Faculdade de Engenharia

Universidade do Porto

O DESENHO URBANO COMO POTENCIAL INSTRUMENTO PARA A ARQUITECTURA BIOCLIMATICA

Bruno Armando Gomes Marques

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil

Porto

Abril de 2011

Esta pesquisa de Doutoramento teve o apoio da FCT- Fundação para a Ciência e a Tecnologia

Agradecimentos

Agradeço à Professora Helena Corvacho pela disponibilidade, estímulo, rigor e empenho na orientação da tese durante todo o desenvolvimento da investigação,

Agradeço ao Professor Juan Luís de las Rivas Sanz pelo estímulo, críticas e recomendações ao longo de toda a investigação.

Agradeço ainda ao Professor Fernando Brandão Alves, pela oportunidade e incentivo no doutoramento, pelo espírito crítico e seriedade na orientação e avaliação do trabalho.

Aos Professores Phill Jones e Huw Jenkins do Laboratório Ambiental da Escola de Arquitectura da Universidade de Cardiff agradeço a oportunidade e disponibilidade na utilização de todos os meios tecnológicos do departamento de arquitectura durante as minhas estadias em Cardiff, bem como toda a orientação e apoio demonstrado durante esses mesmos períodos.

Ao Dylan (técnico do Laboratório Ambiental da Escola de Arquitectura da Universidade de Cardiff, agradeço a disponibilidade e apoio na utilização do túnel de vento.

Agradeço ao Instituto Universitario de Urbanística da Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Valladolid pelo acolhimento e disponibilização de todos os meios técnicos durante a investigação.

À FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia, agradeço por ter proporcionado a Bolsa de Investigação, que me possibilitou a minha dedicação à tese de doutoramento.

Agradeço ao Eng. Maykol Mota pela ajuda e apoio na matemática relacionada com o RCCTE, bem, como ao Arq. Gonçalo Freitas pela ajuda na organização de todos os dados das simulações e na construção das maquetas para estudos sobre os efeitos do vento.

Ao meu amigo Jorge Oliveira agradeço a disponibilidade e o cuidado na revisão dos textos.

E finalmente agradeço aos meus pais, pela educação de rigor, paciência e apoio ao longo destes anos.

Resumo

O desempenho térmico dos edifícios depende em grande parte da sua disposição na configuração urbana.

O objectivo desta pesquisa foi investigar a influência das diferentes tipologias urbanas sob distintas configurações topoclimáticas e urbanas no que diz respeito ao acesso ao sol, avaliando de forma qualitativa e quantitativa os seus resultados. Complementarmente, estudou-se a exposição ao vento de uma área de expansão urbana.

A metodologia seguida compreendeu a utilização de um software específico para o avaliação da incidência da radiação solar, o Townscope III. Efectuaram-se igualmente cálculos das necessidades energéticas segundo a metodologia do RCCTE para avaliar a importância das diferentes condições de acesso ao Sol no desempenho térmico dos edifícios e finalmente foram realizados ensaios em túnel de vento para um caso de estudo.

Considerou-se, num primeiro momento, uma matriz de tipologias urbanas e, num segundo momento, efectuaram-se dois estudos de caso.

Avaliaram-se ambos os casos no que diz respeito ao acesso ao sol. Quantificaram-se as necessidades energéticas de acordo com o RCCTE, no primeiro caso de estudo e estudou-se a exposição aos ventos dominantes, no segundo caso.

Como seria de esperar, os resultados mostraram que as construções voltadas ao quadrante sul foram as que melhores desempenhos obtiveram, quer no Verão quer no Inverno, no que diz respeito ao acesso ao sol. Identificou-se no entanto a influência da configuração urbana nas variações detectadas.

Foi possível com base apenas na modificação da orientação das construções obter um desempenho energético superior a 30% para ambos os períodos do ano face ao pior modelo analisado.

Conseguiu-se ainda melhorar o desempenho dos modelos propostos face ao vento comparativamente com o modelo original.

Abstract

The building thermal performance depends largely on its orientation and layout within the urban configuration.

The aim of this research was to investigate the influence of the different urban typologies under distinct topoclimatic and urban configurations, regarding the solar access, assessing its results in qualitative and quantitative terms. Complementarily the exposure to the wind of an expansion urban area was studied.

The adopted methodology included the use of a specific software for the assessment of solar radiation in urban spaces, the Townscope III. The calculation of the energy consumption needs according to the RCCTE methodology was also performed in order to evaluate the influence of different solar access conditions on the thermal performance of buildings. Finally tests in a wind tunnel were carried out for one of the case studies.

First, a theoretical matrix of possible urban tipologies was considered, and secondly two case studies were performed. Both situations were evaluated as far as the solar access is concerned. For the first case study an estimation of the energy needs in the buildings was done. For the second case study, the characterization of the exposure to the prevailing winds was performed in a wind tunnel.

As it could be expected, the results showed that the buildings facing the Southern quadrant had the best performances in both periods of the year as far as the solar access is concerned. The influence of the urban configuration on the detected variations was identified.

Based only on the change of the buildings orientation, it was possible to obtain an energy performance improvement of more than 30% for both periods of the year regarding the worst model studied.

Furthermore, it was possible to propose an alternative solution for the expansion urban area, improving the wind exposure conditions comparing to the original model.

Résumé

La performance thermique des bâtiments dépend, en grande partie, de leur disposition dans le modèle urbain.

L'objectif de cette recherche a été l'étude de l'influence des différentes typologies urbaines sous de distincts modèles topoclimatiques et urbaines, en ce qui concerne l'accès au soleil, en évaluant de forme qualitative et quantitative leurs résultats. Complémentairement, l'exposition au vent d'un secteur d'expansion urbaine a été étudiée.

La méthodologie suivie a compris l'utilisation d'un logiciel spécifique pour l'évaluation de l'incidence du rayonnement solaire, le Townscope III.

On a également effectué des calculs des nécessités énergétiques selon la méthodologie du RCCTE, pour évaluer l'influence des différentes conditions d'accès au soleil sur la performance thermique des bâtiments et, finalement, on a réalisé des essais en tunnel de vent pour un cas d'étude.

On a considéré, dans un premier moment, un tableau de typologies urbaines et, dans un deuxiéme moment, on a effectuée deux études de cas.

On a évalué les deux cas en ce qui concerne l'accès au soleil, en quantifiant les nécessités énergétiques conformément à l'RCCTE, dans le premier cas d'étude, et en étudiant l'exposition aux vents dominants, dans le deuxième cas.

En ce qui concerne l'accès au soleil et comme attendu, les résultats ont montré que les constructions orientées vers le sud ont été celles qui ont obtenu les meilleures performances, soit en Été soit en Hiver.

On a cependant identifié l'influence du modèle urbain sur les variations détectées.

En se basant seulement sur la modification de l' orientation solaire des constructions, il a été possible d'obtenir une performance énergétique supérieure à 30% pour les deux périodes de l'année face au pire modèle analysé.

On a aussi réussi à améliorer la performance des modèles proposés, en ce qui concerne le vent, comparativement au modèle original.

Índice geral

1ª Parte Enquadramento do tema, retrospectiva histórica

Capítulo 1 | Introdução: arquitectura bioclimática e Desenho Urbano 25

1.1 Enquadramento e Motivação 25

1.2 Objectivos 29

1.3 Metodologia de investigação 29

1.4 Estrutura da tese 31

Capítulo 2 | Desenho urbano e clima: uma visão retrospectiva 33

2.1 As permanências do mundo clássico 35

2.1.1 Vitrúvius e o "Genius Loci" – da eleição do lugar 37

2.2 Período Medieval 44

2.2.1 Civilização Cristã e a luta pela salubridade intramuros 44

2.3 Renascimento 56

2.3.1 Portugal além-mar 56

2.3.2 A influência da escola albertiana. 77

2.3.3 O Urbanismo de génese portuguesa versus espanhola na definição de novas cidades ultramarinas 79

2.4 O Período iluminista: a reconstrução da Baixa de Lisboa 83

2.5 Revolução Industrial e cidade funcional: "Habitar, trabalhar, circular e respirar" 86

2.6.1 O crescimento das cidades e o projecto da cidade higienista 86

2.6.2 O Plano de Cerdá 91

2.7 Trabalhos pioneiros na relação da arquitectura com o clima 93

2.7.1 Uma nova arquitectura para uma cidade nova 94

2.7.2 Estudos de Walter Gropius 96

2.7.3 "La ville radieuse" Princípios de arquitectura e qualidade de vida urbana 99

2.7.4 Alexander Klein – da vivenda tipo ao "factor" climático 101

2.7.5 William Atkinson 104

2.7.6 Brasília – laboratório modernista num clima adverso 106

2.7.7 Victor Olgyay 110

2.8 A integração dos sistemas climáticos mecânicos na arquitectura 114

2.8.1 A Génese dos sistemas mecânicos de controlo do clima 114

Capítulo 3 | Arquitectura bioclimática e forma urbana: um défice de fundamentos experimentais 119

3.1 Avanços na investigação de arquitectura bioclimática 119

3.2 Défices na investigação bioclimática dos conjuntos urbanos 122

3.3 Dois exemplos contemporâneos de "desenho urbano" com preocupações climáticas. 124

3.3.1 EXPO'92 – Adaptação climática na área da Cartuxa 124

3.3.2 EXPO'98 – Um parque urbanizado na ribeira do Tejo 129

2º Parte Variáveis climáticas e forma urbana: fundamentos do estudo

Capítulo 4 | Clima, Território e Desenho Urbano 139

4.1 Identificação dos factores mais relevantes para o microclima dos edifícios em Portugal continental 139

4.1.1 Factores climáticos e desenho urbano 140

4.2.1 Elementos Climáticos 148

4.2.2 Análise de Factores de Risco 168

4.2.3 Efeitos Urbanos sobre os Elemento Climáticos 169

4.2.4 Ocupação do solo 173

4.2.5 Elaboração de um Mapa de Climatopos 174

4.3 Caracterização do clima em Portugal continental 177

4.3.1 Introdução 177

4.3.2 Classificação dos diferentes climas e variantes 179

4.3.3 Zonamento climático do RCCTE 181

Capítulo 5 | Matriz de variáveis do meio urbano em relação com os factores climáticos: uma síntese. 183

5.1. Território 183

5.1.1 Topografia 184

5.1.2 Tipo de Terreno 185

5.2 Forma urbana 186

5.2.1 Densidade 186
5.2.2 Altura relativa dos edifícios 187
5.2.3 Ruas 188
5.2.4 Orientação da malha urbana 190
5.2.5 Relação com a vegetação 190
5.2.6 Relação com a água 192
5.3 Forma Edifício 193
5.3.1 Tipologia edifício 193
5.3.2 Compacticidade 193
5.3.4 Porosidade 193
5.3.5 Proporções 193
5.3.5 Verticalidade/horizontalidade 193

3º Parte Simulação de cenários virtuais e análises de estudos de caso

Capítulo 6 | Simulação sobre uma matriz virtual de tipologias urbanas para avaliação de exposição solar. 197
6.1 Introdução 197
6.2 Objectivos 197
6.3 Software de simulação micro climática 198
6.3.1 Metodologia de utilização do software 199
6.3.1.2 Introdução de planos de fachada para análise de acesso solar. 201
6.3.1.3 Obtenção de resultados finais 202
6.4 Matriz de simulações 205
6.4.1 Parâmetros fixos 206
6.4.2 Avaliação de alguns parâmetros fixos 209
6.4.3 Parâmetros testados 215
6.5 Análise das Tipologias 217
6.5.1 Isolada 217
6.5.2 Geminado 222
6.5.3 Banda contínua 234
6.5.5 Quarteirão B 250
6.5.6 Considerações globais 257

Capítulo 7 | Variações de Desenho Urbano e insolação numa área urbana de Espinho: Apresentação de um estudo de caso. 259

7.1 Introdução 259

7.2 Caracterização climática e morfológica 260

7.3 Diagnóstico e análise crítica 262

7.4 Quarteirão de Espinho – Análise de desempenho na obtenção de radiação solar 262

7.4.1 Caracterização do local de intervenção 263

7.4.2 Cenário original 264

7.4.3 Cenário simulado 265

7.4.4 Estratégias gerais adoptadas para a concepção dos modelos 265

7.4.5 Modelos analisados 266

7.4.6 Definição de critérios de análise 267

7.4.7 Resultados do estudo 267

7.4.8 Considerações finais 270

7.5 Quarteirão de Espinho – Análise de necessidades de aquecimento e arrefecimento 273

7.5.1 Introdução 273

7.5.2 Estratégias gerais adoptadas para a concepção dos modelos 273

7.5.3 Valores considerados 276

7.5.4 Definição de critérios de análise 279

7.5.5 Avaliação dos resultados por modelos 280

7.5.6 Avaliação por conjunto de apartamentos 283

7.5.7 Considerações finais 286

7.6 Área de expansão urbana de Espinho 287

7.6.1 Caracterização do local de intervenção 287

7.6.2 Cenário Original 288

7.6.3 Estratégias gerais adoptadas para a concepção das propostas 290

7.6.4 Modelos analisados 290

7.6.5 Definição dos critérios de concepção e análise 292

7.6.6 Resultados do estudo 292

7.6.7 Considerações finais 305

Capítulo 8 | Efeitos do vento sobre o espaço urbano e edifícios numa área urbana de Espinho: Medições experimentação em túnel de vento. 307

8.1 Introdução 307

8.2 Estudo do efeito do vento – Área de Expansão Urbana Sul de Espinho 308

8.2.1 Atlas de vento 310

8.2.2 Medições em túnel aerodinâmico 312

8.2.3 Técnica de figuras de erosão 313

8.2.4 Configurações dos modelos 319

8.2.5 Critérios de avaliação 320

8.3 Resultados experimentais 320

4ª Parte

Capítulo 9 | Conclusão da tese e desenvolvimentos futuros 357

9.1 Conclusão 348

9.2 Desenvolvimentos futuros 367

Bibliografia 370

Anexos 385

Anexo A 385

Anexo B 415

Anexo C 421

Anexo D 427

Anexo E 426

Anexo F 427

Índice de Figuras

Figura 1 – Plano de Miletus, cerca de 470aC 35
Figura 2 – Planta cidade grega 36
Figura 3 – Casas pátio da Grécia 36
Figura 4 – Alexandre o Grande, delineando a cidade de Alexandria 37
Figura 5 – Sistemas de sombreamento romano para avenidas 38
Figura 6 – Sistemas passivos bioclimáticos 38
Figura 7 – Planta de Timgad 40
Figura 8 – Maqueta de Augusta Treverorum 42
Figura 9 – Travessa do Souto, Centro Histórico do Porto 45
Figura 10 – Maqueta do Porto no período medieval 46
Figura 11 – Habitação no Alentejo, Portugal. 52
Figura 12 – Pátio de Alhambra 53
Figura 13 – Sistemas de ventilação passivos – arrefecimento 54
Figura 14 – Sistemas de ventilação passivos – arrefecimento 54
Figura 15 – Sistemas de ventilação passivos – arrefecimento com recurso a vegetação e água para aumentar níveis de humidade do ar 54
Figura 16 – Ilha da Madeira, representação em 3D 60
Figura 17 – Funchal 61
Figura 18 – Arquipélago dos Açores 62
Figura 19 – Arquipélago de Cabo Verde 64
Figura 20 – Gravura sobre Diu, Índia. 66
Figura 21 – Goa 67
Figura 22 – Tipologia de habitação típica em Pangim – Goa – Índia 68
Figura 23 – Baía de Todos os Santos e Salvador da Bahia 69
Figura 24 – Paratí – Vista de satélite 70
Figura 25 – Entrada de água nas ruas da cidade 70
Figura 26 – Paratí – Habitação com semelhanças às habitações de Pangim Goa – Índia 71
Figura 27 – Casa pátio 72
Figura 28 – Olinda – Recife : cota alta e cota baixa 74
Figura 29 – Mercado da Ribeira Olinda. 75
Figura 30 – A primeira planta de Lisboa conhecida. 83
Figura 31 – Planta da Baixa de Lisboa. 85
Figura 32 – Cidade Industrial inglesa, por Gustave Doré (1876) 86

Figura 33 – Utopia de Thomas More 87
Figura 34 – A Cidade Jardim com a sua envolvente Rural. Ebenezer Howard. 88
Figura 35 – Imagens de prédios de habitação em Nova Iorque 89
Figura 36 – Imagens de prédios de habitação em Nova Iorque 89
Figura 37 – Galeria Vittorio Emmanuele II, Milão, Itália 90
Figura 38 – Maqueta do quarteirão tipo de Cerdá 91
Figura 39 – Perspectiva do catálogo da Exposição "cerda pioneiro do Urbanismo Moderno" 92
Figura 40 – Evolução do quarteirão tipo de Cerda 92
Figura 41 – Diagrama heliotérmico de Paris (Rigotti)Fonte: Parareda, G. Editorial Munilla-Léria, Madrid, 2008. 95
Figura 42 – Orientação equisolar, valores para Roma 41°51' (G.Vinaccia) 95
Figura 43 – Evolução do quarteirão ao bloco: Análise comparativa de afastamentos e cérceas dos blocos Fonte: Parareda, G. Editorial Munilla-Léria, Madrid, 2008. 96
Figura 44 – Recuperação de terreno livre em função do número de pisos segundo Rainer (Rigotti) 97
Figura 45 – Perspectiva de uma proposta de um conjunto de blocos de habitação próximo de Berlim, 1929 (Gropius) 98
Figura 46 – Plano Voisin para Paris 99
Figura 47 – Unidade de Habitação Marselha 99
Figura 48 – Ville Radieuse 3 100
Figura 49 – Torre de Nueu Vahn – Alvar Aalto 100
Figura 50 – Sanatório em Paimio 100
Figura 51 – Proposta de desenho urbana para vivendas 102
Figura 52 – Estudo comparativo de moradias conforme climas distintos 103
Figura 53 – Estudo de obstruções solares de um edifício em Boston. 104
Figura 54 – Esquema com penetração da luz nos solstícios e equinócios em aberturas com diferentes orientações, Atkinson, 1894. 105
Figura 55 – Fotografia de Satélite de Brasília 106
Figura 56 – Demarcação do Distrito Federal 107
Figura 57 – Sistemas de sombreamento passivos 108
Figura 58– Brasília sector residencial Asa Sul 108
Figura 59 – Índice esquemático do Bioclima 110
Figura 60 – Adequação das formas das construções aos climas 111

Figura 61 – Estudos sobre efeitos do vento nas construções 112
Figura 62 – Vista área de S. Paulo 114
Figura 63 – Buckminster Fuller, projecto para uma cúpula geodésica sobre Manhattan, 1962 116
Figura 64 – Buckminster Fuller, vista aérea da proposta para uma cúpula geodésica sobre Manhattan, 1962 116
Figura 65 – Vista aérea do complexo da Biosfera 2, Arizona, EUA. 117
Figura 66 – Eden Project de Nicholas Grimshaw, exterior 118
Figura 67 - Eden Project de Nicholas Grimshaw , interior. 118
Figura 68 – Expo'92 Sistemas de pulverização de água 125
Figura 69 – Expo'92 Praça da Europa sistemas passivos de arrefecimento 125
Figura 70 – Expo'92 Lago artificial 126
Figura 71 – Expo'92 Jardins suspensos. 126
Figura 72 – Expo'92 Presença constante de água. 127
Figura 73 – Expo'92 – Cortinas de água e coberturas verdes. 128
Figura 74 – Expo'92 Esfera Bioclimática – Globo de pulverização de água. 129
Figura 75 – Expo'98 Sombreamentos. 130
Figura 76 – Queda de água, Expo'98 131
Figura 77 – Sombreamento nas galerias exteriores entre edifícios 132
Figura 78 – Vulcão de água 133
Figura 79 – Vista aérea da frente de rio da Expo'98 134
Figura 80 – Variáveis de suporte a estudos bioclimáticos sobre o território urbano 140
Figura 81 – Mapa de altimetria de Portugal continental 142
Figura 82 – Tipos de superfície e comprimentos de rugosidade correspondentes. 143
Figura 83 – Diagrama do perfil de velocidade do vento sobre as superfícies urbanas, rural e marítima. 144
Figura 84 – Benefícios da utilização de vegetação como atenuante térmico e de poluentes. 145
Figura 85 – Efeito da vegetação sobre o vento. 145
Figura 86 – Variabilidade de tipo de vegetação e comportamento à radiação solar no Inverno 146
Figura 87 – Brisa marítima 147
Figura 88 – Brisa terrestre 148
Figura 89 – Variação da inclinação de projecção solar no Verão e Inverno 148

Figura 90 – Mapa de radiação solar – valores médios anuais – Litoral Norte e centro de Portugal. 149
Figura 91 – Acção da radiação solar sobre a atmosfera e a superfície terrestre. 150
Figura 92 – Índice pluviométrico no mês de Janeiro de 2007. 152
Figura 93 – Expo'98 – Exemplo de sistemas activos de emissão de vapor de água como atenuante de extremos de temperatura e regulação do nível de humidade do ar. 153
Figura 94– Excerto do atlas de vento em Julho para a região do Grande Porto 155
Figura 95 – Mapa de distribuição espacial do vento 156
Figura 96 – Efeito de ilha de calor sobre o vento 157
Figura 97 – Efeito do vento sobre os edifícios 158
Figura 98 – Escoamento em torno de uma forma prismática 160
Figura 99 – Efeito de Pilotis 161
Figura 100 – Efeito Barreira 161
Figura 101 – Efeito de Venturi 161
Figura 102 – Efeito de Canalização 162
Figura 103 – Efeito de Malha 163
Figura 104 – Efeito de Esteira 163
Figura 105 – Efeitos de esteira para distintas cérceas 164
Figura 106 – Efeito de Pirâmide 164
Figura 107 – Influência da rugosidade no comportamento do vento 165
Figura 108 – Causas sugeridas da ilha de calor urbana. 170
Figura 109 – Atmosfera sob influência urbana. 171
Figura 110 – Procedimentos para a delimitação dos climatopos. 175
Figura 111 – Zonas climáticas da Península Ibérica 178
Figura 112 – Zona climática de Inverno 180
Figura 113 – Zona climática de Verão 180
Figura 114 – Ângulo de obstrução solar resultante da geometria do espaço urbano 189
Figura 115 – Janela de importação de ficheiros 200
Figura 116 – Janela de introdução de dados climáticos no Townscope 201
Figura 117 – Quadro de definição de planos para medição 201
Figura 118 – Quadro de definição de tipos de análise, cenários e elementos a analisar 202
Figura 119 – Quadro com o estado de evolução dos cálculos 202
Figura 120 – Visualização dos resultados fachada a fachada 203

Figura 121 – Quadro com indicação de exportação de resultados 203
Figura 122 – Volume base de simulação 205
Figura 123 – Volume base integrado nas distintas tipologias urbanas 205
Figura 124 – Gráfico com nº de horas de insolação/mês para o Porto 207
Figura 125 – Carta solar para as regiões entre as latitudes 41° e 42° 207
Figura 126 – Quadro de níveis de humidade absoluta no Townscope 208
Figura 127 – Quadro de níveis de opacidade da vegetação no Townscope 208
Figura 128 – Quadro de velocidade média do vento em km/h do Townscope 208
Figura 129 – Quadro do índice de reflectividade do Townscope 209
Figura 130 – Tipologia isolada no Inverno–Avaliação de diferentes altitudes 210
Figura 131 – Tipologia isolada no Verão –Avaliação de diferentes altitudes 210
Figura 132 – Tipologia isolada no Inverno –Avaliação de diferentes niveis de humidade absoluta 211
Figura 133 – Tipologia isolada no Verão –Avaliação de diferentes niveis de humidade absoluta 212
Figura 134 – Tipologia isolada no Inverno –Avaliação de diferentes niveis de refexão 212
Figura 135 – Tipologia isolada no Verão –Avaliação de diferentes niveis de refexão 213
Figura 136 – Tipologia isolada no Inverno – Avaliação da opacidade da vegetação 214
Figura 137 – Tipologia isolada no Verão – Avaliação da opacidade da vegetação 214
Figura 138 – Altura relativa da envolvente directa sobre o volume base 215
Figura 139 – Tipologia isolada 217
Figura 140 – Tipologia isolada: avaliação dias de Inverno 217
Figura 141 – Tipologia isolada – Inverno: avaliação com diferentes cérceas envolventes 218
Figura 142 – Tipologia isolada – Inverno: avaliação com diferentes orientações 218
Figura 143 – Tipologia isolada: avaliação para dias de Verão 219
Figura 144 – Tipologia isolada – Verão: avaliação com diferentes cérceas envolventes 219
Figura 145 – Tipologia isolada – Verão: avaliação com diferentes orientações 220
Figura 146 – Tipologia Isolada – Inverno: Avaliação com distintas latitudes 220
Figura 147 – Tipologia Isolada – Verão: Avaliação com distintas latitudes 221
Figura 148 – Tipologia geminada vertical e horizontal 222
Figura 149 – Tipologia geminada vertical 223
Figura 150 – Tipologia geminada vertical: avaliação Inverno 223
Figura 151 – Tipologia geminada vertical – Inverno: avaliação com diferentes cérceas envolventes 224

Figura 152 – Tipologia geminada vertical – Inverno: avaliação com diferentes orientações 225
Figura 153 – Tipologia Geminada Vertical – Inverno: Avaliação com distintas latitudes 226
Figura 154 – Tipologia geminada vertical: avaliação Verão 226
Figura 155 – Tipologia geminada vertical – Verão: avaliação com diferentes cérceas envolventes 227
Figura 156 – Tipologia geminada vertical – Verão: avaliação com diferentes orientações 228
Figura 157 – Tipologia Geminada Vertical – Verão: Avaliação com distintas latitudes 229
Figura 158 – Tipologia Geminada Horizontal 229
Figura 159 – Tipologia geminada horizontal: avaliação Inverno 230
Figura 160 – Tipologia geminada horizontal – Inverno: avaliação com diferentes cérceas envolventes 230
Figura 161 – Tipologia geminada horizontal – Inverno: avaliação com diferentes orientações 231
Figura 162 – Tipologia Geminada Horizontal – Inverno: Avaliação com distintas latitudes 231
Figura 163 – Tipologia geminada horizontal: avaliação Verão 232
Figura 164 – Tipologia geminada horizontal – Verão: avaliação com diferentes cérceas envolventes 233
Figura 165 – Tipologia geminada horizontal – Verão: avaliação com diferentes orientações 233
Figura 166 – Tipologia Geminada Horizontal – Verão: Avaliação com distintas latitudes 234
Figura 167 – Tipologia Banda Contínua 234
Figura 168 – Tipologia Banda Contínua: Avaliação Inverno para orientações a 0° e 90° 235
Figura 169 – Tipologia Banda Contínua – Inverno: Avaliação com diferentes cérceas envolventes 236
Figura 170 – Tipologia Banda Contínua – Inverno: Avaliação com diferentes orientações 236
Figura 171 – Tipologia Banda Continua a 0° – Inverno: Avaliação com distintas latitudes 237
Figura 172 – Tipologia Banda Continua a 90° – Inverno: Avaliação com distintas latitudes 237
Figura 173 – Tipologia Banda Contínua: Avaliação Verão para orientações a 0° e 90° 238
Figura 174 – Tipologia em Banda Contínua – Verão: Avaliação com diferentes cérceas envolventes 239
Figura 175 – Tipologia em Banda Contínua – Verão: Avaliação com diferentes orientações 240
Figura 176 – Tipologia em Banda Continua a 0° (vertical) – Verão: Avaliação com distintas latitudes 240
Figura 177 – Tipologia em Banda Continua a 90° (horizontal) – Verão: Avaliação com distintas latitudes 241

Figura 178 – Tipologia Quarteirão A 242
Figura 179 – Tipologia Quarteirão A: Avaliação Inverno 243
Figura 180 – Tipologia Quarteirão A – Inverno: Avaliação com diferentes cérceas envolventes 243
Figura 181 – Tipologia Quarteirão A – Inverno: Avaliação com diferentes orientações 244
Figura 182 – Tipologia Quarteirão A – Inverno – Inverno: Avaliação com distintas latitudes 245
Figura 183 – Tipologia Quarteirão A: Avaliação Verão 246
Figura 184 – Tipologia Quarteirão A – Verão: Avaliação com diferentes cérceas envolventes 246
Figura 185 – Tipologia Quarteirão A – Inverno: Avaliação com diferentes orientações 247
Figura 186 – Tipologia Quarteirão B 250
Figura 187 – Tipologia Quarteirão B: Avaliação Inverno 251
Figura 188 – Tipologia Quarteirão B – Inverno: Avaliação com diferentes cérceas envolventes 251
Figura 189 – Tipologia Quarteirão B – Inverno: Avaliação com diferentes orientações 252
Figura 190 – Tipologia Quarteirão B – Inverno: Avaliação com distintas latitudes 253
Figura 193 – Tipologia Quarteirão B: Avaliação Verão 253
Figura 192 – Tipologia Quarteirão B – Verão: Avaliação com diferentes cérceas envolventes 254
Figura 193 – Tipologia Quarteirão B – Verão: Avaliação com diferentes orientações 255
Figura 194 – Tipologia Quarteirão B – Verão: Avaliação com distintas latitudes 256
Figura 195 – Vista aérea parcial de Espinho com identificação das áreas em estudo 261
Figura 196 – Cenário existente – Espinho 263
Figura 197 – Quarteirão em estudo – vista poente/norte 264
Figura 198 – Modelo 1 implantado no cenário original 264
Figura 199 – Modelo 1 implantado no cenário com aumento de densidade 265
Figura 200 – Os 4 modelos analisados implantados sobre o cenário original 266
Figura 201 – Modelo 1: Efeito de sombreamento às 12h nos Solstícios de Verão e de Inverno para ambos os cenários 268
Figura 202 Modelo 2: Efeito de sombreamento às 12h nos Solstícios de Verão e de Inverno para ambos os cenários 269
Figura 203 – Modelo 3: Efeito de sombreamento às 12h nos Solstícios de Verão e de Inverno para ambos os cenários. 269

Figura 204 – Modelo 4: Efeito de sombreamento às 12h nos Solstícios de Verão e de Inverno para ambos os cenários 270
Figura 205 – Modelo 1 com 3 versões diferentes de apartamentos 274
Figura 206 – Modelo 2 com 2 versões diferentes de apartamentos 274
Figura 207 – Modelo 3 com 2 versões diferentes de apartamentos 275
Figura 208 – Modelo 4 com 3 versões diferentes de apartamentos 275
Figura 209 – Necessidades Nominais de aquecimento total por modelos no Inverno 281
Figura 210 – Necessidade nominais de arrefecimento total por modelos 282
Figura 211 – Necessidades Nominais de Arrefecimento 284
Figura 212 – Necessidade Nominais médias de Aquecimento 285
Figura 213 – Vista aérea parcial da área de estudo antes do enterramento da linha 287
Figura 214 – Perspectiva parcial da proposta vencedora 288
Figura 215 – Cenário original às 12 horas do 21 de Dezembro com identificação dos volumes 289
Figura 216 – Proposta 1 (edifícios amarelos) às 12.00h de 21 de Dezembro 291
Figura 217 – Proposta 2 (edifícios azuis) às 12.00h de 21 de Dezembro 291
Figura 218 – Análise global dos do cenário original para o dia típico da estação de aquecimento 293
Figura 219 – Análise global da proposta 1 para o dia típico da estação de aquecimento 293
Figura 220 – Análise global da proposta 2 para o dia típico da estação de aquecimento 294
Figura 221 – Análise global do cenário original para o dia típico da estação de arrefecimento 295
Figura 222 – Análise global da proposta 1 para o dia típico da estação de arrefecimento 295
Figura 223 – Análise global da proposta 2 para o dia típico da estação de arrefecimento 296
Figura 224 – Proposta 2 com identificação das unidades de 1 a 6 297
Figura 225 – Unidade 1: três modelos analisados 297
Figura 226 – Valores médios por m2 e totais de radiação solar total no dia típico da estação de aquecimento para os modelos da unidade 1 298
Figura 227 – Valores médios por m2 e totais de radiação solar total no dia típico da estação de arrefecimento para os modelos da unidade 1 298
Figura 228 – Unidade 2: três modelos analisados 299
Figura 229 – Valores médios por m2 e totais de radiação solar total no dia típico da estação de aquecimento para os modelos da unidade 2 299

Figura 230 – Valores médios por m2 e totais de radiação solar total no dia típico da estação de arrefecimento para os modelos da unidade 2 300
Figura 231 – Unidade 3: três modelos analisados 300
Figura 232 – Valores médios por m2 e totais de radiação solar total no dia típico da estação de aquecimento para os modelos da unidade 3 301
Figura 233 – Valores médios por m2 e totais de radiação solar total no dia típico da estação de arrefecimento para os modelos da unidade 3 301
Figura 234 – Unidade 4: três modelos analisados 301
Figura 235 – Valores médios por m2 e totais de radiação solar total no dia típico da estação de aquecimento para os modelos da unidade 4 302
Figura 236 – Valores médios por m2 e totais de radiação solar total no dia típico da estação de arrefecimento para os modelos da unidade 4 302
Figura 237 – Unidade 5: três modelos analisados 303
Figura 238 – Valores médios por m2 e totais de radiação solar total no dia típico da estação de aquecimento para os modelos da unidade 5 303
Figura 239 – Valores médios por m2 e totais de radiação solar total no dia típico da estação de arrefecimento para os modelos da unidade 5 304
Figura 240 – Unidade 6: três modelos analisados 304
Figura 241 – Valores médios por m2 e totais de radiação solar total no dia típico da estação de aquecimento para os modelos da unidade 6 305
Figura 242 – Valores médios por m2 e totais de radiação solar total no dia típico da estação de arrefecimento para os modelos da unidade 6 305
Figura 243 – Túnel de vento: vista da área de controlo 309
Figura 244 – Túnel de vento: vista da área de propulsores 309
Figura 245 – Excerto do atlas de vento em Julho para a região do Grande Porto 310
Figura 246 – Excerto do atlas de vento em Janeiro para a região do Grande Porto 311
Figura 247 – Excerto do atlas de vento anual para a região do Grande Porto 311
Figura 248 – Velocidade média mensal do Porto (1970-89) 312
Figura 249 – Dispersão da fécula de batata no túnel de vento 314
Figura 250 – Painel de controlo do túnel de vento 315
Figura 251 – Sequência fotográfica da maqueta do modelo original sob acção do vento NO em túnel de vento, para velocidades crescentes (de 0 a 800rmp) 316
Figura 252 – Composição digital da maqueta do modelo original com representação gráfica dos 6 factores de ampliação 317

Figura 253 – Foto dos três modelos com vento de NO a 400rpm, velocidade do vento entre 8,5 a 10m/s 321
Figura 254 – Propostas para unidade 1 sob acção do vento de NO (Verão) 322
Figura 255 – Propostas para unidade 1 com vento de Sul a 400rpm, velocidade do vento de 10m/s 323
Figura 256 – Propostas para unidade 1 sob acção do vento de Sul (Inverno) 324
Figura 257 – Propostas para unidade 2 com vento de NO a 500rpm, velocidade do vento entre 7 e 8m/s 325
Figura 258 – Propostas para unidade 2 sob acção do vento de NO (Verão) 327
Figura 259 – Foto do modelo original com vento de Sul a 300rpm, velocidade do vento de 16,5m/s 327
Figura 260 – Foto do modelo original com vento de Sul a 400rpm, velocidade do vento de 12,7m/s 327
Figura 261 – Foto da proposta 1 com vento de Sul a 500rpm, velocidade do vento de 10m/s 328
Figura 262 – Foto da proposta 2 com vento de Sul a 400rpm, velocidade do vento de 12,7m/s 328
Figura 263 – Foto da proposta 2 com vento de Sul a 500rpm, velocidade do vento de 10m/s 328
Figura 264 – Propostas para unidade 2 sob acção do vento de Sul (Inverno) 329
Figura 265 – Foto do modelo original com vento de NO (400rpm), velocidade do vento entre 8,5 a 10m/s 330
Figura 266 – Foto do modelo original com vento de NO (500rpm), velocidade do vento entre 7 e 8,2m/s 330
Figura 267 – Foto da proposta 1 com vento de NO (400rpm), velocidade do vento de entre 8,5 a 10m/s 330
Figura 268 – Foto da proposta 1 com vento de NO (500rpm), velocidade do vento entre 7 e 8,2m/s 330
Figura 269 – Foto da proposta 2 com vento de NO (400rpm), velocidade do vento de entre 8,5 a 10m/s 330
Figura 270 – Foto da proposta 2 com vento de NO (500rpm), velocidade do vento entre 7 e 8,2m/s 330
Figura 271 – Propostas para unidade 3 sob acção do vento de NO (Verão) 331

Figura 272 – Foto do modelo original com vento de Sul (300rpm), velocidade do vento de 16m/s 331
Figura 273 – Foto do modelo original com vento de Sul (400rpm), velocidade do vento de 12,7m/s 331
Figura 274 – Foto da proposta 1 com vento de Sul (400rpm), velocidade do vento de 12,7m/s 332
Figura 275 – Foto da proposta 1 com vento de Sul (500rpm), velocidade do vento de 10,3m/s 332
Figura 276 – Foto da proposta 2 com vento de Sul (400rpm), velocidade do vento de 12m/s 333
Figura 277 – Foto da proposta 2 com vento de Sul (500rpm), velocidade do vento de 10m/s 333
Figura 278 – Propostas para unidade 3 sob acção do vento de Sul (Inverno) 333
Figura 279 – Propostas para a unidade 4 com vento de NO (400rpm), velocidade do vento de 8,5 a 10m/s 334
Figura 280 – Propostas para a unidade 4 com vento de NO (500rpm), velocidade do vento de 7 a 8,2m/s 334
Figura 281 – Propostas para unidade 4 sob acção do vento de NO (Verão) 335
Figura 282 – Foto do modelo original com vento de Sul (300rpm), velocidade do vento 16,5m/s 336
Figura 283 – Foto do modelo original com vento de Sul (400rpm), velocidade do vento de 12,7/s 336
Figura 284 – Foto da proposta 1 com vento de Sul (300rpm), velocidade do vento 16,5m/s 337
Figura 285 – Foto da proposta 1 com vento de Sul (500rpm), velocidade do vento de 10,3m/s 337
Figura 286 – Foto da proposta 2 com vento de Sul (400rpm), velocidade do vento 12,7m/s 337
Figura 287 – Foto da proposta 2 com vento de Sul (500rpm), velocidade do vento de 10,3m/s 337
Figura 288 – Propostas para unidade 4 sob acção do vento de Sul (Inverno) 338
Figura 289 – Foto do modelo original com vento de NO (400rpm), velocidade do vento de 8,5 a 10m/s 339
Figura 290 – Foto do modelo original com vento de NO (500rpm), velocidade do vento de 7 a 8,2m/s 339

Figura 291 – Foto da proposta 1 com vento de NO (400rpm), velocidade do vento de 8,5 a 10m/s 339

Figura 292 – Foto da proposta 1 com vento de NO (500rpm), velocidade do vento de 7 a 8,2m/s 339

Figura 293 – Foto da proposta 2 com vento de NO (400rpm), velocidade do vento de 8,5 a 10m/s 340

Figura 294 – Foto da proposta 2 com vento de NO (500rpm), velocidade do vento de 7 a 8,2m/s 340

Figura 295 – Propostas para unidade 4 sob acção do vento de NO (Verão) 340

Figura 296 – Foto do modelo original com vento de Sul (300rpm), velocidade do vento 16,5m/s 341

Figura 297 – Foto do modelo original com vento de Sul (400rpm), velocidade do vento de 12,7m/s 341

Figura 298 – Foto da proposta 1 com vento de Sul (300rpm), velocidade do vento 16,5m/s 341

Figura 299 – Foto da proposta 1 com vento de Sul (500rpm), velocidade do vento de 10,3m/s 341

Figura 300 – Foto do modelo original com vento de Sul (400rpm), velocidade do vento 12,7m/s 342

Figura 301 – Foto do modelo original com vento de Sul (500rpm), velocidade do vento de 10,3m/s 342

Figura 302 – Propostas para unidade 4 sob acção do vento de Sul (Inverno) 342

Figura 303 – Foto do modelo original com vento de NO (400rpm), velocidade do vento de 8,5 a 10m/s 343

Figura 304 – Foto do modelo original com vento de NO (500rpm), velocidade do vento de 7 a 8,2m/s 343

Figura 305 – Foto da proposta 1 com vento de NO (400rpm), velocidade do vento de 8,5 a 10m/s 343

Figura 306 – Foto da proposta 1 com vento de NO (500rpm), velocidade do vento de 7 a 8,2m/s 343

Figura 307 – Foto da proposta 1 com vento de NO (400rpm), velocidade do vento de 8,5 a 10m/s 344

Figura 308 – Foto da proposta 1 com vento de NO (500rpm), velocidade do vento de 7 a 8,2m/s 344

Figura 309 – Propostas para unidade 4 sob acção do vento de NO (Verão) 345

Figura 310 – Foto da proposta 1 com vento de Sul (300rpm), velocidade do vento 16,5m/s 345
Figura 311 – Foto da proposta 1 com vento de Sul (500rpm), velocidade do vento de 10,3m/s 345
Figura 312 – Foto do modelo original com vento de Sul (300rpm), velocidade do vento 16,5m/s 346
Figura 313 – Foto do modelo original com vento de Sul (400rpm), velocidade do vento de 12,7m/s 346
Figura 314 – Foto da proposta 1 com vento de NO (400rpm), velocidade do vento de 8,5 a 10m/s 346
Figura 315 – Foto da proposta 1 com vento de NO (500rpm), velocidade do vento de 7 a 8,2m/s 347
Figura 316 – Propostas para unidade 4 sob acção do vento de Sul (Inverno) 347
Figura 317 – Fotomontagem do cenário existente para o periodo de Verão (vento de Sul) 348
Figura 318 – Fotomontagem do modelo original para o periodo de Verão (vento de NO) 350
Figura 319 – Fotomontagem do modelo original para o periodo de Inverno (vento de Sul) 351
Figura 320 – Fotomontagem da proposta 1 para o periodo de Verão (vento de NO) 352
Figura 321 – Fotomontagem da proposta 1 para o periodo de Inverno (vento de Sul) 353
Figura 322 – Fotomontagem da proposta 1 para o periodo de Verão (vento de NO) 354
Figura 323 – Fotomontagem da proposta 1 para o periodo de Inverno (vento de Sul) 355
Figura 324 - Matriz simulações, altitudes – isolado. 386
Figura 325 - Matriz simulações, humidade do ar – isolado. 386
Figura 326 - Matriz simulações, reflexão (por defeito) – isolado. 387
Figura 327 - Matriz simulações, temperaturas – isolado. 388
Figura 328 - Matriz simulações, vegetação – isolado. 389
Figura 329 - Matriz simulações, isolado – inverno (Porto). 390
Figura 330 - Matriz simulações, isolado – verão (Porto). 391
Figura 331 - Matriz simulações, geminado vertical – inverno (Porto). 392
Figura 332 - Matriz simulações, geminado vertical – verão (Porto). 393
Figura 333 - Matriz simulações, geminado horizontal – inverno (Porto). 394
Figura 334 - Matriz simulações, geminado horizontal – verão (Porto). 395
Figura 335 - Matriz simulações, banda continua – inverno (Porto). 396
Figura 336 - Matriz simulações, banda continua – verão (Porto). 397
Figura 337 - Matriz simulações, quarteirão a – inverno (Porto). 398
Figura 338 - Matriz simulações, quarteirão a – verão (Porto). 399

Figura 339 - Matriz simulações, quarteirão b – inverno (Porto). 400
Figura 340 - Matriz simulações, quarteirão b – verão (Porto). 401
Figura 341 - Matriz simulações, isolado (Faro). 402
Figura 342 - Matriz simulações, geminado vertical (Faro). 403
Figura 343 - Matriz simulações, geminado horizontal (Faro). 404
Figura 344 - Matriz simulações, banda continua vertical (Faro). 405
Figura 345 - Matriz simulações, banda continua horizontal (Faro). 406
Figura 346 - Matriz simulações, quarteirão a (Faro). 407
Figura 347 - Matriz simulações, quarteirão b (Faro). 408
Figura 348 - Matriz simulações, isolado (Funchal). 409
Figura 349 - Matriz simulações, geminado vertical (Funchal). 410
Figura 350 - Matriz simulações, geminado horizontal (Funchal). 411
Figura 351 - Matriz simulações, banda continua horizontal (Funchal). 412
Figura 352 - Matriz simulações, quarteirão a (Funchal). 413
Figura 353 - Matriz simulações, quarteirão b (Funchal). 414
Figura 354 – Cálculo indicador – RCCTE das necessidades nominais de aquecimento 415
Figura 355 – Cálculo indicador – RCCTE das necessidades nominais de arrefecimento 416
Figura 356 – Modelo 1 – análise por apartamento 417
Figura 357 – Modelo 2 – análise por apartamento 418
Figura 358 – Modelo 3 – análise por apartamento 419
Figura 359 – Modelo 4 – análise por apartamento 420
Figura 360 – Original, 15 de Janeiro. 421
Figura 361 – Proposta 1, 15 de janeiro. 422
Figura 362 – Proposta 2, 15 de janeiro. 423
Figura 363 – Original, 1 de agosto. 424
Figura 364 – Proposta 1, 1 de agosto. 425
Figura 365 – Proposta 2, 1 de agosto. 426
Figura 366 – Modelo Original : NO - Verão, 0 rpm. 427
Figura 367 – Modelo Original : NO - Verão, 300 rpm. 428
Figura 368 – Modelo Original : NO - Verão, 400 rpm. 428
Figura 369 - Modelo Original : NO - Verão, 500 rpm. 429
Figura 370 - Modelo Original : NO - Verão, 600 rpm. 429
Figura 371 - Modelo Original : NO - Verão, 650 rpm. 430
Figura 372 - Modelo Original : NO - Verão, 700 rpm. 431

Figura 373 - Modelo Original : NO - Verão, 725 rpm. 431
Figura 374 - Modelo Original : NO - Verão, 750 rpm. 432
Figura 375 - Modelo Original : NO - Verão, 800 rpm. 432
Figura 376 - Modelo Original : SUL - Inverno, 300 rpm. 433
Figura 377 - Modelo Original : SUL - Inverno, 400 rpm. 433
Figura 378 - Modelo Original : SUL - Inverno, 500 rpm. 434
Figura 379 - Modelo Original : SUL - Inverno, 600 rpm. 434
Figura 380 - Modelo Original : SUL - Inverno, 700 rpm. 435
Figura 381 - Modelo Original : SUL - Inverno, 800 rpm. 435
Figura 382 - Proposta 1 : NO – Verão , 0 rpm. 436
Figura 383 - Proposta 1 : NO – Verão, 300 rpm. 437
Figura 384 - Proposta 1 : NO – Verão, 400 rpm. 437
Figura 385 - Proposta 1 : NO – Verão , 500 rpm. 438
Figura 386 - Proposta 1 : NO – Verão, 600 rpm. 438
Figura 387 - Proposta 1 : NO – Verão, 700 rpm. 439
Figura 388 - Proposta 1 : NO – Verão, 725 rpm. 439
Figura 389 - Proposta 1 : NO – Verão, 750 rpm. 440
Figura 390 - Proposta 1 : SUL - Inverno, 0 rpm. 440
Figura 391 - Proposta 1 : SUL - Inverno, 300 rpm. 441
Figura 392 - Proposta 1 : SUL - Inverno, 400 rpm. 441
Figura 393 - Proposta 1 : SUL - Inverno, 500 rpm. 442
Figura 394 - Proposta 1 : SUL - Inverno, 600 rpm. 442
Figura 395 - Proposta 1 : SUL - Inverno, 650 rpm. 443
Figura 396 - Proposta 1 : SUL - Inverno, 700 rpm. 443
Figura 397 - Proposta 1 : SUL - Inverno, 725 rpm. 444
Figura 398 – Proposta 1 : SUL - Inverno, 750 rpm. 444
Figura 399 - Proposta 1 : SUL - Inverno, 800 rpm. 445
Figura 400 – Proposta 2 : NO - Verão, 0 rpm. 446
Figura 401 - Proposta 2 : NO - Verão, 300 rpm. 446
Figura 402 - Proposta 2: NO - Verão, 400 rpm. 447
Figura 403 - Proposta 2 : NO - Verão, 500 rpm. 447
Figura 404 - Proposta 2: NO - Verão, 600 rpm. 448
Figura 405 - Proposta 2: NO - Verão, 650 rpm. 448
Figura 406 - Proposta 2: NO - Verão, 700 rpm. 449

Figura 407 - Proposta 2: NO - Verão, 725 rpm. 449
Figura 408 - Proposta 2: NO - Verão, 750 rpm. 450
Figura 409 - Proposta 2 : NO - Verão, 800 rpm. 450
Figura 410 - Proposta 2 : Sul - Inverno, 0 rpm. 451
Figura 411 - Proposta 2 : Sul - Inverno, 300 rpm. 451
Figura 412 - Proposta : Sul - Inverno, 400 rpm. 452
Figura 413 - Proposta 2: Sul - Inverno, 500 rpm. 453
Figura 414 - Proposta 2 : Sul - Inverno, 600 rpm. 453
Figura 415 - Proposta 2 : Sul - Inverno, 650 rpm. 453
Figura 416 - Proposta 2 : Sul - Inverno, 700 rpm. 454
Figura 417 - Proposta 2 : Sul - Inverno, 750 rpm. 455
Figura 418 – Melhor acesso: NO – Verão, 0 rpm. 455
Figura 419 - Melhor acesso solar: NO – Verão, 300 rpm. 456
Figura 420 - Melhor acesso solar: NO – Verão, 400 rpm. 456
Figura 421 - Melhor acesso solar : NO – Verão, 500 rpm. 457
Figura 422 - Melhor acesso solar : NO – Verão, 625 rpm. 457
Figura 423 - Melhor acesso solar : NO – Verão , 650 rpm. 458
Figura 424 - Melhor acesso solar : NO – Verão, 700 rpm. 458
Figura 425 - Melhor acesso solar : NO – Verão, 725 rpm. 459
Figura 426 - Melhor acesso solar : NO – Verão, 750 rpm. 459
Figura 427 - Melhor acesso solar : NO – Verão, 800 rpm. 460
Figura 428 - Melhor acesso solar : SUL - Inverno, 300 rpm. 460
Figura 429 - Melhor acesso solar : SUL - Inverno, 400 rpm. 461
Figura 430 - Melhor acesso solar : SUL - Inverno, 500 rpm. 461
Figura 431 - Melhor acesso solar : SUL - Inverno, 600 rpm. 462
Figura 432 - Melhor acesso solar : SUL - Inverno, 650 rpm. 462
Figura 433 - Melhor acesso solar : SUL - Inverno, 700 rpm. 463
Figura 434 - Melhor acesso solar : SUL - Inverno, 725 rpm. 463
Figura 435 - Melhor acesso solar : SUL - Inverno, 750 rpm. 464
Figura 436 - Melhor acesso solar: SUL - Inverno, 800 rpm. 464

Índice de tabelas

Tabela 1 – Efeitos do vento sobre as pessoas com base na escala de Beaufort 167

Tabela 2 – Relação entre a velocidade das rajadas de vento e a sua acção sobre as pessoas 168

Tabela 3 – Critério de Conforto 168

Tabela 4 – Mapa anual de temperatura e precipitação para o Porto 206

Tabela 5 – Resultados para os quatro modelos avaliados nos dois cenários previstos 268

1ª Parte

Enquadramento do tema e retrospectiva histórica

Capítulo 1| Introdução: arquitectura bioclimática e Desenho Urbano

1.1 Enquadramento e Motivação

O desempenho térmico das habitações depende em grande parte da sua disposição na configuração urbana. Para a obtenção de bons resultados de desempenho térmico que proporcionem aos utilizadores de um edifício um bom nível de conforto sem dispêndio excessivo de energia, a construção deverá ser concebida de forma a atenuar os ganhos de calor no Verão e minimizar as perdas térmicas no Inverno, optimizando simultaneamente os ganhos solares nesta estação.

Em Portugal, o clima é predominantemente temperado, no entanto apresenta períodos com extremos de calor no Verão, com elevados níveis de radiação solar (quando comparados com a média europeia) e no Inverno, apesar de ameno, apresenta dias com níveis de temperatura muito reduzidos. O parque habitacional português, em grande parte construído antes da entrada em vigor do primeiro Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE) em 1991, apresenta frequentemente uma deficiente qualidade térmica o que dá origem a condições de conforto inadequadas ou a um consumo energético excessivo para compensar essa falta de qualidade térmica.

As cidades apresentaram um crescimento descontrolado, sem qualquer preocupação de organização espacial, para além do regulamento muito limitado dos Planos Directores Municipais, à falta de outros vigentes. A ausência de estudos que consubstanciem regras e estratégias de organização urbana para optimizar o desempenho térmico dos edifícios permitiram que fossem cometidos enormes erros do ponto de vista do condicionamento do microclima.

Recentemente entrou em vigor a segunda versão do RCCTE (Dec-Lei nº80/2006), com um maior nível de exigência quanto à qualidade térmica das construções. Desde a sua criação e agora de forma reforçada após a sua revisão, o RCCTE tem vindo a promover uma mudança na forma como se concebem os edifícios, acentuando os cuidados na disposição da compartimentação interior, na escolha mais criteriosa de materiais de isolamento térmico, no desenho das fachadas, orientações dos edifícios, etc. Esse esforço de regulamentação e de exigência ao nível dos edifícios não foi acompanhado por um esforço semelhante a montante da concepção destes, ou seja, ao nível do desenho urbano.

A nível urbano vários autores publicaram recentemente estudos e considerações sobre princípios bioclimáticos no urbanismo. No entanto, existe ainda uma lacuna ao nível da orientação e disposição de conjuntos de edifícios em geral e a sua relação com o clima urbano em particular no cenário urbano português.

A procura de soluções de organização urbana e de edifícios de acordo com as características climáticas e topográficas locais foram, desde os tempos remotos, condições essenciais para a sobrevivência da sociedade. Vários autores desde Hippodamus e Vitrúvius enunciaram e projectaram de acordo com um conjunto de princípios tendentes a uma boa adequação da organização urbana à selecção do local de implantação da(s) cidade(s).

No entanto, em finais do século XIX e inícios do século XX a sociedade descobre uma fonte de energia barata, aparentemente inesgotável – a energia de origem fóssil – que possibilitou ao homem contornar as características do clima e da criteriosa escolha do lugar.

A partir desse período tornou-se possível suportar climas extremos (desde áreas de deserto com temperaturas elevadas aos pólos da terra, com temperaturas negativas) com níveis de conforto térmico equivalentes aos proporcionados pelos climas temperados.

Tais potencialidades despoletaram nos arquitectos, urbanistas e na sociedade em geral a convicção de que o homem, com recurso às novas tecnologias, poderia suplantar a natureza, sobrepondo-se a ela e dominando-a de uma forma que nunca o tinha conseguido até então. Cumulativamente, a tecnologia e energia eram alcançadas de forma cada vez mais barata e generalizada. A progressão da sociedade passou a reger-se por uma evolução contra-natura, como se a natureza fosse apenas um recipiente do homem.

