

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

**DETERMINAÇÃO E VERIFICAÇÃO DE ÂNGULOS DE CÉU
DECORRENTES DOS PADRÕES DE OCUPAÇÃO DO SOLO
NOS BAIRROS DE CABO BRANCO E TAMBAÚ/ JOÃO
PESSOA – PB**

Janine Holmes dos Santos

João Pessoa

Março de 2007

Janine Holmes dos Santos

**DETERMINAÇÃO E VERIFICAÇÃO DE ÂNGULOS DE CÉU
DECORRENTES DOS PADRÕES DE OCUPAÇÃO DO SOLO NOS
BAIRROS DE CABO BRANCO E TAMBAÚ/ JOÃO PESSOA – PB**

Dissertação apresentada à Coordenação do
Mestrado em Engenharia Urbana da
Universidade Federal da Paraíba, para fins de
obtenção do título de Mestre, sob a orientação do
Prof. Dr. Francisco de Assis Gonçalves da Silva.

João Pessoa

Março de 2007

**DETERMINAÇÃO E VERIFICAÇÃO DE ÂNGULOS DE CÉU
DECORRENTES DOS PADRÕES DE OCUPAÇÃO DO SOLO
NOS BAIRROS DE CABO BRANCO E TAMBAÚ/ JOÃO
PESSOA – PB**

Janine Holmes dos Santos

**Dissertação defendida em 05 de março de 2007 e aprovada pela banca examinadora
constituída pelos professores:**

Francisco de Assis Gonçalves da Silva, Dr. – (Orientador)

Eduardo Rodrigues Viana de Lima, Dr. – (Examinador)

Homero Jorge M. de Carvalho, Dr. – (Examinador externo)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, e de forma extensiva a toda minha família, pelo apoio incondicional e incentivo desde o início de minha formação.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Francisco Gonçalves pela orientação, pelos ensinamentos e pela confiança em mim depositada. Muito obrigada, Chico!

Ao meu querido amigo, Prof. Msc. Paulo Peregrino pelos conselhos, apoio e principalmente carinho nos momentos mais difíceis.

Ao meu amado esposo, Isaías Gualberto, pela compreensão, pelo incentivo e por sempre acreditar que posso ser capaz.

A todos os meus amigos mestrando, em especial a Paula e Aida, pelas conversas, estudos e almoços. Sentirei saudades.

A meteorologista do Laboratório de Energia Solar da UFPB, Débora Paz, pela ajuda na coleta dos dados climáticos.

Aos funcionários do COMUT da Biblioteca Central da UFPB, pela busca incansável na aquisição de trabalhos.

Aos colegas, Prof. Dr. Homero Carvalho, Prof. Msc. Silvana Chaves e Arq. Msc. Viviani Guerra, pelas pesquisas cedidas.

A Prof. Dra. Léa Cristina Lucas de Souza, pela extensão do *Arcview*, e pelas preciosas dicas de como usá-la.

Ao meu cunhado Ciro Mendes pelo auxílio no *abstract*.

E principalmente a Deus, por permitir mais essa vitória tão importante na minha carreira acadêmica.

RESUMO

O presente trabalho determina e verifica a eficiência dos ângulos de céu obstruídos decorrentes da ocupação atual do solo e os relativos aos adensamentos propostos por Peregrino (2005) para um trecho dos bairros de Cabo Branco e Tambaú, João Pessoa – PB, utilizando-se da metodologia desenvolvida por Pereira (1994), com base no método das radiações ponderadas horárias de Aroztegui (1980), além de softwares para cálculo das radiações diretas e difusas e para a confecção de máscaras de obstrução solar. A pesquisa concluiu que a Lei que rege a ocupação do solo urbano da cidade de João Pessoa está totalmente equivocada no que se refere aos ângulos de céu obstruídos, que não só comprometem à ventilação intra-urbana, mas notadamente os níveis de temperatura locais pela exposição prolongada das superfícies verticais e horizontais na malha urbana da cidade.

Palavras-chave: ângulo de céu, máscara de obstrução solar, radiação solar, planejamento urbano.

ABSTRACT

The present research determines and verifies the efficiency of obstructed sky angles due to occupation of the actual area and those related to three other settlements suggested by Peregrino (2005) to a segment of the districts of Cabo Branco and Tambaú on João Pessoa – PB. We used the methodology developed by Pereira (1994), based in the scheduled balanced radiation of Aroztegui (1980) and softwares to calculate direct and diffuse radiations together with masks of solar blockage. The research concluded that the law used to conduct the settlement of urban areas of the city of João Pessoa is totally mistaken in relation to the obstructed sky angles because they not only compromise the intra-urban ventilation but significantly rise the local temperature due to prolonged exposition of vertical and horizontal surfaces located in the urban area.

Key words: Sky angles, solar obstruction mask, solar radiation, urban planning.

LISTA DE ABREVIATURAS

E3 – Ensaio 03

E5 – Ensaio 05

E7 – Ensaio 07

E9 – Ensaio 09

FP – Fator de ponderação

FVC – Fator de visão do céu

IDEME - Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual da Paraíba

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

L - Leste

N - Norte

NE - Nordeste

NO – Noroeste

O - Oeste

PMJP - Prefeitura Municipal de João Pessoa

S – Sul

SE - Sudeste

SMAU - Secretaria Municipal de Atividades Urbanas da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte -MG

SO - Sudoeste

Ta - Temperatura ambiente (°C)

Tn - Temperatura neutra (°C)

UFPB - Universidade Federal da Paraíba

UNESP – Universidade Estadual Paulista

α - (calor = 1,5; frio = 0)

RELAÇÃO DE FIGURAS

Figura 2.1 - Relação entre ângulo de altura solar, recuo lateral e altura máxima do edifício	24
Figura 2.2 - Relação entre ângulo de altura solar, recuo frontal e altura máxima do edifício	25
Figura 3.1 - Percurso da Terra em torno do sol ao longo do ano	32
Figura 3.2 - Diagrama de Trajetória Solar para a latitude da cidade de João Pessoa	33
Figura 3.3 - Imagens tiradas com máquina fotográfica acoplada a uma lente “olho de peixe”	34
Figura 6.1 - Aplicação do ângulo de céu obstruído para uma determinada fachada	55
Figura 7.1 - Mapa da Região Nordeste	56
Figura 7.2 - Vista parcial da cidade de João Pessoa – PB	57
Figura 7.3 – Tipos de Clima segundo a classificação de Köppen	60
Figura 8.1 - Mapa da cidade de João Pessoa/PB, localizando a área estudada	61
Figura 8.2 - Delimitação da área estudada	62
Figura 8.3 - Vista aérea da área de estudo	62
Figura 8.4 - Figura de erosão do adensamento 01 (E3) com localização dos pontos (A e B) analisados	63
Figura 8.5 - Figura de erosão do adensamento 02 (E5) com localização dos pontos (A e B) analisados	64
Figura 8.6 - Figura de erosão do adensamento 03 (E7) com localização dos pontos (A e B) analisados FONTE: PEREGRINO (2005)	65
Figura 8.7 - Figura de erosão do adensamento 04 (E9) com localização dos pontos (A e B) analisados FONTE: PEREGRINO (2005)	66
Figura 8.8 - Ângulos de céu obstruídos para as fachadas Norte/ Sul - adensamento 01 (situação atual)	67
Figura 8.9 - Ângulos de céu obstruídos para as fachadas Norte/ Sul - adensamento 02	68
Figura 8.10 - Ângulos de céu obstruídos para as fachadas Norte/ Sul - adensamentos 03 e 04	68
Figura 8.11 - Máscara de obstrução com diagrama de trajetória solar e radiações ponderadas horárias da fachada Norte no adensamento 01 (E3)	69
Figura 8.12 - Máscara de obstrução com diagrama de trajetória solar e radiações ponderadas horárias da fachada Norte no adensamento 04 (E9)	70
Figura 8.13 - Máscara de obstrução com diagrama de trajetória solar e radiações ponderadas horárias da fachada Sul no adensamento 01 (E3)	71
Figura 8.14 - Máscara de obstrução com diagrama de trajetória solar e radiações ponderadas	

horárias da fachada Sul no adensamento 04 (E9)	71
Figura 8.15 - Ângulos de céu obstruídos para as fachadas Leste/ Oeste - adensamento 01	72
Figura 8.16 - Ângulos de céu obstruídos para as fachadas Leste/ Oeste - adensamento 02	73
Figura 8.17 - Ângulos de céu obstruídos para as fachadas Leste/ Oeste - adensamentos 03 e 04	74
Figura 8.18 - Máscara de obstrução com diagrama de trajetória solar e radiações ponderadas horárias da fachada Leste no adensamento 01 (E3)	74
Figura 8.19 - Máscara de obstrução com diagrama de trajetória solar e radiações ponderadas horárias da fachada Leste no adensamento 04 (E9)	75
Figura 8.20 - Máscara de obstrução com diagrama de trajetória solar e radiações ponderadas horárias da fachada Oeste no adensamento 01 (E3)	76
Figura 8.21 - Máscara de obstrução com diagrama de trajetória solar e radiações ponderadas horárias da fachada Oeste no adensamento 04 (E9)	76
Figura 12.1 - Diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias para fachada Norte	86
Figura 12.2 - Diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias para fachada Nordeste	86
Figura 12.3 - Diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias para fachada Leste	87
Figura 12.4 - Diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias para fachada Sudeste	87
Figura 12.5 - Diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias para fachada Sul	88
Figura 12.6 - Diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias para fachada Sudoeste	88
Figura 12.7 - Diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias para fachada Oeste	89
Figura 12.8 - Diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias para fachada Noroeste	89
Figura 12.9 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução 5°	91
Figura 12.10 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução	

10°	91
Figura 12.11 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução	
15°	92
Figura 12.12 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução	
20°	92
Figura 12.13 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução	
25°	93
Figura 12.14 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução	
30°	93
Figura 12.15 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução	
35°	94
Figura 12.16 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução	
40°	94
Figura 12.17 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução	
45°	95
Figura 12.18 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução	
50°	95
Figura 12.19 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução	
55°	96
Figura 12.20 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução	
60°	96
Figura 12.21 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução	
65°	97

Figura 12.22 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução 70°	97
Figura 12.23 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução 75°	98
Figura 12.24 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução 80°	98
Figura 12.25 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução 85°	99
Figura 12.26 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução 90°	99
Figura 12.27 - Configuração do adensamento 01 (situação atual)	111
Figura 12.28 - Configuração do adensamento 02	112
Figura 12.29 - Configuração do adensamento 03	113
Figura 12.30 - Configuração do adensamento 04	114

RELAÇÃO DE GRÁFICOS

Gráfico 5.1 – Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para a fachada Norte no Verão _____	39
Gráfico 5.2 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para a fachada Norte no Inverno _____	40
Gráfico 5.3 - Desenvolvimento das curvas dos balanços das radiações ponderadas para a fachada Norte _____	40
Gráfico 5.4 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para a fachada Nordeste no Verão _____	41
Gráfico 5.5 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para a fachada Nordeste no Inverno _____	42
Gráfico 5.6 - Desenvolvimento das curvas dos balanços das radiações ponderadas para a fachada Nordeste _____	42
Gráfico 5.7 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para fachada Leste no Verão _____	43
Gráfico 5.8 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para fachada Leste no Inverno _____	43
Gráfico 5.9 - Desenvolvimento das curvas dos balanços das radiações ponderadas para fachada Leste _____	44
Gráfico 5.10 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para fachada Sudeste no Verão _____	45
Gráfico 5.11 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para fachada Sudeste no Inverno _____	45
Gráfico 5.12 - Desenvolvimento das curvas dos balanços das radiações ponderadas para fachada Sudeste _____	46
Gráfico 5.13 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para a fachada Sul no Verão _____	47
Gráfico 5.14 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para a fachada Sul no Inverno _____	47
Gráfico 5.15 - Desenvolvimento das curvas dos balanços das radiações ponderadas para a fachada Sul _____	48
Gráfico 5.16 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para a fachada Sudoeste no Verão _____	48

Gráfico 5.17 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para a fachada Sudoeste no Inverno _____	49
Gráfico 5.18 - Desenvolvimento das curvas dos balanços das radiações ponderadas para a fachada Sudoeste _____	49
Gráfico 5.19 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para a fachada Oeste no Verão _____	50
Gráfico 5.20 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para a fachada Oeste no Inverno _____	51
Gráfico 5.21 - Desenvolvimento das curvas dos balanços das radiações ponderadas para a fachada Oeste _____	51
Gráfico 5.22 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para a fachada Noroeste no Verão _____	52
Gráfico 5.23 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para a fachada Noroeste no Inverno _____	52
Gráfico 5.24 - Desenvolvimento das curvas dos balanços das radiações ponderadas para a fachada Noroeste _____	53
Gráfico 7.1 - Insolação em João Pessoa _____	58
Gráfico 7.2 - Umidade relativa do ar em João Pessoa _____	58
Gráfico 7.3 - Temperatura média e máxima em João Pessoa _____	59

RELAÇÃO DE QUADROS

Quadro 2.1 - Modificação dos elementos do clima no meio urbano em relação ao meio rural	21
Quadro 6.1 - Ângulos de céu obstruídos para vias de 12m de largura	54
Quadro 7.1 - Dados característicos do Tipo de clima quente e úmido	59
Quadro 8.1 - Dados urbanísticos atuais da área	62
Quadro 8.2 - Sistematização e análise do PONTO A (fachadas Norte e Sul)	77
Quadro 8.3 - Sistematização e análise do PONTO B (fachadas Leste e Oeste)	78
Quadro 12.1 - Quadro com os balanços de Verão e de Inverno para a fachada Norte	101
Quadro 12.2 - Quadro com os balanços de Verão e de Inverno para a fachada Nordeste	102
Quadro 12.3 - Quadro com os balanços de Verão e de Inverno para a fachada Leste	103
Quadro 12.4 - Quadro com os balanços de Verão e de Inverno para a fachada Sudeste	104
Quadro 12.5 - Quadro com os balanços de Verão e de Inverno para a fachada Sul	105
Quadro 12.6 - Quadro com os balanços de Verão e de Inverno para a fachada Sudoeste	106
Quadro 12.7 - Quadro com os balanços de Verão e de Inverno para a fachada Oeste	107
Quadro 12.8 - Quadro com os balanços de Verão e de Inverno para a fachada Noroeste	108
Quadro 12.9 - Quadro com os balanços Anuais para as fachadas Norte, Nordeste, Leste, Sudeste, Sul, Sudoeste, Oeste e Noroeste	109

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA

AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE ABREVIATURAS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE QUADROS

1.	INTRODUÇÃO	18
1.1	Objetivos	19
1.2	Justificativa	19
2.	ESTUDOS ANTECEDENTES	21
3.	REFERENCIAL TEÓRICO	29
3.1	Método de determinação das Radiações Ponderadas horárias	29
3.2	Radiações Solar Direta e Difusa	31
3.3	Diagrama de Trajetória Solar	32
3.4	Máscaras de Obstrução Solar	33
4.	METODOLOGIA	35
5.	RESULTADOS PARCIAIS - Discussão e análise dos somatórios e balanços	38
6.	RESULTADOS	53
7.	UNIVERSO DE ANÁLISE	56
8.	APLICAÇÃO DOS RESULTADOS À CIDADE DE JOÃO PESSOA	61
8.1	Caracterização da área estudada	61
8.2	Caracterização dos adensamentos considerados	63
8.3	Análise das fachadas	66
8.3.1	Fachadas Norte e Sul (PONTO A)	67
8.3.2	Fachadas Leste e Oeste (PONTO B)	72
8.4	Conclusões sobre a análise das Fachadas	77
9.	CONCLUSÕES	79

10.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
11.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
12.	APÊNDICES	84
12.1	APÊNDICE A – Diagramas de Trajetória Solar das fachadas Norte, Nordeste, Leste, Sudeste, Sul, Sudoeste, Oeste e Noroeste para a latitude de João Pessoa com as Radiações Ponderadas horárias	85
12.2	APÊNDICE B – Superposição do Diagrama de Trajetória Solar com as Radiações Ponderadas horárias para latitude de João Pessoa sobre as Máscaras de obstrução do céu (variação de 0° a 90°) para a fachada Norte	90
12.3	APÊNDICE C – Quadros com os balanços Verão, Inverno e Anual para as fachadas analisadas (Norte, Nordeste, Leste, Sudeste, Sul, Sudoeste, Oeste e Noroeste)	100
12.4	APÊNDICE D – Configuração dos adensamentos analisados	110

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com a qualidade físico-ambiental urbana parece ser uma questão surgida com a Revolução Industrial no século XVIII, que provocou um grande crescimento e adensamento das cidades, ficando essas sujeitas a grandes epidemias pela precariedade das condições sanitárias e de habitação.

Até a primeira metade do século XX, vários modelos urbanos, propostos por arquitetos e urbanistas, levavam em conta, além dos aspectos estruturais, a necessidade de sol, luz e ar puro nas cidades.

É sabido também que a qualidade físico-ambiental da cidade está inter-relacionada com os recintos urbanos e os recursos ambientais, dentre os quais a insolação, a iluminação e a ventilação naturais têm grande importância no balanço energético urbano, bem como nas condições adequadas de habitabilidade, tanto para os cidadãos, quanto para a fauna e flora urbanas.

Entretanto, os processos de urbanização dos últimos dois séculos têm provocado, no Brasil, como em outras partes do mundo, a degradação acelerada do ambiente urbano, o que se constitui num grande desafio referente ao aperfeiçoamento dos instrumentos legais e de gestão urbana de que se dispõe atualmente.

Segundo Mota (1999), o ambiente urbano é formado por dois sistemas intimamente inter-relacionados: O sistema natural, composto do meio físico e biológico (solo, vegetação, animais, água etc.) e o sistema antrópico, consistindo do homem e de suas atividades.

É notório que as modificações promovidas pelo homem sobre o meio de forma desordenada, na maioria das vezes, não geram resultados satisfatórios: transformam o espaço, na medida que o ocupa, impondo-lhes novos arranjos físicos, onde as estruturas ambientais naturais e as por ele criadas influenciam-se mutuamente e de modo contínuo. Contudo, não necessariamente essa ocupação e a decorrente transformação do espaço físico resultam na criação de uma paisagem propícia ao desenvolvimento da vida humana (SILVA, 1999).

Os impactos adversos dessa urbanização sem responsabilidade ambiental sobre o clima local trazem repercussões sobre o desempenho termo-energético e as condições de conforto ambiental dos edifícios. No Brasil, e em particular no Nordeste, grande parte do consumo energético está ligado a utilização de condicionamento artificial para o resfriamento de ambientes, dadas às características do clima da região que possui temperaturas e umidades relativamente elevadas durante a maior parte do ano. É fato que, parte desse consumo energético poderia ser reduzido, se fosse levada em consideração, na etapa projetual, a

adequação do edifício ao clima local e as condições de conforto que este deve proporcionar aos seus usuários.

A utilização racional e controlada da insolação, da radiação solar e do ângulo de céu, principalmente em latitudes baixas, está intrinsecamente ligada aos padrões de ocupação do solo, sendo uma das formas de garantir a vida da população em níveis confortáveis e saudáveis.

1.1 Objetivos

Esta pesquisa tem como objetivo geral determinar ângulos de céu coerentes com a latitude e os padrões de ocupação do solo da cidade de João Pessoa – PB.

Este trabalho tem ainda como objetivos específicos:

- Verificar a eficiência dos ângulos de céu decorrentes da ocupação do solo atual e os relativos aos adensamentos propostos por Peregrino (2005) para um trecho dos bairros de Cabo Branco e Tambaú na cidade de João Pessoa – PB;
- Fornecer subsídios para uma possível contribuição à reformulação dos instrumentos de ordenação do espaço urbano da cidade de João Pessoa.

1.2 Justificativa

No Brasil e, sobretudo na Região Nordeste, ainda é reduzido o número de pesquisas relativas às conseqüências causadas ao meio urbano pela insolação e radiação solar, bem como, é pouco o interesse demonstrado pelas administrações públicas no tocante à relevância de estudos técnico-científicos para o planejamento do crescimento das cidades.

Obviamente, sem desconsiderar a importância de outras variáveis que se inter-relacionam e, de certa forma, ditam os processos de planejamento urbano, este trabalho foca o seu interesse no que o ângulo de céu pode vir a contribuir para o controle da insolação e das radiações incidentes nas fachadas de edifícios e a minimização do armazenamento de calor no ambiente construído.

A atual legislação de uso e da ocupação do solo da cidade de João Pessoa não consta de qualquer referência científica quanto aos aspectos de conforto termo-energético. O crescimento da cidade tem contribuído com a mudança de seu clima, como demonstram outros trabalhos realizados no mesmo local objeto de estudo desta pesquisa. O escalonamento, como proposto pela legislação vigente, compromete a área em apreço referentemente às condições de ventilação natural e conseqüentemente à qualidade do ar em termos olfativos,

respiratórios e térmicos (CARVALHO, 2006; GUERRA, 2005; PEREGRINO, 2005; QUEIROGA, 2005; SILVA, 1999).

A escolha do trecho entre os bairros de Tambaú e Cabo Branco para verificação dos ângulos de céu deve-se ao fato do mesmo se encontrar em fase inicial de um processo de verticalização, possibilitando ações de cunho preventivo e/ou corretivo na ocupação permitida pela legislação vigente e, ainda, a análise de adensamentos já propostos em trabalhos anteriores (CARVALHO, 2006; GUERRA, 2005; PEREGRINO, 2005; QUEIROGA, 2005) que, considerando parâmetros distintos, verificaram equívocos inaceitáveis nessa legislação.

Sendo assim, os resultados deste trabalho poderão ser utilizados como subsídio quando da revisão dos códigos de ordenamento da cidade, no tocante à legislação que trata e estabelece as condições para os gabaritos em altura das edificações. Tal revisão tomaria, então, como base, primordialmente parâmetros de cunho científico, como os abordados por esta pesquisa, relacionada particularmente com ângulo de céu adequados ao clima local.

2. ESTUDOS ANTECEDENTES

A consideração do clima urbano como um elemento essencial na tarefa do planejamento urbano só mais recentemente vem merecendo maior atenção. Na revisão de Oke (1984) sobre a aplicação dos princípios climáticos no planejamento de assentamentos, observa-se a existência de dois aspectos: primeiro, a idéia de que o clima é importante para o planejamento; e segundo, a constatação de que pouco do conhecimento disponível da climatologia urbana tem sido usado no planejamento, com algumas exceções, como Cook (1991) *apud* Assis (2000), mostrando que os principais esforços de dimensões bioclimáticas no planejamento têm ocorrido na escala do edifício e pouca atenção tem sido dada ao espaço urbano.

Pesquisadores como Chandler (1976) e Landsberg (1981), verificaram em suas pesquisas uma grande diversidade de fatores e fenômenos capazes de influenciar no clima urbano: regime de ventos e de chuvas, insolação, permeabilidade do solo, cobertura vegetal, orografia e rugosidade, entre outros. Landsberg (1981) atribui à urbanização as alterações no balanço energético relacionadas diretamente às características da superfície urbana tais como as radiativas, as térmicas, as aerodinâmicas e as de umidade.

Diversos estudos detêm dados comparativos atestando as variações entre os balanços energéticos de áreas rurais e áreas urbanas, entre eles o de Schmaltz (1984) que comprova diferenças relevantes, mesmo consideradas as discordâncias naturais existentes entre algumas variáveis e sua ocorrência ou intensidade nas respectivas áreas (Quadro 2.1).

Parâmetros	Dimensão característica	Comparação com o meio rural
Poluição do ar	Condensação Impurezas em forma de gás	10 x mais 5 - 25 x mais
Radiação	Radiação Global Radiação UV (Inverno) Radiação UV (Verão) Duração da Insolação	15 - 20 % menos 30 % menos 5 % menos 5 - 15 % menos
Temperatura	Média anual	0,5 - 1,5 °C + alta 2 - 6 °C + alta
Velocidade do Vento	Média anual Calma Turbulência	10 - 20 % reduzida 5 - 20 % mais elevada
Umidade Relativa	Inverno Verão	2 % menos 8 - 10 % menos
Nuvens	Cobertura Névoa (inverno) (verão)	5 - 10 % mais 100 % mais 30 % mais
Precipitações	Total pluviométrico Chuva Neve	5 - 10 % mais 10 % mais 5 % menos

Quadro 2.1 - Modificação dos elementos do clima no meio urbano em relação ao meio rural

FONTE: Schmaltz, 1984, p.103 *apud* Silva, 1999, p. 7

Givoni (1989) trata a questão de integração dos condicionantes climáticos ao planejamento urbano através de recomendações genéricas qualitativas, porém, a partir de um referencial humano, focalizando as regiões tropicais quentes e úmidas e quentes e secas. Para ele, uma vez que as causas físicas e fisiológicas de *stress* bioclimático humano são diferentes para as condições quentes e úmidas e quentes e secas, também as concepções de projeto urbano e dos edifícios devem ser diversas a cada tipo climático. Assim, distingue os objetivos de planejamento urbano para cada condição climática: a localização da cidade na região, a densidade de área construída, as configurações dos edifícios; a orientação e largura das ruas, os detalhes arquitetônicos dos edifícios que afetam o conforto das pessoas no ambiente exterior e o projeto das áreas verdes.

É notório que o clima de áreas urbanas, mesmo vinculado às variáveis mesoclimáticas, possui características diferenciadas daquelas inerentes às áreas que circundam as cidades. Fatores climáticos como a radiação solar, temperatura, velocidade e direção dos ventos, precipitação e umidade do ar entre outros, estão diretamente relacionados com a urbanização. Diversos fenômenos, conseqüentes da concentração urbana, contribuem para as variações climáticas, gerando o chamado Clima Urbano.

Segundo Lombardo (1985), “a ilha de calor configura-se como fenômeno que associa os condicionantes derivados das ações antrópicas sobre o meio ambiente urbano, em termos de uso do solo e os condicionantes do meio físico e seus atributos geológicos”. Ainda sobre a ilha de calor, percebe-se que, quando instalada, é capaz de dificultar ou até impedir a dissipação de calor armazenado pela cidade (construções) para seu entorno não urbanizado, podendo acarretar, assim, um processo interno de circulação de ar. Como resultado disso, são observadas elevadas temperaturas e um conseqüente aumento no consumo energético para seu resfriamento.

Um dos fatores apontados como causa da formação da ilha de calor noturna é a geometria urbana, que pode ser descrita pelo Fator de Visão de Céu (FVC), ou ângulo de obstrução do horizonte local. Tendo-se em vista fatores como largura de vias, o grau de arborização e o tipo de pavimentação, demonstrou-se, em alguns casos, que quanto menor o valor de FVC, ou seja, quanto mais obstruído é um local no meio urbanizado, menor a troca térmica radiativa com o meio (OKE, 1981). Isso provoca aumento de temperatura pela dificuldade de irradiação térmica, e em alguns casos, pode favorecer a ocorrência de ilha de calor nas áreas urbanas mais densas e verticalizadas.

Diferentemente da idéia de clima urbano, a necessidade de controlar a incidência de energia solar tem sido comentada desde tempos remotos (no século V aC, o Código de

Justiniano legislava sobre o direito ao sol do *Heliocaminus*¹) e estudada desde os primórdios nas pesquisas em arquitetura bioclimática (GIVONI, 1975; OLGYAY, 1963; *apud* CORBELA, CASTANHEIRA, 2001).

Outros estudos vieram considerar a insolação como um dos mais importantes parâmetros de projeto do ambiente construído, e um dos que desempenham um papel muito importante nas resoluções de composição espacial do ambiente interno e externo, como conceitua Pereira (1990). Entretanto, tal conceito não é novo, como atestam os projetos da “*Cidade Industrial*” de Garnier, as Torres de Chandigar na Índia (ENARCH’83, 1983 *apud* PEREIRA, 1990) de Le Corbusier e, ainda, nos trabalhos de Gropius (1977), através da pesquisa sobre afastamento entre os edifícios para a garantia de acesso ao sol e à luz.

Apesar desses estudos, a definição de uma normalização da insolação adequada e efetiva, trata-se de um problema de critérios múltiplos, envolvendo parâmetros climáticos, biológicos, sócio-arquiteturais e técnico-econômicos.

No Brasil, alguns pesquisadores desenvolveram estudos sobre a relação entre a configuração do céu e a temperatura como Sakamoto (1994) em São Paulo – SP *apud* Carvalho (2006).

Sakamoto (1994), em estudo realizado na cidade de São Paulo, observou que a configuração do céu e a temperatura do ar apresentaram relações latentes, porém não lineares e constantes ao longo do tempo. Onde a porção visível do céu era maior (como por exemplo , no bairro dos Jardins), a temperatura do ar era mais elevada que no Centro da cidade durante o dia, invertendo-se à noite. Entretanto, essa relação não pôde ser percebida nas várzeas dos Rios Tietê e Pinheiros, possivelmente pela interferência de outras variáveis, como a umidade relativa do ar e o fluxo mais intenso de veículos. Sakamoto (1994) chama a atenção para o fato de que as diferenças de temperatura podem criar deslocamentos de ar e, a interação entre o vento e a temperatura pode desempenhar papel relevante em determinados horários, diminuindo a importância da configuração do céu para aquela região.

Sobre a definição de ângulos de céu, Assis (1995) desenvolveu um modelo para a Secretaria Municipal de Atividades Urbanas (SMAU) da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte - MG para a determinação dos recuos e da volumetria dos edifícios, segundo critérios de insolação e iluminação natural. O desenvolvimento dessa proposta partiu da constatação de que os atuais índices de desempenho termo-acústico, de iluminação e de

¹ Os médicos gregos e do antigo Egito praticavam curas por exposição à luz solar. Heliópolis, a cidade grega do sol, era uma verdadeira cidade de cura pela luz. Fundada por Heródoto, pai da helioterapia, foi concebida com inúmeros templos de cura onde se praticava a terapia solar através dos seus componentes espectrais (cores).

ventilação previstos na legislação vigente, tinham se tornado insatisfatórios e/ou insuficientes para a garantia das condições de conforto e higiene das edificações da cidade de Belo Horizonte. O modelo consistiu em uma relação entre o ângulo de altura solar, o recuo e a altura máxima do edifício, onde tal relação foi adaptada para as principais situações urbanas da cidade. No método exposto, consideraram-se dois tipos de situação: com o entorno ocupado com edificações vizinhas (Figura 2.1), ou quando o lote a construir for de esquina ou se deseje definir o recuo frontal (Figura 2.2). Para que se pudesse chegar ao ângulo (α) de altura solar adequado à insolação e iluminação natural, foi necessário que se fizesse, anteriormente, a classificação estatística das orientações dos lotes mais freqüentes em função do zoneamento urbano. Neste estudo, Assis (1995) verificou que, em geral, as habitações térreas e de até três pavimentos ficam prejudicadas quanto à insolação e a iluminação natural na cidade e, ainda, que do ponto de vista da utilização de uma coleção pré-determinada de ângulos de céu, seria melhor que esse dispositivo legal admitisse um conjunto de ângulos relacionados respectivamente a cada zona de uso e ocupação do solo.

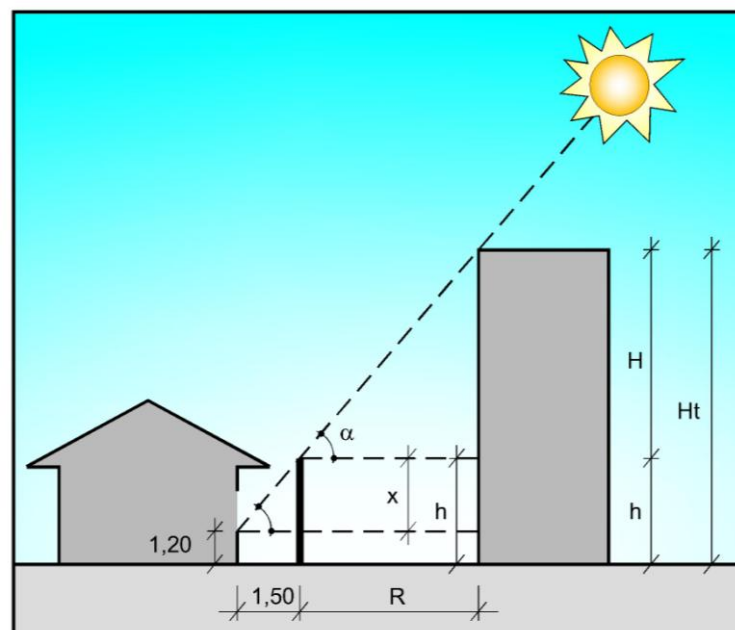


Figura 2.1 - Relação entre ângulo de altura solar, recuo lateral e altura máxima do edifício
FONTE: Adaptado de Assis (1995)

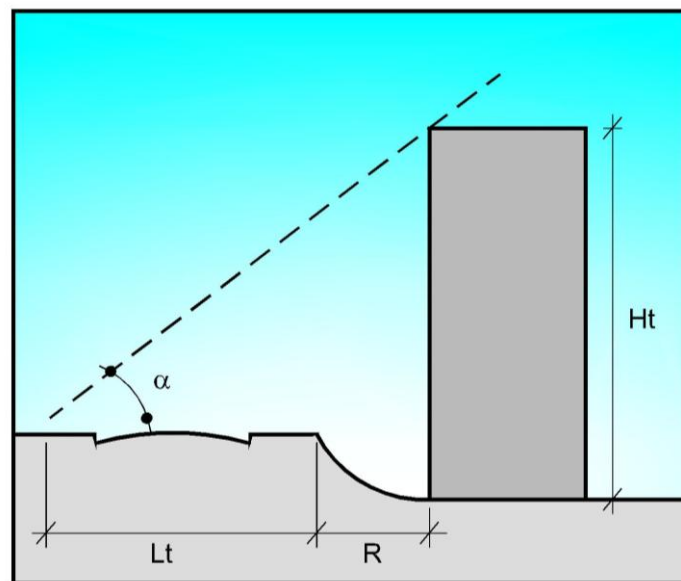


Figura 2.2 - Relação entre ângulo de altura solar, recuo frontal e altura máxima do edifício
FONTE: Adaptado de Assis (1995)

Segundo Robbins (1986), *apud* Assis (2002), os objetivos básicos no planejamento para insolação e iluminação naturais são a garantia de boas condições de acessibilidade a estes recursos nas fachadas das edificações e em seu entorno, bem como a definição de sua desejabilidade em determinados períodos do dia e do ano. Pereira (1994) ressalta, entretanto, que há diferenças no planejar para a insolação e para a iluminação natural: enquanto no primeiro considera-se a obstrução ou não de partes da abóbada celeste onde ocorre a trajetória aparente do sol, no segundo, é necessário garantir a visão de uma parte do céu independente da orientação.

Alguns critérios de insolação referem-se aos mínimos ou máximos recomendados para aproveitar efeitos biológicos (bactericida) do sol ou que proporcionem condições de conforto térmico no interior das edificações (critérios de desejabilidade e indesejabilidade da radiação solar direta sobre uma área). Alguns autores recomendam simplesmente valores de números de horas de sol por dia (1,5 a 2,5 horas), conforme primeiro critério médico proposto, na década de 50, para aproveitar o efeito biológico da insolação (efeito bactericida). Entretanto, estudos e pesquisas posteriores demonstraram que, de fato, este parâmetro não era adequado para validar exigências normativas; uma vez que em 60% a 70% dos casos pesquisados, o nível bacteriológico não era garantido pela insolação (OBOLENSKY; KORZIN, 1982 *apud* PEREIRA, 1995). Experimentos e simulações matemáticas têm confirmado o fato que a duração da insolação falha em considerar apenas a radiação incidente. Dependendo da hora do dia e época do ano, condições atmosféricas, orientação das aberturas e condições de obstrução

do entorno, um mesmo valor de duração de insolação pode significar distintas doses de radiação incidente. Não obstante, também é reconhecido que uma insolação de 1 a 2,5 horas é suficiente para garantir exigências psicológicas do homem com respeito a condições de insolação (PEREIRA, 1995).

Os critérios de desejabilidade e indesejabilidade da radiação solar direta sobre as envoltórias da edificação estão diretamente ligados às condições de conforto térmico no interior dos ambientes e vinculam-se, via de regra, a um índice de conforto térmico. Estes critérios definem os períodos de obstrução e não-obstrução da trajetória local aparente do sol a partir da identificação dos períodos de desconforto térmico durante o ano. Algumas experiências foram encontradas na literatura sobre este tipo de critério: a de Saleh (1988) e a de Aroztegui (1980), adotada por esta pesquisa e descrita no capítulo seguinte.

Saleh (1988) propôs, para a construção de seu modelo de envelope solar, a adoção de um “perfil de insolação” baseado na obstrução da radiação solar no período de desconforto térmico indicado pelo Diagrama Bioclimático de Olgyay (OLGYAY & OLGAY, 1963).

Os estudos sobre as inter-relações entre conforto termo-energético e o planejamento de estruturas urbanas no Brasil podem ser considerados relativamente recentes, embora as consequências da carência deste embasamento científico quando das tomadas de decisões por parte das administrações públicas se façam sentir de forma direta sobre as cidades e sua população. A abordagem da importância e interferência de elementos naturais e/ou construídos sobre a possível modificação do microclima, fizeram-se presentes, entre outros, nos trabalhos de pesquisadores como Bittencourt (2006), Carvalho (2006), Guerra (2005), Peregrino (2005), Queiroga (2005) e Silva (1999).

De forma mais específica, relacionados à ação da variável climática vento e à forma urbana ante o conforto do ambiente, Saraiva (1995) e Silva (1999), são pesquisadores que se destacam através da determinação de parâmetros e métodos de análise também relacionados ao controle das temperaturas e poluição do ar. Devido à complexidade dos fenômenos meteorológicos relativos aos escoamentos atmosféricos, Silva (1999) acredita que embora não se devendo abrir mão dos valores médios determinados pelas Normas Técnicas para o cálculo de ventilação, se faz necessário um estudo local pormenorizado, que associado a conhecimentos mais abrangentes concorreriam para minimizar a adoção de parâmetros demasiadamente genéricos ou excessivamente específicos para a cidade de João Pessoa.

Seguindo a linha de investigações desenvolvida na mesma área objeto de estudo desta pesquisa, Queiroga (2005) avaliou a eficiência do dimensionamento de aberturas para ventilação natural, com base em perfis de velocidade do vento em figuras de erosão de areia,

obtidas de experimentos em túnel aerodinâmico e em métodos de cálculos, levando-se em consideração o padrão de ventilação da cidade de João Pessoa, desenvolvido por Silva (1999). Entre outras conclusões, Queiroga (2005) constatou déficits de ventilação na medida em que este se adentra (sentido Leste – Oeste) na malha urbana da cidade, comprometendo o conforto térmico e a qualidade do ar, conduzindo à necessidade de se considerarem as inter-relações entre o padrão de ventilação local e o de ocupação do solo urbano quando do cálculo de aberturas para ventilação natural.

Ainda sobre a variável vento, utilizando-se também da técnica de figuras de erosão de areia (JANEIRO e SARAIVA, 1980) e metodologia de avaliação das ações do vento no planejamento da ocupação do solo e do padrão de ventilação, desenvolvida por Silva (1999), o trabalho desenvolvido por Peregrino (2005) avaliou, com base em ensaios efetuados em túnel aerodinâmico com modelos em escala reduzida, de que forma o escoamento dos ventos se inter-relacionam com quatro padrões de ocupação do solo: o padrão de ocupação atual de parte dos bairros do Cabo Branco e Tambaú, João Pessoa/ PB, e outros três sugeridos. Entre as propostas expostas na pesquisa, uma refere-se a situação atual da área segundo a legislação vigente, e os outros três são relativos a outras possibilidades de adensamento vertical. Através dos resultados obtidos, Peregrino (2005) concluiu que os ventos alísios que sopram sobre a cidade de João Pessoa estão, de certa forma, sendo mal aproveitados e que o escalonamento como proposto pela legislação vigente compromete a área referentemente às condições de ventilação natural.

Em pesquisa desenvolvida, utilizando-se do método de figuras de erosão de areia (JANEIRO e SARAIVA, 1980) e metodologia desenvolvida por Silva (1999), Guerra (2005) verificou, através de experimentos feitos em túnel aerodinâmico juntamente com Peregrino (2005), Queiroga (2005) e Carvalho (2006), a influência da ocupação do solo no topo da Falésia do Cabo Branco, João Pessoa/ PB, na variável vento e os impactos causados nas ocupações subseqüentes em um trecho do bairro de Miramar. Guerra (2005) concluiu que a verticalização na Falésia do Cabo Branco implica em pouca permeabilidade, conduzindo a redução e redirecionamento dos ventos. Além disso, Guerra (2005) constatou que o escalonamento proposto pela legislação vigente conduz à criação de uma “barreira” à ventilação, direcionando-a para o alto, podendo favorecer a formação de ilhas de calor.

