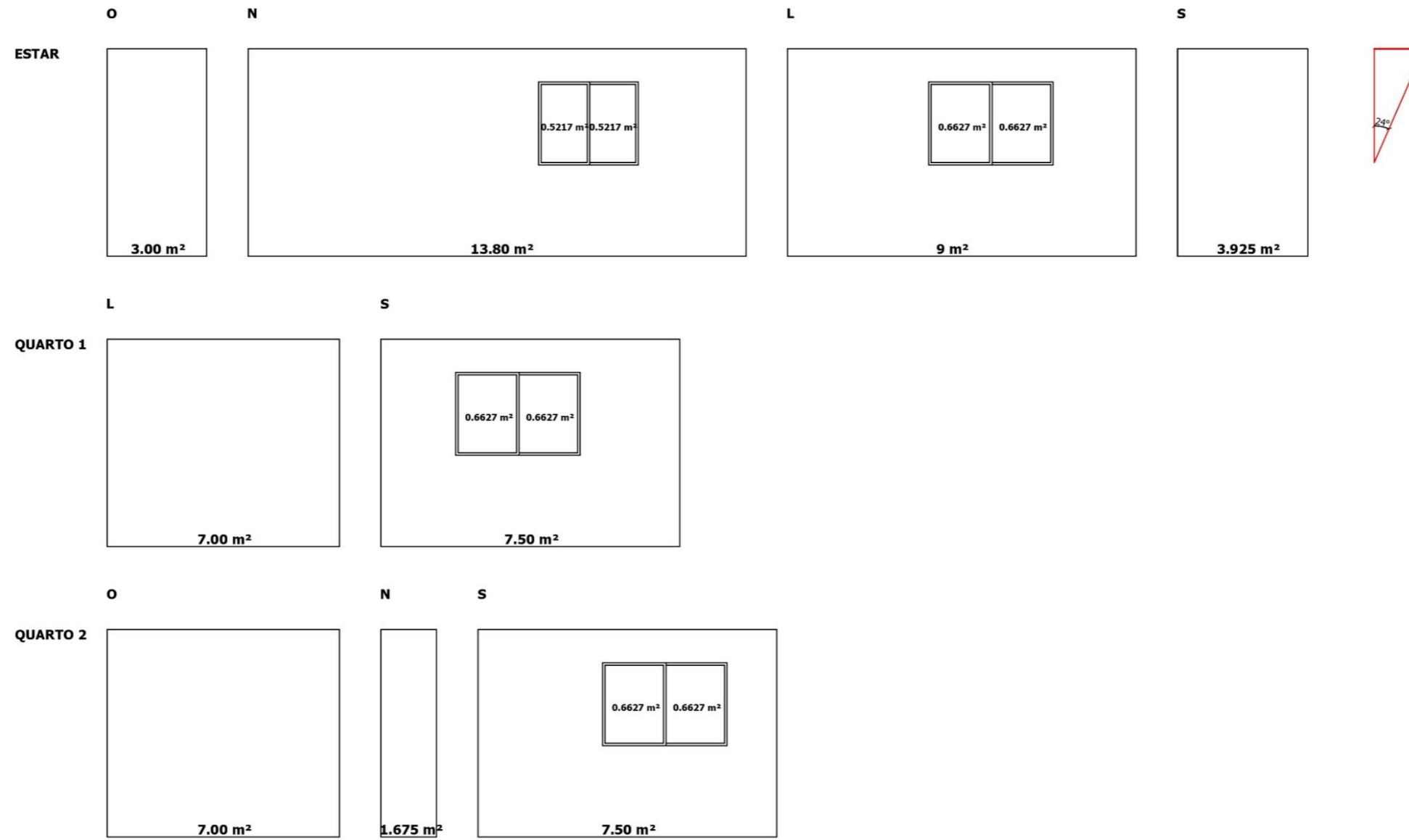
ÁREAS DE PAREDES EXTERNAS DOS AMBIENTES/ ÁREAS DE ABERTURAS PARA ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO/ ÂNGULOS PARA CALCULAR "SOMB"