Alguns arquitectos e planeadores procuraram prosseguir com estudos e obras com preocupações climáticas e ambientais. Olgyay (1963) entre outros desenvolveram estudos com claras preocupações de integrarem a construção nas características do clima local, procurando interpretar as características locais, aplicando-as nos seus projectos. Porém, a tentação de desenvolverem projectos de arquitectura sem preocupações de estudos bioclimáticos era cada vez maior, concentrando apenas a atenção nas questões estruturais, de organização do espaço e de linguagem arquitectónica.

Passado quase um século desde a generalização da utilização de combustíveis fósseis para controlar o clima em edifícios, a factura ambiental tem vindo a tornar-se cada vez mais pesada e com consequências graves no meio ambiente.

A utilização de sistemas de climatização disseminou-se por todo o mundo, como instrumento acessível à manutenção de níveis de conforto nos espaços interiores.

O rumo que a humanidade tomou contra-natura, arrastou-nos para problemas ambientais e climáticos cada vez mais graves e de consequências bíblicas.

As alterações climáticas que se têm vindo a sentir em todos os pontos do globo são predominantemente consequência dos excessos do homem motivado pelo aumento desenfreado de consumo de energias poluentes não renováveis, provocando a deterioração da nossa atmosfera de forma acentuada devido às permanentes emissões de gases de combustão.

Desde finais dos anos 90 do século passado que os governos da maioria dos países têm vindo a encarar de outra forma a preocupação pela escassez de recursos naturais (energia e matérias primas), bem como pelo aumento exponencial de emissões de CO2 para atmosfera, com consequências globais irreversíveis.

Desde a conferência do Rio de Janeiro de 1992 e, sobretudo depois dos acordos de Kyoto em 1997, que a União Europeia tem vindo a estabelecer uma série de directrizes com claras exigências energéticas sobre edifícios, com aproveitamento de energias limpas e inesgotáveis para a redução de emissões de gases de efeito de estufa.

A distribuição de consumo energético na União Europeia em 2004 era a seguinte: Petróleo, 38%; Gás, 24%; Combustíveis sólidos, 18%; Nuclear, 14% e energias renováveis, 6%., PARAREDA (2008), quando o objectivo terá de ser precisamente o contrário, com a maior fatia de consumo energético através de energias renováveis e a atenuação do consumo energético através de energias poluentes.

Segundo a Agência Internacional de Energia, AIE (2006) devido ao incremento da utilização de energia no mundo recomenda-se que todos os governos incentivem à poupança, à utilização de energia de forma eficiente e ao investimento em energias renováveis.

A solicitação de consumo de energia a nível mundial deverá sofrer um aumento de 50% até ao ano 2030. Tendo em conta as limitações das reservas de petróleo, estas esgotar-se-ão em cerca de 40 anos e as reservas de gás natural em 70 anos. A situação será crítica, esperando-se uma escalada de preços a partir de 2015, senão antes.

É urgente a redução de emissão de poluentes para a atmosfera, sob pena da destruição do equilíbrio ambiental que garante a vida no planeta terra tal como a conhecemos.

O Parlamento Europeu apresentou recentemente uma proposta de reformulação da directiva relativa ao desempenho energético dos edifícios, onde apresenta a meta de 2018 como a data a partir da qual todos os edifícios de habitação na União Europeia têm de ter produção própria de energia com base em energias renováveis e limpas (solar e geotérmica).

Esta meta é um desafio tanto para os avanços tecnológicos no desenvolvimento de sistemas fotovoltaicos e geotérmicos, como na optimização dos sistemas construtivos e para a disposição dos edifícios no espaço urbano, enquanto ferramentas para uma optimização térmica.

Dado o enquadramento apresentado e a quase ausência de estudos sobre a configuração do desenho urbano como instrumento para uma arquitectura bioclimática, tendo em conta as especificidades climáticas locais, a motivação para a realização do presente trabalho tornou-se clara.

Procurou-se, investigar a influência das diferentes tipologias urbanas em diferentes configurações urbanas envolventes, no que diz respeito ao acesso ao Sol, no território português. Pretendeu-se explorar as melhores soluções de organização espacial de conjuntos edificados, acentuando pontos negativos e positivos como processo pedagógico para uma melhor arquitectura.

Da mesma forma e cientes da importante influência dos efeitos do vento na cidade e nos edifícios, pretendeu-se contribuir para um melhor conhecimento desses efeitos para uma área específica.

1.2 Objectivos

São objectivos desta tese:

- Avaliar as diferentes tipologias urbanas em função de diversos parâmetros, tais como: latitude, orientação, altitude, afastamentos, cérceas dominantes, ângulos de obstrução, etc, face à incidência de radiação solar, quer no Verão, quer no Inverno;
- Identificar um conjunto de estratégias de organização urbana para optimizar o acesso solar no Inverno e atenuar os efeitos nefastos da radiação solar no Verão, para diferentes tipologias urbanas;
- Através de estudos de caso, avaliar o impacto do desenho urbano nas necessidades energéticas dos edifícios segundo a metodologia do RCCTE;
- Também através de um estudo de caso, avaliar o desempenho de diferentes disposições urbanas face ao vento no Inverno e no Verão, quer do ponto de vista de garantir níveis mínimos de ventilação transversal dos edifícios quer do ponto de vista do conforto do utilizador do espaço urbano;
- Identificar um conjunto de estratégias de orientação e disposição dos edifícios e espaços urbanos face ao vento.

1.3 Metodologia de investigação

A presente investigação desenvolveu-se em três etapas. Na primeira etapa, a investigação baseou-se na consulta de bibliografia sobre a matéria, onde procurámos avaliar, ao longo das diferentes civilizações e épocas, a importância do binómio Saúde/Conforto na arquitectura e no urbanismo. Desde Vitruvius a Olgyay, procurámos interpretar a importância da saúde/salubridade enquanto pressuposto base na definição do desenho urbano e arquitectura. A partir de Olgyay é introduzido, de forma evidente e directa, o parâmetro conforto nos pressupostos conceptuais da arquitectura e desenho urbano, com alterações evidentes na definição dos modelos urbanos e de arquitectura. Procuramos avaliar a sua influência, confrontando com uma outra corrente, que privilegiava o recurso a sistemas mecanizados de climatização como contraponto para a inadaptação às condições climáticas locais.

Introduzimos ainda durante a primeira etapa da investigação uma análise às variáveis climáticas e territoriais influentes no desempenho energético dos edifícios, caracterizando e hierarquizando as suas influências, com o propósito de estabelecermos estratégias para intervenções ao nível do desenho urbano e organização espacial em regiões com características climáticas semelhantes ao clima português continental.

Esta etapa compreendeu toda a parte teórica de suporte à investigação, a revisão bibliográfica, desde o enquadramento histórico às condições climáticas influentes no espaço urbano.

Numa segunda etapa, procurámos desenvolver modelos com diferentes tipologias urbanas, analisando e avaliando a influência de pequenas variações de altura relativa da envolvente, orientação, forma, latitudes, etc. No desempenho energético das construções, com recurso a ferramentas de simulação.

Posteriormente, desenvolvemos estudos de caso, sobre duas áreas com características urbanas distintas em Espinho, com o propósito de avaliar o desempenho das soluções adoptadas inseridas em contexto urbano, alguns destes estudos de caso foram avaliados com recurso a ferramentas de simulação e a ensaios experimentais, quer do ponto de vista de insolação, quer do ponto de vista da acção do vento de forma qualitativa e quantitativamente.

No que diz respeito à insolação, desenvolveram-se estudos recorrendo a simulações com o software Townscope que nos permitiu quantificar a incidência da radiação solar sobre as fachadas dos edifícios, em contexto urbano. Obtivemos resultados conclusivos que nos permitiram estabelecer hierarquias de desempenhos energéticos consoante as formas e geometrias de implantação preconizadas.

No que diz respeito ao vento, efectuaram-se ensaios experimentais em túnel de vento, na *Welsh School of Architecture, Cardiff University* sobre uma das áreas de estudo de Espinho, conducentes a avaliação do melhor desempenho dos conjuntos edificados e espaço urbano envolvente propostos face ao vento.

A terceira etapa foi dedicada à conclusão do trabalho e respectiva revisão redactorial final.

1.4 Estrutura da tese

A estrutura da tese divide-se em três partes e oito capítulos, a **primeira parte compreende os capítulos 1, 2 e 3:**

No primeiro momento, que engloba os três primeiros capítulos, procuramos enquadrar o estado da arte, fazer uma análise retrospectiva da adaptação da arquitectura ao clima e topografia ao longo da história, predominantemente dentro do universo português e, por fim no terceiro capítulo são apresentados e comentados diversos estudos sobre arquitectura bioclimática e cumulativamente avaliamos o défice de estudos bioclimáticos sobre os conjuntos urbanos, enquadramento territorial onde se enquadra esta tese.

A segunda parte engloba os capítulos 4, 5, 6 e 7:

No quarto capítulo, apresentamos as características do clima e do território em Portugal que influem directa ou indirectamente no urbanismo e na arquitectura.

No quinto capítulo, estabelecemos uma relação entre a matriz de variáveis do meio urbano com os factores climáticos, apresentando uma síntese que estabelecerá as variáveis essenciais a avaliar no seguinte capítulo.

Apresentamos ainda neste capítulo uma metodologia para modelação e simulação, estabelecendo subsequentemente uma matriz paramétrica de avaliação das tipologias urbanas a avaliar com recurso ao software Townscope. Posteriormente, os resultados e considerações sobre cada tipologia avaliada serão analisados e comentados.

No sexto capítulo, desenvolvemos simulações de radiação solar sobre um estudo de caso, neste caso um quarteirão de Espinho, para o qual propusemos 4 diferentes formas volumétricas de edifícios com a mesma área e cércea. Avaliamos o desempenho térmico e necessidades energéticas de cada edifício e de cada apartamento num total de mais de 100 apartamentos do ponto de vista de acesso solar e posteriormente recorremos à metodologia do RCCTE.

No sétimo capítulo, desenvolvemos um segundo estudo de caso, igualmente em Espinho, numa vasta área de expansão urbana, utilizando para tal um modelo original e duas propostas urbanas de edificação com a mesma área de construção avaliados do ponto de vista de acesso solar. Posteriormente, avaliamos o desempenho dos conjuntos edificados face aos efeitos do vento, quer do ponto de vista de potencial de ventilação transversal nos edifícios, quer do desempenho do espaço urbano envolvente sobre o nível de conforto de utilização dos utilizadores.

A terceira parte corresponde ao capítulo 8:

No oitavo e último capítulo, apresentamos as considerações finais das simulações de acesso solar e vento. Elencamos um conjunto de conclusões obtidas. Apresentamos ainda um conjunto de sugestões para a persecução de estudos sobre radiação solar e vento no espaço urbano.

Capítulo 2 | Desenho urbano e clima: uma visão retrospectiva

Apesar de atenuado pelo desenvolvimento tecnológico alcançado pela humanidade nos últimos dois séculos, a importância do clima como factor condicionante da configuração da paisagem e da sua incidência sobre o homem, quer na localização e organização dos povoados quer nas suas actividades explica o facto de desde a antiguidade existir um grande interesse sobre este tema.

Ao longo dos séculos, desde o inicio das agregações urbanas, o homem procurou expandir as preocupações de saúde e conforto para fora da sua habitação, alargando o conceito ao perímetro urbano, ciente que uma aglomeração urbana saudável traria estabilidade e prosperidade de uma forma mais consistente que outros modelos urbanos sem cuidados do ponto de vista térmico e de salubridade. No entanto, a complexidade climática e da natureza em geral envolveu praticamente todos aqueles que procuravam respostas em superstições, crenças e fantasias, aquando do estudo e interpretação do clima.

O Homem procurou dotar-se de conhecimentos que permitissem fazer face a estas preocupações e como tal, desenvolver modelos urbanos capazes de atenuar extremos climáticas (até certo ponto) e garantir níveis de salubridade cada vez mais superiores com o aumento progressivo da densidade populacional nas cidades.

O binómio Saúde/Conforto, esteve desde tempo imemoriais presente nas preocupações do homem com a organização das cidades, desde os povos ameríndios aos orientais, dos nórdicos aos australianos, tendo cada povo, de acordo com as características climáticas locais e com os meios disponíveis, fazer face ao clima e cumulativamente assegurar a salubridade das aglomerações urbanas de maior ou menor densidade.

Povos sem contactos entre os demais alcançaram soluções construtivas e de organização urbana semelhantes para climas com as mesmas características, por exemplo, os ameríndios Maias tinham uma organização urbana com semelhanças evidentes com os gregos e romanos.

A busca de níveis de saúde (salubridade, etc.) teve um nível crescente até ao colapso romano, durante o período medieval, as preocupações de defesa e protecção da cidadela sobrepunham-se a preocupações de saúde urbana.

Durante o Renascimento, com Alberti e com a publicação do tratado de Vitruvius, os arquitectos redescobrem conceitos de organização das cidades com preocupações de salubridade e térmicas. A partir desta época as novas cidades desenvolvem-se segundo regras vitruvianas e albertinianas com preocupações de saúde públicas, procurando garantir boa ventilação e acesso solar, no entanto o seu mais salto dá-se com o iluminismo, com foi o caso da Baixa Pombalina de Lisboa, com claras preocupações de salubridades, assegurando boa ventilação, acesso solar e afastamentos mínimos entre construções.

Porém, com a revolução industrial, assiste-se a um desenfreado crescimento da densidade populacional nas grandes cidades fruto do êxodo rural e das más condições de vida.

No entanto, as cidades encontravam-se mal preparadas para albergar em tão pouco tempo um crescimento de população exponencial, provocando o colapso demográfico em determinadas áreas urbanas.

Nesta época acentuam as preocupações com a saúde das populações urbanas, Ebenezer Howard entre outros desenvolvem estudos conducentes a cidades higienistas. Nesta linha surge o plano de Cerdá para Barcelona.

Já no inicio do Século XX Gropius com a Escola de Bauhaus; Corbusier, Alvar Aalto entre outros prosseguem com estudos de acesso solar visando não só a obter níveis de salubridade superiores mas também procurando assegurar níveis de conforto mais acentuados.

Olgyay é o primeiro arquitecto que busca incessantemente através de estudos a quimera da cidade que integra o binómio saúde/conforto em toda a sua dimensão espacial, alargando os estudos para além dos edifícios à cidade, introduzindo o conceito “bioclimático”.

Concomitantemente, uma vasta corrente de arquitectos volta-se para os sistemas mecanizados de climatização como solução para fazer face à adversidade climática, modificando a arquitectura para integrar preceitos estéticos e descurando preocupações de adequação ao clima local, propagando o estilo internacional de forma directa sem as necessárias adaptações aos climas locais, com resultados que já bem conhecemos.

Procuraremos neste capítulo apresentar os movimentos pendulares na busca da cidade salubre e termicamente adaptada, com avanços e recuos, face a uma solução ainda muito longe e quiçá inalcançável pela constante redefinição dos níveis de conforto e comodidade do ser humano.

2.1 As permanências do mundo clássico

"A Cidade como berço da filosofia da cultura ocidental esta presente tanto na obra de Platão, apresentando-se na ambivalência com que o filósofo julga a vida colectiva na Polis, associada frequentemente a uma quase-utopia totalitária, quanto em Aristóteles, onde ela desponta como cenário do pragmatismo das acções dos diferentes grupos humanos na busca da realização de suas necessidades vitais." Rocha, A.L.C. 2003.

De acordo com Alcoforado (2004) citando Yoshino (1990/91) "Verifica-se que a cidade de Assilia, 240km a NE de Damasco, foi planeada tendo em conta o clima, também considerado por arquitectos gregos 500 anos antes de Cristo e, posteriormente, pelos Romanos e na Índia"
As primeiras referências a estudos e preocupações de ordem climática na localização e ordenamento do território urbano remontam pois ao período clássico.



Figura 1 – Plano de Miletus, cerca de 470aC

Fonte: Michael Lahanas, "Town (or Urban) Planning in ancient Greece"

http://www.mlahanas.de/Greeks/CityPlan.htm, 2009

Alguns autores atribuem a invenção da cidade de planeamento formal a **Hippodamus de Miletus** (de 498 a 408 aC), que concebeu a expansão do porto de Pireaus (Atenas), entre outras cidades.

Hippodamus dispôs os edifícios e ruas de acordo com as direcções dos ventos da montanha e do mar, permitindo desta forma a circulação dos ventos através da cidade, proporcionando um arrefecimento durante os meses quentes de Verão. A malha urbana foi disposta em quadrícula, com casas em blocos delimitados pelas ruas. Este plano foi posteriormente adoptado pelos romanos. Michael Lahanas (2009).

Os gregos (Figura 2 e Figura 3) foram os primeiros a aproveitar a energia solar para as suas casas), orientando-as em direcção ao sol para que no Inverno pudessem aquecer o interior. No verão, dispunham de sistemas para obscurecer e com isso controlar o acesso solar. Cidades inteiras foram construídas desta forma, ainda anteriormente a 400aC.

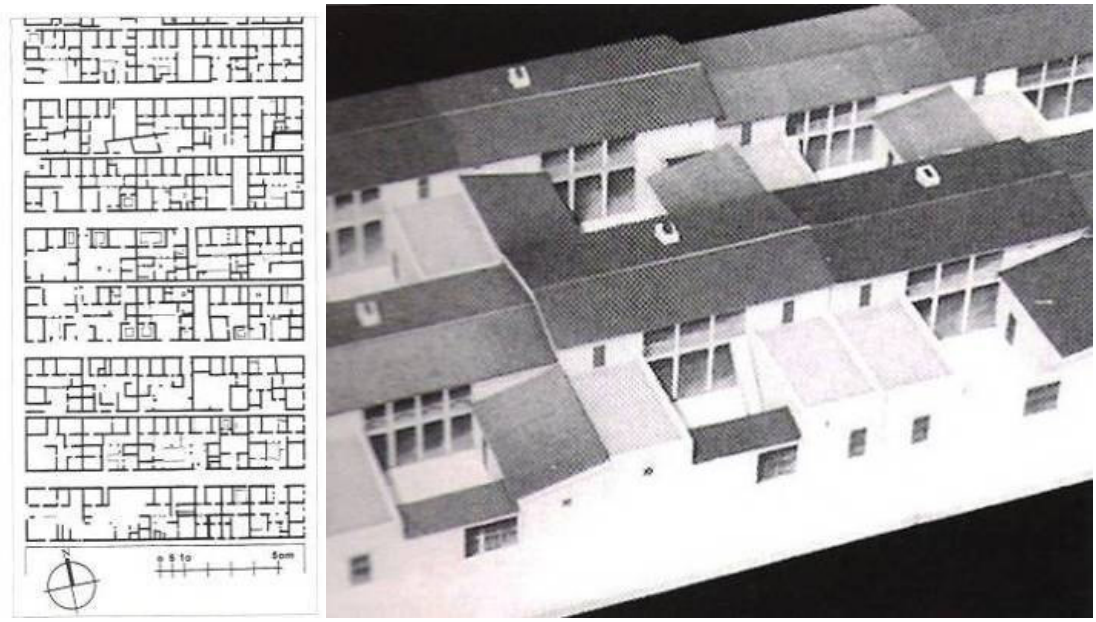


Figura 2 – Planta cidade grega

Fonte: Behling, S., "Sol Power, La evolución de la Arquitectura Sostenible" Edicion Gustavo Gili, Barcelona, 2002.

Figura 3 – Casas pátio da Grécia

Fonte: Behling, S., "Sol Power, La evolución de la Arquitectura Sostenible" Edicion Gustavo Gili, Barcelona, 2002.

Outro arquitecto urbanista foi Deinocrates de Rodes, que trabalhou como um arquitecto de Alexandre o Grande. Ele também utilizou uma malha de padrão regular para a cidade de Alexandria, no Egipto (Figura 4).



Figura 4 – Alexandre o Grande, delineando a cidade de Alexandria

Fonte: Andre Castaigne, 1898/99, www.mlahanas.de/greeks/cityPlan/AlexandreAlexandria.jpg, 2009.

2.1.1 Vitrúvius e o "Genius Loci" – da eleição do lugar

As considerações que persistiram desse período até hoje são na grande maioria oriundas do Tratado de Arquitectura de Vitrúvio, onde estabelece uma série de princípios que poderemos considerar ainda hoje como válidos, não obstante a existência de um hiato de vários séculos de entremeio.

Seguindo as normas apresentadas por Vitrúvio podemos considerar que as cidades de génese romana integravam preocupações, princípios e normas de ordem climática insolação, sombreamento, ventilação e salubridade limpeza das ruas, ventilação transversal das habitações, drenagem de esgotos e abastecimento de água potável, entre outras considerações eram aplicadas imediatamente na opção pela localização das futuras cidades, estabelecendo a relação entre dimensão e densidade de cada cidade e possíveis opções de expansão da cidade conforme as necessidades futuras.

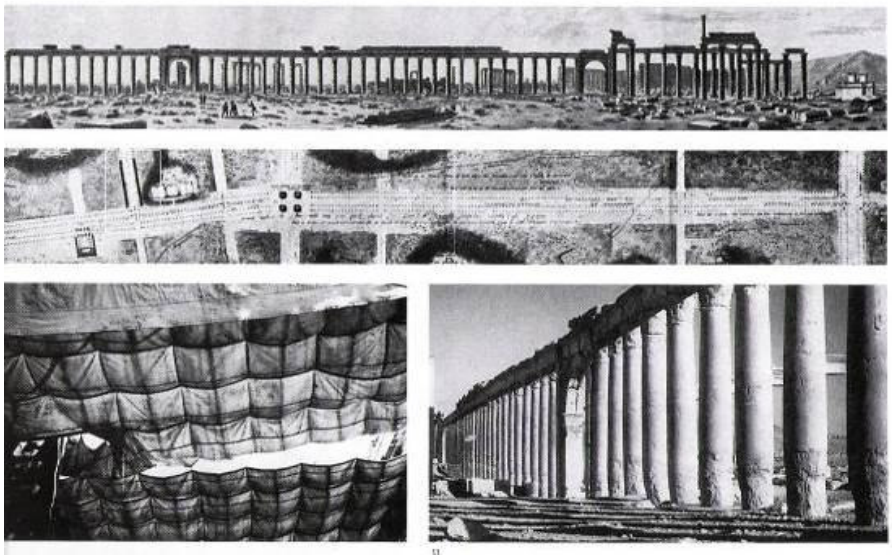


Figura 5 – Sistemas de sombreamento romano para avenidas

Fonte: Behling, S., "Sol Power, La evolución de la Arquitectura Sostenible" Edicion Gustavo Gili, Barcelona, 2002.

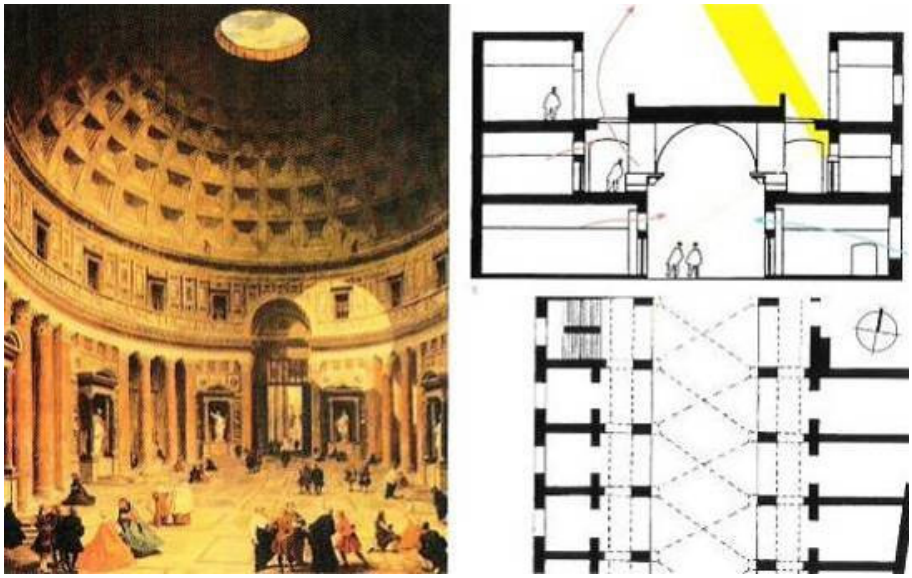


Figura 6 – Sistemas passivos bioclimáticos

Fonte: Behling, S., "Sol Power, La evolución de la Arquitectura Sostenible" Edicion Gustavo Gili, Barcelona, 2002.

No tratado de Arquitectura de Vitrúvio, as referências a considerações climáticas e de sustentabilidade urbana são tidas como essenciais, sem as quais a cidade pode perecer muito prematuramente. A sustentação da qualidade urbana segundo estes princípios era tida como fundamental para atingir os níveis de desenvolvimento da sociedade romana.

As questões de saúde pública eram tidas como fundamentais, impondo para tal estudos rigorosos na procura das melhores condições de salubridade que as cidades pudessem oferecer. Estas preocupações voltam à ribalta apenas no período renascentista.

Os princípios que a seguir enumeramos apresentam por um lado preocupações que, tidas em consideração numa fase inicial deste estudo, permitem um crescimento urbano com a gestão dos recursos existentes e, por outro lado, retiram proveito das condições climáticas e geomorfológicas de cada região onde se inserem as cidades.

A este respeito, Vitrúvius refere que: " *1. No que respeita às cidades, serão estes os princípios. Em primeiro lugar, a eleição de um lugar o mais saudável possível. Este será alto e não nebuloso, sem geadas e voltado para um quadrante que não seja nem quente nem frio, mas temperado. Depois, evitar-se-á as vizinhanças dos pântanos. Com efeito, quando as brisas matutinas, ao nascer do sol, chegarem ao opido, e as neblinas nascidas se juntarem a elas, tornarão o lugar pestilento, espargindo com o seu influxo, misturadas com a névoa, os miasmas envenenados dos animais palustres nos corpos dos moradores. Do mesmo modo, se as cidades se encontrarem junto ao mar e estiverem orientadas para o sul ou para Ocidente não serão saudáveis, porque no verão, o céu meridiano queima desde o nascer do Sol e arde ao meio-dia. Também o que está exposto a ocidente amorna ao nascer do Sol, aquece ao meio-dia, ferve à tarde.*" Vitrúvio Tratado de arquitectura – Livro I, capítulo IV, pág. 41. 2006.

A escolha do melhor lugar para as cidades era o ponto fundamental a partir do qual esta poderia alcançar a prosperidade com maior vigor e capacidade de crescimento sem problemas de salubridade.



Figura 7 – Planta de Timgad

Fonte: academic.reed.edu/humsnities/110tech/romanAfrica/maps.jpg, 2009.

No trecho sobre a comparação com a exposição solar das adegas, Vitrúvius demonstra conhecimentos e preocupações sobre a adequação da orientação das aberturas das construções às funções a que se destinam, quer do ponto de vista de radiação solar quer mesmo do ponto de vista de ventilação:

"*2. Como é evidente, os corpos que estão nestes lugares ficam corrompidos pelas amplitudes térmicas de calor e arrefecimento. Com efeito, é possível verificar isto também a partir daquelas coisas que são inanimadas. Assim, nas adegas cobertas ninguém abre janelas do lado do Meio-Dia ou do Ocidente, mas do Setentrião, porque este quadrante nuca sofre alterações, antes permanece continuamente imutável. Também por isso aqueles celeiros que estão voltados para o curso do sol depressa alteram a boa qualidade, pois não se conservam por muito tempo as provisões e os frutos que não se guardam com uma orientação exposta àquela parte do firmamento que se opõe ao curso do* Sol." Vitrúvio Tratado de arquitectura – Livro I, capítulo IV, pág. 41, 42. 2006.

As preocupações com a salubridade das cidades poderiam em alguns casos impor mesmo a relocalização da cidade:

"*12. Todavia, naqueles sítios onde as lagoas se encontram consolidadas e não apresentam saídas permanentes, seja por rios, seja por canais, como acontece nos sapais do Pontino, as águas estagnadas putrefazem-se e produzem nestes lugares exalações fétidas e pestilentas. Também na Apúlia, o antigo opido de Salápia, fundado por Diómedes, quando regressou de Tróia, ou, como alguns escreveram, fundando por Elpias de Rodesm havia sido implantado em lugares deste género; adoecendo os habitantes por esse motivo, sofrendo ao longo de cada ano, foram ter um dia com M. Hostílio e, apresentando-lhe um requerimento, conseguiram dele que indagasse e indicasse um lugar idóneo para transferir o recinto fortificado. Pois ele não demorou; de imediato, sabiamente ponderadas as razões, comprou junto ao mar, um terreno em lugar salubre, e requereu ao Senado e ao povo romano que permitisse transferir o opido, levantou as muralhas, dividiu as áreas e deu-as em direito de propriedade por um sestércio a cada um dos munícipes. Feitas estas coisas, ligou um lago ao mar, fazendo desse lago um porto para o município. E assim agora os salapinos habitam um lugar salubre, a quatro mil passos do opido antigo*." Vitrúvio Tratado de arquitectura – Livro I, capítulo IV, pág. 45. 2006.

A este respeito podemos destacar a titulo de exemplo que a cidade de Goa foi abandonada muitos séculos mais tarde para dar lugar a uma nova Goa do outro lado do Rio, por questões de saúde pública.

A forma de organização da malha urbana, com a correcta localização de praças e das ruas era tida como fundamental no funcionamento da mesma, como refere Vitrúvius:

"*1. Circundando o recinto, seguir-se-ão as divisões das áreas dentro da muralha e as orientações das praças e das ruas, serão, de facto, traçados como deve ser se habilmente se afastarem das ruas os ventos que, se forem frios, prejudicam, se quentes, corrompem, se húmidos, são nocivos. Por esta razão julga-se que se deverá evitar este condicionalismo e precaver para que não se verifique o que costuma acontecer em muitas cidades, como em Mitilene, opido na ilha de Lesbos edificado de modo magnificente e elegante, mas estabelecido sem habilidade. Quando nessa cidade sopra o austro, os homens adoecem; soprando o coro, tossem; quando setentrião são restituídos à saúde, mas não podem permanecer nas ruas nem nas praças, devido à veemência do* frio." Vitrúvio Tratado de arquitectura – Livro I, capítulo VI, pág. 48. 2006.



Figura 8 – Maqueta de Augusta Treverorum

Fonte: nl.wikipedia.org/wiki/Augusta:Trevorum, 2009.

O alinhamento das ruas tendo em conta as direcções do vento era alvo da atenção dos planeadores à época de Vitrúvius:

"… Deste modo, nos parece que o ordenamento das praças e das vielas deverá ser alinhado pelos ângulos entre duas direcções de ventos" (…), (...)"*8. Na realidade, com esta metodologia e com esta distribuição se afastará das habitações e das ruas a força nociva dos ventos. Se, efectivamente, as praças ficarem directamente expostas a eles, o ímpeto vindo do espaço aberto do céu e a brisa constante contida na entrada estreita das vielas andarão por aqui e por ali com uma veemência mais forte. Eis porque não se deverão voltar para as orientações dos ventos os direccionamentos das ruas, de modo que, ao chegarem, eles se enfraqueçam contra os ângulos das ínsulas e, repelidos, se* dissipem." Vitrúvio Tratado de arquitectura – Livro I, capítulo VI, pág. 51.

O desenvolvimento tecnológico e científico que a civilização romana atingiu antes do colapso apenas teve reflexo já no dealbar do séc. XIX.

Os conhecimentos sobre a melhor forma de escolher a localização e estabelecer cidades segundo os distintos climas e características geomorfológicas, perderam-se com o colapso do império. As civilizações contemporâneas à época do império romano encontravam-se muito pouco desenvolvidas tecnologicamente, excepção da Grega, da qual descende em parte a romana, não tendo conseguido alcançar o conhecimento que o império romano detinha.

Como posteriormente veremos existem claras influências do Tratado de Vitrúvio presente no planeamento das cidades portuguesas ultramarina especialmente no Brasil, fruto da divulgação impressa dos tratados de Vitrúvius a partir de 1487 por Giovanni Sulpitius e da influência dos tratados de Alberti durante o Renascimento Italiano, que se divulgou por toda a Europa.

2.2 Período Medieval

O período medieval reporta-se desde a fundação da nação lusitana, até ao início do período dos descobrimentos (período medieval tardio – inicio do Renascimento), com algumas referências, quando essenciais, ao reino de Castela e al Ândalus que compreendia o território denominado de Gharb al Ândalus (do Algarve até Coimbra) e da região Andaluz.
De fora ficam as referências a novas cidades e vilas fundadas nas Ilhas e Continentes além-mar que serão tratados noutro capítulo, embora prosseguindo a sequência histórica essencial à compreensão da evolução urbana de características portuguesas.

2.2.1 Civilização Cristã e a luta pela salubridade intramuros

"A rua estreita, íngreme e tortuosa faz parte da imagem que o imaginário actual retém sobre a cidade ou a vila medieval. O que não anda muito longe da verdade." Andrade (2003)

Esta descrição introduz-nos no panorama medieval, especialmente no caso Português.
As vilas e cidades do norte eram constituídas por uma fortificação envolvente ao tecido urbano (vulgo muralha), fronteiriças a rios ou ribeiras (fonte de abastecimento de água potável e meio de transporte), com uma estrutura de ruas de génese orgânica. O que nestes casos mais não é que crescimento desordenado e sem regras preestabelecidas.
A opção por zonas elevadas de grande alcance e amplitude visual permitia maior capacidade de resistência a invasões, em consonância com pendentes voltadas a sul e poente, ofereciam maior e melhor iluminação, protecção dos ventos de norte no Inverno e melhor ventilação no Verão através de correntes elevatórias (efeito upwelling).



Figura 9 – Travessa do Souto, Centro Histórico do Porto

Fonte: www.phase.com/joandrade/image/33895819, 2009.

As considerações climáticas na implantação de cidades e vilas portuguesas aparentam o conhecimento e utilização dos elementos climáticos, reflectindo-se nas opções finais da génese urbana. Porém a ausência de informação que tenha perdurado até hoje, em conjunto com a aparente anarquia da construção e traçado das vias internas das cidades parecem indicar o contrário, não se tendo detectado a existência no nosso país de "*pessoas ou grupos com funções exclusivas de determinantes na gestão urbanística*", Rossa (1983). Não obstante, as predominâncias de exemplos que corroborem a opção por localizações favoráveis ao clima impelem-nos para uma evidente preocupação inicial que poderia não ter continuidade ao nível do desenho urbano e modelos de arquitectura.



Fonte: pt.wikipedia.org/wiki/ficheiro:maqueta_cidade_medieval_3_Porto.jpg 2009

Figura 10 – Maqueta do Porto no período medieval

A hierarquia urbana existente destacava a importância socioeconómica, política e/ou religiosa daqueles que habitavam nas cidades, com grande predomínio para as instituições religiosas e régia, com edifícios que dominavam a paisagem urbana (Figura 10), com a rua a envolver, estendendo-se até aos limites das muralhas de forma orgânica e irregular, geralmente acompanhando a topografia.

Conforme nos deslocarmos para sul, a hierarquia urbana mantém-se. Porém, a forma urbana adapta-se às povoações de génese romana sob ocupação muçulmana, onde a quadrícula urbana se sobrepõe à "organicidade" conotada como de origem cristã. Sobre este ponto convém referir que a questão dos traçados regulares versus irregulares ou orgânicos não deverá ser balizada pela civilização cristã versus muçulmana, mas essencialmente sobre a capacidade do poder autoritário vigente conseguir implementar ordenamento urbano, programas urbanísticos e construtivos. Macias (2001)

"*Em alguns centros urbanos, porém, podiam ler-se, ainda que em ténues vestígios, influências mais antigas, aquelas que a passagem romana deixou e que se manifestam em plantas de tendência ortogonal, ou em praças de maior regularidade geométrica, onde se detectava a antiga localização do fórum*." Andrade (2003), ortogonalidade este, que os cristãos medievais não souberam interpretar e organizar a cidade medieval.

Sobre o desenho urbano intramuros, acentuamos que as ruas eram tortuosas e estreitas de génese espontânea, sendo comum o transeunte ter de percorrer ruas com 4m de largura, dado que a maioria das ruas oscilava entre 4 e 6m de largura. Eventualmente poderiam surgir ruas com 7m, que seriam denominadas de "rua nova," dado o carácter excepcional no contexto onde se inseriam.

Habitualmente em cada vila e cidade existia a rua direita, quase sempre irregular, que deu origem à povoação. As restantes ruas, becos e ruelas nascem a partir desta, sem qualquer relação geométrica que não as necessidades individuais de divisão e acesso aos terrenos e casas, salvo alguma excepções de cidades que oportunamente descrevemos.

Neste período as vilas e cidades encontravam-se enclausuradas por muralhas e, nalguns casos, por castelos, que ao fim do dia encerravam as portas da cidade. Durante vários séculos a população viveu dentro de muralhas e encarcerada numa mentalidade voltada exclusivamente para o culto cristão, embrenhado em medo e ignorância, pouco receptivos a outras culturas, tais como a judia e muçulmana, cuja população vivia fora de muralhas, nas judiarias e mourarias.

Tal fazia-se sentir na aparente anarquia urbana, desprezo por regras essências de salubridade e boa convivência, e ausência de entidade (s) que regulassem a construção privada e ordenamento do espaço público, como veio a acontecer posteriormente num período medieval tardio e como já acontecia "Além-Pirinéus" com os "povoadores" (indivíduos provavelmente familiarizados com a zona onde se pretendia intervir), expressamente mandatados para, em nome do monarca, levarem a cabo todo um conjunto de diligências que consideravam indispensáveis à formação de um novo núcleo urbano. Não conseguimos saber em rigor qual a natureza das "diligências indispensáveis", se de natureza administrativa, geográfica, ordenamento urbano ou climático em específico.

Da Ordem dos Templários (posteriormente denominados por Ordem de Cristo, em Portugal) sabemos que deram início a algumas fortificações e povoações em Portugal por ordem régia, como são os casos de Penas Róias, Numão e Longroiva. Andrade (2001). Baseando-nos nos conhecimentos técnicos sobre arquitectura, em especial na construção de catedrais, á data desconhecemos qual o nível de conhecimentos sobre técnicas e tradições no planeamento de cidades de civilizações anteriores e contemporâneas, facto que poderia ter utilizado na definição de novas povoações sob sua jurisdição. Não obstante, no caso de Tomar investigadores apontam uma série de proporções e medidas geométricas relacionadas entre si que denunciam um aprofundado reordenamento urbano, com acções reguladoras tendo como base um módulo a partir do qual se desenvolvem os quarteirões e construções.

"*Em planta, as medidas identificadas definem topos de quarteirões e, em certos casos, a profundidade de parcela. A distribuição dá-nos manchas de maior concentração situadas nas margens do núcleo mais antigo da vila de malha regular, fundado a par com o Castelo dos Templários.", "A sul da cidade, a regularidade do parcelamento e de medidas observadas na Rua dos Arcos ocorre no sítio dos Estaus, uma área em que se regista um conjunto de intervenções de reordenamento urbano atribuídas à iniciativa do infante D. Henrique, na qualidade de governador da Ordem de Cristo*." Oliveira (2001).

Há claramente uma estratégia de ordenamento urbano consistente, inusual na gestão do território nacional, apenas existente com este nível de preocupações e rigor na arquitectura militar, como refere Pimentel (1993):

"(…)Tomar, sob a jurisdição da Ordem de Cristo, desenvolve a sua forma urbana agregada a princípios geométricos e de proporcionalidade pouco vulgares no universo urbano medieval português, mais consentâneos com o Método Lusitânico de fortificar as Praças regulares e Irregulares."

Em especial na região norte do país as referências urbanas anteriores eram mínimas, onde apenas os centros históricos de Porto e Braga são de génese romana, tendo desenvolvido a partir deste a estrutura urbana medieval.

As considerações sobre salubridade, iluminação, acesso solar e ventilação estavam praticamente ausentes de qualquer aplicação na concepção das ruas e arquitectura nas cidades e vilas medievais, como refere a autora Amélia Andrade: *"… eram comuns as ruas terrentas, que no Inverno se transformavam em lamaçais e no verão cobriam os passantes de indesejadas e incomodativas poeiras. A que se juntavam os fedorentos despejos provenientes das residências " (…) Havia então que ter paciência e esperar por tempos mais favoráveis – em muitos casos chegaram apenas no dealbar de Quinhentos – para a colocação de pavimentos mais cuidados e sobretudo, pela feitura do cano, que permitia o escoamento das águas e detritos.*" Andrade (2003).

Devemos relembrar que o urbanismo planeado pelos romanos considerava essencial, entre outros parâmetros, a salubridade e limpeza das ruas, sendo corrente nas cidades a pavimentação e utilização da rede de águas pluviais sob a rua.

A acrescentar a este cenário, as ruas tornam-se cada vez mais estreitas e sombrias, devido á persistente tendência de avançar a construção sobre a rua através do uso de varandas, balcões e alpendres, contribuindo paro o aspecto desalinhado e ondulante das ruas, tornando-as acanhadas, sombrias e ainda mais estreitas.

Durante o período medieval tardio (séc. XV) assiste-se a um florescente crescimento urbano e valorização da cidade em termos de imagem, *" (…) intensificaram-se por todo o lado as disposições municipais tendentes a um bom ordenamento do espaço citadino." Gonçalves (2001). Proibiram-se construções abusivas e alinharam-se construções, em alguns casos foram mesmo demolidas algumas construções " (…) atentatórias da boa utilização comum do espaço.*" *Gonçalves (2001).*

Porém, durante este período, as evoluções que se fazem sentir vêm de encontro a preocupações de ordem estética e, eventualmente na busca de maior rigor do espaço público (ruas e praças), sem grandes prioridades sobre salubridade e de ordem climática na arquitectura.

As únicas regras estabelecidas sobre a garantia de salubridade no tecido urbano foram o zonamento das actividades, agrupando-as por tipos de actividades poluentes: contaminação da água, ruído, e perigo de incêndio para fora das muralhas e perímetro da cidade.

Actualmente, na maioria das cidades e vilas de génese medieval são poucas as referências e existência de construções medievais, tendo apenas perdurado as construções construídas em pedra, quase sempre equipamentos (igrejas, castelos e muralhas), tendo praticamente nenhuma moradia conseguido resistir original até aos dias de hoje.

A grande maioria das habitações era construída em estrutura de madeira, (num período medieval tardio aparece a técnica Fachtwerk de origem nórdica) com cobertura de colmo, com janelas sem vidraças (o vidro aparece nas habitações a partir de finais do período medieval), com uma frente para a rua exígua, geralmente de um ou dois pisos, e com uma profundidade que habitualmente atingia 4 vezes a largura da casa. No pátio existente nas traseiras das habitações era habitual haver algum tipo de cultivo de subsistência (pequenas hortas), quando não ocupado por outra habitação em casos posteriores.

Após o declínio do Império Romano e posterior ocupação Visigoda na Península Ibérica assistiu-se a um declínio na qualidade construtiva, abandonou-se o uso de telha nas cobertura para substituir por colmo, as paredes em tijolo deram lugar à madeira e os pavimentos cerâmicos desaparecem para dar lugar à terra batida, enfim, substitui-se o processo construtivo com recurso a tecnologia pelos recursos naturais mais acessíveis, com o prejuízo da permanente manutenção e reconstrução, menor resistência e durabilidade e maior susceptibilidade a fungos e maior permeabilidade à água.

Não obstante, Ward-Perkins apresenta ainda outra perspectiva sobre as vantagens da utilização do colmo e madeira na construção: "*Não há qualquer regra absoluta que diga que um telhado de colmo, ou um edifício de madeira é inferior a um outro de materiais mais sólidos", " (…) o colmo de Inglaterra moderna funciona bem enquanto material para telhados, e até oferece melhor isolamento contra o calor e o frio do que as telhas ou lousas.*" Perkins (2006).

As considerações de preocupações de ordem climática eram reduzidas, e nem sequer os padrões mínimos de salubridade eram assegurados, recorrendo os moradores à conhecida expressão "àgua-vai", quando atiravam os dejectos para a rua, sob pena de multa por não avisarem os transeuntes.

As moradias não tinham um mínimo de luz natural, facto que levava os seus donos a sentarem-se na soleira para a rua onde trabalhavam. Na ausência de vidraças, a abertura de janelas implicaria a entrada de frio no Inverno, não existindo alternativa entre a escolha entre optar pela conservação de calor no interior e a iluminação. A confecção dos alimentos e o recurso à lareira permitiriam garantir níveis de temperatura razoáveis nas habitações durante o Inverno.

A única fonte de energia utilizada reduzia-se ao uso da lenha para combustão.

A forma das ruas e sobreposição de balcões e varandas sobre as ruas permitiam o sombreamento no verão.

2.2.2 Civilização muçulmana na tradição mediterrânica: a procura da sombra, o pátio e o prazer do jardim no Gharb al-Ândaluz

As cidades muçulmanas do Gharb al-Ândalus desenvolveram-se a partir das estruturas urbanas existentes do período romano, como são os casos de Faro, Évora e Lisboa, denunciando um fenómeno de continuidade urbana entre os dois períodos. Durante o período muçulmano as cidades desenvolveram-se crescendo, como foram os casos de Lisboa, Coimbra, Faro, Silves e Mértola, reforçando as ligações ao mundo mediterrânico. A transmissão de conhecimentos sobre arquitectura e urbanismo propagou-se pelo mundo islâmico com as necessárias adaptações à topografia e ao clima local. Contrariamente à ideia difundida que as estruturas urbanas das cidades muçulmanas eram labirínticas abundam traçados urbanos geométricos medievais concebidos de raiz, como o são o caso da planta concêntrica de Bagdad ou de Madinat az-Zhara e, na península ibérica, os casos dos bairros da Alcáçova de Mértola e o arrebalde de El Forti em Denia (Alicante) entre outros, que contrapõem uma visão demasiado simplista sobre este aspecto. De ambas civilizações, cristã e muçulmana, a segunda soube tirar melhor partido dos conhecimentos e tecnologia do extinto império romano, dando continuidade ao traçado urbano, reprodução e adaptação dos sistemas construtivos e dos conhecimentos de adequação da cidade à topografia e climas locais

" *Disso são mesmo são reflexo as sucessivas tentativas de imitação da imagem de marca das fortalezas romanas, quer na placagem dos amuralhamentos de tosca alvenaria da Alta Idade Média quer nas imitações feitas a cal sobre as estruturas em taipa dos finais do período islâmico. Nalgumas destas estruturas (Salir; Moura, Mértola e Alcácer do Sal, designadamente) são ainda visíveis reticulados traçados a cal, destinados a imitar o silhares de pedra das muralhas romanas*." Macias (2001), podemos referir que a civilização muçulmana evoluíram a partir da civilização romana, interpretando a linguagem utilizada, adaptando-a às circunstâncias locais.

A estrutura urbana, no seguimento da tradição mediterrânica (e romana), dá primazia sobre os grandes espaços públicos, da ágora e foro urbanos: *"o local de culto muçulmano é uma síntese do espaço religioso da basílica com o antigo espaço cívico da cidade antiga. Espaço aberto para o exterior – ao invés das basílicas paleocristãs", " (…) ao invés do cristianismo feudal", "(…)o Islão integra a praça do mercado no seu espaço religioso",* Macias (2001), em grande parte devido ao clima ameno que permitia que uma parte da actividade humana seja feita ao ar livre.

A arquitectura é de igual forma reflexo disso mesmo, as habitações apresentam grandes semelhanças com a habitação romana mediterrânica, com pátio central a céu aberto, a partir do qual se desenvolviam todos os outros compartimentos.

A característica mais interessante das habitações muçulmanas do Gharb está na constatação que "*existe uma grande identidade entre a arquitectura popular actual e as casas identificadas durante as escavações arqueológicas*", Macias (2001), contrariamente ao modelo de arquitectura medieval do norte do país. Nesse caso específico existe uma clara intemporalidade da arquitectura, fruto da correcta adequação ao clima, aplicação de sistemas construtivos fiáveis, acessíveis e duradouros, e como não podia deixar de ser do modelo de organização espacial que privilegia a intimidade do pátio como contraponto ao carácter público da rua, reproduzindo-se intemporalmente até hoje.



Figura 11 – Habitação no Alentejo, Portugal.

Fonte: www.profblog.org/2008_03_16_archive.html, 2009.

O pátio é o elemento principal da casa, tal como no modelo romano, fornecendo luz e ventilação, com referências de alguns casos de pequeno cultivo de ervas aromáticas.

Por comparação ao modelo do norte, o pátio da casa muçulmana desempenha o mesmo papel central atribuído á lareira no norte. Laroux (1992). Outro facto importante indicado refere-se ao modelo de alcovas sobrelevadas sobre o pavimento, debaixo das quais se colocavam braseiros para as noites mais frias, garantindo um suplemento de conforto.

Quase todas as latrinas estavam ligadas a uma rede de esgotos ou, mais frequentemente, a uma fossa em plena rua.

O sistema construtivo mais utilizado era a taipa com paredes de 50cm de espessura, garantia para além da durabilidade da construção, uma estabilidade térmica. Em conjunto com a existência de pequenas janelas e do pátio, uma correcta adequação ao clima, as ruas estreitas e longas permitiam algum sombreamento e a ventilação essencial.

O caso do Palácio de Alhambra é, sem sombra de dúvida, a melhor contribuição para o mundo ocidental da correcta concepção de modelos de arquitectura e urbanismo adequados ao clima, com a utilização de variados sistemas passivos que vêm demonstrando o mesmo desempenho desde a sua concepção até ao presente o que não deixa de ser excepcional, pelos conhecimentos e técnicas então empregues.

Embora os modelos rurais e urbanos do Gharb não apresentem uma tal complexidade, conseguem, apesar de isso, garantir a necessária função de regulação térmica face ao meio, com certeza que a preservação da existência de palácios muçulmanos em território nacional teria permitido descortinar sistemas passivos semelhantes.



Figura 12 – Pátio de Alhambra

Fonte: travel.webshots.com/photo/images05, 2009.

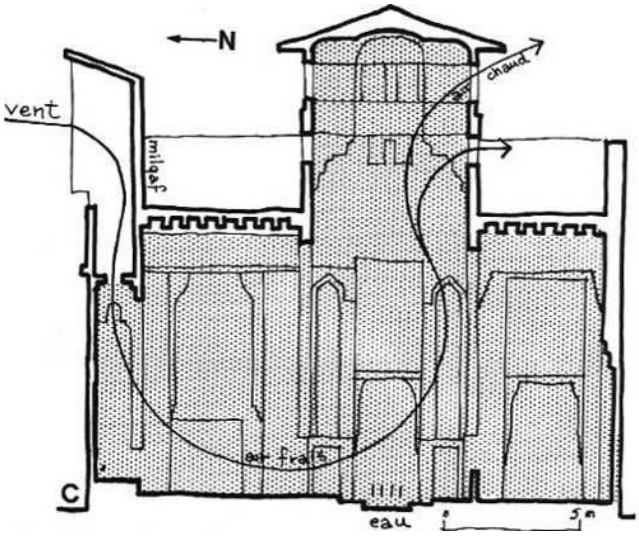


Figura 13 – Sistemas de ventilação passivos – arrefecimento

Fonte: AA – Architecture D'aujurd'hui nº167 May/Jun 1973

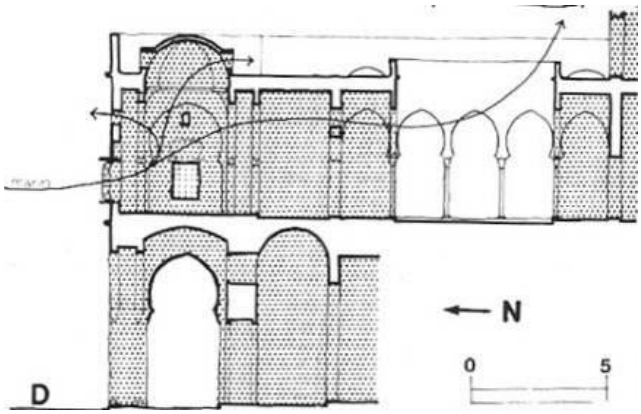


Figura 14 – Sistemas de ventilação passivos – arrefecimento

Fonte: AA – Architecture D'aujurd'hui nº167 May/Jun 1973

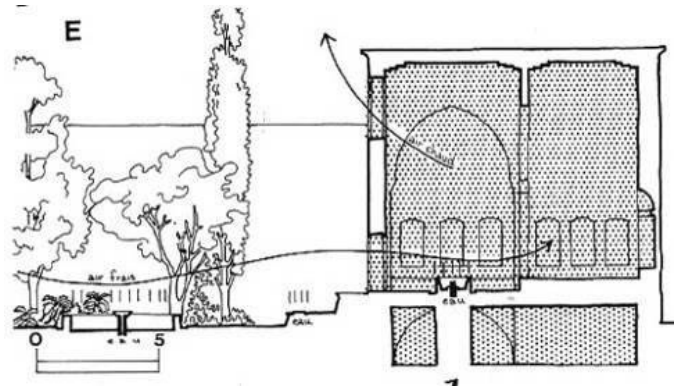


Figura 15 – Sistemas de ventilação passivos – arrefecimento com recurso a vegetação e água para aumentar níveis de humidade do ar

Fonte: AA – Architecture D'aujurd'hui nº167 May/Jun, 1973

As figuras acima apresentadas demonstram as estratégias utilizadas pelos arquitectos na busca de um maior equilíbrio térmico num clima quente como o de Granada, desde a preocupação de localizar o palácio num promontório, bem como no conjunto de estratégias de arrefecimento patentes nas figuras acima apresentadas, com clara profusão de superfícies de água, vegetação, fachadas duplas, pé-direito elevados, etc.

2.3 Renascimento

O renascimento em Portugal estende-se de meados do século XV a finais do século XVI, com adaptações muito próprias em Portugal: o estilo manuelino (chamado também de gótico tardio ou flamejante) fruto da prosperidade portuguesa, reinava como estilo dominante em todo o território nacional. O manuelino incorporou no entanto características renascentistas na arquitectura e arte portuguesa.

No entanto, ao nível do urbanismo, o renascimento trouxe para Portugal inovações na organização das novas cidades ultramarinas durante o reinado de Filipe.

Como veremos de seguida os portugueses, ao longo do período dos descobrimentos, foram construindo cidades como suporte físico às trocas comerciais, defesa militar e portos de ligação das rotas das especiarias e mais tarde do ouro e agricultura do Brasil. Como tal, a organização urbana era tida como modelo urbano que desse suporte às ambições militares, mercantis e comerciais, mais do que na procura de organizar as cidades para um crescimento urbano sustentado como faziam os espanhóis. Só durante o reinado de Filipe a concepção das cidades portuguesas adoptaram o modelo original vitruviano de influência espanhola. A partir deste momento há uma inversão na forma de pensar as cidades, orientando as cidades para promover o seu próprio crescimento sustentada em serviços dentro da própria cidade e não tanto como meros pontos de entreposto comercial.