Carvalho (2006) elaborou uma metodologia para a observação e análise climática de cidades ou parcelas destas (unidades climáticas urbanas) que possibilitasse investigar como o fenômeno da urbanização influencia no clima local e é influenciado por ele, fornecendo informações para o planejamento e projeto urbanos. Adotando experimentos em túnel de

vento, medições microclimáticas em campo e análises estatísticas de correlação e de regressão lineares múltiplas, Carvalho (2006) verificou que o processo de urbanização tem modificado o clima de um trecho dos bairros de Cabo Branco e Tambaú, João Pessoa/PB, formando ilhas de calor significativas e mostrando a fragilidade dos parâmetros de planejamento estabelecidos na legislação urbana vigente. Sobre a mesma pesquisa, Carvalho (2006) percebeu que a relação entre a temperatura do ar e o fator de visão do céu depende da direção e da velocidade do vento incidente, e diferentemente de estudos antecedentes, no caso de João Pessoa o menor coeficiente de fator de visão do céu proporcionou menores temperaturas do ar.

Ainda abordando a importância e a inter-relação entre os recintos urbanos e fatores climáticos, Bittencourt (2006), em pesquisa desenvolvida na cidade de Recife – PE, verificou a interação térmica entre dois edifícios confrontantes, inseridos no bairro de Boa Viagem, através de medições horárias de temperatura do ar, umidade relativa, direção e velocidade dos ventos através de cinco estações meteorológicas instaladas nas fachadas confrontantes dos dois edifícios. Naquela mesma pesquisa e em igual período, Bittencourt (2006) efetuou, em oito horários diários, medições de temperatura superficial das fachadas e piso entre tais edifícios e de temperatura radiante, através de termômetro de globo posicionado entre eles. Os dados obtidos foram confrontados com os da estação meteorológica do aeroporto local, de referência, e analisados utilizando-se o método de análise estatística de Pearson. Através dos resultados obtidos, Bittencourt (2006) constatou que as temperaturas médias das fachadas e do ar entre os edifícios são influenciadas pela radiação solar direta, assim como pela reflexão da radiação solar e emissão de radiação de onda-longa, através da fachada do edifício confrontante e piso entre eles. Bittencourt (2006) comparou os dados obtidos nas medições com os dados da estação de referência e verificou uma acentuada diminuição da velocidade média do vento e aumento da temperatura média do ar, o que permitiu concluir que o modelo de planejamento urbano atualmente adotado no local de estudo não é a solução bioclimática mais adequada, favorecendo a formação de ilha de calor entre os edifícios analisados.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

O presente capítulo descreve as bases teóricas que fundamentaram esta pesquisa, dentre elas, a metodologia desenvolvida por Pereira (1994), com base no método das radiações ponderadas de Aroztegui (1980), além dos diagramas de trajetória solar para a latitude de João Pessoa e da utilização de softwares para cálculo das radiações diretas e difusas e para a confecção de máscaras de obstrução solar.

3.1 Método de determinação das Radiações Ponderadas horárias

O estudo desenvolvido por Aroztegui (1980) propôs um método para projeto e avaliação de proteções solares externas, considerando o tratamento de três fontes de informação:

- **Condições climáticas:** representadas pela temperatura do ar externo e radiações solares incidentes nos planos verticais (fachadas);
- **Exigências psico-fisiológicas** humanas frente às condições climáticas locais;
- **Geometria da situação:** representada pela geometria do entorno construído e pela posição do sol.

A metodologia utiliza-se do Diagrama de Trajetória Solar (projeção estereográfica) e das máscaras de obstrução do entorno, definindo graus de desejabilidade e indesejabilidade do ser humano frente à insolação.

A satisfação e insatisfação com relação à radiação solar são definidas por Aroztegui (1980) através de um sistema de ponderação para as radiações solares incidentes nas fachadas, durante todo o ano, possibilitando, assim, uma avaliação quantitativa direta da existência ou não da insolação.

Para representar o grau de satisfação (desejabilidade) e insatisfação (indesejabilidade) do usuário para com a insolação, de acordo com Aroztegui (1980), utiliza-se o afastamento da temperatura ambiente (T_a , composta por 3/4 partes da temperatura do ar externo e 1/4 da temperatura média mensal) da temperatura neutra (T_n)², definida por Humphreys (1978) como:

$$T_n = 11,9 + 0,534 \times t_{\text{média mensal}} \quad \text{Eq. 01}$$

Onde:

² Temperatura na qual o usuário, numa determinada localidade climática, não preferiria que ela fosse nem maior nem menor. Na Eq. 01, destinada a edifícios com ventilação natural, Humphreys (1978) demonstrou a relação existente entre temperatura externa média mensal e a temperatura interna de conforto.

T_n = temperatura neutra

T_{média mensal} = temperatura média mensal

Portanto, a grandeza desse afastamento é traduzida em **fatores de ponderação (FP)** das radiações solares; que serão negativos (indesejabilidade) quando a primeira (Ta) for superior a segunda (Tn) e, positivos (desejabilidade) na situação inversa.

$$\boxed{FP = (Ta - Tn)^{\alpha}} \quad \text{Eq. 02}$$

Onde:

Ta = temperatura ambiente;

Tn = temperatura neutra;

α = expoente (calor = 1,5; frio = 0)

Quando fator de ponderação for negativo significa que a temperatura ambiente é maior do que a temperatura neutra, demonstrando o grau de insatisfação (indesejabilidade) do ser humano frente aquelas condições térmicas. Quando fator de ponderação for positivo significa que a temperatura neutra é maior do que a temperatura ambiente, demonstrando o grau de satisfação (desejabilidade) do ser humano.

FP = NEGATIVO, quando Ta > Tn (grau de satisfação indesejável)

FP = POSITIVO, quando Tn > Ta (grau de satisfação desejável)

O produto desses fatores de ponderação (positivos ou negativos) pelas radiações (diretas e difusas) no plano vertical, resulta em níveis horários de “radiação ponderada” durante os solstícios e equinócios. Esses valores de radiação ponderada (positivos ou negativos) são colocados no diagrama solar para cada orientação e, quando, a máscara de obstrução é superposta, torna-se possível quantificar as radiações e as necessidades de sombreamento da fachada.

Pereira (1994), em um estudo desenvolvido para a cidade de Porto Alegre –RS, utilizando-se da metodologia proposta por Aroztegui (1980) para determinação dos diagramas das radiações ponderadas horárias, determinou intervalos de ângulos de céu obstruídos para cada uma das oito orientações (Norte, Nordeste, Leste, Sudeste, Sul, Sudoeste, Oeste e Noroeste). Os diagramas de trajetória solar com as radiações ponderadas para cada fachada

são superpostos sobre as máscaras de obstrução solar no sistema estereográfico, geradas por ângulos de obstrução vertical com variação de 0° (linha do horizonte) até 90°, assumindo uma simulação das edificações sem recuos laterais (assemelhando-se um muro contínuo). A análise do conjunto de diagramas resulta em gráficos com os somatórios e balanços das radiações ponderadas que são calculados de acordo com a orientação da fachada e o período do ano/dia: Verão/manhã, Verão/tarde, Inverno/manhã e Inverno/tarde.

Os intervalos de ângulos de céu obstruídos são determinados a partir dos somatórios e balanços das radiações ponderadas para cada orientação de fachada, lançados em tabelas e gráficos. Para a definição destes ângulos e análise dos gráficos, Pereira (1994) considera que pelo menos dois dos seguintes critérios devem ser satisfeitos simultaneamente: balanço anual das radiações ponderadas positivo; balanço das radiações ponderadas positivo para os equinócios (março – setembro) e mínimo de 1,5 a 2 horas de insolação no período de inverno.

3.2 Radiações Solar Direta e Difusa

A radiação solar atinge a superfície terrestre de duas formas: direta e difusa. O acúmulo destes dois componentes denomina-se radiação global.

Segundo Bardou e Arzonmaniam (1981), *apud* Bittencourt (2004), a cor azul do céu é dada pela difusão que se produz nos comprimentos de onda maior que as dimensões das moléculas que esbarram na radiação. A absorção e reflexão da radiação solar depende dos componentes que estejam em suspensão na atmosfera (poluição, poeira, gases, como o ozônio, etc). Do total de radiação que chega no topo da atmosfera, cerca de 20% é refletido pelas nuvens e 5% pela superfície da terra. Do restante que não é refletido, 25% é absorvido pela atmosfera, 27% é absorvido pela superfície da terra de forma direta (radiação direta) e 23% é absorvido de forma indireta (radiação difusa) pela terra.

A quantidade e a intensidade da radiação difusa depende, basicamente, da latitude, da altitude, da declinação solar e da quantidade de nuvens, explicadas pelo fato das radiações em locais de maior latitude incidirem de forma inclinada ao plano do observador, enquanto em latitudes menores, como o caso da cidade de João Pessoa (7° 08' de Latitude Sul), onde a direção das radiações é praticamente perpendicular, observa-se grande quantidade durante todo o ano.

Para cálculo das radiações diretas e difusas necessárias para esta pesquisa, utilizou-se do software *RadPlan*, desenvolvido pelo Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Rural do Rio de Janeiro. A partir de dados como radiação solar incidente no

plano horizontal (kwh/m^2), a orientação da fachada, o albedo, a inclinação do plano (variando de 0° a 90°), a latitude e o mês, lançados no programa, é possível calcular as radiações diretas, difusas e refletidas diárias e mensais. Para cada orientação de fachada que se pretende computar, devem ser escolhidos o mês, a latitude e a radiação solar incidente no plano horizontal para uma determinada hora do dia. Com esses dados lançados, o programa gera automaticamente os dados de radiações direta, difusa e refletida.

3.3 Diagrama de Trajetória Solar

Para uma melhor compreensão do diagrama de trajetória solar, é importante o entendimento, primeiramente, dos movimentos de rotação e de translação da Terra.

A Terra gira em torno do sol formando um plano elíptico, que devido a sua forma, acarreta uma variação no fluxo da energia solar recebida pela Terra e divide o ano em dois períodos: os solstícios³ (Verão e Inverno) e os equinócios⁴ (Outono e Primavera). Além disso, o eixo de rotação da Terra, que passa pelos pólos, forma um ângulo de $23^\circ 27'$ em relação ao plano que contém a trajetória elíptica da Terra, sendo essa inclinação a responsável pelas diferenças estacionais ao longo do ano (Figura 3.1).

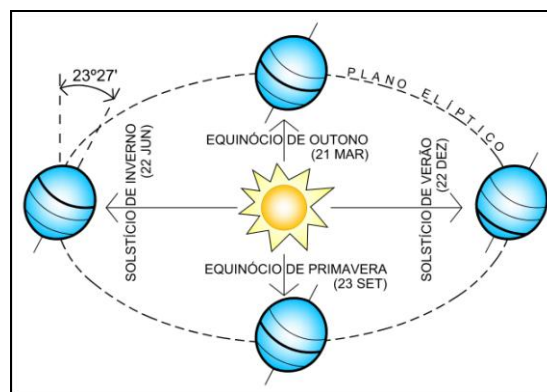


Figura 3.1 - Percurso da Terra em torno do sol ao longo do ano

Os diagramas de trajetória solar são representações gráficas do percurso do sol na abóbada celeste, nas diferentes horas do dia e nos períodos do ano, variando em função da latitude. Em geral, são representados pelo sistema estereográfico ou projeção estereográfica que consiste na técnica de projetar figuras sólidas sobre um plano cujas linhas de projeção

³ Solstício – época do ano na qual o eixo de rotação da Terra encontra-se no plano perpendicular ao plano da elíptica, passando pelo centro do sol. Isso se dá em 22 de dezembro e 22 de junho. O termo solstício é de origem latina e significa “sol parado”.

⁴ Equinócio – Palavra de origem latina que significa “dias iguais”. Corresponde ao período do ano em que os dias são da mesma duração que as noites, coincidindo com os dias 21 de março e 23 de setembro.

convergem para um único ponto.

Esses diagramas solares podem auxiliar muito no Desenho Urbano de um determinado local, contribuindo, por exemplo, para a definição do sistema viário, estudo da insolação e sombreamento em edifícios, além da escolha da arborização urbana com fins de sombreamento, entre outros.

Na Figura 3.2, observa-se o diagrama de trajetória solar para a latitude da cidade de João Pessoa. Neste, assim como em outros diagramas para diferentes latitudes, percebem-se linhas curvas horizontais e verticais, distribuídas no diagrama, que representam os meses e as horas do dia, respectivamente. As linhas horizontais indicam a projeção da trajetória solar durante os meses do ano; as horas do dia são representadas pelas linhas verticais (06h às 18h). Os valores observados na parte periférica do diagrama indicam o azimute⁵.

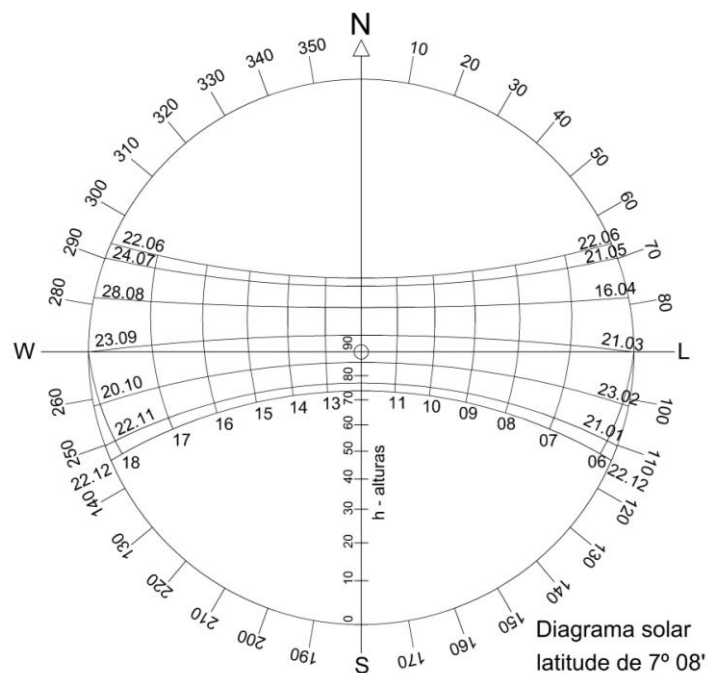


Figura 3.2 - Diagrama de Trajetória Solar para a latitude da cidade de João Pessoa

3.4 Máscaras de Obstrução Solar

A máscara de obstrução solar é a representação gráfica dos obstáculos que impedem a visão da abóbada celeste a partir de um observador localizado em um local qualquer. A máscara de obstrução de um ponto pode ser gerada com utilização de uma máquina fotográfica acoplada a uma lente denominada “olho de peixe” (Figura 3.3). Devido ao alto

⁵ Azimute é o ângulo formado pela projeção horizontal do raio solar sobre uma superfície em uma direção estabelecida a partir do Norte.

custo dessa lente, são mais desenvolvidas, entre os pesquisadores, as representações gráficas manuais ou com a utilização de *softwares*.

Para confecção das máscaras de obstrução solar presentes nesta pesquisa, utilizou-se do programa *ArcView GIS 3.2* e sua extensão *3DSkyView26*, esta desenvolvida em conjunto pela Prof. Dra. Léa Cristina Lucas de Souza do Departamento de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo da UNESP e os docentes Prof. MSc. Daniel S. Rodrigues e Prof. Dr. José Mendes, da Universidade do Minho (Braga, Portugal). A extensão *3DSkyView26*, quando ativada no programa, possibilita a confecção de máscaras de obstrução solar com base em um determinado ponto, denominado de Observador, localizado dentro de uma determinada área previamente digitalizada em escala contendo os perfis das edificações (polígonos) com os valores de suas respectivas alturas, digitalizadas em tabelas. O programa permite também que o usuário informe quais as edificações (polígonos) que devem estar contidas na máscara a ser gerada, digitando o valor de um raio (em metros) com centro no Observador (ponto) para que se determine qual a área de influência sobre aquele ponto.



Figura 3.3 - Imagens tiradas com máquina fotográfica acoplada a uma lente “olho de peixe”
FONTE: Assis (1995)

4. METODOLOGIA

A pesquisa desenvolvida encontra-se dividida em cinco etapas descritas a seguir:

ETAPA 01- Deu-se a revisão bibliográfica sobre o tema abordado na pesquisa, com vistas ao seu embasamento teórico.

ETAPA 02- etapa de cunho exploratório e apreensão visual da área

Esta etapa subdivide-se em duas fases:

FASE 01- Realizou-se o levantamento físico da área, buscando o seu conhecimento pormenorizado. Para tanto, foram utilizadas documentações técnicas obtidas junto à PMJP, cartas plani-altimétricas, levantamentos aerofotogramétricos e fotográficos.

FASE 02- Fez-se a digitalização da área, utilizando-se dos programas *AutoCAD* e *Arcview GIS 3.2*, em planta de dados coletados *in loco* para apoiar as etapas subseqüentes.

ETAPA 03- levantamento de dados

Esta etapa subdivide-se em quatro fases:

FASE 01- Nesta primeira fase foi coletada uma série de dados climáticos, temperaturas (°C) e radiações solares (wh/m²), junto à Estação Meteorológica do Laboratório de Energia Solar da UFPB referentes ao ano de 2003, a partir dos quais foram calculadas a temperatura e a radiação solar médias horárias em cada mês (6h às 18h) e a temperatura média mensal durante o ano medido. Na seqüência, determinaram-se os fatores de ponderação (através da fórmula constante no Capítulo 4) e as radiações direta e difusa no plano vertical. Para o cálculo das radiações, direta e difusa, utilizou-se o software *RadPlan*⁶, desenvolvido pelo Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Rural do Rio de Janeiro.

FASE 02- Através do produto dos fatores de ponderação pelas radiações (diretas e difusas), foram calculados valores de radiações ponderadas horárias (6h às 18h), lançadas no diagrama de trajetória solar de projeção estereográfica feito para a latitude da cidade de João Pessoa (ver diagramas no Apêndice A), para cada uma das oito principais orientações (Norte, Nordeste, Leste, Sudeste, Sul, Sudoeste, Oeste e Noroeste).

FASE 03- Utilizando-se do programa *ArcView GIS 3.2* e sua extensão *3DSkyView26* foram traçadas máscaras de obstrução solar no sistema estereográfico, geradas por ângulos de

⁶ Para o cálculo das radiações diretas e difusas, utilizou-se do albedo do solo igual 0,2.

obstrução vertical com variação de 0° (linha do horizonte) até 90° a cada 5°, assumindo uma simulação das edificações sem recuos laterais (assemelhando-se um muro contínuo) e com recuo frontal⁷ entre as edificações igual a 22m.

FASE 04- Nesta fase fez-se a superposição de cada um dos diagramas de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias (AROTEGUI, 1980) sobre as máscaras de obstrução solar (PEREIRA, 1994), gerando então uma série de 144 diagramas a serem analisados.

ETAPA 04- sistematização e análise dos dados obtidos

Esta etapa subdivide-se em duas fases:

FASE 01- A análise do conjunto de diagramas resultou em 24 tabelas (ver Apêndice C) e 24 gráficos (ver Capítulo 5) que expressam os somatórios e os balanços das radiações ponderadas, calculados de acordo com:

- A orientação da fachada;
- O período do ano/dia:
 - Verão manhã (outubro a março; 6:00h às 11:00h);
 - Verão tarde (outubro a março; 12:00h às 18:00h);
 - Inverno manhã (abril a setembro; 6:00h às 11:00h);
 - Inverno tarde (abril a setembro; 12:00h às 18:00h).

Para auxiliar a análise dos gráficos e a determinação dos ângulos de céu obstruídos foi necessária a definição de alguns critérios a serem seguidos para cada orientação:

- Balanço das radiações ponderadas anual negativo;
- Balanço das radiações ponderadas negativo para o solstício;
- Mínimo de 1,5 a 2 horas de insolação no período de inverno;
- A relação de influência, do ponto de vista do sombreamento, entre edificações paralelas. Obviamente, as fachadas nem sempre são paralelas entre si, porém como nesta pesquisa estão sendo consideradas orientações que são correlatas, considerou-se esse critério para determinação.

Após estudo pormenorizado dos gráficos e, buscando satisfazer os critérios descritos acima, obteve-se uma série de intervalos de ângulos de obstrução (Quadro 6.1).

FASE 02 – Determinaram-se pontos (A e B) na malha urbana para verificação da

⁷ É importante ressaltar que esta proposta utilizou-se do recuo frontal determinado pela legislação atual para João Pessoa igual a 5m e vias com 12m de largura (dimensão viária média, verificada no trecho estudado).

eficiência dos ângulos de céu decorrentes da ocupação do solo atual e os relativos aos adensamentos propostos por Peregrino (2005), considerando-se três fatores:

- Orientação da fachada (Norte, Sul, Leste e Oeste);
- Local onde houvesse possibilidade de modificação do entorno construído para comparação entre os adensamentos;
- E em função da modificação, pontos ventilados e de estagnação, dos ventos nos quatro adensamentos considerados.

Para verificação desses ângulos, foram geradas, utilizando-se do programa *ArcView GIS* 3.2 e sua extensão *3DSkyView26*, máscaras de obstrução solar⁸ de dois dos quatros adensamentos analisados: adensamento 01 (situação atual) e adensamento 04 (proposta), para cada uma das quatro fachadas analisadas nos pontos.

Em seguida, procederam-se as análises e conclusões dessa verificação.

ETAPA 05- Esta foi dedicada às considerações, redação final, revisão e diagramação do trabalho.

⁸ Para esta pesquisa foi utilizado um raio igual à 800m (para uma abrangência mais significativa dos elementos tridimensionais existentes na área), ou seja, as edificações que são observadas nas máscaras de obstrução solar estão contidas dentro de um círculo com diâmetro igual a 1600m e centro no observador (ponto determinado nas fachadas analisadas).

5. RESULTADOS PARCIAIS - Discussão e análise dos somatórios e balanços

Os cálculos desenvolvidos nesta pesquisa iniciaram-se com a utilização de série de dados climáticos (temperaturas e radiações solares) de João Pessoa, coletados junto à Estação Meteorológica do Laboratório de Energia Solar da UFPB, a partir dos quais, foram calculados os fatores de ponderação e as radiações diretas e difusas, e em seguida as radiações ponderadas horárias que foram lançadas no diagrama de trajetória solar para latitude de João Pessoa/PB, conforme descrito na Metodologia.

Os diagramas de trajetória solar superpostos sobre as máscaras de obstrução solar, geradas por ângulos de obstrução vertical com variação de 0° até 90°, resultaram em 18 diagramas para cada uma das oito fachadas, totalizando 144 diagramas. Devido a essa grande quantidade de diagramas, apenas constarão no Apêndice B os resultantes para fachada Norte. A análise desse conjunto de diagramas resultou em 24 quadros (Apêndice C) e 24 gráficos, analisados a seguir, gerados de acordo a orientação da fachada e o período do ano/dia.

Esses gráficos, Verão, Inverno e Anual, expressam os somatórios e balanços das radiações ponderadas positivas e negativas para cada ângulo de obstrução vertical, detectados na área visível do céu. Os valores de radiações ponderadas positivos expressam a desejabilidade do ser humano frente àquelas condições térmicas; os valores de radiações ponderadas negativos representam a sua indesejabilidade, conforme metodologia desenvolvida por Aroztegui (1980).

Os gráficos dos períodos de Verão e Inverno contêm cada um:

- Somatório manhã positivo (MANHÃ +): soma dos valores de radiações ponderadas positivos;
- Somatório manhã negativo (MANHÃ -): soma dos valores de radiações ponderadas negativos;
- Somatório tarde positivo (TARDE +): soma dos valores de radiações ponderadas positivos;
- Somatório tarde negativo (TARDE -): soma dos valores de radiações ponderadas negativos;
- Balanço MANHÃ: soma dos valores das radiações ponderadas positivos e negativos do período da manhã;
- Balanço TARDE: soma dos valores das radiações ponderadas positivos e negativos do período da tarde;

- Balanço do período (Verão ou Inverno): soma dos valores das radiações ponderadas positivos e negativos do período da manhã e da tarde.

O gráfico do Balanço Anual expressa:

- Balanço VERÃO: soma dos valores das radiações ponderadas positivos e negativos do período da manhã e da tarde;
- Balanço INVERNO: soma dos valores das radiações ponderadas positivos e negativos do período da manhã e da tarde;
- Balanço ANO: soma dos valores das radiações ponderadas do balanço do Verão e do Inverno.

Cada somatório e balanço descrito anteriormente estão representados nos gráficos (6.1 a 6.24) por curvas de diferentes cores, que para cada ângulo de obstrução possui um valor de radiação ponderada correspondente.

A seguir tem-se a análise desses gráficos para as fachadas Norte, Nordeste, Leste, Sudeste, Sul, Sudoeste, Oeste e Noroeste.

A fachada Norte recebe radiação no Verão (Gráfico 5.1), apenas no mês de Março e o dia inteiro em todo o período de Inverno (Gráfico 5.2 e Gráfico 5.3).

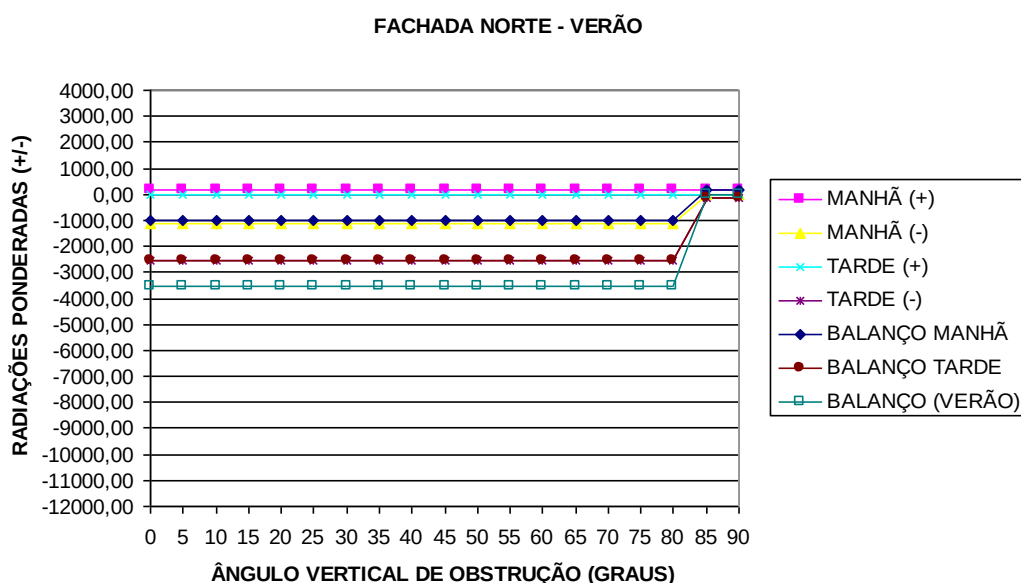


Gráfico 5.1 – Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para a fachada Norte no Verão

Percebe-se, no Gráfico 5.1 do balanço de verão da fachada Norte, que esta recebe pouca radiação negativa (aproximadamente -3.500,00 por dia) durante o período quando comparada às outras fachadas analisadas. Os somatórios e balanços para o período do Verão permanecem constantes em praticamente todos os ângulos de obstrução, modificando-se apenas a partir de 80° (Gráfico 5.1).

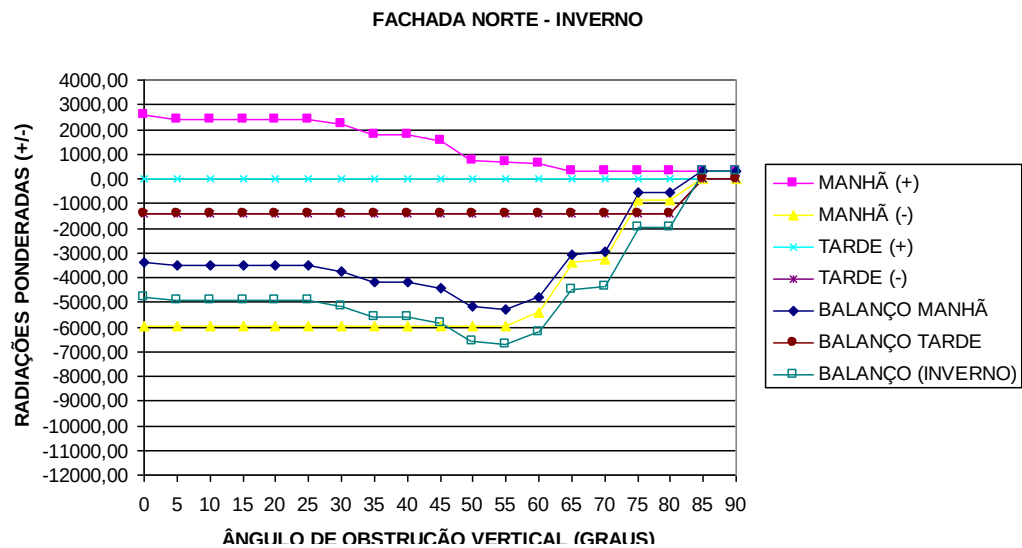


Gráfico 5.2 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para a fachada Norte no Inverno

No Inverno, o somatório manhã (+) expressa valores de radiações ponderadas acima de 2.000,00 entre os ângulos de 0° e 30° (Gráfico 5.2) o que difere para o mesmo período do Verão onde se detectam radiações positivas inferiores a 150,00 (Gráfico 5.1). No balanço de Inverno (Gráfico 5.2), verificam-se radiações ponderadas positivas pouco significativas entre os ângulos de 65° e 90°. Em contrapartida, os valores de radiações ponderadas ultrapassam os 6.500,00 indesejáveis entre 50° e 60° de ângulo de obstrução.

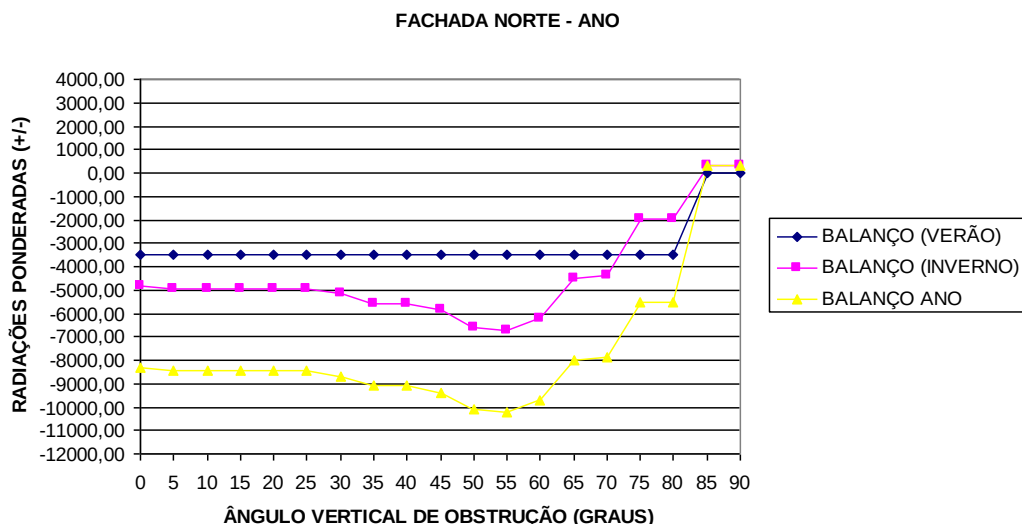


Gráfico 5.3 - Desenvolvimento das curvas dos balanços das radiações ponderadas para a fachada Norte

Comparando-se os balanços de Verão e de Inverno para fachada Norte (Gráfico 5.3), nota-se que no primeiro os valores são constantes, permanecendo entre -3.000,00 e -4.000,00, modificando-se apenas a partir de 80°. No segundo, o desenvolvimento da curva é mais irregular. Os valores iniciais estão próximos a -5.000,00 com pouca variação até 30°, onde ali

se percebe um aumento desse valor, vindo a diminuir significativamente apenas entre os ângulos 75° e 80°, detectando-se valores próximos a -2.000,00. O desenvolvimento da curva do balanço anual para fachada Norte é semelhante à do balanço de Inverno, diferindo apenas nos valores. Observa-se no balanço anual os mais altos valores de radiações ponderadas negativas entre os ângulos 50° e 55° (Gráfico 5.3).

Diferentemente da fachada Norte, as radiações incidem na fachada Nordeste pela manhã no Inverno e nas primeiras horas da tarde e, em grande parte do período da manhã no Verão.

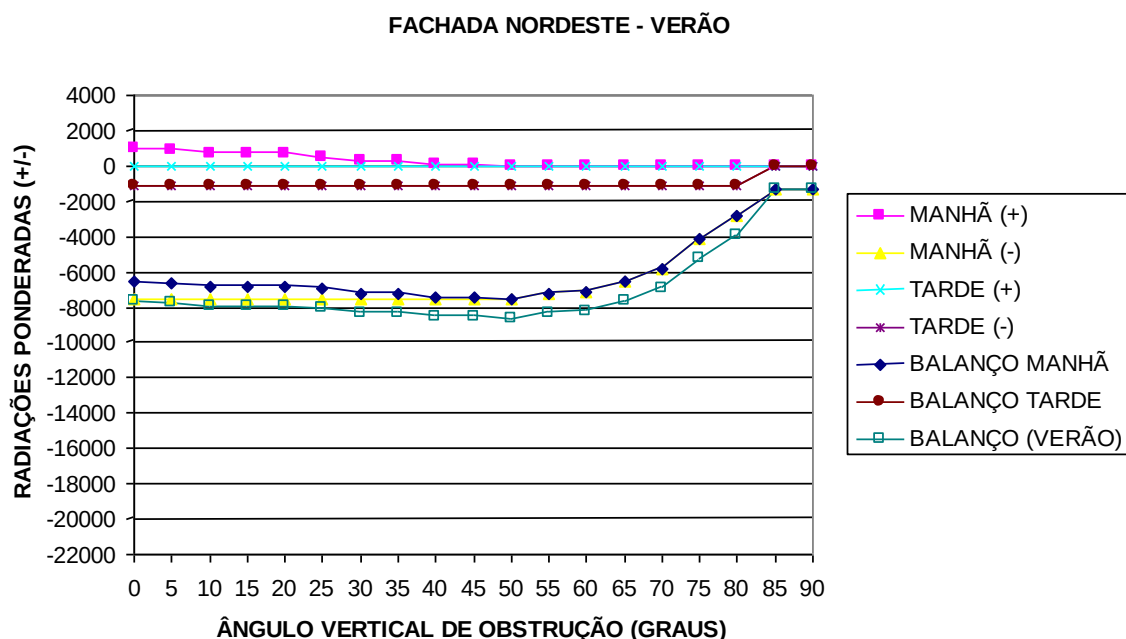


Gráfico 5.4 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para a fachada Nordeste no Verão

Conforme o Gráfico 5.4, no balanço da tarde os valores de radiações ponderadas permanecem constantes em praticamente todos os ângulos de obstrução, o que não ocorre no balanço da manhã onde se percebem radiações indesejáveis entre -6.000,00 e -8.000,00. A curva do balanço de Verão tem pouca variação entre 0° e 60°, com valores médios iguais a -8.000,00.

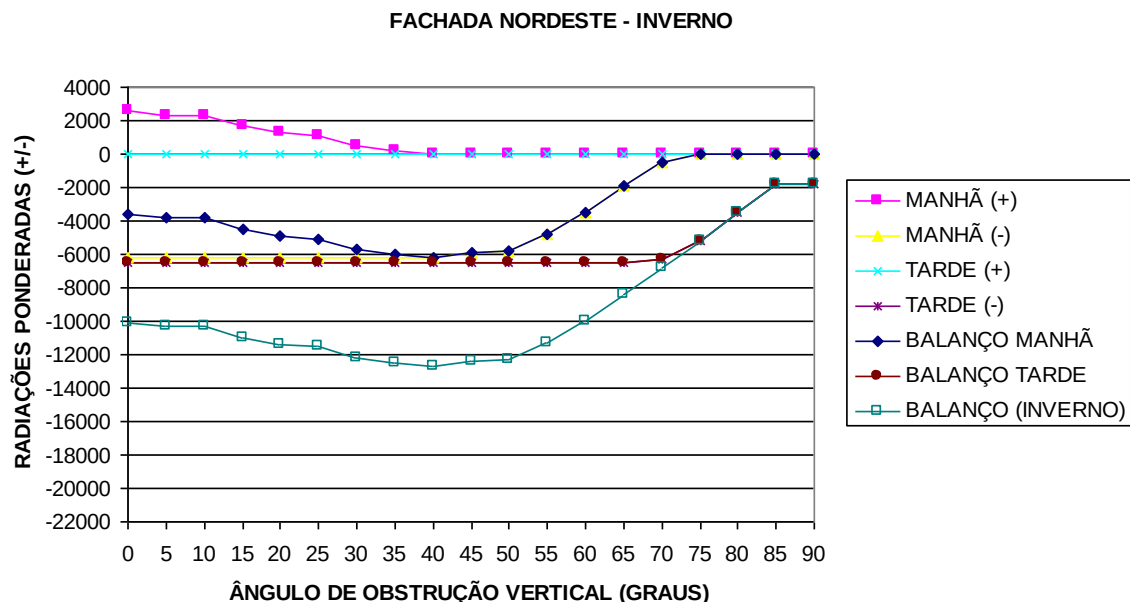


Gráfico 5.5 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para a fachada Nordeste no Inverno

Comparando-se os gráficos do balanço de Verão (Gráfico 5.4) com o do Inverno (Gráfico 5.5) para fachada Nordeste, verificam-se, nos dois casos, radiações positivas pela manhã e que não há radiação positiva no período da tarde.

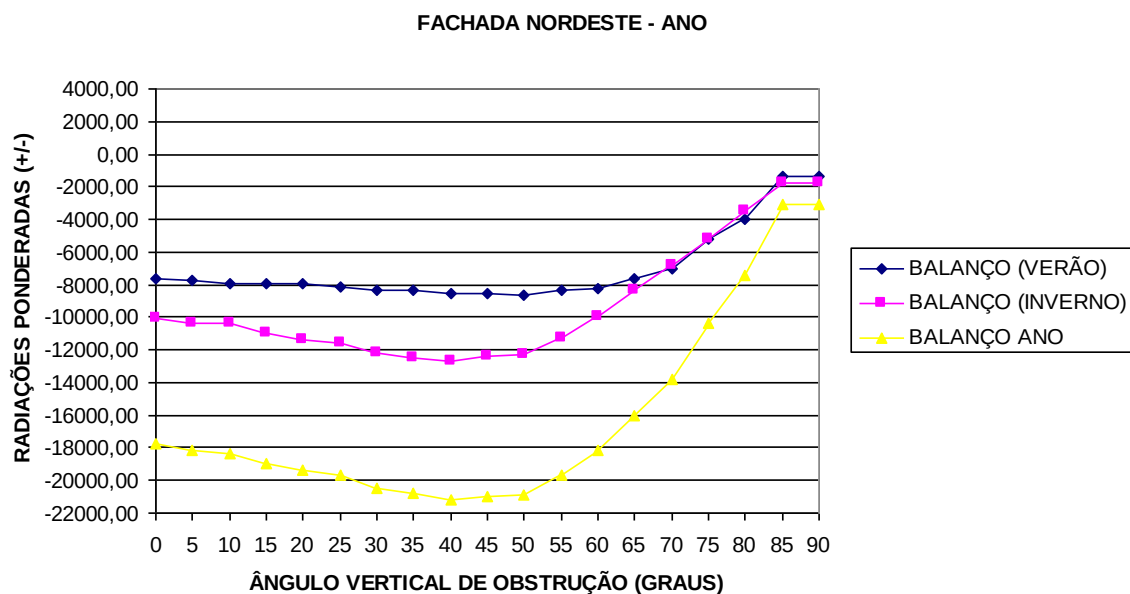


Gráfico 5.6 - Desenvolvimento das curvas dos balanços das radiações ponderadas para a fachada Nordeste

Altos valores de radiação ponderada negativa são verificados no balanço anual (Gráfico 5.6) entre os ângulos 40° e 50° (-21.201,62 e -20.881,69). Como nota-se no Gráfico 5.6, o balanço de Verão e o de Inverno são semelhantes a partir do ângulo de céu igual a 70°,

sendo a quantidade de radiação ponderada negativa recebida pela fachada nos períodos Verão e Inverno é similar.