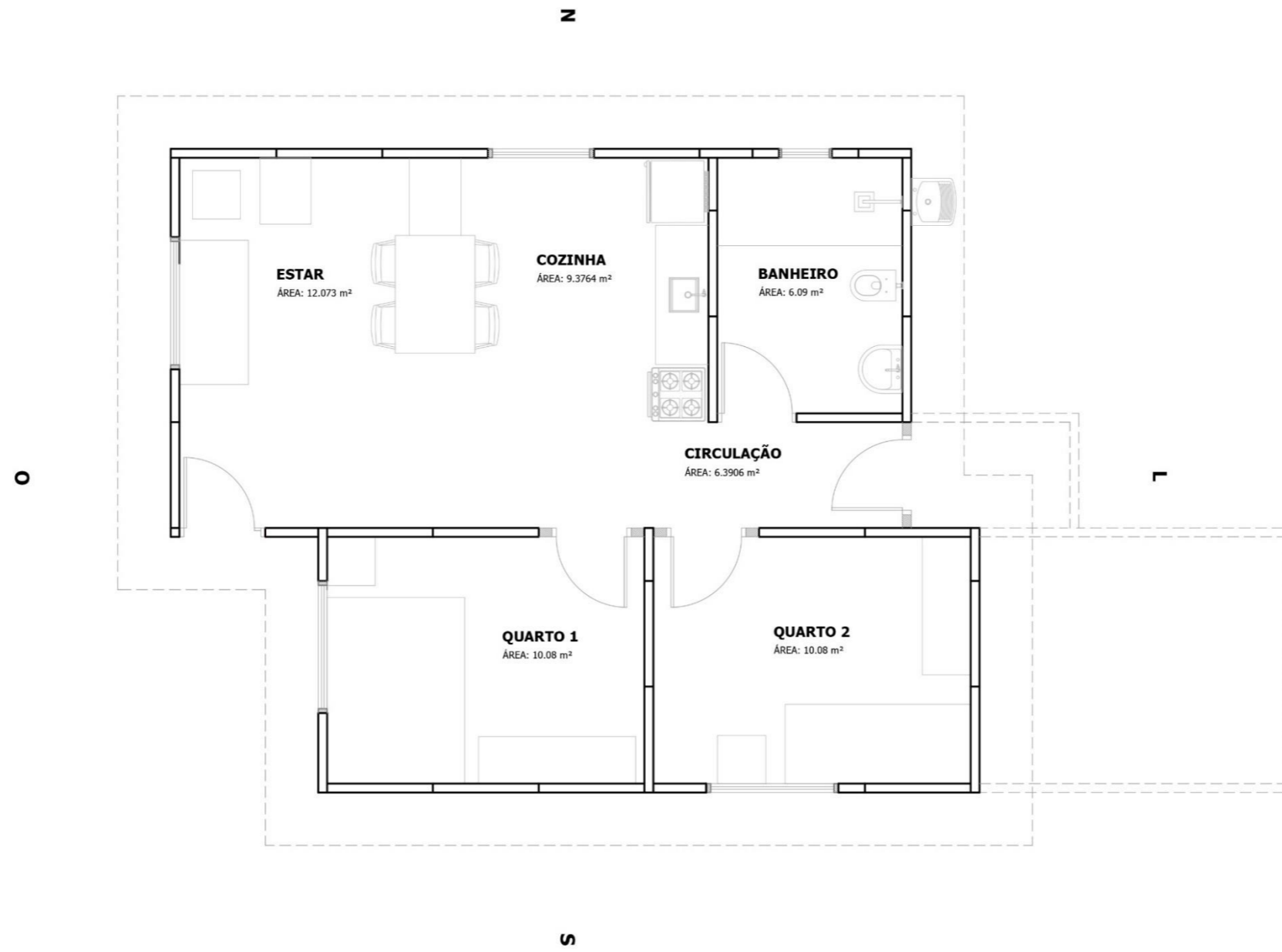


**PLANTA 4 - FACE LESTE**

### VISTA PLANTA 4 - FACE LESTE

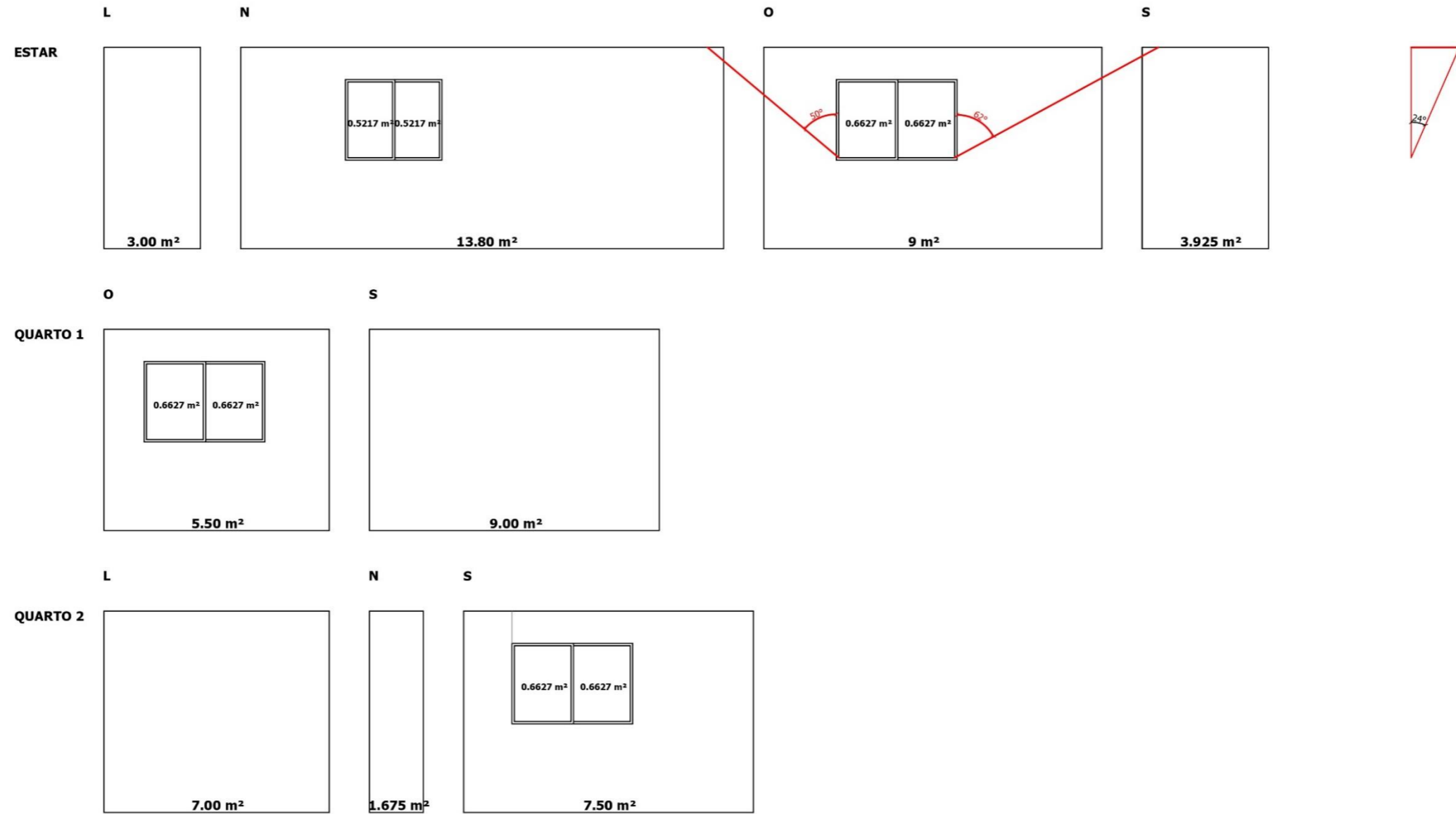
ÁREAS DE PAREDES EXTERNAS DOS AMBIENTES/ ÁREAS DE ABERTURAS PARA ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO/ ÂNGULOS PARA CALCULAR "SOMB"