2.3.1 Portugal além-mar

> *"Que mais bem-aventurada terra que aquela, em que não houve nunca pestes, fomes, frios, calmas, tudo tão temperado, que não há mais nada que desejar?"*
>
> *Sobre a Índia, in o Soldado Prático por Diogo de Couto.*

As questões de fundo sobre as cidades de Portugal além-mar permanecem as seguintes:

- Saber até que ponto existiu uma ideia de cidade própria, ligada à cultura portuguesa e sob que considerações geomorfológicas e climáticas de cada local.

- Até que ponto na escolha do local de génese da cidade prevalecem os valores geomorfológicos e climáticos sobre os demais (económicos, políticos e logísticos, entre outros) e de que forma souberam interpretar o clima e as condições físicas locais para uma correcta opção de implantação da urbe.

Finalmente, de que forma souberam adaptar, a partir dos modelos urbanos medievais portugueses, soluções urbanas e arquitectónicas adaptáveis aos diferentes climas que foram encontrando nos quatro cantos do mundo português e quais as variáveis encontradas.

2.3.1.1 Macaronésia[i] Portuguesa: singularidades do clima e a resposta da arquitectura tradicional

> "*Desdobradas entre 15 graus e 40 graus de latitude norte, as ilhas Atlântidas, também conhecidas por Macaronésia, abrangem um conjunto de cinco arquipélagos (Açores, Madeira, Selvagens, Canárias e Cabo Verde), que ocupa cerca de 15700km2*", J-M. Fernandes (1996).

Esta citação de José Manuel Fernandes (1996) serve-nos de base para o estudo das ilhas portuguesas, excluindo as Canárias, por não pertencerem ao universo português.

Interessa-nos, pois, entender as condições climáticas locais distintas e avaliar sob a óptica urbanística, quais as premissas que foram tidas como base para as escolhas dos primeiros assentamento urbanos, e destes, quais as preocupações de ordem climática que possam ter influenciado as opções finais que acontecerem no dealbar dos descobrimentos portugueses.

Do clima refere J-M. Fernandes (1996) citando Medeiros, que "*Estendidas por 25 graus de latitude, estas ilhas apresentam diferenças climáticas muito importantes. Temos de tomar em conta vários factores. Com o anticiclone que recebeu o nome do arquipélago quase sempre a sul, os Açores são banhados por depressões vindas de oeste, que influenciam um tanto o clima do Madeira, pouco o das Canárias e menos ainda o de Cabo Verde. Os ventos gerais que partem daquele anticiclone, atingem todas as ilhas, embora só muito raramente as açorianas. As massas de ar quente e seco provenientes de África dão um retoque de aridez a Cabo Verde, às Canárias e, em menor grau o deslocamento da CIT (convergência inter tropical) para norte, que vai provocar chuvas no período mais quente do ano" mais adiante o autor refere ainda " os Açores, na zona temperada, constantemente banhados pelas depressões que os "westelies" arrastam; a Madeira, réplica insular da ambiência mediterrânica; Cabo Verde, no trópico seco, com chuvas concentradas, escassas e irregulares.*"

Obtemos desta forma dados importantes, que claramente distinguem os diferentes tipos e variações de climas existentes nas ilhas, variações estas, que acontecem de ilha para ilha. Factor presente aquando da opção inicial de colonização das ilhas.

A colonização das ilhas da Madeira e Açores foi um campo de experimentação da capacidade de expansão do território português para além do território confinando entre o mar e Castela. J.M. Fernandes, citando A.H. de Oliveira Marques, refere "o laboratório experimental do império português na Ásia e na América funcionou nas ilhas atlânticas dos Açores e da Madeira, mais tarde acrescidas dos arquipélagos de Cabo Verde e S. Tomé. Apesar do seu diminuto tamanho e sua escassa população, o estudo dos métodos e das formas de povoamento que os Portugueses seguiram nessas ilhas tem de merecer o nosso maior cuidado. Foram, em boa verdade, uma espécie de microrganismos em relação às grandes áreas continentais da Índia e do Brasil.

Pela segunda metade do século XV, tanto a madeira como os Açores se haviam tornado colónias de povoamento amadurecidas. Espécies de réplicas do Portugal metropolitano apresentavam, não obstante, características definidas bem próprias, juntamente com inovações e fracassos". J.M. Fernandes (1996).

Há que acentuar a natureza experimental do génio português, estabelecendo povoados nas ilhas como laboratório para o estudo de todas as variáveis em causa em ambiente estranho, estudando a capacidade de sustentabilidade socioeconómica e adversidades climáticas e geomorfológicas, dado encontrarem-se em territórios de origem vulcânica e com climas muito distintos e variáveis.

Estes modelos experimentais foram posteriormente exportados para a Índia, Brasil e por fim para a costa africana.

Sabemos que os primeiros colonos das ilhas da Macaronésia, (incluindo neste caso as Canárias) eram oriundos das regiões do Alentejo e Algarve, e só muito mais tarde é que surge uma grande afluência de população da região minhota. "*Há um consenso sobre uma inicial predominância de colonizadores ou povoadores provindos do Algarve, Alentejo (e, no caso canário, da Andaluzia), assente sobre documentos ou relatos da época; sem esquecer, porém, o contributo de flamengos (Canárias e Açores centrais e ocidentais) e italianos (Madeira e Canárias)* ". A este respeito refere ainda J.M. Fernandes: *"o espaço material, tipológico e morfológico, em cidades e no espaço rural insular, é pois naturalmente "de mistura" e recriação de valores, formas e espaços. Pode dizer-se que não há "TIPOS PUROS", directamente transpostos da Península Ibérica, a não ser excepcionalmente – mas antes relações, desenvolvimentos, articulações – quer em relação às cidades e povoados, quer em relação a casas rurais e urbanas."*

Foram essencialmente colonos de tradições mouriscas, de origem ibérica e mediterrânica que dotados de conhecimentos construtivos de arquitectura mais adaptados a climas secos iniciaram a povoação e desenvolvimento das ilhas. O mesmo suceder-se-á no Brasil, aquando da sua colonização.

Dá-se um desenvolvimento miscigenado mas profundamente enraizado na tradição mediterrânica, descendente até certo ponto da cultura romana. Tal repercute-se na organização urbana e arquitectónica, com sistemas construtivos adaptados a climas temperados.

2.3.1.2 Arquipélago da Madeira

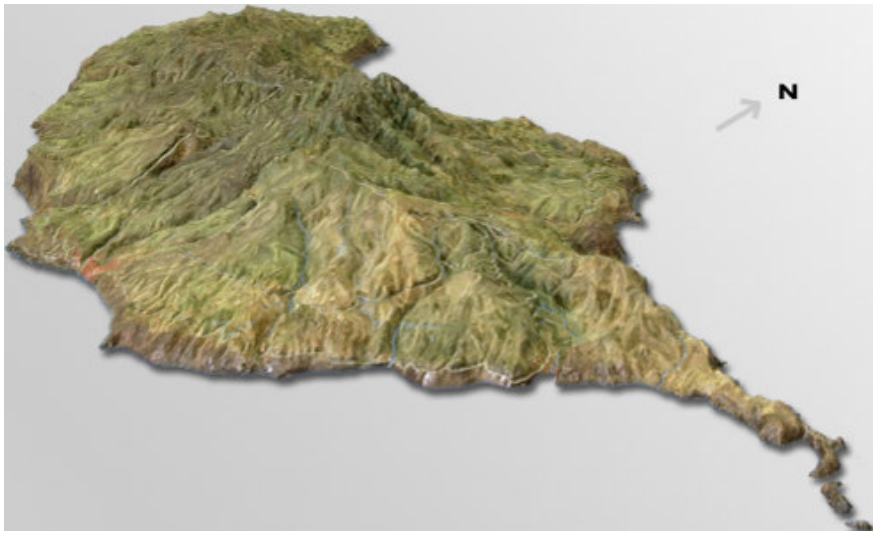


Figura 16 – Ilha da Madeira em 3D

Fonte: www.luisfreitas.pt/images/madeira_3d_este_luisfreitas.jpg, 2009

A ilha da Madeira foi colonizada permanentemente em 1419 e Porto Santo em 1420, com uma frota partida do Algarve. Localiza-se no paralelo 33N a cerca de 800km da costa africana e a cerca de 1000km de Lisboa.

O relevo, bem como a exposição aos ventos predominantes, fazem com que na ilha existam diversos microclimas. A precipitação é mais elevada na costa norte do que na costa sul. Não existem grandes variações térmicas durante todo o ano mantendo-se o clima ameno com temperaturas médias a rondar os 23°C (máxima) e os 15°C (mínima). A temperatura da água do mar, devido à influência da corrente quente do Golfo, mantém-se nos 22°C no Verão, arrefecendo gradualmente até atingir os 18°C no fim do Inverno.

A ilha do Porto Santo, por outro lado, tem uma constituição geomorfológica completamente diferente à da ilha da Madeira. Muito plana, apresenta um revestimento vegetal ralo, com solos pobres pouco aptos para a agricultura.

Os exploradores povoaram primeiro Machico e depois Funchal, devido às suas características geomorfológicas e climáticas mais adequadas. J.M. Fernandes (1996) refere o seguinte sobre Machico: *"Um largo vale, que permite as comunicações com o norte da ilha pela portela menos elevada (600metros), desemboca num baía vasta e bem abrigada. Para oeste estende-se o troço do litoral mais baixo e acessível da Madeira, pelo qual se chega á baía do Funchal. Também esta área foi escolhida para a fundação de outro estabelecimento"*.

A opção por locais abrigados dos ventos e com baías que possam oferecer abrigo às embarcações e topografia acessível foram factores fundamentais para a fundação de povoações. Na realidade, o crescimento de demais povoações demorou um largo período de tempo.



Figura 17 – Funchal

Fonte: www.tripadvisor.com/locationphotos_g189167-d206902, 2009.

Numa segunda fase de povoamento as preocupações de ordem climática e geomorfológicas já são consideradas como essenciais, com claras preocupações de salubridade e insolação como refere ainda J.M. Fernandes: "*Assim na Madeira e Açores, esta fase de ocupação corresponde á consolidação da instalação humana, institucionalizado e hierarquizado no essencial o sistema de povoamento rural e urbano. Já então se verifica portanto, uma nítida escolha de sítios preferenciais, QUASE SEMPRE NAS COSTAS A SUL E A SUL-NASCENTE, com as excepções que a confirmam – como que transferindo para as ilhas o tipo da tradicional implantação do povoamento português nas orlas ribeirinhas viradas a sul, usual no continente*.", Onde a tradição portuguesa de ocupação do território se transfere para ambos arquipélagos com características de climas semelhantes ao mediterrânico. Até este ponto geográfico as diferenças de clima são ténues para denotar distinções de abordagem urbana face ao continente.

2.3.1.3 Arquipélago dos Açores

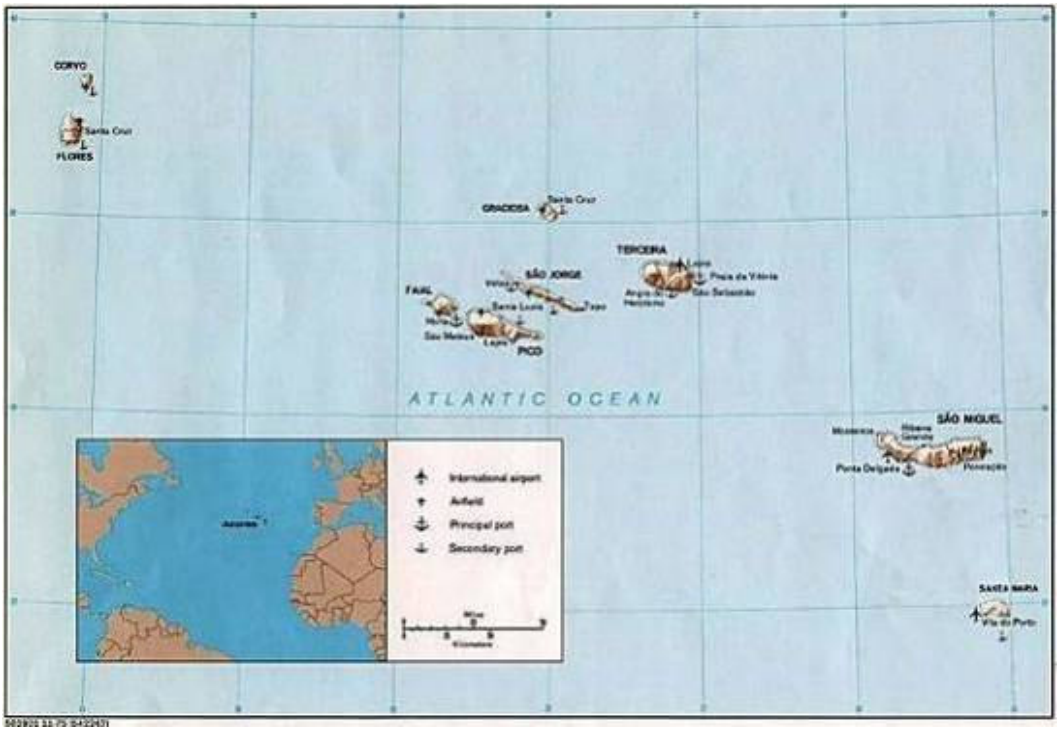


Figura 18 – Arquipélago dos Açores

Fonte: upload.wikipedia/org/wikipedia/commons/8/80/azores_cia.jpg, 2009

As ilhas do arquipélago dos Açores Localizam-se a cerca de 1000km de Lisboa para Noroeste tendo ocorrido a colonização de forma progressiva, com início em 1427 e até 1439.

O clima é temperado, registando-se temperaturas médias de 13º C no Inverno e 24º C no Verão. A Corrente do Golfo que passa relativamente perto, mantém as águas do mar a uma temperatura média entre o 17º C e o 23º C. O ar é húmido e regista-se uma humidade relativa média de cerca de 75%. As ilhas são visitadas com relativa frequência por tempestades tropicais, incluindo algumas com intensidade suficiente para serem consideradas como furacões.

Numa primeira fase, a ocupação esteve subordinada às necessidades de aportagem e de fixação imediata, junto ao litoral, estabelecendo-se em locais que pudessem oferecer um conjunto de factores essenciais, tais como pequenas enseadas naturais para protecção das embarcações, proximidade de água potável, preferencialmente ribeiras, para abastecimento e para produção de pão pelo aproveitamento da força hídrica. Como refere J.M. Fernandes, não tendo sido tido em consideração a orientação geográfica, tendo ocorrido na Madeira (Machico) Açores (vários locais) e Cabo Verde (Ribeira Grande). Numa segunda fase de povoamento as considerações geomorfológicas foram claramente consideradas para a melhor escolha do local de povoamento mais salubre e produtivo, na mesma sequência do que aconteceu com o povoamento da ilha da Madeira.

2. 3.1.4 O Arquipélago de Cabo Verde

O arquipélago de Cabo Verde, com uma superfície de 4033km2 é constituído por dez ilhas e localiza-se entre 17º 13'N – 14º48'N de latitude e entre 25º22'W – 22º40'O de longitude, na zona subsaariana. Apresenta um clima árido ou semi-árido. O oceano e os ventos alísios moderam a temperatura. A média anual raramente é superior a 25 ºC e não desce abaixo dos 20 ºC. A temperatura da água do mar varia entre 21 ºC em Fevereiro e 25 ºC em Setembro.

O arquipélago de Cabo Verde, com uma superfície de 4033km2 é constituído por dez ilhas e localiza-se entre 17º 13'N – 14º48'N de latitude e entre 25º22'W – 22º40'O de longitude, na zona subsaariana. Apresenta um clima árido ou semi-árido. O oceano e os ventos alísios moderam a temperatura. A média anual raramente é superior a 25 ºC e não desce abaixo dos 20 ºC. A temperatura da água do mar varia entre 21 ºC em Fevereiro e 25 ºC em Setembro.

A colonização das ilhas ocorrera nas décadas de 1450 e 1460 inicialmente na ilha do Sal, já então conhecida por este nome.

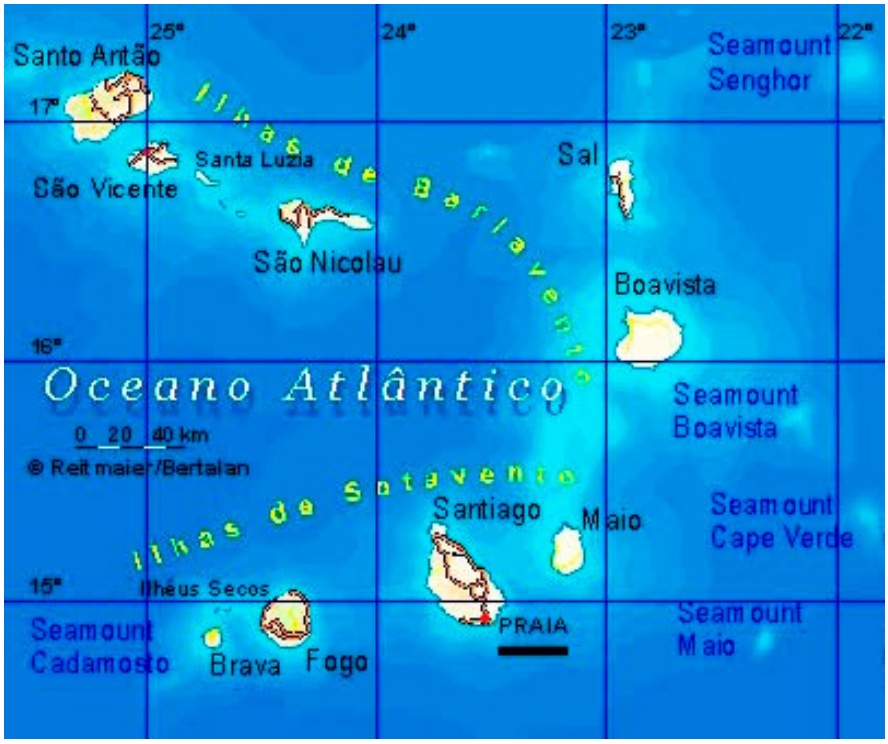


Figura 19 – Arquipélago de Cabo Verde

Fonte: www.colegiosaofrancisco.com.br/alfa/cabo_verde/images/mapa_de_cabo_verde.jpg, 2009

As fixações urbanas mais significativas nesta ilha localizaram-se nas costas áridas de Oeste e Sul, mais abrigadas, enquanto o povoamento rural se fez pelos vales mais irrigados, havendo desta forma uma separação entre tipos de ocupação. *"(…) e mesmo em Cabo Verde, onde os aspectos climáticos já condicionam de modo diverso esta tendência locativa, ainda temos a Ribeira Grande e a Praia – os dois núcleos urbanos mais importantes – implantados na costa meridional de Santiago, embora o povoamento rural desta ilha e do Fogo já demonstre claramente a procura de fixação nos quadrantes mais irrigados de noroeste/nordeste*" referência de J.M. Fernandes.

As posições estratégicas das ilhas nas rotas que ligavam Portugal ao Brasil e ao resto da África contribuíram para o facto de estas serem utilizadas como entreposto comercial e de aprovisionamento.

Em modo de **conclusão**, podemos realçar que na escolha inicial das povoações nas ilhas portuguesas foram consideradas como essenciais a existência de enseadas ou abrigos para as embarcações sobre outras considerações de ordem climática e geomorfológicas, contrapondo a um segundo período com o desenvolvimento da agricultura, onde a procura por novos locais para o estabelecimento de povoações teve como ponto essencial factores geomorfológicos e climáticos.

Ao nível da arquitectura, encontra-se patente nos vários arquipélagos da Macaronésia uma clara distinção de modelos urbanos e rurais de habitações. No entanto, prevalece em comum a construção de habitações com telhados de 4 águas, com variações no desenho dos espaços e localização da cozinha conforme a latitude. Quanto mais próximo de latitudes baixas a cozinha torna-se exterior à moradia parte do alpendre.

As influências nos modelos de habitação são predominantemente oriundas do sul do país. Numa fase inicial, e atenua conforme aumenta a presença de famílias das várias regiões do país. Não obstante, é essencial considerar que os modelos de arquitectura reflectem uma miscigenação cultural de vários tipos de povoadores (Castelhanos, Galegos, Catalães e Italianos) que trouxeram a diversidade e originalidade das povoações e habitações da Macaronésia.

2. 3.1.5 Índia Portuguesa

> "*Repare: inicialmente o português não se aventurou nunca em fixar-se nos continentes (…) o português prefere ocupar as ilhas…"* LUÍS DE ALBUQUERQUE.

No caso das cidades portuguesas na índia em mínimo de 7 – Diu, Damão, Baçaim, Chaul, Goa, Cochim e Meliapor, José Manuel Fernandes (2001) refere que as cidades encontram-se predominantemente em ilhas junto à costa (excepção de Meliapor e Damão que são cidades costeiras) encontrando-se todas directamente relacionadas com o mar ou rio claramente costeiras, essencialmente por factores de localização estratégica e de rede marítima de suporte.

Na génese de cidades portuguesas na índia encontramos claramente variadas preocupações de ordem climática, procurando os seus fundadores garantir a necessária salubridade com ventilação suficiente e estabilização térmica pela orientação das cidades e reguladas higrometricamente pela constante presença de superfícies de água, funcionando como atenuante de extremos de temperatura, regulando os níveis de humidade e permitindo a presença de brisas marítimas na ventilação das cidades.

Sobre este tipo de preocupações, refere Fernandes (2001): " *A situação dominante dos espaços urbanos estabelece-se segundo os quadrantes de norte ou sul, distribuindo-se o núcleo alongadamente no sentido nascente – poente com a linha costeira a norte (…) evidentemente necessidades de salubridade, ventilação e térmica ditaram estas orientações obsessivamente constantes*".



Figura 20 – Gravura sobre Diu, Índia.

Fonte: upload.wikipedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e8/diu_map1729.jpg, 2009

A geometria urbana é considerada predominantemente irregular, quando muito poligonal, embora tendendo para o círculo. Persistem, pois, valores espaciais e urbanísticos medievais – renascentistas portugueses transpostos além-mar.

No caso de Goa, a primeira referência data de cerca de 2200 a.C., em escrita cuneiforme da Suméria, onde é chamada Gubio e no período védico tardio (1000-500 a.C.) é chamada, em sânscrito, Gomantak, que significa "terra semelhante ao paraíso, fértil e com águas boas", wikipédia (2009), denunciando claramente as óptimas condições geomorfológicas e climáticas face à envolvente.



Figura 21 – Gravura de Goa

Fonte: staticflickr.com/42/88757432_6cb0170727_m.jpg, 2009.

A arquitectura civil, ao contrário do que poderíamos pensar, adaptou-se aos modelos hindus e não o contrário. De facto, a costa oriental da Índia é caracterizada por factores climáticos extremos, com um período de monções com três meses de chuvas intensas e os restantes períodos do ano variando entre ventos fortes e meses secos.

Tal resultou no que refere A. Silveira: "*Ao contrário da arquitectura religiosa, preservada pela população devido ao seu carácter sacro, a arquitectura civil que floresceu com a chegada dos portugueses é muito escassa, não tendo resistido à violência do clima*". Refere ainda o autor sobre a arquitectura civil que até ao séc. XVIII "*Afirma-se dominante uma estética colonial, construída sobretudo pelos portugueses radicados na índia" e, após esse período, "Afirmam-se com maior à-vontade os padrões estéticos hindus a par das influências portuguesas*". Demonstra desta forma que o modelo português de arquitectura teve de se adaptar às características climáticas resultando em modelos de casa pátio, típicos da região (de génese hindu), telhado de grande inclinação, beirados salientes e presença regular de alpendres melhor adaptados ao clima, facto que os portugueses souberam posteriormente adequar ao clima do Brasil.



Figura 22 – Tipologia de habitação típica em Pangim – Goa – Índia

Fonte: www.sg.min.edu.pt/expo03/historica/08_1975_2.jpg,2009.

Depreendemos, desta forma, que os modelos originais de arquitectura portuguesa, não se encontrando adaptados ao clima local, foram reajustados pelos portugueses num sentido claramente pragmático, adaptando o modelo de arquitectura civil às condições locais.

Numa fase inicial da fundação de colónias na Índia, os portugueses trouxeram projectistas que procuraram delinear a forma das cidades e, concomitantemente, os modelos de arquitectura mais adequados ao clima. Imbuídos de sentido prático, procuraram organizar a cidade de acordo com a função primordial – um empório – onde as trocas comerciais e rede marítima de ligação à Europa estiveram na essência das cidades, num segundo plano – a cristianização e por fim a estabilização urbana.

2. 3.1.6 Brasil

A colonização e criação de cidades no Brasil só aconteceram a partir de 1532, em parte devido à necessidade de resistência à invasão da costa brasileira por outras nações europeias.

Os portugueses avançam com a criação de feitorias, posteriormente cidades em locais protegidos, com boas acessibilidades pelo mar e em locais ermos, com boa visibilidade e capacidade resistente a invasões. Recorreram desta forma à escolha geomorfológica do território para a melhor adequação às necessidades militares, comerciais e de salubridade.



Figura 23 – Baía de Todos os Santos e Salvador da Bahia

Fonte: upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fa/salvador_e_baia_de_todos_os_santos.jpg,2009.

A opção por enseadas, ilhas e baías permitia oferecer um abrigo natural aos barcos, boas acessibilidades ao mar, em combinação com locais ermos (exemplo de Salvador da Baía), melhor protecção militar, melhor visibilidade e ventilação. A combinação destes factores encontrava-se directamente relacionada com a questão climática, dado que a proximidade a baías permitia a necessária estabilização térmica, higrométrica, bem como o aproveitamento de brisas marítimas sobre a cidade essencialmente em climas tropicais como é o caso do Brasil. O desenho urbano reflectia evidentemente considerações de ordem comercial e militar, variando entre desenhos completamente irregulares até à malha em xadrez com várias variações. Vários autores condizem a irregularidade na característica do período tardio-medieval português, incorporando as cidades de malha ortogonal de influência espanhola (Reinado de D. Filipe I, união das duas coroas ibéricas), citando o exemplo de Paratí como um caso de cidade de génese portuguesa com influências de Filipe I.



Figura 24 – Paratí – vista de Satélite

Fonte: Google Earth, 2009.

No caso de Paratí, o rigor geométrico ultrapassa muito para além do desenho de malha urbana. Os modelos de arquitectura civil eram regulados pela vereação municipal *"que se não levantasse edifício algum novo, sem que tivesse a sua frente 17 palmos e meio de altura de pé direito de pilar acima da soleira e as portas 11 e meio palmos de alto e cinco palmos de largo e com as vergas de volta."* In VEREAÇÃO DA CÂMARA MUNICIPAL DE PARATÍ, 27 DE JULHO DE 1799.



Figura 25 – Entrada de água nas ruas da cidade

Fonte: Arquivo do autor

Outra característica importante do modelo urbano adaptado passa pelo modelo de engenharia civil na génese da cidade. Dado que a cidade e encontra defronte à lagoa e ladeada por dois canais de água, os arquitectos souberam tirar proveito das características geomorfológicas, concebendo um sistema de transportes de resíduos urbanos original, ou pelo menos invulgar. Aproveitando as marés, a cidade foi dimensionada para que as águas provenientes da lagoa entrassem nas ruas da cidade, duas vezes ao dia, transportando os resíduos atirados para o meio da rua em direcção à lagoa.

O desenho das ruas, alturas dos passeios e proporções urbanas são semelhantes às cidades romanas, a exemplo de Pompeia e com as mesmas soluções de drenagem das águas.

Actualmente o sistema ainda funciona embora de forma parcial, devido às obras de enterramento da rede eléctrica da cidade, tendo sido alteradas as cotas e pendentes das ruas.

As construções de habitações no Brasil são claramente de influência mudéjar. No início da colonização do Brasil uma grande parte da população das regiões do sul de Portugal, (claramente de origem árabe) impelidas pela conversão cristã ou exílio de 1496. Terá optado pela colonização do Brasil.



Figura 26 – Paratí – Habitação com semelhanças às habitações de Pangim Goa – Índia

Fonte: Arquivo do autor

Esta população levou consigo os conhecimentos sobre sistemas construtivos e modelos de arquitectura adaptados ao clima mediterrânico, que soube muito bem adequar às características climáticas existentes no Brasil.

Muitas cidades têm influências mudéjares na tipologia de habitação - com modelos de casas pátio, assim como nos sistemas construtivos - em taipa e adobe.

Como refere Paulo de Azevedo (2001) *"As construções em taipa de pilão e adobe, extensamente utilizadas em S. Paulo e Goiás, a telha canal, a carpintaria dos nossos balcões e telhados, os azulejos em embrechadas são heranças mouriscas (…) mais evidente são disposições do espaço público e privado que respondem a costumes tipicamente islâmicos vigentes entre nós durante todo o período colonial."* FREIRE, G. – SOBRADOS E MUCAUBOS, RIO JANEIRO, RECORD, 1996.

Os modelos de arquitectura utilizados no Brasil são de clara influência das regiões insulares e das regiões do Algarve e Alentejo. Estas influências iniciais foram trazidas pelos colonos que, de origens mudéjares, importaram sistemas construtivos e técnicas de sombreamento presentes na cultura muçulmana com técnicas e sistemas construtivos capazes de enfrentar as adversidades climáticas encontradas.

As plantas das habitações, quando não eram do tipo casa-pátio, apresentavam sistemas de protecção da radiação solar com o uso regular e contínuo de alpendres, pátios, arcadas, gelosias e balcões.



Figura 27 – Casa pátio

Pedro Nunes, o cosmógrafo-mor do Reino, regia desde 1559 uma aula no paço destinada aos jovens fidalgos, que serviriam nas conquistas. Dentre os vários trabalhos do cosmógrafo conhece-se uma tradução sua de Vitrúvio, feita ainda em 1541. Em 1552, Isidoro de Almeida faz uma tradução do Tratado de Dürer, em 1573 publica no livro intitulado "Das instruções militares", Renata de Araújo (1998).

Após o período Filipino e a guerra com os holandeses no nordeste Brasileiro, D. João IV ordena a reabertura da aula de Fortificação e Arquitectura Militar em Lisboa, modelo que é exportado para as cidades da Bahia (1696), Rio de Janeiro (1698), Maranhão (1699), Minho e Recife (1701), Peniche (1719), Almeida e Elvas (1732) e Belém (1758).

O processo de ensino é pragmático e nomeando um engenheiro com capacidades para ensinar a quem queira aprender, na maioria dos casos o processo é praticamente contínuo e aos mestres podem eventualmente suceder os próprios alunos por eles ensinados.

As opções urbanísticas além-mar são o reflexo da hegemonia do factor geográfico na escolha do sítio ou lugar para os primeiros estabelecimentos – opção inicial, assegurar as baías protectoras para as embarcações de longo curso e localizando as povoações em locais ermos, a salvo de invasões contrariando as opções urbanísticas espanholas que optavam pela malha quadricular em locais planos.

Uma das principais características das cidades portuguesas é a partilha dessa mesma base metodológica, articulada com duas componentes distintas: eruditas e vernáculas.

Eruditas pela busca da regularidade e ortogonalidade presente em muitas cidades portuguesas, com a definição clara de praça, largo, relação com o rio ou mar, e uma série de valores regulares e presentes em todo o urbanismo português.

Vernáculas porque todas as cidades nasceram agarradas à topografia, às características locais, distinguindo cada cidade da seguinte. A maior parte das cidades ultramarinas situam-se junto ao mar ou nas margens dos rios. Quando localizadas junto ao mar, a opção recaía sempre por baías abrigadas para protecção das embarcações e com boa capacidade de defesa, geralmente locais ermos. Para além disso, os locais seleccionados deveriam oferecer boas condições de salubridade, isto é: "*ser um sítio sadio e de bons ares e que tenha abastanças de águas*". Rossel- Wood (1998)

Estas características criaram a cidade alta/ cidade baixa. Na cidade alta encontram-se o poder militar, institucional e religioso, enquanto na cidade baixa localizavam-se todas as formas de comércio.



Figura 28 – Olinda – Recife: cota alta e cota baixa

Fonte: form4.static.flickr.com/3087//3199934032_c354bf2610.jpg, 2009.

O método de ordenamento urbano português anterior ao período de Filipe não demonstrava o mesmo nível de conhecimentos que os navegadores portugueses detinham no aproveitamento dos ventos favoráveis, como refere ROSSEL-WOOD. (1998): "*Os portugueses foram pioneiros em áreas como a cartografia, a navegação, as ciências da terra e dos planetas, os estudos sobre as correntes e os regimes dos ventos. Criaram um corpo de literatura marítima: os guias náuticos*".

Os engenheiros militares sempre foram fiéis aos princípios vitruvianos e sua arquitectura, quase sempre vignolesca. No que respeita ao traçado da cidade não se afastavam de alguns padrões no entanto alguns extremos sucederam-se como foi o caso de S. Luís do Maranhão, onde a forma reticulada sobrepõe-se à topografia, resultando em soluções complicadas ao nível do desenho urbano, bem como o caso da extensão da cidade de Mariana.

De acordo com parecer dos conselheiros do Rei a escolha dos lugares a serem elevados à categoria de vila deveria ser pautada pelos seguintes critérios: *"…estas vilas e povoações se deve procurar sejam fundadas em sítios salutíferos com vizinhança de rios e boas águas, terrenos férteis e em pouca distância das ribeiras principais do cume, porque estes devem ser precisamente o que devem regular a situação das vilas…" Consulta do Conselho Ultramarino*[ii].

Em carta régia da Fundação de Vila Bela da Santíssima Trindade do Mato Grosso de 1741 são apresentados os preceitos de base para a construção da cidade: "*O sitio que se eleger para a Fundação da dita Vila seja o mais saudável, e em que haja bôa água para beber, e lenha bastante, e se determine o lugar da praça no meyo da qual, se levante o pelourinho, e se assinale área para o edifycio da Igreja capaz de receber competente número de fregueses, quando a povoação se aumente, e fará logo êle Ouvidor delinear por linhas retas, a área para as cazas se edificarem deyxando ruas largas e direytas, e em primeiro lugar se determine nesta área, as que se devem fazer para a Câmara, Cadeya, Caza das Audiências, e mais officinas públicas, e os officiaes da Câmara depois de eleytos darão os sítios que se lhes pedirem para cazas e quintaes nos lugares delineados e as ditas cazas em todo o tempo serão feytas todas no mesmo perfil no exterior, ainda que no interior se fará cada morador á sua vontade, de sorte que se conserve a mesma formusura da terra e a mesma largura das ruas.*" Paulo F. Santos (1968).



Figura 29 – Mercado da Ribeira Olinda.

Fonte: www.pousadapeter.com.br/4476_mercado_da_ribeira_olinda.jpg, 2009.

Como conclusão podemos acentuar que os urbanistas portugueses, desde 1559, com a aula do risco, estabelecem um conjunto de princípios organizadores para novas cidades e reorganização de cidades existentes, tendo como base e suporte teórico os princípios vitruvianos do império romano.

Desta forma encontramos um fio condutor na urbanidade de génese portuguesa de influência mediterrânica (romana e mourisca), que os urbanistas souberam adequar às distintas características climáticas que foram encontrando. Há uma clara propagação de formas de ordenamento urbano, inicialmente de forma irregular e posteriormente com a regularidade da malha em xadrez.

Infelizmente ainda não existem estudos suficientes para avaliarmos o desempenho das construções portuguesas em distintos climas e quais as suas variações de adaptação aos climas locais.

2.3.2 A influência da escola albertiana.

Leon Battista Alberti concluiu o tratado - "*De Re Aedificatoria*" em 1452. E em 1487 surgiu em Roma a primeira edição impressa[iii] do tratado de Vitrúvius, Loewen (2002), "De Architectura Decem", editado por Giovanni Sulpitius, Payne (1999). Ambas as obras têm sido frequentemente associadas, desde a semelhança na partição em dez livros cada, à escrita em latim, por dois arquitectos com o objectivo de estabelecer directrizes sobre a arte da construção segundo a tripartição: *firmirtas (durabilidade), utilitas (comodidade) e venustas (beleza).* No entanto as diferenças eram muito significativas entre as obras, Vitrúvius procurou ensaiar e codificar as teorias e práticas da construção das gerações precedentes, dos arquitectos helenistas da Ásia Menor e do continente grego durante os séculos precedentes ao seu tempo (A seu modo tratou de registar uma tradição de construção).
Enquanto Alberti procurou enaltecer a antiguidade etrusca e romana e não a grega, acentuando um estilo puramente latino, Krautheimer (1963), abrindo ao renascimento o conhecimento da arte e técnicas construtivas romanas e medievais. (Alberti várias vezes refere-se a cidades italianas medievais como muito relevantes em determinadas matérias).

Como referido previamente sobre Vitrúvius, interessa-nos da tripartição a *utilitas* pelas estratégias de adequação da cidade e dos edifícios ao clima. No livro IV do *De Re Aedificatoria* Alberti considera de fundamental importância o argumento do *utilitas* "é óbvio que os edifícios foram feitos para servir ao homem" Alberti (1988).
A *Forma urbis*, cujos princípios regiam a concepção da cidade a partir da relação entre Alberti e Vitrúvius eram considerados frequentemente como tendo em vista um modelo de cidade ideal, um desenho integral da cidade, ainda que entre ambos o conceito de cidade divergia em determinados pontos. Não obstante tal, ambos autores seguiam a mesma linha de pensamento sobre a importância do *utilitas* na concepção das cidades. A este respeito no Capítulo II do livro IV, Alberti trata do tema eleição do melhor lugar para a implantação de uma cidade, avaliando vantagens e desvantagens de se construir numa planície, na montanha ou próximo do mar, considerando sempre questões estratégicas e militares, bem como as funcionais relativas à presença de fontes e rios.

A questão da salubridade na escolha da situação para as cidades já havia sido destacada por Vitrúvio no *De Architectura* , quando no capítulo IV do Livro I o autor romano aconselhava que em primeiro lugar deveria estar a escolha de um local muito saudável, alto, de clima temperado, e livre da presença de pântanos. Alberti também aconselha quanto à importância destas questões, afirmando que o ar que se respira tem papel vital na manutenção e preservação da vida, e que "a localidade a ser escolhida deve estar bastante livre de nuvens enfurecidas e todas as densas espessuras de vapores", Alberti (1988); "tendo-se em conta ainda a qualidade e ângulo do sol ao qual a localidade está exposta, a situação hídrica e a disposição com relação aos ventos." (...) Alberti estava ciente das qualidades favoráveis da direcção dos ventos sobre a cidade, baseando-se na autoridade de Plínio e Hipócrates, no entanto, contrariamente a Vitrúvius, tais considerações não eram determinantes do arranjo integral da cidade, sendo apenas recomendações a serem apreciadas e seguidas aquando da eleição do melhor lugar para a localização da cidade.

A este respeito, Alberti refere que "deve ser saudável, amplo, agradável, variado, frutífero, seguro e abundante com profusão de frutas e grande quantidade de água. Não devem faltar rios, lagos, e uma passagem aberta para o mar para trazer o conveniente de tais coisas que estejam em falta, e o transporte de tais que possam estar sobrando" Alberti (1960). O autor procurou acentuar os pontos chaves na escolha do lugar.

Sabemos que várias versões do De Re Aedificatoria estiveram em circulação em Portugal no séc. XVI chegando-se a admitir que André de Resende tenha, pelo menos, iniciado a tradução para a língua portuguesa a mando de D. João III. Com efeito, Von Schlosser (1996, p. 157) sugere, baseando-se na Biblioteca Lusitana de 1741 de Diogo Barbosa Machado, a existência de uma versão manuscrita quando coloca que "la traduction portugaise par André de Resende pour Jean III de Portugal est encore du XVe. Siècle"[6] para concluir que "cette traduction n'existe qu' en manuscrit; l'édition supposée de 1493 est une méprise".

Os tratados de arquitectura de Vitrúvio e de Alberti durante o período das descobertas portuguesas e espanholas, já se encontrava divulgado entre ambas as nações, permitindo o seu entendimento e aproveitamento para a fundação de novas cidades no novo mundo aplicado pelos espanhóis e depois pelos portugueses.

Do período romano através dos livros de Vitrúvio a civilização europeia teve acesso no século XV aos princípios de organização das cidades e de sistemas construtivos.

2.3.3 O Urbanismo de génese portuguesa versus espanhola na definição de novas cidades ultramarinas

A Estratégia de ordenamento urbano das cidades ultramarinas portuguesas e espanholas seguiram até ao reinado de Filipe I de Portugal (1581) duas vias distintas que interessa aqui reflectirmos.

Analisando o documento "Leyes de los Reynos de las Indias"[iv], depreendemos uma clara preocupação com aspectos relacionados com as condições climáticas, para além do estabelecimento de normas rígidas sobre o desenho urbano no estabelecimento de novas cidades ultramarina espanholas. Contrariamente os portugueses desenvolviam o traçado urbano das novas cidades além-mar com claras semelhanças a Lisboa, como são o caso do Funchal, Goa, Angra do Heroísmo, salvador, entre outras.

A regulamentação espanhola indicava a localização das cidades tendo em conta os aspectos geomorfológicos, orientação cardeal, topografia, proximidade a água potável e facilidade de acessos. Para além destas considerações para a localização, o regulamento apresentava ainda recomendações para a composição do traçado urbano, as dimensões das ruas, a disposição dos lotes, dos edifícios, dos espaços públicos e das habitações.

Este tipo de considerações, pelo seu carácter específico, conciso e directo, leva-nos a julgar ter existido uma relação estreita e directa ao "De Architectura Libri Decem" de Vitrúvius e ao "De Re Aedificatoria" de Alberti, pelas mesmas considerações de organização urbana, rigor na escolha dos lugares, as mesmas preocupações com as características geomorfológicas que a seguir analisaremos. Depreendemos que os espanhóis tenham tido acesso aos tratados renascentistas mais cedo que os portugueses, implementado mais rapidamente um conjunto de recomendações para as novas cidades.

As recomendações espanholas denotam claramente um conjunto de preocupações apresentadas na seguinte transcrição de Santos op.cit. p.36 (1968):

(...)"En la Costa del mar sea el sítio levantado, sano y fuerte, teniendo consideracion al abrigo, fondo y defesa de Puerto, y se fuere posible no tenga em Mar al Mediodia, no Poniente (...) y quando hagan la planta del Lugar, répartenio por sus plazas, calles y solares á cordel y regla, comenzando desde la plaza mayor, y sacando desde ella las calles á las puertas y caminos principales,(...) Procuren tener el agua cerca y que se pueda conducir al Pueblo y heredades, derivándola si fuera posible, para mejor aprovecharse de ella y los materiales necesarios para edificios, tierras de labor, cultura y pasto, com que execusarán el mucho trabajo y costas, que se siguen de la distancia", também a salubridade dos lugares era um aspecto muito importante no tratado, pois era dada a indicação que: "No elijan sitios para poblar mui altos, por la moestia de los vientos y dificudad del servicio y acarreto, ni en lugares baxos, porque suelen ser enfermos: Fúndense en los medianamente levantados, que gocen descubiertos los vientos de Norte e Mediodia: y si hubieren de tener sierras, ó cuestas, sean por la parte Levante y Poniente: y si no se pudieren excusar de los lugares altos, funden en parte donde no estén sujetos a nieblas, haciendo observacion de lo que mas convenga á la salud, y a accidentes, que se pueden ofrecer: y en caso de edificar a la ribera de algun Rio, dispongan la poblacion de forma que saliendo de primero em el Pueblo, que en el agua".

O primeiro e último parágrafo do texto denotam uma clara atenção à proximidade da água, devendo estar relacionadas com o efeito da acção do sol na água, aumentando a reflexão da radiação solar incidente, bem como o aumento da humidade do ar pela evaporação.

A ventilação é focada no texto, com recomendações sobre a melhor localização para evitar pressões elevadas do vento em área expostas (pontos altos) bem como evitar zonas baixas onde o ar estará estagnado, impossibilitando a sua renovação. Ainda no caso de haver serras estas devem-se localizar a nascente ou poente de forma a garantir ventilação adequada de Sul e Norte.

quanto ao desenho das povoações, as Leyes referem que: "La plaza mayor donde se ha de comenzar la poblacion, siendo en Costa de Mar, se debe hacer al desembarcadero de el Pueblo, y se fuere lugar Mediterrâneo, en medio de la poblacion: su forma em quadro prolongada, que por menos, tenga de largo una vez y media su ancho, (...) de la plaza salgan quarto calles principales, una por medio de cada costado; y demas de estas, á los quatrovientos principales, porque saliendo asi la cales de la plaza no estarán expostas á los quatro vientos, que será de mucho inconveniente (...)" Santos, op. Cit. P37 (1968)

Novamente, as preocupações com a orientação da ruas face aos ventos, evitando assim que as rua sejam transformadas em corredores de vento. Estas recomendações denotam uma preocupação com os efeitos do vento sobre a povoação, no entanto, tratando-se de uma recomendação, posteriormente regulamento, as mesmas são de carácter genérico a aplicar em distintas localizações desde a latitude 10° a 55° na América Latina.

Outra das recomendações das Leyes de los Reynos de las Indias trata da forma como se devem dimensionar o perfil das ruas consoante o clima: " (...) en lugares frios sean las calles anchas, y en los calientes angostas;(...)", Santos, op. Cit. P37 (1968).

Com esta recomendação supõe-se que a definição do perfil da rua mais largo permitirá em zonas frias uma maior incidência de radiação solar nas fachadas dos edifícios e em climas quentes, a opção por perfis de ruas estreitas permitirá proteger as construções do excesso de radiação solar incidente nas fachadas, assegurando maior sombreamento entre construções.

Não obstante as recomendações serem um óptimo regulador de desenho urbano, assegurando melhores condições de utilização das cidades, o desenho urbano das cidades espanholas ultramarinas era de uma extrema monotonia, replicadas por toda a América Latina em locais tais como: México, Buenos Aires (1583), Mendoza (1561), Guadalajara entre tantas outras.

O traçado das cidades portuguesas era individual ainda que com influências do traçado de Lisboa e Porto, de forma orgânica, sinuosa e medieval as cidades ultramarinas apresentavam poucas considerações de ordem climática para a escolha do lugar de implantação, apenas assegurar lugares com "bons ares" e "abundância de água" tal como é referido no documento do Regimento de Tomé de Souza sobre a fundação da capital do Brasil (Salvador da Baía), o documento cita ainda "traças e amostras" a serem obedecidas, demonstrando que a cidade ao ser implantada deveria ter um determinado desenho oriundo da matriz, Kluppel (2001).

Coincidente com o reinado de Filipe I de Portugal (Filipe II de Espanha), os portugueses tiverem acesso aos escritos de Vitrúvio através de Pedro Nunes, tendo feito a tradução de Vitrúvio em 1541.

Em 1559 é iniciada a regência de uma aula no paço destinado aos jovens fidalgos que serviriam nas conquistas, neste âmbito Paratí é uma das primeiras cidades ultramarinas com traçado ortogonal, definição de perfil de rua e fachadas, consentâneo com a metodologia utilizada pelos espanhóis e de origem vitruviana.

Segundo Teixeira (2000), o urbanismo português caracteriza-se em diferentes épocas e lugares, pela ocorrência de duas vertentes, as quais o autor denomina de *vertente vernácula*, que tem como característica a grande ligação com o lugar e a *vertente erudita*, baseada na ortogonalidade de Vitrúvius, ambos modelos podiam coexistir no mesmo lugar. O mesmo autor refere que "a componente vernácula corresponde, na maior parte dos casos, às primeiras fazes de implantação urbana, feitas sem técnicos especializados e em que se observa uma estreita relação do traçado urbano com as características topográficas dos seus locais de implantação. A componente erudita está geralmente presente em posteriores fases de desenvolvimento, quando o crescimento urbano ou a importância da cidade justificavam a participação de técnicos especializados, detentores de formação teórica".

Podemos concluir que os portugueses, considerados melhores conquistadores e navegadores que colonizadores, Frei Vicente de Salvador (1627), preferiam desenvolver as trocas comerciais entre a Índia e a Europa, que desenvolverem as colónias tal como faziam os espanhóis, só nos finais do século XVII é que as cidades ultramarinas portuguesas se desenvolveriam de forma mais acentuada, a partir dessa época é que consideraram essencial regular o crescimento das cidades, estruturando o desenho da malha urbana e impondo regras construtivas.

2.4 O Período iluminista: a reconstrução da Baixa de Lisboa

Após o terramoto de 1755 em Portugal, o país entra numa nova fase histórica. A catástrofe de enormes proporções mudou a face da capital, mais de 10.000 mortos, 2.000 casas destruídas e mais de 12.000 gravemente danificadas.

Porém Lisboa teria a oportunidade de revitalizar o centro histórico, assegurando níveis de salubridade e segurança inexistentes nas cidades medievais. A corrente iluminista europeia foi tida em consideração por Marquês do Pombal para a reorganização e reconstrução da baixa de Lisboa, foram impostos níveis de salubridade (ventilação e acesso solar)e segurança ausentes até então em Lisboa.

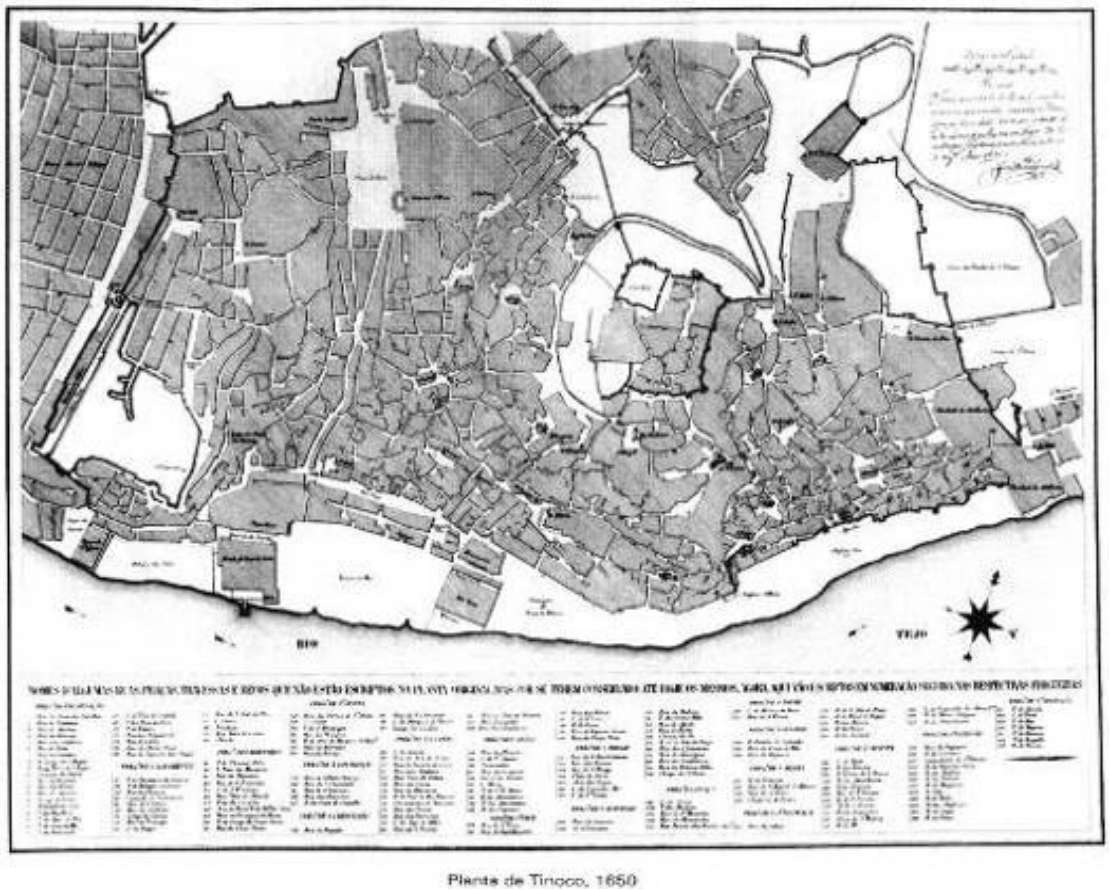


Figura 30 – A primeira planta de Lisboa conhecida.

Fonte: Eng. João Nunes Tinoco, 1650 (reprodução séc. xx)

Perante tal cenário o Primeiro-ministro – Marquês de Pombal – impôs medidas drásticas de forma a apagar a tragédia e devolver à capital a vitalidade urbana e social perdida.

Para tal incumbiu em Manuel da Maia – engenheiro militar do reino – o estudo da situação e elaboração de propostas mais adequadas para a reconstrução da cidade.

Marquês do Pombal, que tinha estado em contacto com o iluminismo europeu em Viena e Londres, aliando os seus conceitos inovadores aos dos técnicos que elaboraram o plano, contribui para a transformação da Baixa de Lisboa, num exemplo significativo de uma cidade do iluminismo como refere França (1989).

As primeiras medidas tomadas consistiram na elaboração de um levantamento mais completo das condições existentes, de um levantamento topográfico e de um decreto a impedir qualquer edificação fora do plano.

Dos vários planos apresentados o escolhido foi o plano do Capitão Eugénio dos Santos, que clarificava e explorava a relação entre praças principais e as ligações entre as colinas e o rio:

" *O traçado dos eixos viários e as hierarquias das praças, ruas e quarteirões tinham como principais objectivos "a liberdade do ar e da luz", implementando melhorias na ventilação e iluminação natural, definindo também em desenho a concepção da envolvente exterior dos edifícios*" REDIN, C.C.N. *(2006)*, França, 1999, refere ainda a este respeito: "*As soluções tinham em conta aspectos como a salubridade, a segurança contra o risco de propagação de incêndios e o risco de sismos*."

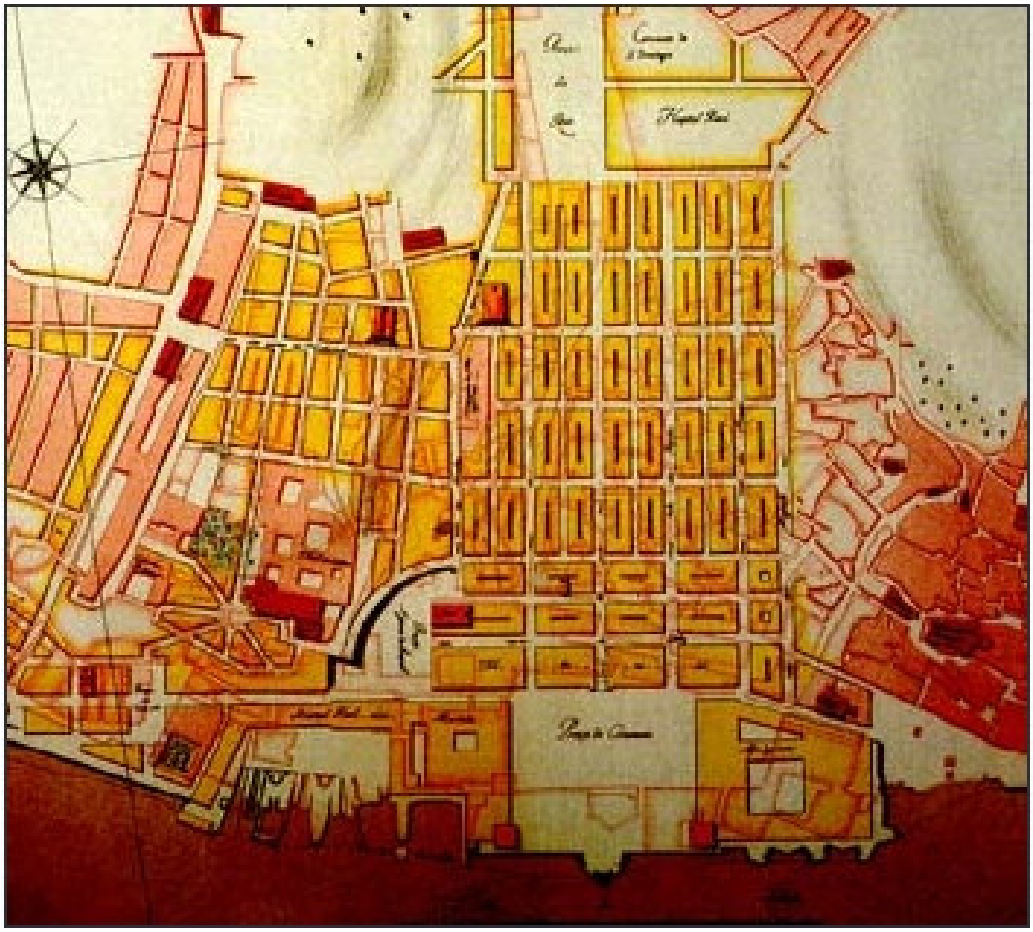


Figura 31 – Planta da Baixa de Lisboa.