Sobre a fachada Leste é importante ressaltar, antes da análise dos gráficos, que as radiações incidem apenas no período da manhã durante todos os meses do Verão e do Inverno.

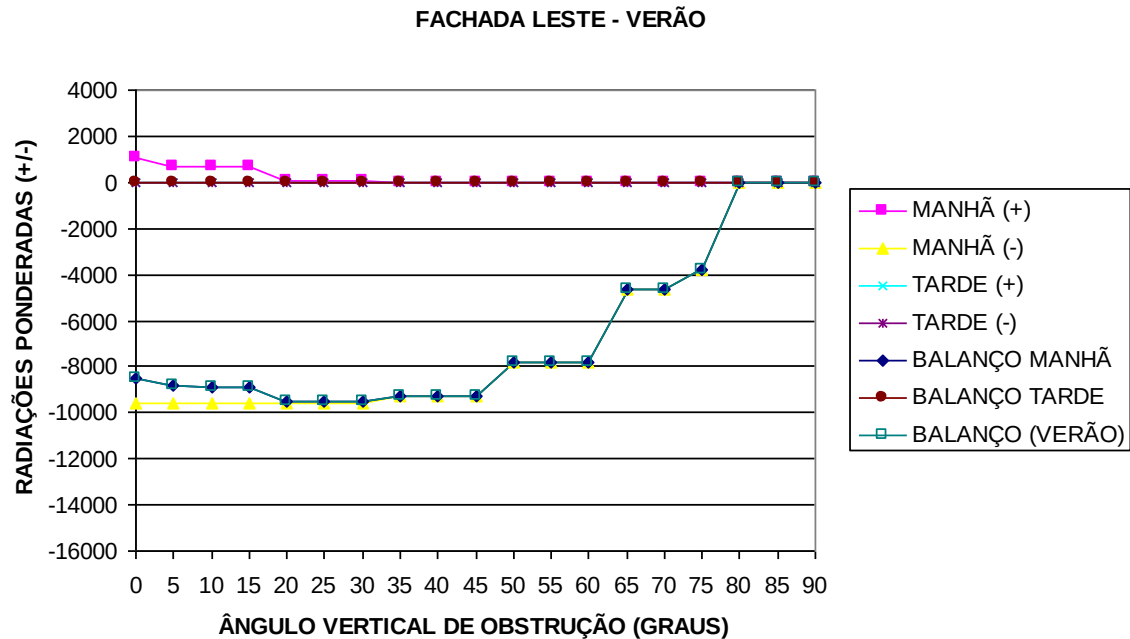


Gráfico 5.7 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para fachada Leste no Verão

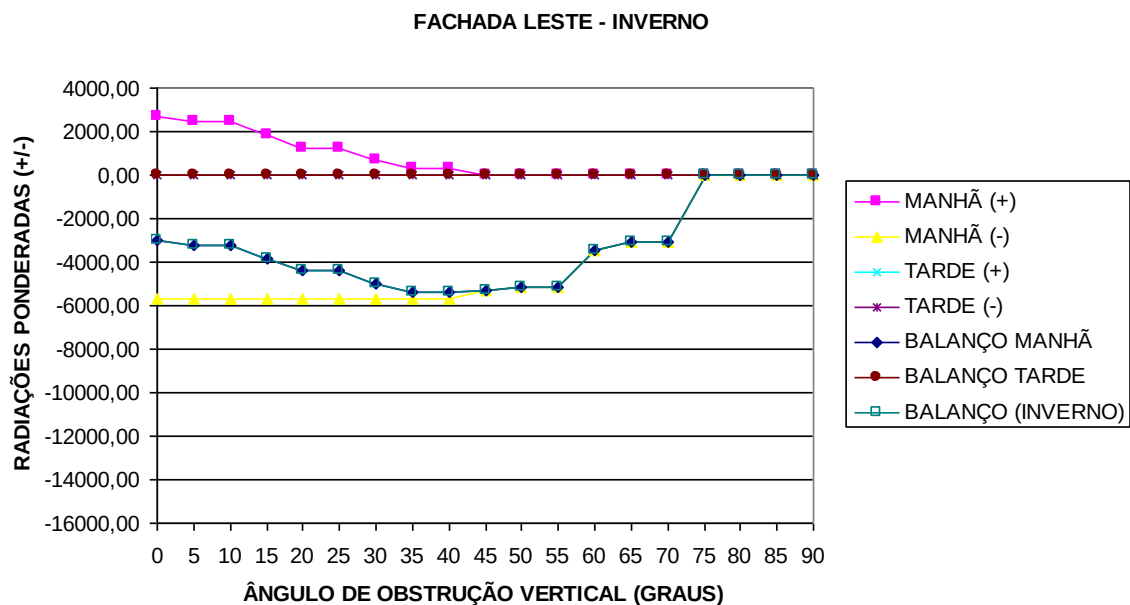


Gráfico 5.8 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para fachada Leste no Inverno

No período de Inverno, na fachada Leste (Gráfico 5.8), detectam-se radiações desejáveis (positivas) pela manhã entre 0° e 45°. No balanço de Inverno, os valores das

radiações indesejáveis (negativas) estão próximos a -6.000,00, permanecendo constantes até 40°. A partir daí, os valores reduzem-se a cada aumento de ângulo de céu, chegando a zero em 75°.

Conforme o Gráfico 5.7 e Gráfico 5.8, a fachada Leste não recebe radiação à tarde. Por isso, os balanços de Verão e de Inverno detectados são relativos às radiações do período da manhã. Entre esses dois balanços, percebe-se no de Verão que os valores de radiações indesejáveis são superiores aos do Inverno.

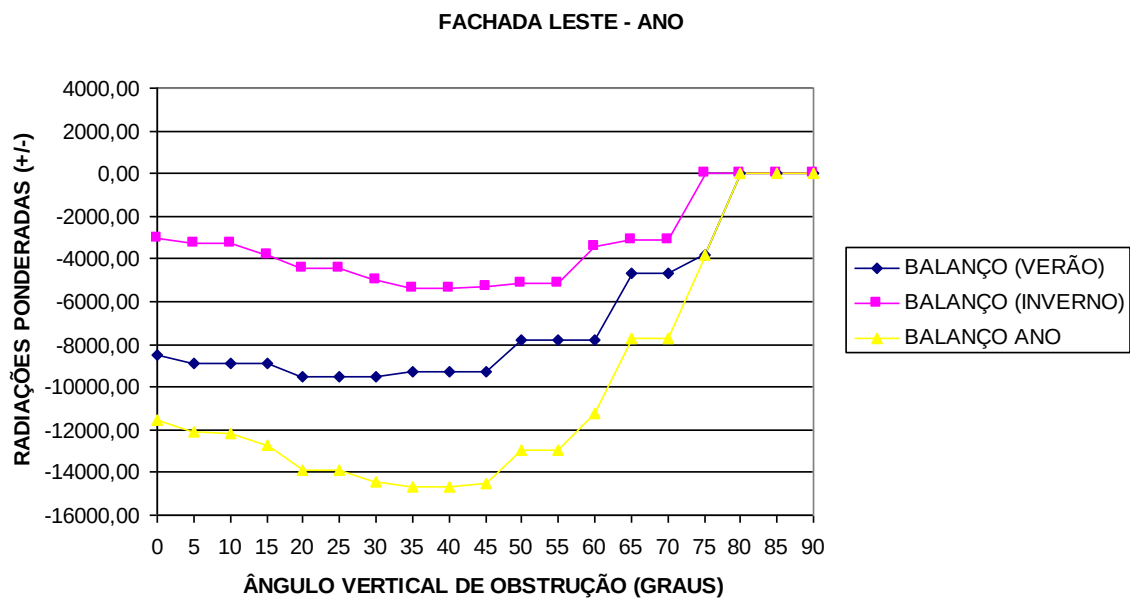


Gráfico 5.9 - Desenvolvimento das curvas dos balanços das radiações ponderadas para fachada Leste

Os balanços Verão, Inverno e Anual da fachada Leste (Gráfico 5.9) possuem desenvolvimentos diferenciados, embora os valores das radiações ponderadas sejam todos negativos, sendo mais intensos no Verão do que no Inverno. Os maiores valores de radiações ponderadas negativas no balanço anual detectados foram entre os ângulos de céu 30° e 50°. Nota-se que, apenas com o aumento da obstrução do entorno, ou seja com o aumento do ângulo obstruído, os valores tendem a diminuir significativamente.

Seguindo a análise dos gráficos, pode-se dizer que sobre a fachada Sudeste incidem radiações durante todo o período da manhã no Verão e em parte do Inverno, e ainda, nas primeiras horas da tarde no Verão.

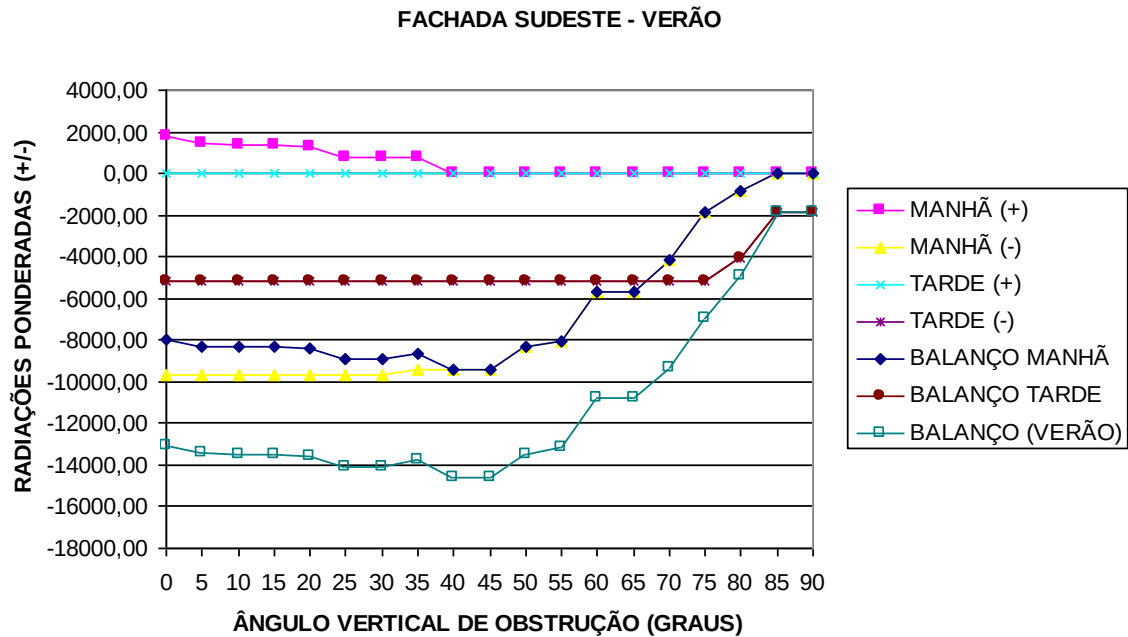


Gráfico 5.10 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para fachada Sudeste no Verão

No período de verão da fachada Sudeste (Gráfico 5.10) percebem-se apenas radiações desejáveis pela manhã. No balanço da tarde não se detectam radiações positivas e as negativas incidentes permanecem constantes de 0° a 75°. Nota-se ainda no Gráfico 5.10 que o balanço da manhã é superior ao da tarde, isto é, há mais radiações indesejáveis pela manhã do que à tarde. Esses valores tendem a mudar apenas quando o ângulo de obstrução ultrapassa os 65°.

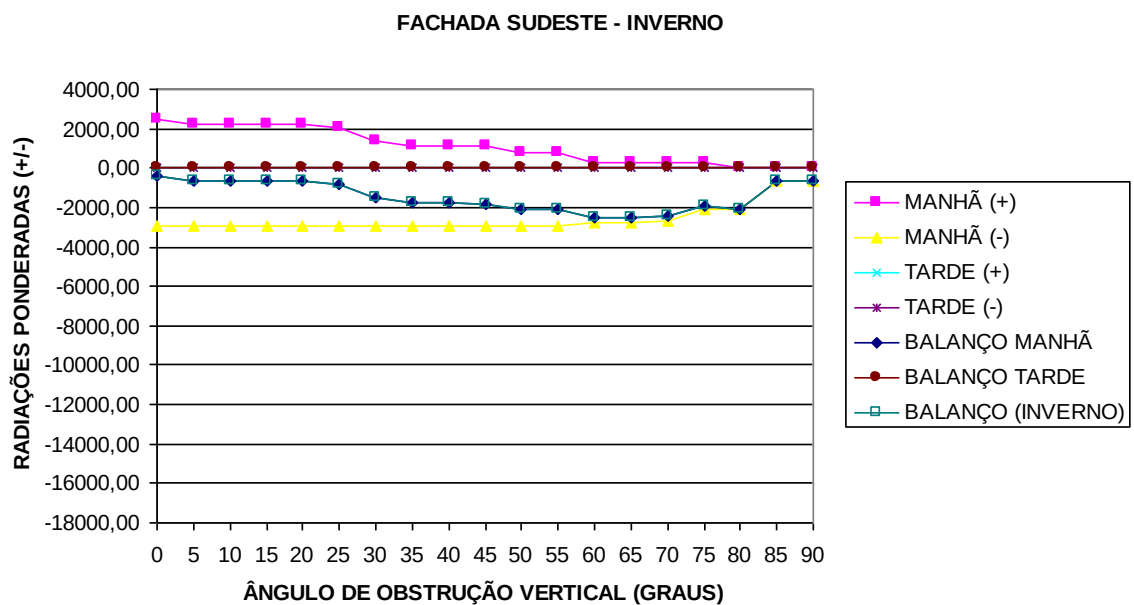


Gráfico 5.11 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para fachada Sudeste no Inverno

Observam-se, no Gráfico 5.11, da fachada Sudeste, as menores radiações ponderadas

negativas no balanço de Inverno dentre as outras fachadas analisadas, sendo quase quatro vezes menor do que no balanço de Verão. Além disso, percebem-se radiações desejáveis no período da manhã em quase todos os ângulos.

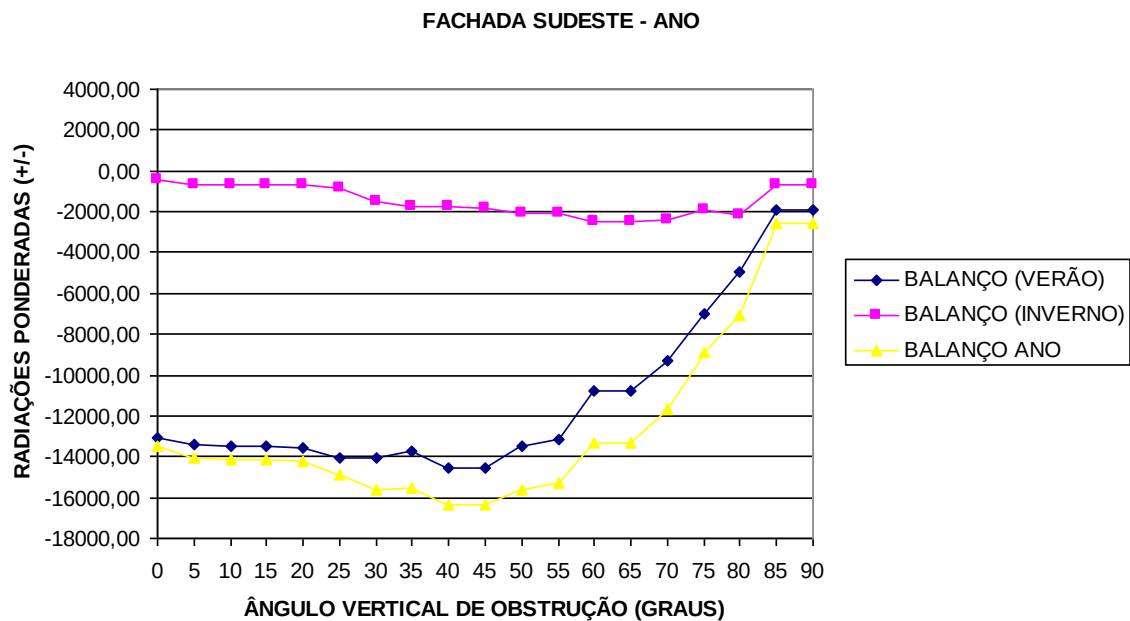


Gráfico 5.12 - Desenvolvimento das curvas dos balanços das radiações ponderadas para fachada Sudeste

Nota-se no Gráfico 5.12 que as radiações indesejáveis são consideravelmente superiores no Verão do que no Inverno, assim como no balanço anual onde se percebem valores próximos a -16.000,00 entre os ângulos de 40° e 45°. Detecta-se ainda, no Gráfico 5.12, que as radiações verificadas no balanço de verão e no anual tendem a diminuir significativamente a partir do ângulo de céu igual a 65°.

Conforme o Gráfico 5.13, Gráfico 5.14 e Gráfico 5.15 a seguir, sobre a fachada Sul, percebem-se radiações incidindo em todos os meses do Verão (outubro a março), com exceção do mês de Março.

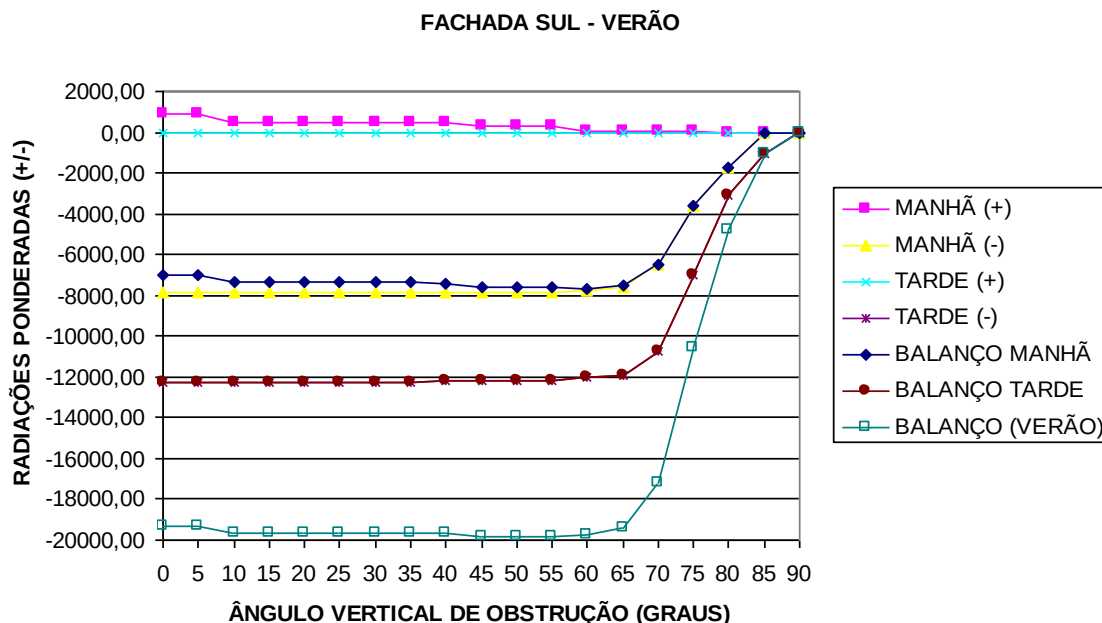


Gráfico 5.13 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para a fachada Sul no Verão

Todos os balanços incidentes na fachada Sul são praticamente constantes até 65°. A partir de então tendem a diminuir significativamente. Conforme o Gráfico 5.13, a fachada Sul recebe no Verão radiações indesejáveis, aproximadamente -20.000,00 por dia. O que contribui para esse valor são as radiações indesejáveis pela manhã e à tarde. A pouca radiação desejável detectada no período da manhã (entre +300,00 e +800,00) não contribui para reduzir os altos valores negativos incidentes no período.

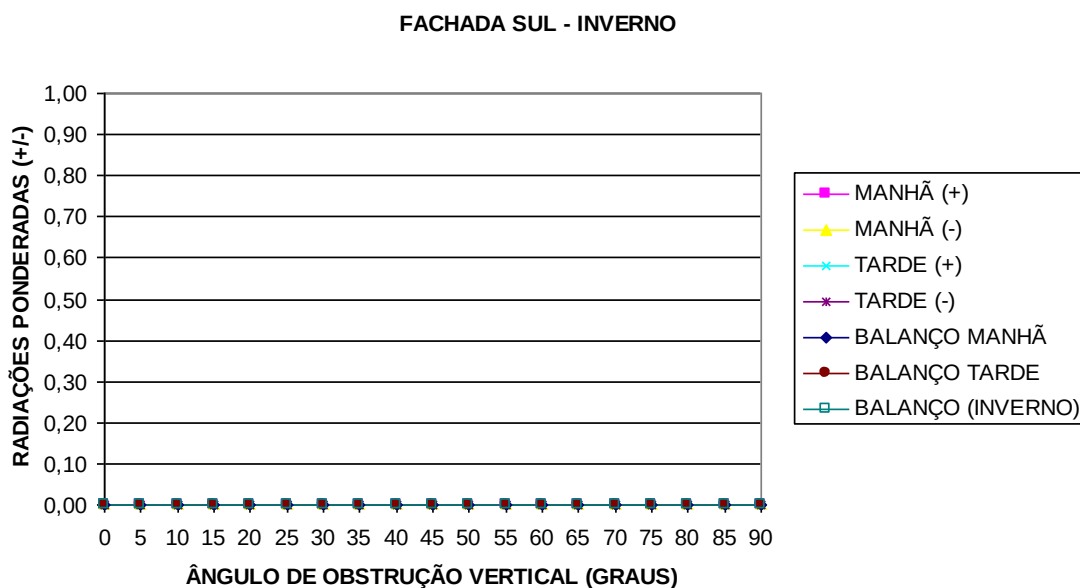


Gráfico 5.14 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para a fachada Sul no Inverno

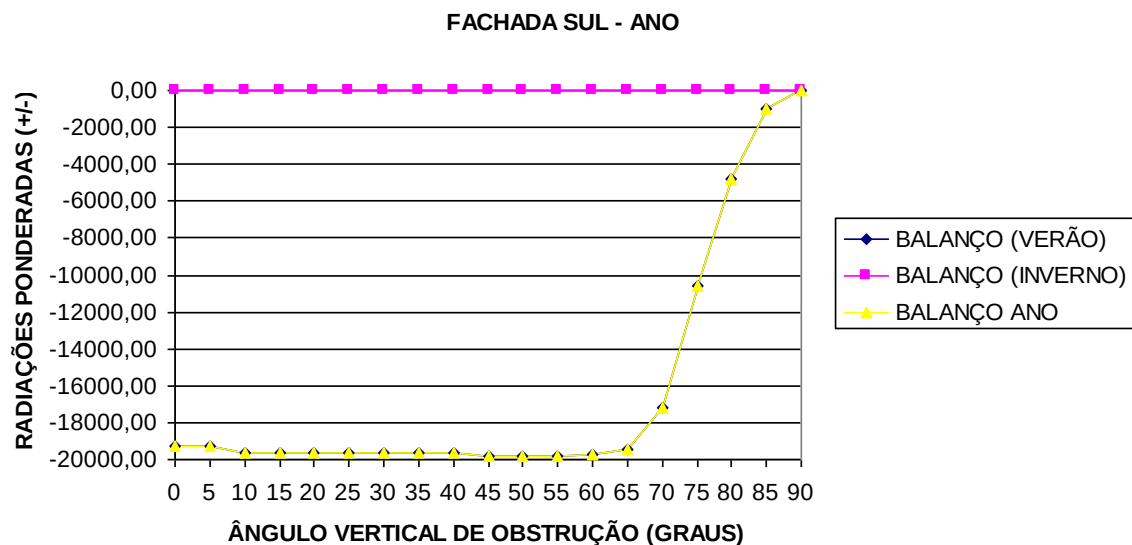


Gráfico 5.15 - Desenvolvimento das curvas dos balanços das radiações ponderadas para a fachada Sul

Como observado no Gráfico 5.14, a fachada Sul não recebe radiação no período do inverno. Isto significa que a curva do balanço de verão será a mesma do balanço anual, verificando-se altos valores de radiação ponderada negativa (Gráfico 5.15).

Sobre a fachada Sudoeste incidem radiações em parte da manhã e em toda tarde no período de Verão, e, no Inverno, em quase todas as horas da tarde, como demonstram os gráficos a seguir (Gráfico 5.16, Gráfico 5.17 e Gráfico 5.18).

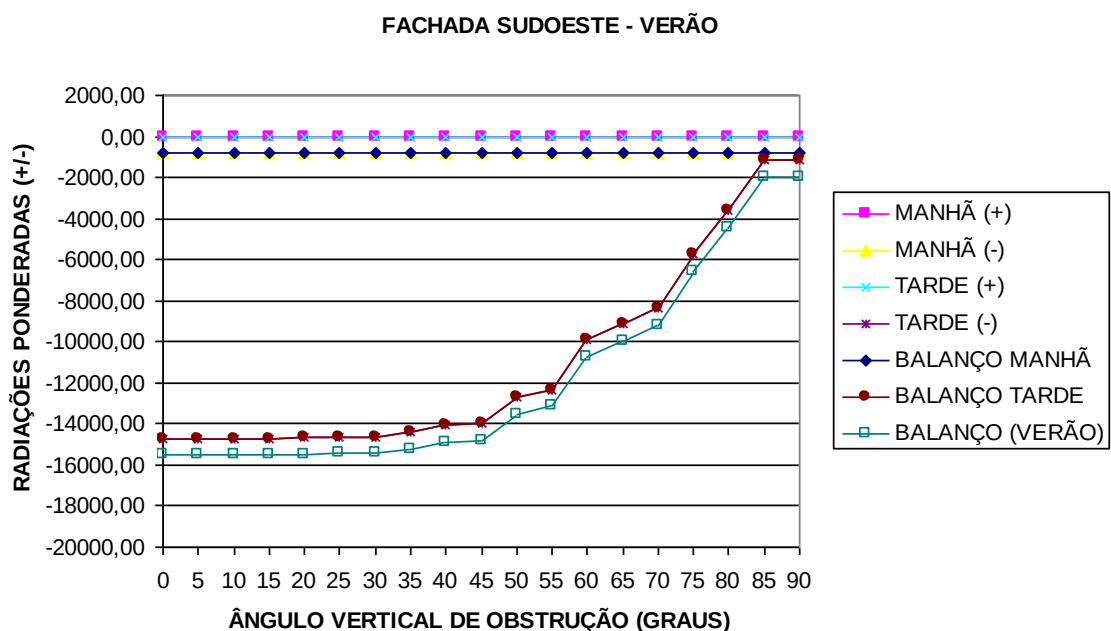


Gráfico 5.16 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para a fachada Sudoeste no Verão

O balanço da manhã para o Verão permanece constante para todos os ângulos (Gráfico

5.16), significando que a radiação indesejável incidente na fachada ocorre independentemente do ângulo de obstrução. Em contrapartida, no balanço da tarde detectam-se radiações negativas superiores a -14.000,00 que só tendem a diminuir consideravelmente com o aumento da obstrução do céu, ocorrendo o mesmo para o balanço do dia para o Verão (Gráfico 5.16).

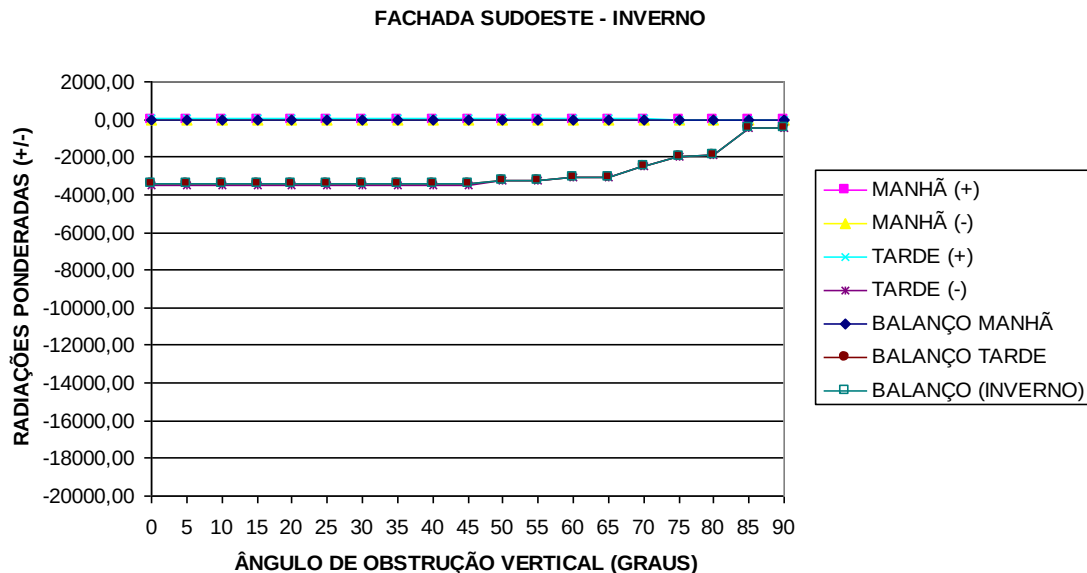


Gráfico 5.17 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para a fachada Sudoeste no Inverno

Por não receber radiação pela manhã no período de Inverno, o balanço correspondente ao período é o mesmo do da tarde, uma superposição das curvas no Gráfico 5.17, verificando-se radiações indesejáveis praticamente contínuas ao longo de quase todos os ângulos.

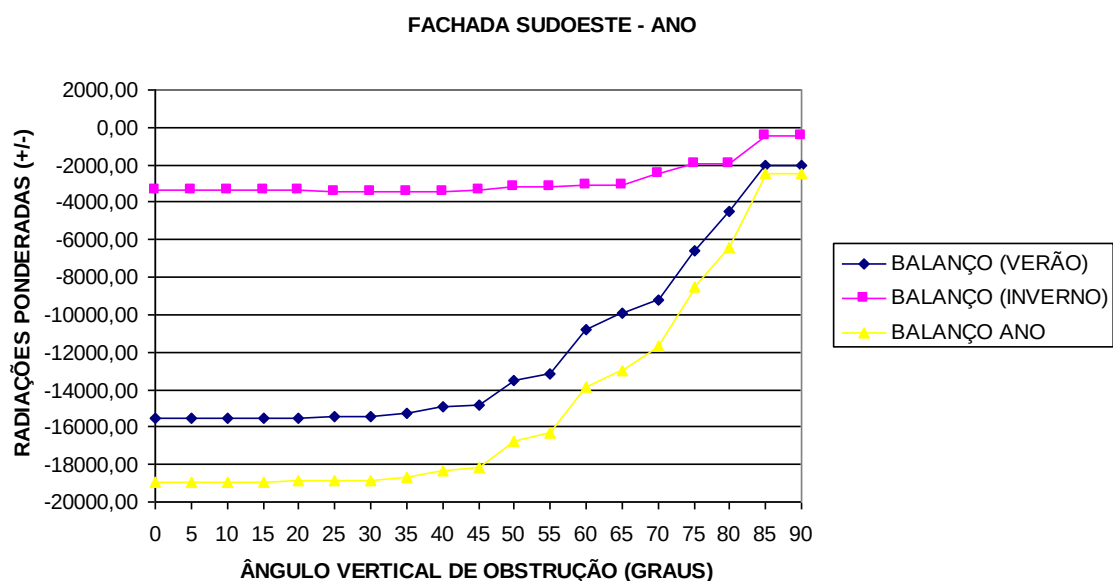


Gráfico 5.18 - Desenvolvimento das curvas dos balanços das radiações ponderadas para a fachada Sudoeste

Conforme Gráfico 5.18, na fachada Sudoeste verifica-se um balanço de Verão

aproximadamente cinco vezes superior ao de Inverno com radiações indesejáveis à tarde no Verão maiores do que para o mesmo período no Inverno. No balanço de Verão e no anual, são detectadas altas radiações que só começam a diminuir, significativamente, a partir do ângulo de obstrução igual a 60°.

A fachada Oeste, assim como a fachada Leste, recebe radiações no Verão e no Inverno. Porém, na fachada Oeste incidem apenas as radiações do período da tarde, percebidas-se no Gráfico 5.19, Gráfico 5.20 e Gráfico 5.21.

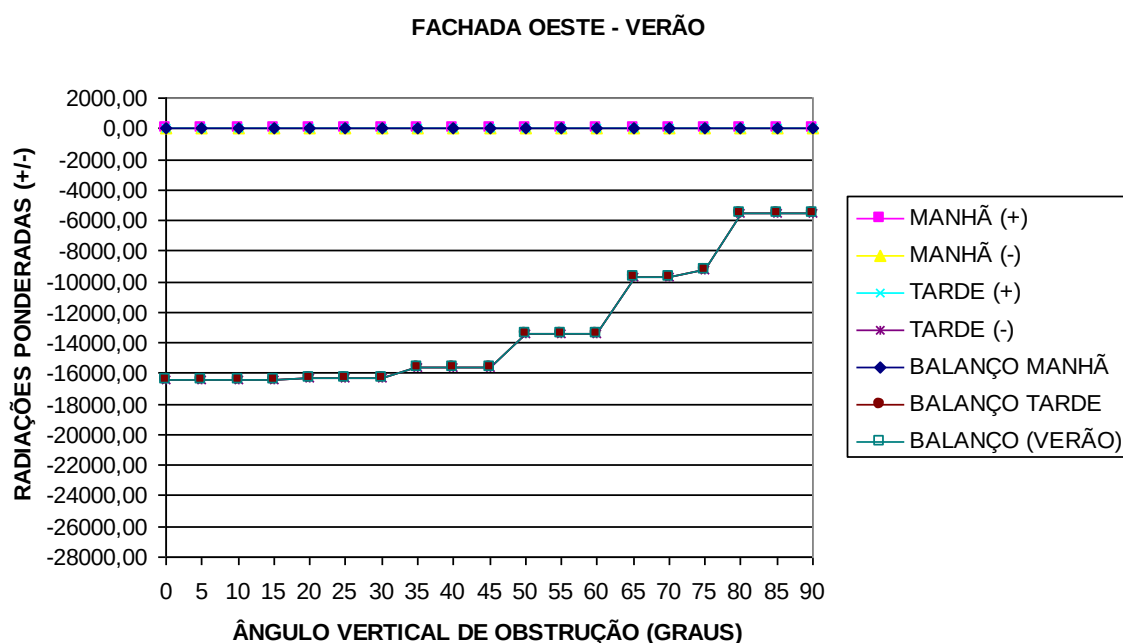


Gráfico 5.19 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para a fachada Oeste no Verão

Por não se detectar radiações no período da manhã, a curva do Gráfico 5.19 correspondente ao balanço do dia no Verão será a mesma para o balanço da tarde. Percebem-se radiações negativas (indesejáveis) superiores a -16.000,00 que só começam a diminuir com o aumento da obstrução do céu, isto é, do ângulo vertical de obstrução.

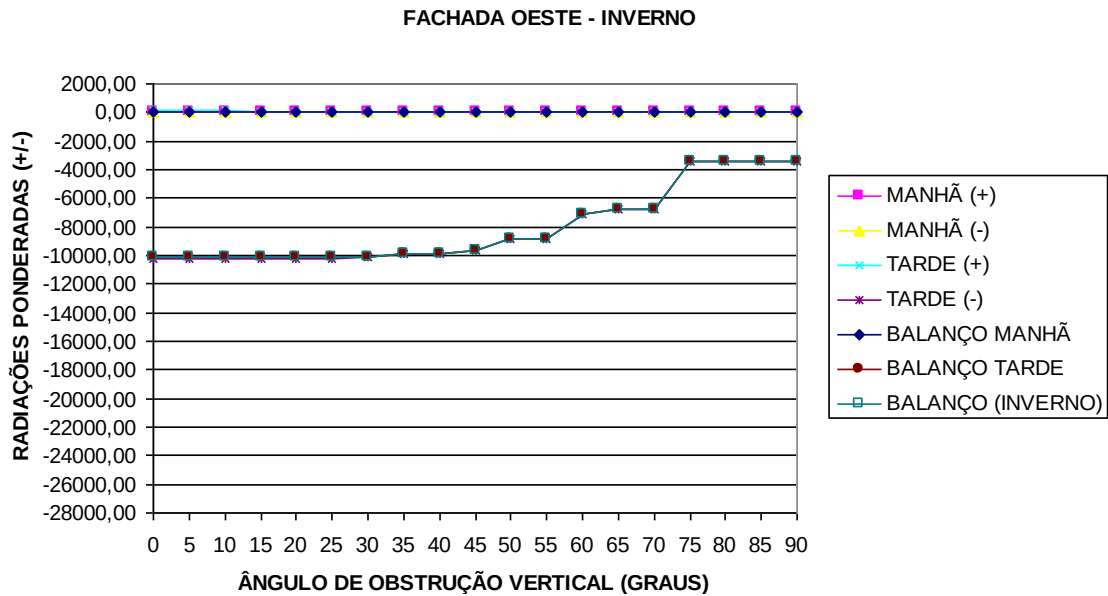


Gráfico 5.20 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para a fachada Oeste no Inverno

Semelhante ao período do Verão, quando a fachada Oeste não recebe radiações pela manhã, a curva do balanço do dia no Inverno corresponde também a do balanço da tarde. Diferentemente do Verão, no Inverno as radiações negativas permanecem em torno de -10.000,00 entre os ângulos 0° e 45° (Gráfico 5.20).

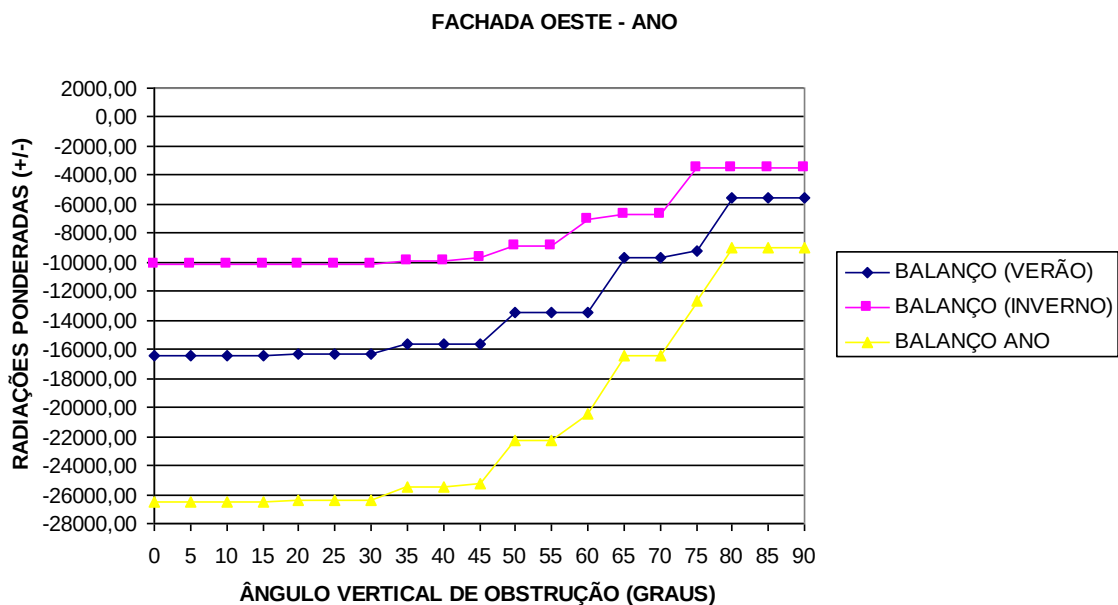


Gráfico 5.21 - Desenvolvimento das curvas dos balanços das radiações ponderadas para a fachada Oeste

Na fachada Oeste detectam-se radiações ponderadas indesejáveis no balanço da tarde/Verão de aproximadamente 37% a mais do que para o mesmo período no Inverno, tendo-se, no balanço anual (Gráfico 5.21), os mais altos valores de radiações negativas dentre as fachadas analisadas.

Sobre a fachada Noroeste incidem radiações apenas no período da tarde no Verão e no

Inverno e, em algumas horas pela manhã no Inverno, conforme Gráfico 5.22, Gráfico 5.23 e Gráfico 5.24.