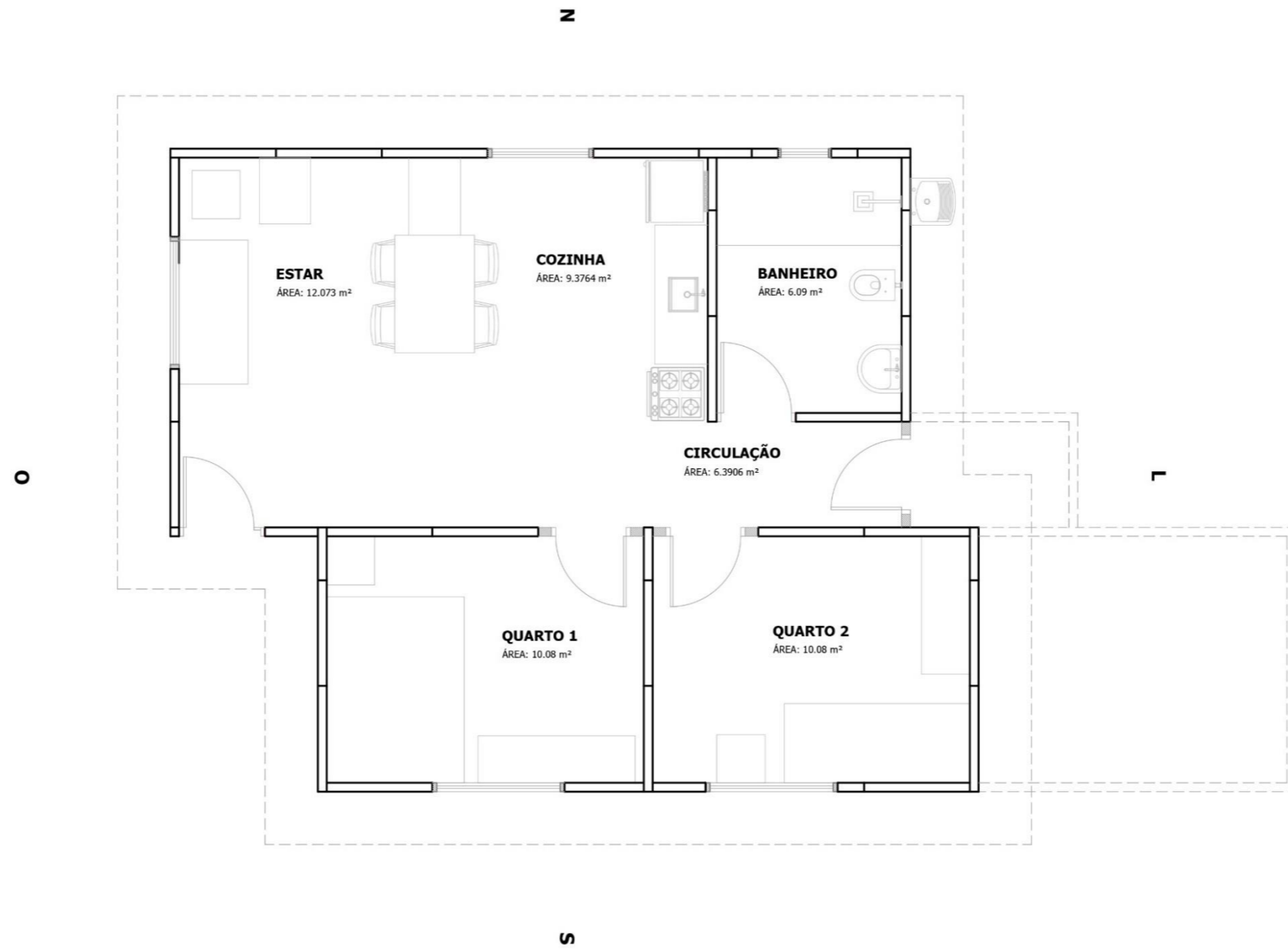
**PLANTA 1 - FACE OESTE**

### VISTA PLANTA 1 - FACE OESTE

ÁREAS DE PAREDES EXTERNAS DOS AMBIENTES/ ÁREAS DE ABERTURAS PARA ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO/ ÂNGULOS PARA CALCULAR "SOMB"