Fonte: Arq. Eugénio dos Santos, completada por Carlos Mardel, 1756 (reprod. séc. XX)

A proposta de reconstrução da cidade destruída permitiu corrigir os problemas típicos de cidade medievais, como são o caso da insalubridade das ruas e lotes, falta de ventilação natural para os edifícios, má circulação do ar pelas ruas e pouco acesso solar.

A corrente iluminista impunha uma organização espacial ordenada, com ruas amplas e largas, controle de cércea dos edifícios e grande presença de espaços livres, como o caso das praças e largos, potenciando a melhor ventilação dos edifícios e ruas, acesso solar e consequentemente melhores níveis de salubridade, capazes de atenuar a propagação de doenças e pragas, como aconteceu de forma continuada no período medieval por toda a Europa.

Para dar a cumprimento ao plano foi criado um gabinete próprio – a Casa do Risco das Obras Públicas (Santos, 2000) – e em 1758 foi estabelecido o decreto com o novo plano de reconstrução da cidade, estabelecendo as obrigações e direitos dos proprietários devidamente acompanhados pela Casa do Risco, que seguindo o projecto resultou no que hoje compreende a zona da Baixa e Chiado de Lisboa.

2.5 Revolução Industrial e cidade funcional: "Habitar, trabalhar, circular e respirar"

2.6.1 O crescimento das cidades e o projecto da cidade higienista

A revolução industrial representou uma alteração definitiva e, provavelmente, irreversível das condições ambientais nas cidades com actividade industrial preponderante. Ainda que durante a idade média a poluição atmosférica por queima de combustíveis para aquecimento, Moreno (1993), já existisse não tinha alcançado tamanhas proporções como as que sucederam a partir do séc. XVIII, quando se tornou mais evidente.

A cidade de Londres foi a primeira a submeter-se a estudos sobre alterações climáticas sob a acção do homem. Em 1833, Luke Howard publicou os resultados da sua investigação. Com dados obtidos entre 1797 e 1831, referiu que para além da névoa de origem urbana, detectou e quantificou uma ilha de calor urbana de cerca 3,7°F superior à envolvente rural da cidade, justificando-as o autor com a actividade das fábricas, bem como o aquecimento das habitações à utilização de queima de carvão. Landsberg (1981)

Durante o período da Revolução Industrial (séc. XVIII) as cidades atingiram dimensões elevadas como nunca havia acontecido antes (exceptuando Roma no império romano). Com este elevado crescimento em poucos anos, a cidade não foi capaz de albergar correctamente um cada vez maior número de população, proliferando construções de elevada densidade construtiva, potenciando e ampliando focos de doenças pelas más condições de habitabilidade.

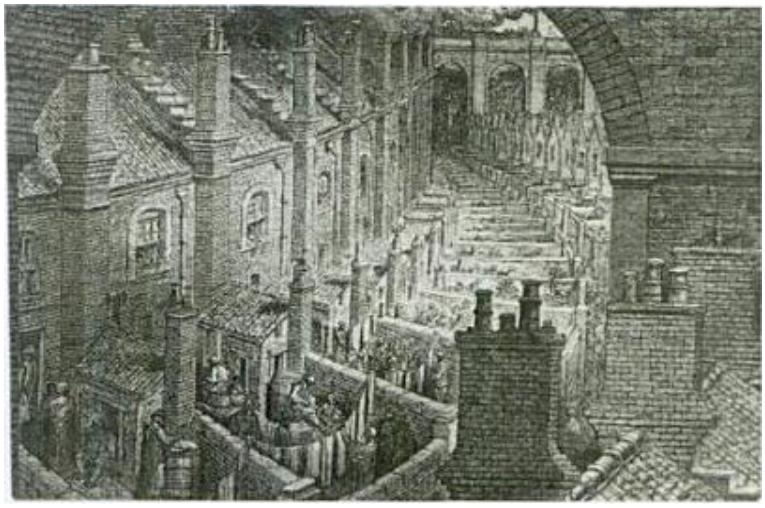


Figura 32 – Cidade Industrial inglesa, por Gustave Doré (1876)

Fonte: Ragon. Michel. Histoire mondiale de lárchitecture e de lúrbanisme modernes. Castermann, 1971.

Investigações feitas por médicos e higienistas sobre as condições de vida dos trabalhadores mostraram que as construções estreitas de casas de aluguer e de elevada densidade habitacional influenciavam e produziam muitas doenças e mortes. As habitações eram pequenas e com vários pisos, com pátios traseiros com dimensões até 5.50 x 5.50m, sendo efectivamente mal iluminados e ventilados (Figura 32). Os espaços interiores encontravam-se mal iluminados, ventilados, sem aquecimento ou instalações sanitárias. Frequentemente habitava num só quarto uma família numerosa. Existiam casos de turnos de aluguer das camas. Estas condições de habitabilidade foram a causa para o desenvolvimento de doenças como a disenteria, cólera, tuberculose e outras.



Figura 33 – Utopia de Thomas Morev

Fonte: Giordani, Pier Luigi. Opc Cit.

A idealização de uma cidade jardim segundo Ebenezer Howard surge na linha de pensamento de Thomas More (1478-1535) com a Utopia (1516) (Figura 33), onde procuravam estabelecer um agrupamento humano equilibrado, usufruindo das vantagens do campo e da cidade e evitando as deficiências de ambos.

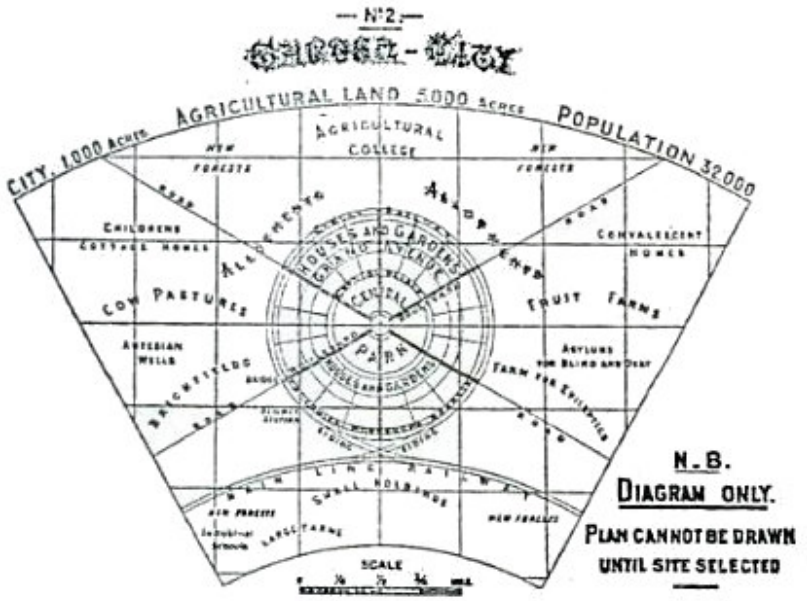


Figura 34 – A Cidade Jardim com a sua envolvente Rural. Ebenezer Howard.

Fonte: Sir Ebenezer Howard and the Town Planning Movement, Manchester University Press ND, 1970

A segunda preocupação de Howard é mostrar que a população poderia ser alojada a baixo custo, garantindo elevada qualidade ambiental, podendo concomitantemente a própria população gerir este empreendimento.

Howard defende ainda a gestão das cidades pelo município (podendo ser acompanhado mais de perto pela população) em vez do Estado.

John Ruskin (1867), em "Sesame and Lilies" refere: "Uma acção sanitária e terapêutica completa nas casas que temos e, então a construção de outras, fortes, bonitas e em grupos de extensão limitada, guardando proporções com as suas correntes d'água e circundadas por muros, para que assim não haja em parte alguns subúrbios purulentos e miseráveis, mas sim ruas limpas e movimentadas no interior e campos abertos no exterior, com um cinturão de belos jardins e pomares extramuros, para que de qualquer parte da cidade se possa, numa caminhada de pouco minutos atingir o ar perfeitamente fresco, a relva e a visão de um horizonte longínquo. Esse é o propósito final".

Este período é profícuo em estudos e teses que defendem a requalificação urbana sob elevadas preocupações higiénicas. Um pouco por toda a Europa que teve um grande crescimento urbano de forma desregrada – estas ideias tiveram bom acolhimento. Desde Londres a Barcelona, de Paris a Berlim, as cidades apresentavam um nível de qualidade do ar mau, fruto da construção extremamente densificada, sem níveis mínimos que regulassem o acesso solar, a ventilação e a água potável.

Paris, ainda que com cerca de 4,5 milhões de habitantes (menos 1,5 milhão que Londres), apresentava níveis inferiores de salubridade que Londres.

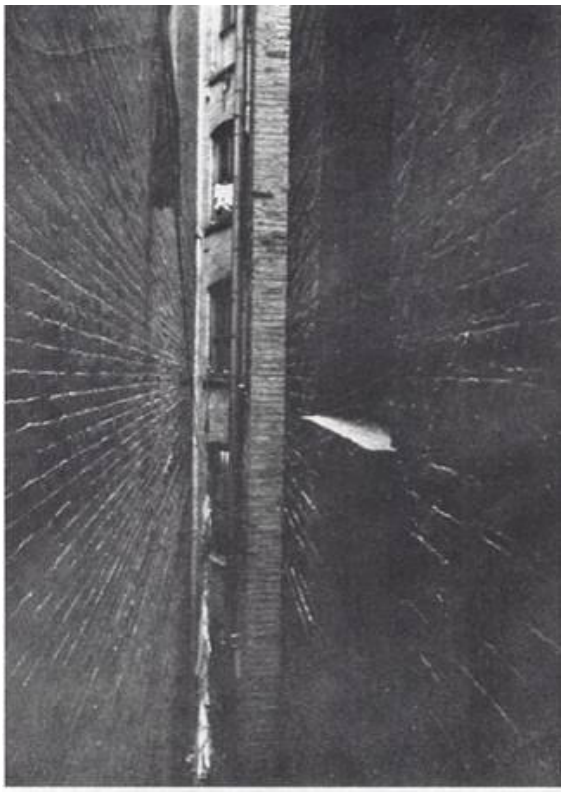


Figura 35 – Imagens de prédios de habitação em Nova Iorquevi
Fonte: Peter Hall "Cities of tomorrow: an intellectual history of urban planning and design in the twentieth century", Wiley-Blackwell, 2002.

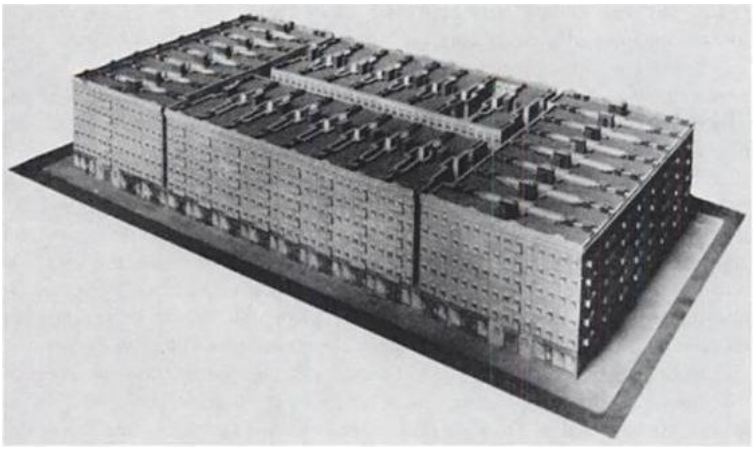


Figura 36 – Imagens de prédios de habitação em Nova Iorquevii
Fonte: Peter Hall "Cities of tomorrow: an intellectual history of urban planning and design in the twentieth century", Wiley-Blackwell, 2002.

As cidades americanas (Nova Iorque e Chicago), em finais do século XIX recebiam milhares de emigrantes (Irlandeses, Italianos, Judeus Russos e outros), debatendo-se com semelhantes problemas de salubridade, sobrelotação e insegurança gerada pelas condições sub-humanas em que as populações se encontravam (Figura 36). Progressivamente as cidades americanas começariam a debater-se com problemas sociais cada vez maiores no início do século XX. Contrariamente às cidades pequenas onde as classes médias e altas viviam, em finais do séc. XIX e inícios do Sec. XX as grandes cidades albergavam milhões de pessoas, uma boa parte delas integradas em áreas com problemas sociais e de saúde graves, problemas que seriam impossíveis de ignorar, com as agravantes sociais associadas, com elevados níveis de insegurança e doenças.



Figura 37 – Galeria Vittorio Emmanuele II, Milão, Itália

Fonte: Behling, S., "Sol Power, La evolución de la Arquitectura Sostenible" Edicion Gustavo Gili, Barcelona, 2002.

A arquitectura acompanha este movimento pelo acesso à luz e à ventilação. Vários arquitectos desenvolveram galerias comerciais com novos sistemas construtivos e arquitectónicos que privilegiavam a iluminação natural. Dessa época, foram célebres os palácios de cristal, tais como os casos de Londres e Porto, bem como as galerias comerciais tais como a galeria Vittorio Emmanuele (Figura 37), com uma clara procura de soluções capazes de obter melhores condições de iluminação natural em conjunto com a busca de estabilidade térmica, protegido do ambiente natural.

2.6.2 O Plano de Cerdá

Em 1859 é apresentado em Barcelona o Plano de Cerdá[viii] de traçado regular, estrutura ortogonal, com vias diagonais. O quarteirão é aberto, com pátios que se interligam entre si, de esquinas chanfradas, para melhorar a visibilidade nos cruzamentos.

Os interiores dos quarteirões foram idealizados para albergarem amplos espaços verdes e os blocos de habitação posicionados nos extremos opostos dos quarteirões permitindo a correcta ventilação transversal e adequado acesso solar.

Alterações posteriores ao Plano foram desvirtuando o conceito inicial, preenchendo todo o perímetro dos quarteirões com edifícios, colmatando os pátios e impedindo a necessária ventilação transversal pelo interior dos quarteirões.

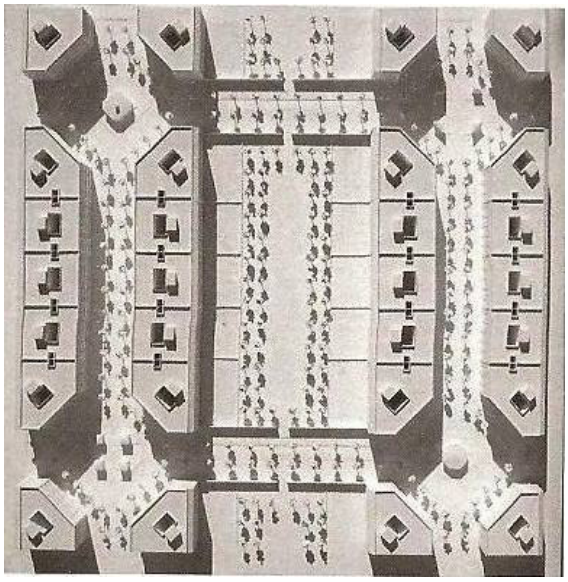


Figura 38 – Maqueta do quarteirão tipo de Cerdá
Fonte: Parareda, G. Editorial Munilla-Léria, Madrid, 2008.

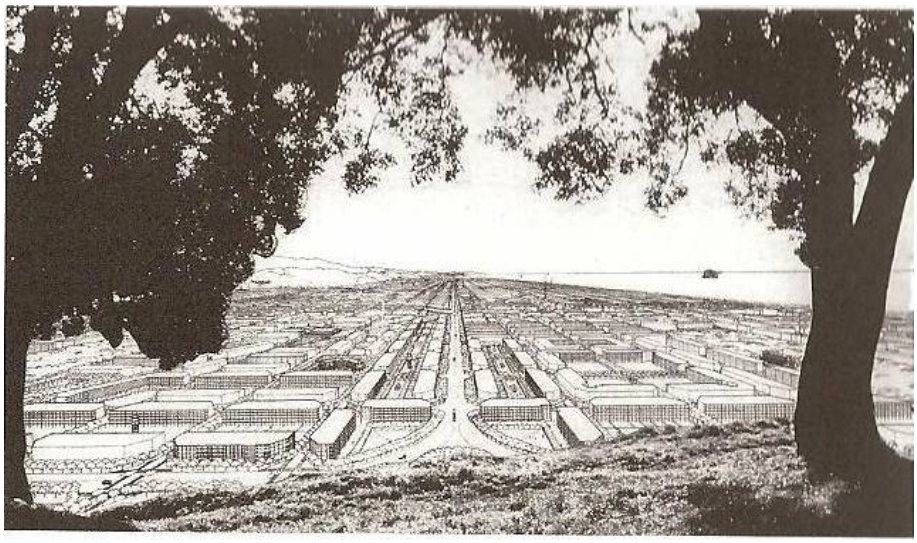


Figura 39 – Perspectiva do catálogo da Exposição "cerda pioneiro do Urbanismo Moderno"
Fonte: Parareda, G. Editorial Munilla-Léria, Madrid, 2008.

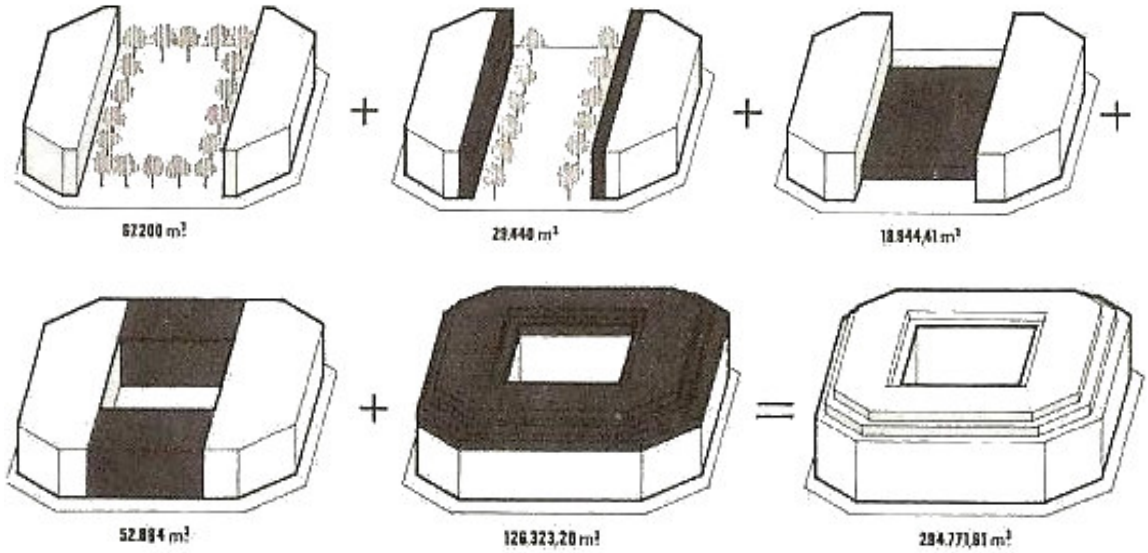


Figura 40 Evolução do quarteirão tipo de Cerda[ix]
Fonte: Parareda, G. Editorial Munilla-Léria, Madrid, 2008.

Cerdá, como engenheiro de formação, tinha preocupações de salubridade na concepção do novo plano da cidade, no entanto as suas preocupações estavam muito para além destas, destacando-se as questões de fluidez de tráfego urbano, entre outras. O plano de Cerdá deve ser tido em consideração como um plano pragmático que procura dar resposta ao crescimento da cidade de Barcelona em todas as suas diversas áreas, impondo ao plano questões diversas muito para além da concepção de uma cidade com apenas preocupações de ordem climática. No entanto estes estudos e subsequente aplicação serviram de modelo experimental para que outros arquitectos desenvolvessem estudos focados nas questões de salubridade urbana.

2.7 Trabalhos pioneiros na relação da arquitectura com o clima

A partir de inícios do século XX surge o Movimento Moderno, no qual se dá elevado destaque a "Luz, Ar e Sol" como exigências essenciais para as novas cidades modernistas, fruto da experiência obtida durante o período da revolução industrial com péssimos exemplos de cidades com as piores condições de salubridade para a população trabalhadora.

As cidades deveriam deixar de se regular por critérios escultóricos e cénicos para passarem a balizar-se por condições adequadas de vida para a população em geral. A partir desta época as construções deveriam deixar entrar o máximo de luz e ar natural, exigindo-se desta forma construções abertas, evitando a construção de pátios mal iluminados e ventilados.

Considerações sobre questões de salubridade e climáticas impulsionaram estudos sobre princípios bioclimáticos que progressivamente foram esquecidos devido ao acesso fácil a combustível barato, dando lugar a uma arquitectura de vidro e climatizada artificialmente.

Dos primeiros estudos surgiram diagramas, cartas e gráficos solares, com o propósito de simular o movimento do sol e de realizar estudo de insolação sobre maquetas.

Introduziram-se novos conceitos tais como: eixo heliotérmico, orientação equisolar, temperatura solar, etc. Parareda (2008).

Desenvolveram-se estudos sobre insolação nas fachadas, penetração de energia solar, quantificação de horas de sol nas fachadas, necessidade de aquecimento e de arrefecimento de acordo com a sua orientação, formas de protecção solar para atenuar a incidência solar, etc.

Desenvolveram-se ainda estudos de ventilação, influentes na ventilação de edifícios e espaços urbanos com importantes repercussões térmicas e descontaminantes. Estes aspectos faziam parte de uma verdadeira arquitectura racionalista defendida por vários arquitectos, tais como Walter Gropius, Alvar Aalto e Le Corbusier, entre outros.

Victor Olgyay, desenvolve novas investigações sobre a relação do clima e a topografia com a arquitectura, acrescentando um novo dado importante: o conceito "bioclimático", adequando os projectos das edificações às exigências de conforto humano e climáticas locais. Cria uma carta bioclimática, definindo uma zona de conforto humano a partir da relação entre temperatura, humidade do ar, temperatura radiante média, velocidade do vento, radiação solar e arrefecimento evaporativo.

Posteriormente Givoni apresenta um índice de stress térmico a partir da carta bioclimática de Olgyay. Estudos subsequentes utilizam estas metodologias para avaliar os níveis de conforto dos utilizadores, quer no interior das construções, quer no exterior.

A partir de Olgyay e tendo como base a carta bioclimática, vários invetsigadores desenvolveram estudos bioclimaticos nas mais distintas localizações com o propósito de integrarem as condições de conforto locais aos projectos de edificação.

Devemos referir que a partir de Olgyay a procura por melhores condições de conforto dos utilizadores ganhou um maior protagonismo, suplantando a busca por condições de salubridade, entretando alcançada de forma consistente pela cultura ocidental, reflectindo-se nas regras gerais de edificação urbanas.

No entanto a busca pelas condições ideais de conforto de utilização interiores e exteriores poderá se tornar numa utopia, pela provável ausência de limites na busca de soluções cada vez mais eficazes de controlo do clima do que pela via da adaptação da arquitectura e urbanismo ao clima existente. Ao procurar controlar o clima, como a solução mais directa, o homem isola-se do cenário real, podendo criar bolhas artificiais, na corrente de Fuller (cúpula geodésica sobre Manhattan) e Nicholas Grimshaw (com o Eden Project).

2.7.1 Uma nova arquitectura para uma cidade nova

> "*Até meados do século XX persistia a ideia que os recursos naturais estavam disponíveis para serem utilizados e de que com recurso à tecnologia conseguiríamos obter novas fontes energéticas conforme se fossem esgotando as precedentes*". Monteiro, A. (1997)

Rey y Pidaux segundo Parareda (2008), desenvolveram para Paris estudos sobre a radiação solar incidente em superfícies verticais para distintas orientações, bem como o necessário afastamento entre edifícios para assegurar um correcto acesso solar. Estabeleceram ainda o conceito de valor heliotérmico de uma fachada (Figura 41). Propuseram a seguinte relação entre afastamento e altura dos edifícios de d=2,5h (sendo d o afastamento e h a altura)

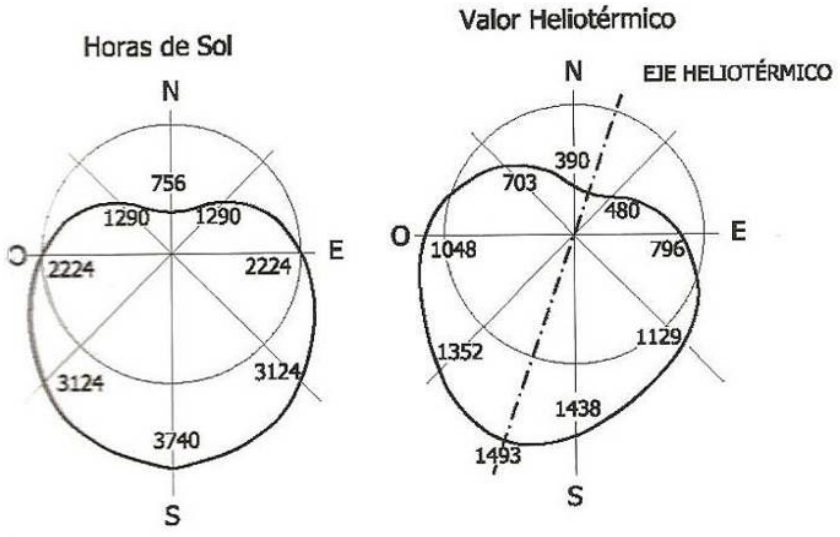


Figura 41 – Diagrama heliotérmico de Paris (Rigotti)Fonte: Parareda, G. Editorial Munilla-Léria, Madrid, 2008.
Fonte: Parareda, G. Editorial Munilla-Léria, Madrid, 2008.

Vinaccia em Roma, segundo Parareda (2008), estabelece um conceito de orientação equisolar com o propósito de garantir o mesmo número de horas solares anuais nas quatro fachadas de um edifício. A solução apresentada resulta numa planta romboidal pouco funcional.

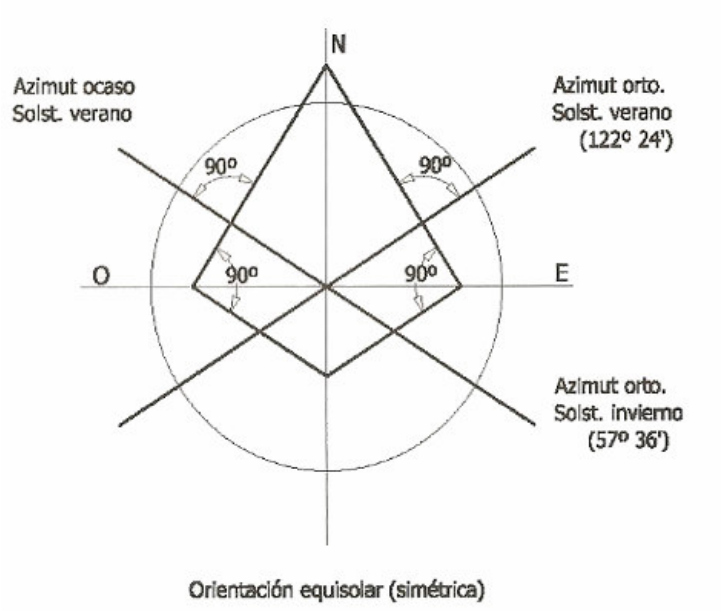


Figura 42 – Orientação equisolar, valores para Roma 41°51' (G.Vinaccia)
Fonte: Parareda, G. Editorial Munilla-Léria, Madrid, 2008.

Ao longo dos anos 30 do século passado foram sendo desenvolvidas cartas solares para a organização espacial dos edifícios tendo em conta a melhor adequação da planta à orientação solar, ao longo do ano.

2.7.2 Estudos de Walter Gropius

O Arquitecto, fundador da Bauhaus em 1929, ao desenvolver vários estudos críticos sobre o bloco urbano do ponto de vista de acesso solar e ventilação, deparou-se com desigualdades acentuadas entre habitações. Perante tal, desenvolvem uma solução alternativa aos modelos vigentes, propondo a orientação de blocos voltados a sul (Figura 43).

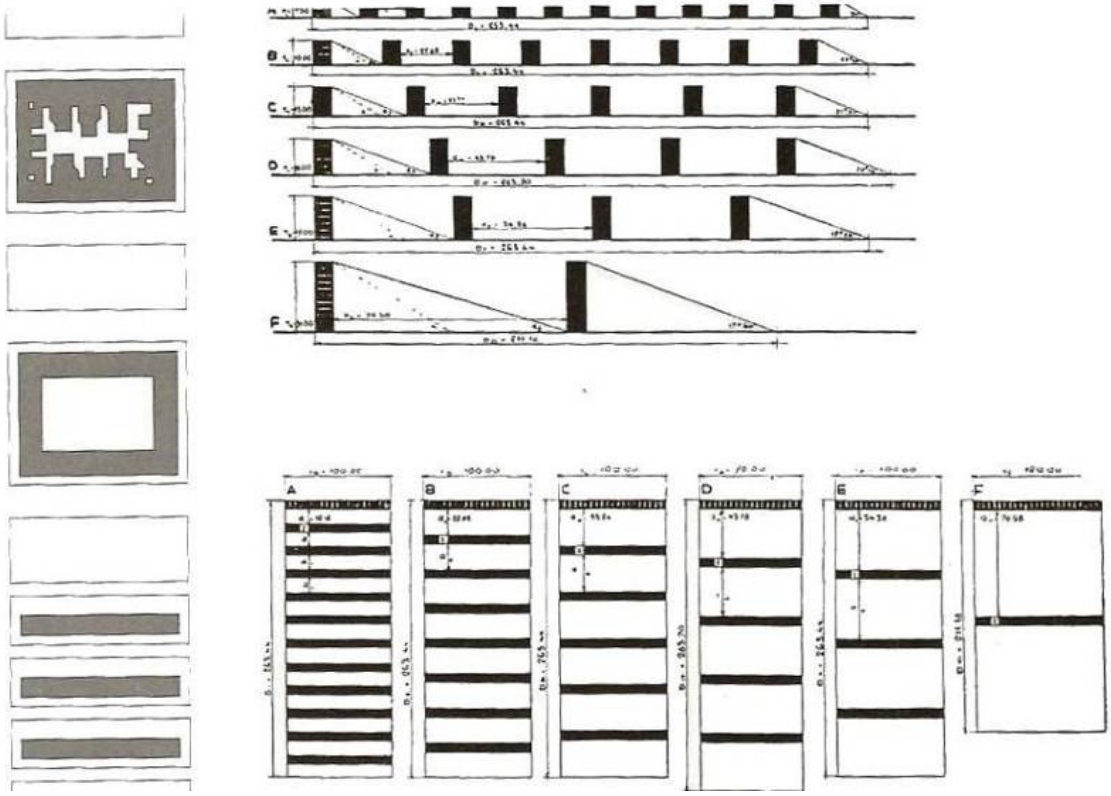


Figura 43 – Evolução do quarteirão ao bloco: Análise comparativa de afastamentos e cérceas dos blocos Fonte: Parareda, G. Editorial Munilla-Léria, Madrid, 2008.

Gropius analisa a relação entre a altura e o afastamento de blocos urbanos com o propósito de garantir o acesso solar mínimo em função de: ângulo de altura do sol, superfície de implantação, número de apartamentos e número de blocos paralelos, com alturas entre 2 e 10 pisos, concluindo o seguinte:

Se mantivermos a área de implantação e o ângulo de altura do sol, ao aumentar o número de pisos nos blocos, aumenta o número de apartamentos.

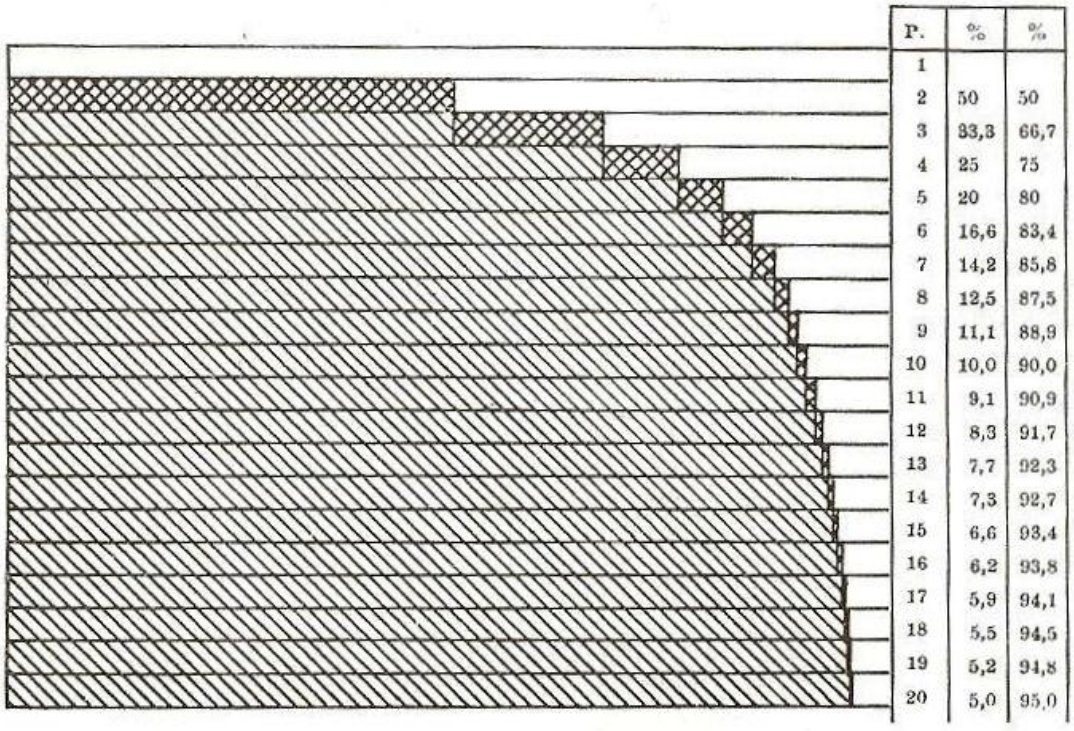
Se mantivermos constante o número de apartamentos e o ângulo de altura do sol, ao aumentarmos o número de pisos a área de implantação diminui.

Se o número de apartamentos e a área de implantação for constante, ao aumentarmos o número de pisos no bloco, diminui o ângulo de altura do sol, para a insolação pretendida, aumentando assim a exposição solar dos blocos.

Assim, desta forma, para o mesmo ângulo de acesso solar, ao aumentarmos o número de pisos, necessitaríamos menos blocos e menos solo ocupado. O que equivale a libertar mais terreno entre blocos. Se considerarmos variável o ângulo de acesso solar e fixarmos a área de implantação e o número de apartamentos, para garantirmos o acesso solar mínimo o ângulo diminui ao aumentarmos o número de apartamentos.

Perante tal, poderíamos pensar que ao aumentarmos o número de pisos aumentaria o espaço livre entre blocos de forma proporcional. No entanto tal não acontece desta forma. Ao fixarmos o volume construído e a área de implantação, o aumento de pisos suporia um aumento proporcional de área verde livre entre blocos, no entanto este aumento não é linear mas assitótico (tendente para curvatura) – à medida que aumentamos o número de pisos, a recuperação de superfície verde diminui de uns 50% para dois pisos para uns 10% com 10 pisos, alcançando somente 5% com 20 pisos (Figura 44).

Para a latitude média da Alemanha (51) podemos estabelecer uma regra empírica de distancia entre blocos paralelos orientados a sul de: d=3,6h (h = altura dos blocos), no caso de latitudes menores, tais como 40 a proporção será de d=2h.



P.	%	%
1		
2	50	50
3	33,3	66,7
4	25	75
5	20	80
6	16,6	83,4
7	14,2	85,8
8	12,5	87,5
9	11,1	88,9
10	10,0	90,0
11	9,1	90,9
12	8,3	91,7
13	7,7	92,3
14	7,3	92,7
15	6,6	93,4
16	6,2	93,8
17	5,9	94,1
18	5,5	94,5
19	5,2	94,8
20	5,0	95,0

Fonte: Parareda, G. Editorial Munilla-Léria, Madrid, 2008

Figura 44– Recuperação de terreno livre em função do número de pisos segundo Rainer (Rigotti)

Gropius, nos seus últimos escritos, defendeu a orientação Norte/Sul das fachadas como a melhor orientação. (Figura 45) No entanto, a Alemanha nos finais dos anos 20 propunha, contrariamente a Gropius, a orientação das fachadas nascente/poente. A República de Weimar desenvolveu um programa de habitação em banda contínua para a classe trabalhadora com a orientação das fachadas voltadas a nascente/poente com o argumento de estas duas fachadas garantirem o mesmo número de horas solares entre si. No entanto, os resultados foram negativos, já que as fachadas a nascente e poente recebiam pouca radiação solar no Inverno e excesso de radiação solar no verão.

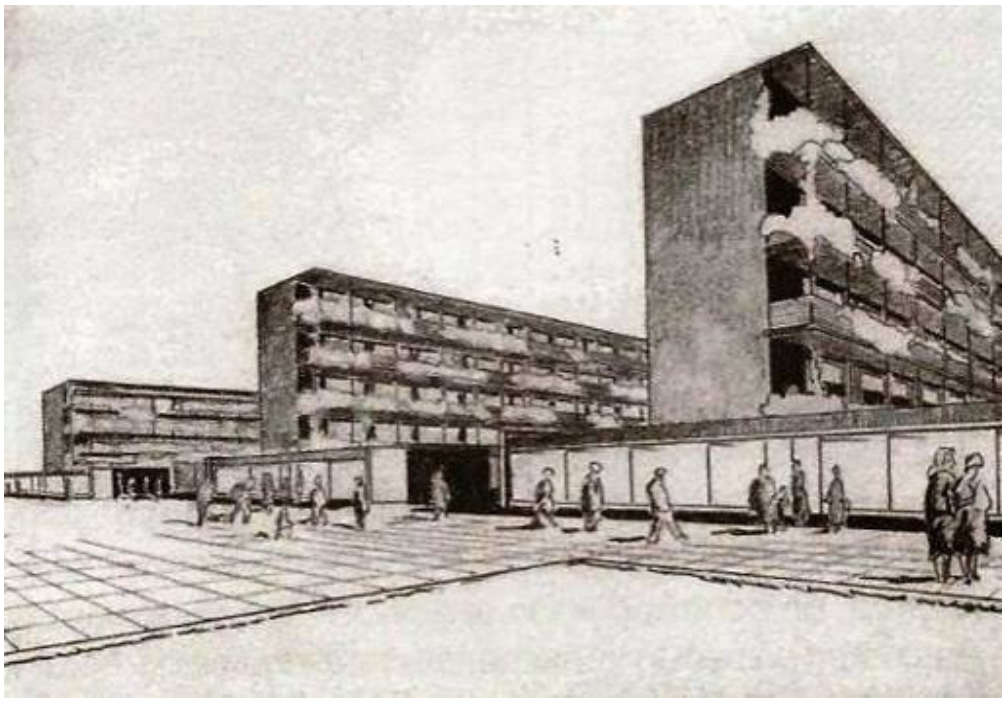


Figura 45 – Perspectiva de uma proposta de um conjunto de blocos de habitação próximo de Berlim, 1929 (Gropius)
Fonte: Parareda, G. Editorial Munilla-Léria, Madrid, 2008

Gropius escreveu no seu livro "Alcances da Arquitectura Integral", (já a viver nos Estados Unidos), que o verdadeiro carácter regional da arquitectura é assegurado não por questões estéticas ou tradicionalistas mas sobre preocupações de ordem climáticas locais, que vão impor linguagens díspares.

Outros arquitectos europeus seguem a mesma corrente de Gropius, tais como **Hannes Meyer** (que sucedeu a Gropius na Bauhaus) e **Hugo Haring**, procurando integrar nos seus projectos princípios de orientação e organização espacial claramente voltados uma arquitectura solar.

2.7.3 "La ville radieuse" Princípios de arquitectura e qualidade de vida urbana

Le Corbusier foi um dos primeiros arquitectos a compreender as transformações que o automóvel exigiria no planeamento urbano. A cidade do futuro, na sua perspectiva, deveria consistir em grandes blocos de apartamentos assentes em pilotis, deixando o terreno fluir debaixo da construção, libertando o espaço envolvente para actividades ao ar livre, com maior contacto com a natureza. O agrupamento de habitações em blocos de habitação permitia ainda poupanças energéticas significativas face a moradias unifamiliares.

As suas formulações para cidades foram no mínimo controversas, dado pretender a demolição de toda a cidade histórica para dar lugar a novos conjuntos edificados devidamente afastados entre si, com excelentes vistas, acesso solar e ventilação.





Figura 46 – Plano Voisin para Paris

Fonte: www.makemodels.co.uk/blog/

Figura 47 – Unidade de Habitação Marselha

Fonte: www.flickr.com/photos/paspog/2349614406/

A unidade de habitação de Marselha (Figura 47) foi um dos exemplos concretizados de soluções modernistas aplicadas na arquitectura e urbanismo, encontrando-se presentes o uso de brise soleil, construção sobre pilotis, cobertura acessível, habitações com duas frentes e em dois pisos, densificação de construção em altura de forma a libertar a superfície de terrenos para actividades ao ar livre.



Figura 48 – Ville Radieuse 3

Fonte: santileia.blogspot.com/2007_07_08_archive.html

Le Corbusier desenvolveu projectos para vários países com climas mais receptivos e adequados a este tipo de estratégias. Brasília cresce fruto desta influência.

Alvar Aalto na Finlândia desenvolveu estudos sobre princípios bioclimáticos, com a consequente aplicação nas suas obras, tendo-se destacado pelas preocupações ao nível da iluminação natural e acesso solar.

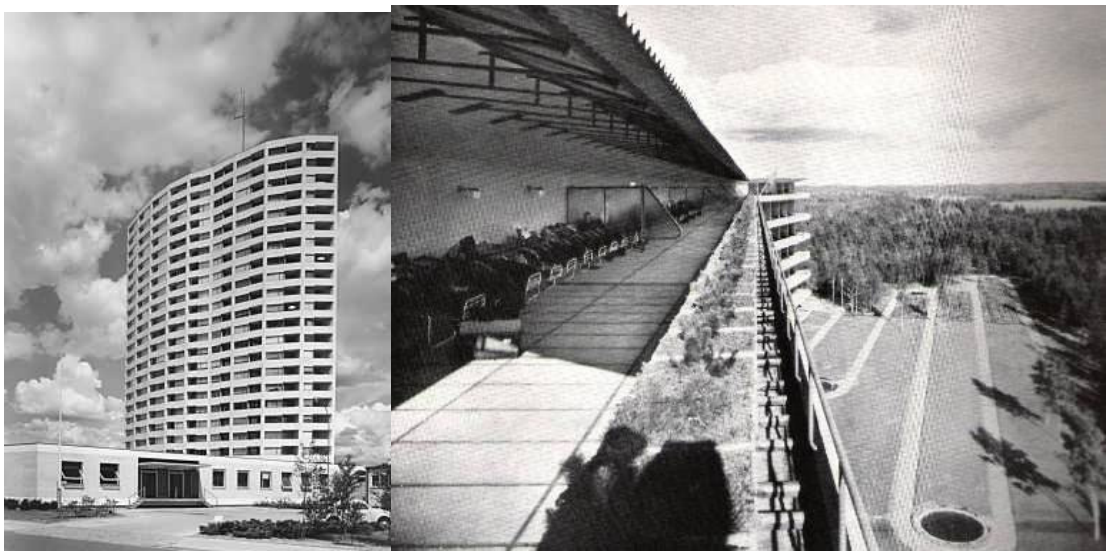


Figura 49 – Torre de Nueu Vahn – Alvar Aalto

Fonte: Welin, G - arquivo fotográfico do Museu de Arquitectura da Finlandia

Figura 50 – Sanatório em Paimio

Fonte: Welin, G - arquivo fotográfico do Museu de Arquitectura da Finlandia

A torre de Nueu Vahn (Figura 49) é um exemplo bem conseguido de organização funcional, onde cada fracção se encontra organizada para obter um compromisso de orientação solar em benefício do conjunto.

A concepção do Sanatório em Paimio (Figura 50) teve como grande preocupação a orientação solar e protecção dos ventos, em conjunto com uma relação directa com a natureza. Claramente uma solução bem integrada na procura de optimizar os tratamentos aos pacientes com o desenho e organização do edifício.

2.7.4 Alexander Klein – da vivenda tipo ao "factor" climático

Alexander Klein foi, senão o primeiro, um dos primeiros arquitectos a desenvolver modelos de arquitectura bioclimática aplicados em diferentes climas.

A intensa actividade de Alexander Klein, primeiro na Alemanha e depois em Israel, em dois climas totalmente distintos, com o tema da climatização natural de edifícios, conduziu à formulação da primeira exigência de desenho, o qual foi rapidamente utilizado pelos arquitectos do movimento moderno como: "*garantir saudáveis condições de vida e a sua evolução para uma arquitectura climáticamente calculada*".

Em oposição com os demais arquitectos que levaram ao extremo a sua frase original: "*Mais luz e mais ar*" vigente no Movimento Moderno, Klein incorporou os aspectos de arrefecimento e aquecimento passivos nos seus estudos e rejeitou terminantemente todas as soluções tipológicas estandardizadas para cada situação climática.

As construções desenhadas e construídas por esse arquitecto podem não corresponder globalmente ao que actualmente conhecemos por "baixo consumo energético"; porém, foram as bases fundamentais da arquitectura bioclimática moderna.

Durante as suas investigações, Klein observou que a diminuição da profundidade do volume construído de 12-13m para cerca de 8-10m possibilita aumentar a iluminação e ventilação natural dos espaços interiores. A implementação desta solução, optimizando a densidade construtiva no terreno, impele para a procura de soluções de desenho urbano capazes de simultaneamente incluir consideração de ventilação e iluminação de forma homogénea a um cada vez maior número de habitações. Para tal, Klein desenvolveu um sistema de organização de construção em dente de serra com orientações em quatro diagonais, resultando para tal que cada vivenda recebesse iluminação e ventilação natural de dois lados. Apresentou ainda uma segunda solução em forma de Y com as tipologias habitacionais, podendo desta forma alcançar altas densidades de construção sem reduzir os níveis de condições de higiene de cada habitação. (Figura 51).

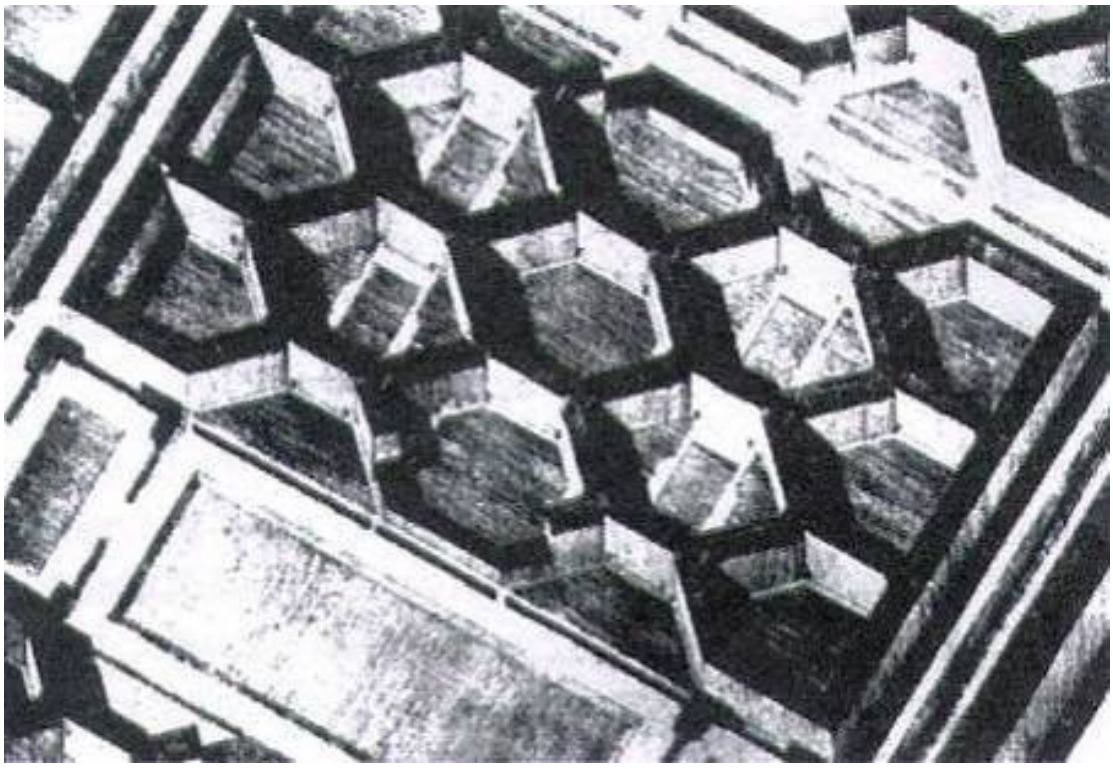


Figura 51 – Proposta de desenho urbana para vivendas
Fonte: Jacobo, G.J. 2004

Em 1942 publicam em Haifa, Israel, o livro "*A influência do clima na composição orgânica da planta e fachada*", no qual apresentou considerações sobre a climatização passiva dos espaços interiores dos edifícios.

Em 1943 publica, igualmente em Israel, o livro "*O protótipo Sul: a vivenda unifamiliar com orientação Sul*", no qual estabeleceu e formulou os fundamentos básicos do desenho solar ainda válidos hoje: Orientação Sul (no hemisfério Norte), zonificação em diferentes áreas climáticas interiores do edifício, maximização das superfícies orientadas ao sol e minimização de superfícies externas perimetrais para evitar perdas de temperatura interior, manter uma proporção de forma de 2:1 entre largura e profundidade de espaços interiores e também manter a mesma proporção para a orientação Norte-Sul, tendo experimentado estes princípios em duas vivendas unifamiliares construídas em Berlim-Dahlem na Alemanha em 1927.

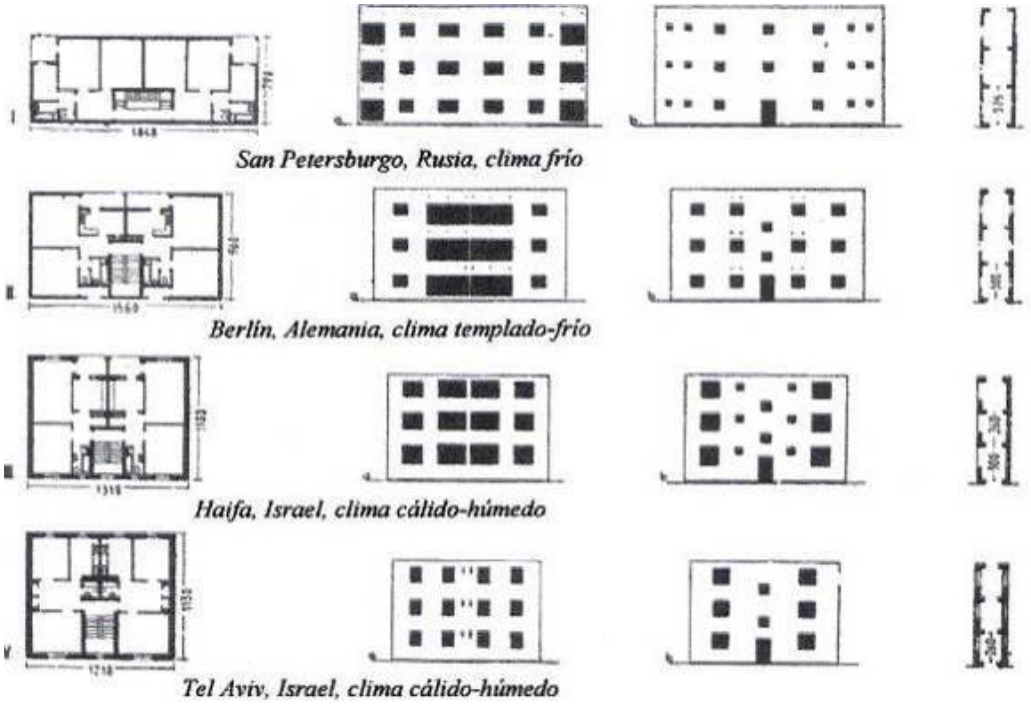


Figura 52 – Estudo comparativo de moradias conforme climas distintos

Fonte: Jacobo, G.J. 2004

Refira-se ainda que Klein elaborou um estudo comparativo em quatro regiões (fruto da perseguição política e racista de que foi alvo), tendo experimentado os modelos em S. Petersburgo, com clima frio, Berlim, com clima temperado-frio, em Tel Aviv e Haifa – Israel com clima quente-húmido. Das quatro regiões pôde realizar um estudo comparativo de comportamento climático do mesmo protótipo, adequado a cada um dos climas presentes quanto ao desenho do volume, superfícies e alturas dos espaços interiores, organização e tamanho dos vãos, dimensões de varandas e relação com a vizinhança.

2.7.5 William Atkinson

O arquitecto William Atkinson foi o pioneiro nos Estados Unidos a desenvolver estudos sobre a orientação e o acesso solar nos edifícios. No início do século XX o acesso ao sol começou a tornar-se um problema importante pela desenfreada construção em altura. Nessa altura, Atkinson desenvolveu um estudo com a projecção de sombras de edifícios altos sobre a sua envolvente directa, propondo uma norma municipal com o propósito de limitar a altura máxima dos edifícios em 2,5 vezes a largura da rua em Boston (Figura 53).