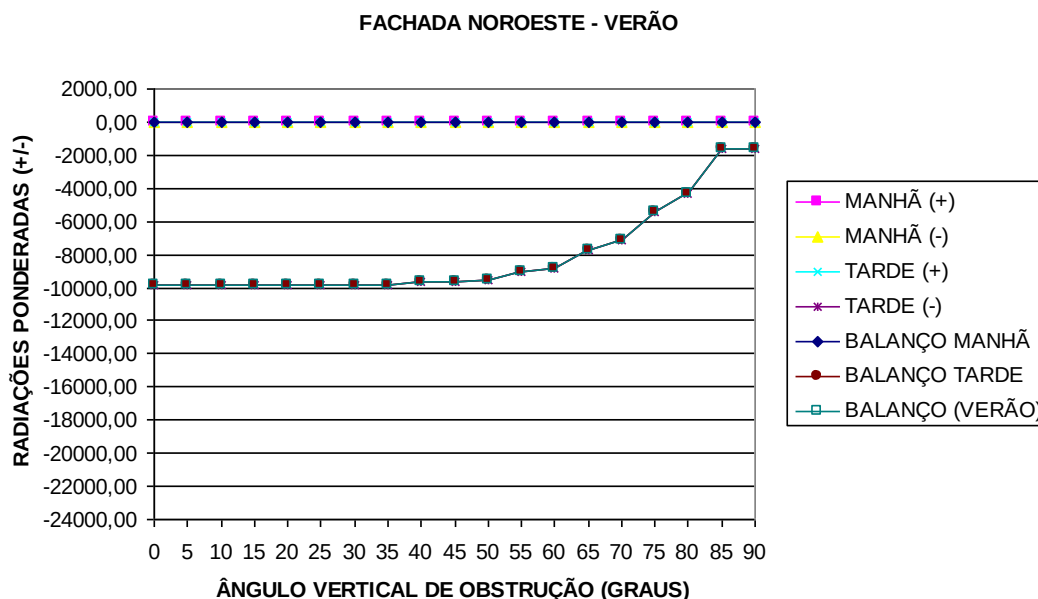


Gráfico 5.22 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para a fachada Noroeste no Verão

A fachada Noroeste não recebe radiação no período da manhã/Verão (Gráfico 5.22). O balanço do dia será, portanto, o mesmo que o balanço da Tarde, observando-se radiações indesejáveis próximas a -10.000,00. Esse valor permanece constante até 50°, tendendo a diminuir com o aumento da obstrução solar.

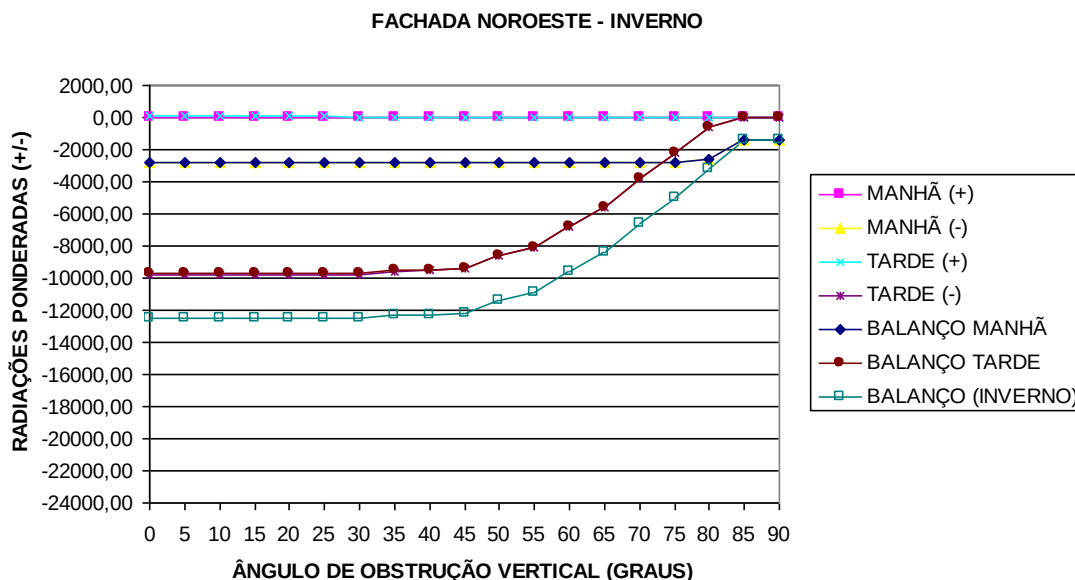


Gráfico 5.23 - Desenvolvimento das curvas dos somatórios e balanços diários das radiações ponderadas para a fachada Noroeste no Inverno

Os maiores valores de radiação ponderada negativa são detectados no balanço de inverno como verificado no Gráfico 5.24, onde foram observados também altos valores de radiações negativas entre os ângulos 40° e 45° que começam a diminuir significativamente a partir do ângulo de obstrução igual a 45°.

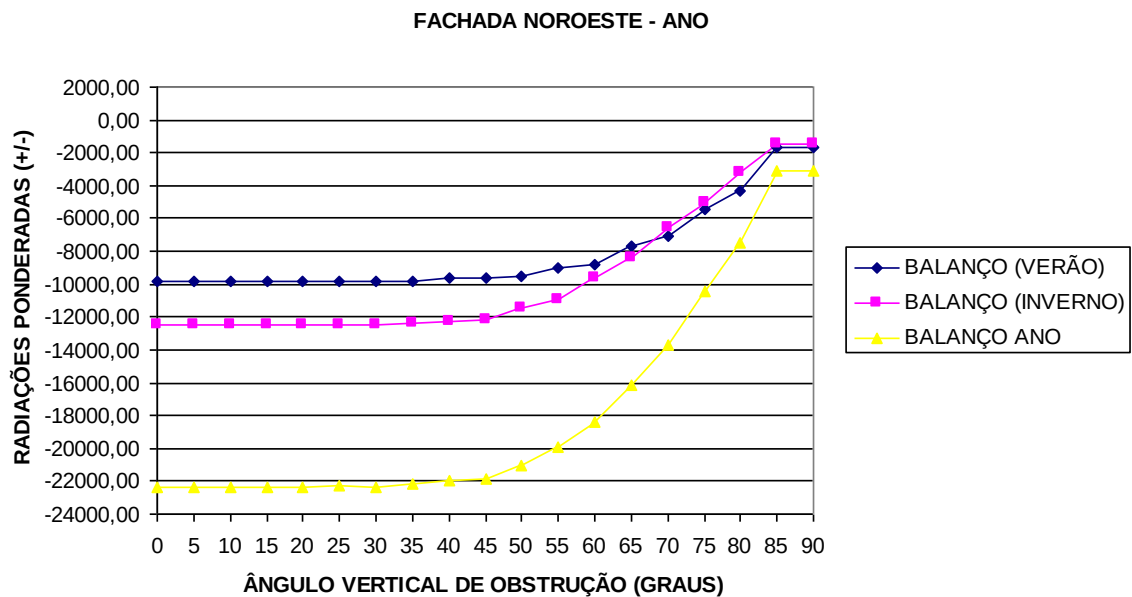


Gráfico 5.24 - Desenvolvimento das curvas dos balanços das radiações ponderadas para a fachada Noroeste

As curvas dos balanços da fachada Noroeste desenvolvem-se de modo semelhante, mas com valores iniciais diferenciados, como observa-se no Gráfico 5.24. Os altos valores dos balanços de Verão e de Inverno contribuem para um balanço anual relativamente alto quando comparado com as outras fachadas analisadas. A incidência das radiações indesejáveis (negativas), detectadas em todos nos períodos de Verão, Inverno e no ano, reduzem com o aumento dos ângulos de obstrução (Gráfico 5.24).

Em todos os gráficos analisados, constatou-se que, na maioria do tempo verificado, em todas as fachadas a incidência da radiação é indesejada, ou seja, os valores das radiações ponderadas são negativos.

6. RESULTADOS

Após análise minuciosa dos gráficos constantes no Capítulo anterior e considerando os

critérios descritos na Metodologia, determinou-se um conjunto de ângulos de céu obstruídos, conforme a Quadro 6.1 abaixo.

ÂNGULOS DE CÉU PARA CADA ORIENTAÇÃO DE FACHADA (FAIXA DE ROLAMENTO + PASSEIOS + RECUO FRONTAL = 22,00m)								
	N	NE	L	SE	S	SO	O	NO
ÂNGULOS DE CÉU OBSTRUÍDOS (GRAUS)	65 - 70	60 - 65	65 - 70	65 - 70	65 - 70	60 - 65	65 - 70	65 - 70
VARIAÇÃO DA ALTURA DA EDIFICAÇÃO (m)	49,18-62,44	40,11-49,18	49,18-62,44	49,18-62,44	49,18-62,44	40,11-49,18	49,18-62,44	49,18-62,44
QUANTIDADE DE PAVIMENTOS*	16pav - 20pav	13pav - 16pav	16pav - 20pav	16pav - 20pav	16pav - 20pav	13pav - 16pav	16pav - 20pav	16pav - 20pav
* ALTURA ADOTADA PARA OS PAVIMENTOS DOS EDIFÍCIOS = 3m								

Quadro 6.1 - Ângulos de céu obstruídos para vias de 12m de largura

De acordo com os ângulos de céu estabelecidos nesta pesquisa, uma variação na altura das edificações dentro do intervalo proposto não alterará a quantidade de radiação recebida pelas fachadas analisadas, tendo em vista que os valores verificados entre esses intervalos não se modificam significativamente.

Além dos critérios seguidos para a definição dos ângulos de obstrução, os valores de radiações detectados em cada uma das fachadas estudadas (como indicados nos Gráficos do Capítulo 5) tendem a diminuir significativamente no mesmo intervalo de ângulos, permitindo a determinação de um mesmo intervalo para fachadas correlatas.

Esses dois conjuntos de ângulos determinados (65° a 70° para as fachadas N, S, L e O; e 60° a 65° para NE, SE, SO e NO, conforme Quadro 6.1) devem ser aplicados conforme Figura 6.1 onde o nível mínimo de referência é definido a 2m de altura (média da parte superior das aberturas do pavimento térreo).

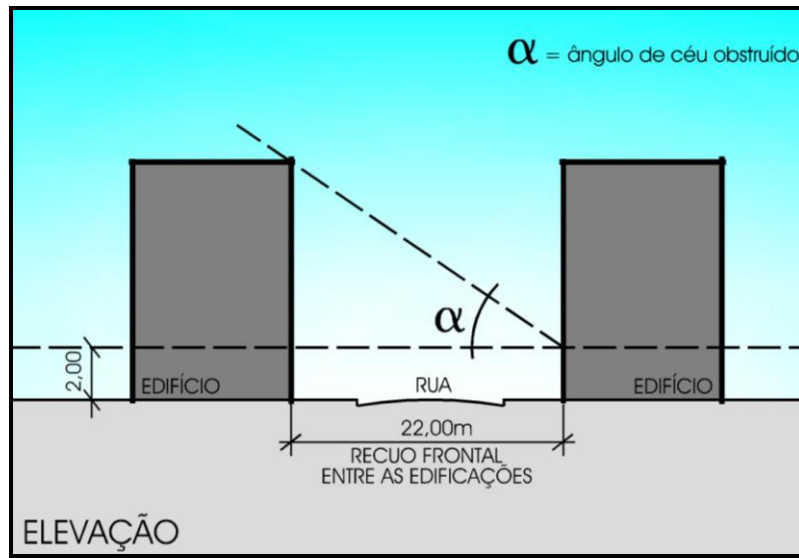


Figura 6.1 - Aplicação do ângulo de céu obstruído para uma determinada fachada

Ainda sobre os ângulos determinados pela proposta é importante ressaltar que esses ângulos de céu propostos podem ser aplicados em vias com larguras diferenciadas, respeitando-se apenas a altura das edificações que deve ficar dentro do intervalo proposto para cada orientação.

7. UNIVERSO DE ANÁLISE

Fazendo parte da região Nordeste do Brasil, a Paraíba possui uma área de 56.584,6 Km², distribuindo-se em 23 microrregiões, 4 mesorregiões, 12 regiões geoadministrativas e 223 municípios, (Figura 7.1), verificando-se em sua extensão características bastante diversificadas de relevo, clima e vegetação. Do total de sua área, 48.502 Km² estão situados no semi-árido.



Figura 7.1 - Mapa da Região Nordeste
FONTE: www.brasilviagem.com

Geograficamente situada entre os meridianos de 34° 45' 54'' e 38° 45' 54'' de Longitude Oeste e entre os paralelos de 6° 02' 12'' e 8° 19' 18'' de Latitude Sul, a Paraíba localiza-se na porção oriental do Nordeste e tem o seu espaço físico definido, segundo o IDEME (Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual da Paraíba), pelos seguintes limites estaduais: A Norte com o Estado do Rio Grande do Norte; Pernambuco, a Sul; Ceará, a Oeste; e a Leste com o Oceano Atlântico, onde está situado o ponto mais oriental das Américas (Ponta do Seixas).

Fundada em 5 de agosto de 1585, a capital do estado nasceu às margens do Rio Sanhauá, crescendo em direção ao mar. Foi batizada a princípio como Nossa Senhora das

Neves. Posteriormente, recebeu o nome de Filipéia de Nossa Senhora das Neves, e finalmente no dia 4 do mês de setembro de 1930, a capital foi rebatizada com o seu nome atual em homenagem ao então Governador do Estado, João Pessoa, assassinado em Recife neste mesmo ano. João Pessoa também é conhecida como uma das cidades mais arborizadas do mundo, destacando-se os Parques Sólton de Lucena, Arruda Câmara e o Jardim Botânico Benjamim Maranhão.

Situada na porção oriental do Estado a 7° 08' de Latitude Sul e 34° 53' de Longitude Oeste, aparece entre as mais antigas cidades do País. Tem como limite ao Norte o município de Cabedelo; ao Sul o município do Conde; a Leste tem como limite o Oceano Atlântico e a Oeste limita-se com os municípios de Bayeux e Santa Rita. O município de João Pessoa possui uma área total de 210,45 Km², distribuídos entre os seus 64 bairros e suas áreas de preservação ambiental.



Figura 7.2 - Vista parcial da cidade de João Pessoa – PB
FONTE: Peregrino (2005)

A localização da cidade próxima ao Equador determina um clima quente com aproximadamente 3.000 horas de insolação por ano. No mês de novembro a quantidade de

insolação pode chegar a 275 horas (Gráfico 7.1). Quanto à nebulosidade, esta apresenta uma grande variação entre céu claro e céu encoberto, atribuindo-se à cidade um índice de nebulosidade entre 5,5 a 6,5 graus numa escala de 0 a 10.

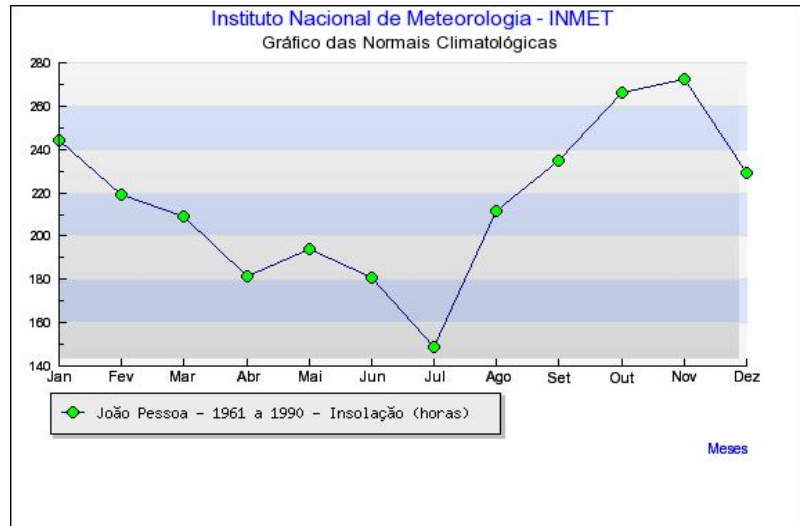


Gráfico 7.1 - Insolação em João Pessoa
FONTE: INMET

Adicionam-se a isso particularidades como o seu alto índice pluviométrico, e a elevada umidade relativa do ar, cuja média anual é de 83%; chegando a alcançar entre os meses de maio a junho o pico de 87%, caracterizando o “período das chuvas” (Gráfico 7.2).

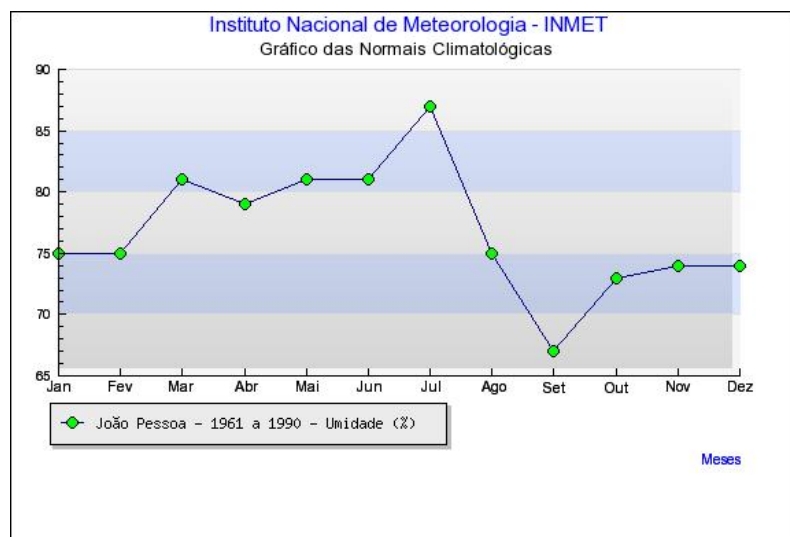


Gráfico 7.2 - Umidade relativa do ar em João Pessoa
FONTE: INMET

João Pessoa registra temperaturas médias anuais de 25° C e médias máximas que ultrapassam os 28° C, conforme Gráfico 7.3.

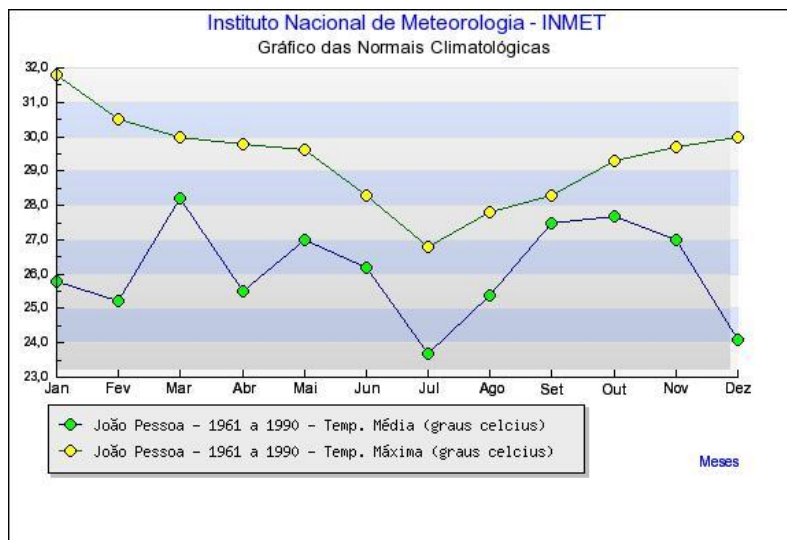


Gráfico 7.3 - Temperatura média e máxima em João Pessoa
FONTE: INMET

O relevo da cidade caracteriza-se por terrenos predominantemente planos (planície costeira), com altitudes médias de 37 metros, atingindo nas cercanias do rio Mumbaba a sua cota máxima de 74 metros de altitude em relação ao nível do mar.

Segundo a rosa dos ventos, determinada por SILVA (1999), João Pessoa é atingida pelos ventos alísios de sudeste, detectando-se maior frequência e direção entre os ângulos de 150° (25,7%) e 180° (24,3%) durante o ano.

Segundo Köppen (1884) *apud* Atlas do Estado da Paraíba (1985), as áreas chuvosas orientais da Paraíba estão incluídas no clima tropical chuvoso (Tropicais chuvosos – classe A). Desta forma, o clima de João Pessoa pode ser classificado como quente e úmido, com períodos secos curtos no verão e chuvas no outono e inverno, conforme Quadro 7.1 e Figura 7.3.

Tipo de clima	Características do clima	Latitude	Longitude
Quente e úmido	Quente e úmido com chuvas de outono – inverno Média térmica anual superior a 20°C (em média 25°C) Média das mínimas em torno de 23°C Amplitude térmica anual em torno de 5°C Totais pluviométricos anuais de 1000 a 2000mm na área do brejo e 1500 a 1700mm no litoral Umidade relativa do ar em torno de 83% A estação seca dura de 01 a 03 meses	7° 8'S	34° 53'W

Quadro 7.1 - Dados característicos do Tipo de clima quente e úmido
FONTE: Atlas do Estado da Paraíba, 1985

O mapa a seguir (Figura 7.3), ilustra a distribuição dos Tipos de Clima no Estado da Paraíba, localizando João Pessoa na sua porção mais oriental.

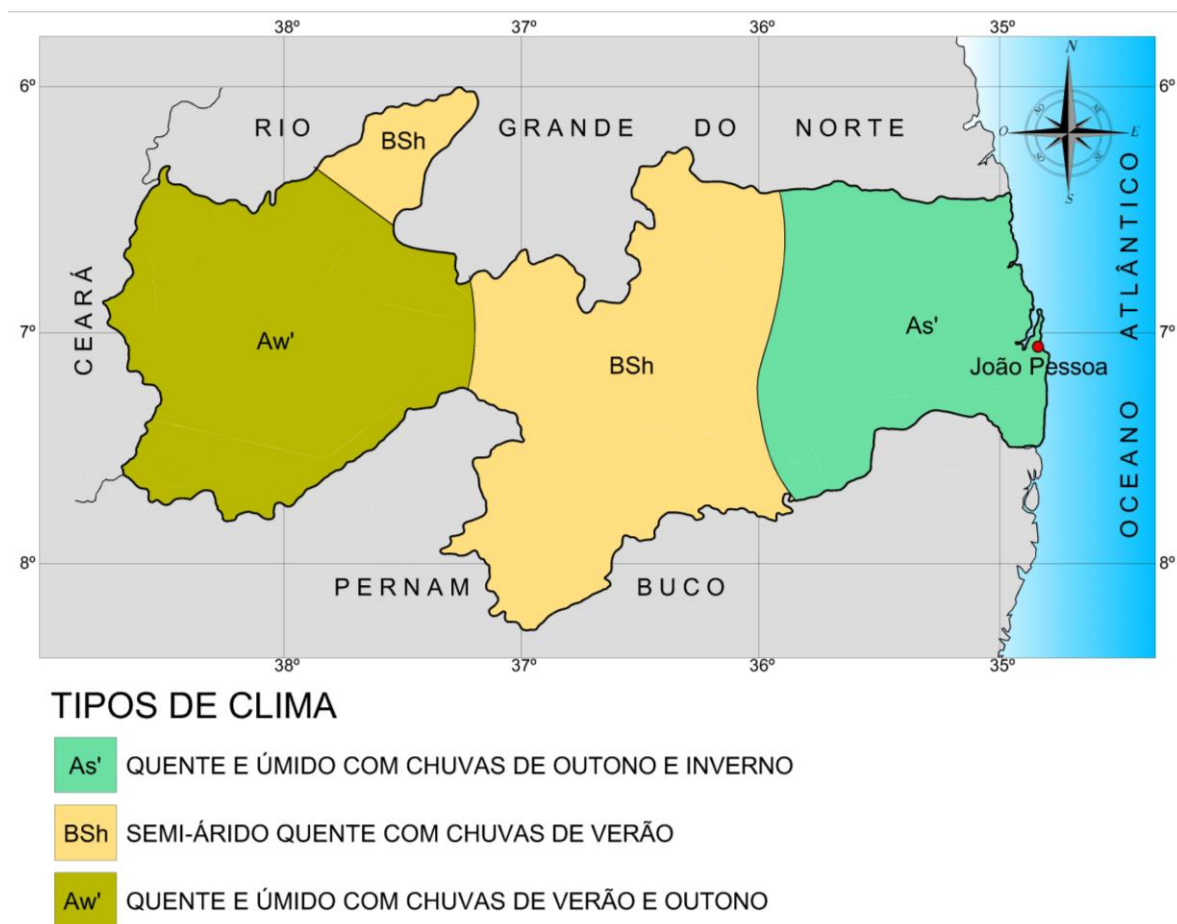


Figura 7.3 – Tipos de Clima segundo a classificação de Köppen
FONTE: Atlas do Estado da Paraíba.

8. APLICAÇÃO DOS RESULTADOS À CIDADE DE JOÃO PESSOA

Considerando-se os ângulos determinados por esta pesquisa, fez-se, então, uma verificação da eficiência dos ângulos nos adensamentos propostos por Peregrino (2005), para um trecho dos bairros de Cabo Branco e Tambaú, através da determinação de pontos (A e B) que foram escolhidos respeitando-se a orientação da fachada (Norte, Sul, Leste e Oeste) e um local onde houvesse possibilidade de modificação do entorno construído para comparação entre os adensamentos.

Para escolha desse trecho consideraram-se dois fatores:

- A área encontra-se em fase inicial de verticalização, admitindo ações de cunho preventivo e/ou corretivo na ocupação permitida pela legislação vigente;
- A análise de adensamentos em trabalhos anteriores (CARVALHO, 2006; GUERRA, 2005; PEREGRINO, 2005; QUEIROGA, 2005) que verificaram parâmetros diferenciados.

8.1 Caracterização da área estudada

O trecho analisado localiza-se entre os bairros de Cabo Branco e Tambaú na cidade de João Pessoa/PB, limitando-se ao Norte com a Rua Helena Meira Lima, ao Sul com a Rua Monsenhor Odilon Coutinho (final da Avenida Beira Rio), a Leste pela Avenida Cabo Branco/ Avenida Almirante Tamandaré e a Oeste com a Avenida Paulino Pinto (Figura 8.2). A ocupação da área é predominantemente de edificações residenciais que variam de 01 pavimento a aproximadamente 30 pavimentos, de acordo com a legislação vigente.

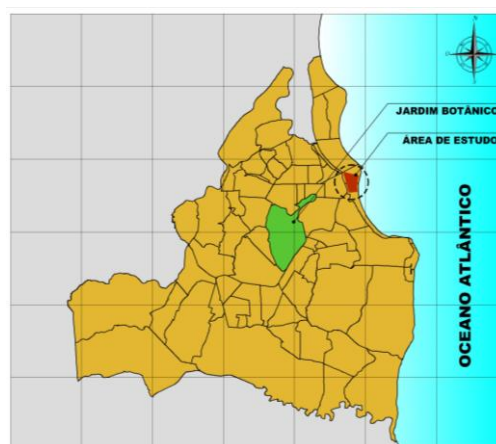


Figura 8.1 - Mapa da cidade de João Pessoa/PB, localizando a área estudada

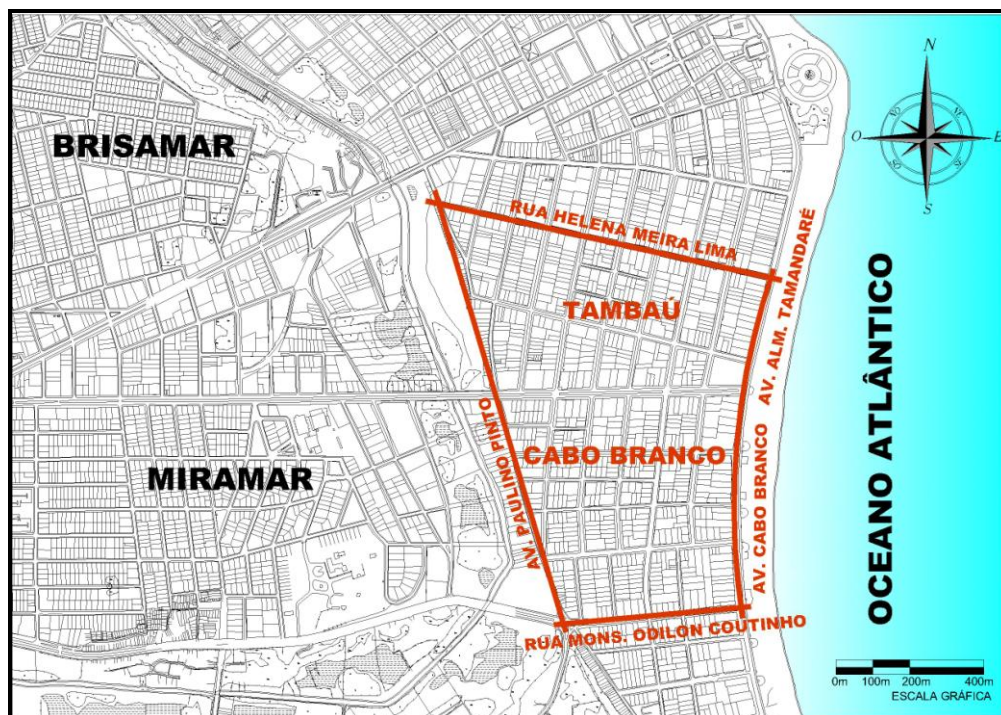


Figura 8.2 - Delimitação da área estudada

ÁREA TOTAL	748.318,44 m ²
ÁREA DAS QUADRAS	464.034,80 m ²
ÁREA DO SISTEMA VIÁRIO	192.969,34 m ²
QUANTIDADE DE QUADRAS	49

Quadro 8.1 - Dados urbanísticos atuais da área
FONTE: Peregrino (2005)

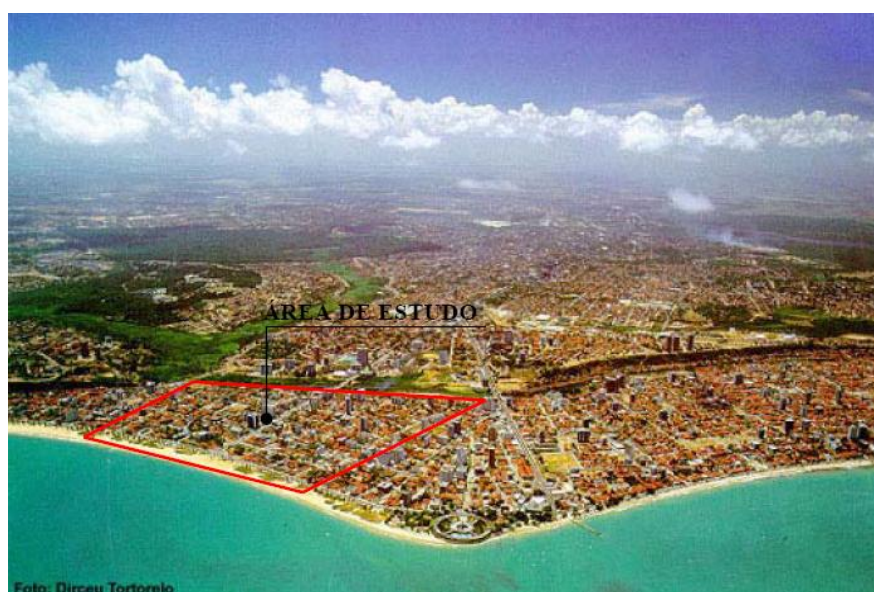


Figura 8.3 - Vista aérea da área de estudo
FONTE: Peregrino (2005)

8.2 Caracterização dos adensamentos considerados

A partir de modelos em escala reduzida e ensaios feitos em túnel aerodinâmico, a pesquisa desenvolvida por Peregrino (2005) avaliou de que forma o escoamento dos ventos se inter-relacionam com quatro padrões de ocupação do solo: o padrão de ocupação atual de parte dos bairros do Cabo Branco e Tambaú e outros três sugeridos descritos a seguir.

Dentre os ensaios⁹ feitos, analisaram-se os descritos:

ADENSAMENTO 01 (E3 – ensaio 03 – simulação de ventos a 150°) – Reproduz a ocupação atual da área, obedecendo aos índices urbanísticos constantes na legislação em vigor (afastamentos, taxas de ocupação, índices de aproveitamento, escalonamento).

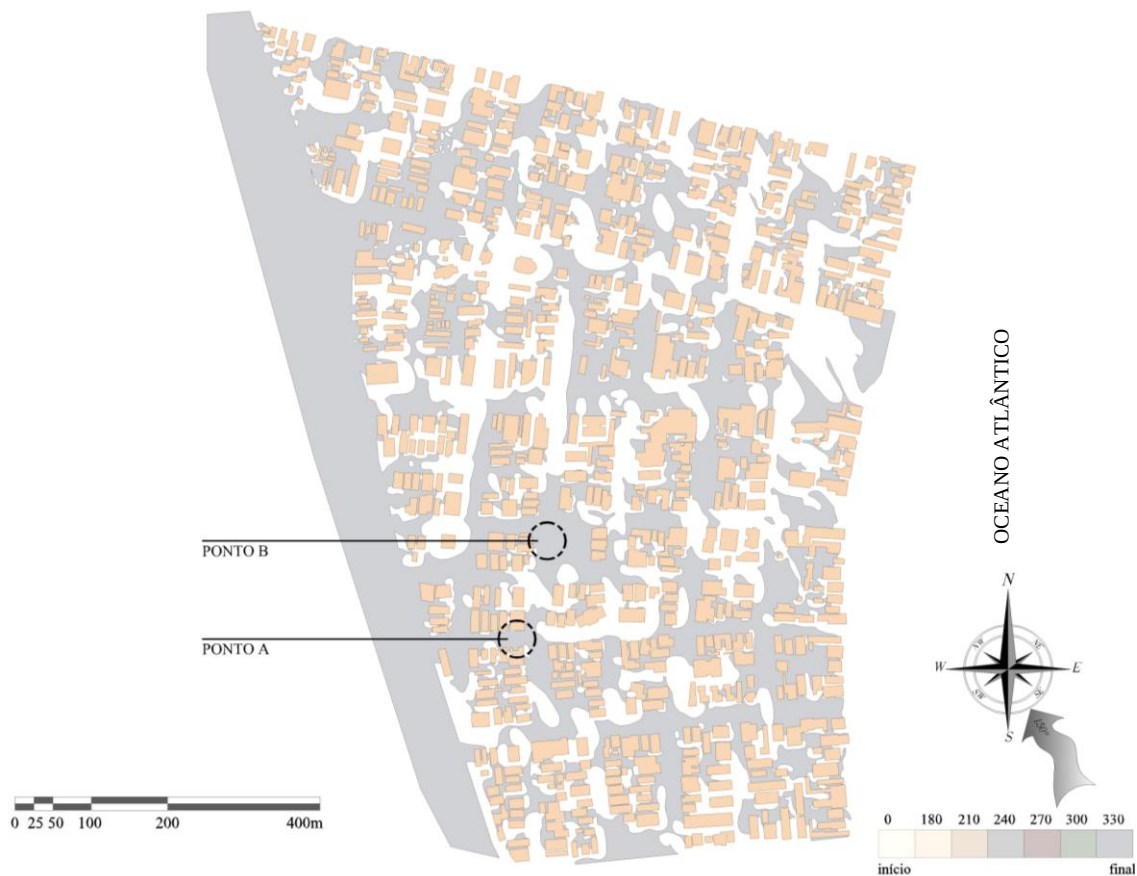


Figura 8.4 - Figura de erosão do adensamento 01 (E3) com localização dos pontos (A e B) analisados
FONTE: Peregrino (2005)

ADENSAMENTO 02 (E5 – ensaio 05 – simulação de ventos a 150°) - Projeta um

⁹ Peregrino (2005) efetuou oito ensaios em túnel aerodinâmico com simulação de ventos a 90° (menor frequência) e 150° para os quatro adensamentos propostos. Para análise desta pesquisa, foram escolhidos os quatro ensaios feitos com simulação de ventos a 150°, devido sua maior frequência e direção (25,7%) de acordo com a rosa dos ventos, determinada por SILVA (1999).

adensamento para a área fazendo uso da legislação hoje vigente. Foram lembrados diversos lotes de terreno, substituindo-se a ocupação atual (na sua maioria residências unifamiliares de 01 ou 02 pavimentos), por edifícios para habitações multifamiliares, em conformidade com a legislação em vigor.

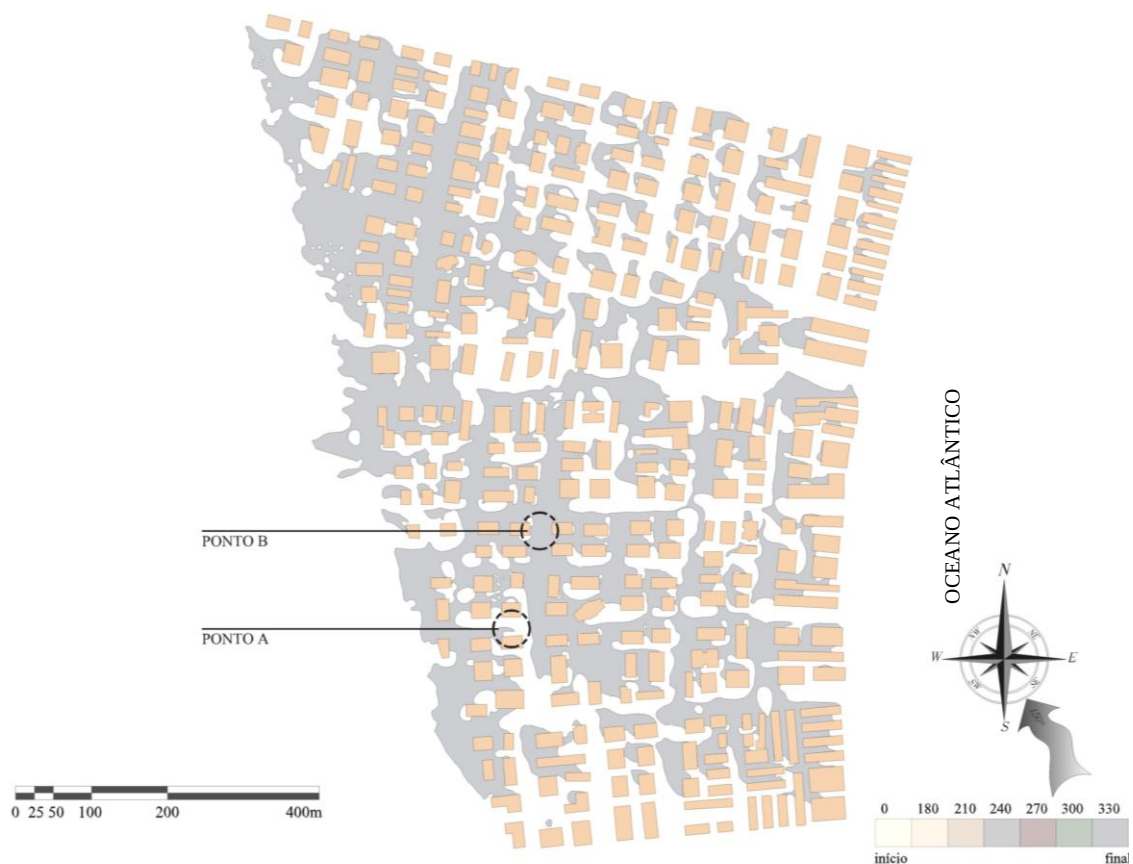


Figura 8.5 - Figura de erosão do adensamento 02 (E5) com localização dos pontos (A e B) analisados
FONTE: Peregrino (2005)

ADENSAMENTO 03 (E7 – ensaio 07 – simulação de ventos a 150°) - Simula a ocupação da área com edifícios de 17 pavimentos (altura de 51 m), respeitando-se apenas as taxas de

ocupação, índices de aproveitamento e afastamentos exigidos pela legislação atual. Não foi respeitado em tal adensamento o escalonamento do gabarito em altura hoje adotado para a área.



Figura 8.6 - Figura de erosão do adensamento 03 (E7) com localização dos pontos (A e B) analisados
FONTE: PEREGRINO (2005)

ADENSAMENTO 04 (E9 – ensaio 09 – simulação de ventos a 150°) - Ocupa a área de estudo também com edifícios de 17 pavimentos (altura de 51 m), sem a adoção do gabarito em altura escalonado. Neste adensamento os afastamentos frontais mantiveram-se inalterados

(5m), entretanto foram propostos por Peregrino (2005) novos afastamentos laterais segundo a relação: $D = 0,5h$, onde D é a distância entre blocos edificados e h corresponde à altura da edificação.