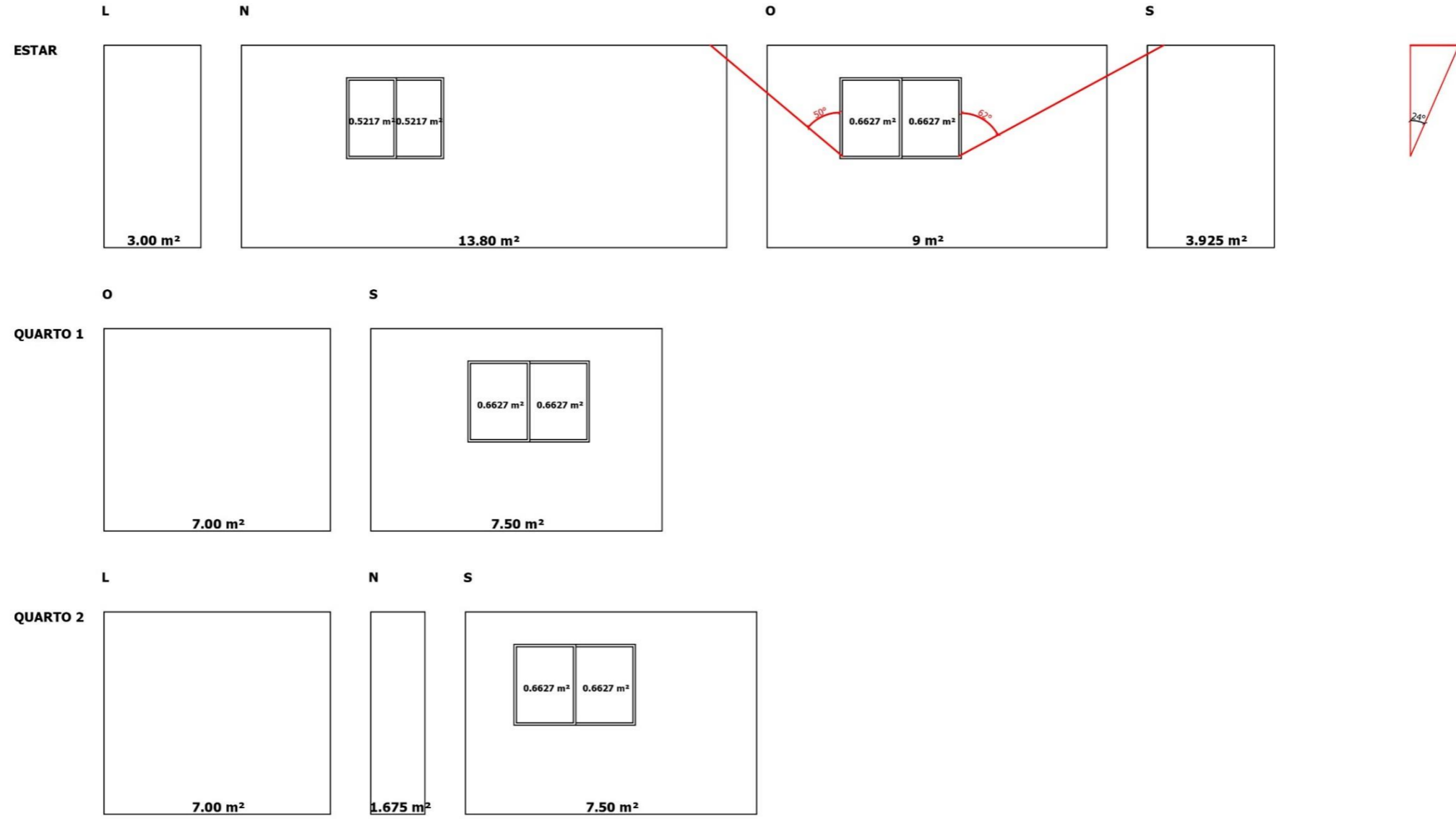


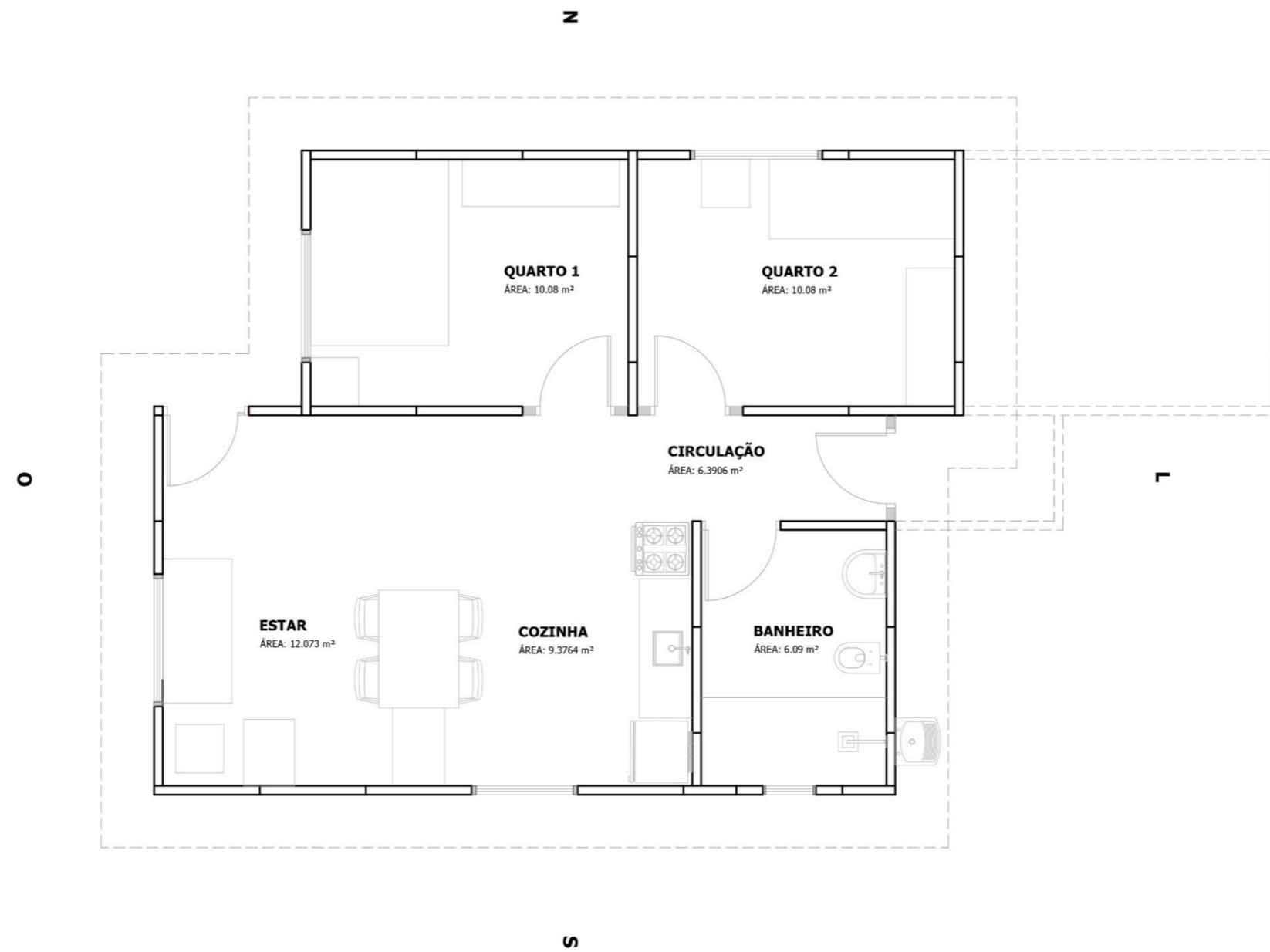
**PLANTA 2 - FACE OESTE**



### VISTA PLANTA 2 - FACE OESTE

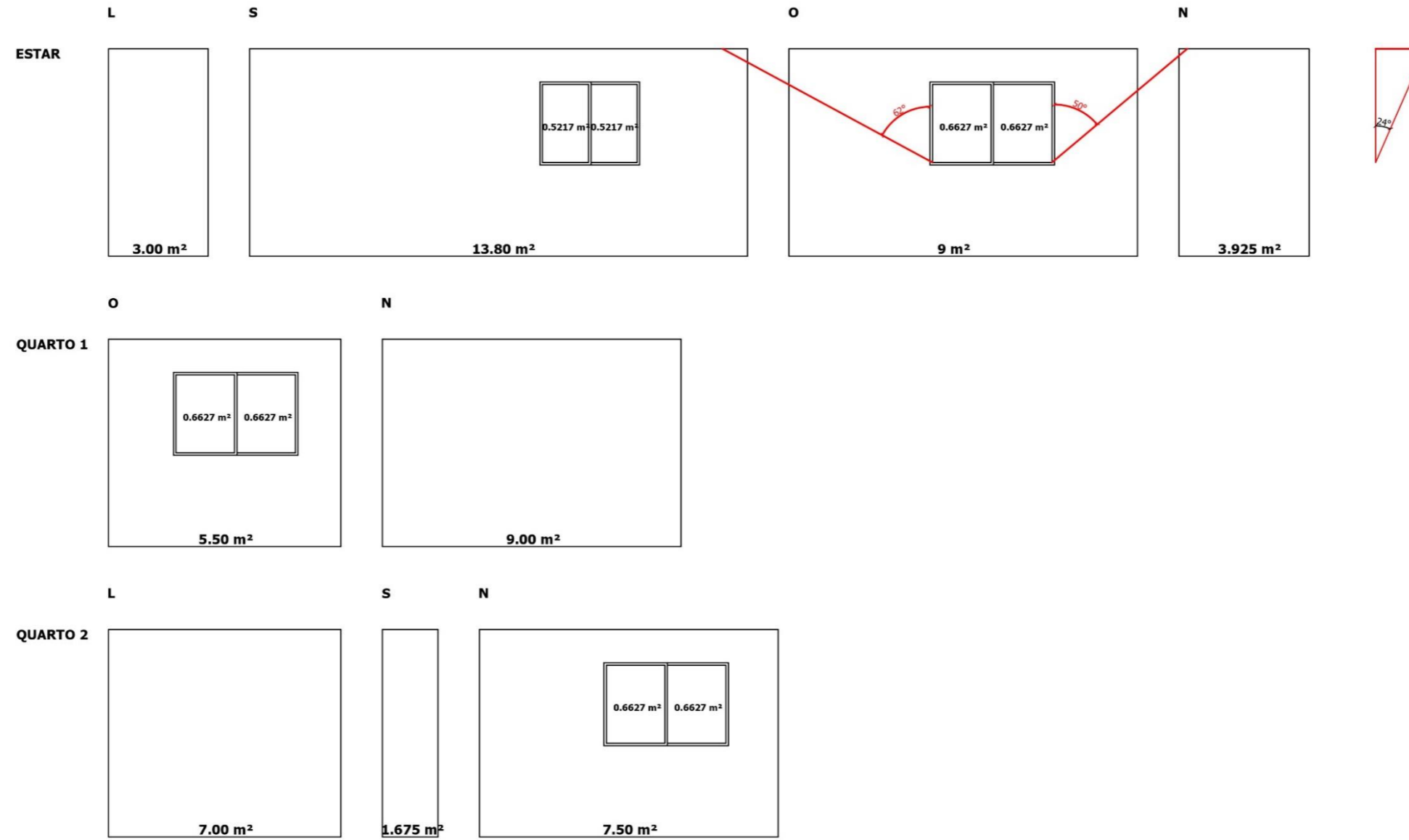
ÁREAS DE PAREDES EXTERNAS DOS AMBIENTES/ ÁREAS DE ABERTURAS PARA ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO/ ÂNGULOS PARA CALCULAR "SOMB"