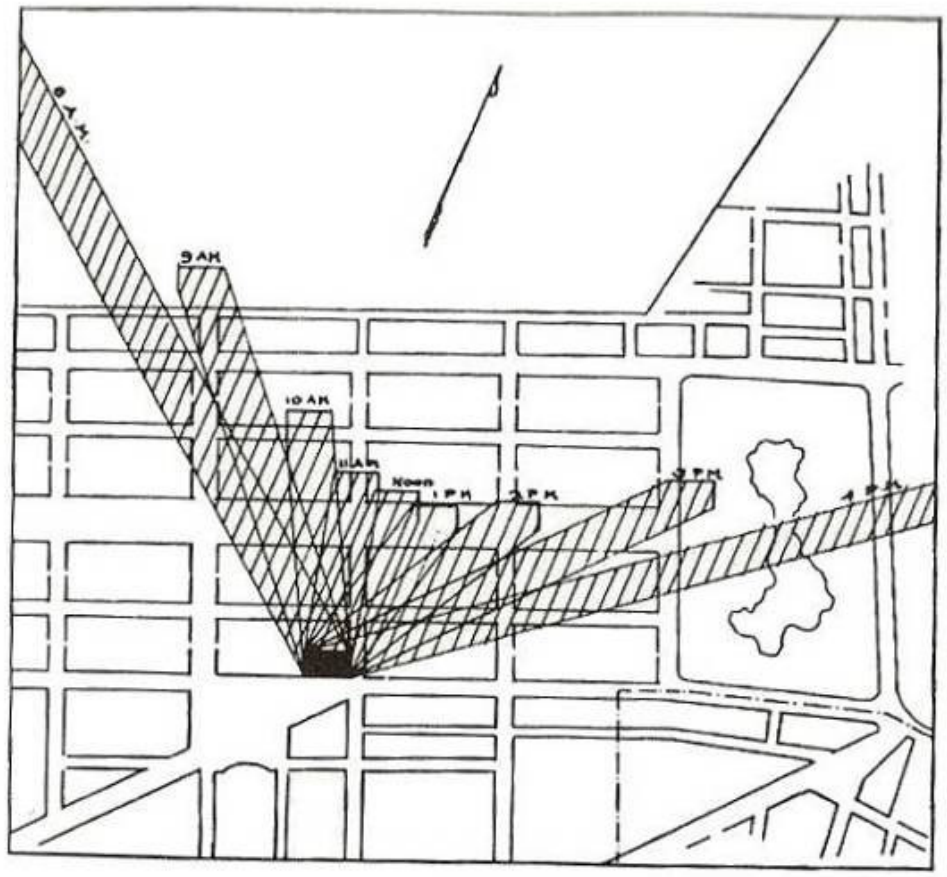


Figura 53 – Estudo de obstruções solares de um edifício em Boston.
Fonte: Galiano, L.F. Fire and memory: on architecture and energy, 2000

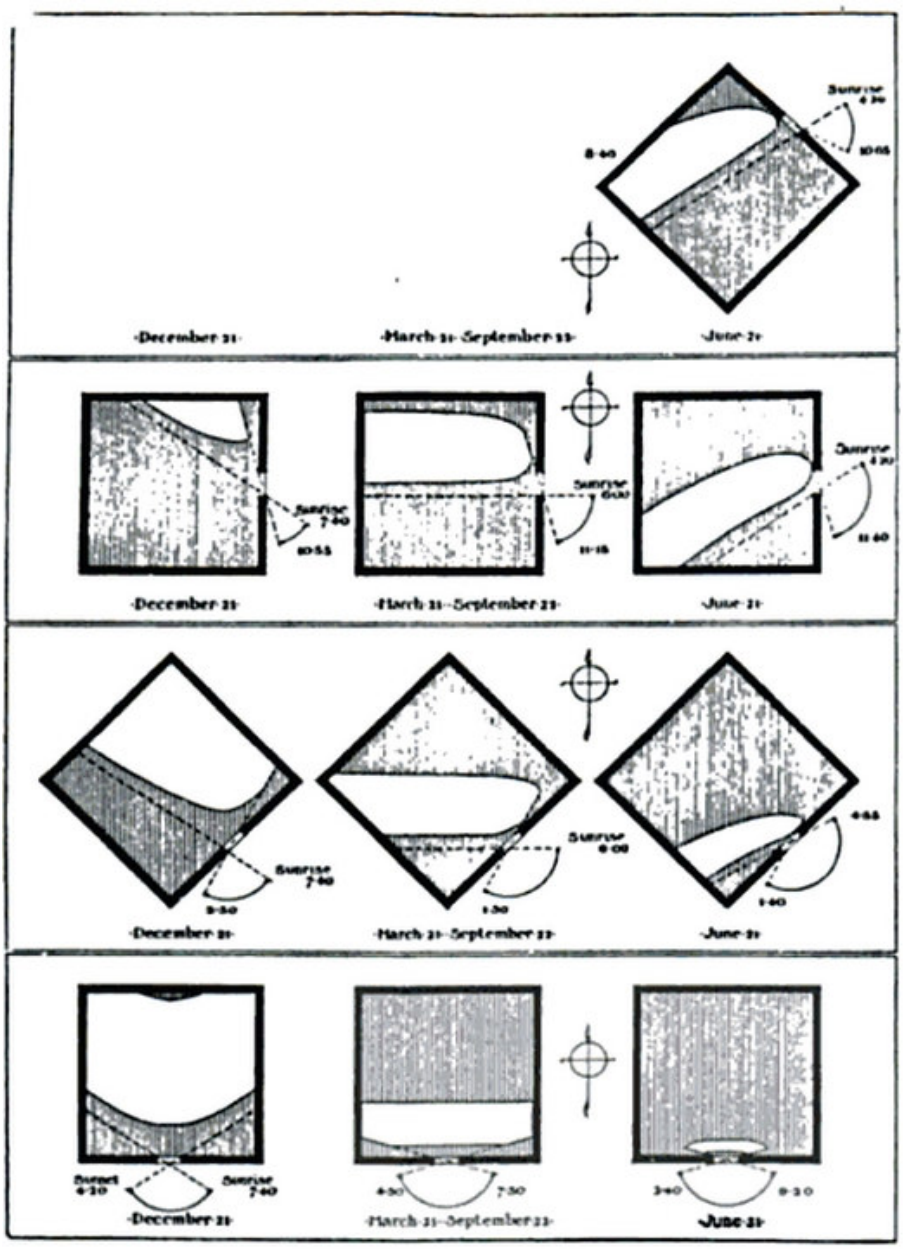


Figura 54 – esquema com penetração da luz nos solstícios e equinócios em aberturas com diferentes orientações, Atkinson, 1894.
Fonte: Galiano, L.F. Fire and memory: on architecture and energy, 2000

Atkinson desenvolveu estudos com o propósito de avaliar a incidência de luz directa no interior das construções consoante a orientação das aberturas, nos solstícios e equinócios, procurando demonstrar a influência da orientação das aberturas no acesso solar para um determinado compartimento interior. Conclui Atkinson que as fachadas voltadas a sul conseguiam obter maior insolação nos compartimentos interiores que as restantes orientações no Inverno, presumindo ser esta a melhor orientação para as fachadas.

2.7.6 Brasília – laboratório modernista num clima adverso

A localização da nova capital do Brasil esteve desde a sua génese debaixo de preocupações climáticas. Para tal o governo brasileiro contratou a firma Donald J. Belcher e Associados para o levantamento topográfico numa área rectangular de 5.000km2, no Estado de Goiás.



Figura 55 – Fotografia de Satélite de Brasília
Fonte: leonardobritofiles.wordpress.com/2008/10/23/Brasília-um-labirinto/, 2009.

Foram definidos 5 lugares identificados por diferentes cores. (vermelho, verde, azul, castanho e amarelo). Destes, foi definida por uma comissão para a definição da localização da nova capital a localização final, de acordo com estudos climáticos e geomorfológicos.

A opção pelo sítio castanho (Figura 56) recaiu na combinação mais favorável das condições climáticas (temperatura, humidade, pluviosidade, ventos e nebulosidade), em conjunto com os factores geomorfológicos, tais como a altitude, entre outros. De acordo com M. Romero (2001), o local escolhido tem a forma convexa, o que se apresenta como uma vantagem para os demais locais, dado que as áreas convexas possuem um clima moderado em oposição às áreas côncavas com climas de extremos.

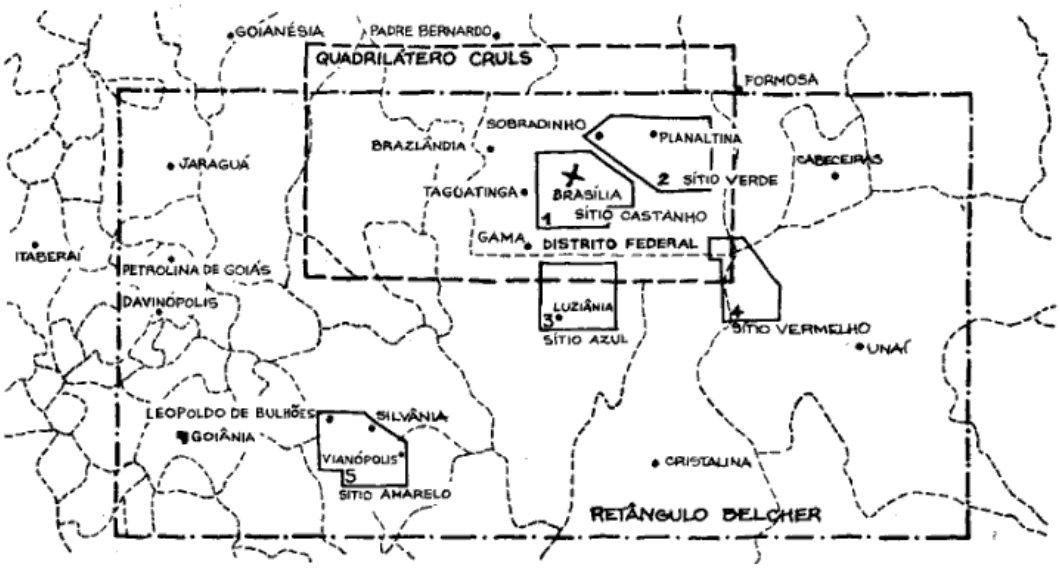


Figura 56 – **Demarcação do Distrito Federal**
Fonte: Romero M.B. (2001)

A radiação solar, a pluviosidade e os ventos são os elementos climáticos que mais influência o espaço urbano, dado que a temperatura é sempre elevada, os ventos são um factor quase sempre presente e a pluviosidade determina as condições climáticas sobre os demais.

Face a um clima tropical húmido nos períodos das chuvas e tropical seco nos períodos de seca devido à continentalidade e altitude acima dos 1000m. Os modelos de arquitectura e urbanismo encontram-se devidamente adaptados.



Figura 57 – Sistemas de sombreamento passivos
Fonte: www.superbrasilia.com/aquarela/index.htm, 2009.

No caso de Brasília, os edifícios modernistas que no caso europeu se encontravam pouco adaptados, neste caso encontram-se perfeitamente adequados ao clima de Brasília, permitindo a circulação e ventilação sobre os pilotis e os brise-soleil oferecem a necessária resistência à radiação solar.

A disposição dos edifícios de forma espaçada e envolvida por grandes superfícies verdes contínuas conseguem garantir um atenuante térmico e o sombreamento para os transeuntes.

M. Romero descreve a disposição volumétrica dos edifícios na cidade como "*ilhas na vegetação*".



Figura 58– Brasília sector residencial Asa Sul
Fonte: www.superbrasilia.com/aquarela/index.htm, 2009.

Lúcio Costa utilizou conscientemente as técnicas paisagísticas de parques e jardins como elemento essencial do tratamento arquitectónico que propôs para o Plano Piloto, como refere M. Romero (2001). A relação entre área construída e área verde é de 15% a 18% nas áreas residenciais e 23% a 30% nos sectores centrais, em conjunto com a presença do lago Paraná, criado entre 1959 e 1961 como regulador higrométrico da região.
Embora os índices de proporção entre espaço verde/ habitante não possam constituir um parâmetro fiável para determinar o grau de urbanização, a Organização Mundial de Saúde recomenda um mínimo de 12m2/Ha. Não sabemos porém ao que corresponde esse mínimo.

A capital tem, no seu desenho urbano, um grande trunfo para as condicionantes bioclimáticas dos seus edifícios e espaços urbanos. De facto, com uma concepção com espaços suficientemente abertos à ventilação, a cidade garante bons níveis de humidade do ar (pela presença continua de superfícies verdes e do grande lago), ventilação (pela localização topográfica adoptada), e pela concepção dos seus edifícios modernista, os quais Niemeyer soube conceber, adequando-os ao clima. Em circunstâncias distintas, a mesma cidade com outro desenho teria condições climáticas muito difíceis, com efeitos de ilha de calor urbana muito acentuada.
No entanto, nem tudo foi um sucesso. Na realidade, a dispersão urbana da cidade impede que esta seja percorrida a pé, pela sua larguíssima extensão, impondo ao automóvel um papel fundamental no funcionamento da cidade.

2.7.7 Victor Olgyay

Victor Olgyay foi um dos primeiros arquitectos a desenvolver uma metodologia de adequação da arquitectura ao clima local, analisando e interpretando todas as variáveis meteorológicas que devem ser consideradas no desenho dos edifícios e no conforto humano: radiação solar, comprimento de onda de radiação solar, temperatura do ar, humidade, precipitação e ventos. Considerava o autor que o processo de construir uma construção adaptada ao clima passaria por uma sequência de 4 passos, dos quais o último era a expressão arquitectónica. O primeiro passo seria o levantamento de dados climáticos para um determinado local e a subsequente análise dos dados obtidos; no segundo passo seria feita a avaliação do impacto do clima em termos psico-fisiológicos sobre o homem (Figura 59), num terceiro passo, seriam desenvolvidos estudos conducente à aplicação de soluções tecnológicas, predominantemente passivas à arquitectura e finalmente a consagração do projecto de arquitectura como resultado de todo um processo de adequação à topografia e clima local ao espírito do *Genius Loci*.

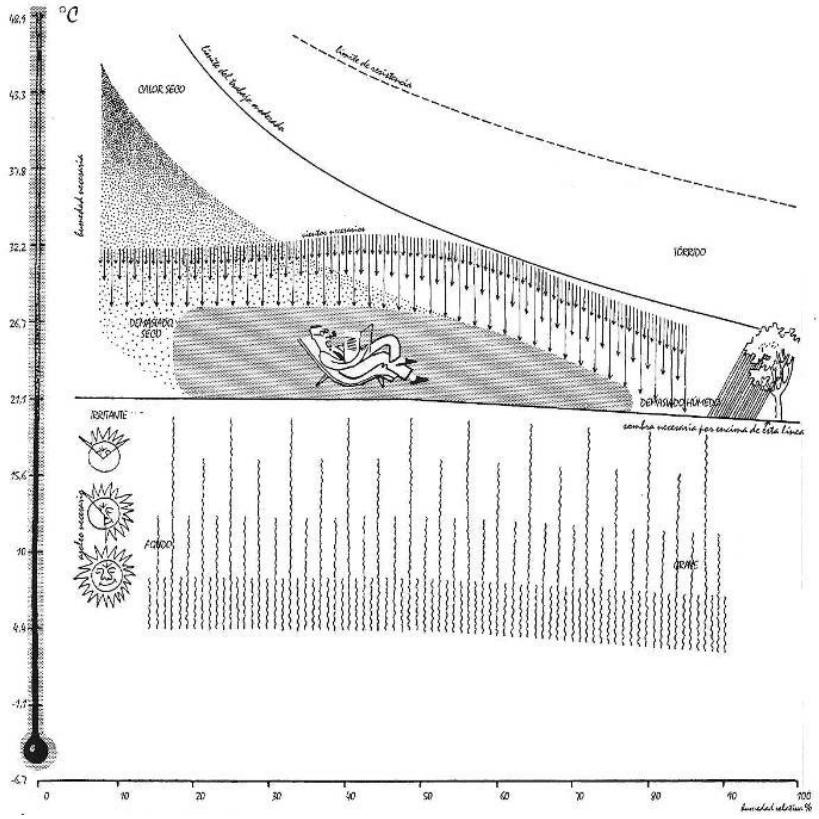


Figura 59 – Índice esquemático do Bioclima
Fonte: Olgyay, V. Design with Nature, 1963.

A carta bioclimática representa um diagrama onde as temperaturas secas e humidades relativas definem a zona de bem-estar térmica exterior. No entanto nesta carta, Olgyay não considera a influência da construção para alterar os parâmetros de conforto do ser humano. Givoni alguns anos mais tarde veio colmatar esta lacuna adaptando a carta bioclimática para diferentes climas e considerando a influência da construção no índice de conforto.

Olgyay desenvolveu estudos sobre orientação, forma, factor de forma e dimensão dos volumes consoante as latitudes e diferentes climas (Figura 60). Desenvolveu ainda estudos sobre os efeitos aerodinâmicos do vento sobre os edifícios, procurando avaliar o potencial de ventilação transversal dos mesmos ao vento, e consoante as condições envolvente avaliar o maior ou menor desempenho do vento na ventilação e atenuação do calor (Figura 61).

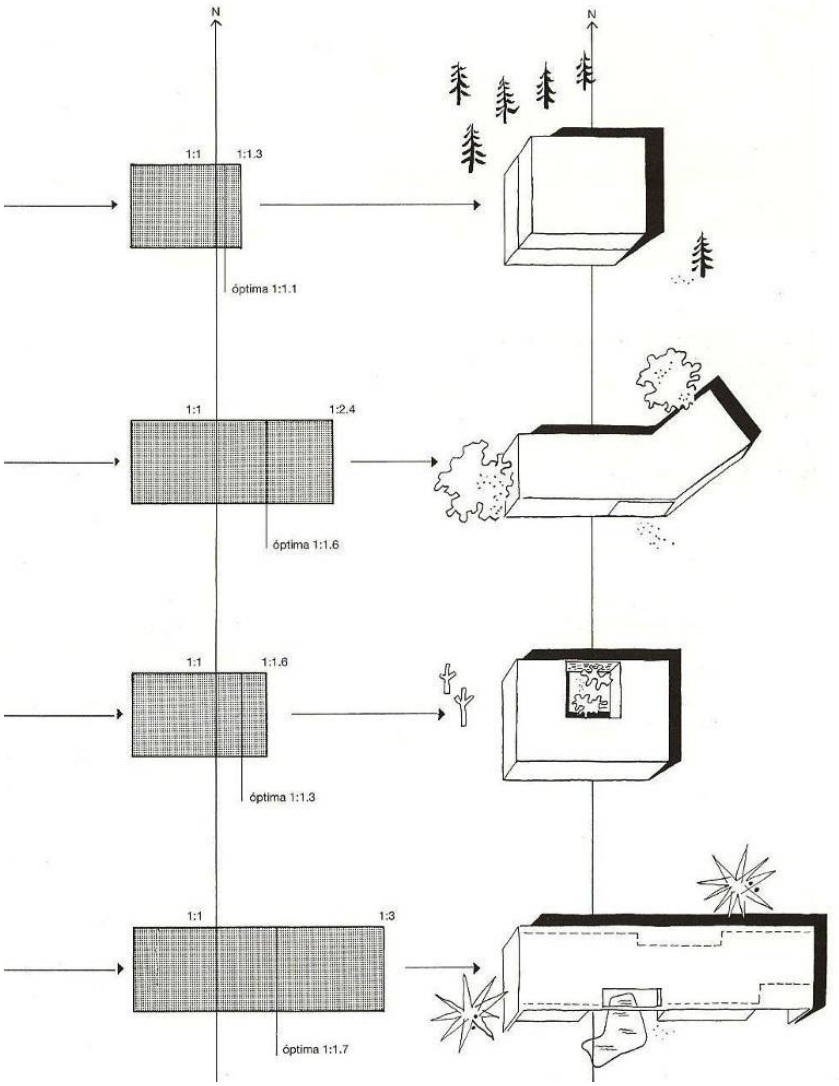


Figura 60 – Adequação das formas das construções aos climas
Fonte: Olgyay, V. Design with Nature, 1963.

Olgyay estudou o efeito do factor de forma nos diferentes climas (Figura 60), tendo concluído que para climas mais frios um factor de forma mais reduzido permite obter melhores resultados no conforto de utilização das construções. No caso de climas temperados a sua longa exposição a sul e nascente com vegetação a proteger o poente permitirá obter melhores níveis de conforto. Para climas quentes e secos a opção por um modelo em forma de u com pátio será a melhor opção com vegetação, enquanto no caso de climas quentes e húmidos a opção por um volume longo, voltado a sul e com presença de água e reentrâncias permitirá melhor ventilação e atenuar o desconforto gerado pelo calor.

Olgyay conclui ainda que:

- A forma cúbica não é a melhor forma para todas as latitudes;
- Todas as formas alongadas segundo o sentido norte-sul, tanto no inverno como no Verão, comportam-se pior termicamente que a forma cúbica;
- A forma com melhores resultados é aquela com maior extensão no sentido este-oeste.

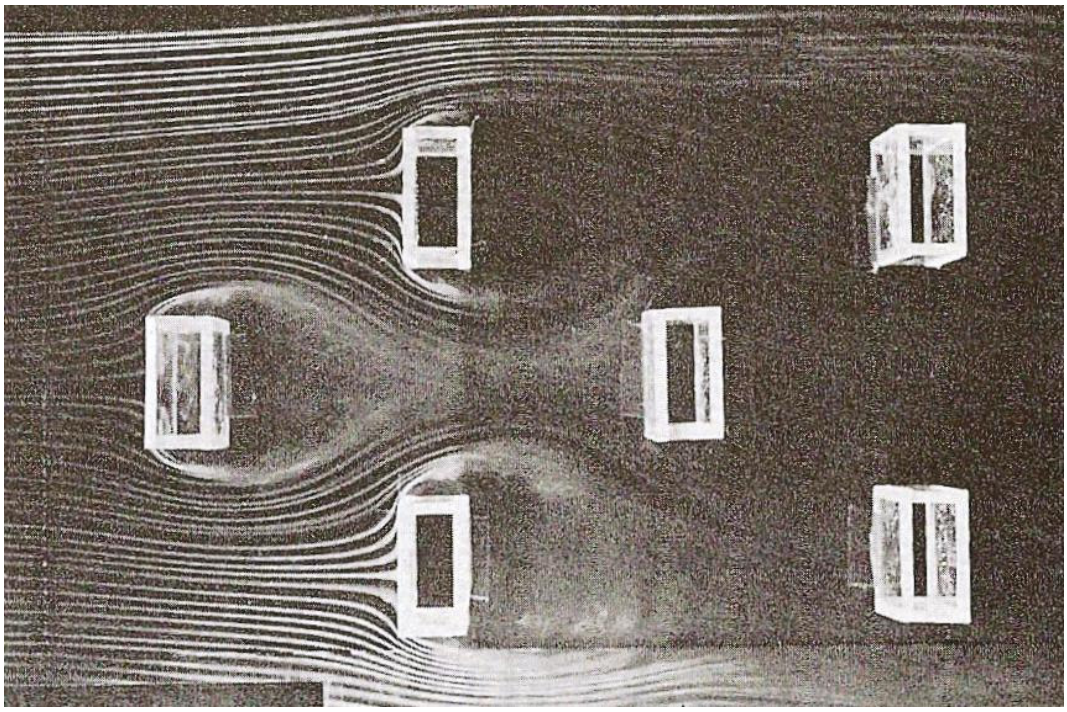


Figura 61 – Estudos sobre efeitos do vento nas construções
Fonte: Olgyay, V. Design with Nature, 1963.

Olgyay representa um marco na viragem das investigações em arquitectura, até Olgyay os arquitectos buscavam a democratização do acesso solar e adequação das construções face ao vento, sob um ponto de vista higienista, conducentes a índices de salubridade melhores quer do ponto de vista da construção quer do ponto de vista urbano.

Com Olgyay a busca pelo conforto do utilizador suplanta a busca higienista até então patente nas investigações e projectos antecedentes.

A partir da carta bioclimática, sucessivos investigadores seguem os estudos de Olgyay, dos quais Givoni elabora uma nova carta bioclimática melhorada a partir da carta de Olgyay.

A busca das condições ideais de conforto de utilização através de sistemas passivos, sem recurso a sistemas mecanizados ganha cada vez mais adeptos baseando-se em Olgyay e Givoni.

2.8 A integração dos sistemas climáticos mecânicos na arquitectura

2.8.1 A Génese dos sistemas mecânicos de controlo do clima

A procura de condições de conforto térmico na escolha da localização de cidades e nas construções levou o homem, desde os tempos remotos, à escolha criteriosa da escolha do lugar segundo parâmetros climáticos e topográficos. Como já referido, Vitrúvius entre outros arquitectos desde a antiguidade estabeleceram regras e considerações sobre a melhor escolha dos lugares, apresentando muitas vezes sítios como não passíveis de serem habitados pelas mais distintas condicionantes climáticas e topográficas.

Com o aumento demográfico dos últimos séculos e a euforia da ciência como instrumento capaz de contrariar a natureza pelo homem, as cidades cresceram descontroladamente para além da capacidade máxima razoável, ultrapassando níveis de poluição, densidade populacional e salubridade inimagináveis, como é o caso da cidade de S. Paulo – Brasil (Figura 62).



Figura 62 – Vista área de S. Paulo
Fonte: impressoesamazonicas.files.wordpress.com/2009/02/img-7497.jpg, 2009.

Mas como surgiu esse descontrole urbano e arquitectónico onde o homem relegou as preocupações climáticas e topográficas sobre a capacidade do controlo mecânico do clima criado pelo homem para ambientes fechados?

James Burke (1995) descreve a cadeia de acontecimentos que deram lugar à invenção do ar condicionado pelo Dr. John Gorrie em 1850. Gorrie trabalhava em Apalachicola, na Florida, quando pediram que investigasse os efeitos do clima sobre a população, com o propósito de avaliar a possibilidade de expandir a cidade. Entre as suas recomendações estabelecia a necessidade de construir um hospital para tratar os pescadores e trabalhadores fluviais que suportavam doenças endémicas da própria cidade, já que havia detectado que a malária parecia estar associada ao clima quente e húmido típico da cidade. Como forma de contrariar o clima ordenou a aplicação de gelo nos corredores do hospital, recorrendo a ventiladores para fazer circular o ar fresco. No entanto, dado o preço elevado do gelo, recorreu à construção de uma máquina de vapor para comprimir o ar, que quando arrefecia, se expandia rapidamente e circulava à volta dos quartos. Como consequência desta invenção, começaram a utilizar máquinas refrigeradoras no transporte de alimentos nos barcos e para fabricar cerveja alemã. Nesta sequência surgiram máquinas de refrigeração para bebidas e alimentos. Estas máquinas foram precursoras do moderno ar condicionado. Uma das primeiras unidades utilizadas para arrefecer o interior de um edifício pesava 300 toneladas e foi instalado na Bolsa de Nova Iorque em 1904.

O controlo mecânico do clima interior dos edifícios alterou de forma evidente a forma de projectar arquitectura e posteriormente de planear as cidades.

O mote estava lançado. A partir deste momento, os arquitectos começaram a desenvolver modelos cada vez mais alheados ao clima, chegando ao ponto de idealizarem cidades cobertas por cúpulas geodésicas, como foi o caso do arquitecto Bucminster Fuller para Manhattan (Figura 63 e Figura 64).

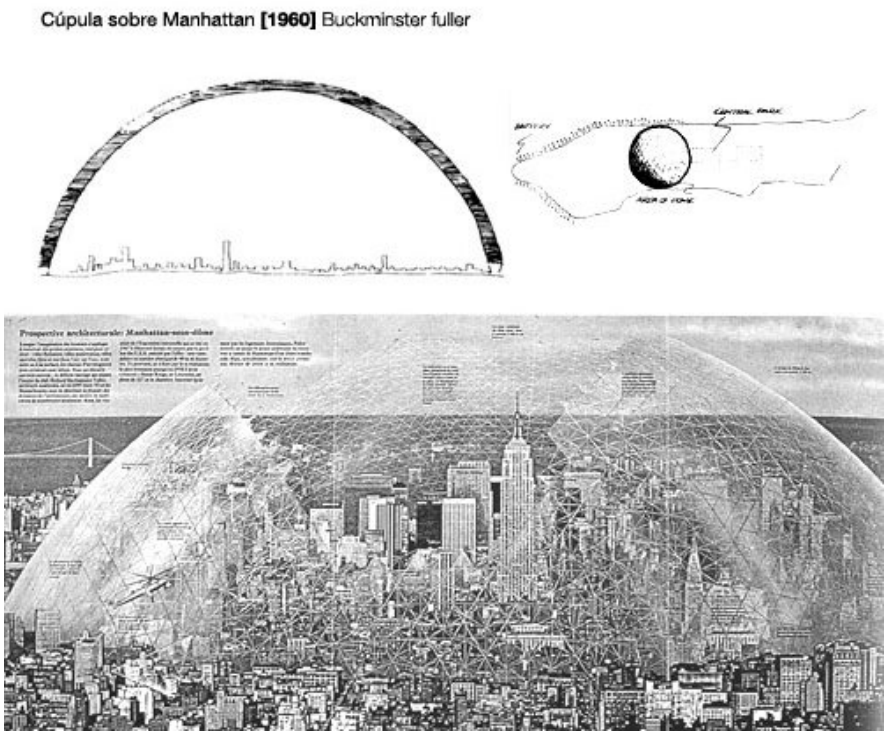


Figura 63 – Buckminster Fuller, projecto para uma cúpula geodésica sobre Manhattan, 1962

Fonte: Burke, J. "Connections", Ed. McMillan, Londres, 1978



Figura 64 – Buckminster Fuller, vista aérea da proposta para uma cúpula geodésica sobre Manhattan, 1962

Fonte: Burke, J. "Connections", Ed. McMillan, Londres, 1978

Esta corrente, ainda que utópica, teve os seus seguidores, procurando criar uma artificialização climática, renegando as condições climáticas locais e como tal recusando-se a intervir de acordo com as pré-existências.



Figura 65 – Vista aérea do complexo da Biosfera 2, Arizona, EUA.
Fonte: www.ecologiaverde.com/biosfera-2-el-laboratorio-climatico-mas-grande-del-mundo, 2009.

Em 1991 é inaugurado uma réplica da biosfera terrestre, denominado de Biosfera 2, com o propósito de ao integrar 5 dos ecossistemas da terra em miniatura (deserto, oceano, floresta tropical, savana e pântano), com uma equipa de oito investigadores, pudessem sobreviver durante dois anos, sem nenhum intercâmbio com o exterior, procurando avaliar a capacidade do ser humanos sobreviver fora da atmosfera terrestre por longos períodos de tempo.

A experiência foi um fracasso parcial, no entanto puderam avaliar a fragilidade dos diferentes ecossistemas, com contaminações entre elas, alterando as condições iniciais de cada ecossistema, perdas de oxigénio e presença excessiva de CO2.

No entanto a maior experiência que se pôde retirar desta investigação, é a de que replicar as condições da nossa biosfera é extremamente complexo, senão impossível, acentuando e focando as nossas atenções em procurar preservar a biosfera terrestre sob colapso de todas a formas de vida presentes.

O caminho deverá ser na busca de soluções de adequação do homem ao clima e não o processo inverso de artificialização do clima, com as consequências nefastas que daí advirão.

Nicholas Grimshaw, com o Éden Project em Inglaterra (Figura 66 e Figura 67), projecta um modelo de atmosfera artificial na mesma linha dos estudos de Fuller para Manhattan, e da Biosfera 2, com o propósito de integrar estufas com diferentes climas interiores.



Figura 66 – Eden Project de Nicholas Grimshaw, exterior

Fonte: www.galinsky.com/buildings/eden/index.htm, 2009



Figura 67 - Eden Project de Nicholas Grimshaw , interior.
Fonte: www.galinsky.com/buildings/eden/index.htm, 2009

Ainda que o propósito não seja o de criar condições de habitabilidade para os humanos de forma directa, mas proporcionar réplicas de climas adequados aos tipos de vegetação em cada cúpula, não deixa de integrar a mesma lógica de artificalização que Olgyay e seus seguidores contrariavam com os estudos conducentes a uma melhor arquitectura bioclimática.

Capítulo 3 | Arquitectura bioclimática e forma urbana: um défice de fundamentos experimentais

3.1 Avanços na investigação de arquitectura bioclimática

No capítulo anterior avaliamos a importância do binómio Saúde/Conforto nos pressupostos base na concepção das cidades e edificações ao longo dos séculos desde Vitrúvius a Olgyay, procuramos avaliar para cada época a importância das condições mínimas de salubridade até às condições de conforto estudadas por Olgyay já durante o séc. XX.

Na realidade, apesar de continuamente procurarmos avaliar as condições bioclimáticas do espaço urbano das cidades e das construções ao longo da história, só a partir de Olgyay é que são estabelecidos os parâmetros que permitem avaliar os níveis de conforto dos utilizadores, e como tal, definir o que é uma arquitectura bioclimática de outros modelos de arquitectura ainda que imbuídos de preocupações de acesso solar e ventilação, tendentes a uma boa arquitectura bioclimática.

Ainda que na presente investigação a nossa atenção venha a ser focada no acesso solar aos edifícios e na avaliação dos efeitos do vento nos edifícios e no espaço urbano, o propósito final é alcançarmos um melhor desempenho térmico das construções de forma a providenciar as melhores condições de conforto segundo os padrões actuais com o menor consumo de energia possível.

No presente capítulo procuraremos distinguir as variedades de estudos bioclimáticos sobre edificações da menor diversidade de estudos bioclimáticos sobre o desenho urbano, quando comparado com a arquitectura bioclimática.

Apresentaremos alguns exemplos de exposições temáticas que procuraram desenvolver estratégias de controlo térmico em espaços exteriores, embora nem sempre com resultados esperados.

Desde o período helénico que vários arquitectos levaram a cabo construções e desenho de cidade com preocupações de adequação ao clima local e à topografia. Vitrúvius, Hippodamos de Miletos entre outros arquitectos clássicos conceberam projectos e/ou estudos conducentes a uma melhor arquitectura e desenho urbano adequados às características topográficas e climáticas locais.

Períodos houve em que as preocupações de ordem climática, topográfica e biológica foram praticamente esquecidas. No capítulo 2 pudemos entender este percurso até aos dias de hoje do ponto de vista bioclimático.

O desenvolvimento de estudos de modelos de arquitectura com preocupações bioclimáticas é relativamente recente, tendo surgido o termo "bioclimático" com os irmãos Olgyay, nos Estados Unidos, na década de 1960. Nessa altura, estabeleceram um primeiro procedimento sistemático com o objectivo de adequar os edifícios às condições do clima, criando a expressão "projecto bioclimático".

Victor Olgyay propôs uma metodologia para a construção bioclimática que distinguiu em quatro fases:

- Análise dos dados climáticos anuais da região;
- Avaliação biológica baseada nas sensações humanas;
- Soluções tecnológicas para reduzir os impactos do clima e utilizar as vantagens existentes;
- Desenvolvimento do projecto de arquitectura com as conclusões obtidas nas três primeiras fases e desenvolvimento equilibrado dos elementos conforme a necessidade, Olgyay (1963).

Olgyay (1973) desenvolveu ainda uma carta bioclimática, que relacionava dados climáticos aos limites do conforto térmico, para identificar estratégias do projecto.

Givoni prossegue com a evolução da carta bioclimática nos anos subsequentes, e em conjunto com estudos sobre o índice de fadiga térmica – IFT. Givoni apresentou um método para a determinação de estratégias com o propósito de adaptar as edificações ao clima local, visando o conforto térmico.

Torres (2006) a este respeito refere que: "Através da criação do diagrama bioclimático da edificação, Givoni levou em consideração os efeitos da edificação sobre o ambiente interno, diferenciando-se da Carta Bioclimática criada por Olgyay que considerava apenas as condições climáticas externas.", Com esta adaptação, Givoni consegue alargar o âmbito da carta bioclimática para o interior e cumulativamente a uma maior diversidade climática.

A definição de arquitectura bioclimática foi sendo reajustada desde Olgyay, por vários autores, caracterizando-se por "uma abordagem que tira vantagem do clima através da aplicação correcta de elementos de projecto e de tecnologia para controlo dos processos de transferência de calor" (...), (...) "este controle contribui para conservação de energia, assim como para assegurar condições confortáveis nos edifícios", Goulart e Pitta (1994); ERG (1999).

Lanham (2004) amplia o conceito introduzindo a eficiência de energia: "A arquitectura bioclimática pode ser definida como a projecção e construção de um edifício tendo em conta a análise do contexto bioclimático em que esta se insere, promovendo consequentemente uma melhoria das condições de conforto e uma minimização do consumo energético."
O desenvolvimento de estudos de arquitectura bioclimática ainda que desenvolvido antes de Olgyay, como foi o caso dos estudos de Alexandre Oleio, tivera um ponto de partida com a estrutura metodológica apresentada por Olgyay.

A profusão de estudos sobre arquitectura bioclimática ao longo dos últimos 50 anos teve um crescimento exponencial motivado pela consciência que não conseguiremos continuar muito mais além com a dependência energética de combustíveis não renováveis e com o consumo desenfreado de energia pelos edifícios para a manutenção de níveis de conforto interiores aceitáveis.

Estudos sobre arquitectura bioclimática têm sido desenvolvidos ao longo das últimas décadas por todo o mundo, com notáveis progressos na forma como a arquitectura tem evoluído de uma linguagem internacional ausente de rigor climático para uma arquitectura integrada de carácter mais regional. Tal como refere Viggiano (2009): "A realização de estudos sobre o modo pelo qual a arquitectura pode, por meio de seus elementos próprios e das características climáticas, satisfazer as necessidades térmicas de conforto humano, são possíveis pois os edifícios podem ser encarados como sistemas térmicos e já foram realizados por diversos pesquisadores, como, Olgyay, Givoni, Koenigsberger, Milne, Szokolayu, entre outros."

O movimento moderno consentiu pela sua linguagem de âmbito internacional que fossem desenvolvidos por todo o mundo projectos sem as essenciais adequações ao rigor do clima local, tal como refere Beraldo (2006)**:** "o legado da geração dos arquitectos ditos "modernos" e dentre todas as contribuições negativas que o modernismo proporcionou, nenhuma foi tão devastadora quanto a disseminação do *estilo internacional* na arquitectura".

Este estilo conhecido por utilizar soluções de desenho formais em detrimento de tradições locais com preocupações de adequação climática influenciou a arquitectura por todo o mundo, acentuando a dependência por sistemas mecanizados de aquecimento e arrefecimento. Porém "(...)Alguns arquitectos (principalmente Frank Lloyd Wright, Le Corbusier e Alvar Aalto), fixavam muitos dos princípios históricos da orientação do lugar, ventilação natural, iluminação da luz do dia enquanto selectivamente incorporavam a nova tecnologia como um *meio* do processo do projecto de uma construção. Outros, ignorando o clima, usaram a nova tecnologia de construção como um *fim*, gerando a forma da construção directamente." (Viggiano 2009 op. cit. Moore, 1993).

3.2 Défices na investigação bioclimática dos conjuntos urbanos

Se a arquitectura bioclimática teve ao longo de 50 anos, uma profusão de estudos e aplicação de conhecimentos em construções, ao nível dos conjuntos urbanos o mesmo não sucedeu com a mesma dimensão. A complexidade associada a simulações de radiação solar e de vento bem como pela diversidade de elementos naturais (climáticos e topográficos) influentes nos resultados finais dos conjuntos urbanos bioclimáticos impuseram desde o primeiro momento o desenvolvimento de estudos bioclimáticos sobre o desenho urbano.

Ainda assim, estudos sobre urbanismo bioclimático e de vastas áreas urbanas têm tido desenvolvimento ao longo de anos, baseando-se em metodologias estudos bioclimáticos de autores tais como: Katzschner (1997), Oliveira (1989) e Romero (2001).

Estes autores desenvolveram linhas de investigação com estratégias distintas, que apresentamos de seguida:

A metodologia de análise do espaço urbano, de Lutz Katzschner da Universidade de Kassel na Alemanha, define um método de estudo que avalia as condições do clima urbano através de uma descrição qualitativa do espaço e de um sistema de classificação baseado nos padrões térmicos e dinâmicos do clima urbano, em relação à sua topografia, ao uso do solo, às áreas verdes e à altura dada às edificações, a partir daí desenvolver uma descrição quantitativa do espaço.

Oliveira (1989) desenvolveu um método de análise a partir do qual foram redefinidos os atributos bioclimáticos da forma urbana quanto ao sítio e quanto à tipologia urbana. Araújo et al (2006), explica que: "A metodologia tenta auxiliar o planejador e o projectista no processo decisório, pois de certa forma trata com a questão morfológica da fracção urbana, seja para a concepção de uma cidade nova, seja simplesmente para uma expansão urbana ou para uma intervenção com objectivo de inovação urbana em áreas degradadas".

Marta Bustos Romero (2001) desenvolve um método de análise sobre os edifícios a partir do espaço urbano: "Para o controle natural dos ambientes na concepção de projectos, é importante conhecer os factores externos (clima) de onde se está projectando. Desta forma percebe-se que as concepções bioclimáticas podem ser aplicadas também ao espaço urbano, de forma que os ambientes urbanos resultantes possam transformar-se em "filtros" dos elementos do clima adversos às condições de saúde e conforto térmico do homem. Assim, todo o reportório do meio ambiente urbano (edifícios, vegetação, ruas, praças e mobiliário urbano) deve conjugar-se com o objectivo de satisfazer às exigências de conforto térmico para as práticas sociais do homem". A autora procura conjugar os elementos formais do edifício e do espaço urbano sob o ponto de vista bioclimático, obter o que a arquitectura bioclimática consegue com o edifício: transformar o espaço urbano com maiores níveis de conforto para os utilizadores e aumentar o desempenho energético dos edifícios que fazem parte deste conjunto urbano.

Ao nível do estudo dos desempenhos dos edifícios num conjunto urbano, Gonçalves et al (2002) refere que os factores que determinam o comportamento térmico desses edifícios são influenciados pela interacção dos elementos urbanos com o clima circundante, dos quais destaca a importância das condições de variabilidade climática de Lisboa (com influência de uma grande massa de água), bem como a influência microclimática ao nível da fachada, rua e jardim na qualidade interna das edificações, aspecto estes que trataremos a seguir.

Estudos recentes têm sido desenvolvidos relacionados com a investigação dos fenómenos climáticos urbanos a partir da avaliação da influência da configuração e geometria urbana na modificação do comportamento das variáveis climáticas. Estes estudos têm evidenciado a importância de se relacionar a forma urbana com a qualidade térmica interna das edificações, Santamouris (1997), Souza et al (2005).

A presente investigação pretende prosseguir com a avaliação do desempenho das edificações segundo a sua orientação, tipologia e alturas relativas da envolvente, procurando desta forma avaliar qual a sua influência no acesso solar e desempenho energético interior das construções.

No seguinte ponto apresentamos alguns exemplos de desenho urbano bioclimático que foram testados no âmbito de Feiras de Exposição Universais e Mundiais, como foram o caso da Expo'92 e da Expo'98, respectivamente.

3.3 Dois exemplos contemporâneos de "desenho urbano" com preo-cupações climáticas.

3.3.1 EXPO'92 – Adaptação climática na área da Cartuxa

A área de terreno está localizada próximo do Mosteiro da Cartuxa, com cerca de 300 Ha. Foi transformada para receber uma exposição internacional com a participação de 112 países, 23 organismos internacionais, 6 companhias espanholas e as 17 comunidades independentes.
Neste contexto, os urbanistas souberam tirar proveito dos conhecimentos sobre sistemas passivos de arrefecimento e controle de níveis de humidade para os aplicar no espaço urbano concebido para o efeito.
Recorreram fundamentalmente a sistemas passivos. No entanto,
Dada a presença de temperaturas elevadas durante a realização da Exposição foram utilizados ainda outros sistemas activos com recurso a energia para atenuar os extremos de temperatura diários, atingindo regulamente temperaturas superiores a 35ºC durante uma boa parte do dia.
Na figura subsequente encontramos um exemplo de sistemas de cobertura sobre os percursos pedonais entre os diversos pavilhões, constituído por uma cobertura que emana vapor de água, a fim de atenuar a temperatura, aumentar a convexão e acentuar brisas.



Figura 68 – Expo'92 Sistemas de pulverização de água

Fonte: Arquivo do autor

A Praça da Europa foi um dos mais interessantes exemplos de sistemas predominantemente passivos de regulação da temperatura, ventilação e níveis de humidade, recorrendo para tal a tubos de convexão de ar, superfícies de água em movimento permanente e cobertura sintéticas que atenuam a radiação solar junto ao solo.



Figura 69 – Expo'92 Praça da Europa sistemas passivos de arrefecimento

Fonte: Arquivo do autor

Aquando da construção do espaço urbano que iria receber os pavilhões e espaços exteriores para a recepção de eventos, houve a necessidade de criar um braço de rio a partir do Guadalquivir, desembocando num lago, funcionando como um sistema de arrefecimento de brisas, aumentando o efeito de evaporação e com isso a presença contínua de brisas frescas essenciais para atenuar os extremos térmicos presenciados na Exposição de 1992.



Figura 70 – Expo'92 Lago artificial

Fonte: Arquivo do autor

Nas Figura 70, Figura 71 e Figura 72 podemos presenciar a utilização de jardins suspensos, irrigados automaticamente, de forma a garantirem o necessário sombreamento aos percursos pedonais, reduzindo os níveis de radiação solar junto ao solo, permitindo suportar o ar seco e temperaturas elevadas.



Figura 71 – Expo'92 jardins suspensos.

Fonte: Arquivo do autor



Figura 72 – Expo'92 presença constante de água.

Fonte: Arquivo do autor

A exposição foi um excelente laboratório para testar soluções de controlo de temperatura. Para tal, cada país recorreu aos seus arquitectos com conhecimentos sobre soluções bioclimáticas, a fim de alcançarem soluções construtivas bioclimáticas, ou o mais próximo possível desse objectivo.

A título de curiosidade, praticamente todos os pavilhões tiveram de recorrer ao auxílio de sistemas de ar condicionado (dado o fluxo permanente de visitantes, densidade de visitantes por pavilhão e por hora e extremos térmico que dificilmente são solucionados dadas as características da exposição). No entanto, apenas dois países apresentaram soluções distintas: o Chile e Portugal. O Chile pela presença do Iceberg que, por motivos óbvios, dispensou outros sistemas de arrefecimento e Portugal pela suposta ausência de ar condicionado ou avaria dos mesmos tendo recorrido a sistemas de ventilação por ventiladores portáteis espalhados pelo pavilhão, numa clara alusão ao savoir-faire nacional para situações imprevistas.



Figura 73 – Expo'92 – Cortinas de água e coberturas verdes.
Fonte: Arquivo do autor

Vários pavilhões recorreram a sistemas de dupla fachada, dupla cobertura, fachadas e coberturas com presença de água corrente permanentemente (como é o caso do restaurante na Figura 73). As fachadas são envolvidas com sebes e eras com o propósito de atenuarem a incidência de radiação solar. Outros pavilhões recorreram a uma panóplia de sistemas mais ou menos originais, que foram na sua essência buscar a modelos ancestrais os sistemas de protecção solar.

Sobre os espaços urbanos os técnicos recorreram a vários sistemas de forma a tornarem o percurso do visitante menos sofrível durante o dia.

A Esfera Bioclimática (Figura 74) foi sem dúvida o sistema mais mediático, tendo sido escolhido como o símbolo da exposição, acentuando a clara preocupação desde o início pelas soluções bioclimáticas no espaço público e nas construções.

Para além deste sistema foram ainda explorados uma série de sistemas com recursos à vegetação e água, conjugando-os de forma a conseguir aumentar a ventilação, sombreamento e protecção à radiação solar, controlo de evapotranspiração e níveis de humidade, dado que a região andaluza nessa época do ano apresenta valores muito baixos de humidade, com claros prejuízos para actividades diurnas desempenhadas ao ar livre.



Figura 74 – Expo'92 Esfera Bioclimática – Globo de pulverização de água.

Fonte: Arquivo do autor

Em modo de conclusão, podemos referir que a Exposição foi uma excelente oportunidade para todos os países intervenientes, testar em soluções de desenho bioclimático conjugado com outras condicionantes. A de Sevilha foi, desta forma, um excelente laboratório para aprofundar soluções de desenho bioclimático e, fundamentalmente, no caso do espaço urbano, pelas características muito próprias que o clima encetava durante a realização da exposição.

Foi ainda uma excelente oportunidade para que Portugal (Anfitrião da Expo'98) pudesse aprofundar sistemas bioclimáticos que viria a aplicar em Lisboa.

3.3.2 EXPO'98 – Um parque urbanizado na ribeira do Tejo

A zona escolhida para albergar o recinto da Exposição Universal localiza-se no limite oriental da cidade de Lisboa, junto ao rio Tejo. Foram construídos diversos pavilhões, todos exclusivamente da competência do Parque Expo, entregando a vários arquitectos a concepção dos pavilhões e a equipas multidisciplinares de todas as suas valências, a concepção do espaço urbano, de forma a obter as melhores condições de utilização do recinto pelos visitantes.



Figura 75 – Expo'98 sombreamentos.

Fonte: Expo'98, Exposição Mundial de Lisboa – Arquitectura, Ed. Blau, 1998.

Foi uma preocupação do Parque das Nações, desde o início do projecto de urbanização, a melhoria da qualidade do ambiente urbano. Para tal foi elaborado um projecto de arborização sobre o qual toda a intervenção paisagística se centrou. Nesta intervenção incluíram-se não só os jardins, mas também os parques, logradouros, rotundas, praças e vias envolventes.

Da mesma forma, foi elaborado um estudo bioclimático sobre as condições mais adequadas de utilização do espaço urbano como modelo aperfeiçoado para garantir aos visitantes as melhores condições de utilização durante a realização da exposição.

Para tal, foram elaborados modelos informáticos onde se estudaram as melhores soluções de desenho, recorrendo a software específico para estudar a radiação solar, índices lumínicos e regime de ventos, frequência ritmo e velocidades.

O resultado final foi avaliado e considerando pelo BIE (o organismo internacional que elege as cidades a receberem as exposições) como a melhor Exposição Mundial de sempre.



Figura 76 – Queda de água, Expo'98
Fonte: Expo'98, Exposição Mundial de Lisboa – Arquitectura, Ed. Blau, 1998.

As soluções urbanas de atenuação de extremos térmicos foram várias sendo na sua essência descendentes das apresentadas na Exposição Universal de Sevilha em 1992, a saber: uso permanente de ventilação de diversas formas, uso de água, fundamentalmente aproveitando a presença do Tejo, e recorrendo ainda a espelhos de água, pulverização de água, vulcões de água (Figura 78), quedas de água (Figura 76) e canais de água espalhados pela exposição e recurso a sistemas de sombreamento edificados e forma a reduzir a incidência de radiação solar directa junto aos percursos dos visitantes.



Figura 77 – Sombreamento nas galerias exteriores entre edifícios
Fonte: Expo'98, Exposição Mundial de Lisboa – Arquitectura, Ed. Blau, 1998.



Figura 78 – Vulcão de água
Fonte: Expo'98, Exposição Mundial de Lisboa – Arquitectura, Ed. Blau, 1998.

O resultado final da Expo'98 suplantou, ao nível de desempenho climático, a performance obtida na Expo'92, em parte pela clara presença do Tejo (Figura 79), coadjuvado com a presença de brisas frescas de sul, em conjunto com uma multiplicidade de sistemas de controlo de insolação e potenciação de ventilação entre edifícios, nas galerias exteriores e nos edifícios, dimensionados de forma permanente, procurando sistemas que pudesse perdurar muito para além da própria exposição mundial com o menor nível de manutenção possível.

É sabido que estes sistemas necessitam de manutenção. Porém, estes são de menor frequência e custo que as preconizadas para Sevilha em 1992.

A presença de vegetação espalhado, por todo o recinto permite ainda hoje, passados mais de 10 anos da exposição, assegurar níveis de conforto térmico que dificilmente se encontram em Lisboa nos dias mais quentes do ano.

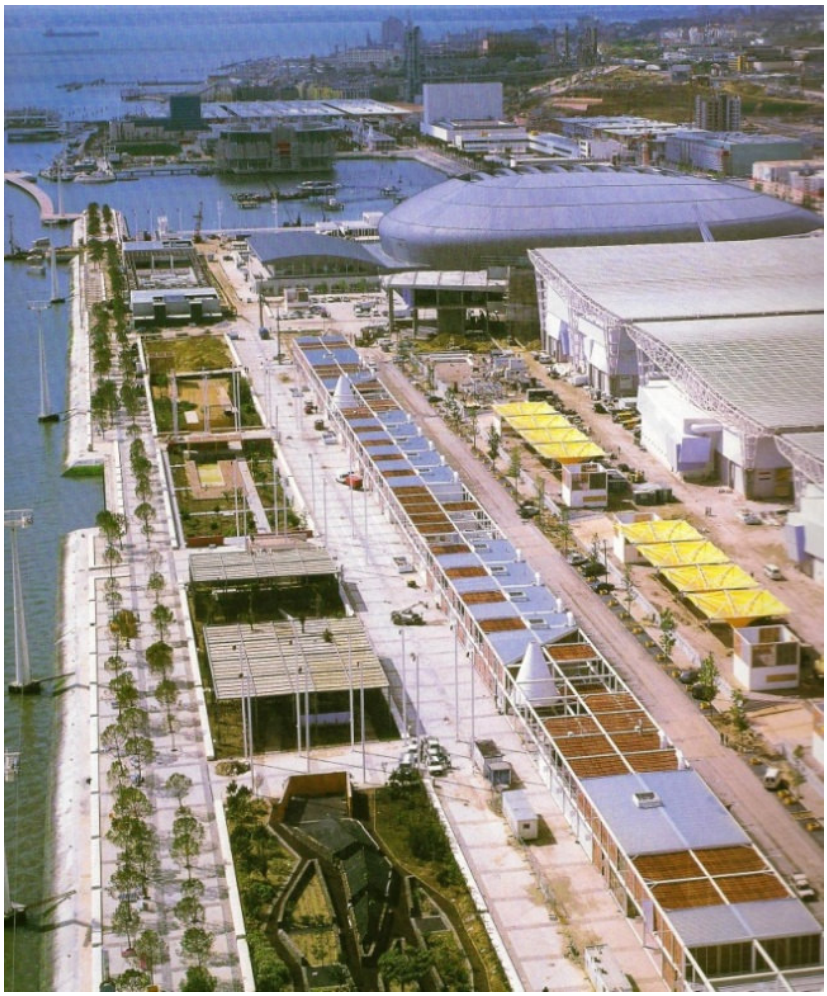


Figura 79 – Vista aérea da frente de rio da Expo'98
Fonte: Expo'98, Exposição Mundial de Lisboa – Arquitectura, Ed. Blau, 1998.

2º Parte

Variáveis climáticas e forma urbana: fundamentos do estudo

Capítulo 4 | Clima, Território e Desenho Urbano

4.1 Identificação dos factores mais relevantes para o microclima dos edifícios em Portugal continental

Para alcançarmos uma solução urbana adequada e adaptada ao clima não podemos partir de um suporte territorial vazio. Como tal, o seu conhecimento é de fundamental importância quando interligado com a análise do clima local, para alcançar a desejada solução urbana sustentada por princípios bioclimáticos.