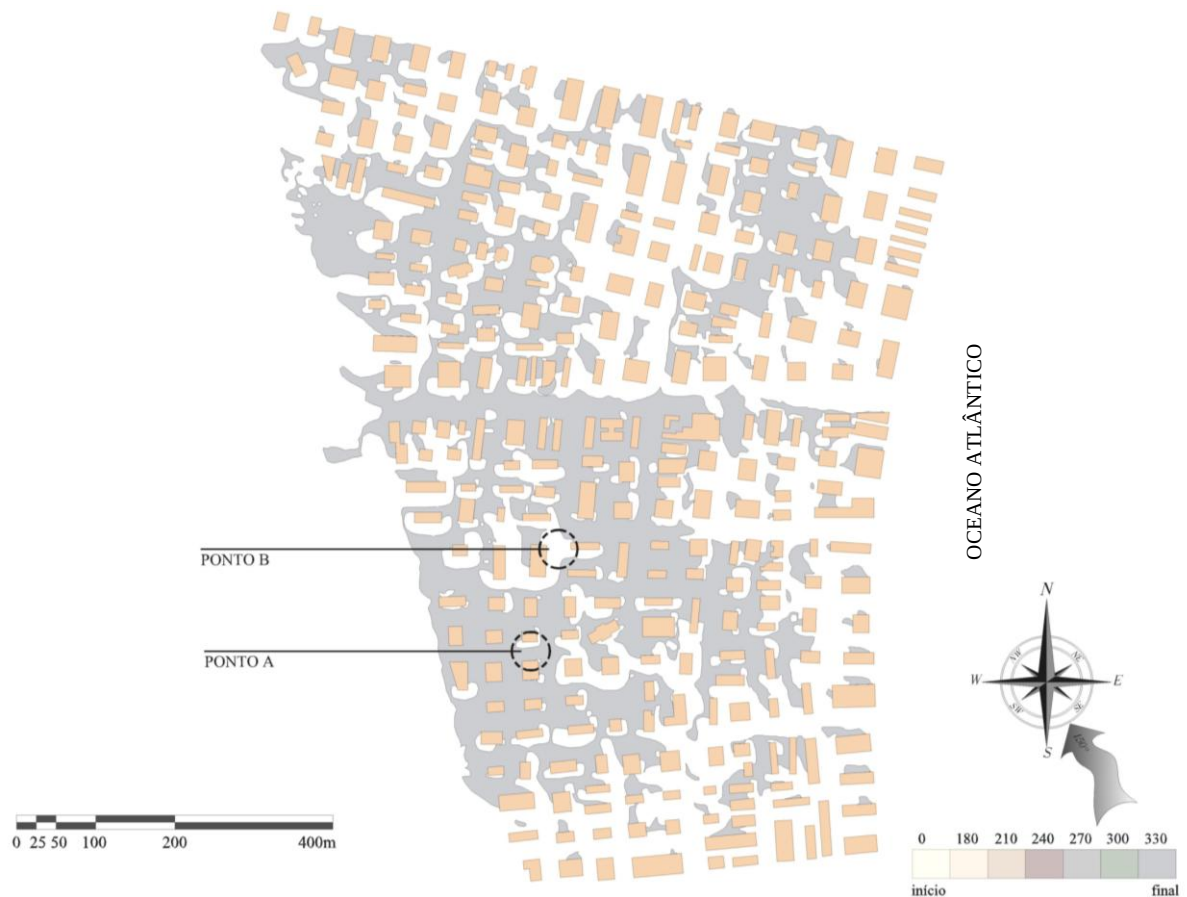


Figura 8.7 - Figura de erosão do adensamento 04 (E9) com localização dos pontos (A e B) analisados
FONTE: PEREGRINO (2005)

8.3 Análise das fachadas

Conforme dito anteriormente, foram escolhidos dois pontos na malha urbana da área estudada para verificação da eficiência dos ângulos de céu, sendo estes:

- PONTO A – onde se localizam as fachadas Norte e Sul;
- PONTO B – onde se localizam as fachadas Leste e Oeste.

As fachadas desses dois pontos foram analisadas dentro dos quatro adensamentos descritos no item anterior, porém foram geradas apenas as máscaras de obstrução solar do adensamento 01 (situação atual) e do adensamento 04, para que se pudesse fazer uma comparação entre a ocupação atual do solo urbano no trecho estudado e o proposto por Peregrino (2005).

8.3.1 Fachadas Norte e Sul (PONTO A)

Analisando-se as fachadas Norte e Sul, verificam-se, na Figura 8.8 do adensamento 01 (situação atual), ângulos de obstrução 3° e 10° , respectivamente. É possível concluir, a partir da constatação desses ângulos, que no caso do adensamento 01, onde se percebem edificações de 01 e 02 pavimentos, há uma exposição solar prolongada nas fachadas Norte e Sul durante o ano.

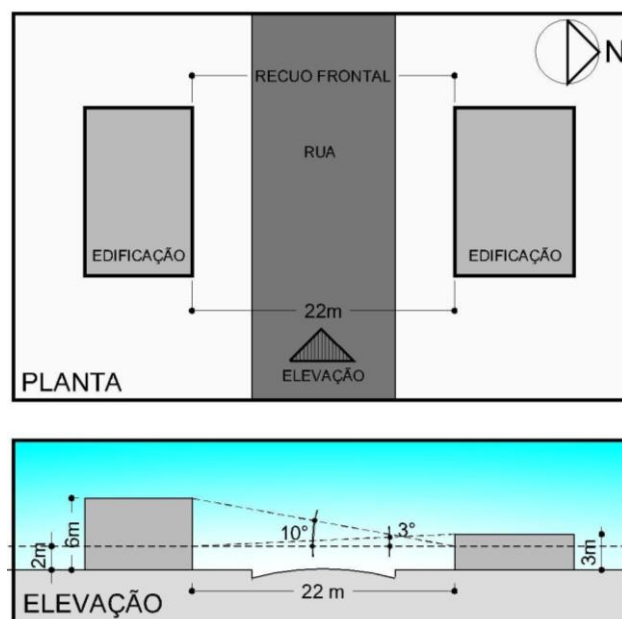


Figura 8.8 - Ângulos de céu obstruídos para as fachadas Norte/ Sul - adensamento 01 (situação atual)

Segundo a proposta de adensamento 02 (possível adensamento futuro) as edificações possuem 31,50m de altura, formando ângulos de obstrução iguais a 53° como mostra a Figura 8.9. Apesar do aumento do ângulo de obstrução, este não se encontra no intervalo proposto pela pesquisa para as fachadas Norte e Sul.

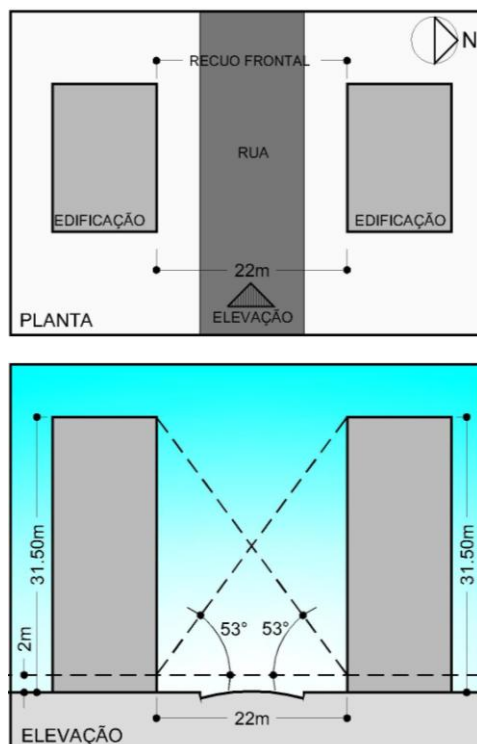


Figura 8.9 - Ângulos de céu obstruídos para as fachadas Norte/ Sul - adensamento 02

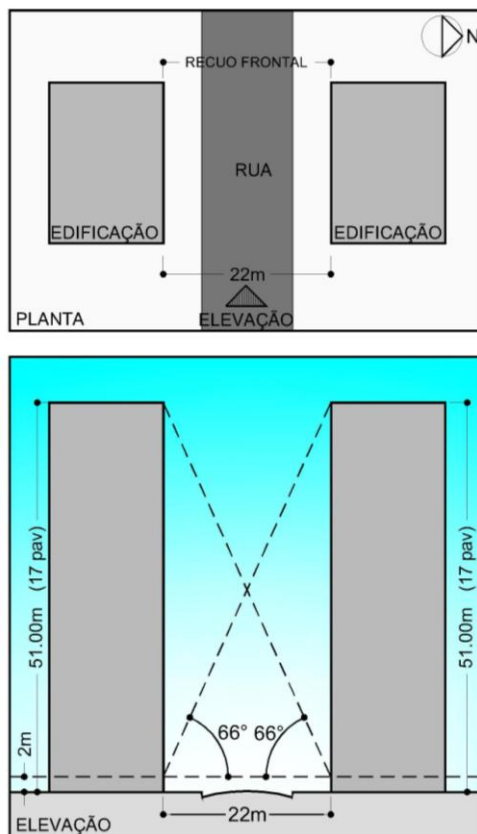


Figura 8.10 - Ângulos de céu obstruídos para as fachadas Norte/ Sul - adensamentos 03 e 04

Percebe-se que nos adensamentos 03 e 04 (Figura 8.10), os ângulos iguais a 66° estão dentro do intervalo determinado por esta pesquisa para as Fachadas Norte e Sul. Isto significa que a quantidade de radiação ponderada recebida por essas fachadas é inferior ao adensamento 01 (situação atual) onde os ângulos de obstrução são menores, conforme a Figura 8.11 e a Figura 8.12.

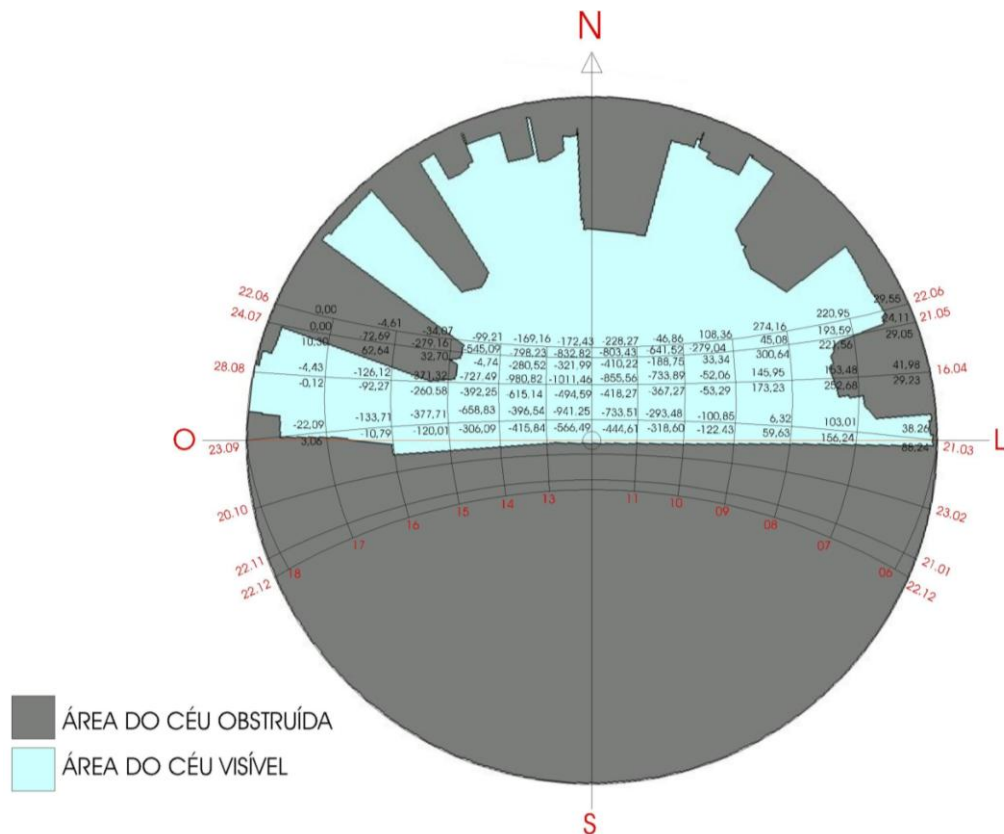


Figura 8.11 - Máscara de obstrução com diagrama de trajetória solar e radiações ponderadas horárias da fachada Norte no adensamento 01 (E3)

Conforme Figura 8.11 do adensamento 01 (situação atual) para fachada Norte, percebem-se edificações com maior altura no entorno, contribuindo para uma obstrução solar no início da manhã e no fim da tarde, entre os meses de Abril e Junho e, entre Junho e Julho, respectivamente cujos valores das radiações ponderadas detectadas são baixos comparados com os referentes ao meio do dia. A fachada Sul não contribui para o sombreamento da fachada Norte, como se pode ver na Figura 8.11. Colaboram para o bloqueio das radiações incidentes, edifícios localizados a Nordeste e a Noroeste do entorno construído (Figura 8.11).

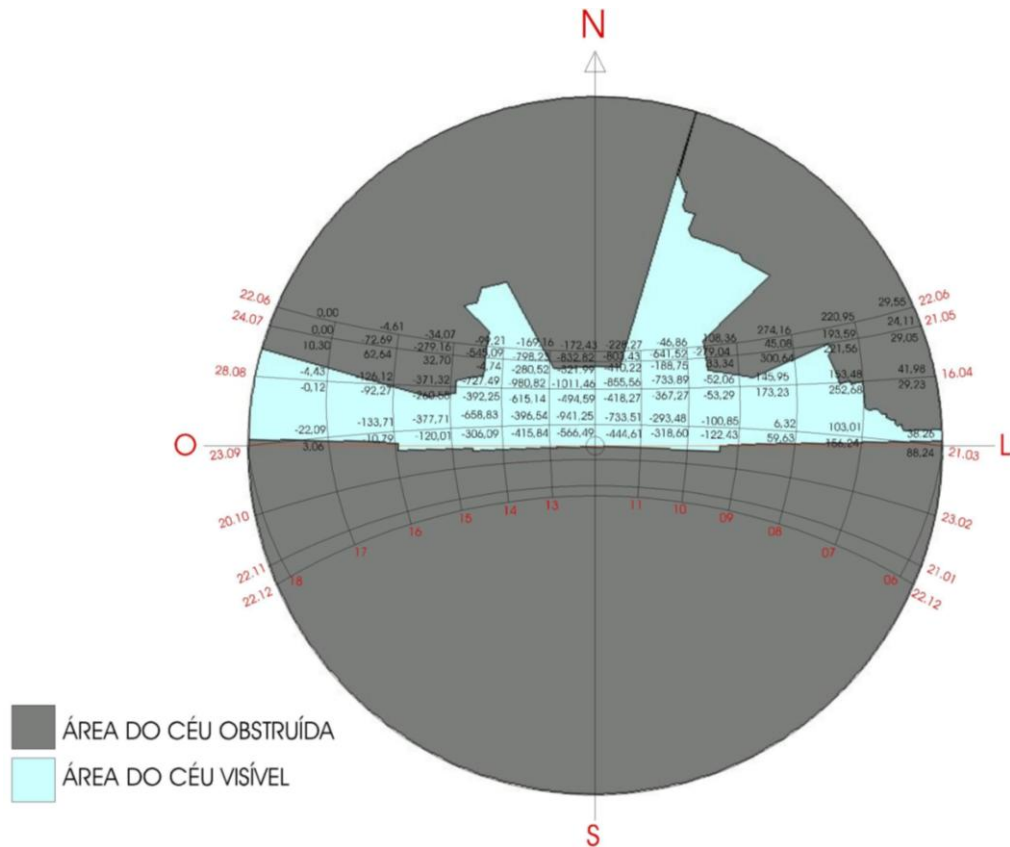


Figura 8.12 - Máscara de obstrução com diagrama de trajetória solar e radiações ponderadas horárias da fachada Norte no adensamento 04 (E9)

Analisando-se a máscara de obstrução da fachada Norte no adensamento 04 (Figura 8.12), percebe-se o bloqueio (representado pela cor cinza) das edificações voltadas para o Sul entre 11h e 13h, em um trecho da manhã e da tarde nos meses de Maio, Junho e Julho, onde detectam-se os maiores valores de radiações negativas do período de inverno.

No adensamento 01 (situação atual) e o adensamento 04 da fachada Norte, percebe-se:

- Sombreamento mais significativo no adensamento 04 com o bloqueio de parte das radiações indesejáveis (negativas);
- No adensamento 01, a fachada Norte recebe todas as radiações indesejáveis (negativas) do período de Inverno e de parte do Verão de 8h às 14h.

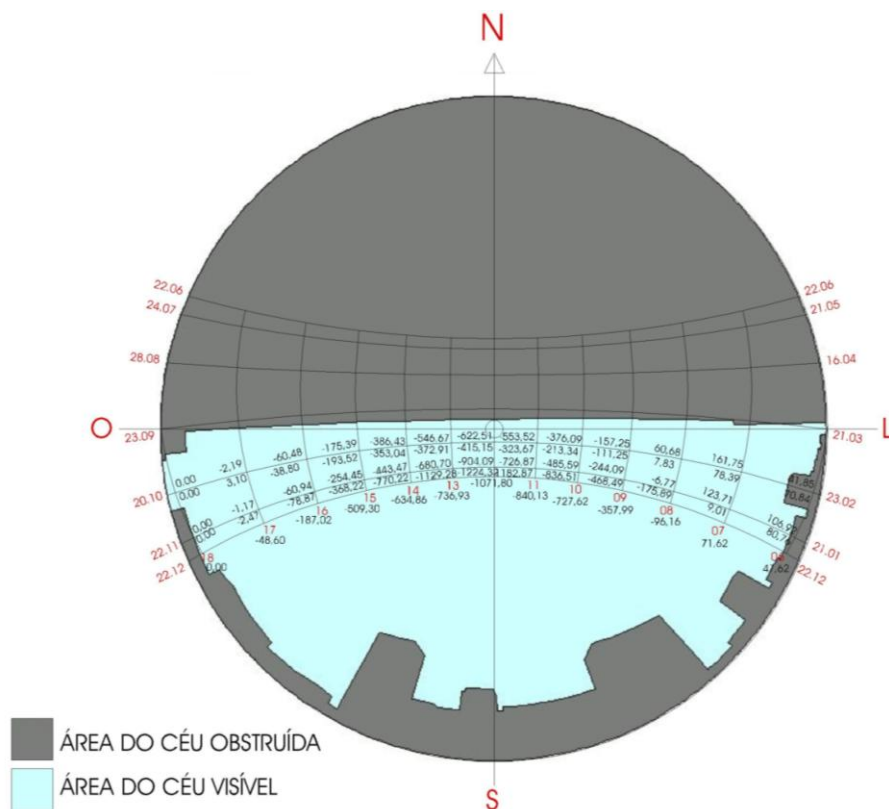


Figura 8.13 - Máscara de obstrução com diagrama de trajetória solar e radiações ponderadas horárias da fachada Sul no adensamento 01 (E3)

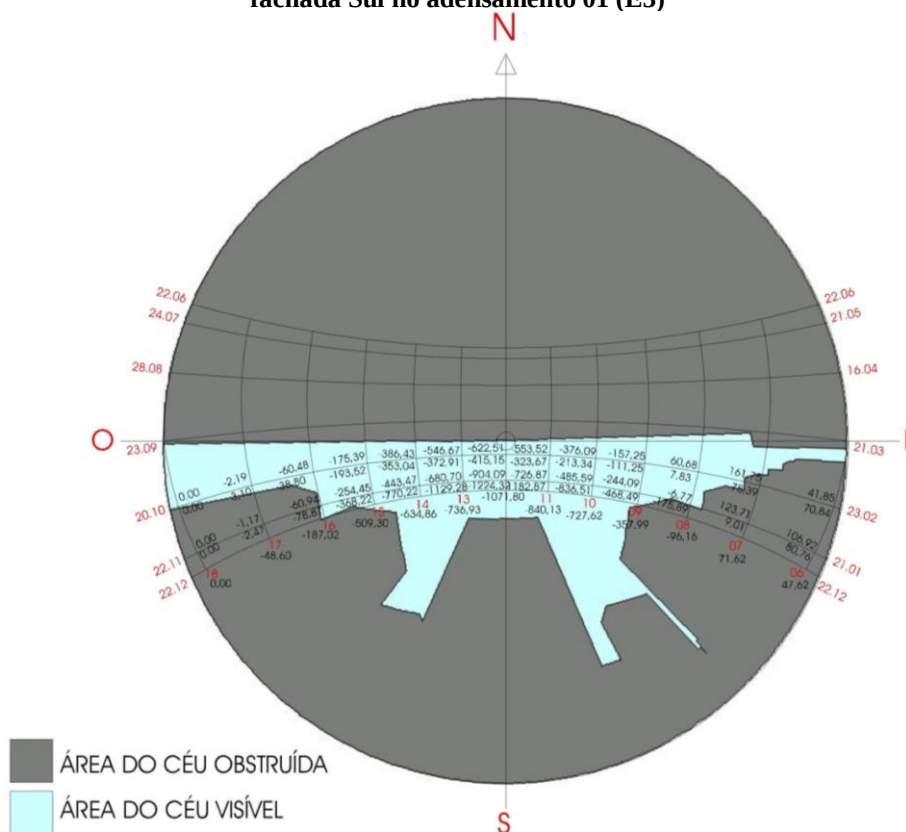


Figura 8.14 - Máscara de obstrução com diagrama de trajetória solar e radiações ponderadas horárias da fachada Sul no adensamento 04 (E9)

Na Figura 8.13, percebe-se pouca obstrução na fachada Sul durante o ano e um

bloqueio solar mínimo das radiações desejáveis (positivas) entre os meses de Dezembro e Fevereiro.

Na máscara de obstrução da fachada Sul no adensamento 04 (Figura 8.14), verifica-se que nos meses de Novembro, Dezembro e Janeiro, quando ocorre grande quantidade de horas de insolação (média de 255h), detecta-se uma obstrução das radiações incidentes até aproximadamente às 9h e a partir das 15h. Além disso, verificam-se obstruções às 6h e 7h no mês de Fevereiro.

Entre o adensamento 01 (situação atual) e o adensamento 04 da fachada Sul, verifica-se:

- Sombreamento maior e mais significativo no adensamento 04, percebendo-se um bloqueio de parte das radiações indesejáveis nos meses de maior incidência de sol;
- No adensamento 01, a fachada Sul recebe todas as radiações indesejáveis (negativas) do período de Verão.

8.3.2 Fachadas Leste e Oeste (PONTO B)

Analisando o adensamento 01 (situação atual), as fachadas Leste e Oeste formam ângulos de céu iguais a 0° e 3° , respectivamente (Figura 8.15). Pode-se afirmar, com base na Figura 8.15, que há uma grande quantidade de radiação solar no período da manhã, incidindo na fachada Leste.

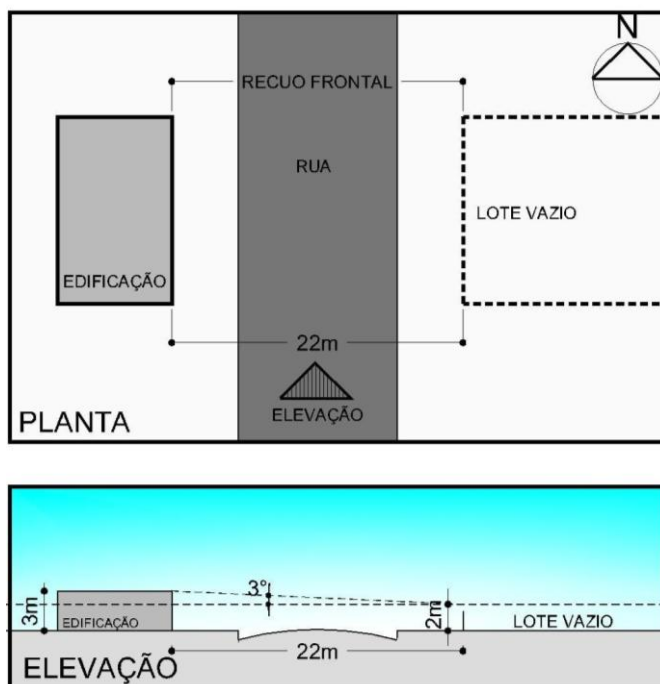


Figura 8.15 - Ângulos de céu obstruídos para as fachadas Leste/ Oeste - adensamento 01

A falta de sombreamento detectada no adensamento 01 foi amenizada no adensamento 02 (possível adensamento futuro) onde se verificam ângulos de obstrução iguais a 50° e 53°, respectivamente. Apesar do aumento dos ângulos de céu obstruídos, a altura das edificações não está dentro do intervalo determinado pela pesquisa, podendo acarretar grande quantidade de radiações solares indesejáveis.

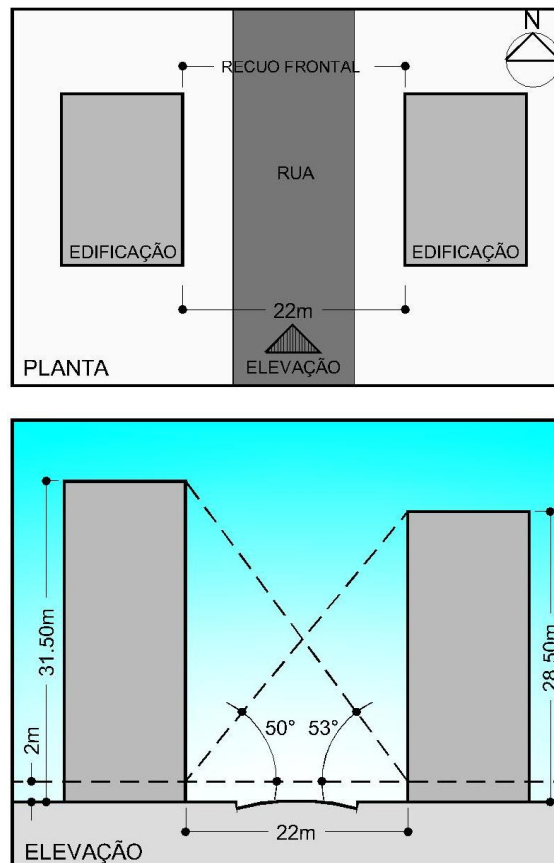


Figura 8.16 - Ângulos de céu obstruídos para as fachadas Leste/ Oeste - adensamento 02

Nos adensamentos 03 e 04 (Figura 8.17), onde a altura das edificações corresponde a 51m, detectam-se ângulos de céu iguais a 66° para as duas fachadas, ficando no intervalo proposto nesta pesquisa, o que pode significar um maior sombreamento entre as fachadas e conseqüentemente, uma diminuição do tempo de exposição solar em períodos indesejáveis.

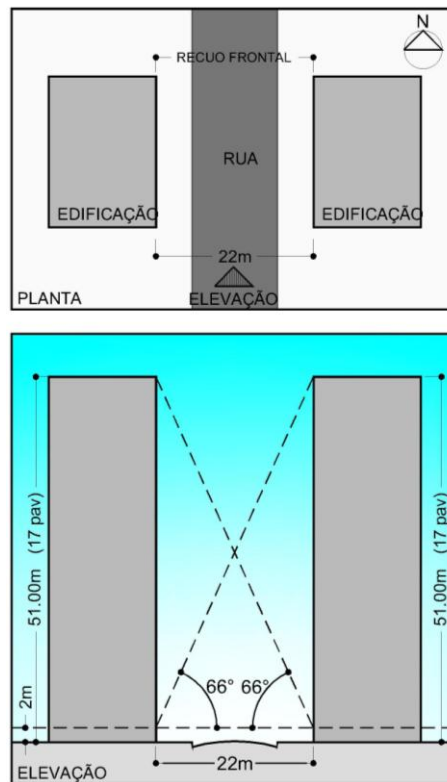


Figura 8.17 - Ângulos de céu obstruídos para as fachadas Leste/ Oeste - adensamentos 03 e 04

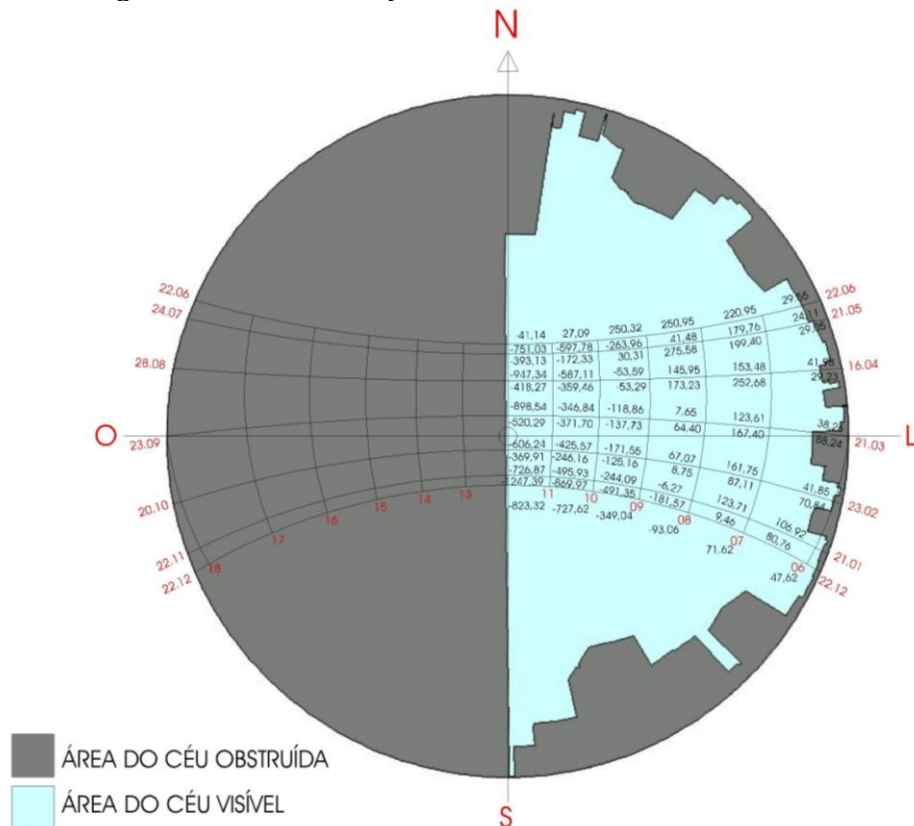


Figura 8.18 - Máscara de obstrução com diagrama de trajetória solar e radiações ponderadas horárias da fachada Leste no adensamento 01 (E3)

Na Figura 8.18 percebe-se pouco sombreamento na fachada Leste durante o ano para o

caso do adensamento 01 (situação atual). Conclui-se que durante o ano a fachada recebe toda radiação incidente no período matinal.

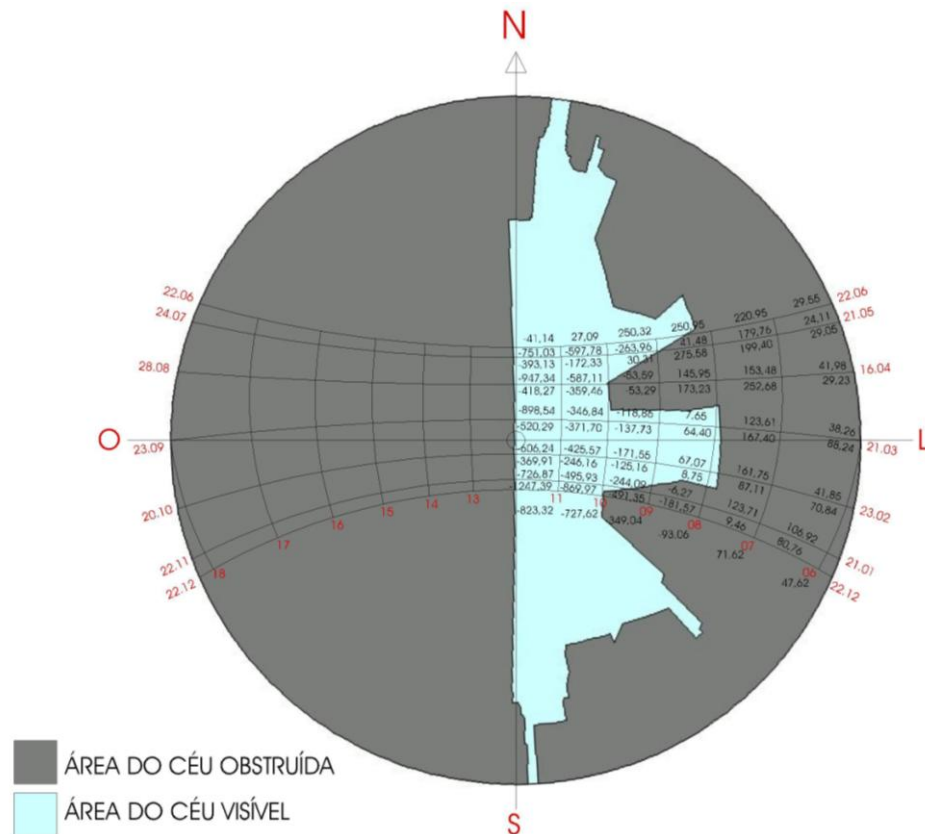


Figura 8.19 - Máscara de obstrução com diagrama de trajetória solar e radiações ponderadas horárias da fachada Leste no adensamento 04 (E9)

Conforme a Figura 8.19, máscara de obstrução da fachada Leste no adensamento 04, detecta-se uma obstrução até aproximadamente às 8h em todos os meses do ano. Além disso, há um bloqueio das radiações negativas até às 10h entre os meses de Abril e Agosto e entre, Novembro e Janeiro, onde a quantidade de insolação varia entre 240 e 275 horas por dia.

Comparando-se as máscaras de obstrução dos adensamentos 01 e 04 para fachada Leste, nota-se um bloqueio solar menor no primeiro caso (adensamento 01 – situação atual) do que no segundo (adensamento 04), principalmente no que se refere as radiações indesejáveis, detectadas nas primeiras horas matinais. Entretanto, percebe-se um bloqueio das radiações desejáveis detectadas nas primeiras horas matinais (das 6h às 8h).

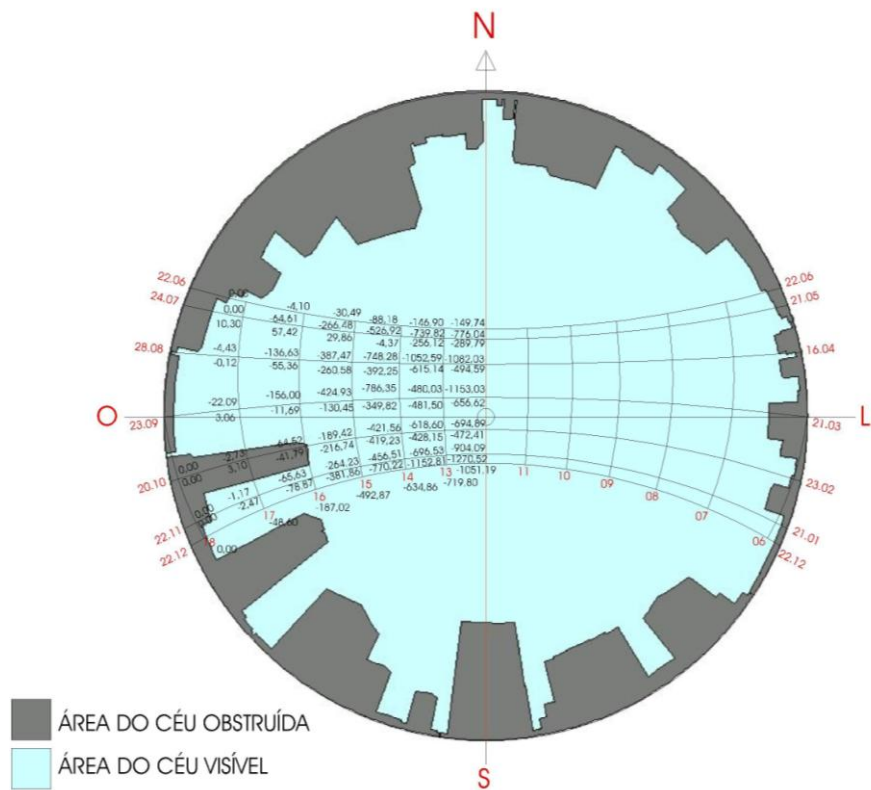


Figura 8.20 - Máscara de obstrução com diagrama de trajetória solar e radiações ponderadas horárias da fachada Oeste no adensamento 01 (E3)

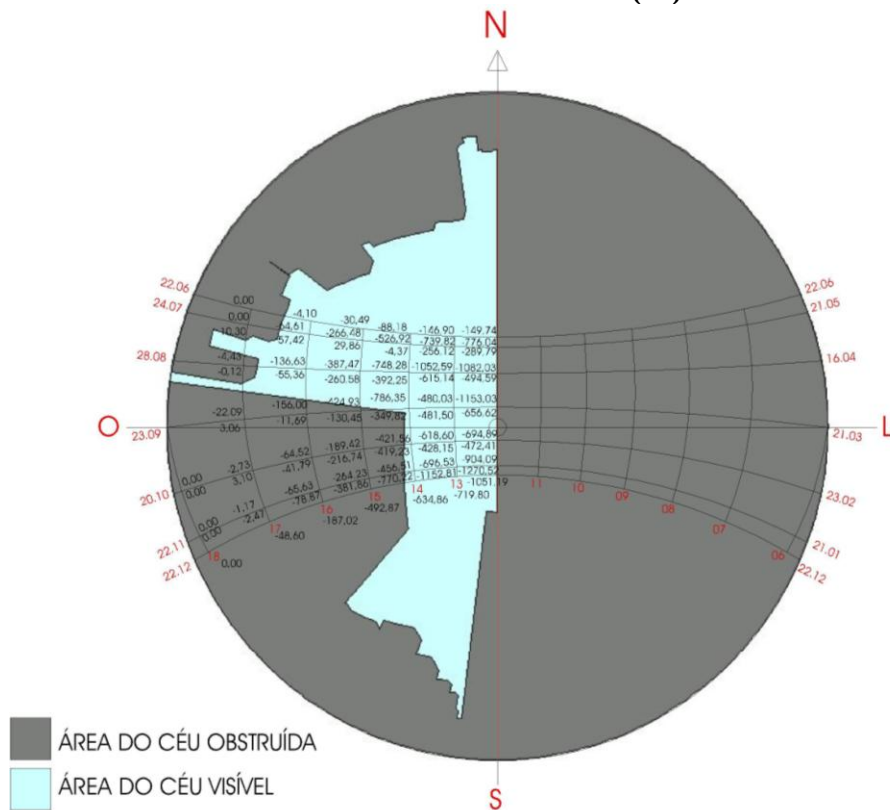


Figura 8.21 - Máscara de obstrução com diagrama de trajetória solar e radiações ponderadas horárias da fachada Oeste no adensamento 04 (E9)

Como não há edifício construído no lote em frente à fachada Leste analisada, a máscara de obstrução da fachada Oeste para o adensamento 01 (Figura 8.20) é diferenciada das demais. Porém, se houvesse edificação no local, perceber-se-ia um bloqueio solar e, conseqüentemente, das radiações incidentes, apenas no final da tarde nos meses de Fevereiro e Outubro.

Detecta-se na máscara de obstrução da fachada Oeste no adensamento 04 (Figura 8.21) um sombreamento no período tarde/Verão, bloqueando grande parte da radiação negativa a partir das 14h entre Setembro e Março, e também, nos meses de Junho a Agosto.

Confrontando o adensamento 04 com o adensamento 01, verifica-se um aumento da obstrução solar maior no primeiro do que no segundo caso e, conseqüentemente, um sombreamento superior devido a elevação da altura das edificações do entorno, conforme a Figura 8.21.

8.4 Conclusões sobre a análise das Fachadas

O Quadro 8.2 e o Quadro 8.3, a seguir, resultam da análise dos ângulos de céu, das máscaras de obstrução solar e das figuras de erosão dos quatro adensamentos nos pontos (A e B) estudados.