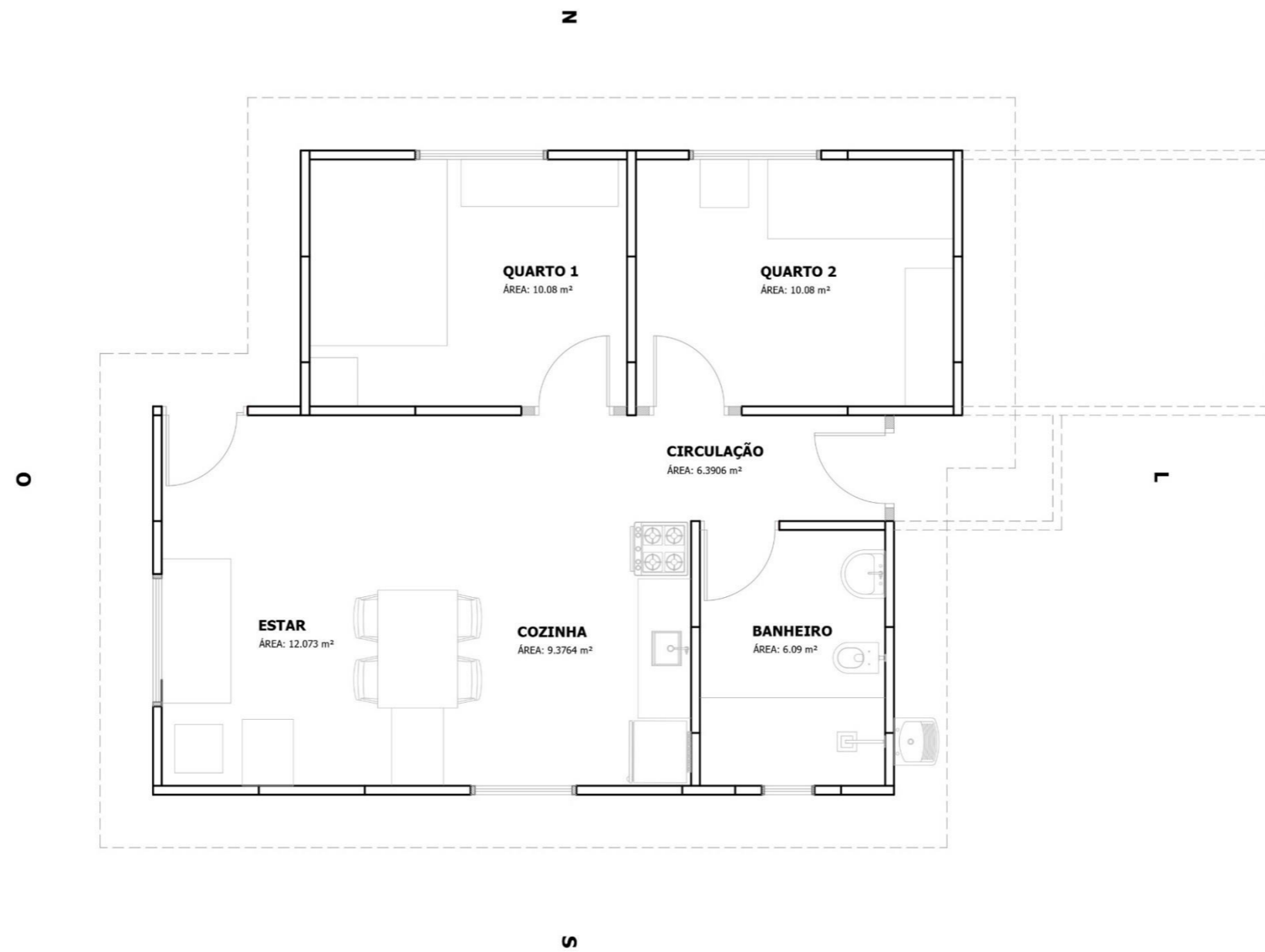


**PLANTA 3 - FACE OESTE**

### VISTA PLANTA 3 - FACE OESTE

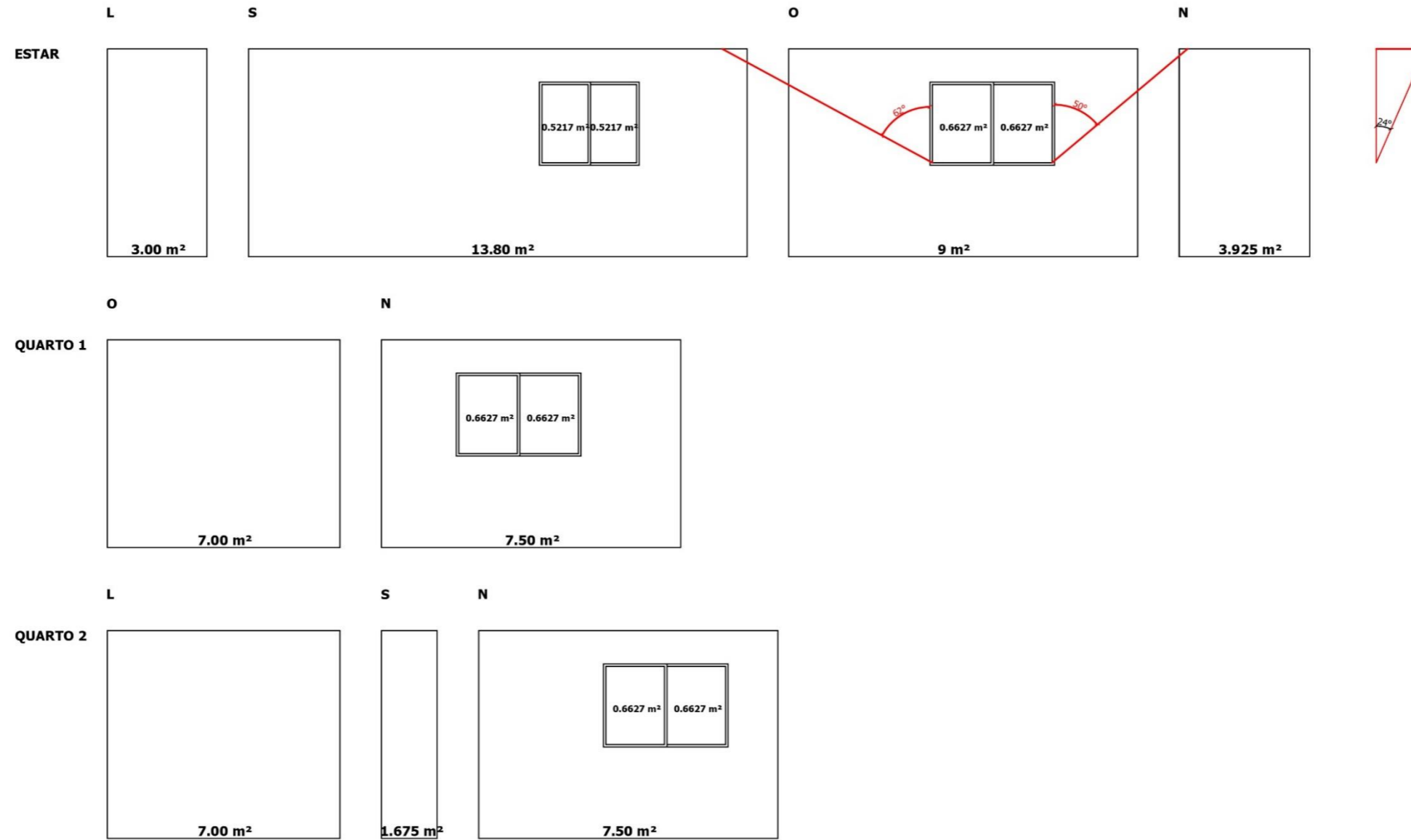
ÁREAS DE PAREDES EXTERNAS DOS AMBIENTES/ ÁREAS DE ABERTURAS PARA ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO/ ÂNGULOS PARA CALCULAR "SOMB"



**PLANTA 4 - FACE OESTE**

### VISTA PLANTA 4 - FACE OESTE

ÁREAS DE PAREDES EXTERNAS DOS AMBIENTES/ ÁREAS DE ABERTURAS PARA ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO/ ÂNGULOS PARA CALCULAR "SOMB"



## APÊNDICE C

Cálculos para variável “Somb”.