O conhecimento dos recursos, características e potencialidades físicas do território é de primordial importância, sem o qual a análise climática não teria significado nem sentido.

O estudo bioclimático de determinado território urbano terá de ser avaliado de acordo com um conjunto de múltiplas variáveis que, interligadas, nos permitirão avaliar e medir os factores e elementos climáticos mais influentes, no propósito de esboçar estratégias bioclimáticas.

Apresentamos no quadro seguinte um esquema com as variáveis presentes num estudo bioclimático para um determinado território urbano.



Figura 80 – Variáveis de suporte a estudos bioclimáticos sobre o território urbano

Fonte: figura do autor

4.1.1 Factores climáticos e desenho urbano

4.1.1.1 Topografia

O estudo climático de inúmeras cidades com características específicas permite salientar a diversidade de contextos morfológicos urbanos e, em especial, de diferentes realidades topográficas locais.

N. Ganho (1998) cita inúmeros autores que apresentam estudos sobre efeitos da topografia no clima local, vento, precipitação e poluição atmosférica, muitas vezes estudados ao pormenor para áreas não urbanas. Porém, os efeitos urbanos e as suas interacções com os factores topográficos não são tidos em consideração.

Sobre a relação topoclimática urbana, Y.Goldrich (1984), citado por N. Ganho (1998), refere que " a influência da topografia pode ser tão forte que a magnitude da ilha de calor acaba por depender mais da morfologia local do terreno do que do complexo urbano", demonstrando que é difícil isolar os efeitos urbanos e topográficos na temperatura local.

Ganho (1998), refere que: "O arrefecimento induzido pela altitude é um fenómeno que à escala topoclimática nem sempre acontece". verificamos que sendo dependente das condições de tempo, o que muitas vezes acontece é precisamente o oposto com condições nocturnas de céu limpo e vento fraco. Assim sendo, dá-se um aumento da temperatura com a altitude. Desta forma, a cidade com localizações sobrelevadas relativamente às periferias apresenta uma intensificação do efeito de ilha de calor urbana devido precisamente à topografia elevada, tal acontece com Joanesburgo (P.D. Tyson et al 1972; Y. Goldrich, 1970), Brasília e com a cidade do México.

A conjugação dos efeitos urbanos com a topografia no sobreaquecimento tem as suas consequências higrométricas, fundamentalmente na diminuição da humidade relativa, em conjunto com a intensificação da ilha de calor, verificando-se um aumento da ilha de secura. N. Ganho (1998).

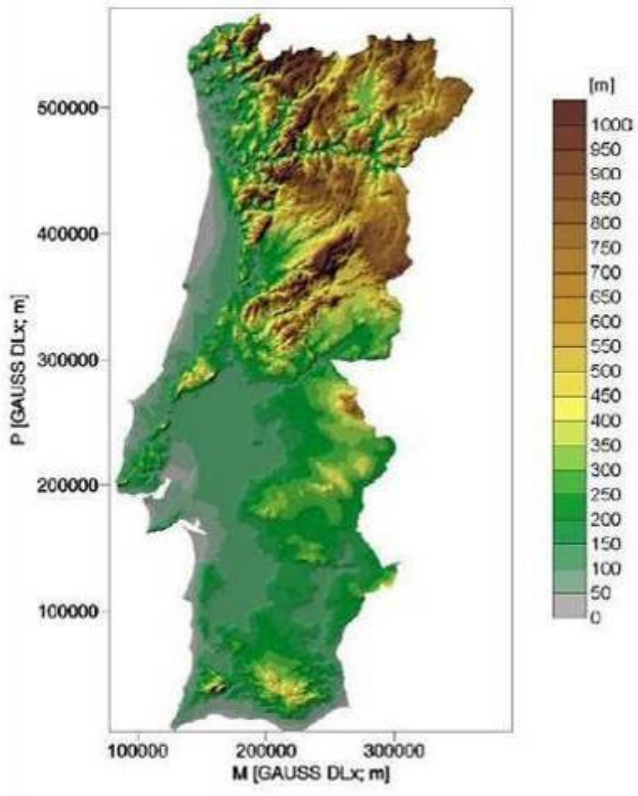


Figura 81 – **Mapa de altimetria de Portugal continental**
Fonte: web.educom.pt/.../mapas/Por_Altimetria.JPG

A topografia pode ainda influenciar a dispersão dos poluentes. A título de exemplo temos a cidade do México, onde a conjugação da altitude com a localização da cidade numa bacia rodeada de montanhas reduz a ventilação, restringindo desta forma a dispersão de fumos e poluentes.

4.1.1.2 Pendentes

As pendentes tal como a topografia no seu sentido mais lato influenciam as condições climáticas das cidades. A génese de várias cidades teve-as como preocupação inicial, para que a sua localização fosse o melhor compromisso entre:

- Orientação solar;
- Pendentes a sul ou poente;
- Protecção dos ventos frios de Inverno.

Destes, a pendente é a variável geomorfológica mais influente ou condicionadora do clima, comummente associada a criação de microclimas.

M. Romero (2000) afirma que as regiões acidentadas possuem os microclimas mais variados. Cada pendente possui características próprias. A orientação e o seu declive influenciam nos valores de radiação solar.

4.1.1.3 Superfície do solo

A variabilidade da superfície terrestre portuguesa é por si só uma condicionadora climática. As variações do tipo de solo, acidentes geográficos, variabilidade de vegetação dimensão e forma da cidade são, no seu conjunto, factores determinantes nas alterações e definições do clima local. O quadro seguinte apresenta uma comparação do comprimento de rugosidade conforme a diversidade de tipos de superfície de solo, demonstrando que as características urbanas oferecem um atrito exponencialmente maior que os elemento naturais. Podemos afirmar que a superfície urbana, de per si, é geradora de alterações climáticas consideráveis, retratadas entre outros elemento pelo efeito de ilha de calor urbana.

Tipos de superfície	Comprimento de rugosidade z_0 (cm)
Água	~0.001
Areia	0.01 – 0.1
Neve	0.1 – 0.6
Relva (~0.01m)	0.1 – 1
Erva baixa	1 – 4
Terreno lavrado	2 – 3
Erva alta	4 – 10
Pinhal	90 – 100
Árvores e algumas casas	20 – 40
Cidade ou grandes aglomerados de casas	80 – 120
Centros de grandes cidades	200 – 300

Tipos de Superfície e comprimentos de rugosidade correspondentes.

Figura 82 – Tipos de superfície e comprimentos de rugosidade correspondentes.

A superfície urbana, sendo mais rugosa que a envolvente natural, gera um maior atrito com o vento, provocando a alteração da sua velocidade e sua forma de deslocação, que poderá passar pela forma de turbilhão de ar. Conforme o desenho do perfil da cidade e o desenho da malha, a deslocação do vento poderá aumentar ou reduzir a velocidade do vento, que podendo provocar desconforto de utilização no espaço urbano.

A diversidade de tipos de superfícies do solo no território nacional tem influência nas características do vento. A maior rugosidade do solo reduz a velocidade do vento.

Chandler (1976), citando Davenport, estabelece um paralelismo entre o comportamento do vento em diferentes superfícies: - Urbana; Rural e Marítima. (figura 83) no qual podemos verificar que a velocidade diminui cerca de 35% face ao ambiente rural em baixas altitudes (inferior a 100m) e cerca de 54% face à velocidade do vento sobre superfície marítima.

Em cada caso os números são percentagens do gradiente de velocidade do vento no topo da camada limite.

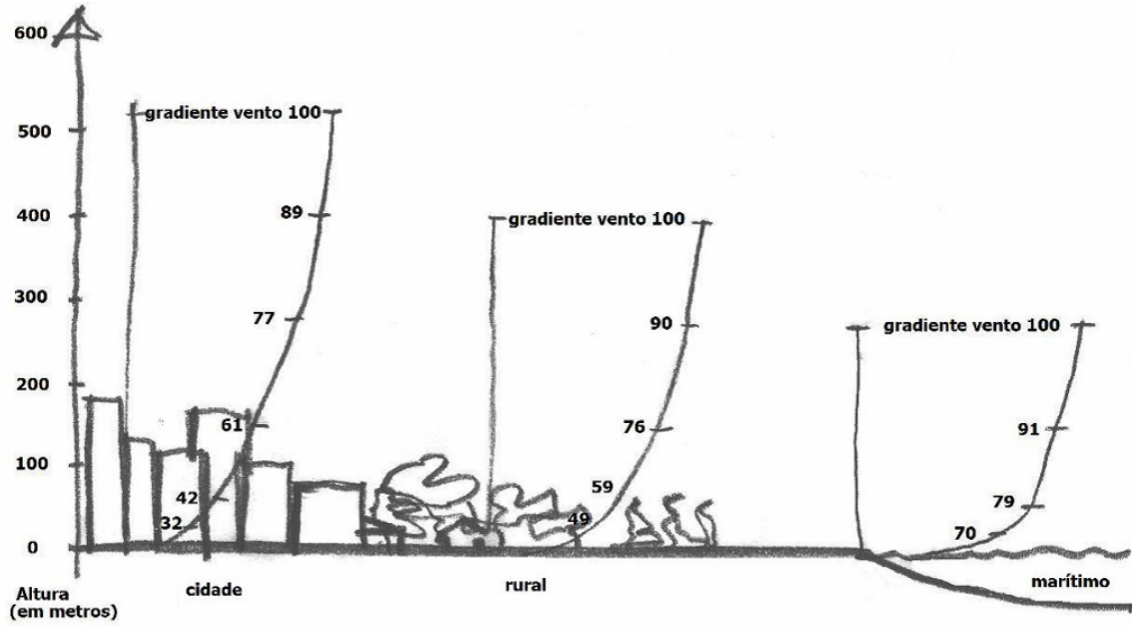


Figura 83 – Diagrama do perfil de velocidade do vento sobre as superfícies urbanas, rural e marítima.
Fonte: Adaptado de Beirão, P.J. "Contribuição para o estudo da influência da urbanização sobre os elementos climáticos"FCTUC- DEM, Coimbra, 1999.

4.1.1.4 Vegetação

A vegetação tem um papel fundamental como regulador bioclimático na cidade.

Atenua a agressividade climática local e absorve a poluição atmosférica, para além dos efeitos de fotossíntese e oxigenação fundamentais para a qualidade do ar.

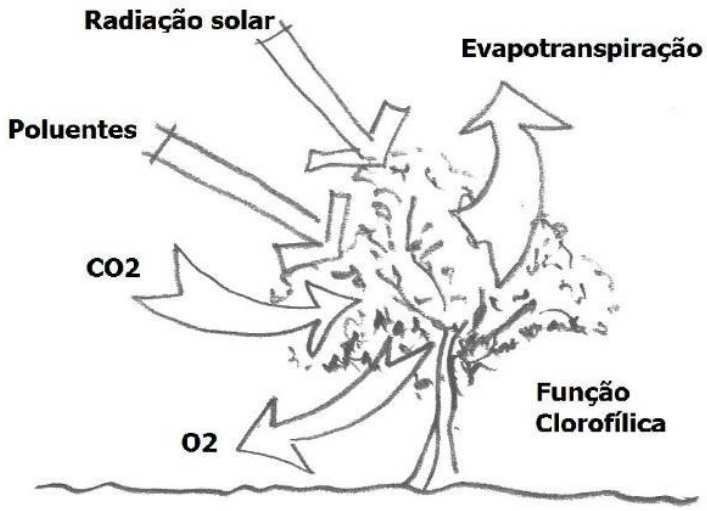


Figura 84 – Benefícios da utilização de vegetação como atenuante térmico e de poluentes.
Fonte: Romero, M.B. (2000)

As superfícies vegetais podem funcionar como atenuadoras de vento. Para esse efeito, recorremos a barreiras constituídas por filas de árvores posicionadas oblíqua ou perpendicularmente ao local que pretendemos proteger. O grau de perturbação à acção do vento depende da altura, largura e porosidade da barreira vegetal. Quanto mais alta é a barreira, maior distância atinge o escoamento perturbado a jusante do obstáculo.

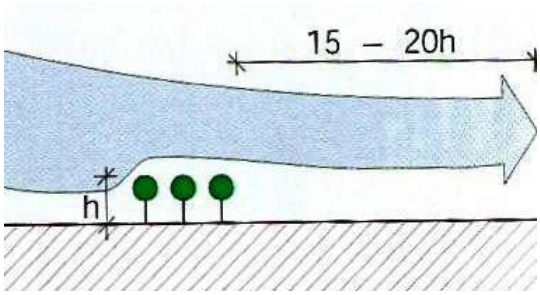


Figura 85 – Efeito da vegetação sobre o vento.

Fonte: Green vitruvius 2001.

Há também que ter em consideração a diferença entre folha perene e folha caduca, dado que a primeira oferece resistência aos ventos frios de Inverno, enquanto a segunda pouco atenua o vento, mas permite gerir a radiação solar atenuando-a no verão. Ambas as qualidades arbóreas, quando correctamente implantadas, condicionam e influenciam a cidade ou edifícios, com os benefícios que daí advêm. Actualmente, o conhecimento das vantagens do uso da vegetação permite adoptar em espaços livres espécies arbóreas que, em conjunto com o edificado urbano favorecem as composições atmosféricas, velocidade do vento, estabilizador dos níveis de humidade e de radiação solar.

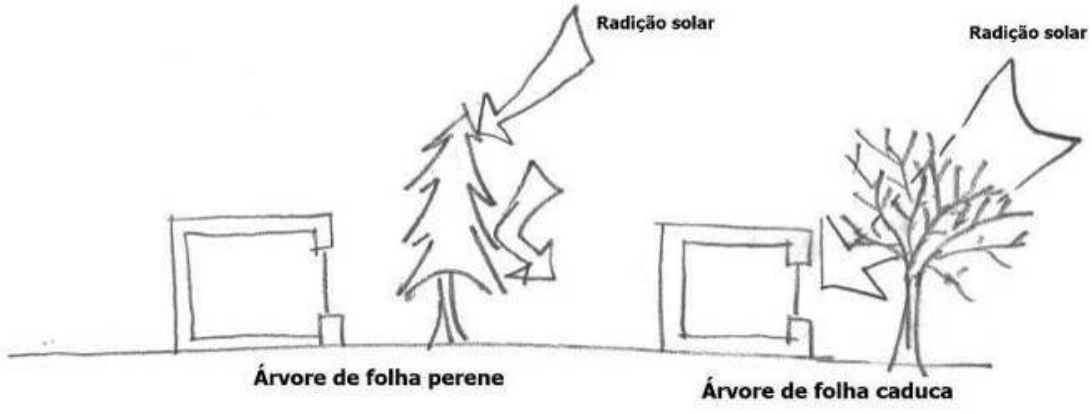


Figura 86 – Variabilidade de tipo de vegetação e comportamento à radiação solar no Inverno
Fonte: Romero, M.B. (2000)

A vegetação afecta a velocidade do vento, segundo Dirmhirn et al (1959) uma redução na velocidade do vento nos parques urbanos da cidade de Viena, para metade do valor obtido em zonas desprotegidas de árvores. Na mesma cidade, a medição da velocidade do vento diferia entre 20 a 30% entre folhagem caduca e perene. Frederick (1961) constatou o mesmo em Nashville, aferindo valores semelhantes entre folha caduca e perene. Estes factos são o resultado da distinta resistência aerodinâmica imposta pelo diferente tipo de vegetação.

Os níveis de evapotranspiração são condicionados pela vegetação, segundo um estudo realizado por Rudolph Geiger, que indica que no Hemisfério Norte uma floresta mista de Carvalhos e Álamos reduz em 69% a radiação solar incidente sobre o solo, fazendo com que as florestas sejam mais frescas no Verão e mais quentes no Inverno. Descreve ainda que uma fileira de árvores pode reduzir a velocidade do vento em 63%. Romero, M. (2001)

Guyot (1980) citado por E. Assis (1990), refere que um hectare de bosque (10.000m2) pode produzir em evapotranspiração cerca de 5.000 toneladas de água por ano, ressaltando ainda que o consumo de calor latente para evaporação permite obter também um decréscimo significativo de temperatura ambiente.

Oke (1973) verificou que quando uma área tem uma cobertura vegetal em mais de 20% da sua superfície, a energia radiante é utilizada predominantemente para evaporar a água e não para aquecer o ar. Pelo contrário, quando uma área urbana possui menos que 5% de cobertura vegetal, as condições de humidade aproximam-se às de um clima desértico. Refere ainda Oke que uma cobertura de apenas 30% da superfície com vegetação é suficiente para proporcionar 66% da possibilidade de arrefecimento.

Na sequência da análise feita e perante o estudo de vários autores, concluímos que, sob a influência da vegetação, o território urbano é condicionado e pode ser melhorado de um ponto de vista bioclimático.

4.1.1.5 A Água

A água no seu estado líquido (em superfície de lagos, lagoas, rios ou mar) funciona como um estabilizador de temperatura e humidade nas suas cidades periféricas.

Durante o Verão, a presença de grandes lençóis de água à superfície permite reduzir a temperatura máxima, fornecendo, em conjunto com o vento um atenuante térmico e regulador dos níveis de humidade do ar. No Inverno, permite de igual forma atenuar a agressividade da temperatura mínima. No entanto no caso do Inverno, em conjunto com o vento, os níveis de humidade podem atingir valores muito elevados, com óbvios motivos de desconforto de utilização do espaço público.

A capacidade superior de armazenamento de energia pela água, comparativamente com as superfícies secas, permite estabilizar a variabilidade climática de determinada região perto de zonas de água com alguma dimensão.

Nas figuras seguintes apresentamos o modelo de reequilíbrio térmico estabelecido entre a frente terrestre e a superfície de água, com as trocas térmicas feita através da formação de brisas.



Figura 87 – Brisa marítima

Fonte: adaptado de Oke, 1987

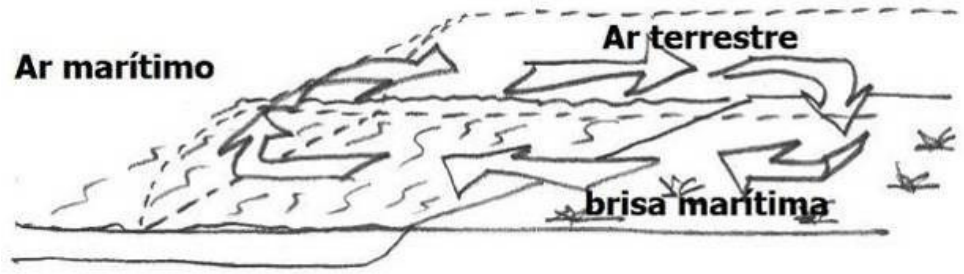


Figura 88 – Brisa terrestre

Fonte: adaptado de Oke, 1987

4.2.1 Elementos Climáticos

4.2.1.1 Insolação

A utilização de mapas de radiação solar (Figura 90) permite-nos avaliar ao longo do ano a presença de maior ou menor insolação em determinados pontos, para desta forma disponibilizar ferramentas para estabelecer soluções que, conforme as necessidades circunstanciais ou sazonais permitam aumentar ou reduzir áreas de sombreamento, de acordo com as necessidades de cada caso.

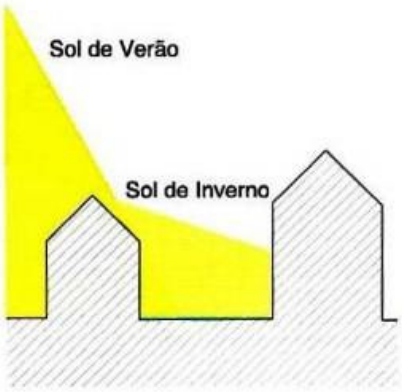


Figura 89 – Variação da inclinação de projecção solar no Verão e Inverno
Fonte: A Green Vitruvius, CCE. 2001

A insolação e o regime de nebulosidade, encontrando-se directamente relacionados, deverão ser estudados em conjunto, de forma a analisarmos sequências de dias de pouca insolação, com efeitos directos no conforto e bem-estar psíquico dos cidadãos, bem como na capacidade de iluminação do interior das habitações e/ou de ruas mal dimensionadas, com elevado sombreamento em períodos de Inverno cinzentos.

4.2.1.2 Radiação Solar

A análise da radiação solar é um instrumento essencial na abordagem bioclimática da cidade e do desenho urbano, permitindo a quantificação momentânea, diária até anual, da quantidade de energia que é distribuída em determinada superfície pelo sol.

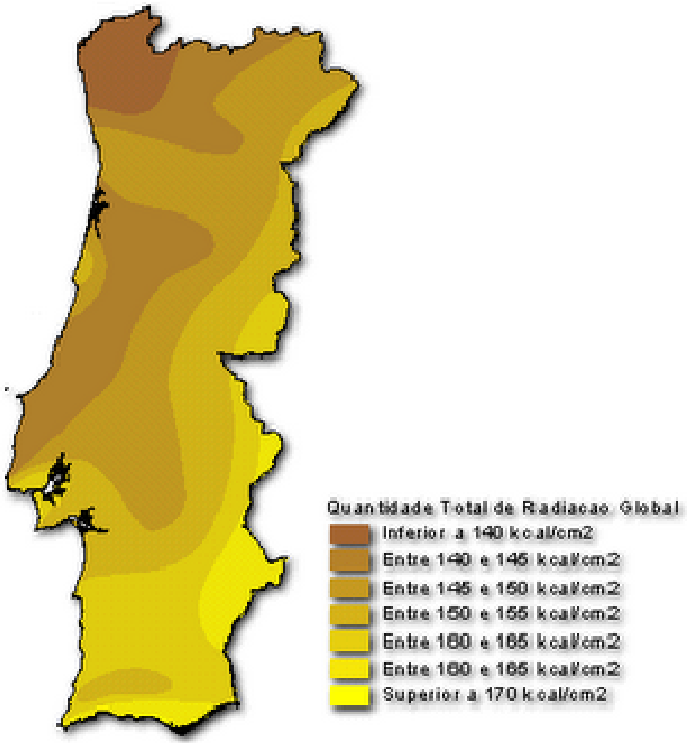


Figura 90 – Mapa de radiação solar – valores médios anuais – Litoral Norte e centro de Portugal.
Fonte:http://3.bp.blogspot.com/_--aejx7TXcI/RmmxGdq-4VI/AAAAAAAAAJA/RUkKPL0pyMc/s320/c_radsolar.gif

A medição da radiação solar em determinadas superfícies permite-nos avaliar o melhor ou pior desempenho dos conjunto edificados e avaliar individualmente cada edifício no que diz respeito à sua melhor orientação, melhor comportamento face à radiação solar e quais os impactos volumétricos de sombreamento sobre a envolvente directa.

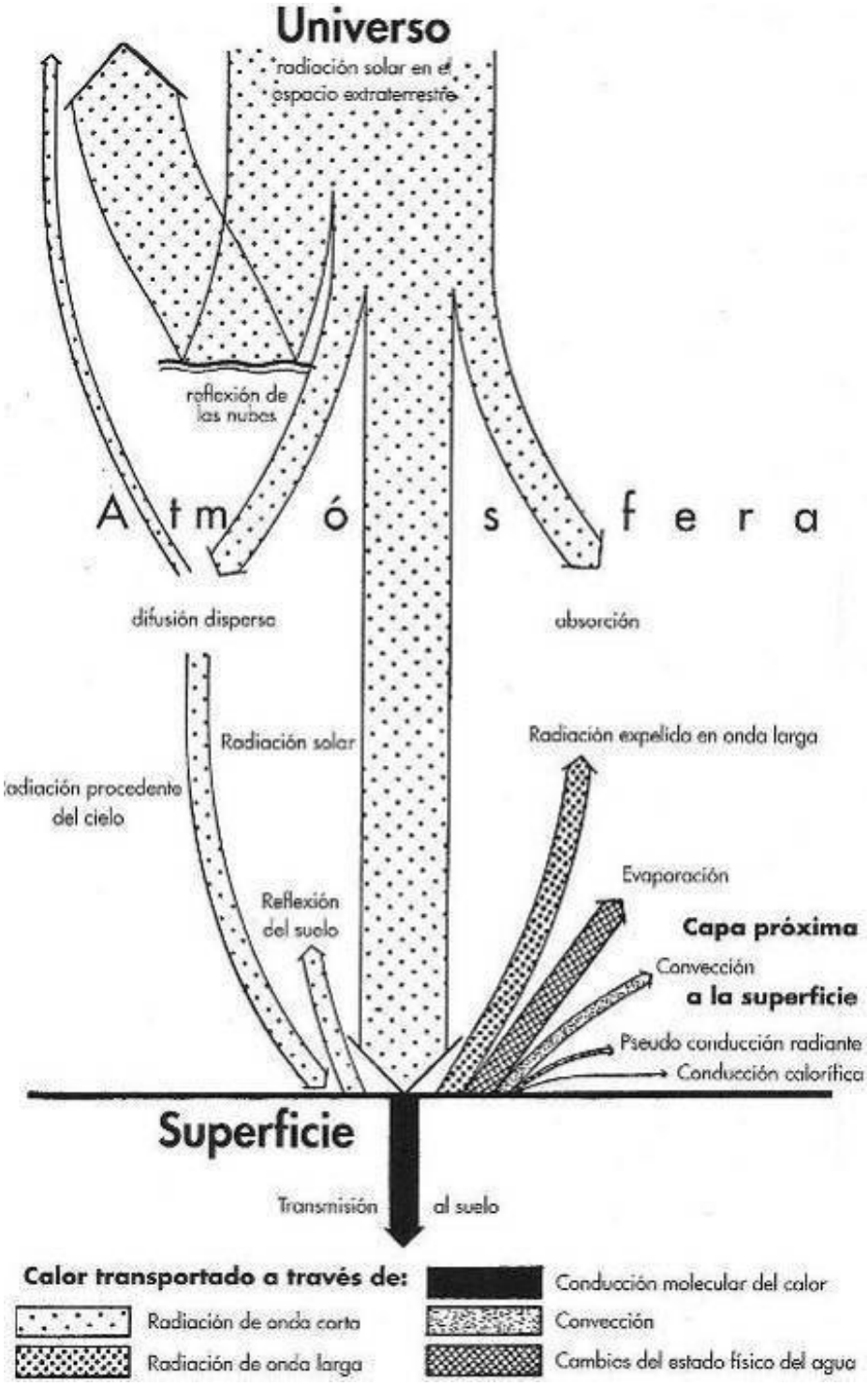


Figura 91 – Acção da radiação solar sobre a atmosfera e a superfície terrestre.
Fonte: Olgyay, V. design with climate, 1963

A gestão e controle da insolação sobre o tecido urbano e, em última análise, sobre os conjuntos de edifícios têm como base as diferentes coordenadas de altitude e azimute do sol ao longo do dia e do ano. Permite-nos evidenciar áreas desfavorecidas face à insolação e, através da medição da radiação solar – aspecto fundamental para a opção por sistemas que tirem proveito desta vantagem ou desvantagem – a maior ou menor resistência à radiação excessiva em determinados locais e/ou épocas do ano, e aproveitar desta maneira essa mesma energia para a gestão da temperatura e conforto de utilização. A uma escala de maior detalhe, utilizando a mesma abordagem metodológica, permite-nos ainda, em conjunto com a geometria urbana, determinar áreas de sombreamento dos conjuntos edificados, gerindo formas do edificado e materiais de construção para além do desenho urbano.

4.2.1.3 Temperatura

A análise da temperatura na cidade e periferia ao longo do ano permite-nos identificar e localizar núcleo (s) urbano (s) que são afectados pelo efeito de ilha de calor urbana , determinação da intensidade, regime intra diurno e a dinâmica espacial em função de diferentes condições de tempo, tendo em análise os “lagos de ar frio” e suas inter-relações com ilha de calor urbana. Ganho, N. (1998)

Os efeitos da ilha de calor urbana nem sempre se podem considerar prejudiciais (se visto apenas na óptica da cidade), dado que no período do Inverno a sua existência é benéfica. O mesmo já não acontece no verão, especialmente nas noites quentes de verão, com diferenças de temperatura de 5ºC ou superiores entre a periferia e o centro urbano. Em cidades com clima continental, onde a proximidade ao Atlântico não se faz sentir, o efeito da ilha de calor urbana pode funcionar como um atenuante térmica no Inverno face à periferia rural. No entanto, esse efeito no verão será efectivamente um problema. Sobre este aspecto seria essencial que o vento no verão tivesse a possibilidade de atenuar esse efeito e reduzir de igual forma a presença de poluentes atmosféricos.

À escala dos conjuntos edificados a avaliação da temperatura permite determinar e gerir correctamente as necessidades de isolamento térmico dos edifícios, de equipamentos e energia necessários para aquecimento e arrefecimento dos interiores das habitações.

4.2.1.4 Precipitação

A análise sobre os índices de precipitação deverá ser tida em consideração na determinação espacial da quantidade e intensidade da precipitação sobre o território urbano. Permite-nos gerir melhor os recursos hídricos à superfície e subterrâneos, a retenção da água em bolsas abertas (lagos, espelhos de água e canais de água), atenuando os extremos térmicos e gerindo os níveis de humidade e evapotranspiração. Da mesma forma, o desenho das vias de circulação e respeito pelos leitos de inundação terá de ser considerado como forma de organizar melhor a gestão urbana face a níveis excepcionais de precipitação.

A presença de pluviosidade reduz os níveis de radiação solar indirecta (dado que a radiação solar directa nestes caso será inexistente), atenua os picos de temperaturas baixas no Inverno através do efeito da cobertura de nuvens, criando uma cúpula de protecção sobre a irradiação de calor da superfície, regulando a temperatura do ar durante algum tempo. Conjugando este fenómeno com o efeito da ilha de calor urbana, a cidade atinge facilmente valores de temperatura do ar à noite mais elevados que nas periferia rurais.

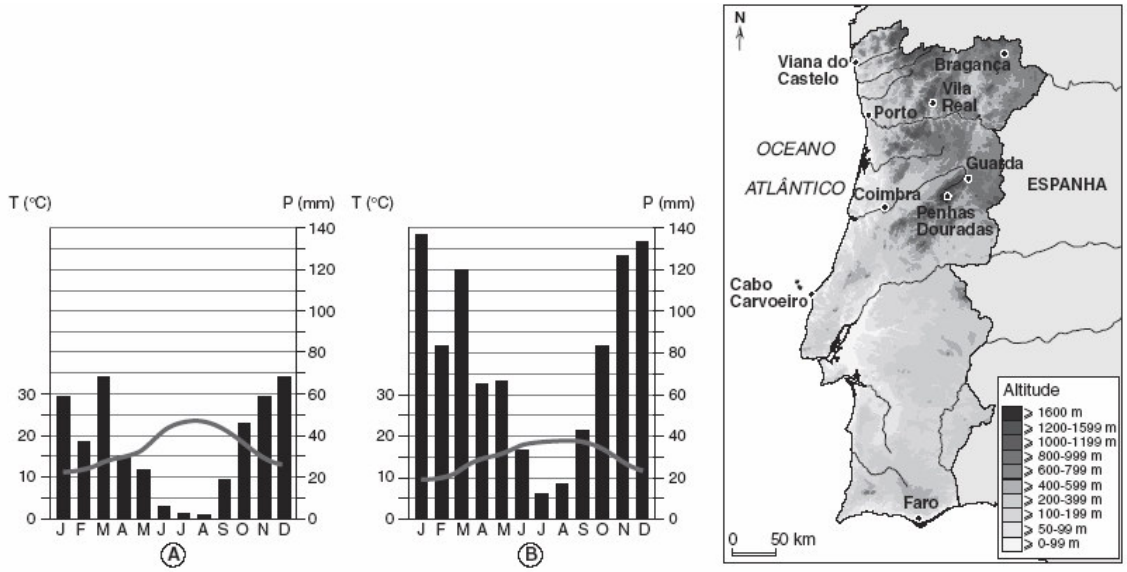


Figura 92 – Índice pluviométrico no mês de Janeiro de 2007.
Fonte: http://imagens.webboom.pt/recurso?&id=1046081

Na figura 92 verificamos a clara distinção entre a zona Norte e Centro Litoral do país face ao sul e à maioria das zonas interiores no que diz respeito á quantidade de precipitação no mês de Janeiro. Claramente vem de encontro à caracterização das distintas regiões climáticas portuguesas.

4.2.1.5 Humidade do ar

O estudo do regime de humidade assume particular interesse quando cruzado com o regime da temperatura na determinação dos diferentes graus de desconforto bioclimático e situações de stress térmico (convém no entanto não esquecer a influência do vento neste contexto). A sua gestão poderá ser condicionada através de sistemas passivos e activos que criem ou acentuem a presença de níveis de humidade, essenciais para obter níveis de conforto de utilização razoáveis. Os sistemas passivos podem passar pela presença de superfícies de água e vegetação de forma seleccionada e abundante, enquanto os sistemas activos podem ser do tipo de dispersores de vapor de água (figura 93), chafariz, quedas de água, tanques de água, vulcões de água, etc.



Figura 93 – Expo'98 – exemplo de sistemas activos de emissão de vapor de água como atenuante de extremos de temperatura e regulação do nível de humidade do ar.
Fonte: Expo'98, Exposição Mundial de Lisboa – Arquitectura, Ed. Blau, 1998

A impermeabilização da superfície da cidade e a escassez de vegetação impõem como consequência natural a diminuição da evapotranspiração da cidade para a atmosfera relativamente à periferia rural. Convém, no entanto, não esquecer que com a presença de determinadas indústrias, estas poderão poluir a cidade com níveis invulgares de emissão de vapor de água (emissão antropóficas de vapor de água).

O efeito de ilha de calor urbana permite ainda reduzir os níveis de humidade na cidade devido ao aumento de temperatura provocado, acentuando o processo mais rápido de evaporação na cidade.

À cidade normalmente associamos sempre valores mais baixos de humidade relativa face à periferia. No entanto, sobre a humidade absoluta nem sempre isso acontece. Sobre isto, refere T.J. Chandler (1967) que para o caso de Londres as maiores diferenças de humidade relativa correspondiam a noites de verão, quando a ilha de calor urbana é mais intensa face á periferia. Para o caso de Leicester, nos 3 dias de observação em Agosto, encontraram diferenças de humidade relativa desfavorável à cidade de 10 a 18% face á periferia. No entanto, refere que há uma evidência clara que as humidades absolutas nocturnas, tanto em Londres como Leicester, são frequentemente maiores na cidade do que nas periferias rurais próximas, surgindo a existência de "ilhas de humidade" durante a noite. Ganho, N. (1998)

Vários autores apresentaram resultados de análises sobre várias cidades, determinando o efeito de ilha de humidade durante a noite nas cidades com valores de humidade absoluta muito superiores na cidade que no campo. Neste contexto, podemos evidenciar que a humidade relativa é inferior na cidade do que no campo, o mesmo não acontecendo com a humidade absoluta.

Em Portugal, A. Monteiro (1993) elaborou um estudo à escala topoclimática onde apresentou resultados sobre a humidade em meio urbano para o caso da cidade do Porto. Conclui a autora que a humidade absoluta é superior na cidade que na periferia (dados obtidos à noite) e que os níveis de humidade absoluta são superiores no núcleo central que nas áreas imediatamente adjacentes, não se tratando, por isso, de uma "ilha de humidade", mas de efeitos de ilha de calor urbana.

T.R. Oke (1992) resume as diferenças de humidade relativa e absoluta entre o espaço de cidade e periferia rural, afirmando que no espaço urbano correspondem valores inferiores de humidade absoluta durante o dia, contrariamente à noite, onde os valores são superiores, podendo falar-se em "ilhas de humidade" nocturna, consequência essencialmente da redução de evapotranspiração no campo, contrária ao que acontece na cidade.

4.2.1.6 Vento

O vento é dos factores climáticos a ter em maior consideração no estudo e abordagem a princípios bioclimático em território nacional. A sua presença com maior ou menor variabilidade e intensidade altera substancialmente as condições de conforto de utilização do espaço público, assegura a libertação de poluentes atmosféricos urbanos e garante ainda a necessária ventilação ao tecido urbano. Porém, por outro lado, impõe-se-nos com a agressividade de ventos marítimos (húmidos), atenuando a temperatura e aumentando os níveis de humidade para além dos níveis de conforto bioclimático. Para o estudo da cidade é fundamental conhecer o regime dos ventos locais obtidos através de dados de velocidade, orientação e frequência, obtendo por este meio a informação essencial sobre a acção do vento no território e actuando em conformidade.

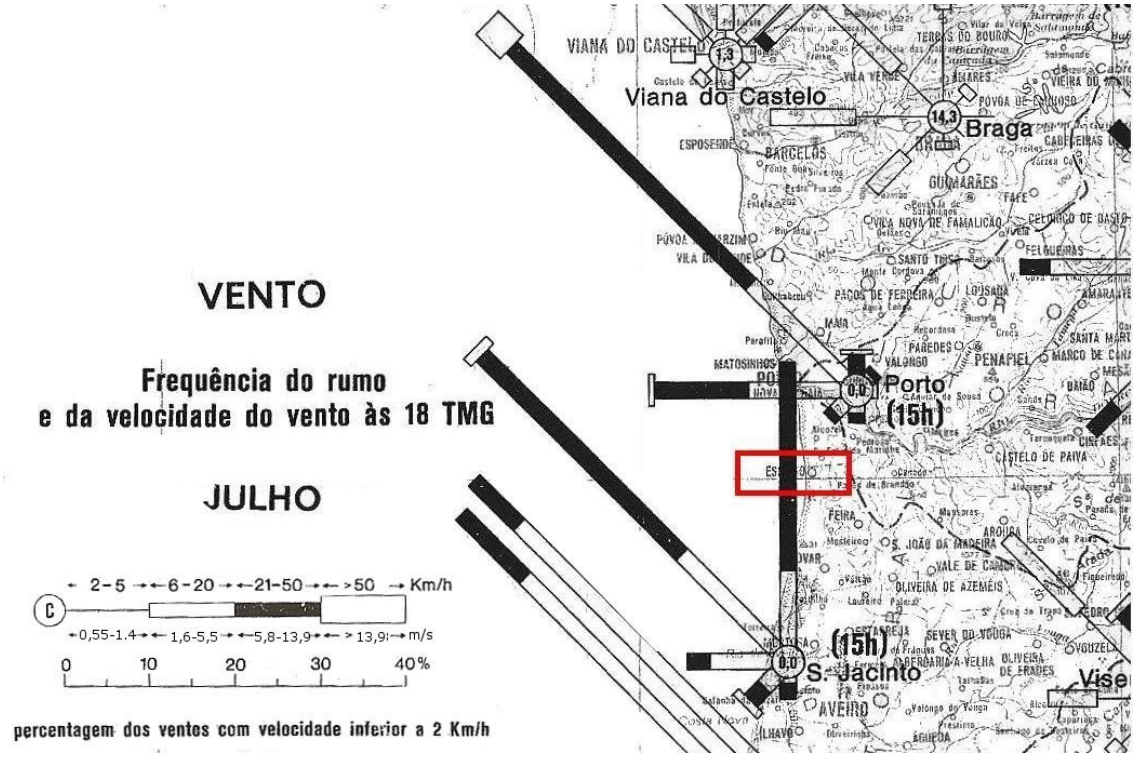


Figura 94– Excerto do atlas de vento em Julho para a região do Grande Porto
Fonte: Atlas Climatológico de Portugal Continental, Serviço de Meteorologia Nacional, edição preliminar, Lisboa 1974.

A frequência e velocidade dos ventos variam ao longo do dia e do ano, o que pode ser uma vantagem dado que nos permite criar estratégias de intervenção, logo, organizar o território urbano de forma a receber determinados ventos e suprimir os mais inconvenientes.

Na figura 94 – carta dos ventos – que se reporta ao norte litoral, notamos a clara influência do Oceano Atlântico na direcção e intensidade dos ventos, com grande teor de salinidade e humidade. Tal deverá ser tido em consideração na formulação de propostas de desenho urbano sob princípios bioclimáticos.

Na figura 95, no mapa de distribuição espacial do vento no território nacional, é evidente a relação vento/ topografia/ Oceano Atlântico, dado que os valores mais elevados de velocidade do vento surgem em primeiro plano sobre superfícies elevadas e da proximidade ao Atlântico, sendo os valores mais reduzidos em zonas de vales protegido por zonas montanhosas (caso do interior norte), zona de Coimbra e essencialmente no Alentejo e Ribatejo, nas zonas mais afastadas do Atlântico.

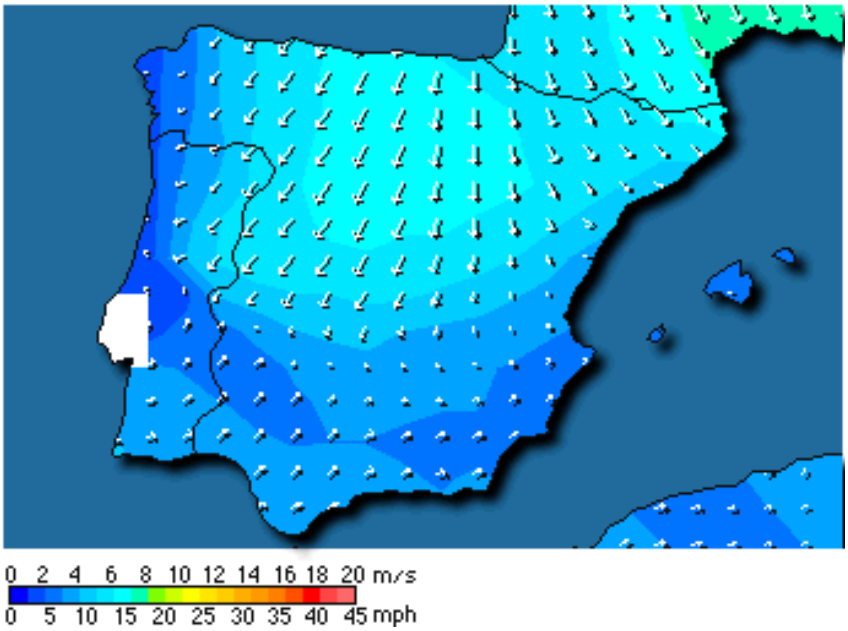


Figura 95 – **Mapa de distribuição espacial do vento**
Fonte: http://maps.wunderground.com/data/images/i_sp_ws.gif

As especificidades geomorfológicas do território influenciam os ventos através de obstáculos ou canais de distribuição, criando especificidades locais sobre o regime dos ventos. Cada zona terá de ser tratada como tal.

A uma escala de maior detalhe há que considerar, em função da topografia e relevo, as áreas onde se verifiquem efeitos de abrigo ou efeitos de aceleração de fluxos, bem como áreas de drenagem e acumulação nocturna de ar frio, e identificar e caracterizar as circulações provocadas pela cidade, com a pretensão de evidenciar as suas interacções com o tecido urbano, ao nível da camada limite urbana (urban canopy-layer) x e da camada urbana ao nível das coberturas (urban boundary-layer) xi. Assim, consegue-se delimitar áreas com maior tendência para a acumulação de poluentes.

As especificidades geomorfológicas do território influenciam os ventos através de obstáculos ou canais de distribuição, criando especificidades locais sobre o regime dos ventos. Cada zona terá de ser tratada como tal.

Outra fonte influente sobre o vento será o efeito de ilha de calor urbana que promove as correntes ascendentes e da periferia para o centro térmico da ilha de calor. Este tema é de grande complexidade e dificuldade, sendo, poi,s ainda um campo aberto de oportunidades para o estudo sobre o tema. Apesar de tudo o já referido, o estudo do vento encontra-se menos divulgado que a ilha de calor urbana. O estudo do vento foi durante muito tempo feito a partir da comparação de dados obtidos entre duas estações meteorológicas, uma na cidade e outra no campo. Ora, como sabemos, o fluxo, a direcção e a intensidade do vento variam incessantemente no tempo e no espaço. Embora actualmente com o recurso a balões estabilizados a informação tenha aumentado, ainda, são escassos os elementos sobre o vento no interior do espaço urbano como refere M. Alcoforado (2004).

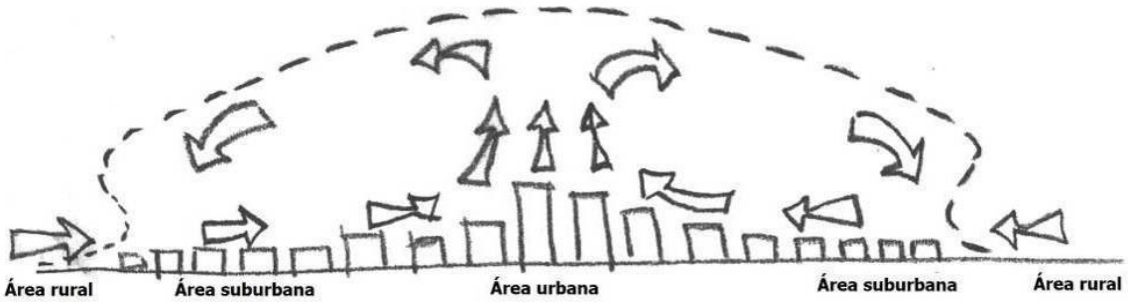


Figura 96 – efeito de ilha de calor sobre o vento
Fonte: Romero, M.B. 2000

À escala do desenho urbano e arquitectura, a interacção das circulações locais com o desenho urbano deverá ser estudada com o objectivo de adequar a geometria urbana – orientação e largura das ruas, forma e orientação dos edifícios – a um aumento da dispersão de poluição, do conforto bioclimático dos utilizadores, reduzindo os efeitos dinâmicos do vento, o *stress* térmico e o *Windchill*. [xii]

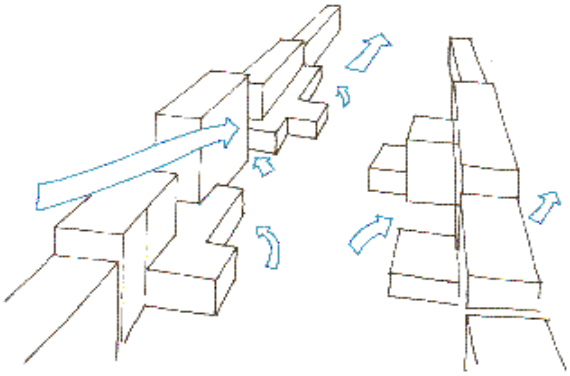


Figura 97 – **Efeito do vento sobre os edifícios**
Fonte: www.townscope.com

A gestão do vento através de múltiplos modelos urbanos permitir-nos-á garantir um melhor clima urbano e concomitantemente um melhor usufruto da cidade.
Vários autores têm vindo a desenvolver estudos sobre a acção do vento no espaço urbano ou em conjunto de edifícios, desde a publicação dos estudos de Victor Olgyay (1963) a Peter Bosselmann (1990).

De todos os estudos desenvolvidos, apresentamos um conjunto breve de considerações dos efeitos mais significativos do vento sobre os edifícios e espaço urbano, que serão citados ao longo da análise dos resultados obtidos em túnel de vento.
Um dos pontos mais relevantes no presente estudo de caso é a avaliação da capacidade de ventilação dos edifícios pela forma urbana envolvente preconizada.
Nas circunstâncias em que o desenho do edifício e a rua são paralelos à direcção do vento, este aumenta a sua velocidade sem acrescentar mais valias na ventilação transversal do edifício. A este respeito, Givoni, B. (1998) refere que “Quando os blocos de edifícios e as ruas são paralelos à direcção do vento, o vento pode circular através de espaços entre os edifícios e as ruas, com um pequeno atraso com resultado da fricção com os edifícios. Neste caso, a velocidade do vento será muito superior nas ruas, ao longo dos passeios e nos espaços abertos entre as construções. Contudo, neste caso, as construções são expostas à mesma pressão em ambos os lados, um factor que reduz o potencial para a ventilação natural dos edifícios”.

No caso de soluções cujas ruas sejam perpendiculares ao vento, deverá ser considerada uma distância adequada entre edifícios opostos na rua, bem como ter cuidado especial com as construções a barlavento, devendo ser suficientemente porosas para não impedirem o vento de alcançar as construções mais localizadas a sotavento segundo Carvalho, V.(2006). No caso das construções e ruas se situarem de forma oblíqua à direcção predominante dos ventos, o vento dividir-se-á em dois fluxos, um na direcção da rua, concentrando-se sobretudo do lado a sotavento, o outro exercendo pressão no lado barlavento das construções. A sotavento o fluxo é reduzido, formando uma zona de baixa pressão na envolvente dos edifícios. Nesta configuração urbana a largura das ruas melhora as condições de ventilação interior das construções e da rua. Segundo Carvalho, V. (2006) embora exista uma crença que a ventilação adequada é conseguida através da orientação de edifícios perpendicularmente à direcção do vento, tal ideia é errada. "Fileiras de edifícios orientados perpendicularmente em relação ao vento produzem uma maior resistência aos fluxos de vento próximos do nível mais baixo, produzindo o chamado efeito de esteira referido mais adiante, o que resulta num potencial de ventilação muito mais baixo, produzindo o chamado efeito de esteira referido maia adiante, o que resulta num potencial de ventilação muito pobre" refere a autora, citando Givoni. (1998).

A complexidade de efeitos aerodinâmicos do vento é vasta, não podendo ser restringida aos exemplos supracitados. A configuração da rua, a disposição, forma e espaçamento dos edifícios e a morfologia do terreno condicionam o vento, criando um conjunto de diferentes efeitos de vento sobre edifícios e rua.

Os escoamentos em torno dos edifícios são estabelecidos por uma complexa interacção entre o vento e as formas edificadas, definindo zonas de diferentes pressões positivas e negativas à volta destes e sobre as superfícies dos obstáculos, gerando acelerações da velocidade do vento na intersecção dos volumes edificados. Assim, e de forma simplificada, os autores: Blevins (1984), Evans (1957), Reuter (1991), Peterka (1975) e Saraiva (1983), citados por Silva, F (1999) referem que "o campo de escoamento do vento em torno de uma edificação com volumetria prismática em que o vento (CLA) incidente é, aproximadamente, perpendicular à sua fachada maior…" pode ser esquematizado, como se pode observar na Figura 98

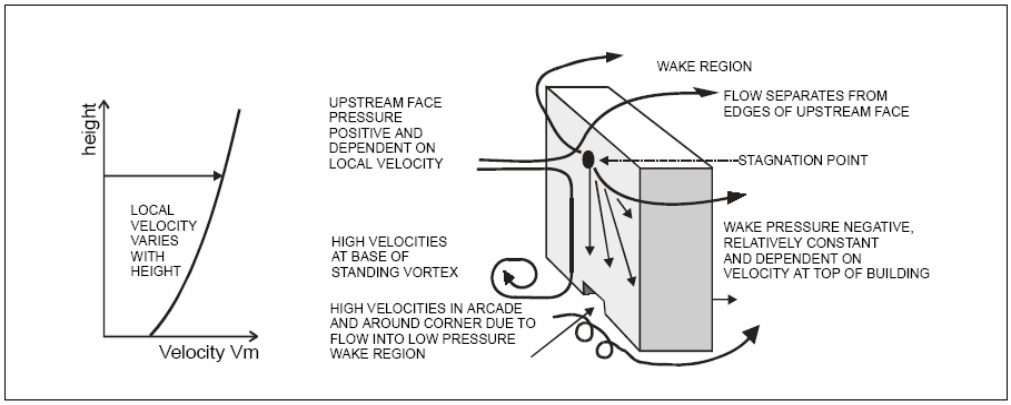


Figura 98 – Escoamento em torno de uma forma prismática

Fonte: Blevins, R.D."Applied fluid dynamics handbook" Van Nostrand Reinhold Company, N.York, 1984

A fachada a barlavento "…conduz, pela condição impressa pelo gradiente vertical de velocidade média a uma distribuição de sobrepressões directamente proporcionais às suas dimensões." Silva, F. (1999). A forte acção do vento na fachada provoca um movimento descendente devido ao gradiente de pressão estática positiva sobre a fachada, directamente associada à pressão dinâmica do escoamento não perturbado aos níveis correspondentes e que apresenta o seu valor máximo no ponto de estagnação, localizado a 2/3 da altura do corpo do edifício.

Ao descer até ao solo Silva, F. A. (1999), esse escoamento forma uma grande turbulência junto ao solo, conhecido como vórtice de pé de fachada que escoa bilateralmente, atingindo as arestas laterais do sólido, sendo estirado para jusante pelo escoamento médio, originando, por um lado, uma aceleração do escoamento nos cantos e, por outro, um agravamento da chamada pressão de base, sensivelmente uniforme, de valor negativo e distribuída de forma aproximadamente constante sobre toda a face de sotavento do edifício pelo crescimento dos vórtices.

Organizamos um conjunto de **8 diferentes efeitos aerodinâmicos**, segundo Gandemer/Guyot citados por Romero (1988):

- Pilotis;
- Barreira;
- Venturi;
- Canalização;
- Canto;
- Esteira;
- Malha;
- Pirâmide.



Figura 99 – Efeito de Pilotis

Fonte: Adaptado de Carvalho, V. 2006

O efeito de Pilotis (Figura 99) surge com edifícios com um r/chão aberto, apenas pontuado por caixas de escada e elevadores. Tal permite que grandes massas de ar passem por baixo do edifício. Esta configuração é muito profícua em climas quentes e húmidos, dado que garantem a ventilação e consequente arrefecimento do ar na sua passagem, melhorando as condições de arejamento do edifício. No caso de climas que não precisem deste tipo de soluções para arrefecer e ventilar, a disposição dos edifícios deverá ser de forma paralela à rua e envolvida com vegetação sempre que possível. Assim atenuará o efeito do vento sobre a base do edifício.



Figura 100 – Efeito Barreira

Fonte: Adaptado de Carvalho, V. 2006

O Efeito de Barreira (Figura 100) é criado pela disposição contrária dos edifícios face á direcção predominante do vento. A incidência da exposição do vento sobre o edifício é directamente proporcional ao ângulo de oposição da maior fachada do edifício ao vento.



Fonte: Adaptado de Carvalho, V. 2006

Figura 101 – Efeito de Venturi

O efeito de Venturi ou efeito de túnel (Figura 101**)** é provocado pelo estrangulamento de um canal (por exemplo o espaço entre edifícios numa rua) provocando desta forma o aumento da velocidade do ar, assim como uma depressão no ponto de velocidade maior. No caso de edifícios de cantos arredondados o efeito acentua-se. Recomenda-se para tal que as ruas disponham do dobro da largura face à altura dos edifícios. Os edifícios devem ainda ser o mais baixos possível para atenuar estes efeitos.

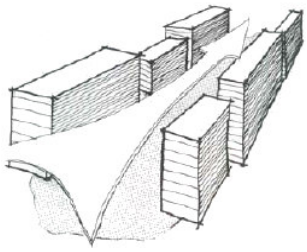


Figura 102 – Efeito de Canalização

Fonte: Adaptado de Carvalho, V. 2006

O Efeito de Canalização (Figura 102**)**, muito comum em áreas de elevada densidade, destaca-se pelas ruas com efeito de canyon, com edifícios muito próximos entre si. Este efeito pode ser atenuado com a disposição dos edifícios a 90 ou 45 gruas face à direcção do vento, atenuando o seu efeito e força. Tal como no efeito anterior deverá haver um cuidado especial em manter a largura da rua com o dobro da altura dos edifícios.