PONTO A								
	FACHADA NORTE				FACHADA SUL			
	ADENSAMENTOS				ADENSAMENTOS			
	01	02	03	04	01	02	03	04
VENTILAÇÃO DETECTADA	N	S	N	N	N	S	N	S
ÂNGULO DE CÉU OBSTRUÍDO DENTRO DO INTERVALO PROPOSTO PELA PESQUISA	N	N	S	S	N	N	S	S
VENTILAÇÃO DETECTADA E ÂNGULO DE CÉU OBSTRUÍDO DENTRO DO INTERVALO PROPOSTO	-	-	-	-	-	-	-	S
VENTILAÇÃO NÃO DETECTADA E ÂNGULO DE CÉU OBSTRUÍDO DENTRO DO INTERVALO PROPOSTO	-	-	S	S	-	-	S	-
VENTILAÇÃO DETECTADA E ÂNGULO DE CÉU OBSTRUÍDO FORA DO INTERVALO PROPOSTO	-	S	-	-	-	S	-	-
VENTILAÇÃO NÃO DETECTADA E ÂNGULO DE CÉU OBSTRUÍDO FORA DO INTERVALO PROPOSTO	S	-	-	-	S	-	-	-
S = SIM; N = NÃO								

Quadro 8.2 - Sistematização e análise do PONTO A (fachadas Norte e Sul)

PONTO B								
	FACHADA LESTE				FACHADA OESTE			
	ADENSAMENTOS				ADENSAMENTOS			
	01	02	03	04	01	02	03	04
VENTILAÇÃO DETECTADA	N	N	N	S	N	N	N	S
ÂNGULO DE CÉU OBSTRUÍDO DENTRO DO INTERVALO PROPOSTO PELA PESQUISA	N	N	S	S	N	N	S	S
VENTILAÇÃO DETECTADA E ÂNGULO DE CÉU OBSTRUÍDO DENTRO DO INTERVALO PROPOSTO	-	-	-	S	-	-	-	S
VENTILAÇÃO NÃO DETECTADA E ÂNGULO DE CÉU OBSTRUÍDO DENTRO DO INTERVALO PROPOSTO	-	-	S	-	-	-	S	-
VENTILAÇÃO DETECTADA E ÂNGULO DE CÉU OBSTRUÍDO FORA DO INTERVALO PROPOSTO	-	-	-	-	-	-	-	-
VENTILAÇÃO NÃO DETECTADA E ÂNGULO DE CÉU OBSTRUÍDO FORA DO INTERVALO PROPOSTO	S	S	-	-	S	S	-	-
S = SIM; N = NÃO								

Quadro 8.3 - Sistematização e análise do PONTO B (fachadas Leste e Oeste)

Analisando o Quadro 8.2 e o Quadro 8.3, percebe-se:

- Déficit de ventilação no adensamento 01 (situação atual) e no adensamento 03 em todas as fachadas analisadas, no adensamento 02 nas fachadas Leste e Oeste e, ainda, no adensamento 04 na Fachada Norte;
- Os ângulos de céu propostos pela pesquisa são verificados nos adensamentos 03 e 04 das fachadas Norte, Sul, Leste e Oeste;
- Percebe-se, no adensamento 04, que nas Fachadas Sul, Leste e Oeste é detectada ventilação e, os ângulos observados estão dentro do intervalo proposto por esta pesquisa.

9. CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos pode-se constatar que:

- Todas as radiações ponderadas dos balanços (verão, inverno e anual) são negativas o que significa que a temperatura ambiente é sempre superior à neutra, tornando-se então indesejáveis;
- Nas fachadas Oeste, Noroeste e Nordeste detectaram-se os mais altos valores de radiações ponderadas negativas (indesejáveis) que atingem valores de -26.000,00 fachada/ano;
- Detectaram-se radiações ponderadas positivas (desejáveis) no período da manhã em todas as orientações com exceção das fachadas Sudoeste, Oeste e Noroeste;
- A fachada Norte recebe menor quantidade de radiação ponderada negativa durante todo o ano, conforme Gráfico 5.3;
- Nos adensamentos 01 (situação atual) e 02 (possível adensamento futuro da área) detectaram-se nos pontos analisados a situação menos favorável do ponto de vista da ventilação e das radiações ponderadas;
- Nos adensamentos 03 e, principalmente, no 04 (proposto), verificaram-se nos pontos analisados a situação mais favorável do ponto de vista da ventilação e das radiações ponderadas;
- A quantidade de radiação ponderada diminui com o aumento da obstrução solar. Isto pode ser obtido com o aumento do gabarito em altura.

A partir de tais constatações, conclui-se que:

- O atual padrão de ocupação do solo conduz a ângulos de céu fora da realidade climática da área estudada e, além de gerar condições térmicas desfavoráveis ao conforto humano, atua como redirecionador da ventilação (ventos alísios);
- O escalonamento como proposto pela legislação vigente não está contribuindo para o sombreamento na área, comprometendo ainda as condições de ventilação natural, como demonstrado através das figuras de erosão;
- Nenhuma medida corretiva e/ou preventiva na Legislação Urbanística vigente da cidade vem sendo tomada para diminuir os efeitos da urbanização sem compromisso com o clima local e com a qualidade de vida de seus habitantes. E, por fim, tais conclusões conduzem ao entendimento da premente necessidade de revisão dos dispositivos legais de ordenamento do espaço urbano da cidade.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As questões vinculadas ao planejamento da ocupação do solo conduzem à necessidade de estudos aprofundados que relacionem variáveis ambientais, resultando em dados científicos que possam contribuir para o ordenamento responsável do espaço urbano, refletindo no bem-estar da população, nas questões relativas ao meio ambiente e no uso racional de energia elétrica.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AROSZTEGUI, J.M. **Método para projeto e avaliação de para-sóis externos visando à otimização de seu desempenho térmico para um clima dado.** Caderno Técnico (CT 17/80), Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil - UFRGS, Porto Alegre, Brazil.

ASSIS, Eleonora Sad de. **Impactos da forma urbana na mudança climática: método para previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano.** (Tese, Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: USP, 2000.

ASSIS, Eleonora Sad de. **Bases para a determinação dos recuos e volumetria dos edifícios, considerando a insolação e iluminação natural, na revisão da Lei de Uso e Ocupação do Solo de Belo Horizonte, MG.** In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 3, 1995, Gramado. Anais...Gramado: 1995. 551-516.

ASSIS, Eleonora Sad de. **Critérios de acessibilidade ao sol e à luz natural para a conservação de energia em escala de planejamento urbano.** In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 9, 2002, Foz do Iguaçu. Anais...Foz do Iguaçu: 2002. 991-1000.

ASSIS, Eleonora Sad de. PEREIRA, Elizabeth M. D. SOUZA, Roberta V. G. VALADARES, Victor M. MESQUITA, Lúcio C. TRINDADE, Rodrigo C. **Modelo para a determinação da volumetria dos edifícios a partir de critérios da insolação e iluminação natural: integração ao sistema de informações geográficas da prefeitura de belo Horizonte, MG.** In: Encontro Nacional de Modelos de Simulação de Ambientes, 1995, São Paulo. Anais...São Paulo: 1995. 19-29.

ATLAS DO ESTADO DA PARAÍBA, 1985.

BITTENCOURT, Sérgio Motta. **Interação térmica entre edifícios inseridos na malha urbana verticalizada do bairro de Boa Viagem na cidade do Recife – PE.** 2006. (Dissertação, Mestrado em Engenharia Urbana). PPGEU/ UFPB. João Pessoa.

CARVALHO, Homero Jorge Matos de. **Parâmetros climatológicos para o estudo do balanço termo-energético de edificações da cidade de João Pessoa – PB.** (Dissertação, Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Natal: UFRN, 2001.

CARVALHO, Homero Jorge Matos de. **Metodologia para a análise das interações entre a forma urbana e o clima: aplicação a uma cidade brasileira de clima litorâneo com baixa latitude.** (Tese de Doutorado em Urbanismo). Rio de Janeiro: PROURB/FAU/UFRJ, 2006.

CORBELLA, O. D. CASTANHEIRA, R. G. **Sobre a necessidade de proteção da radiação solar incidente nas fachadas sul, para edifícios situados entre as Latitudes 10° e 35°.** In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 6, 2001, São Pedro. Anais...São Pedro: 2001.

GIVONI, B. **Man, climate and architecture.** London: Elsevier, 1976.

GUERRA, Viviane Maria de Melo. **Verificação da influência do padrão de ocupação do solo urbano no topo de parte da Falésia do Cabo Branco, em João Pessoa-PB, na**

variável climática vento. 2005. (Dissertação, Mestrado em Engenharia Urbana). PPGEU/ UFPB. João Pessoa.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo.** São Paulo: Hucitec, 1985.

OLGYAY, V. **Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism.** Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1973.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates.** New York: Halsted, 1978.

OKE, T. R. **Canyon geometry and the nocturnal heat island: comparisons of scale model and field observations.** Journal of Climatology, vol.1, 1981.

MOTA, S. **Urbanização e meio ambiente.** 2 ed. São Paulo. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, 1999.

PEREGRINO, Paulo Sérgio Araújo. **Interrelações existentes entre os escoamentos de ventos e os padrões de ocupação do solo nos bairros do Cabo Branco e Tambaú/João Pessoa – PB.** 2005. (Dissertação, Mestrado em Engenharia Urbana). PPGEU/ UFPB. João Pessoa.

PEREIRA, F. O. R. **Insolação no ambiente construído: critérios para sua regulação e normalização.** In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 3, 1990, Gramado. Anais...Gramado: 1990. 101-109.

PEREIRA, F. O. R. **Uma metodologia para indicações de ocupação do ambiente urbano: controle da obstrução do sol e da abóbada celeste.** 1994. (Monografia de Concurso para Professor Titular do Dep. Arquitetura e Urbanismo). DA/UFSC. Florianópolis.

PEREIRA, F. O. R. **Metodologia para análise da obstrução solar e abóbada celeste.** In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 3, 1995, Gramado. Anais...Gramado: 1995. 505-510.

QUEIROGA, Silvana Chaves Claudino de. **Verificação da eficiência do dimensionamento de aberturas para a ventilação natural nas praias do Cabo Branco e Tambaú.** 2005. (Dissertação, Mestrado em Engenharia Urbana). PPGEU/ UFPB. João Pessoa.

SANTOS, Iara Gonçalves dos. LIMA, Henrique Gazzola de. ASSIS, Eleonora Sad de. **Influência da geometria urbana e da inércia térmica na alteração do clima urbano: uma abordagem preditiva.** In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 7, 2003, Curitiba. Anais...Curitiba: 2003. 706-713.

SILVA, F. A. G. da. **O vento como ferramenta no desenho do ambiente construído: uma aplicação ao nordeste do Brasil.** (Tese, Doutorado em Arquitetura). São Paulo: FAUUSP, 1999.

SOUZA, Daisy. PEREIRA, F. O. R. **Envelope solar: um exercício teórico ou uma proposição viável.** In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 3, 1995, Gramado. Anais...Gramado: 1995. 499-504.

ZEILMANN, S. M. L. CLARO, A. PEREIRA, F. O. R. **O estudo da geometria da insolação como ferramenta de projeto.** In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 7, 2003, Curitiba. Anais...Curitiba: 2003. 1374-1382.

12. APÊNDICES

12.1 APÊNDICE A – Diagramas de Trajetória Solar das fachadas Norte, Nordeste, Leste, Sudeste, Sul, Sudoeste, Oeste e Noroeste para a latitude de João Pessoa com as Radiações Ponderadas horárias

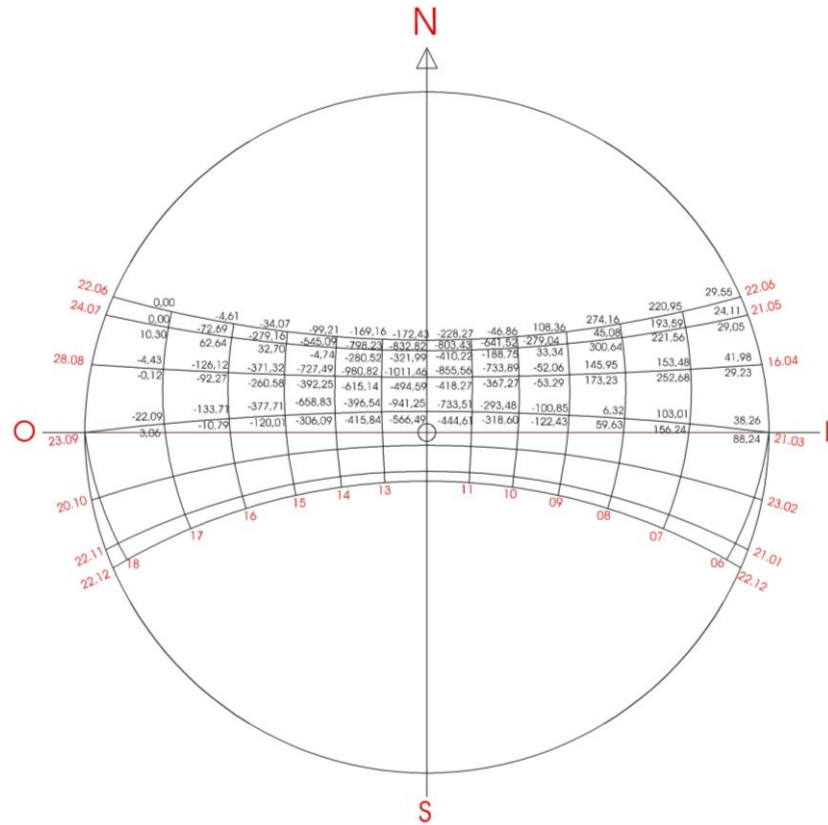


Figura 12.1 - Diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias para fachada Norte

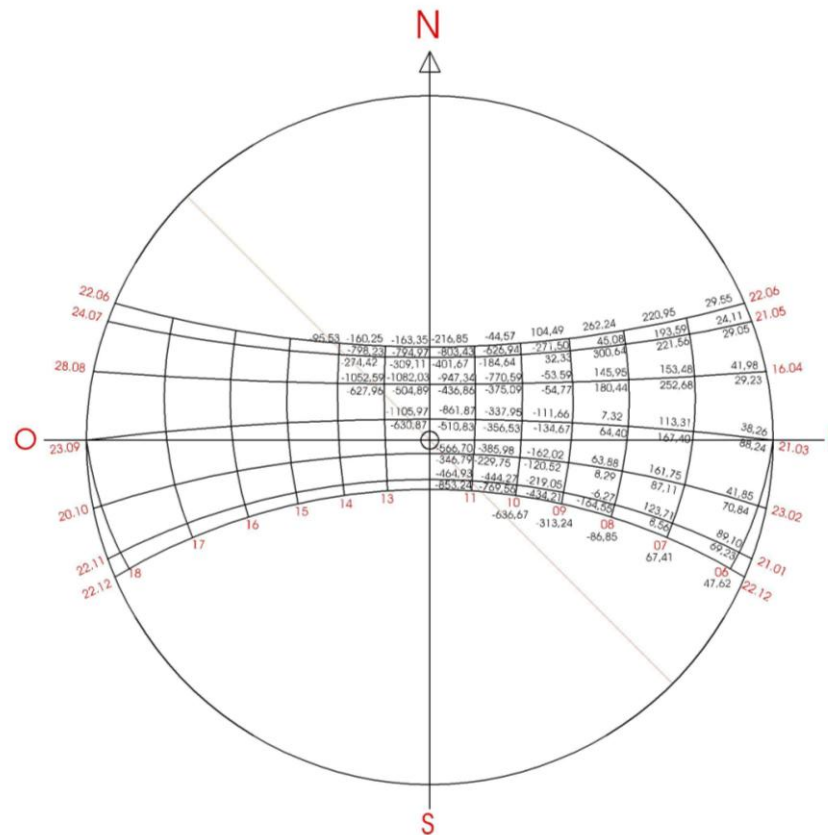


Figura 12.2 - Diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias para fachada Nordeste

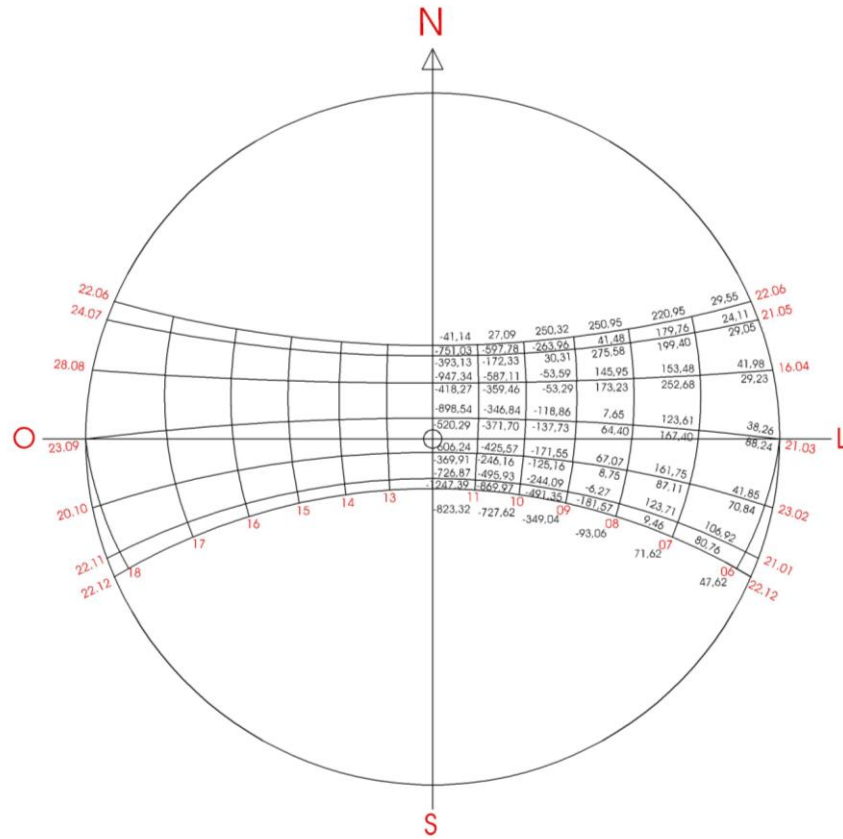


Figura 12.3 - Diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias para fachada Leste

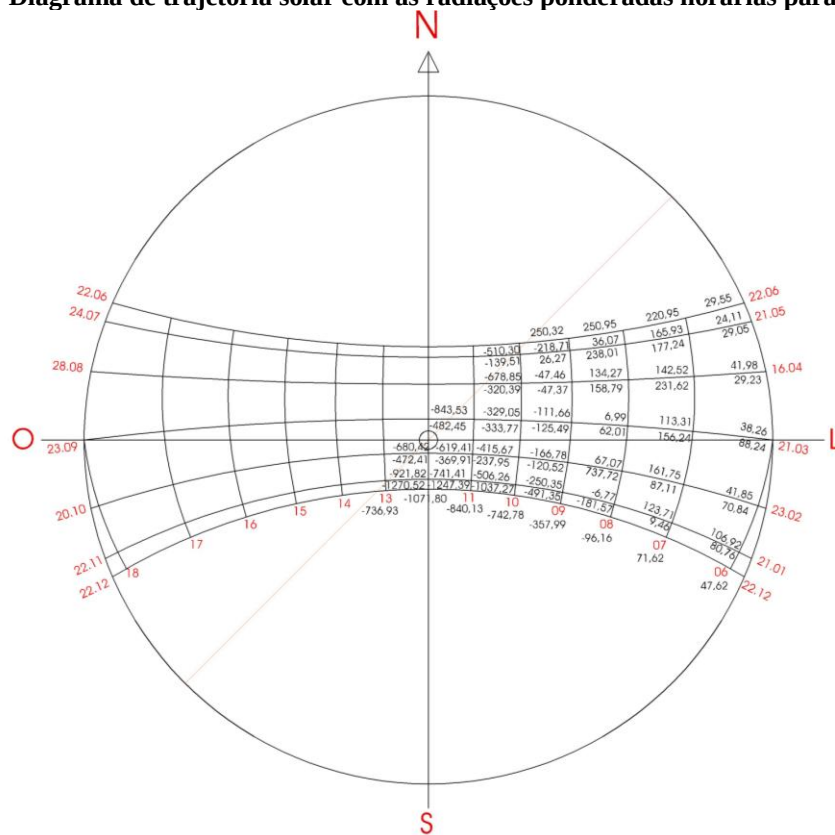


Figura 12.4 - Diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias para fachada Sudeste

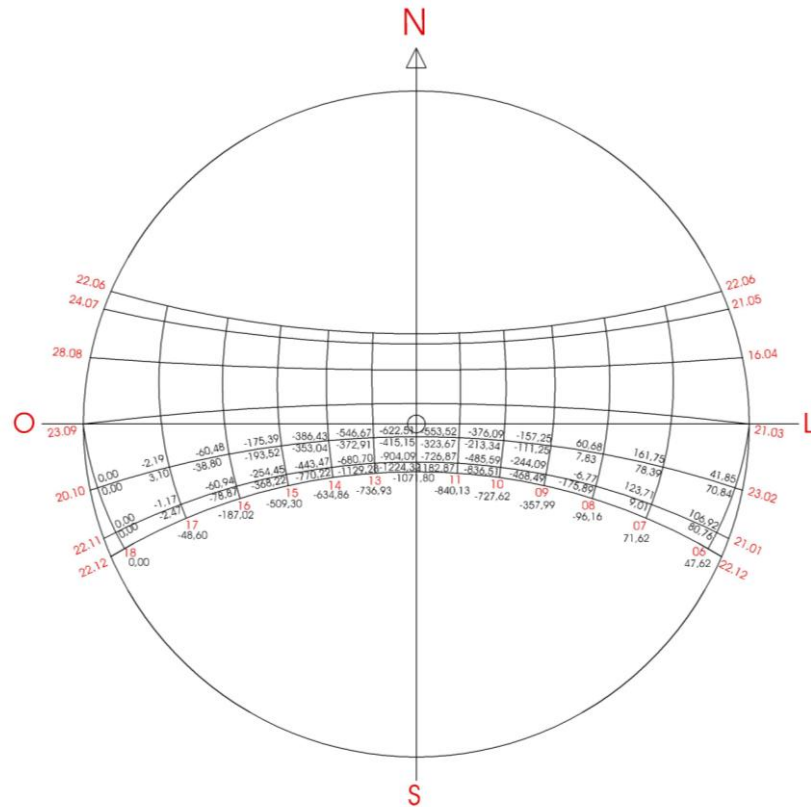


Figura 12.5 - Diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias para fachada Sul

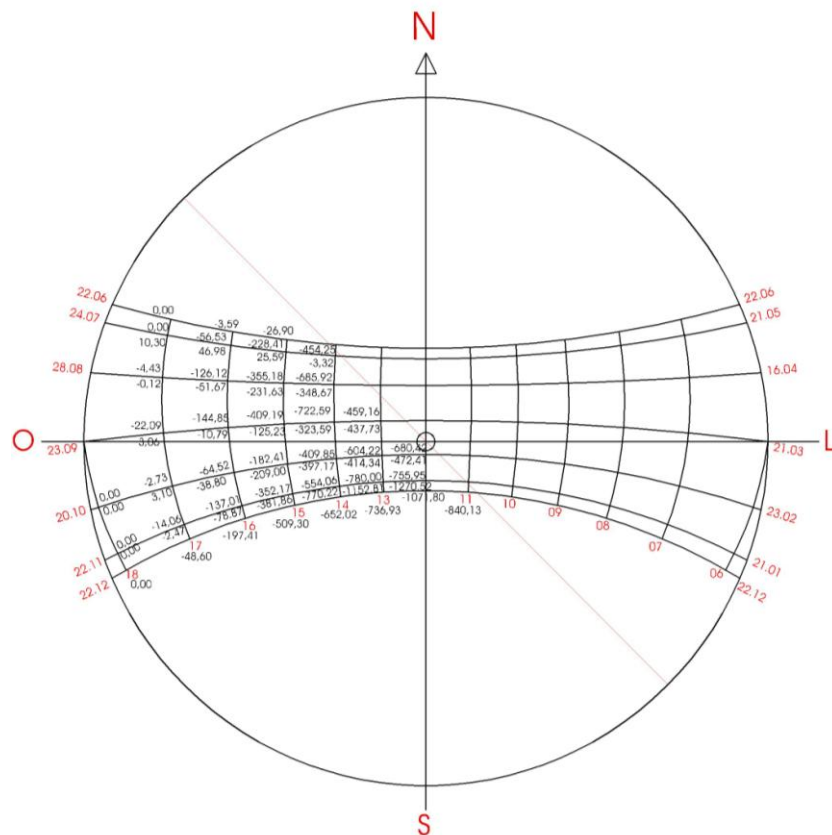


Figura 12.6 - Diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias para fachada Sudoeste

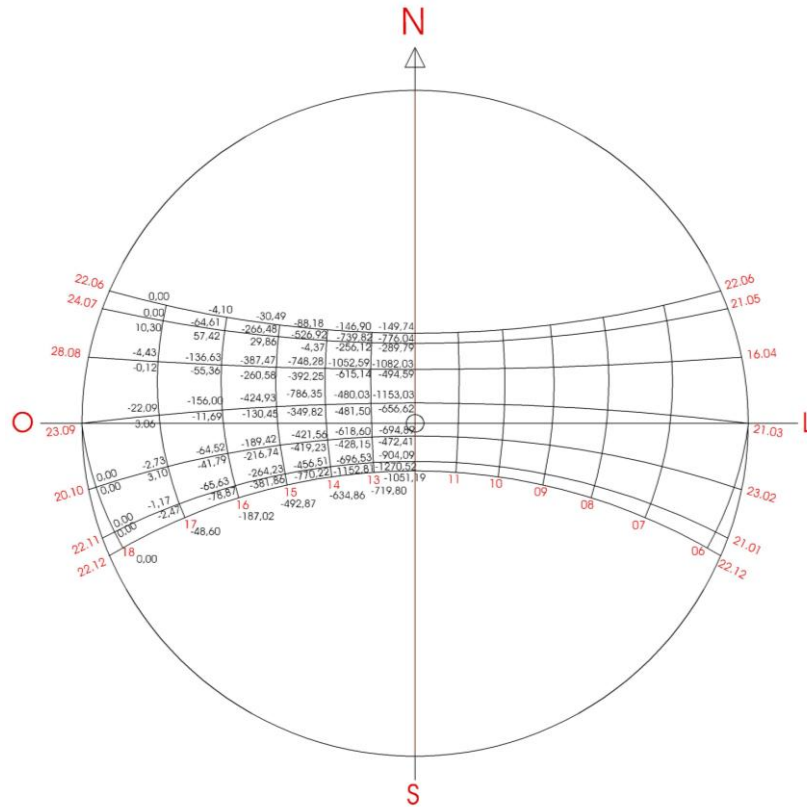


Figura 12.7 - Diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias para fachada Oeste

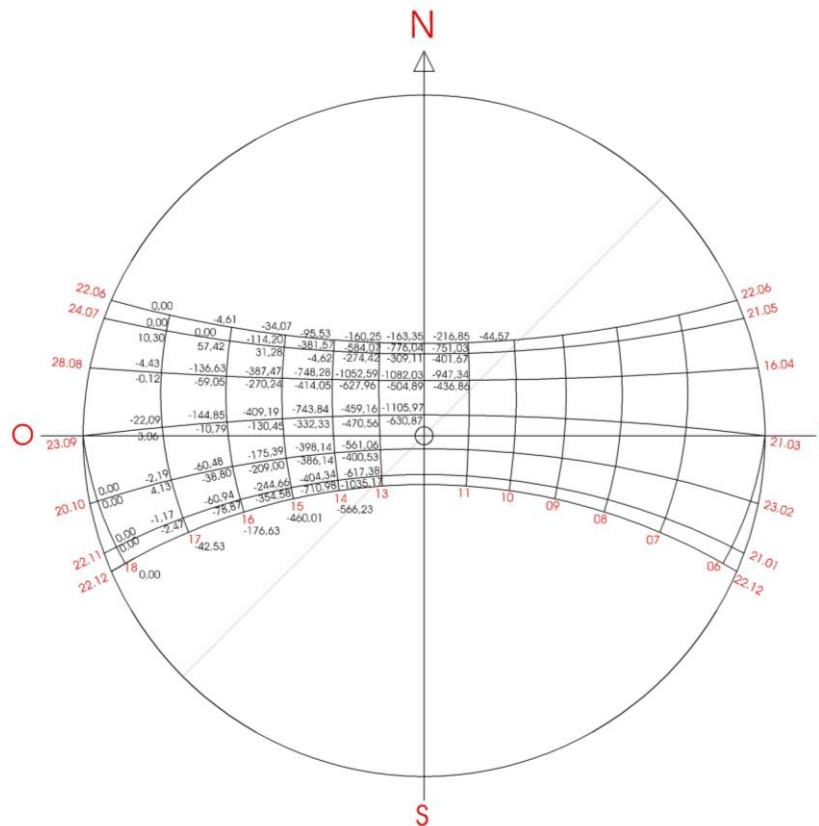


Figura 12.8 - Diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias para fachada Noroeste

12.2 APÊNDICE B – Superposição do Diagrama de Trajetória Solar com as Radiações Ponderadas horárias para latitude de João Pessoa sobre as Máscaras de obstrução do céu (variação de 0° a 90°) para a fachada Norte