**Ângulos de proteção solar mínimos por fachada para pontuação junto a “somb” para a cidade de Londrina (Anexo I RTQ-R – Dispositivos de proteção solar em edificações residenciais).**

FACHADA NORTE Londrina		FACHADA OESTE Londrina		FACHADA SUDESTE Londrina			
Edificações Residenciais							
Área da janela < 25% área do piso							
$\alpha$	$\beta_d$	$\beta_e$	$\gamma_d$	$\gamma_e$			
30°	--	10°	--	--	--		
Área da janela > 25% área do piso							
$\alpha$	$\beta_d$	$\beta_e$	$\gamma_d$	$\gamma_e$			
45°	--	25°	10°	--	--		
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)							
$\alpha$	$\beta_d$	$\beta_e$	$\gamma_d$	$\gamma_e$			
--	--	--	--	--	--		
FACHADA SUL Londrina		FACHADA NORDESTE Londrina		FACHADA NOROESTE Londrina			
Edificações Residenciais							
Área da janela < 25% área do piso							
$\alpha$	$\beta_d$	$\beta_e$	$\gamma_d$	$\gamma_e$			
10°	10°	--	--	--	--		
Área da janela > 25% área do piso							
$\alpha$	$\beta_d$	$\beta_e$	$\gamma_d$	$\gamma_e$			
10°	--	--	20°	--	--		
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)							
$\alpha$	$\beta_d$	$\beta_e$	$\gamma_d$	$\gamma_e$			
--	--	--	--	--	--		
FACHADA LESTE Londrina		FACHADA SUDOESTE Londrina					
Edificações Residenciais							
Área da janela < 25% área do piso							
$\alpha$	$\beta_d$	$\beta_e$	$\gamma_d$			$\gamma_e$	
--	--	--	--	--	--		
Área da janela > 25% área do piso							
$\alpha$	$\beta_d$	$\beta_e$	$\gamma_d$	$\gamma_e$			
--	--	--	--	--	--		
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)							
$\alpha$	$\beta_d$	$\beta_e$	$\gamma_d$	$\gamma_e$			
--	--	--	--	--	--		
FACHADA LESTE Londrina		FACHADA SUDOESTE Londrina		FACHADA SUDOESTE Londrina			
Edificações Residenciais							
Área da janela < 25% área do piso							
$\alpha$	$\beta_d$	$\beta_e$	$\gamma_d$	$\gamma_e$			
20°	55°	--	--	--	--		
Área da janela > 25% área do piso							
$\alpha$	$\beta_d$	$\beta_e$	$\gamma_d$	$\gamma_e$			
20°	60°	--	--	--	--		
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)							
$\alpha$	$\beta_d$	$\beta_e$	$\gamma_d$	$\gamma_e$			
--	--	--	--	--	--		

Cálculos da variável “somb” para o ambiente “estar” - Área da janela < 25% área do piso.

### **Norte**

#### Planta 1 e Planta 2

Face Norte:  $\alpha_p = 24^\circ$  e  $\beta_{ep} = 0^\circ$

$$\text{sombabertura} = \frac{24+0}{30+10} = 0,6$$

$$\text{sombabertura} = 0,75 \rightarrow \text{somb} = 0,5$$

$$\text{sombabertura} = 0,6 \rightarrow \text{somb} = 0,4$$

**Face Leste:** não há ângulos de recomendação.

#### Planta 3 e Planta 4

Face Norte:  $\alpha_p = 24^\circ$  e  $\beta_{ep} = 0^\circ$

$$\text{sombabertura} = \frac{24+0}{30+10} = 0,6$$

$$\text{sombabertura} = 0,75 \rightarrow \text{somb} = 0,5$$

$$\text{sombabertura} = 0,6 \rightarrow \text{somb} = 0,4$$

Face Oeste:  $\alpha_p = 24^\circ$  e  $\gamma_{dp} = 72^\circ$  e  $\gamma_{ep} = 72^\circ$

$$\text{sombabertura} = \frac{24+30+30}{75+30+30} = 0,6222$$

$$\text{sombabertura} = 0,75 \rightarrow \text{somb} = 0,5$$

$$\text{sombabertura} = 0,6222 \rightarrow \text{somb} = 0,4$$

Ponderação:  $\text{somb} = 0,4$

### **Sul**

#### Planta 1 e Planta 2

Face Sul:  $\alpha_p = 24^\circ$  e  $\beta_{dp} = 0^\circ$

$$\text{somb} = \frac{10+0}{10+10} = 0,5$$

Face Oeste:  $\alpha_p = 24^\circ$  e  $\gamma_{dp} = 72^\circ$  e  $\gamma_{ep} = 72^\circ$

$$\text{sombabertura} = \frac{24+30+30}{75+30+30} = 0,6222$$

$$\text{sombabertura} = 0,75 \rightarrow \text{somb} = 0,5$$

$$\text{sombabertura} = 0,6222 \rightarrow \text{somb} = 0,4$$

Ponderação:  $\text{somb} = \frac{(0,4 \cdot 1,0434) + (0,5 \cdot 1,3254)}{2,3688} = 0,456$

Planta 3 e Planta 4

$$\text{Face Sul: } \alpha_p = 24^\circ \text{ e } \beta_{dp} = 0^\circ$$

$$\text{somb} = \frac{10+0}{10+10} = 0,5$$

Face Leste: não há ângulos de recomendação.

**Leste**Planta 1 e Planta 2

$$\text{Face Sul: } \alpha_p = 24^\circ \text{ e } \beta_{dp} = 0^\circ$$

$$\text{somb} = \frac{10+0}{10+10} = 0,5$$

Face Leste: não há ângulos de recomendação.

Planta 3 e Planta 4

$$\text{Face Norte: } \alpha_p = 24^\circ \text{ e } \beta_{ep} = 0^\circ$$

$$\text{sombabertura} = \frac{24+0}{30+10} = 0,6$$

$$\text{sombabertura} = 0,75 \rightarrow \text{somb} = 0,5$$

$$\text{sombabertura} = 0,6 \rightarrow \text{somb} = 0,4$$

Face Leste: não há ângulos de recomendação.

**Oeste**Planta 1 e Planta 2

$$\text{Face Norte: } \alpha_p = 24^\circ \text{ e } \beta_{ep} = 0^\circ$$

$$\text{sombabertura} = \frac{24+0}{30+10} = 0,6$$

$$\text{sombabertura} = 0,75 \rightarrow \text{somb} = 0,5$$

$$\text{sombabertura} = 0,6 \rightarrow \text{somb} = 0,4$$

$$\text{Face Oeste: } \alpha_p = 24^\circ \text{ e } \gamma_{dp} = 50^\circ \text{ e } \gamma_{ep} = 62^\circ$$

$$\text{sombabertura} = \frac{24+30+30}{75+30+30} = 0,6222$$

$$\text{sombabertura} = 0,75 \rightarrow \text{somb} = 0,5$$

$$\text{sombabertura} = 0,6222 \rightarrow \text{somb} = 0,4$$

Ponderação: somb = 0,4

Planta 3 e Planta 4

$$\text{Face Sul: } \alpha_p = 24^\circ \text{ e } \beta_{dp} = 0^\circ$$

$$\text{somb} = \frac{10+0}{10+10} = 0,5$$

$$\text{Face Oeste: } \alpha_p = 24^\circ \text{ e } \gamma_{dp} = 62^\circ \text{ e } \gamma_{ep} = 50^\circ$$