Figura 103 – Efeito de Canto

Fonte: Adaptado de Carvalho, V. 2006

O Efeito de Canto (Figura 102**)** é um fenómeno de corrente de ar nos ângulos das construções. Tal efeito pode ser atenuado com a colocação de árvores e sebes na esquinas, desenho dos edifícios em progressivos recuos de fachada e/ou inclusão de cantos arredondados, reduzindo desta forma a velocidade média do vento.



Figura 104 – Efeito de Malha

Fonte: Adaptado de Carvalho, V. 2006

O Efeito de Malha (Figura 4**)** caracteriza o comportamento do vento numa configuração urbana do tipo praça, pátio ou artérias de uso predominantemente pedonal. A forma do desenho urbano condicionará o tipo de circulação de ar, podendo variar entre remoinhos, vórtices e fluxos lineares. Quanto mais elevados os edifícios confrontantes maiores são os efeitos do vento, diminuindo ou impossibilitando mesmo a permanência de utilizadores do espaço urbano.

A forma da malha pode proteger do vento externo e criar um vórtice interno, dependendo da altura dos edifícios circundantes e da localização da abertura. No caso de prédios com altura entre 15 e 25 m, o factor de ampliação será pequeno, entre 0.4 e 0.8. Porém para alturas superiores e com a abertura voltada à direcção do vento, o factor de amplificação poderá variar entre 0.7 e 1.1.

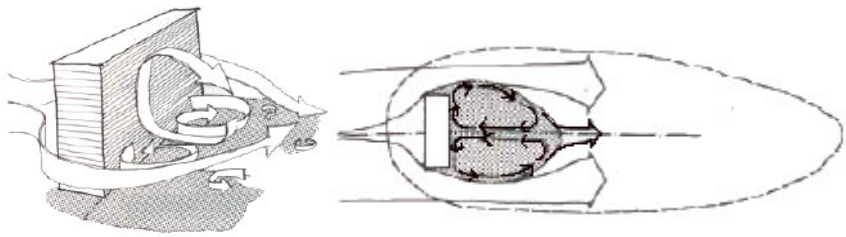


Figura 1035 – Efeito de Esteira

Fonte: Adaptado de Carvalho, V. 2006

O Efeito de Esteira (Figura 1035**)** é caracterizado pelo efeito do vento sobre um determinado edifício quando este contorna o edifício por ambos os lados, encontrando-se num dado ponto a sotavento. Neste ponto surgem efeitos de vórtice. Este tipo de efeito é muito prejudicial no nosso clima, especialmente no Inverno, pela velocidade e turbulência associada.

No caso de prédios baixos, Blevins (1984), com altura até 10m, o efeito é pequeno, já que o vento flúi sobre a esquina, enquanto no caso de edifícios com 35 a 45m de altura, o factor de ampliação do vento pode alcançar 1.4, e no caso de torres com mais de 100m de altura, o factor pode ascender a 2.2. No caso de construções contínuas e escalonadas, o vento flúi das maiores pressões para as menores. Para edifícios com 35 a 45m de altura, o factor de ampliação para o vento transversal poderá alcançar 1.0.

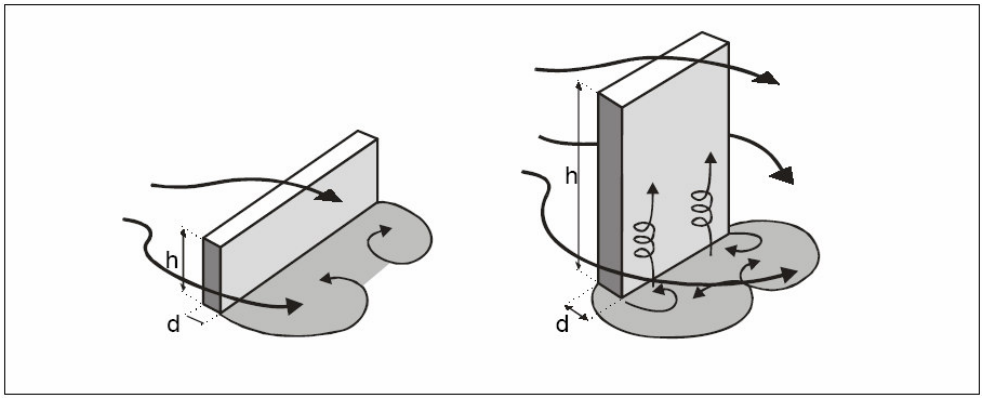


Figura 1046 – Efeitos de esteira para distintas cérceas

Fonte: Silva. F.A.G. (1999)

A amplificação do efeito de esteira resulta não só apenas do aumento da corrente, mas também da turbulência gerada pela corrente separada. Para edifícios com alturas menores que 40m, o factor de ampliação pode variar de 0.5 a 1.6. Porém, para torres de 40 a a100m, o factor e ampliação poderá variar entre 1.4 a 2.2.

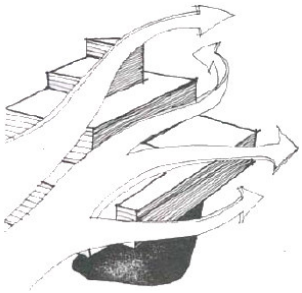


Figura 1057 – Efeito de Pirâmide
Fonte: Adaptado de Carvalho, V. 2006

O Efeito de Pirâmide (Figura 105**)** surge em edifícios com esta configuração, com fluxos ascendentes de vento. Este efeito garante a ventilação à volta dos edifícios, sem prejudicar o conforto de utilização do espaço urbano, pois suprime vórtices e remoinhos. Este efeito contribui ainda para a desaceleração da velocidade do vento.

Em áreas urbanas com vários prédios em forma de pirâmide, o vento será amplificado. Ao nível do solo, o factor de ampliação será de aproximadamente de 0.6, enquanto nas esquinas, a barlavento, o factor poderá alcançar 1.6 no caso de pirâmides com 40 m de altura. Silva, F. (1999)

Na sequência dos diversos efeitos aerodinâmicos devemos ainda referir uma outra variável – **a rugosidade** – que diz respeito à variação de altura entre edifícios e a sua influência nos fluxos de vento. Quando se constroem edifícios com diferentes alturas, deve sempre ter-se em consideração que os edifícios mais baixos devem-se situar-se a barlavento dos edifícios mais elevados. Assim, desta forma, conseguem obter a necessária ventilação. Casos contrários, com o posicionamento de edifícios mais elevados a barlavento, os edifícios mais baixos a sotavento ficariam sem a necessária ventilação, como pode ver-se na Figura 1057.

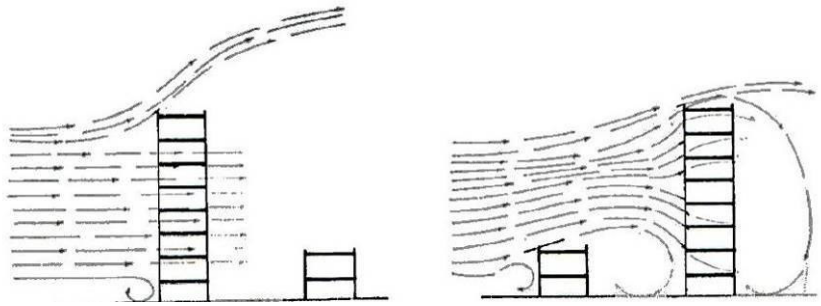


Figura 1068 – Influência da rugosidade no comportamento do vento
Fonte: Gonzalez, E., Hinz, E., Oteiza, P., Quiros, C. "Projecto, clima y arquitectura", vol. I, II e III Ediciones GG, México, 1986

Quanto maior a variação de alturas entre edifícios confinantes e confrontantes, maior a rugosidade urbana e os seus efeitos sobre a acção do vento.

A ventilação natural é um dos sistemas passivos de arrefecimento mais eficazes em arquitectura bioclimática, sendo influenciado pela distribuição do vento na cidade. SANTAMOURIS (2004) refere que as direcções do vento dentro dos canyons urbanos são quase completamente diferentes do vento medido pelas estações meteorológicas fixas.
O mesmo autor faz referência a estudos experimentais desenvolvidos na Europa, apresentando um conjunto de considerações sobre ventilação natural em canyons urbanos:

Durante o dia, quando a velocidade do vento é superior ao vento detectado no canyon urbano, juntamente com os fenómenos de inércia que dominam as forças gravitacionais, o processo de ventilação natural simples[xiii] e cruzada[xiv] é reduzida de forma significativa dentro do canyon. Tal sucede quando a velocidade de vento é superior a 4m/s. No caso de habitações com configurações de ventilação simples o caudal de ventilação poderá ser atenuado até 5x, enquanto que nos casos de ventilação cruzada, o mesmo fluxo poderá ser atenuado até 10x.

Durante o dia, com velocidades do vento inferior a 3-4m/s, as forças gravitacionais sobrepõem-se aos caudais de ventilação, neste caso as diferença entre as velocidades de vento, dentro e fora do canyon não exercem um papel relevante, especialmente nos casos de ventilação simples.

Durante a noite a velocidade de vento ambiente decresce de forma acentuada, sendo comparável com a velocidade dentro do canyon. Neste caso os caudais de ventilação para dentro e fora do canyon são praticamente iguais.

A redução do caudal de ventilação dentro do canyon é definida pela direcção do vento. Quando o caudal de vento no canyon é praticamente de sentido vertical, o caudal no canyon é igualmente de sentido vertical, paralelo às janelas. GEROS et al (1999).

A gestão e organização de uma correcta definição de aberturas das construções para garantir uma correcta ventilação transversal são influenciadas por um conjunto vasto de factores de comportamento do vento no espaço urbano. Para uma correcta avaliação de cada edifício implica o desenvolvimento de modelos em universo virtual ou utilização de túnel de vento com escalas adequadas (1/100 a 1/20). Apesar das considerações já apresentadas, apenas o recurso a estas técnicas poderá tornar possível um maior rigor na análise e apresentação de novas soluções mais eficazes.

Ao nível do conforto do utilizador do espaço urbano, associado também ao vento (entre outras variáveis), vários autores apresentaram critérios com definições de efeitos do vento sobre as pessoas, PENWARDEN (1973), BLANPAIN (1995), SARAIVA (1994a) e SILVA (1999) entre estes, SILVA (1999) procedeu a observações em campo procurando obter dados que confirmassem a imputabilidade da acção do vento nos acidentes com transeuntes caminhando junto a edifícios altos SARAIVA (1994a), o autor constatou que as pessoas que caminhavam em pequenas vilas ou aldeias em dias sob condições de vento correspondentes a velocidades na ordem dos 16m/s (medidos a cerca de 2m de altura), o faziam com desconforto mas em segurança, no entanto na proximidade de edifícios altos, nos centros de grandes cidades, as velocidades de vento ultrapassavam os 20m/s à mesma cota, " (…) alguns transeuntes eram literalmente derrubados." SILVA (1999), concluindo o autor que uma rajada de vento acima de 23m/s encontrava-se no limite de derrubar um indivíduo jovem.

Na Tabela 1 apresentamos uma escala com os efeitos de vento nas pessoas, destacando o grau 9 na escala de Beaufort com os efeitos detectados e referidos por SILVA (1999).

Tabela 1 – Efeitos do vento sobre as pessoas com base na escala de Beaufort

Fonte: PENWARDEN (1973) apud SARAIVA (1994)

	Beaufort number	Speed (m/s)	Effects
Calm, light air	0, 1	0-1.5	Calm, no noticeable wind
Light breeze	2	1.6-3.3	Wind felt on face
Gentle breeze	3	3.4-5.4	Wind extends light flag / Hair is disturbed / Clothing flaps
Moderate breeze	4	5.5-7.9	Raises dust, dry soil and loose paper / Hair disarranged
Fresh breeze	5	8.0-10.7	Force of wind felt on body / Drifting snow becomes airborne / Limit of agreeable wind on land
Strong breeze	6	10.8-13.8	Umbrellas used with difficulty / Hair blow straight / Difficult to walk steadily / Wind noise on ears unpleasant / Windborne snow above head height (blizzard)
Near gale	7	1.9-17.1	Inconvenience felt when walking
Gale	8	17.2-20.7	Generally impedes progress / Great difficulty with balance in gusts
Strong gale	9	20.8-24.4	People blown over by gusts

Na Tabela 2 apresentamos uma escala de rajadas de vento sobre os transeuntes, com a correspondência aos lugares admissíveis até à velocidade pontual de 13m/s, valor acima do qual os níveis de desconforto já não são suportáveis.

Tabela 2 – Relação entre a velocidade das rajadas de vento e a sua acção sobre as pessoas

Fonte: LOHMEYER et al. (1992) apud SILVA (1999)

Velocidade de rajada	Freqüência ultrapassada	Critérios de julgamento
< 6m/s	-	Inexistem problemas de conforto do vento
> 6m/s	máx. 5%	Admitidos em parques, lugares de espera, cafés de rua e em parques de recreio
> 6m/s > 15 m/s	máx. 20% máx. 0,05%	Admitidos em áreas de curta permanência (critério menos forte), ou seja, que são transpostas com rapidez
> 8m/s	máx. 1%	Permitido em áreas com lugares para sentar e esperar
> 10m/s	máx. 1%	Permitido em áreas para curto tempo de permanência (critério severo)
> 13m/s	máx. 1%	Admitido em esquinas de edifícios Admitido para caminhar sem problemas
> 13m/s	> 1%	Desagradável e incômodo abrigo de proteção contra o vento
> 18m/s	> 1%	Perigo

SILVA (1999) apresenta uma tabela sintetizada, resumindo em quatro níveis os efeito da velocidade do vento nos transeuntes. Elementos fundamentais na avaliação dos efeitos do vento desenvolvidos no capítulo 7.

Tabela 3 – Critério de Conforto

Fonte: SILVA (1999)

U_e	Critério de conforto
6m/s	limite de conforto
9m/s	desempenho afetado
15m/s	controle do caminhar afetado
20m/s	perigoso para pessoas frágeis

Os efeitos do vento sobre os transeuntes e sobre as condições de ventilação de edifícios é um dos temas mais complexos e difíceis de investigar. Não obstante, para a presente tese procuramos interpretar as considerações apresentadas por diversos autores com o propósito de investigarmos os efeitos mais comuns presentes no meio urbano e influentes na qualidade do espaço urbano e dos edifícios aplicando em caso de estudo a desenvolver.

4.2.2 Análise de Factores de Risco

4.2.2.1 Cheias de canais de água

A permanente monitorização dos índices de pluviosidade, permeabilidade do solo e níveis aquíferos são procedimentos capazes de prever (e com a devida antecedência), gerir e regular os fluxos de água sobre canais de água, evitando a existência de cheias em cidades.

4.2.2.2 Torrente de água formada pela chuva

A percepção e estudo da topografia, relevo, rugosidade e permeabilidade dos solos são fundamentais para a detecção de potenciais riscos de se formarem torrentes de água descontroladas em zonas envolventes a cidades com topografia difícil e cujas ladeiras possam encontrar-se direccionadas para a cidade, com os prejuízos que daí possam advir.

4.2.2.3 Contaminação do ar

A poluição atmosférica depende de uma série de condicionantes locais. No entanto a ausência de ventilação por determinado período de tempo permite a retenção de poluentes atmosféricos acima de níveis razoáveis. Tal provoca problemas respiratórios por contaminação do ar, afectando a população mais frágil. É essencial obter informação mais detalhada sobre a localização de focos de contaminação, tanto na sua definição geográfica, como na sua duração. Uma das formas mais eficazes é por rastreio de população que recorre a hospitais com ataques de asma, conseguindo-se assim obter um modelo estatístico de contaminação atmosférica com definição espacial e temporal.

4.2.3 Efeitos Urbanos sobre os Elemento Climáticos

A cidade enquanto organismo vivo influencia mutuamente até certa medida o clima local. As alterações fazem-se sentir com maior ou menor intensidade conforme a presença de factores locais mais relevantes (topografia, relevo, etc.).

O efeito de ilha de calor urbano, a presença permanente de poluição atmosférica e a redução de teor de humidade do ar por ausência de parques verdes e superfícies de água, efeitos de vale urbano entre outros, são efeitos urbanos capazes de alterar as características dos elementos climáticos locais.

A expansão das cidades tem vindo a ser, em si mesmo, um factor a ter em consideração quando referimos os efeitos urbanos potenciadores de alterar os elementos climáticos. De facto, a dimensão das cidades tem vindo a aumentar ininterruptamente desde o período da revolução industrial. À presente data, inúmeras cidades mundiais ultrapassam a fasquia dos 15 milhões de habitantes, o que, dependendo das características de ocupação morfológica e dispersão de cada metrópole, estaremos a retratar mega-cidades com dezenas de quilómetros de diâmetro. Ora, com tais dimensões, podemos dizer que é assombroso pensarmos no efeito de influência climática que cada uma destas cidades tem no seu raio de afectação, já para não referirmos nos níveis de dependência energética e hídrica para abastecimento de tamanha dimensão.

Oke (1982) Estabelece uma série de factores urbanos que promovem alterações climáticas locais, potenciadoras de criar efeito de ilhas de calor urbana. (Quadro 3)

factores urbanos promotores de alterações climáticas locais		
Camada de cobertura urbana	-Geometria de "Canyon"	- Aumento da área de superfície exposta e de reflexão múltipla;
		-Redução do "Sky view" factor;
		-Redução da velocidade do vento;
	-Poluição atmosférica	– maior absorção e re-emissão;
	-Emissão de calor dos edifícios e tráfego urbano;	
	-Materiais de construção	– Aumento da inércia térmica; - Aumento da impermeabilização urbana;
Subcamada urbana	-Poluição atmosférica	– Aumento de absorção pelos aerossóis;
	-Perdas de calor pelas chaminés e tráfego;	
	-Ilha de calor ao nível da camada de cobertura urbana	– aumento do fluxo de calor da camada e telhados;
	-Ilha de calor, rugosidade. Aumento da "entrada" Turbulência.	

Quadro 3 – Causas sugeridas da ilha de calor urbana.
Fonte Oke (1982)

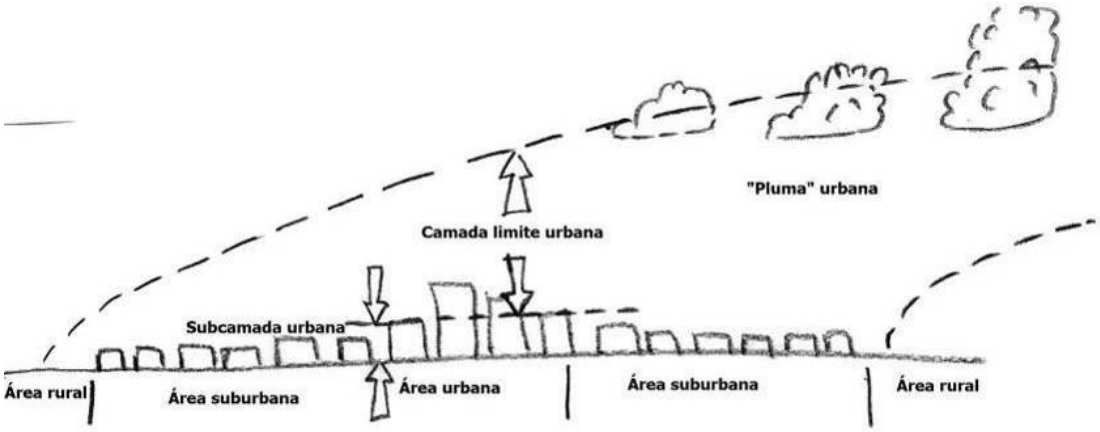


Figura 107 – Atmosfera sob influência urbana.
Fonte: Adaptado de Romero, M.A.B. ((2001)

Oliveira (1988) Analisou as alterações climáticas a partir das características da forma urbana, destacando aquelas que condicionam o clima local:

- Rugosidade (aerodinâmica) e porosidade;
- Densidade de construção;
- Ocupação do solo;
- Tamanho (dimensão horizontal e vertical);
- Geometria e orientação da malha urbana;
- Permeabilidade do solo;
- Propriedades termodinâmicas dos materiais.

4.2.3.1 Rugosidade e Porosidade

A rugosidade[xv] e a porosidade[xvi] (conceitos aparentemente opostos) na cidade são muito mais acentuados do que na periferia rural. A rugosidade oferece maior resistência aos ventos, enquanto a porosidade pode ser entendida como a presença de corredores urbanos (canais abertos, geralmente ruas) que permitem aumentar a velocidade do vento, com as desvantagens de desconforto que daí possam advir para o utilizador. Chandler, (1976) citado por E. Assis (1990), refere que a direcção e velocidade dos ventos são rigorosamente controladas pela forma e disposição dos edifícios, padrão de arruamento e espaços abertos, além das condições topográficas do sítio urbano. Alcoforado et al (2005), citando Oke (1987) e Lopes (2003), afirma que o rumo e o gradiente de velocidade sofrem modificações na cidade, sobretudo devido ao atrito acrescido provocado por uma superfície urbana mais rugosa. Podem ainda ocorrer turbilhões formados pela presença de edifícios durante o percurso. A rugosidade e porosidade são, desta forma, factores fundamentais para se ter em consideração sobre o clima local.

4.2.3.2 Densidade de Construção

O efeito da ilha de calor urbana acontece precisamente onde a densidade urbana é maior, geralmente nos centros antigos, com uma densidade construtiva e populacional muito superior a outras áreas da cidade (Chandler, 1965; Lowry, 1967, Oke & Hannell, 1970 e Landsberg, 1976).

Chandler (1976) segundo as suas pesquisas, sustenta, que pequenos grupos de edifícios em Londres podem produzir efeitos sensíveis sobre as temperaturas locais, demonstrando que não só na presença de grande conjuntos edificados podem existir alterações na temperatura local.

Oke & Hannell (1970) apresentaram uma relação estatística entre a velocidade crítica do vento para eliminar a ilha de calor e o logarítmo da população, apresentado da seguinte forma:

$U= -11,6+3,4P$

Onde U é a velocidade crítica do vento e P é o logarítmo da população. A equação encontrada tem um coeficiente de correlação (r) de 0.97, um coeficiente de determinação (r^2) de 0.94 e um erro padrão de estimativa de 0,17. Através dela podemos estimar a menor concentração urbana que formaria uma ilha de calor. U= 0, indica a população de uma cidade que não gera uma ilha de calor de forma significativa, Assim o cálculo da população através da formula supracitada dá-nos o valor de 2.500 habitantes. Segundo esta fórmula podemos aventar que um aglomerado urbano com um conjunto de população que ascenda a 2500hab apresenta condições urbanas capazes de afectar a temperatura local, ponto de partida para o efeito de ilha de calor urbana.

4.2.4 Ocupação do solo

4.2.4.1 Tamanho

A dimensão das cidades, como já verificamos, condiciona o clima. No entanto, a própria verticalidade influencia de forma diferente os elementos climáticos locais, dado a projecção de sombra sobre a envolvente e maior resistência aos ventos, alterando-os e criando efeitos de turbulência.

4.2.4.2 Geometria e orientação da malha urbana

A geometria e a orientação condicionam o clima urbano, dado que a sua forma e disposição face ao percurso solar, ventos dominantes e proximidade a superfícies de água condicionam a relação entre os elementos climáticos locais, condicionando-os e, até certo ponto, determinando uma maior ou menor exposição aos próprios elementos climáticos, tendo ainda grande influência na determinação da magnitude e configuração da ilha de calor.

Oke (1982), citado por E. Assis (1990), conclui que a intensidade da radiação de onda longa e a capacidade de armazenamento de calor nas superfícies são efectivamente as variáveis que determinam as diferenças no balanço de energia e taxas de resfriamento entre o meio urbano e rural. Ora, as propriedades mais relevantes que regulam estas varáveis são a geometria e orientação da malha urbana, avaliada pelo Sky View Factor e as propriedades térmicas das superfícies.

4.2.4.3 Permeabilidade do solo

A pavimentação quase completa das cidades por oposição à periferia rural torna as cidades excessivamente impermeáveis, com os seguintes efeitos nocivos:

– Redução de evaporação por ausência de água e vegetação, com aumento da temperatura local pelo efeito térmico da radiação solar sobre os materiais;

- Concentração de poluentes atmosféricos pelo decorrente aumento de temperatura e baixa pressão atmosférica, e subsequente precipitação anómala. Lombardo (1985), citando Yonetani, comprova que a ilha de calor urbana promove o desenvolvimento de cúmulus, ou seja, o calor artificial da superfície urbana pode acelerar a formação de nuvens de chuva.

4.2.4.4 Propriedades termodinâmicas dos materiais

As propriedades termodinâmicas dos mais relevantes materiais que constituem o território urbano, incluindo a vegetação urbana e demais superfícies, estão relacionadas com a radiação incidente e são expressas pelo albedo[xvii], absorção e emissividade[xviii], além da capacidade calorífica e da inércia térmica.

Fukui e Shitara citados por Lombardo (1985), afirmaram que de acordo com os estudos realizados em cidades japonesas, as maiores temperaturas ocorrem em áreas densamente construídas, com edifícios de betão e ruas em asfalto negro e que, pelo contrário, em zonas da cidade onde as construções são em madeira, bem como em lugares abertos, a temperatura foi semelhante à medida junto ao rio, correspondendo à mínima local, evidenciando a influência da densidade e tipo de materiais de construção na formação de ilhas de calor urbana.

4.2.5 Elaboração de um Mapa de Climatopos

A concepção de um mapa de climatopos é de essencial importância dada a necessidade de estabelecer critérios para delimitar e agrupar áreas com orientações climáticas semelhantes. Alcoforado (2006).

Os climatopos são áreas homogéneas do ponto de vista físico (em termos de morfologia urbana e posição topográfica), que “interagem” de modo particular com a atmosfera. A cada climatopo corresponderá um clima local próprio. (Alcoforado, 1999 e Scherer et al, 1999).

A autora apresenta um quadro com a indicação de diferentes níveis de informação para a concepção de um mapa de climatopos.

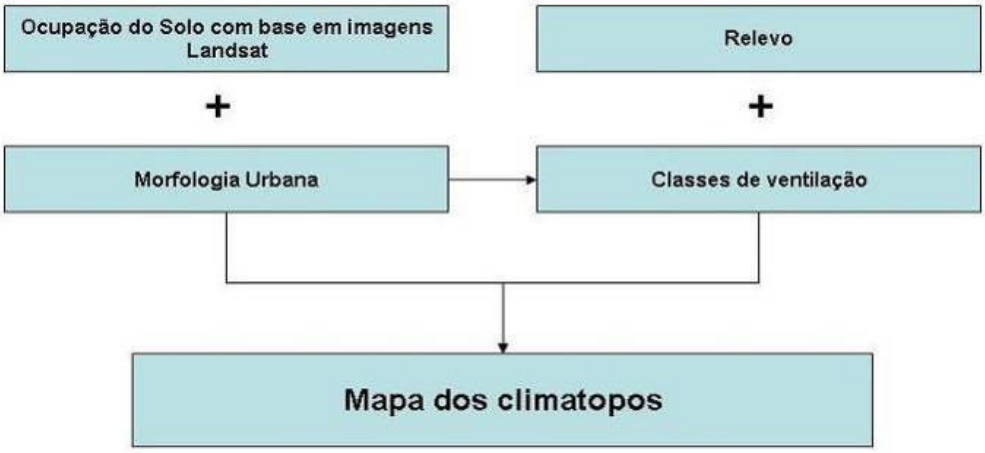


Figura 108 – Procedimentos para a delimitação dos climatopos.
Fonte: Alcoforado (2006)

4.2.5.1 Ocupação do solo e Morfologia Urbana

Estabeleceu a autora para o caso de Lisboa um percentual de ocupação urbana, dividindo em 4 unidades, três respeitantes à densidade de edificação urbana (Baixa, média e elevada densidade) e a restante sobre espaços verdes.

4.2.5.2 Relevo e Classes de Ventilação

A informação contida neste ponto reporta-se à utilização de cartas de altitude, a partir da qual será construído um modelo digital do terreno, delimitando-as por unidades de relevo, com o posterior cruzamento de dados sobre a rugosidade aerodinâmica do território urbano. Com o cruzamento da informação constituiu-se um mapa de "classes de ventilação", correspondente a áreas com comportamento aerodinâmico homogéneo.

4.2.5.3 Mapa de Climatopos

O mapa surge do cruzamento de dados com base na morfologia urbana e nas classes de ventilação, agrupando a autora em 8 classes como forma de simplificação, eliminando classes com representatividade muito reduzida. O resultado final seria agrupado em 8 grupos de climatopos, a partir dos quais são estabelecidas recomendações para o território urbano.

A elaboração de um mapa de climatopos é um instrumento essencial na organização dos elementos climáticos e factores locais. Porém, não deverá ser encerrado neste modelo a complexidade climática, geomorfológica do país e características urbanas das cidades.

Neste contexto urge aprofundar modelos mais complexos, porém mais realistas, onde estejam presentes todos os elementos climáticos, factores locais, factores de risco e efeitos urbanos no clima local.

A complexidade do tecido urbano nas suas diversas vertentes de intervenção impõe modelos, que, capazes de dar resposta à complexidade climática (entre outros factores), devem assegurar um instrumento válido para arquitectos e urbanistas que intervenham na cidade segundo princípios bioclimáticos.

4.3 Caracterização do clima em Portugal continental

4.3.1 Introdução

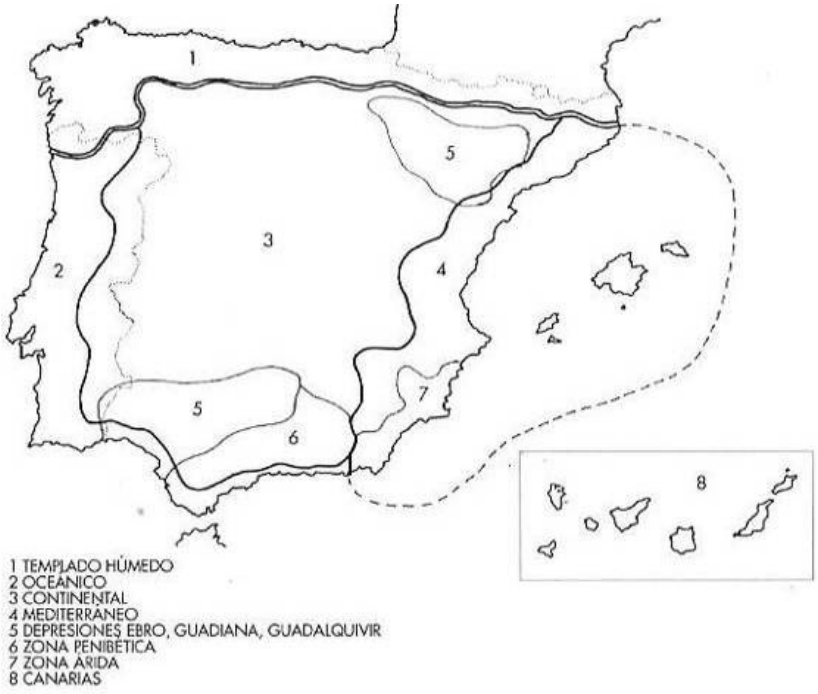
O Clima Urbano depende de uma série de factores geográficos, atmosféricos e de uma elevada multiplicidade de interacções. As características geográficas locais influenciadas pelo clima regional, são parte integrante das características climáticas à escala global.

Numa primeira análise é essencial interpretar e enquadrar as características específicas do clima em território nacional, para em fase posterior cruzar as características geomorfológicas e elementos climáticos locais com o objectivo de as integrar e interligar na sua relação com a cidade.

No caso nacional, as características particulares do lugar que alteram o clima urbano são, essencialmente, a topografia e a proximidade ao mar, como mais adiante descreveremos.

O Clima Português não pode ser considerado como único e singular, dado que as especificidades topográficas e a sua relação com o mar modificam e modelam o clima conforme as distintas regiões de Portugal Continental, a que devemos denominar de Regiões Climáticas Portuguesas. Consideramos ainda fulcral integrar o estudo climático nacional no contexto ibérico, só assim fazendo sentido, dada a sua inter-relação climática existente e dependente entre os dois países ibéricos.

Olgyay, V. caracteriza o clima Português como claramente influenciado pelo Oceano Atlântico afectando quase todo o território, exceptuando uma pequena faixa interior do país como de influência continental (figura 1), numa visão claramente pouco atenta à variedade climática do território nacional referido por diversos autores portugueses.



Zonas climáticas da Península Ibérica.

Figura 109 – Zonas climáticas da Península Ibérica

Fonte: Anexo a edição Espanhola. - Olgyay, V. Arquitectura Y clima

De acordo com Daevau, S. (1995), Portugal parte integrante da Península Ibérica possui um clima que resulta fortemente de três causas: a primeira é a relação com o Atlântico – nas regiões dos ventos de oeste – o que lhe dá as características dum clima marítimo, a segunda está relacionada com a sua posição na Europa Ocidental por influência da Meseta Ibérica, com características continentais e a terceira é a presença integral em todo o território de características de clima mediterrânico. Os grandes contrastes climáticos nacionais acentuam-se pelo contraste entre o Norte (mais acidentado e pluvioso) e o Sul (de topografia mais regular e com baixa pluviosidade, inferior a 800mm). Apesar da largura reduzida do território nacional, os contrastes climáticos entre o litoral e o interior também se fazem sentir, mais uma vez em grande parte devido à influência da distribuição do relevo.

Podemos, no entanto, apresentar o clima português nas suas distintas vertentes tendo a génese mediterrânico ou seja, com verões secos e Invernos amenos, com os devidos ajustes consoante a proximidade ao Atlântico e as características de relevo que condicionam o clima localmente.

A demarcação entre um clima de influência marítima e outro continental caracterizam de uma forma mais abrangente o território nacional continental. Todavia, é de fulcral importância a assumpção da presença do clima mediterrânico em quase todo o território nacional. A variação climática faz-se sentir através da presença das duas influências supracitadas, com a variabilidade climática existente.

4.3.2 Classificação dos diferentes climas e variantes

Apesar das diferentes denominações das zonas climáticas nacionais por diversos autores podemos enquadrar em 3 zonas de características climáticas distintas entre si, no sentido de agruparmos regiões sob as mesmas características climáticas com as seguintes denominações:

4.3.2.1 Clima Temperado Mediterrânico

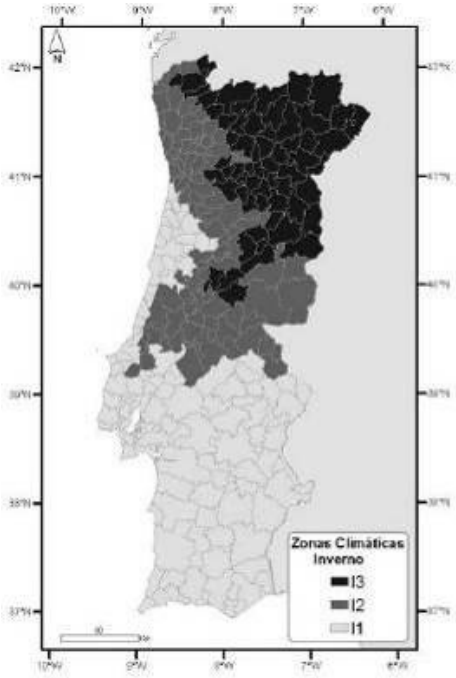
A região nacional de influência claramente mediterrânica (Alentejo e Algarve), inserida no contexto climático mediterrânico, é francamente original à escala mundial, caracterizando-se por um ritmo anual que alterna entre um Verão seco por oposição às restantes estações do ano com dias de chuvas e abertas aleatoriamente.

4.3.2.2 Clima Temperado Atlântico

A faixa litoral do Norte Português é a região que apresenta as características mais acentuadas do clima Atlântico, com temperaturas médias relativamente às demais regiões climáticas nacionais, sendo ainda mais temperada e mais húmida, chovendo mais nas terras altas próximas do litoral e principalmente nas vertentes expostas aos ventos marítimos e chovendo menos nas depressões, sobretudo nas mais afastadas do litoral e abrigadas por relevos interpostos. Perto do oceano as chuvas são mais frequentes porém menos intensas.

O vento é, de todos os elementos, o mais importante no clima Atlântico, dada que a sua presença condiciona e regula as temperaturas, a precipitação e a nebulosidade. A predominância do vento varia entre o quadrante Noroeste no Verão e o Sudeste no Inverno.

4.3.2.3 Clima Continental



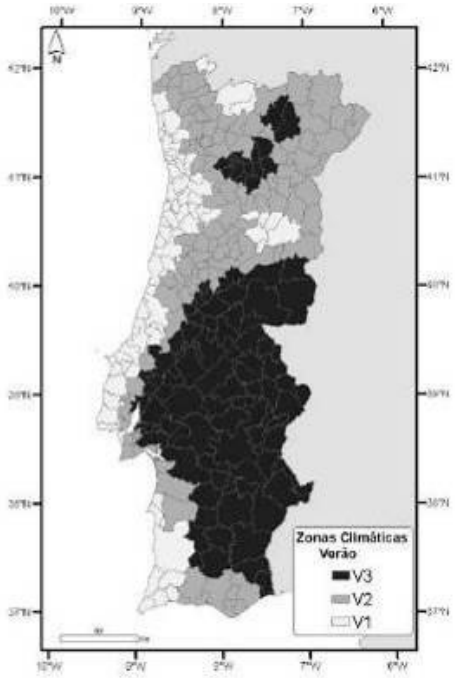


Figura 110 – Zona climática de Inverno
Figura 111 – Zona climática de Verão
Fonte: RCCTE

Praticamente toda a zona interior de Portugal sofre influência do clima continental predominante na zona central da Península Ibérica. As maiores amplitudes térmicas tanto no verão como no Inverno comparativamente ao litoral acentuam-se conforme se avança para o interior do país. A precipitação em forma de neve ocorre apenas nas terras altas, com predominância nos meses de Janeiro e Fevereiro nas regiões da Beira Alta e Trás-os-Montes. A precipitação média anual ronda os 1000 mm, sendo que pode atingir os 3000 mm na região do Gerês, no Minho, e um mínimo de 300 mm na região de Barrancos. A redução progressiva da precipitação e baixos valores de humidade do ar contribuem para as maiores amplitudes térmicas diárias bem como a exposição diferente aos ventos de oeste dão maior veracidade ao ditado popular que diz: “Há nove meses de Inverno e três de inferno”.

4.3.3 Zonamento climático do RCCTE

O regulamento das características de Comportamento Térmico dos Edifícios (Dec. Lei n.º 89/2006) apresenta três zonas climáticas para o Inverno e três zonas para o Verão, tendo como base de classificação os seguintes dados climáticos de referência de Inverno e de Verão: Número de graus-dias de aquecimento (na base de 20ºC) correspondente à estação convencional de aquecimento; Duração da estação de aquecimento; Temperatura exterior de projecto de Verão e Amplitude térmica média diária do mês mais quente. Deverão ser considerados ajustes em função da altitude, conforme tabela adicional contida no RCCTE.

Segundo a análise ao mapa de Inverno verificamos a agressividade do clima, com incidência no interior especialmente no centro e norte do país. O litoral, sob influência do Atlântico, apresenta valores atenuados face ao interior norte e centro do país. O sul ameno, marcadamente mediterrânico encontra-se na zona L1.

Da análise ao mapa de Verão torna-se evidente que todas a regiões de influência marítima são atenuadas pelo clima seco de verão. Porém, a região alentejana, centro interior e algumas zonas do norte do país são claramente afectadas pelo clima continental mediterrânico com verões secos.

No conjunto e de uma forma global as zonas climáticas apresentadas no RCCTE correspondem à caracterização climática feita previamente, com clara distinção entre o Norte e o Sul e especialmente entre o clima litoral (temperado) e o clima interior do país (de características mais rigorosas).

Capítulo 5 | Matriz de variáveis do meio urbano em relação com os factores climáticos: uma síntese.

Depois de identificados e relacionados os factores mais relevantes para o microclima do conjunto urbano e edifícios, apresentamos neste capítulo uma matriz de organização espacial que servirá de base aos estudos paramétricos para analisar os resultados da influência da radiação solar nas fachadas de um edifício com diferentes configurações.

As matrizes que a seguir apresentamos reproduzem todas a variáveis físicas que influem na performance bioclimática dos edifícios e dos espaços urbanos. Algumas delas serão testadas em universo virtual no capitulo seguinte; as restantes pelas características, inerentes não poderão ser testada com o software de simulação de radiação solar – Townscope.

A matriz encontra-se dividida em 3 categorias: **Território**, **Forma Urbana** e **Forma do edifício**.

Cada um destas categorias divide-se em subcapítulos e itens com o propósito de identificar, decompor e sistematizar todas a variáveis físicas influentes no comportamento bioclimático dos edifícios.

Deste modo estabelecemos a base para o desenvolvimento das simulações paramétricas em universo virtual, apresentadas no capítulo seguinte, com o propósito de qualificar as soluções testadas recorrendo para tal à quantificação dos resultados obtidos.

Em anexo, apresentamos a matriz de variáveis que elaboramos a partir de dados de outros autores.

5.1. Território

Este tema consiste na escolha do melhor lugar para a implantação do edifício em relação com a preexistência climática local. Trata, pois, de englobar os aspectos externos ao edifício que influenciam os parâmetros climáticos que envolvem o edifício e o condicionam. Pretende-se que as características locais potenciem as condições climáticas locais mais favoráveis para a obtenção de níveis de conforto no edifício sem implicar gastos energéticos de compensação.

5.1.1 Topografia

A topografia engloba os parâmetros que dizem respeito às características do território como suporte físico, tais como a orientação da pendente, inclinação, altura relativa e top de terreno.

5.1.1.1 Orientação da pendente

As pendentes podem ser voltadas a um dos quatro pontos cardeais,

Um dos aspectos relevantes para a correcta implantação de um edifício está na correcta escolha da orientação da pendente. Tal opção influi consideravelmente na optimização da obtenção de radiação solar no inverno, se optarmos por uma pendente com orientação a sul ou poente. No entanto, a opção pela pendente a poente comprometerá no verão pelo excesso de exposição solar.

A escolha de um pendente a sul permite ainda aproximar edifícios mantendo o acesso solar necessário, sem que se faça sentir a obstrução solar.

A escolha de uma pendente voltada a norte comprometerá a obtenção de ganhos solares no inverno face a uma maior moderação de incidência solar, impondo um maior afastamento entre edifícios para garantir níveis semelhantes de acesso solar da pendente sul.

Desenho com pendente e correlação com diferentes cérceas de edifícios vizinhos.

Relativamente aos ventos dominantes, no caso de uma pendente a sul será protegido dos ventos frios de norte, no caso de uma pendente de orientação oposta (voltada a norte) será influenciado por níveis de humidade superiores.

Recorrendo a uma carta de exposição de vertentes (geralmente a partir de cartas militares) podemos obter um panorama geral de determinada região, conferindo aos investigadores e projectistas um instrumento importante para a correcta decisão de implantação de um edifício ou disposição de conjuntos a edificar, podendo desta forma atenuar possíveis desvantagens de orientação com ajustes na distribuição da edificação no território.

5.1.1.2 Inclinação

Outro factor importante, que quando conciliado com a correcta orientação permite acentuar os ganhos solares no Inverno, pelo aumento da superfície exposta.

A inclinação influencia a obtenção de ganhos solares quando um edifício se encontrar inserido.

A inclinação não deverá ser superior a 10% para áreas urbanizáveis, pois acentuará custos de construção e dificuldades de mobilidade pedonal, podendo em caso pontuais alcançar os 15% de inclinação.

No cálculo para a definição do ângulo de abertura solar deve ser tido em consideração **inclinações** superiores a **5%**, Higueras (2006).

5.1.1.3 Altura relativa

A altura relativa representa a localização do edifício ou conjunto de edifícios face à envolvente natural circundante, podendo encontrar-se localizado numa posição de **vale**, **promontório**, **planície** ou **planalto**.

As diferentes localizações podem alterar significativamente as características climáticas locais por exemplo, no caso de um vale, devido à acumulação de ar frio, mais denso, e normalmente mais húmido, com menor horas solares, este apresenta um quadro micro climático mais desfavorável que no caso de um promontório ou planície, mais expostos ao vento e à radiação solar, com menos riscos de acumulação de poluição. Da mesma forma, a presença de névoas pela humidade atenua os níveis de radiação solar, bem como impedirá a subida do ar frio, impossibilitando a renovação de ar.

5.1.2 Tipo de Terreno

Os diferentes tipos de terreno alteram as características do clima local – um terreno argiloso terá nas suas características um nível maior de humidade que um terreno arenoso ou xistos, o que permitirá atenuar os níveis mais elevados de calor, absorvendo a radiação solar em forma de calor, libertando para atmosfera níveis de humidade superiores que em terrenos com características distintas. Foram classificados 7 distintos tipos de terrenos: **Siliciosos**, **Calcários Vulcânicos, Arenosos, Argilosos** e **Asfalto**. Assim:

Terrenos siliciosos apresentam maior inércia térmica, níveis de humidade mais baixos e menor incidência de radiação solar.

Terrenos calcários têm maior incidência de radiação solar, menor inércia térmica e níveis de humidade mais reduzidos.

Terrenos vulcânicos apresentam menor incidência de radiação solar, humidade baixa e elevada inércia térmica, ainda que dependente da densidade do tipo de material vulcânico

Terrenos arenosos são caracterizados por uma maior incidência de radiação solar, níveis de humidade mais baixos e de inércia térmica com níveis médios entre os distintos tipos de terreno.

Terrenos argilosos têm menor incidência de radiação solar, níveis de humidade superiores (ainda que com variações) e elevada inércia térmica.
Terrenos asfaltados apresentam níveis superiores de radiação solar, níveis de humidade muito reduzidos e elevada inércia térmica.

5.2 Forma urbana

A forma urbana engloba os parâmetros que podem influenciar directamente na performance bioclimática dos edifícios, correspondendo às distintas características locais envolventes ao edifício ou edifícios.

Estes parâmetros são desmultiplicados em: densidade, altura relativa dos edifícios, ruas, orientação da malha urbana, relação com a vegetação e a relação com a água.

5.2.1 Densidade

A densidade engloba os seguintes parâmetros: densidade urbana, tipologia urbana e tipologia do edifício, representando a forma como o edifício ou edifícios se agrupam.

5.2.1.1 Densidade urbana

A densidade urbana reproduz a maior ou menor área de construção por m2 de terreno, podendo ser representada pela fórmula:
Du= m3/m2
Os parâmetros de densidade considerados são:

- Densidade Baixa – 0 a 33,3%;
- Densidade Média – 33,3% a 66,6%;
- Densidade Elevada – 66,6% a 100%.

5.2.1.2 Tipologia urbana

A presente tipologia representa a configuração dos lotes urbanos, podendo ser em forma de lotes exíguos, quarteirão, lotes isolados, cidade jardim e campo aberto.
A configuração em **lote exíguo** impõe quase sempre menor factor forma do edifício, com menores trocas térmicas entre interior e exterior. Tal permite reter o calor no Inverno, atenuando as trocas térmicas no verão, com menor capacidade de ventilação, mas com menores capacidades de obtenção de radiação solar. Este tipo de configuração permite utilizar as tipologias de edifícios geminados e banda contínua.

Na tipologia de **quarteirão,** cada edifício encontra-se condicionado à configuração de quarteirão, ou seja com uma fachada voltada para o arruamento e a outra para o interior do lote. É a configuração típica das nossa cidades, com maior numero de variações em dimensão e desenho.

A tipologia de **lotes isolados** permite a configuração de edifício isolado, tipo de áreas de baixa densidade urbana, cujas construções apresentam maior contacto com o clima, aumentando as trocas térmicas interiores/exteriores e acentuando a importância da orientação face ao norte.

A configuração de **cidade jardim,** à semelhança do lote isolado, possibilita o acréscimo de trocas térmicas com o exterior pela exposição das suas 4 fachadas. Com a correcta orientação permite melhores resultados térmicos, quer no Inverno, quer no verão.

5.2.1.3 Tipologia Edifício

Correspondem às seguintes tipologias: **Isolado, geminado, banda contínua, lote de quarteirão e gaveto de quarteirão**. Estas tipologias serão aprofundadas na secção 5.3.1

5.2.2 Altura relativa dos edifícios

A altura relativa dos edifícios caracteriza-se pela altura do edifício em relação aos edifícios envolventes.

Nos casos que apresentam maior altura relativa proporcionam maiores ganhos energéticos. A existência de edifícios ou outro tipo de obstruções com a mesma altura permite proteger dos ventos nos climas frios e temperados como é nosso caso. Os parâmetros considerados foram os seguintes:

- Superior em dois pisos (+6m)
- Superior em um piso (+3m)
- Igual (0m)
- Inferior um piso (-3m)
- Inferior dois pisos (-6m)

5.2.3 Ruas

Neste ponto descrevemos os parâmetros de **Direcção /orientação** e **perfil de rua**.

5.2.3.1 Direcção/orientação

A utilização da orientação das ruas de forma consciente ao nível da potenciação de efeitos micro climáticos pode tornar-se um instrumento importante para a optimização de ganhos solares no Inverno e beneficiar níveis de ventilação adequados no verão.

Givoni (1998), refere que: "A orientação das ruas pode afectar o clima urbano de várias formas, nomeadamente, através das condições de ventilação que elas propiciam, do sol e da sombra nas ruas e nos passeios, pela via da exposição solar dos edifícios perante a sua posição relativamente à rua, bem como pelo potencial de ventilação das construções face à rua".

A orientação de rua no sentido **Norte-Sul** poderá garantir a equidade solar a ambas fachadas da rua no Inverno. No caso do verão, consoante o perfil da rua, poderá acentuar ou atenuar ganhos solares.

No caso de ruas no sentido **Nascente/Poente,** a rua assegura o acesso solar apenas a uma fachada (voltada a Sul), impedindo o acesso solar directo à fachada voltada a norte.

As ruas com orientações não coincidentes com os 4 pontos cardeais podem permitir obter benefícios de acesso solar às fachadas no Inverno em determinadas horas do dia, e/ou por outro lado acentuar níveis de sombreamento no período de verão nas horas com maiores níveis de agressividade de radiação solar.

Associados a estes efeitos, as diferentes orientações das ruas permitem ainda, em consonância com a orientação dos ventos, assegurar a correcta ventilação no Verão e atenuar a agressividade de ventos no Inverno, podendo contrariar a intensidade do vento, aumentando os níveis de conforto de utilização do espaço público.

Nas orientações intermédias, nomeadamente ruas de sentido NW-SE e NE-SW, obter efeitos intermédios obtidos nas orientações anteriores.

As ruas em quarteirões de **retícula regular** permitem acentuar as ventilações transversais na cidade, garantindo a todas fachadas voltadas à rua dos quarteirões o acesso a ventilação de forma permanente ao longo de todo o ano, desde que o perfil mínimo da rua tal permita.

No caso de ruas de desenho **ondulante** e/ou **sinuoso**, estas podem atenuar o efeito da agressividade do vento, impedindo que a velocidade aumente pela ausência do efeito de túnel, bem como dada a ondulação da mesma, funcionar como quebra vento progressivo ao longo desta e, quando associado com árvores, praticamente controlar efeitos agressivos do vento.

5.2.3.2 Perfil

A razão entre a largura da rua e a altura das fachadas dos edifícios, pode ser entendida como a definição de um perfil urbano aplicado a uma rua, permitindo entender e gerir os diferentes níveis de acesso solar, radiação solar total e sombreamento consoante as diferentes estações do ano. Não obstante já termos referido a importância da relação entre a altura dos edifícios de uma rua e o seu perfil transversal apresentado pelos tratadistas clássicos que abordamos neste trabalho, importa agora neste ponto abordar de nov esta relação numa perspectiva da análise do acesso solar e da influência dos ventos.

O quociente entre a altura média dos edifícios de uma rua (d) e a sua largura (h) constitui um dos mais importantes aspectos nos efeitos da configuração urbana sobre o acesso solar e vento. Esta relação é estabelecida pelo ângulo de obstrução solar, podendo ser definido pela seguinte fórmula:

$$ho = \text{arctg } h/d$$

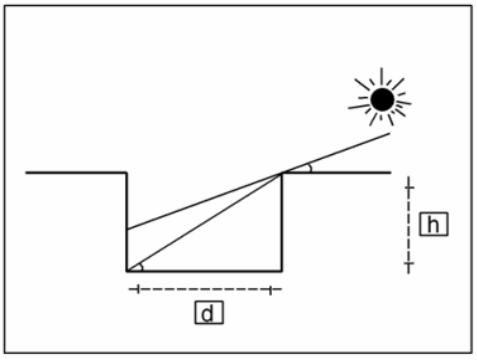


Figura 112 – Ângulo de obstrução solar resultante da geometria do espaço urbano
Fonte: Parareda, 2006

Consideramos como parâmetros de avaliação do perfil da rua os seguintes intervalos:

- Maior que 45°
- Igual a 45°
- Menor que 45°

O adequado dimensionamento do perfil de rua permitirá assegurar efeitos pretendidos sobre as fachadas da rua em circunstâncias nas quais apenas com a correcta orientação da rua não conseguiríamos controlar ou potenciar o efeito pretendido (acesso solar e ou vento).

5.2.4 Orientação da malha urbana

No presente estudo definimos a orientação da malha urbana em **fracções de 22,5°.**

A diferentes ângulos de orientação corresponderão diferentes níveis de incidência solar sobre as fachadas e como tal diferentes níveis de desempenho térmico dos edifícios.

Através dos resultados obtidos a partir das simulações desenvolvidas em Townscope podemos afirmar que a diferentes ângulos de orientação da malha urbana correspondem diferentes ângulos de obstrução solar ao longo do dia sobre uma fachada. Naturalmente este efeito é mais acentuado no período de Inverno.

Tal permite-nos abrir um novo campo de possibilidade de orientação consoante as necessidades de ganhos solares para diferentes propósitos.

5.2.5 Relação com a vegetação

Os diferentes tipos de vegetação, densidades, proximidade e obstrução pela vegetação influem consideravelmente na performance dos edifícios ou conjuntos edificados. Apresentaremos um conjunto de considerações sobre a vegetação.

5.2.5.1 Tipo de vegetação

A vegetação é classificada em três tipos: **folha caduca**, **folha perene** e **misto de caduca e perene**.

A **folha caduca** permite assegurar o necessário sombreamento no Verão com a vantagem de ser praticamente inofensivo ao acesso solar das edificações. Tais características potenciam o uso deste tipo de árvores junto a edifícios.

A **folha perene** garante o sombreamento no Verão, tal como a folha caduca, porém no Inverno a folha mantém-se, impossibilitando os mesmo usos que as árvores de folha caduca. No entanto, pelas características de folha perene, estas poderão ser utilizadas em zonas com ventos agressivos no período de Inverno, atenuando a presença destes junto às edificações e/ou espaços adjacentes.

As diferentes características de vegetação serão objecto de análise paramétrica no Townscope. Devem no entanto serem feitas algumas ressalvas:

O software Townscope permite introduzir dados mensais referentes ao tipo de vegetação no que refere à permeabilidade de acesso solar através da vegetação. No entanto, não nos é possível definir a localização, dimensão ou número de árvores.