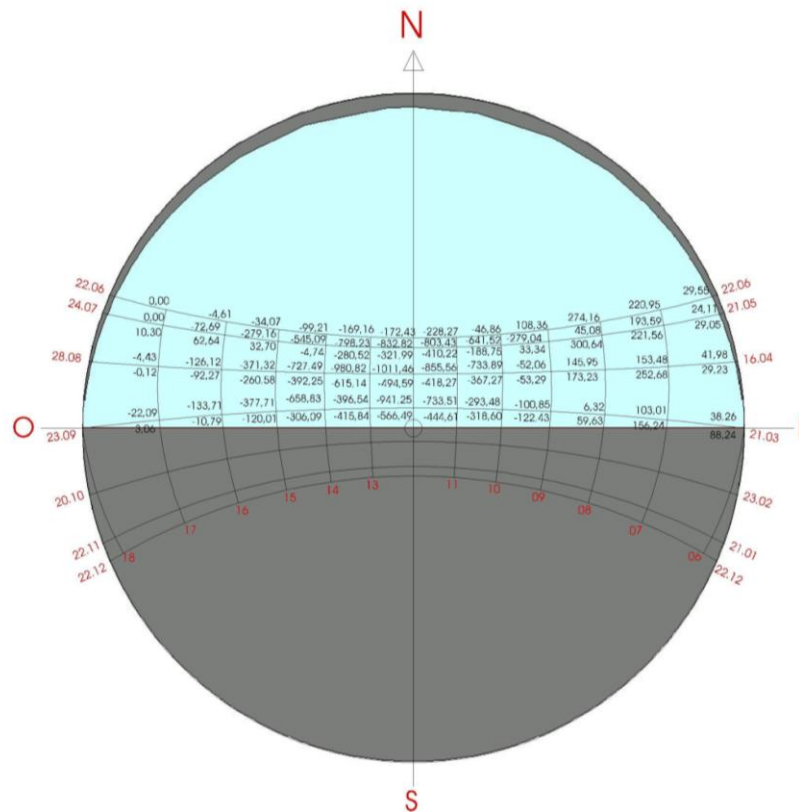


Figura 12.9 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução 5°

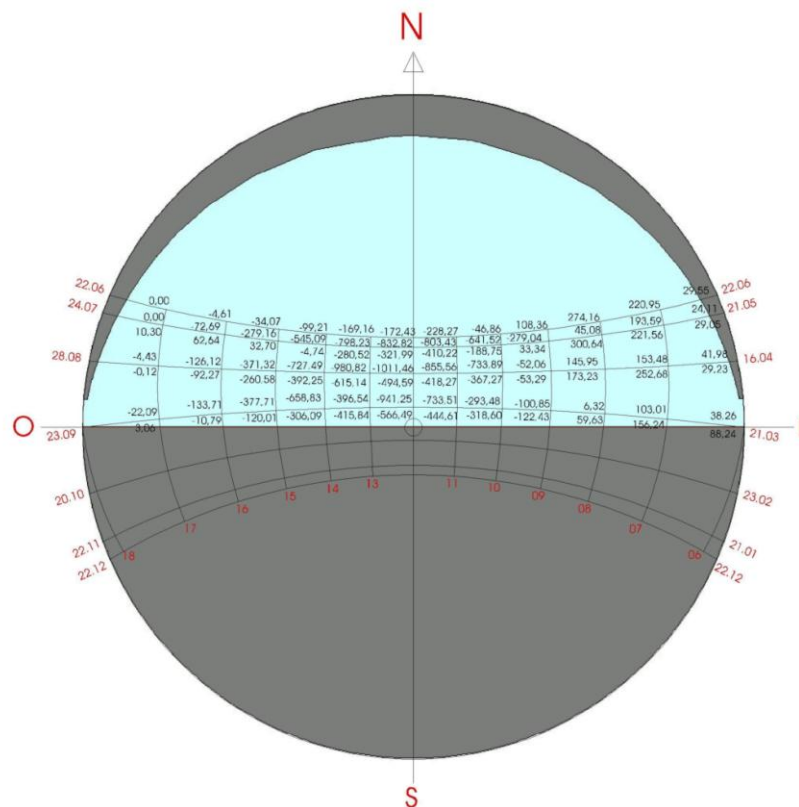


Figura 12.10 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução 10°

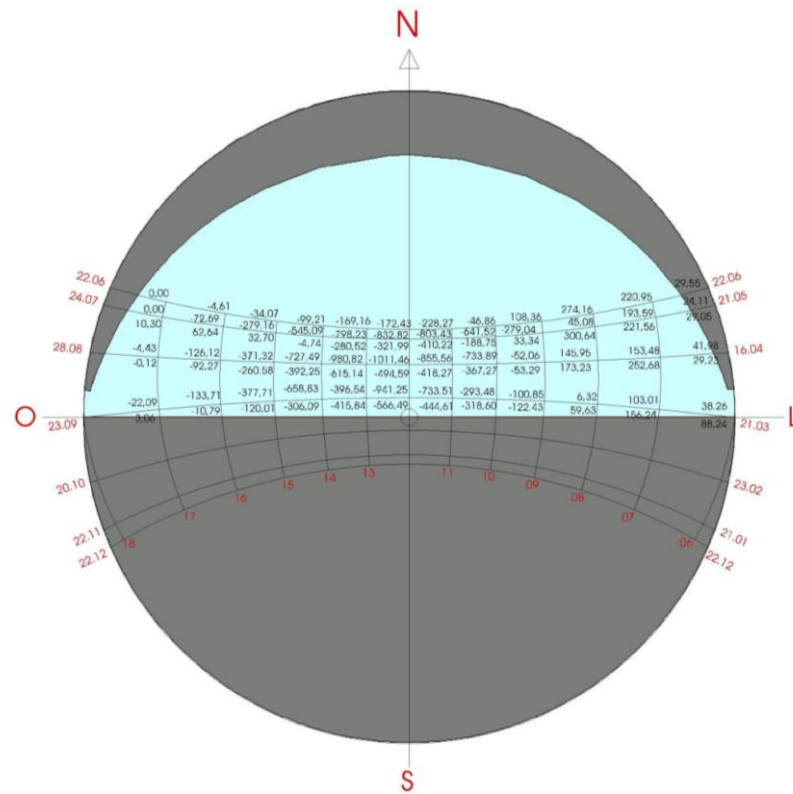


Figura 12.11 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução 15°

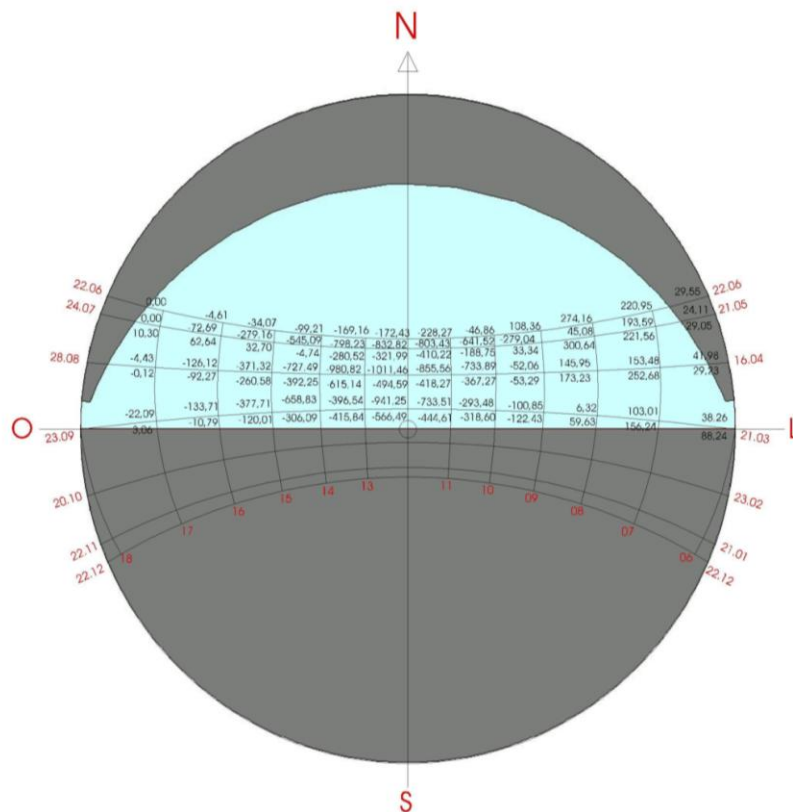


Figura 12.12 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução 20°

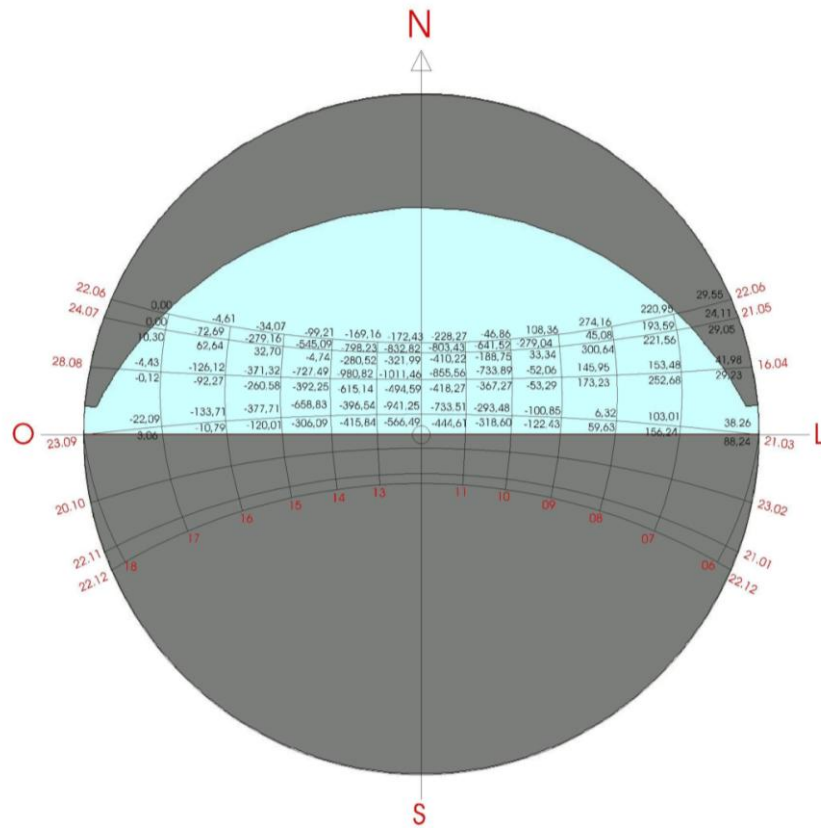


Figura 12.13 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução 25°

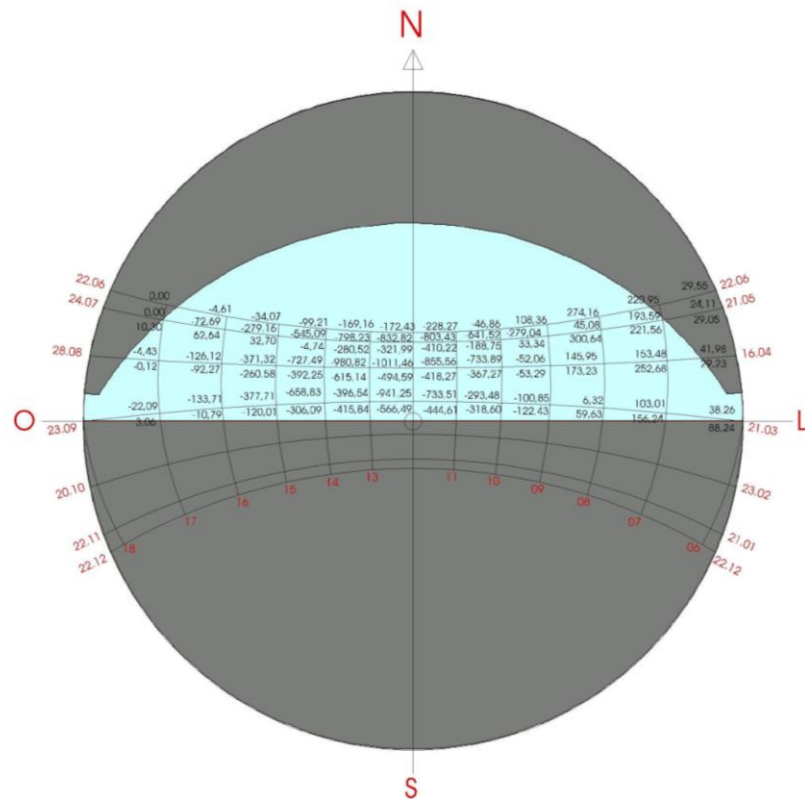


Figura 12.14 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução 30°

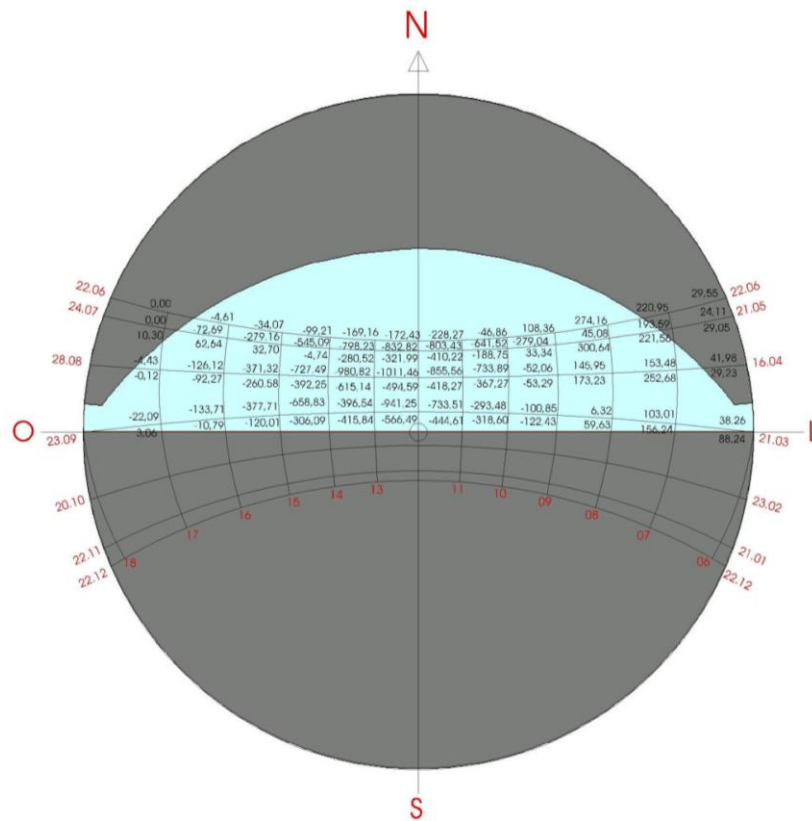


Figura 12.15 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução 35°

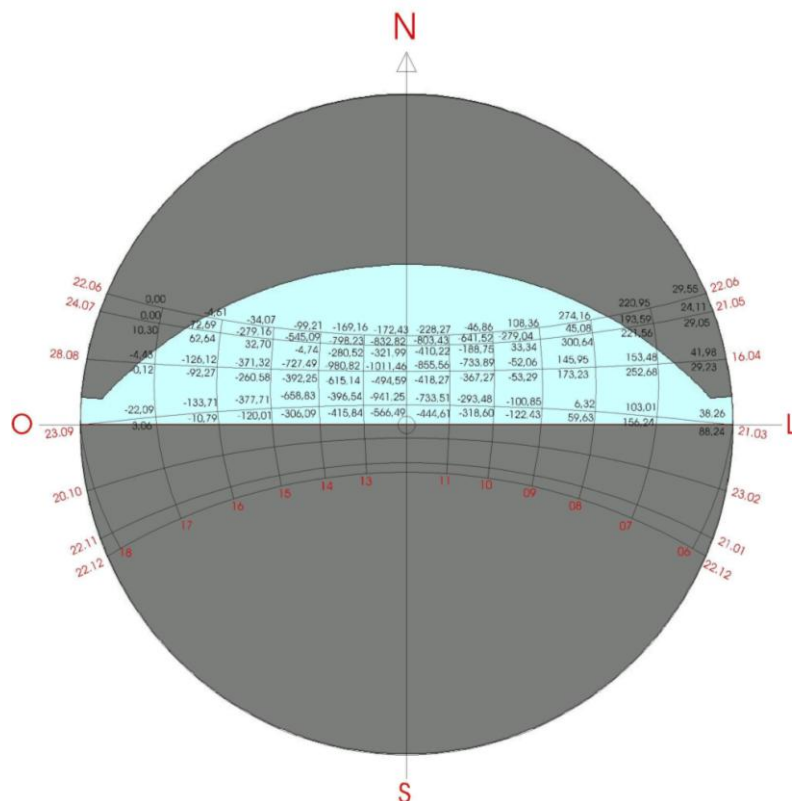


Figura 12.16 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução 40°

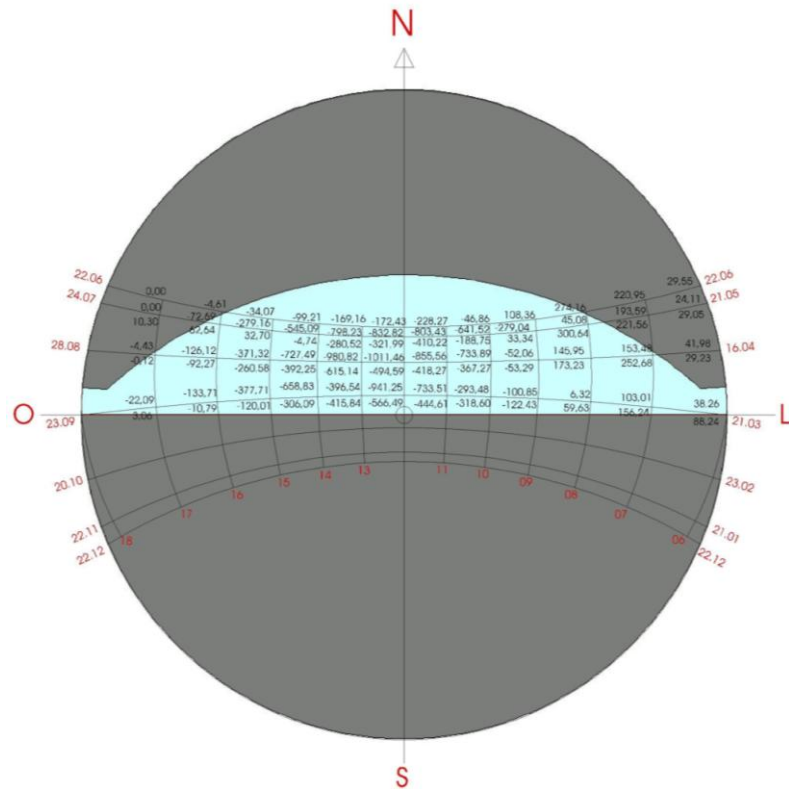


Figura 12.17 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução 45°

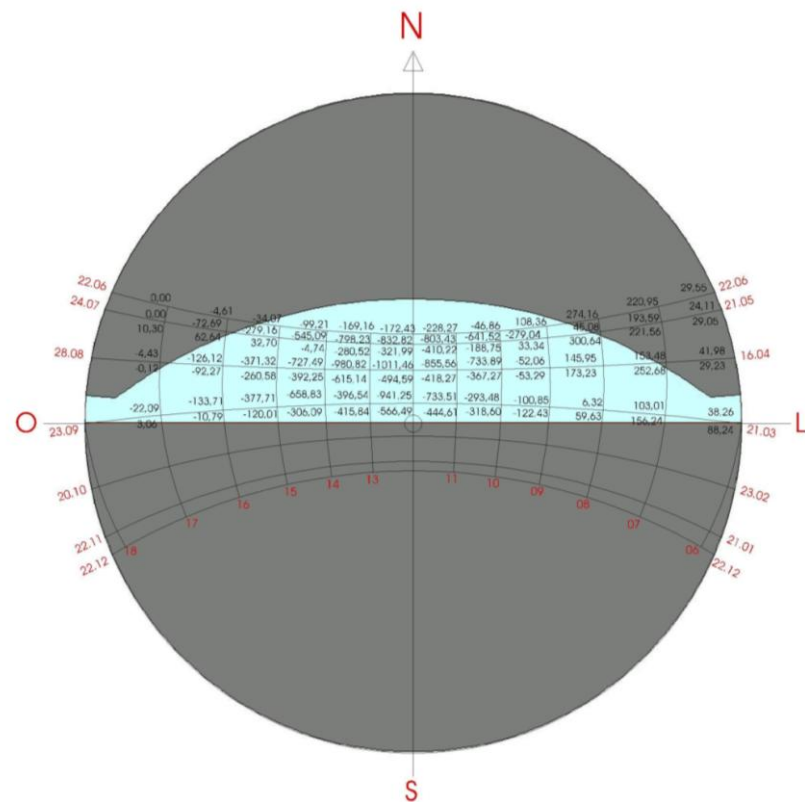


Figura 12.18 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução 50°

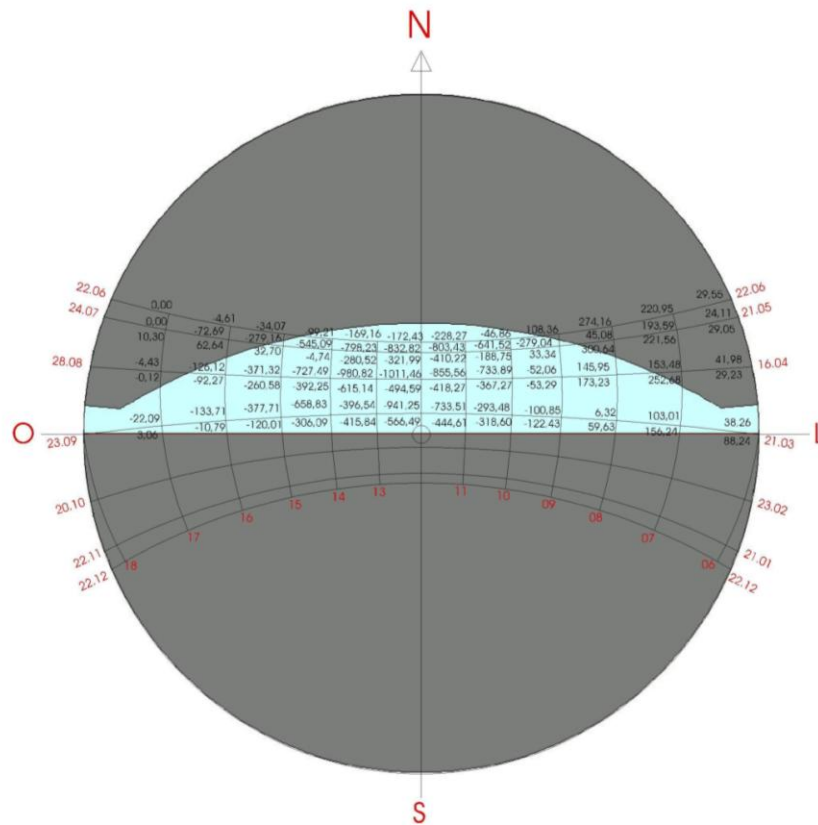


Figura 12.19 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução 55°

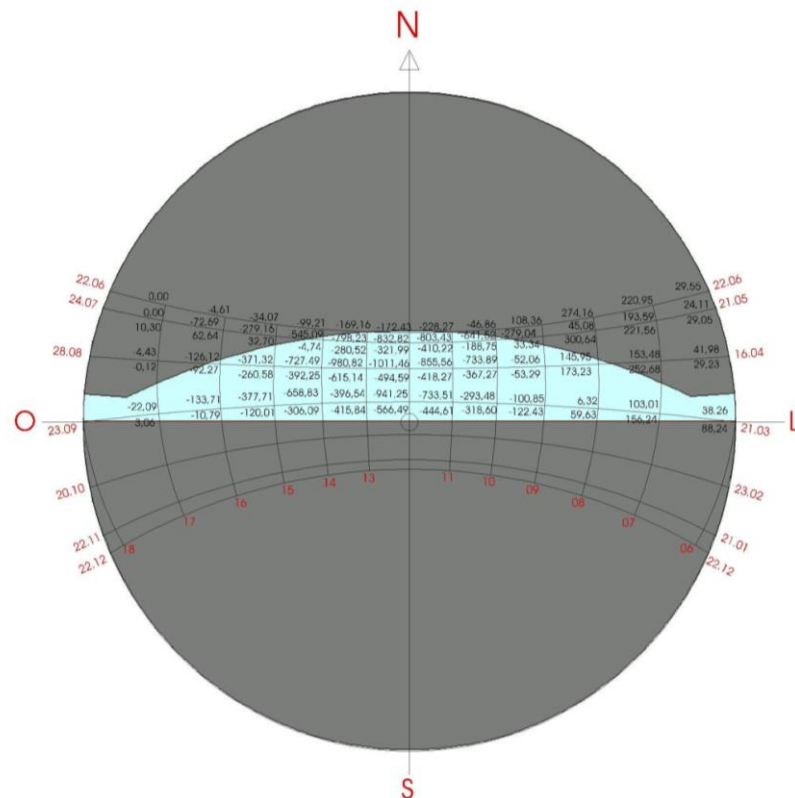


Figura 12.20 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução 60°

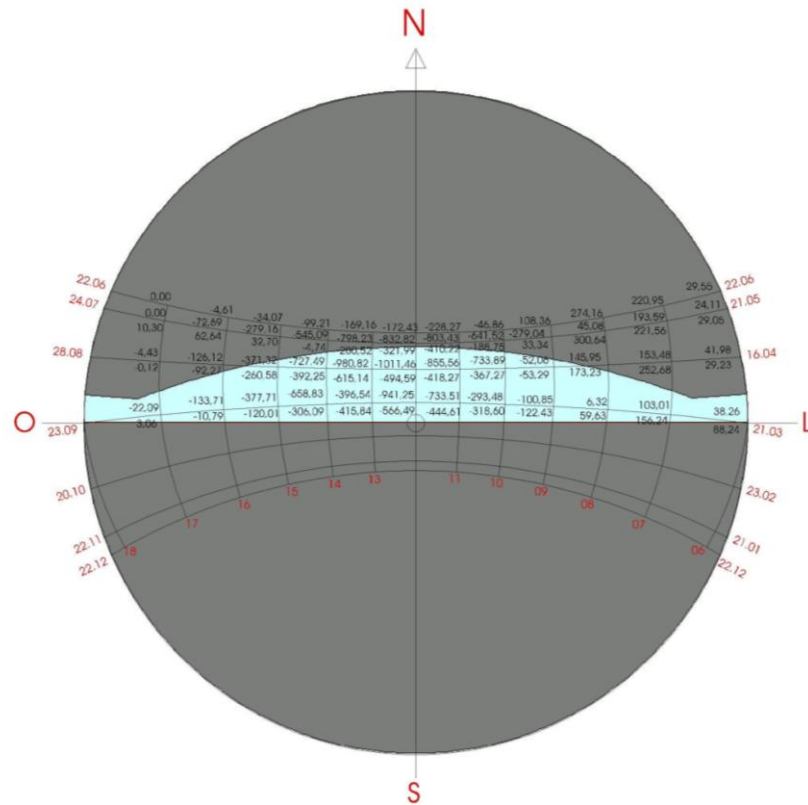


Figura 12.21 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução 65°

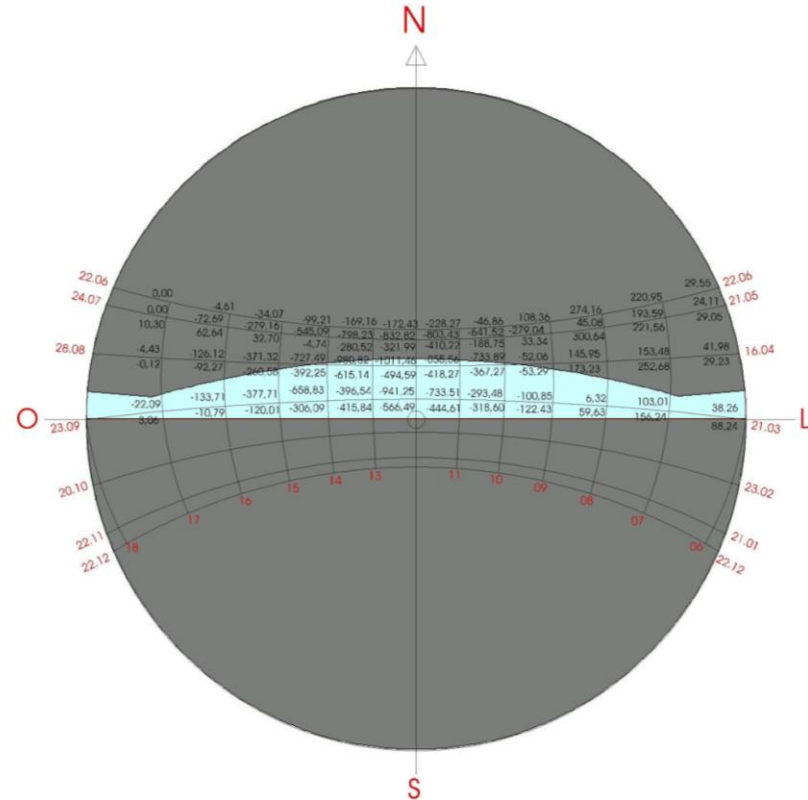


Figura 12.22 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução 70°

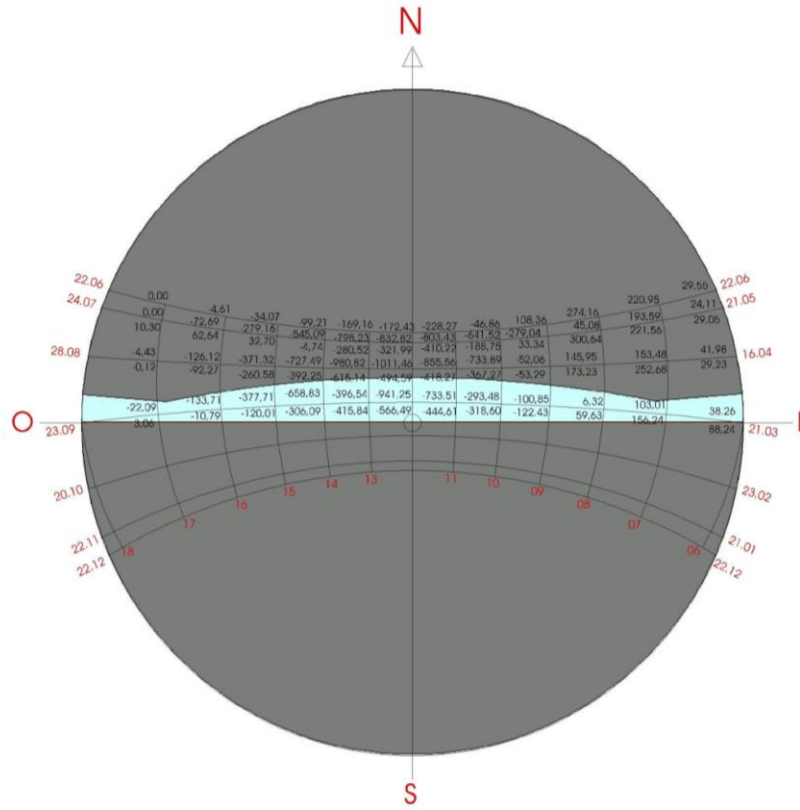


Figura 12.23 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução 75°

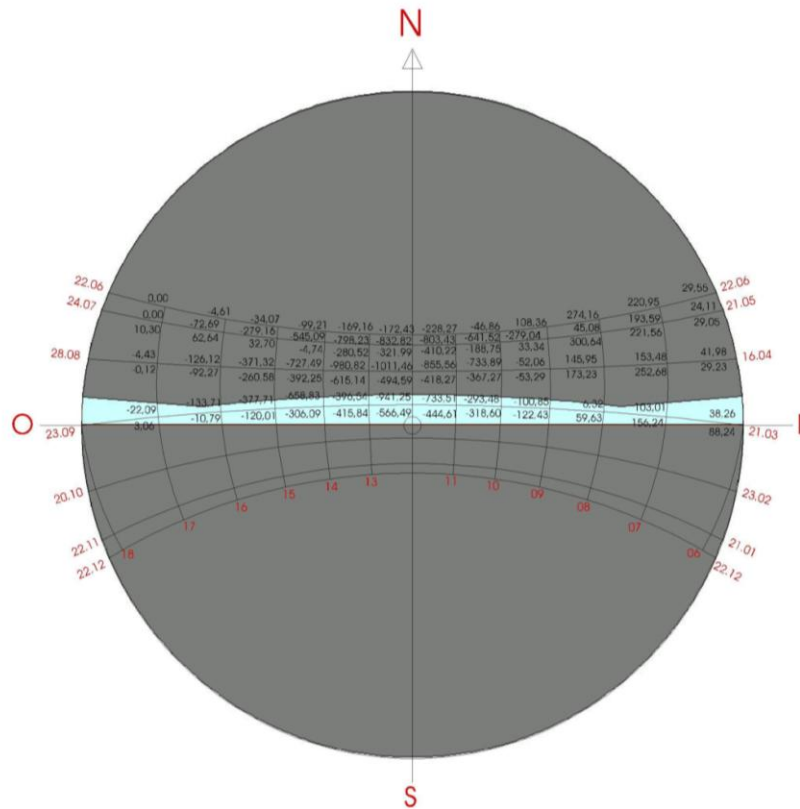


Figura 12.24 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução 80°

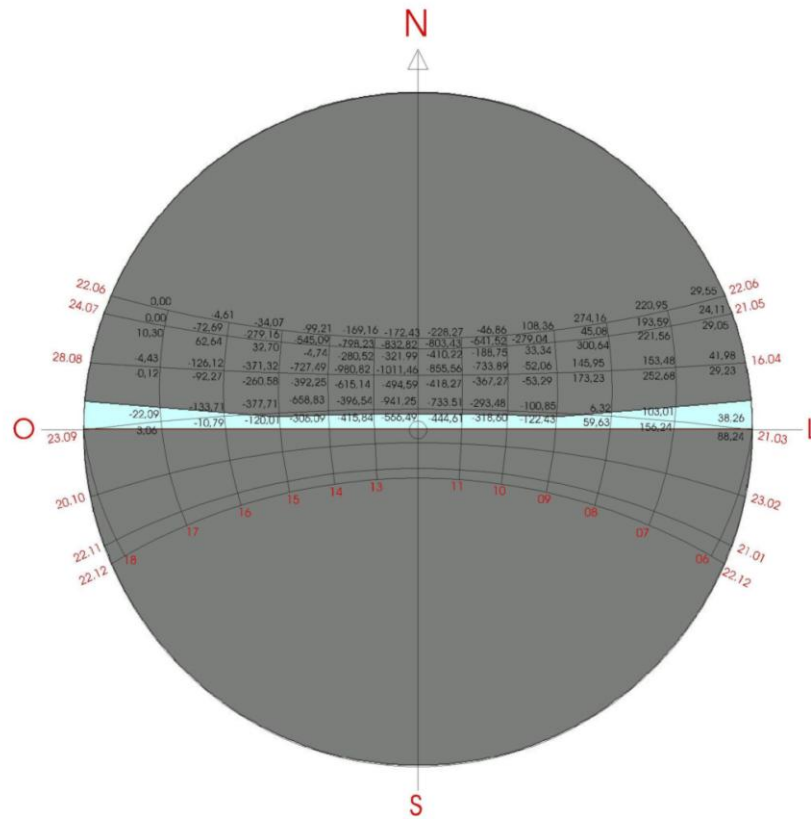


Figura 12.25 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução 85°

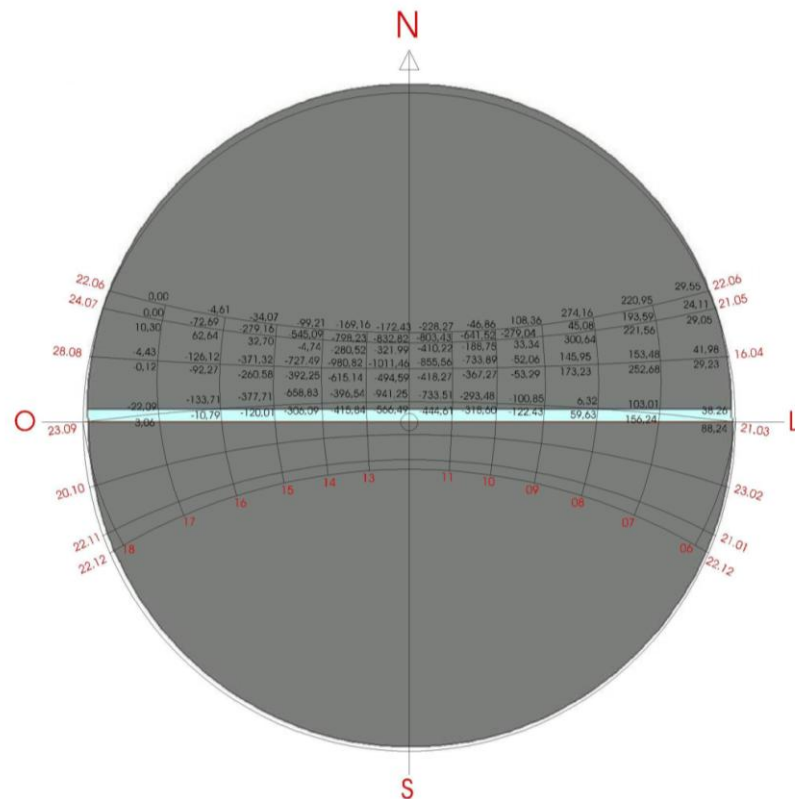


Figura 12.26 - Superposição do diagrama de trajetória solar com as radiações ponderadas horárias sobre a máscara de obstrução do céu para a fachada Norte - ângulo de obstrução 90°

12.3 APÊNDICE C – Quadros com os balanços Verão, Inverno e Anual para as fachadas analisadas (Norte, Nordeste, Leste, Sudeste, Sul, Sudoeste, Oeste e Noroeste)

FACHADA NORTE - VERÃO (OUTUBRO A MARÇO)								
ÂNGULOS (GRAUS)	ALTURA DA EDIFICAÇÃO (m) P/ RECUO DE 22m	MANHÃ (+)	MANHÃ (-)	TARDE (+)	TARDE (-)	BALANÇO MANHÃ	BALANÇO TARDE	BALANÇO (VERÃO)
0	2,00	147,59	-1127,84	0,00	-2530,13	-980,25	-2530,13	-3510,38
5	3,92	147,59	-1127,84	0,00	-2530,13	-980,25	-2530,13	-3510,38
10	5,88	147,59	-1127,84	0,00	-2530,13	-980,25	-2530,13	-3510,38
15	7,89	147,59	-1127,84	0,00	-2530,13	-980,25	-2530,13	-3510,38
20	9,01	147,59	-1127,84	0,00	-2530,13	-980,25	-2530,13	-3510,38
25	12,26	147,59	-1127,84	0,00	-2530,13	-980,25	-2530,13	-3510,38
30	14,70	147,59	-1127,84	0,00	-2530,13	-980,25	-2530,13	-3510,38
35	17,40	147,59	-1127,84	0,00	-2530,13	-980,25	-2530,13	-3510,38
40	20,46	147,59	-1127,84	0,00	-2530,13	-980,25	-2530,13	-3510,38
45	24,00	147,59	-1127,84	0,00	-2530,13	-980,25	-2530,13	-3510,38
50	28,22	147,59	-1127,84	0,00	-2530,13	-980,25	-2530,13	-3510,38
55	33,42	147,59	-1127,84	0,00	-2530,13	-980,25	-2530,13	-3510,38
60	40,11	147,59	-1127,84	0,00	-2530,13	-980,25	-2530,13	-3510,38
65	49,18	147,59	-1127,84	0,00	-2530,13	-980,25	-2530,13	-3510,38
70	62,44	147,59	-1127,84	0,00	-2530,13	-980,25	-2530,13	-3510,38
75	84,11	147,59	-1127,84	0,00	-2530,13	-980,25	-2530,13	-3510,38
80	126,77	147,59	-1127,84	0,00	-2530,13	-980,25	-2530,13	-3510,38
85	251,46	147,59	0,00	0,00	-155,80	147,59	-155,80	-8,21
90	-	141,27	0,00	0,00	-155,80	141,27	-155,80	-14,53
FACHADA NORTE - INVERNO (ABRIL A SETEMBRO)								
ÂNGULOS (GRAUS)	ALTURA DA EDIFICAÇÃO (m) P/ RECUO DE 22m	MANHÃ (+)	MANHÃ (-)	TARDE (+)	TARDE (-)	BALANÇO MANHÃ	BALANÇO TARDE	BALANÇO (INVERNO)
0	2,00	2581,05	-5964,07	3,06	-1419,22	-3383,02	-1416,16	-4799,18
5	3,92	2427,13	-5964,07	3,06	-1419,22	-3536,94	-1416,16	-4953,10
10	5,88	2427,13	-5964,07	3,06	-1419,22	-3536,94	-1416,16	-4953,10
15	7,89	2427,13	-5964,07	3,06	-1419,22	-3536,94	-1416,16	-4953,10
20	9,01	2427,13	-5964,07	3,06	-1419,22	-3536,94	-1416,16	-4953,10
25	12,26	2427,13	-5964,07	3,06	-1419,22	-3536,94	-1416,16	-4953,10
30	14,70	2206,18	-5964,07	3,06	-1419,22	-3757,89	-1416,16	-5174,05
35	17,40	1791,03	-5964,07	3,06	-1419,22	-4173,04	-1416,16	-5589,20
40	20,46	1791,03	-5964,07	3,06	-1419,22	-4173,04	-1416,16	-5589,20
45	24,00	1516,87	-5964,07	3,06	-1419,22	-4447,20	-1416,16	-5863,36
50	28,22	764,99	-5964,07	3,06	-1419,22	-5199,08	-1416,16	-6615,24
55	33,42	656,63	-5964,07	3,06	-1419,22	-5307,44	-1416,16	-6723,60
60	40,11	623,29	-5409,9	3,06	-1419,22	-4786,61	-1416,16	-6202,77
65	49,18	304,11	-3365,98	3,06	-1419,22	-3061,87	-1416,16	-4478,03
70	62,44	304,11	-3260,63	3,06	-1419,22	-2956,52	-1416,16	-4372,68
75	84,11	304,11	-885,64	3,06	-1419,22	-581,53	-1416,16	-1997,69
80	126,77	304,11	-885,64	3,06	-1419,22	-581,53	-1416,16	-1997,69
85	251,46	304,11	0,00	3,06	-10,79	304,11	-7,73	296,38
90	-	304,11	0,00	3,06	0,00	304,11	3,06	307,17

Quadro 12.1 - Quadro com os balanços de Verão e de Inverno para a fachada Norte

FACHADA NORDESTE - VERÃO (OUTUBRO A MARÇO)								
ÂNGULOS (GRAUS)	ALTURA DA EDIFICAÇÃO (m) P/ RECUO DE 22m	MANHÃ (+)	MANHÃ (-)	TARDE (+)	TARDE (-)	BALANÇO MANHÃ	BALANÇO TARDE	BALANÇO (VERÃO)
0	2,00	998,24	-7516,08	0,00	-1105,97	-6517,84	-1105,97	-7623,81
5	3,92	847,29	-7516,08	0,00	-1105,97	-6668,79	-1105,97	-7774,76
10	5,88	641,34	-7516,08	0,00	-1105,97	-6874,74	-1105,97	-7980,71
15	7,89	641,34	-7516,08	0,00	-1105,97	-6874,74	-1105,97	-7980,71
20	9,01	641,34	-7516,08	0,00	-1105,97	-6874,74	-1105,97	-7980,71
25	12,26	528,03	-7516,08	0,00	-1105,97	-6988,05	-1105,97	-8094,02
30	14,70	279,17	-7516,08	0,00	-1105,97	-7236,91	-1105,97	-8342,88
35	17,40	279,17	-7516,08	0,00	-1105,97	-7236,91	-1105,97	-8342,88
40	20,46	72,17	-7516,08	0,00	-1105,97	-7443,91	-1105,97	-8549,88
45	24,00	72,17	-7516,08	0,00	-1105,97	-7443,91	-1105,97	-8549,88
50	28,22	0,00	-7516,08	0,00	-1105,97	-7516,08	-1105,97	-8622,05
55	33,42	0,00	-7233,60	0,00	-1105,97	-7233,60	-1105,97	-8339,57
60	40,11	0,00	-7146,75	0,00	-1105,97	-7146,75	-1105,97	-8252,72
65	49,18	0,00	-6526,26	0,00	-1105,97	-6526,26	-1105,97	-7632,23
70	62,44	0,00	-5873,00	0,00	-1105,97	-5873,00	-1105,97	-6978,97
75	84,11	0,00	-4082,16	0,00	-1105,97	-4082,16	-1105,97	-5188,13
80	126,77	0,00	-2868,33	0,00	-1105,97	-2868,33	-1105,97	-3974,30
85	251,46	0,00	-1318,17	0,00	0,00	-1318,17	0,00	-1318,17
90	-	0,00	-1318,17	0,00	0,00	-1318,17	0,00	-1318,17
FACHADA NORDESTE - INVERNO (ABRIL A SETEMBRO)								
ÂNGULOS (GRAUS)	ALTURA DA EDIFICAÇÃO (m) P/ RECUO DE 22m	MANHÃ (+)	MANHÃ (-)	TARDE (+)	TARDE (-)	BALANÇO MANHÃ	BALANÇO TARDE	BALANÇO (INVERNO)
0	2,00	2587,39	-6189,87	0,00	-6494,20	-3602,48	-6494,20	-10096,68
5	3,92	2345,73	-6189,87	0,00	-6494,20	-3844,14	-6494,20	-10338,34
10	5,88	2345,73	-6189,87	0,00	-6494,20	-3844,14	-6494,20	-10338,34
15	7,89	1709,63	-6189,87	0,00	-6494,20	-4480,24	-6494,20	-10974,44
20	9,01	1303,47	-6189,87	0,00	-6494,20	-4886,40	-6494,20	-11380,60
25	12,26	1136,07	-6189,87	0,00	-6494,20	-5053,80	-6494,20	-11548,00
30	14,70	528,11	-6189,87	0,00	-6494,20	-5661,76	-6494,20	-12155,96
35	17,40	201,72	-6189,87	0,00	-6494,20	-5988,15	-6494,20	-12482,35
40	20,46	32,33	-6189,87	0,00	-6494,20	-6157,54	-6494,20	-12651,74
45	24,00	0,00	-5918,37	0,00	-6494,20	-5918,37	-6494,20	-12412,57
50	28,22	0,00	-5765,44	0,00	-6494,20	-5765,44	-6494,20	-12259,64
55	33,42	0,00	-4819,19	0,00	-6494,20	-4819,19	-6494,20	-11313,39
60	40,11	0,00	-3456,66	0,00	-6494,20	-3456,66	-6494,20	-9950,86
65	49,18	0,00	-1895,03	0,00	-6494,20	-1895,03	-6494,20	-8389,23
70	62,44	0,00	-510,83	0,00	-6330,85	-510,83	-6330,85	-6841,68
75	84,11	0,00	0,00	0,00	-5226,77	0,00	-5226,77	-5226,77
80	126,77	0,00	0,00	0,00	-3479,60	0,00	-3479,60	-3479,60
85	251,46	0,00	0,00	0,00	-1776,08	0,00	-1776,08	-1776,08
90	-	0,00	0,00	0,00	-1776,08	0,00	-1776,08	-1776,08

Quadro 12.2 - Quadro com os balanços de Verão e de Inverno para a fachada Nordeste

FACHADA LESTE - VERÃO (OUTUBRO A MARÇO)								
ÂNGULOS (GRAUS)	ALTURA DA EDIFICAÇÃO (m) P/ RECUO DE 22m	MANHÃ (+)	MANHÃ (-)	TARDE (+)	TARDE (-)	BALANÇO MANHÃ	BALANÇO TARDE	BALANÇO (VERÃO)
0	2,00	1046,98	-9565,31	0,00	0,00	-8518,33	0,00	-8518,33
5	3,92	708,35	-9565,31	0,00	0,00	-8856,96	0,00	-8856,96
10	5,88	660,73	-9565,31	0,00	0,00	-8904,58	0,00	-8904,58
15	7,89	660,73	-9565,31	0,00	0,00	-8904,58	0,00	-8904,58
20	9,01	83,47	-9565,31	0,00	0,00	-9481,84	0,00	-9481,84
25	12,26	83,47	-9565,31	0,00	0,00	-9481,84	0,00	-9481,84
30	14,70	83,47	-9565,31	0,00	0,00	-9481,84	0,00	-9481,84
35	17,40	0,00	-9284,41	0,00	0,00	-9284,41	0,00	-9284,41
40	20,46	0,00	-9284,41	0,00	0,00	-9284,41	0,00	-9284,41
45	24,00	0,00	-9284,41	0,00	0,00	-9284,41	0,00	-9284,41
50	28,22	0,00	-7784,36	0,00	0,00	-7784,36	0,00	-7784,36
55	33,42	0,00	-7784,36	0,00	0,00	-7784,36	0,00	-7784,36
60	40,11	0,00	-7784,36	0,00	0,00	-7784,36	0,00	-7784,36
65	49,18	0,00	-4672,27	0,00	0,00	-4672,27	0,00	-4672,27
70	62,44	0,00	-4672,27	0,00	0,00	-4672,27	0,00	-4672,27
75	84,11	0,00	-3773,73	0,00	0,00	-3773,73	0,00	-3773,73
80	126,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
85	251,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
90	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FACHADA LESTE - INVERNO (ABRIL A SETEMBRO)								
ÂNGULOS (GRAUS)	ALTURA DA EDIFICAÇÃO (m) P/ RECUO DE 22m	MANHÃ (+)	MANHÃ (-)	TARDE (+)	TARDE (-)	BALANÇO MANHÃ	BALANÇO TARDE	BALANÇO (INVERNO)
0	2,00	2675,14	-5668,15	0,00	0,00	-2993,01	0,00	-2993,01
5	3,92	2432,98	-5668,15	0,00	0,00	-3235,17	0,00	-3235,17
10	5,88	2432,98	-5668,15	0,00	0,00	-3235,17	0,00	-3235,17
15	7,89	1832,87	-5668,15	0,00	0,00	-3835,28	0,00	-3835,28
20	9,01	1259,31	-5668,15	0,00	0,00	-4408,84	0,00	-4408,84
25	12,26	1259,31	-5668,15	0,00	0,00	-4408,84	0,00	-4408,84
30	14,70	691,30	-5668,15	0,00	0,00	-4976,85	0,00	-4976,85
35	17,40	307,72	-5668,15	0,00	0,00	-5360,43	0,00	-5360,43
40	20,46	307,72	-5668,15	0,00	0,00	-5360,43	0,00	-5360,43
45	24,00	27,09	-5297,31	0,00	0,00	-5270,22	0,00	-5270,22
50	28,22	27,09	-5159,58	0,00	0,00	-5132,49	0,00	-5132,49
55	33,42	27,09	-5159,58	0,00	0,00	-5132,49	0,00	-5132,49
60	40,11	0,00	-3442,90	0,00	0,00	-3442,90	0,00	-3442,90
65	49,18	0,00	-3071,20	0,00	0,00	-3071,20	0,00	-3071,20
70	62,44	0,00	-3071,20	0,00	0,00	-3071,20	0,00	-3071,20
75	84,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
80	126,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
85	251,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
90	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Quadro 12.3 - Quadro com os balanços de Verão e de Inverno para a fachada Leste