$$\text{sombabertura} = \frac{24+30+30}{75+30+30} = 0,6222$$

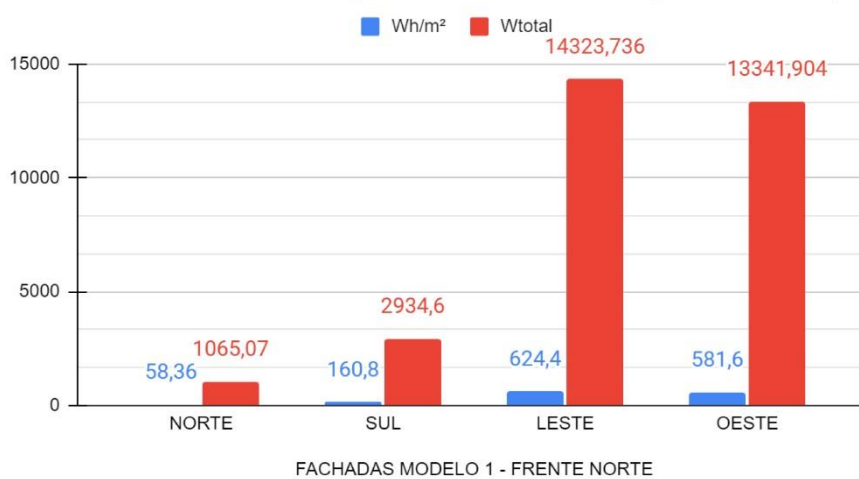
$$\begin{aligned} \text{sombabertura} &= 0,75 \rightarrow \text{somb} = 0,5 \\ \text{sombabertura} &= 0,6222 \rightarrow \text{somb} = 0,4 \end{aligned}$$

$$\text{Ponderação: } \text{somb} = \frac{(0,5 \cdot 1,0434) + (0,4 \cdot 1,3254)}{2,3688} = 0,444$$

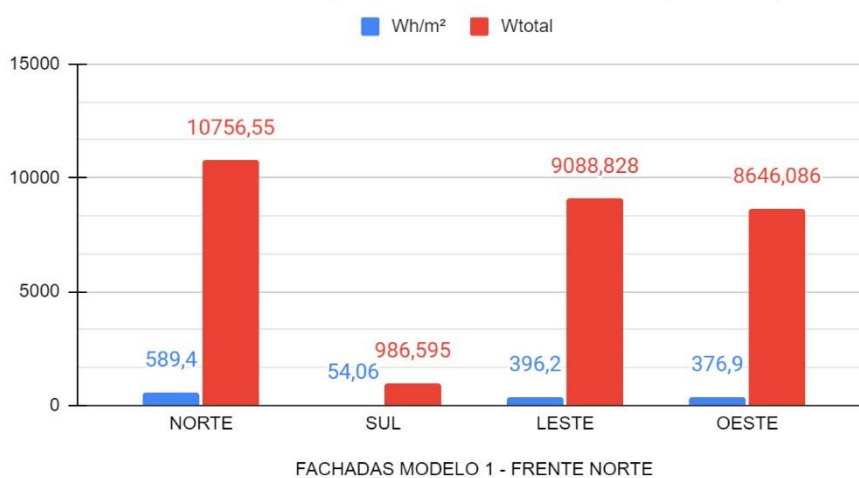
## APÊNDICE D

Gráficos dos picos de radiação solar.

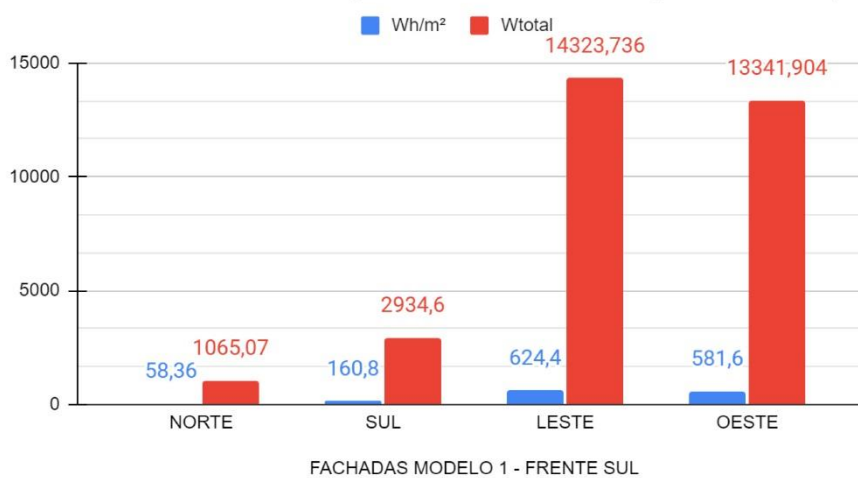
PICO MENSAL RADIAÇÃO SOLAR VERÃO (DEZEMBRO)



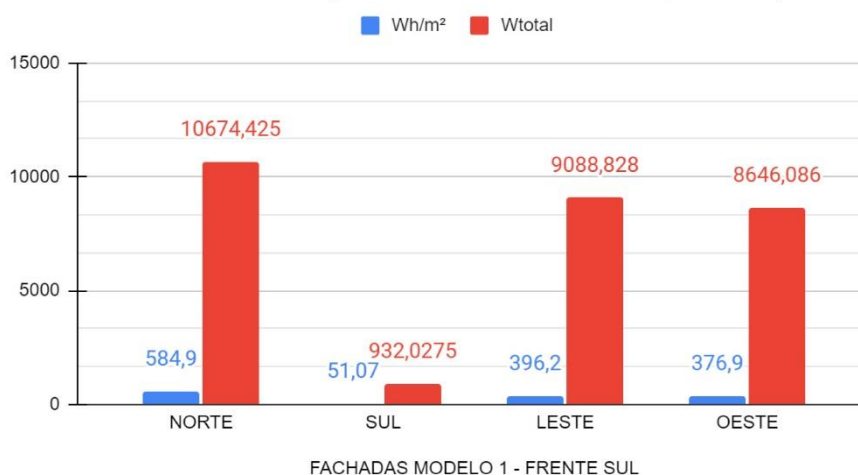
PICO DE RADIAÇÃO SOLAR INVERNO (JUNHO)



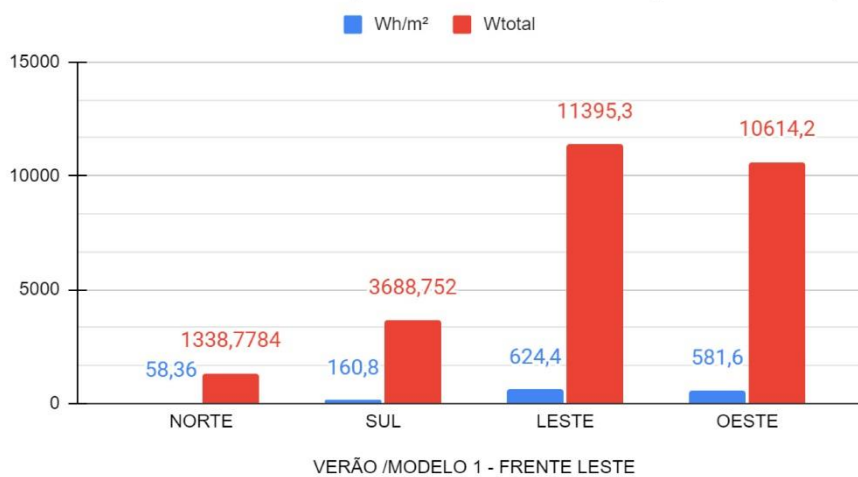
### PICO MENSAL RADIAÇÃO SOLAR VERÃO (DEZEMBRO)