FACHADA SUDESTE - VERÃO (OUTUBRO A MARÇO)								
ÂNGULOS (GRAUS)	ALTURA DA EDIFICAÇÃO (m) P/ RECUO DE 22m	MANHÃ (+)	MANHÃ (-)	TARDE (+)	TARDE (-)	BALANÇO MANHÃ	BALANÇO TARDE	BALANÇO (VERÃO)
0	2,00	1764,99	-9713,91	0,00	-5153,90	-7948,92	-5153,90	-13102,82
5	3,92	1426,36	-9713,91	0,00	-5153,90	-8287,55	-5153,90	-13441,45
10	5,88	1378,74	-9713,91	0,00	-5153,90	-8335,17	-5153,90	-13489,07
15	7,89	1378,74	-9713,91	0,00	-5153,90	-8335,17	-5153,90	-13489,07
20	9,01	1307,12	-9713,91	0,00	-5153,90	-8406,79	-5153,90	-13560,69
25	12,26	811,78	-9713,91	0,00	-5153,90	-8902,13	-5153,90	-14056,03
30	14,70	811,78	-9713,91	0,00	-5153,90	-8902,13	-5153,90	-14056,03
35	17,40	811,78	-9429,41	0,00	-5153,90	-8617,63	-5153,90	-13771,53
40	20,46	6,99	-9429,41	0,00	-5153,90	-9422,42	-5153,90	-14576,32
45	24,00	0,00	-9429,41	0,00	-5153,90	-9429,41	-5153,90	-14583,31
50	28,22	0,00	-8329,72	0,00	-5153,90	-8329,72	-5153,90	-13483,62
55	33,42	0,00	-8042,42	0,00	-5153,90	-8042,42	-5153,90	-13196,32
60	40,11	0,00	-5644,45	0,00	-5153,90	-5644,45	-5153,90	-10798,35
65	49,18	0,00	-5644,45	0,00	-5153,90	-5644,45	-5153,90	-10798,35
70	62,44	0,00	-4150,70	0,00	-5153,90	-4150,70	-5153,90	-9304,60
75	84,11	0,00	-1832,85	0,00	-5153,90	-1832,85	-5153,90	-6986,75
80	126,77	0,00	-843,53	0,00	-4082,10	-843,53	-4082,10	-4925,63
85	251,46	0,00	0,00	0,00	-1889,76	0,00	-1889,76	-1889,76
90	-	0,00	0,00	0,00	-1889,76	0,00	-1889,76	-1889,76
FACHADA SUDESTE - INVERNO (ABRIL A SETEMBRO)								
ÂNGULOS (GRAUS)	ALTURA DA EDIFICAÇÃO (m) P/ RECUO DE 22m	MANHÃ (+)	MANHÃ (-)	TARDE (+)	TARDE (-)	BALANÇO MANHÃ	BALANÇO TARDE	BALANÇO (INVERNO)
0	2,00	2493,35	-2904,30	0,00	0,00	-410,95	0,00	-410,95
5	3,92	2251,19	-2904,30	0,00	0,00	-653,11	0,00	-653,11
10	5,88	2251,19	-2904,30	0,00	0,00	-653,11	0,00	-653,11
15	7,89	2251,19	-2904,30	0,00	0,00	-653,11	0,00	-653,11
20	9,01	2251,19	-2904,30	0,00	0,00	-653,11	0,00	-653,11
25	12,26	2094,95	-2904,30	0,00	0,00	-809,35	0,00	-809,35
30	14,70	1377,64	-2904,30	0,00	0,00	-1526,66	0,00	-1526,66
35	17,40	1156,69	-2904,30	0,00	0,00	-1747,61	0,00	-1747,61
40	20,46	1156,69	-2904,30	0,00	0,00	-1747,61	0,00	-1747,61
45	24,00	1094,68	-2904,30	0,00	0,00	-1809,62	0,00	-1809,62
50	28,22	801,62	-2904,30	0,00	0,00	-2102,68	0,00	-2102,68
55	33,42	801,62	-2904,30	0,00	0,00	-2102,68	0,00	-2102,68
60	40,11	276,59	-2778,81	0,00	0,00	-2502,22	0,00	-2502,22
65	49,18	276,59	-2778,81	0,00	0,00	-2502,22	0,00	-2502,22
70	62,44	276,59	-2683,98	0,00	0,00	-2407,39	0,00	-2407,39
75	84,11	250,32	-2131,50	0,00	0,00	-1881,18	0,00	-1881,18
80	126,77	0,00	-2131,50	0,00	0,00	-2131,50	0,00	-2131,50
85	251,46	0,00	-649,81	0,00	0,00	-649,81	0,00	-649,81
90	-	0,00	-649,81	0,00	0,00	-649,81	0,00	-649,81

Quadro 12.4 - Quadro com os balanços de Verão e de Inverno para a fachada Sudeste

FACHADA SUL - VERÃO (OUTUBRO A MARÇO)								
ÂNGULOS (GRAUS)	ALTURA DA EDIFICAÇÃO (m) P/ RECUO DE 22m	MANHÃ (+)	MANHÃ (-)	TARDE (+)	TARDE (-)	BALANÇO MANHÃ	BALANÇO TARDE	BALANÇO (VERÃO)
0	2,00	860,98	-7884,10	3,10	-12273,80	-7023,12	-12270,70	-19293,82
5	3,92	860,98	-7884,10	3,10	-12273,80	-7023,12	-12270,70	-19293,82
10	5,88	512,99	-7884,10	3,10	-12273,80	-7371,11	-12270,70	-19641,81
15	7,89	512,99	-7884,10	3,10	-12273,80	-7371,11	-12270,70	-19641,81
20	9,01	512,99	-7884,10	3,10	-12273,80	-7371,11	-12270,70	-19641,81
25	12,26	512,99	-7884,10	3,10	-12273,80	-7371,11	-12270,70	-19641,81
30	14,70	512,99	-7884,10	3,10	-12273,80	-7371,11	-12270,70	-19641,81
35	17,40	512,99	-7884,10	3,10	-12273,80	-7371,11	-12270,70	-19641,81
40	20,46	441,37	-7884,10	3,10	-12225,20	-7442,73	-12222,10	-19664,83
45	24,00	308,65	-7884,10	3,10	-12221,56	-7575,45	-12218,46	-19793,91
50	28,22	308,65	-7884,10	3,10	-12221,56	-7575,45	-12218,46	-19793,91
55	33,42	308,65	-7884,10	3,10	-12221,56	-7575,45	-12218,46	-19793,91
60	40,11	68,51	-7787,94	0,00	-12032,35	-7719,43	-12032,35	-19751,78
65	49,18	68,51	-7605,28	0,00	-11892,54	-7536,77	-11892,54	-19429,31
70	62,44	68,51	-6534,71	0,00	-10760,57	-6466,20	-10760,57	-17226,77
75	84,11	68,51	-3644,86	0,00	-7004,01	-3576,35	-7004,01	-10580,36
80	126,77	0,00	-1735,12	0,00	-3065,62	-1735,12	-3065,62	-4800,74
85	251,46	0,00	0,00	0,00	-1037,66	0,00	-1037,66	-1037,66
90	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FACHADA SUL - INVERNO (ABRIL A SETEMBRO)								
ÂNGULOS (GRAUS)	ALTURA DA EDIFICAÇÃO (m) P/ RECUO DE 22m	MANHÃ (+)	MANHÃ (-)	TARDE (+)	TARDE (-)	BALANÇO MANHÃ	BALANÇO TARDE	BALANÇO (INVERNO)
0	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	3,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	5,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	7,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	9,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	12,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30	14,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
35	17,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
40	20,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
45	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
50	28,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
55	33,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
60	40,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
65	49,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
70	62,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
75	84,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
80	126,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
85	251,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
90	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Quadro 12.5 - Quadro com os balanços de Verão e de Inverno para a fachada Sul

FACHADA SUDOESTE - VERÃO (OUTUBRO A MARÇO)								
ÂNGULOS (GRAUS)	ALTURA DA EDIFICAÇÃO (m) P/ RECUO DE 22m	MANHÃ (+)	MANHÃ (-)	TARDE (+)	TARDE (-)	BALANÇO MANHÃ	BALANÇO TARDE	BALANÇO (VERÃO)
0	2,00	0,00	-840,13	3,10	-14699,81	-840,13	-14696,71	-15536,84
5	3,92	0,00	-840,13	3,10	-14699,81	-840,13	-14696,71	-15536,84
10	5,88	0,00	-840,13	3,10	-14699,81	-840,13	-14696,71	-15536,84
15	7,89	0,00	-840,13	3,10	-14699,81	-840,13	-14696,71	-15536,84
20	9,01	0,00	-840,13	3,10	-14651,21	-840,13	-14648,11	-15488,24
25	12,26	0,00	-840,13	0,00	-14609,86	-840,13	-14609,86	-15449,99
30	14,70	0,00	-840,13	0,00	-14609,86	-840,13	-14609,86	-15449,99
35	17,40	0,00	-840,13	0,00	-14412,45	-840,13	-14412,45	-15252,58
40	20,46	0,00	-840,13	0,00	-14093,25	-840,13	-14093,25	-14933,38
45	24,00	0,00	-840,13	0,00	-13948,40	-840,13	-13948,40	-14788,53
50	28,22	0,00	-840,13	0,00	-12705,07	-840,13	-12705,07	-13545,20
55	33,42	0,00	-840,13	0,00	-12313,66	-840,13	-12313,66	-13153,79
60	40,11	0,00	-840,13	0,00	-9928,17	-840,13	-9928,17	-10768,30
65	49,18	0,00	-840,13	0,00	-9121,15	-840,13	-9121,15	-9961,28
70	62,44	0,00	-840,13	0,00	-8384,22	-840,13	-8384,22	-9224,35
75	84,11	0,00	-840,13	0,00	-5728,82	-840,13	-5728,82	-6568,95
80	126,77	0,00	-840,13	0,00	-3638,46	-840,13	-3638,46	-4478,59
85	251,46	0,00	-840,13	0,00	-1152,83	-840,13	-1152,83	-1992,96
90	-	0,00	-840,13	0,00	-1152,83	-840,13	-1152,83	-1992,96
FACHADA SUDOESTE - INVERNO (ABRIL A SETEMBRO)								
ÂNGULOS (GRAUS)	ALTURA DA EDIFICAÇÃO (m) P/ RECUO DE 22m	MANHÃ (+)	MANHÃ (-)	TARDE (+)	TARDE (-)	BALANÇO MANHÃ	BALANÇO TARDE	BALANÇO (INVERNO)
0	2,00	0,00	0,00	85,93	-3474,08	0,00	-3388,15	-3388,15
5	3,92	0,00	0,00	85,93	-3474,08	0,00	-3388,15	-3388,15
10	5,88	0,00	0,00	85,93	-3474,08	0,00	-3388,15	-3388,15
15	7,89	0,00	0,00	85,93	-3474,08	0,00	-3388,15	-3388,15
20	9,01	0,00	0,00	85,93	-3474,08	0,00	-3388,15	-3388,15
25	12,26	0,00	0,00	82,87	-3474,08	0,00	-3391,21	-3391,21
30	14,70	0,00	0,00	72,57	-3469,53	0,00	-3396,96	-3396,96
35	17,40	0,00	0,00	72,57	-3469,53	0,00	-3396,96	-3396,96
40	20,46	0,00	0,00	72,57	-3469,53	0,00	-3396,96	-3396,96
45	24,00	0,00	0,00	72,57	-3458,74	0,00	-3386,17	-3386,17
50	28,22	0,00	0,00	72,57	-3280,95	0,00	-3208,38	-3208,38
55	33,42	0,00	0,00	72,57	-3280,95	0,00	-3208,38	-3208,38
60	40,11	0,00	0,00	25,59	-3095,60	0,00	-3070,01	-3070,01
65	49,18	0,00	0,00	25,59	-3095,60	0,00	-3070,01	-3070,01
70	62,44	0,00	0,00	25,59	-2508,79	0,00	-2483,20	-2483,20
75	84,11	0,00	0,00	0,00	-1956,79	0,00	-1956,79	-1956,79
80	126,77	0,00	0,00	0,00	-1929,89	0,00	-1929,89	-1929,89
85	251,46	0,00	0,00	0,00	-457,57	0,00	-457,57	-457,57
90	-	0,00	0,00	0,00	-457,57	0,00	-457,57	-457,57

Quadro 12.6 - Quadro com os balanços de Verão e de Inverno para a fachada Sudoeste

FACHADA OESTE - VERÃO (OUTUBRO A MARÇO)								
ÂNGULOS (GRAUS)	ALTURA DA EDIFICAÇÃO (m) P/ RECUO DE 22m	MANHÃ (+)	MANHÃ (-)	TARDE (+)	TARDE (-)	BALANÇO MANHÃ	BALANÇO TARDE	BALANÇO (VERÃO)
0	2,00	0,00	0,00	3,10	-16402,09	0,00	-16398,99	-16398,99
5	3,92	0,00	0,00	3,10	-16402,09	0,00	-16398,99	-16398,99
10	5,88	0,00	0,00	3,10	-16402,09	0,00	-16398,99	-16398,99
15	7,89	0,00	0,00	3,10	-16402,09	0,00	-16398,99	-16398,99
20	9,01	0,00	0,00	0,00	-16325,03	0,00	-16325,03	-16325,03
25	12,26	0,00	0,00	0,00	-16325,03	0,00	-16325,03	-16325,03
30	14,70	0,00	0,00	0,00	-16325,03	0,00	-16325,03	-16325,03
35	17,40	0,00	0,00	0,00	-15606,30	0,00	-15606,30	-15606,30
40	20,46	0,00	0,00	0,00	-15606,30	0,00	-15606,30	-15606,30
45	24,00	0,00	0,00	0,00	-15606,30	0,00	-15606,30	-15606,30
50	28,22	0,00	0,00	0,00	-13404,11	0,00	-13404,11	-13404,11
55	33,42	0,00	0,00	0,00	-13404,11	0,00	-13404,11	-13404,11
60	40,11	0,00	0,00	0,00	-13404,11	0,00	-13404,11	-13404,11
65	49,18	0,00	0,00	0,00	-9718,34	0,00	-9718,34	-9718,34
70	62,44	0,00	0,00	0,00	-9718,34	0,00	-9718,34	-9718,34
75	84,11	0,00	0,00	0,00	-9218,31	0,00	-9218,31	-9218,31
80	126,77	0,00	0,00	0,00	-5547,13	0,00	-5547,13	-5547,13
85	251,46	0,00	0,00	0,00	-5547,13	0,00	-5547,13	-5547,13
90	-	0,00	0,00	0,00	-5547,13	0,00	-5547,13	-5547,13
FACHADA OESTE - INVERNO (ABRIL A SETEMBRO)								
ÂNGULOS (GRAUS)	ALTURA DA EDIFICAÇÃO (m) P/ RECUO DE 22m	MANHÃ (+)	MANHÃ (-)	TARDE (+)	TARDE (-)	BALANÇO MANHÃ	BALANÇO TARDE	BALANÇO (INVERNO)
0	2,00	0,00	0,00	100,64	-10203,11	0,00	-10102,47	-10102,47
5	3,92	0,00	0,00	100,64	-10203,11	0,00	-10102,47	-10102,47
10	5,88	0,00	0,00	100,64	-10203,11	0,00	-10102,47	-10102,47
15	7,89	0,00	0,00	90,34	-10203,11	0,00	-10112,77	-10112,77
20	9,01	0,00	0,00	87,28	-10198,56	0,00	-10111,28	-10111,28
25	12,26	0,00	0,00	87,28	-10198,56	0,00	-10111,28	-10111,28
30	14,70	0,00	0,00	29,86	-10129,85	0,00	-10099,99	-10099,99
35	17,40	0,00	0,00	29,86	-9926,17	0,00	-9896,31	-9896,31
40	20,46	0,00	0,00	29,86	-9926,17	0,00	-9896,31	-9896,31
45	24,00	0,00	0,00	0,00	-9629,20	0,00	-9629,20	-9629,20
50	28,22	0,00	0,00	0,00	-8850,70	0,00	-8850,70	-8850,70
55	33,42	0,00	0,00	0,00	-8850,70	0,00	-8850,70	-8850,70
60	40,11	0,00	0,00	0,00	-7090,70	0,00	-7090,70	-7090,70
65	49,18	0,00	0,00	0,00	-6740,88	0,00	-6740,88	-6740,88
70	62,44	0,00	0,00	0,00	-6740,88	0,00	-6740,88	-6740,88
75	84,11	0,00	0,00	0,00	-3448,81	0,00	-3448,81	-3448,81
80	126,77	0,00	0,00	0,00	-3448,81	0,00	-3448,81	-3448,81
85	251,46	0,00	0,00	0,00	-3448,81	0,00	-3448,81	-3448,81
90	-	0,00	0,00	0,00	-3448,81	0,00	-3448,81	-3448,81

Quadro 12.7 - Quadro com os balanços de Verão e de Inverno para a fachada Oeste

FACHADA NOROESTE - VERÃO (OUTUBRO A MARÇO)								
ÂNGULOS (GRAUS)	ALTURA DA EDIFICAÇÃO (m) P/ RECUO DE 22m	MANHÃ (+)	MANHÃ (-)	TARDE (+)	TARDE (-)	BALANÇO MANHÃ	BALANÇO TARDE	BALANÇO (VERÃO)
0	2,00	0,00	0,00	4,13	-9872,79	0,00	-9868,66	-9868,66
5	3,92	0,00	0,00	4,13	-9872,79	0,00	-9868,66	-9868,66
10	5,88	0,00	0,00	4,13	-9872,79	0,00	-9868,66	-9868,66
15	7,89	0,00	0,00	4,13	-9872,79	0,00	-9868,66	-9868,66
20	9,01	0,00	0,00	4,13	-9872,79	0,00	-9868,66	-9868,66
25	12,26	0,00	0,00	4,13	-9850,70	0,00	-9846,57	-9846,57
30	14,70	0,00	0,00	0,00	-9848,51	0,00	-9848,51	-9848,51
35	17,40	0,00	0,00	0,00	-9848,51	0,00	-9848,51	-9848,51
40	20,46	0,00	0,00	0,00	-9657,49	0,00	-9657,49	-9657,49
45	24,00	0,00	0,00	0,00	-9657,49	0,00	-9657,49	-9657,49
50	28,22	0,00	0,00	0,00	-9558,21	0,00	-9558,21	-9558,21
55	33,42	0,00	0,00	0,00	-9009,21	0,00	-9009,21	-9009,21
60	40,11	0,00	0,00	0,00	-8832,58	0,00	-8832,58	-8832,58
65	49,18	0,00	0,00	0,00	-7704,35	0,00	-7704,35	-7704,35
70	62,44	0,00	0,00	0,00	-7105,11	0,00	-7105,11	-7105,11
75	84,11	0,00	0,00	0,00	-5401,66	0,00	-5401,66	-5401,66
80	126,77	0,00	0,00	0,00	-4286,34	0,00	-4286,34	-4286,34
85	251,46	0,00	0,00	0,00	-1652,55	0,00	-1652,55	-1652,55
90	-	0,00	0,00	0,00	-1652,55	0,00	-1652,55	-1652,55
FACHADA NOROESTE - INVERNO (ABRIL A SETEMBRO)								
ÂNGULOS (GRAUS)	ALTURA DA EDIFICAÇÃO (m) P/ RECUO DE 22m	MANHÃ (+)	MANHÃ (-)	TARDE (+)	TARDE (-)	BALANÇO MANHÃ	BALANÇO TARDE	BALANÇO (INVERNO)
0	2,00	0,00	-2798,32	102,06	-9764,58	-2798,32	-9662,52	-12460,84
5	3,92	0,00	-2798,32	102,06	-9764,58	-2798,32	-9662,52	-12460,84
10	5,88	0,00	-2798,32	102,06	-9764,58	-2798,32	-9662,52	-12460,84
15	7,89	0,00	-2798,32	91,76	-9764,58	-2798,32	-9672,82	-12471,14
20	9,01	0,00	-2798,32	91,76	-9760,03	-2798,32	-9668,27	-12466,59
25	12,26	0,00	-2798,32	88,70	-9760,03	-2798,32	-9671,33	-12469,65
30	14,70	0,00	-2798,32	31,28	-9755,42	-2798,32	-9724,14	-12522,46
35	17,40	0,00	-2798,32	31,28	-9559,74	-2798,32	-9528,46	-12326,78
40	20,46	0,00	-2798,32	31,28	-9514,88	-2798,32	-9483,60	-12281,92
45	24,00	0,00	-2798,32	0,00	-9400,68	-2798,32	-9400,68	-12199,00
50	28,22	0,00	-2798,32	0,00	-8647,44	-2798,32	-8647,44	-11445,76
55	33,42	0,00	-2798,32	0,00	-8130,80	-2798,32	-8130,80	-10929,12
60	40,11	0,00	-2798,32	0,00	-6808,22	-2798,32	-6808,22	-9606,54
65	49,18	0,00	-2798,32	0,00	-5617,40	-2798,32	-5617,40	-8415,72
70	62,44	0,00	-2798,32	0,00	-3773,50	-2798,32	-3773,50	-6571,82
75	84,11	0,00	-2798,32	0,00	-2217,79	-2798,32	-2217,79	-5016,11
80	126,77	0,00	-2581,47	0,00	-630,87	-2581,47	-630,87	-3212,34
85	251,46	0,00	-1428,77	0,00	0,00	-1428,77	0,00	-1428,77
90	-	0,00	-1428,77	0,00	0,00	-1428,77	0,00	-1428,77

Quadro 12.8 - Quadro com os balanços de Verão e de Inverno para a fachada Noroeste

FACHADA NORTE		FACHADA NORDESTE		FACHADA LESTE		FACHADA SUDESTE	
ÂNGULOS (GRAUS)	BALANÇO ANUAL	ÂNGULOS (GRAUS)	BALANÇO ANUAL	ÂNGULOS (GRAUS)	BALANÇO ANUAL	ÂNGULOS (GRAUS)	BALANÇO ANUAL
0	-8309,56	0	-17720,49	0	-11511,34	0	-13513,77
5	-8463,48	5	-18113,10	5	-12092,13	5	-14094,56
10	-8463,48	10	-18319,05	10	-12139,75	10	-14142,18
15	-8463,48	15	-18955,15	15	-12739,86	15	-14142,18
20	-8463,48	20	-19361,31	20	-13890,68	20	-14213,80
25	-8463,48	25	-19642,02	25	-13890,68	25	-14865,38
30	-8684,43	30	-20498,84	30	-14458,69	30	-15582,69
35	-9099,58	35	-20825,23	35	-14644,84	35	-15519,14
40	-9099,58	40	-21201,62	40	-14644,84	40	-16323,93
45	-9373,74	45	-20962,45	45	-14554,63	45	-16392,93
50	-10125,62	50	-20881,69	50	-12916,85	50	-15586,30
55	-10233,98	55	-19652,96	55	-12916,85	55	-15299,00
60	-9713,15	60	-18203,58	60	-11227,26	60	-13300,57
65	-7988,41	65	-16021,46	65	-7743,47	65	-13300,57
70	-7883,06	70	-13820,65	70	-7743,47	70	-11711,99
75	-5508,07	75	-10414,90	75	-3773,73	75	-8867,93
80	-5508,07	80	-7453,90	80	0,00	80	-7057,13
85	288,17	85	-3094,25	85	0,00	85	-2539,57
90	292,64	90	-3094,25	90	0,00	90	-2539,57
FACHADA SUL		FACHADA SUDOESTE		FACHADA OESTE		FACHADA NOROESTE	
ÂNGULOS (GRAUS)	BALANÇO ANUAL	ÂNGULOS (GRAUS)	BALANÇO ANUAL	ÂNGULOS (GRAUS)	BALANÇO ANUAL	ÂNGULOS (GRAUS)	BALANÇO ANUAL
0	-19293,82	0	-18924,99	0	-26501,46	0	-22329,50
5	-19293,82	5	-18924,99	5	-26501,46	5	-22329,50
10	-19641,81	10	-18924,99	10	-26501,46	10	-22329,50
15	-19641,81	15	-18924,99	15	-26511,76	15	-22339,80
20	-19641,81	20	-18876,39	20	-26436,31	20	-22335,25
25	-19641,81	25	-18841,20	25	-26436,31	25	-22316,22
30	-19641,81	30	-18846,95	30	-26425,02	30	-22370,97
35	-19641,81	35	-18649,54	35	-25502,61	35	-22175,29
40	-19664,83	40	-18330,34	40	-25502,61	40	-21939,41
45	-19793,91	45	-18174,70	45	-25235,50	45	-21856,49
50	-19793,91	50	-16753,58	50	-22254,81	50	-21003,97
55	-19793,91	55	-16362,17	55	-22254,81	55	-19938,33
60	-19751,78	60	-13838,31	60	-20494,81	60	-18439,12
65	-19429,31	65	-13031,29	65	-16459,22	65	-16120,07
70	-17226,77	70	-11707,55	70	-16459,22	70	-13676,93
75	-10580,36	75	-8525,74	75	-12667,12	75	-10417,77
80	-4800,74	80	-6408,48	80	-8995,94	80	-7498,68
85	-1037,66	85	-2450,53	85	-8995,94	85	-3081,32
90	0,00	90	-2450,53	90	-8995,94	90	-3081,32

Quadro 12.9 - Quadro com os balanços Anuais para as fachadas Norte, Nordeste, Leste, Sudeste, Sul, Sudoeste, Oeste e Noroeste

12.4 APÊNDICE D – Configuração dos adensamentos analisados

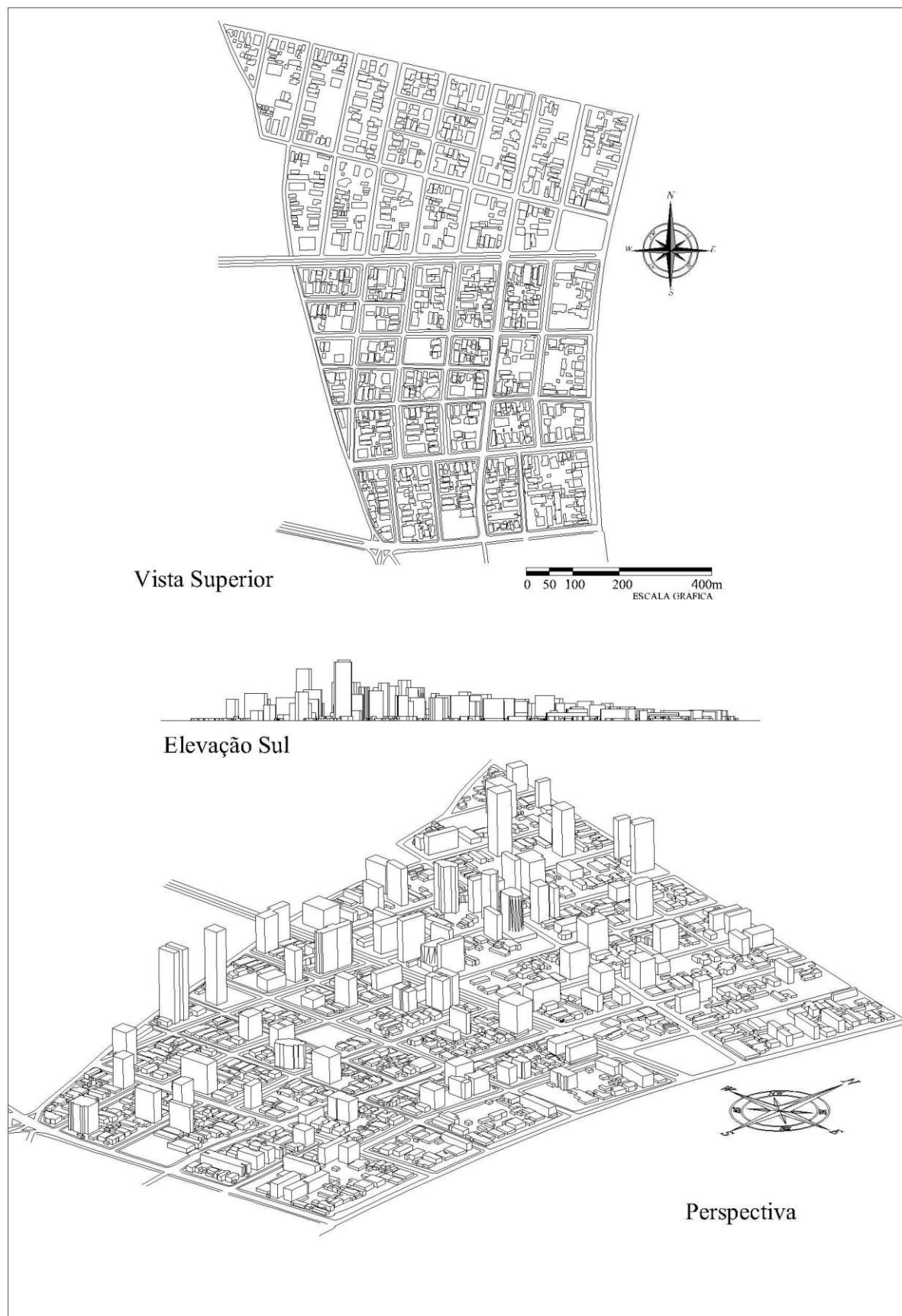


Figura 12.27 - Configuração do adensamento 01 (situação atual)

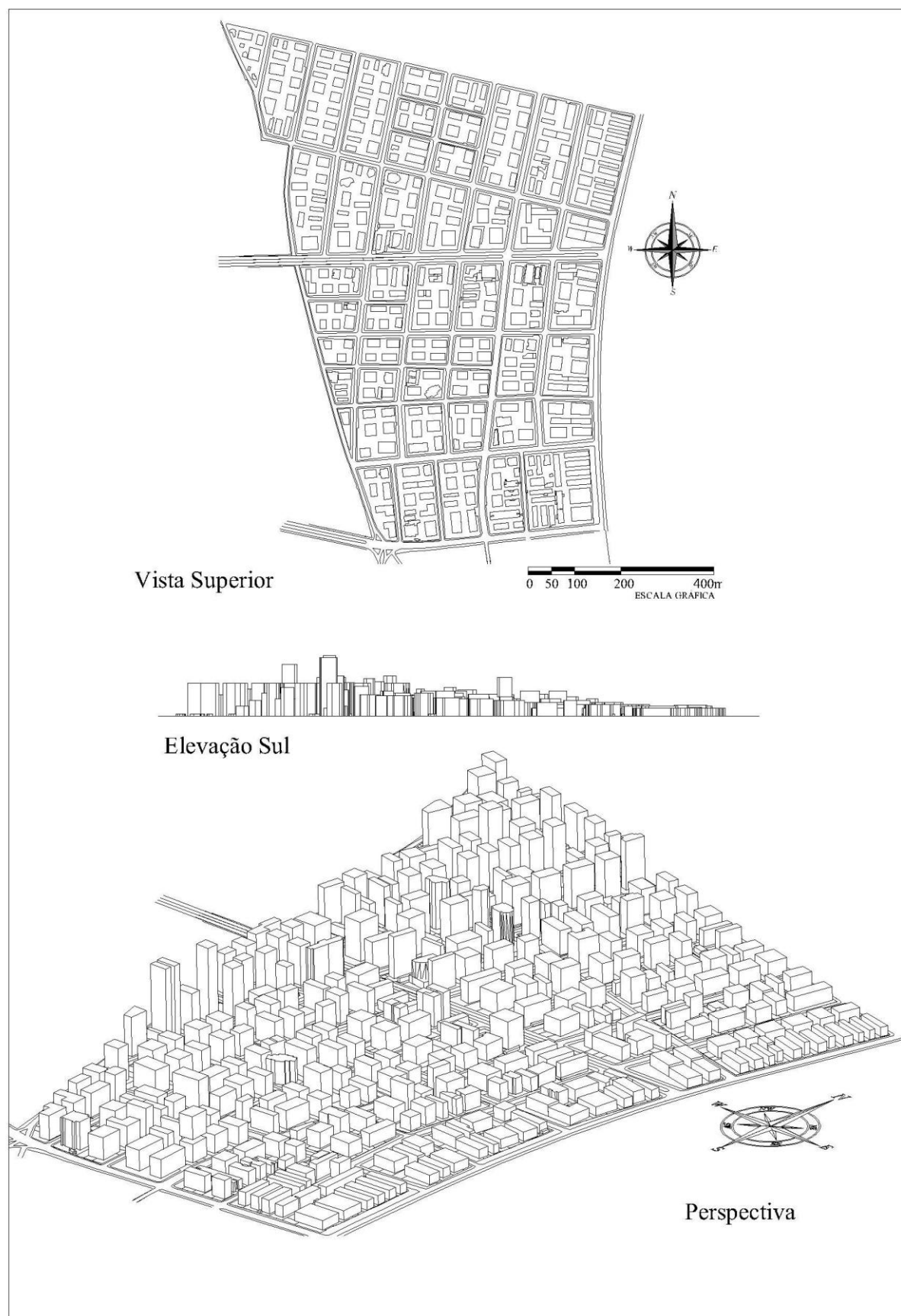


Figura 12.28 - Configuração do adensamento 02

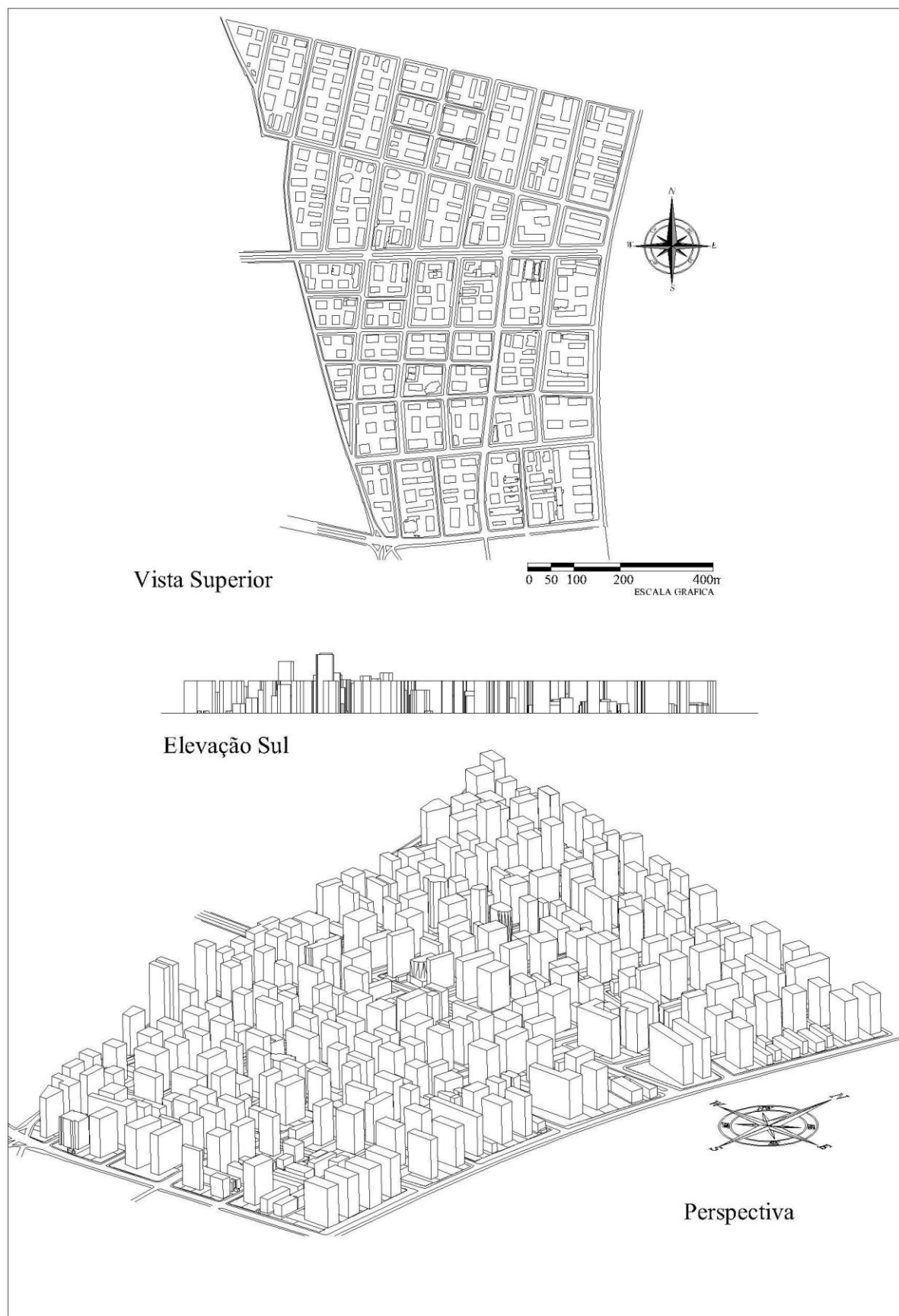


Figura 12.29 - Configuração do adensamento 03

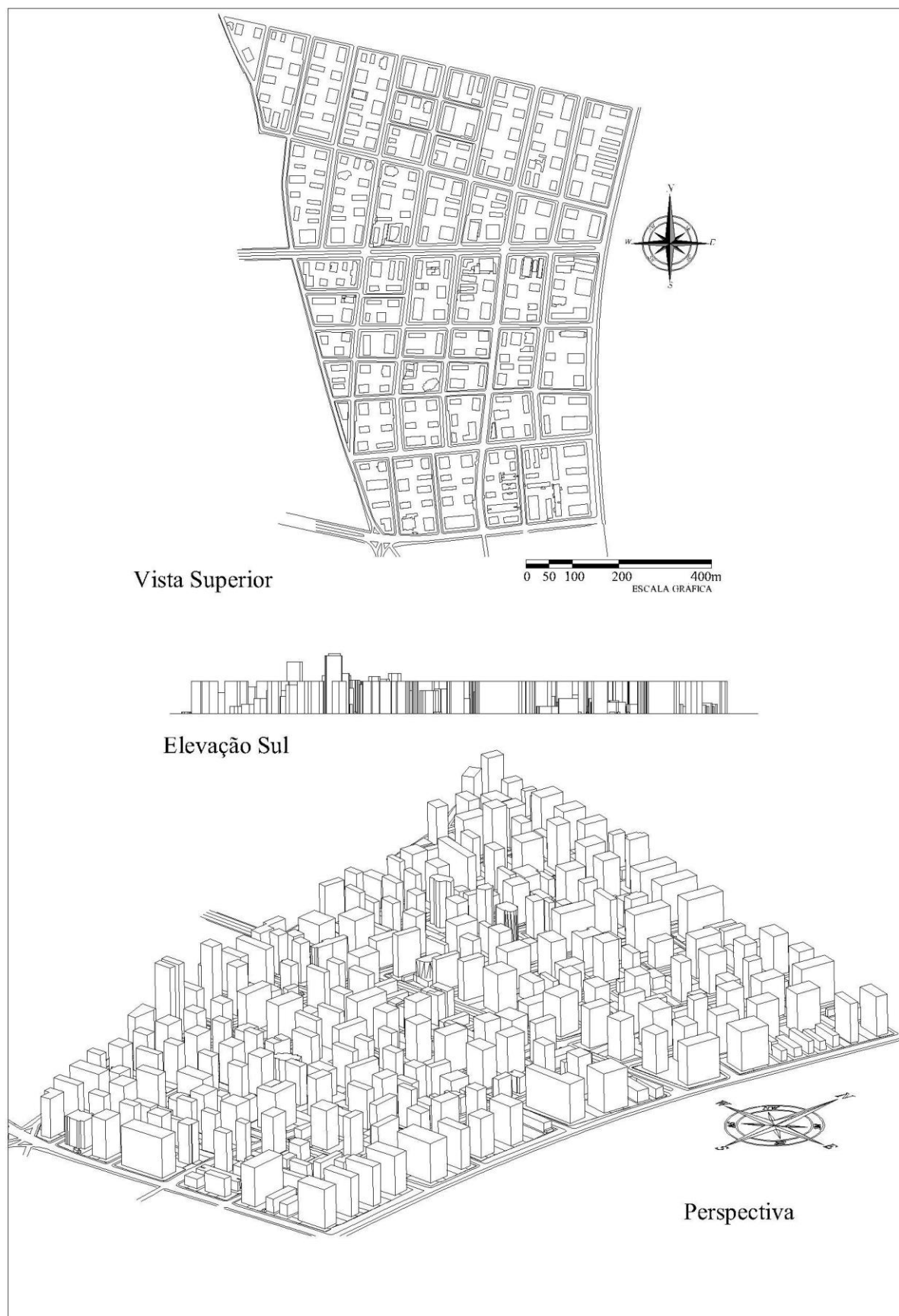


Figura 12.30 - Configuração do adensamento 04