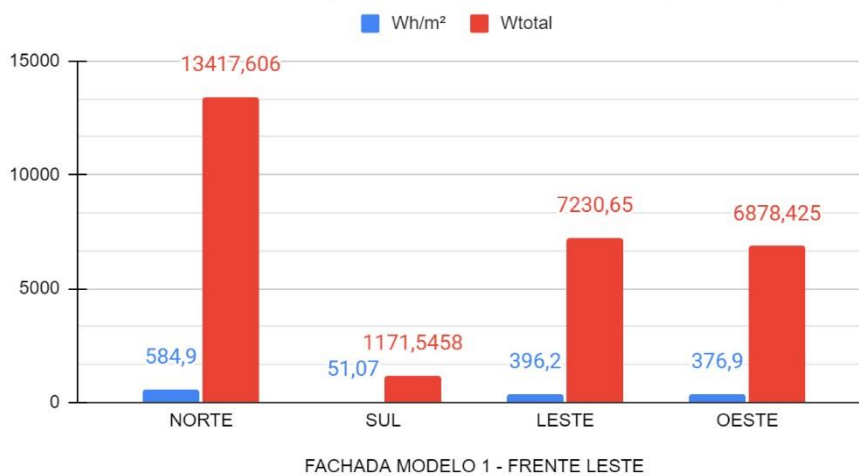
### PICO DE RADIAÇÃO SOLAR INVERNO (JUNHO)



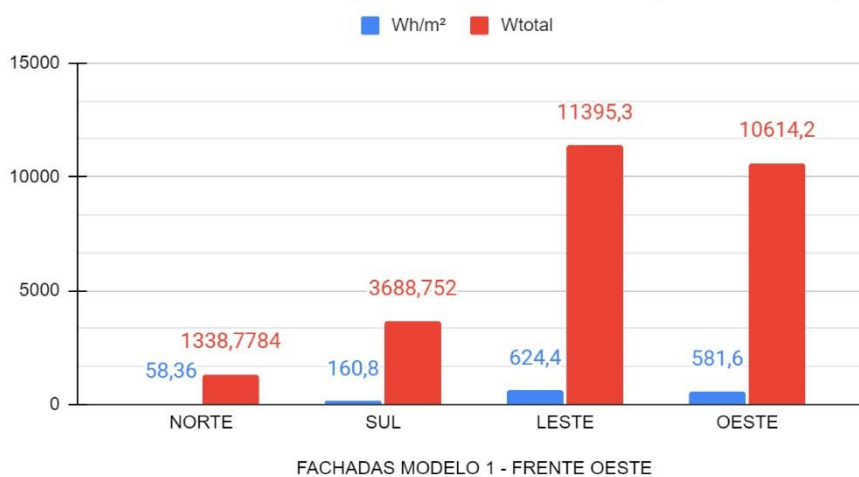
### PICO MENSAL RADIAÇÃO SOLAR VERÃO (DEZEMBRO)



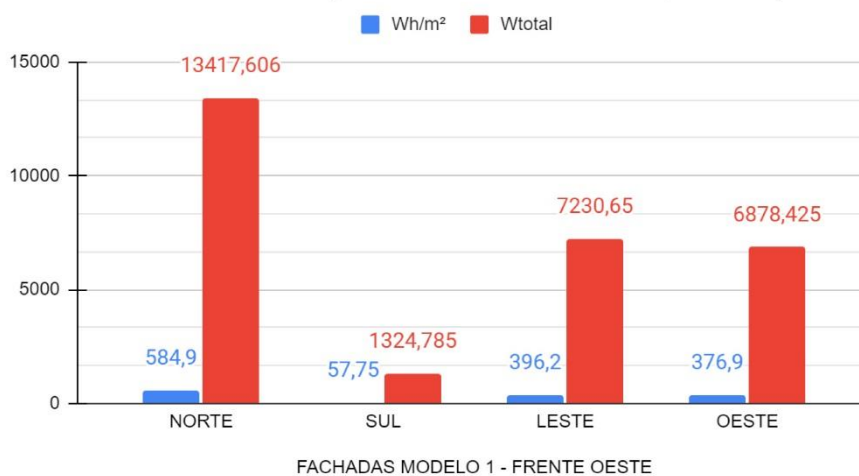
### PICO DE RADIAÇÃO SOLAR INVERNO (JUNHO)



### PICO MENSAL RADIAÇÃO SOLAR VERÃO (DEZEMBRO)



### PICO DE RADIAÇÃO SOLAR INVERNO (JUNHO)



## APÊNDICE E

### Avaliação Individual – Painel de especialistas.

**ETAPA I** - (introdução dos objetivos da pesquisa).

Perguntas introdutórias:

1. O senhor(a) acha que seria útil para toda a cadeia de produção – arquitetos, empreendedores e usuários saber de maneira antecipada a qualidade de desempenho energético que o lote pode oferecer as futuras edificações através da visualização de uma classificação e pontuação?
2. É possível considerar que o projetista de loteamento possa atuar como um facilitador do desempenho energético das futuras edificações de HIS?

**ETAPA II** - (experimentação e avaliação do diagrama analógico).

#### **PASSO 1.**

Apresentação do diagrama analógico.

Perguntas:

3. Foi possível entender o que foi avaliado para dar valores de pontuação as configurações de lotes?
4. O diagrama permitiu ao senhor(a) uma leitura das informações entre as camadas, cores, números e bonificações em que grau de dificuldade?

#### **PASSO 2.**

Posicione o Diagrama Físico sobre o exemplo de loteamento e selecione um lote para análise

#### **PASSO 3.**

Identifique para qual orientação está direcionada a frente do lote escolhido.

#### **PASSO 4.**

Verifique as 4 pontuações de envoltória que cada esquema de planta resulta nesta orientação.

#### **PASSO 5.**

Verifique as 4 pontuações de ventilação cruzada que cada esquema de planta resulta nesta orientação.

#### **PASSO 6.**

Confira a pontuação final somatória que será convertida para desempenho do lote.

#### **PASSO 7.**

Verifique se esse lote teria um bônus de pontuação de insolação ótima em função de sua orientação.

#### **PASSO 8.**

Identifique no modelo de loteamento base quais lotes receberiam melhores pontuações em função das suas orientações (considerando sempre a frente do lote como direcionamento de orientação).

Obs.: pinte na cor verde.

#### **PASSO 9.**

Identifique no modelo de loteamento base quais lotes receberiam pontuação bônus de acordo com sua orientação (considerando a frente do lote sempre como direcionamento de orientação).

Obs.: pinte um círculo azul dentro do lote.

Perguntas:

5. Alguma informação não ficou clara no diagrama apresentado? Qual(is)?
6. O senhor(a) considera que o diagrama contribui para a visualização das informações de condicionantes ambientais ainda nas fases de concepção do loteamento?
7. A experiência permitiu o entendimento da valorização desses parâmetros ambientais para uso ainda nas fases iniciais de concepção dos loteamentos?

**ETAPA III** - (experimentação e avaliação do diagrama digital).

**PASSO 10.**

Visualização do resultado no diagrama digital e intervenções de simulações do pré-lançamento do loteamento.

Perguntas:

8. Como o senhor(a) avalia a qualidade da leitura final de apresentação dos lotes com as cores e pontuações nas respectivas orientações de frentes norte, sul, leste e oeste?
9. O senhor(a) considera que essa ferramenta de visualização das informações de condicionantes ambientais poderia contribuir nas fases iniciais de projetos de loteamentos? porque?
10. Na sua visão, o quanto essas informações antecipadas impactariam nas suas decisões para elaboração de um projeto de loteamento?
11. Você considera relevante incluir essa preocupação com o desempenho energético das futuras edificações na fase de concepção do projeto de loteamentos de HEIS?

## APÊNDICE F

### Diagrama.