A vegetação pode ainda ser classificada em dois distintos grupos: vegetação rasteira ou de pequeno porte e vegetação de médio e elevado porte.

A vegetação de pequeno porte influi na obtenção de radiação solar ao nível do solo, condicionando de igual forma o vento.

A **vegetação de médio e elevado** porte consegue condicionar e alterar as características micro climáticas de determinado local, atenuando o vento, reduzindo a incidência de radiação solar sobre pavimentos e fachadas e, cumulativamente, aumentar os níveis de humidade nas áreas sob influência de áreas de vegetação adequada.

Em zonas com grandes áreas de árvores, as brisas matinais ou de fim de tarde apresentam níveis de humidade semelhantes a zonas de influência marítima, Florensa (2001).

5.2.5.2 Densidade

A densidade da vegetação permite avaliar, para uma determinada fachada, o número de árvores que podem condicionar o acesso solar e ventilação em determinados períodos do ano.

Estabelecemos no quadro da matriz de variáveis do meio urbano para a densidade de vegetação uma escala de 0 a 6 árvores por fachada como bitola para avaliar a influência no desempenho de uma determinada fachada.

5.2.5.3 Proximidade da vegetação em relação às construções

A proximidade da vegetação às construções pode ser classificada por: **Dentro** (interiores dos quarteirões, pátios, etc.), **Junto** (à fachada), **Próximo** (até 5m de distancia do edifício) e **Distante** (mais de 5m de afastamento).

5.2.5.4 Obstrução da vegetação

Para avaliar os níveis de obstrução podemos classificar as árvores em dois tipos: árvores de folha caduca e de folha perene.

As árvores de folha caduca permitem a sua utilização de forma mais sensata quando pretendemos em climas temperados obter um óptimo desempenho quer no verão quer no Inverno, dado que a característica de folha caduca garante o necessário sombreamento no verão com a sua permeabilidade à radiação solar e luz no Inverno face às árvores de folha perene.

Definimos 4 diferentes categorias:

- A Norte do edifício
- A Nascente do edifício
- A Sul do edifício
- A Poente do edifício

5.2.6 Relação com a água com o edifício

Este aspecto influencia a escolha do lugar para a implantação de um conjunto de edificações.

A proximidade e orientação da cidade ou conjunto de edificações face a grandes superfícies de água devem ser tidos em conta, dado que a relação de proximidade com a água altera significativamente as características climáticas locais, aumentando os níveis de humidade e garantindo maior estabilidade térmica ao longo de todo o ano.

5.2.6.1 Orientação do edifício

A posição das edificações pode basear-se na orientação dos ventos dominantes sob influência da água ou de orientação contrária e, por conseguinte, com menor impacto das brisas e dos níveis de humidade proporcionados pela presença da água.

5.2.6.2 Proximidade do edifício

Consoante a maior proximidade a grandes superfícies de água, tais como o mar, grandes estuários ou lagos os níveis de humidade aumentam, acompanhados com maior quantidade de brisas, atenuando conforme avança para o interior do território, e como tal sob menor influência das superfícies de água.

Ao considerarmos a utilização de pequenos lagos, espelhos de água ou piscina próximos da construção, possibilita-nos o aumento dos níveis de evapotranspiração.

5.3 Forma Edifício

5.3.1 Tipologia edifício

As tipologias podem ser: isolada, geminada, banda contínua, quarteirão e gaveto de quarteirão.

Todas a tipologias apresentadas serão objecto de análise com recurso a software numérico de simulação (Townscope).

5.3.2 Compacticidade do edifício

A compacticidade é classificada em três grupos: **muito compacto**, **pouco compacto** e **fragmentado**.

A forma de um edifício compacto num clima frio é desejável pela necessidade de controlar a envolvente com o exterior, procurando com menores áreas de fachada reduzir perdas térmicas. Pelo contrário, em climas tropicais, a forma fragmentada é a solução ideal para potenciar a ventilação transversal, concomitantemente com uma maior preocupação em assegurar o sombreamento das fachadas.

Nos climas temperados, como é o presente caso, as formas mais compactas são ainda assim desejáveis sobre as formas fragmentadas, permitindo um maior rigor sobre o controle das perdas térmicas pelas fachadas, assegurando ainda níveis razoáveis de obtenção de ganhos solares. Na presente tese procuraremos, entre outros, estabelecer princípios sobre a melhor relação factor de forma/desempenho na obtenção de ganhos solares no Inverno versus atenuação de ganhos solares no verão.

5.3.4 Porosidade do edifício

Consideramos a porosidade como a existência de pátios ou espaços abertos nos edifícios, classificando segundo a categoria: **pouco poroso**, **poroso** e **muito poroso**.

5.3.5 Proporções do edifício

As proporções do edifício condicionam a sua performance térmica com resultados distintos consoante as zonas climáticas onde se inserem, a **verticalidade/ horizontalidade** e a **secção**.

5.3.5 Verticalidade/horizontalidade do edifício

A classificação integra as distintas categorias: **muito vertical**, **vertical**, **cúbico**, **horizontal** e **muito horizontal**.

Consoante as zonas climáticas a importância deste parâmetro é crucial. Para climas tropicais com necessidades de ventilação a presença de edifícios muito verticais devidamente afastados entre si garantem a ventilação necessária à cidade, potenciando o aumento da velocidade do vento. Em casos contrários onde a presença do vento se faz sentir de forma excessiva (zonas de influência marítima em climas frios) são desejáveis edifícios horizontais ou muito horizontais, que assim permitem assegurar áreas exteriores com menor impacto negativo do vento, proporcionando maior conforto de utilização do espaço público bem como atenuar a pressão do vento sobre as fachadas.

5.3.5.1 Secção do edifício

A secção pode desempenhar um papel importante na adequação da secção ao clima, potenciando sombreamento em climas secos com uma forma em t invertido ou trapezóide invertida, pelo contrário, para climas frios assegurar uma secção rectangular ou trapezoidal, ou ainda para climas tropicais uma forma complexa que potencie a ventilação transversal.
As classificações são as seguintes:

- Rectangular;
- T Invertido;
- Trapezoidal;
- Trapezoidal invertido;
- Complexa

5.3.5.2 Assentamento do edifício

O assentamento trata da relação do edifício com a topografia, estabelecendo as seguintes categorias: **enterrado**, **semi-enterrado**, à **superfície**, **elevado** e **sobrelevado**. Quanto mais enterrado estiver o edifício no solo menor a influência do clima sobre o edifício. Exemplos de edifícios no subsolo em climas secos (Tunísia, China, etc.) demonstram a vantagem de aproveitarem a estabilidade térmica da terra para obterem um melhor conforto térmico e protecção à agressividade de ventos desérticos bem como às temperaturas elevadas.
Em climas tropicais, com necessidades de ventilação os edifícios elevados e sobrelevados são óptimos exemplos de soluções que potenciam efeitos de vento sob os edifícios, aumentando a velocidade dos fluxos de vento. Vários exemplos de construção de edifícios em pilotis em países como o Brasil demonstram a mais-valia destas soluções para climas tropicais. No caso de clima temperado, esta solução já se torna prejudicial pela influência excessiva do vento.

3º Parte

Simulação de cenários virtuais

Capítulo 6 | Simulação sobre uma matriz virtual de tipologias urbanas para avaliação de exposição solar.

6.1 Introdução

O uso de software de análise e modelação espacial é um instrumento cada vez mais utilizado nas etapas inicias do processo de desenho de edifícios, planeamento e desenho urbano.
Estes instrumentos permitem gerir um volume de informação tal, que, de forma manual parte das possíveis predições e análises não seriam possíveis de estabelecer segundo medições rigorosas.
Com o recurso ao software de modelação procuraremos quantificar os valores de acesso solar sobre os modelos urbanos e tipológicos a desenvolver na busca de directrizes sobre as melhores disposições urbanas face a uma melhor arquitectura bioclimática.

Todas as figuras apresentadas nos próximos capítulos em que não se faz referência específica a uma qualquer fonte, são do arquivo do autor.

6.2 Objectivos

O desenvolvimento de simulações virtuais sobre a influência da insolação em diferentes tipologias urbanas com recurso a software permite-nos desenvolver e aperfeiçoar modelos urbanos com melhor desempenho energético para ambos períodos de aquecimento e arrefecimento.
Assim, é importante estabelecermos uma selecção criteriosa de instrumentos apropriados de simulação espacial e energética.
O objectivo principal da simulação levada a cabo é avaliar o desempenho energético das diferentes tipologias urbanas sob o ponto de vista de acesso solar no Verão e Inverno.

Para tal, definiram-se determinados aspectos a avaliar para atingir o objectivo definido:

- Avaliar os volumes inseridos em diferentes tipologias urbanas, orientações, alturas relativas da envolvente e latitudes;

- Avaliar parâmetros tidos como relevantes na avaliação dos volumes no que diz respeito à sua influência nos resultados finais, tais como:

  - Altitude;
  - Opacidade da vegetação;
  - Humidade do ar;
  - Temperatura;
  - Reflexão (Albedo)

- Avaliar os volumes para 4 dias do ano:

  - 21 de Dezembro – Solstício de Inverno;
  - 15 de Janeiro – Dia representativo da estação de aquecimento;
  - 21 de Junho – Solstício de Verão;
  - 1 de Agosto - Dia representativo da estação de arrefecimento.

Foram avaliados 4 dias por ano supracitados por representarem os dias mais relevantes para as avaliações sobre insolação:

- 21 de Dezembro e 21 de Junho – respectivamente os Solstícios de Inverno e Verão, representando os extremos do ano a nível de duração do dia e de insolação.
- 15 de Janeiro e 1 de Agosto – respectivamente os dias médios das estações de aquecimento e arrefecimento (segundo o RCCTE), permitindo-nos avaliar em termos médios o que se passa ao longo de cada estação (Inverno e Verão).

6.3 Software de simulação micro climática

O clima urbano e a sua influência no comportamento térmico dos edifícios são demasiado complexos para ser entendidos sem o recurso a ferramentas mais adequadas.

O "TOWNSCOPE III" é um software de modelação micro climática em 4 dimensões (três dimensões espaciais + dimensão temporal). Simula microclimas em cenários urbanos e fornece resultados para a radiação solar incidente, entre outros.

O Townscope III permite-nos adoptar valores para o estudo do acesso solar, nomeadamente:

- Dias seleccionados;
- Latitude;
- Altitude;
- Reflectividade;
- Teor de humidade;
- A razão entre a energia difusa e a energia total em condições de céu aberto;
- Condições de nebulosidade;
- Opacidade da vegetação.

6.3.1 Metodologia de utilização do software

O software tem uma utilização próxima daquilo que podemos designar como "user-friendly" por apresentar um conjunto de menus fáceis de utilizar, permitir a importação de desenhos em 3D e pela possibilidade de visualização directa dos resultados para além da essencial exportação dos resultados para ficheiros. txt ou .xls.
Não obstante tais considerações, terá de haver especial cuidado na introdução dos dados e na correcta definição de planos para analisar pois um pequeno lapso imperceptível ao mais incauto significará a deturpação de resultados. Com as devidas consequências que daí possam advir.

A introdução de dados será feita em duas partes. Na primeira parte procedemos a:

- Introdução dos dados geométricos que compõem o modelo a analisar (geralmente em. DXF);
- Introdução de dados climáticos e geográficos respeitantes ao modelo.

A introdução dos dados geométricos que compõem o modelo a analisar será feita a partir da janela de abertura de ficheiros, podendo ser executada com diferentes tipos de ficheiro, entre vários possíveis, o formato DXF é o privilegiado e o mais comum (Figura 113).

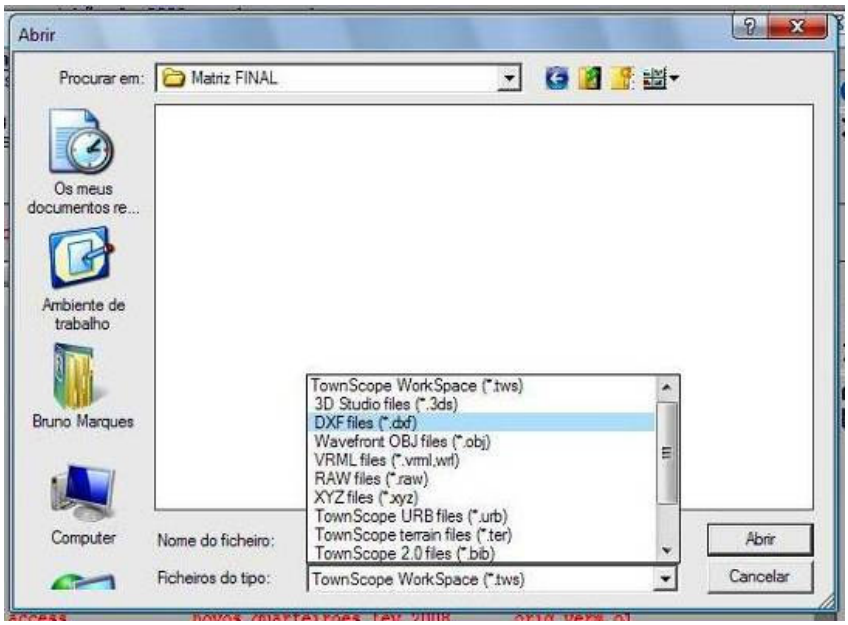


Figura 113 – Janela de importação de ficheiros

Com este formato de ficheiro introduzimos toda a configuração em 3 dimensões do modelo que pretendemos avaliar.

Os restantes dados, tais como: altitude, latitude, dias analisados, índice de reflectividade (Albedo), temperatura, nebulosidade, humidade, opacidade da vegetação e velocidade do vento entre outros dados são introduzidos manualmente ou parcialmente através de "Weather data files", (Figura 114)

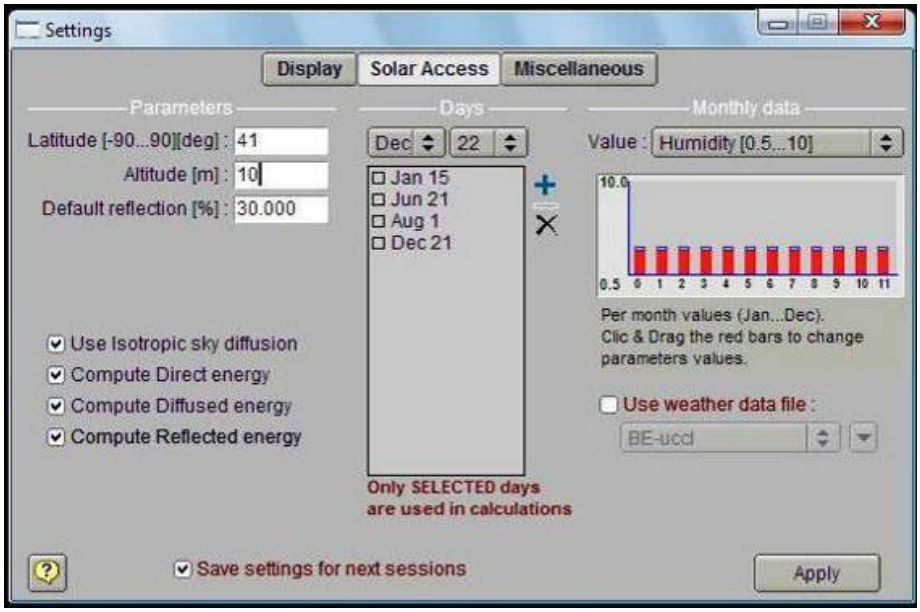


Figura 114 – Janela de introdução de dados climáticos no Townscope

Após a introdução dos dados climáticos, geográfico e geométricos, avançamos para a segunda fase de introdução de dados.

6.3.1.2Introdução de planos de fachada para análise de acesso solar.

Nesta fase, procedemos à identificação dos planos (neste caso) de fachada que serão objecto de medição pelo software. (Figura 115)

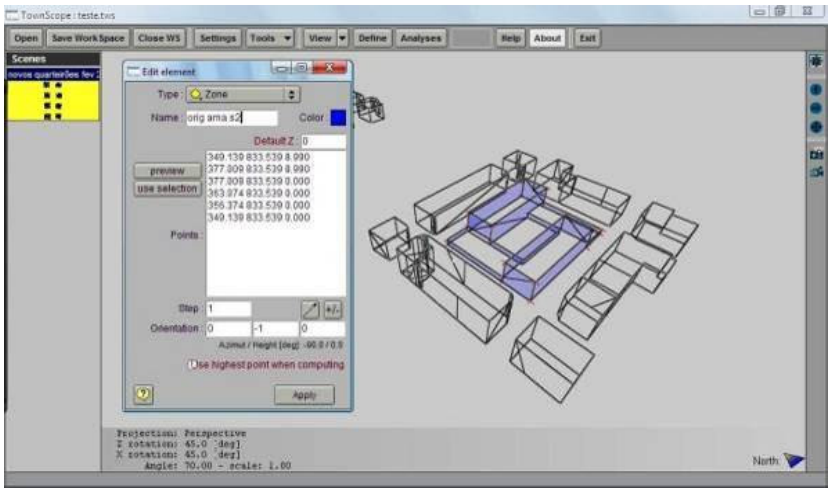


Figura 115 – Quadro de definição de planos para medição

Após a introdução de todos os planos a analisar, definimos no quadro da Figura 113 o tipo de análise desejada (Acesso solar, Conforto, etc.), o (s) cenário (s), e os elementos (neste caso as fachadas).

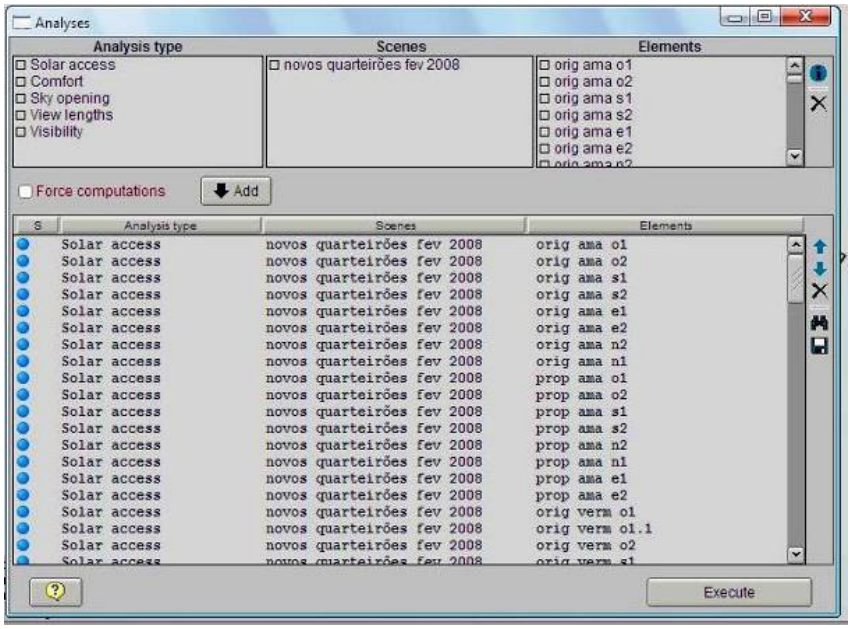


Figura 116 – Quadro de definição de tipos de análise, cenários e elementos a analisar

A partir deste ponto o software procederá ao cálculo de incidência de radiação solar global por m2 (Wh/m^2) em cada fachada dos volumes (Figura 117).

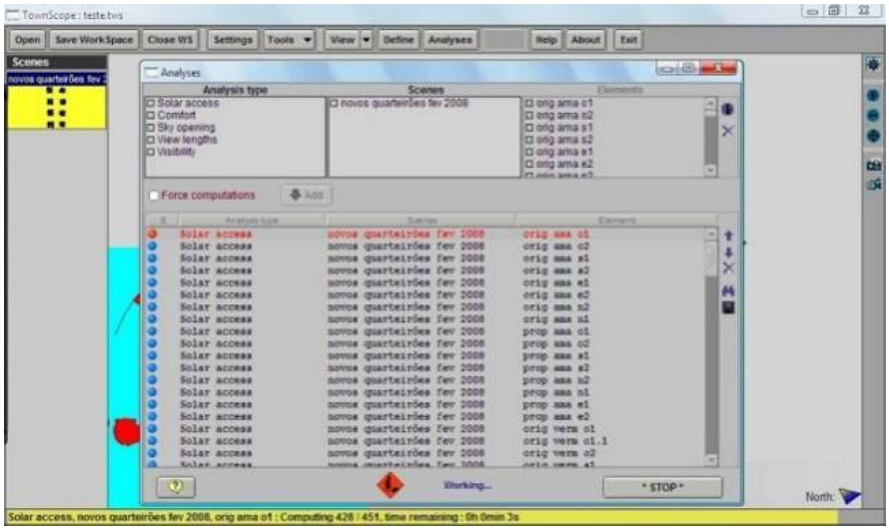


Figura 117 – Quadro com o estado de evolução dos cálculos

6.3.1.3Obtenção de resultados finais

Após a análise de todas as fachadas, o software permite a visualização dos resultados de incidência de radiação solar global diária e por m2 de fachada (Wh/m^2) por fachada a fachada, para o dia do ano pretendido ou para o conjunto dos dias seleccionados. Os valores de incidência de radiação solar podem ser extraídos em: radiação directa, reflectida e difusa ou radiação solar global.

No caso da Figura 118, podemos visualizar o resultado final de uma fachada do modelo analisado.

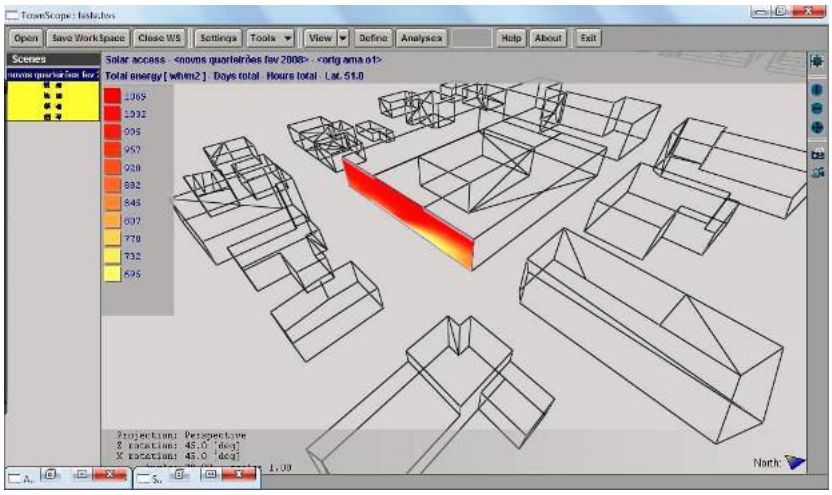


Figura 118 – Visualização dos resultados fachada a fachada

A exportação de resultados pode ainda ser feita através de ficheiros em txt ou xls.



Figura 119 – Quadro com indicação de exportação de resultados

Os valores são exportados contendo informação por m2 de fachada.

Posteriormente terá de se multiplicar pela área de fachada respectiva obtendo-se desta forma valores em Wh, e quando necessário converter para kWh, obtendo-se assim resultados de cada fachada, podendo posteriormente estabelecer comparações de resultados entre fachadas do mesmo volume ou de outros volumes.

O software apresenta vantagens e desvantagens face a outros softwares, as vantagens são a possibilidade de desenvolver estudos de desenho urbano preliminares, funcionar como suporte de apoio à primeira tomada de decisão e assegurar análises geométricas.[xix]

As desvantagens são a limitação de dimensionamento, optimizações e simulações detalhadas não são permitidas pelo software[xx] e a introdução de dados pode originar erros difíceis de detectar.

Depois de estabelecida a metodologia de utilização do software para a simulação de cenários urbanos em universo virtual, apresentamos um conjunto de estudos paramétricos sobre radiação solar total em kWh/m^2 [xxi] nas fachadas dos volumes simulados.

6.4 Matriz de simulações

Estabelecemos uma matriz de simulações a partir de um volume de 15x15 de base com uma cércea de 9m de altura (Figura 120 – volume base de simulação), perfazendo uma área total de construção de 675m2, com uma área de fachada exposta variável conforme as diferentes tipologias urbanas onde se insere, desde os 270m2 aos 540m2 de área.

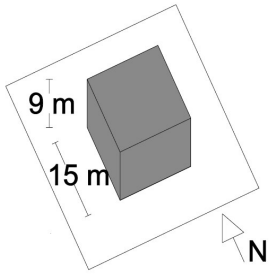


Figura 120 – volume base de simulação

Integrámos o volume em distintas tipologias urbanas: isolada, geminada, banda contínua e dois modelos diferentes de quarteirões, tendo como base uma malha urbana com largura de via de 9m. Desta forma pretendemos com um conjunto simplificado de 6 tipologias urbanas replicar a maior combinação possível de cenários urbanos, na expectativa de avaliar as diferentes influencias da envolvente directa urbana sobre o volume base nos diferentes períodos de avaliação ao longo do ano.

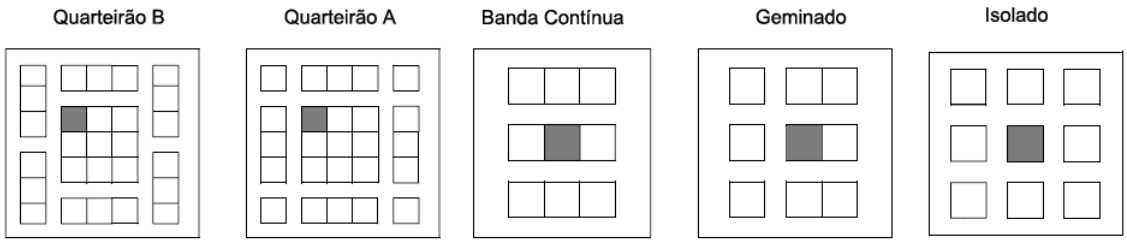


Figura 121 – volume base integrado nas distintas tipologias urbanas

6.4.1 Parâmetros fixos

Com o objectivo de limitar o número de simulações, procurámos avaliar 4 períodos do ano:

- Dia típico da estação de aquecimento – **15 Janeiro**, correspondendo ao dia admitido como central na estação de aquecimento;
- Dia típico da estação de arrefecimento – **1 Agosto**, correspondendo ao dia admitido como central na estação de arrefecimento;
- Solstício de Inverno – **21 de Dezembro**: dia com a altura solar mais reduzida;
- Solstício de Verão – **21 de Junho:** dia com a altura solar mais elevada.

Para o valor de **temperatura média** mensal foi considerada a estação do Porto, à latitude 41°N.

Tabela 4 – Mapa anual de temperatura e precipitação para o Porto [xxii]

Temperatura	Jan.	Fev.	Mar.	Abril	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Máximas	13°C	14°C	16°C	17°C	19°C	22°C	24°C	25°C	24°C	21°C	17°C	14°C
Mínimas	5°C	6°C	7°C	8°C	11°C	13°C	15°C	14°C	14°C	11°C	8°C	6°C
Média	9°C	10°C	12°C	13°C	15°C	18°C	20°C	20°C	19°C	16°C	12°C	10°C

Consideramos para os períodos analisados as temperaturas médias de Janeiro, Junho, Agosto e Dezembro (Tabela 4).

Para as datas simuladas, os valores de nebulosidade foram calculados através das cartas "normais climatológicas"[xxiii], da qual obtemos o número de horas solares por mês, num intervalo avaliado de 29 anos (Figura 122), conjugando com a carta solar para a região do Porto (Figura 123) que nos mostra o número de horas diárias em que o sol se encontra acima do horizonte ao longo dos dias do ano, (permite-nos desta forma obter as horas de insolação diárias para a região do Porto para cada período analisado), obtemos a diferença entre ambos valores, permitindo-nos desta forma obter o valor da nebulosidade média mensal.

Para os solstícios (21 Dezembro e 21 Junho) a nebulosidade refere-se apenas ao dia específico, nos dias típicos da estação de arrefecimento e aquecimento obtemos pela média de nebulosidade de todos os dias considerados como integrantes da estação de aquecimento e arrefecimento.

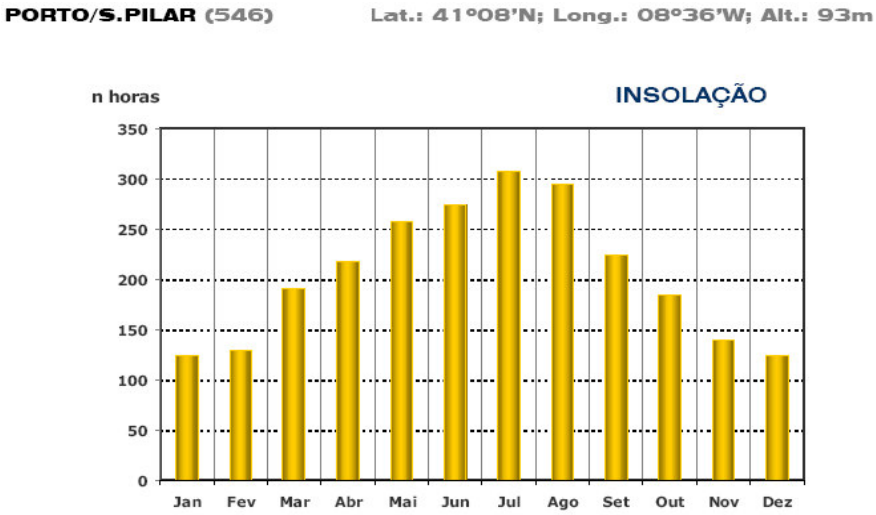


Figura 122 – gráfico com nº de horas de insolação/mês para o Porto

Fonte: http://www.meteo.pt

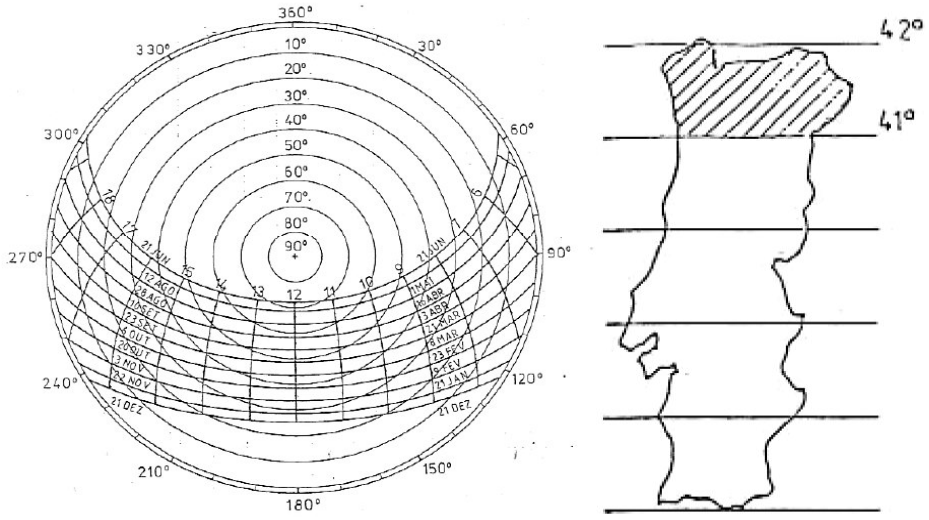


Figura 123 – Carta solar para as regiões entre as latitudes 41° e 42°

Fonte: RCCTE

Numa escala entre 0 a 10 de **humidade absoluta** utilizamos o valor de 3, para todo o período analisado, predefinido pelo TOWNSCOPE[xxiv].

Os programadores estabeleceram o índice de humidade para zonas desertas e polares (ar seco) w=0,5 … 1; para zonas de **clima temperado** (como é o presente caso) **w=2 … 4**; e climas tropicais (ar húmido) w≥5.

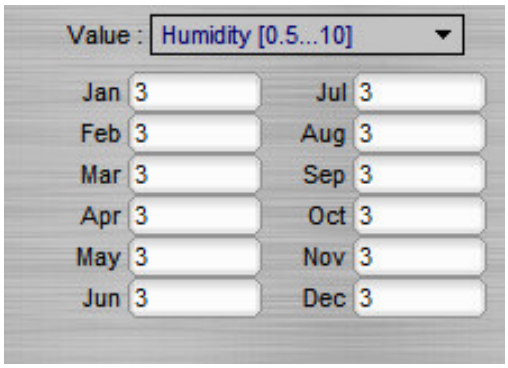


Figura 124 – Quadro de níveis de humidade absoluta no Townscope

Estabelecemos como valor fixo a **altitude** de **20m**, ponto médio da altitude da cidade do Porto.

Para a **obstrução da vegetação** consideramos por defeito os valores de origem[xxv] definidos no TOWNSCOPE, com uma vegetação do tipo folha caduca, com maior sombreamento no verão e com sombreamento quase insignificante no Inverno. Dadas as semelhantes características das espécies arbóreas nas nossas cidades, entendemos replicar os mesmos valores.

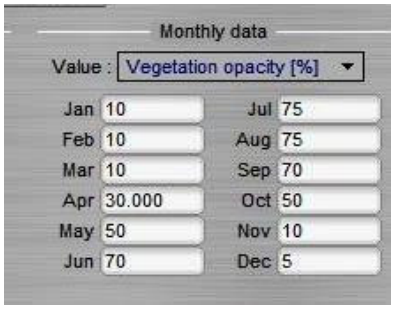


Figura 125 – Quadro de níveis de opacidade da vegetação no Townscope

Para a **velocidade do vento,** optamos por manter as definições originais, dado que para a nossa análise não é fulcral a definição rigorosa da velocidade do vento, dado necessitarmos apenas do valor de radiação solar total recebida nas fachadas.

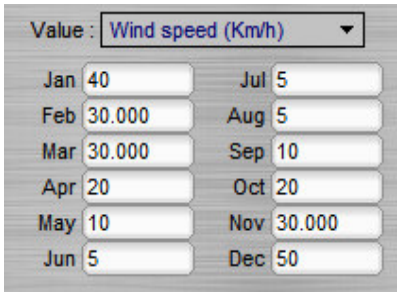


Figura 126 – Quadro de velocidade média do vento em km/h do Townscope

Referente ao **índice de reflectividade** (Albedo) optamos por preservar as definições originais, na ordem dos **30%**. Dado que pretendemos apenas obter o valor de radiação solar total na fachada, independentemente do tipo de fachada, percentagem de aberturas ou tipo de materiais que a compõem, este valor não é preponderante para os resultados.

O estudo sobre o tipo de revestimento de fachada poderá ser avaliado, existindo para tal uma janela de propriedade que pode ser configurada, alterando o valor final do índice de reflectividade.

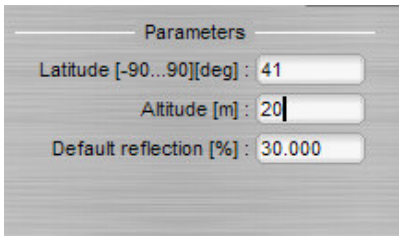


Figura 127 – Quadro do índice de reflectividade do Townscope

6.4.2 Avaliação de alguns parâmetros fixos

Com o propósito de avaliarmos o impacto de alguns dos parâmetros fixos no desempenho de acesso solar das tipologias urbanas, desenvolvemos um conjunto de simulações sobre:

- Altitude;
- Humidade;
- Reflexão;
- Vegetação.

Optamos por utilizar a tipologia isolada como modelo de simulação dos diferentes parâmetros fixos a avaliar.

Optamos por colocar nos anexos todos os parâmetros avaliados de todas as tipologias.

O primeiro parâmetro a avaliar foi a altitude para o Inverno (Figura 128) e Verão (Figura 129).

Os resultados obtidos no Inverno (Figura 128) variaram em -4,2% quando a altitude sobe de 10 para 500m e 8,7% quando a altitude sobe para 1000m.

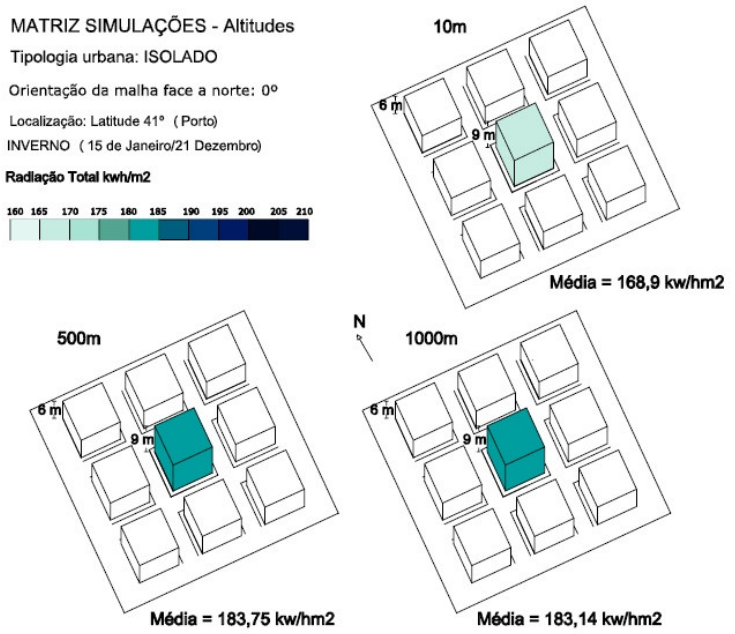


Figura 128 – Tipologia isolada no Inverno – Avaliação de diferentes altitudes

No período de Verão (Figura 129), as diferenças com a subida de altitude foram inferiores às detectadas no Inverno, ainda que com a mesma proporção. No aumento de altitude de 10 para 500m o acrécimo foi de 2,63%, aumentando para 5,35% com o aumento para 1000m de altitude.

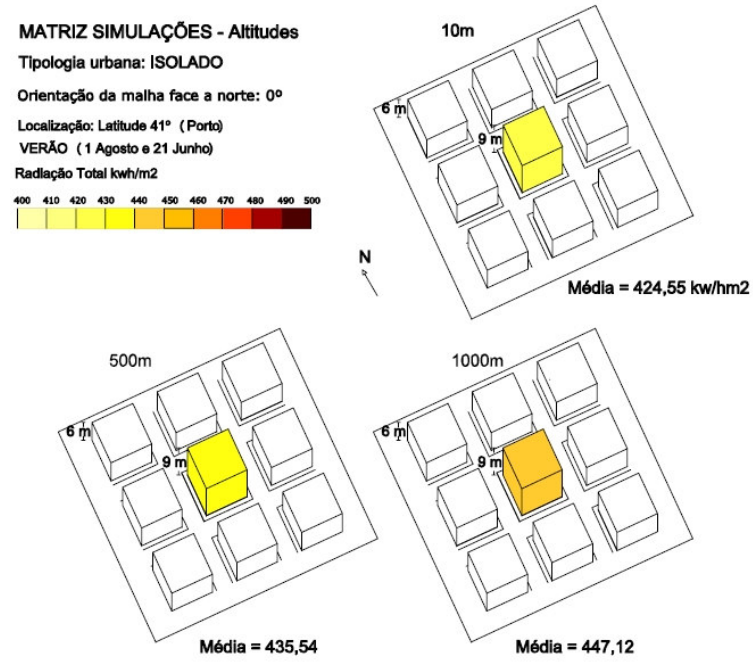


Figura 129 – Tipologia isolada no Verão – Avaliação de diferentes altitudes

Na avaliação dos niveis de humidade absoluta para o Inverno (Figura 130), ao reduzirmos a humidade absoluta de nível 3 para 0,5 a incidência de radiação solar sobre as fachadas aumenta em cerca de 23%, no entanto se aumentar a humidade absoluta de 3 para 10, o acréscimo é insignificante.

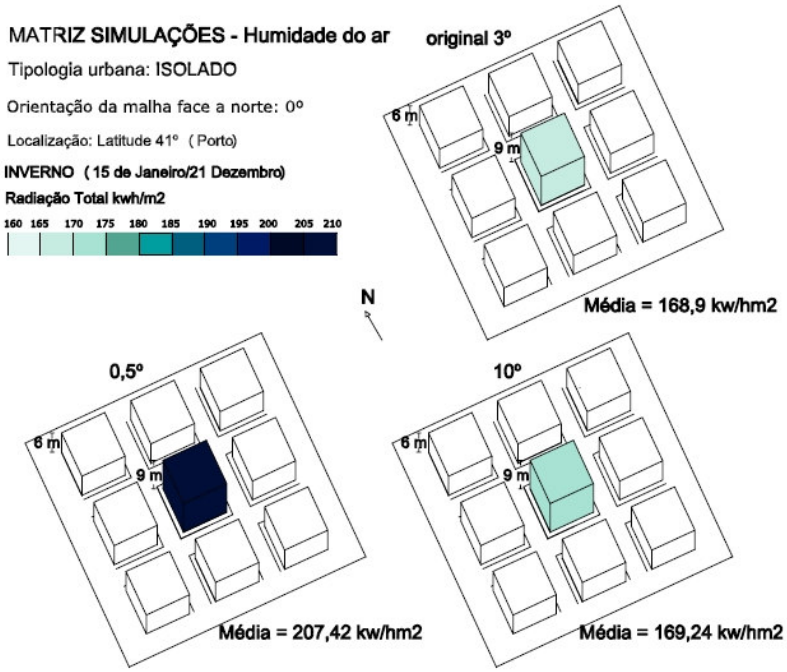


Figura 130 – Tipologia isolada no Inverno – Avaliação de diferentes niveis de humidade absoluta

Na avaliação da humidade absoluta no Verão (Figura 131), ao reduzirmos a humidade de 3 para 0,5 a incidência de radiação solar aumenta em cerca de 17,4%, no caso de aumentar a humidade de 3 para 10 a diferença entre ambos é de apenas 4% a mais.

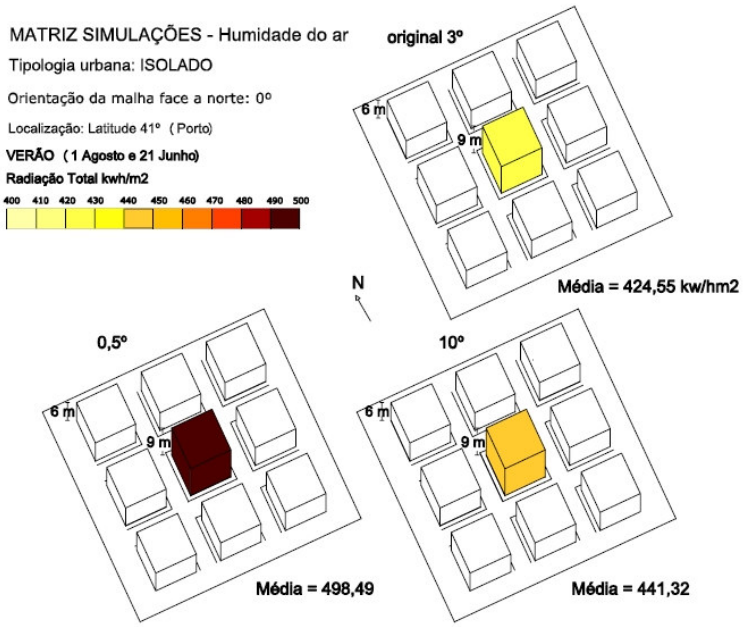


Figura 131 – Tipologia isolada no Verão – Avaliação de diferentes niveis de humidade absoluta

Na avaliação do parâmetro de reflexão no Inverno (Figura 132), a variação de 30% para 10% impôs uma redução ténue de 3,5%, enquanto com o aumento de reflexão de 30% para 70% o acréscimo sobe para quase 6%.

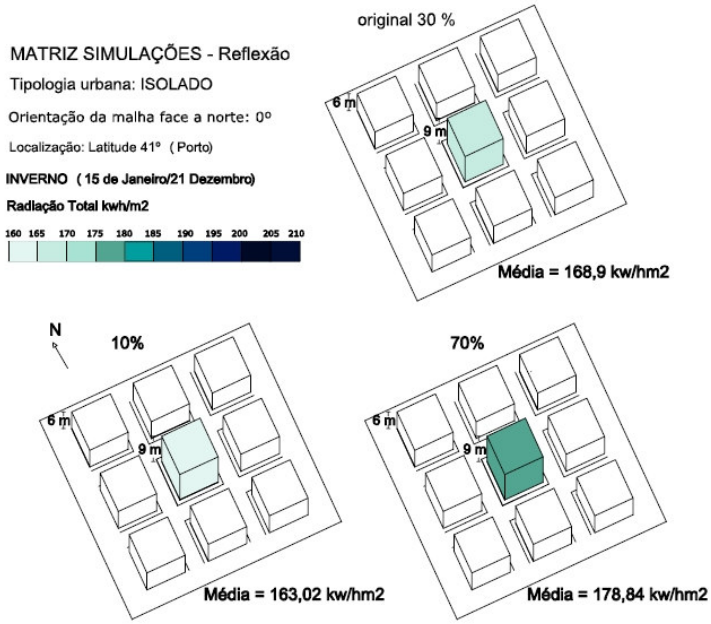


Figura 132 – Tipologia isolada no Inverno – Avaliação de diferentes niveis de refexão

Na avaliação da reflexão no Verão, a variação de 30% para 10% provocou um decréscimo de 3,7%, no caso de aumentar de 30% para 70% a diferença é de 7,5% superior. Os resultados obtidos demonstram existir uma correspondência directa de resultados entre Inverno e Verão.

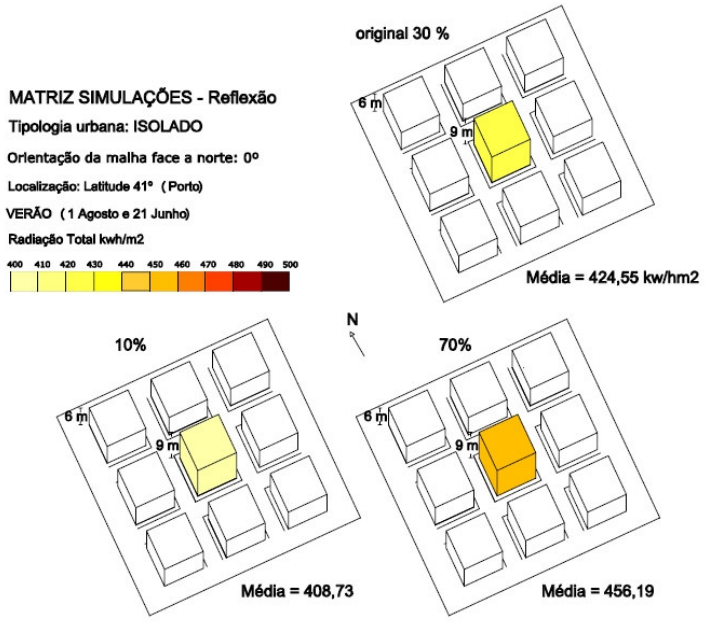


Figura 133 – Tipologia isolada no Verão – Avaliação de diferentes niveis de refexão

Na avaliação do parâmetro opacidade da vegetação, optamos por representar três diferentes versões: uma de folha caduca (o modelo original, com variação de densidade de copa das árvores consoante a época do ano) e uma segunda (0% de opacidade) representando a inexistência de vegetação e finalmente a terceira (75% de opacidade) com folha perene.
Devemos referir que este tipo de software não nos permite definir a localização da vegetação, apenas a opacidade da vegetação ou a ausência desta através da introdução de valores percentuais de vegetação ao longo do ano.

Na avaliação para o período do Inverno, a alteração da vegetação de folha caduca (original com 10%) para ausência de vegetação provocou um acréscimo de 8,7% de incidência de radiação solar as fachadas do volume.
Com a alteração de folha caduca (original com 10%) para perene (75%) a variação é insignificante.

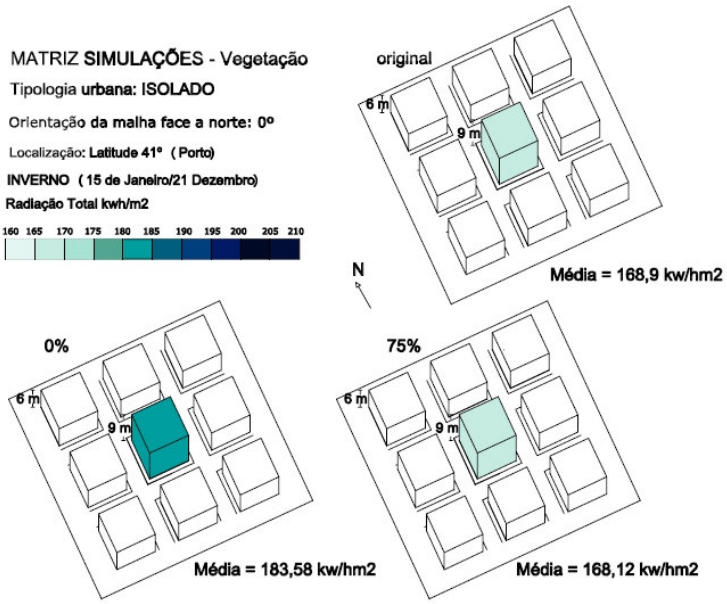


Figura 134 – Tipologia isolada no Inverno – Avaliação da opacidade da vegetação

Para o período do Verão, a variação da opacidade de vegetação do modelo original para opacidade 0% permite aumentar em 11% a incidência de radiação solar nas fachadas do volume, com o aumento de opacidade de 70% (original) para 75% a diferença como se depreende é praticamente nula.

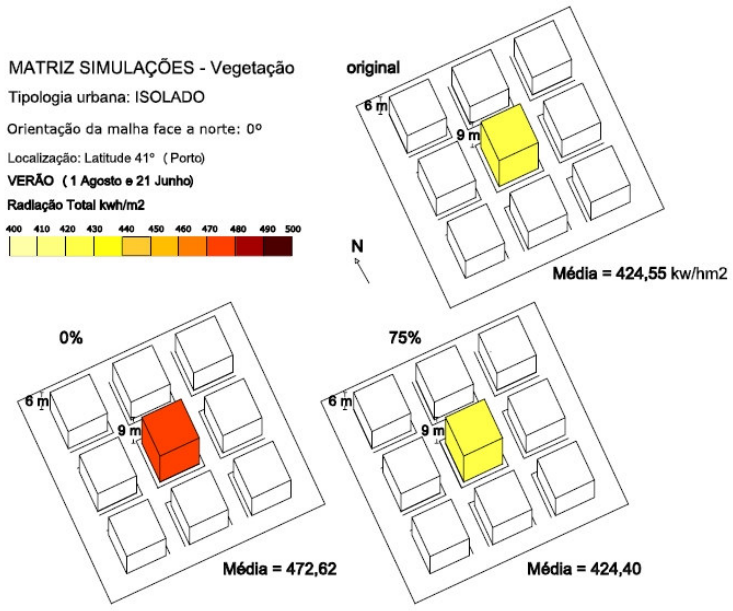


Figura 135 – Tipologia isolada no Verão – Avaliação da opacidade da vegetação

Da avaliação dos 4 parâmetros testados podemos demonstrar que os resultados obtidos entre as diferentes variações de modelos analisados variaram de forma pouco significativa, quase sempre com variação de valores abaixo dos 10% entre todos os modelos. Apenas no parâmetro da avaliação da humidade absoluta, para o Inverno é que o valor alcançou os 30%, nos demais, os resultados obtidos permitem-nos avançar para as análises das tipologias urbanas com a consciência que o valores que consideramos fixos (humidade, altitude, vegetação e reflexão), na sua análise demonstraram que a sua influência será sempre inferior a 10% sobre os valores obtidos nas diferentes tipologias urbanas e demais variações paramétricas a desenvolvermos.

6.4.3 Parâmetros testados

No parâmetro de **orientação da malha urbana**, procurámos orientar em sucessivos ângulos múltiplos de 22,5°, na expectativa de detectar a(s) tendência(s) da(s) melhor(es) orientação(ões) da malha urbana para a obtenção de maior radiação solar nos dias de Inverno e menor radiação nos dias de verão.

Foram definidos 3 cenários possíveis de **altura relativa da envolvente** (rugosidade) face ao volume analisado (Figura 136): O cenário original apresenta a mesma cércea entre o volume analisado e a envolvente directa, no segundo cenário a envolvente directa é elevada em 3m face ao volume analisado e no terceiro cenário optamos precisamente pelo oposto, no qual a envolvente directa é inferior 3m face ao volume analisado.

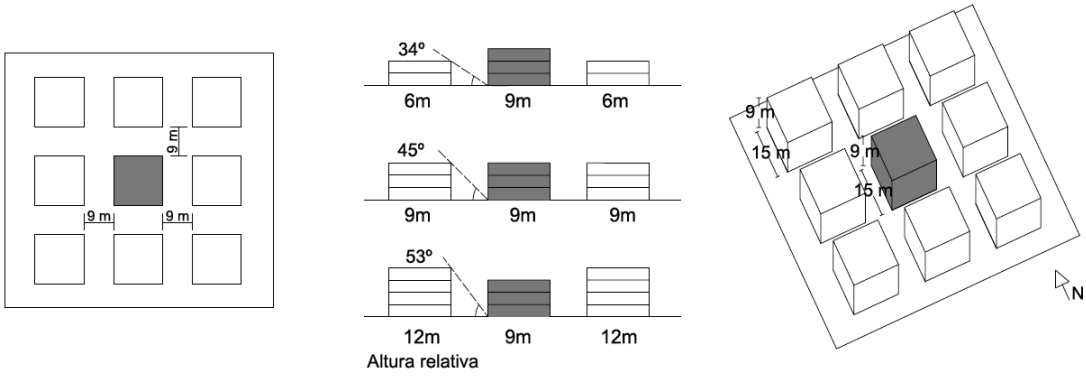


Figura 136 – Altura relativa da envolvente directa sobre o volume base

Estas variações permitem-nos detectar as tendências de influência do perfil do arruamento na obtenção de radiação solar total para o volume de estudo.

Num primeiro momento todas as simulações foram efectuadas com a **latitude** original de **41°N**, porém num segundo e terceiro momentos redefinimos a latitude para **37°N** (latitude coincidente por exemplo com a cidade de Faro) e **33°N** (latitude coincidente por exemplo com a cidade do Funchal).
Permite-nos desta forma caracterizar a influência da latitude no acesso à radiação solar.

Apresentaremos de seguida a interpretação dos resultados da simulação para a latitude 41°N
Os valores de radiação solar total (em kWh/m^2) por fachada obtidos para cada dia analisado e para cada volume são ponderados entre todas as fachadas expostas, obtendo a média ponderada de cada volume analisado de acordo com a seguinte fórmula:

$$\mathrm{I_m} = \frac{\sum_{i=1}^{N} I_i . A_i}{\sum_{i=1}^{N} A_i} \qquad (\mathrm{kWh/m^2})$$

Im – média ponderada da radiação solar global diária nas fachadas;
Ii – radiação solar global diária na fachada i;
Ai – área da fachada i;
N – nº de fachadas expostas.

Por comparação das diferentes tipologias urbanas, orientações, latitudes e alturas relativas pudemos enunciar um conjunto de tendências para o hemisfério norte sobre as melhores e piores localizações dos volumes face à radiação sola total obtida por comparação com outros volumes em diferentes localizações.

6.5 Análise das Tipologias

6.5.1 Isolada

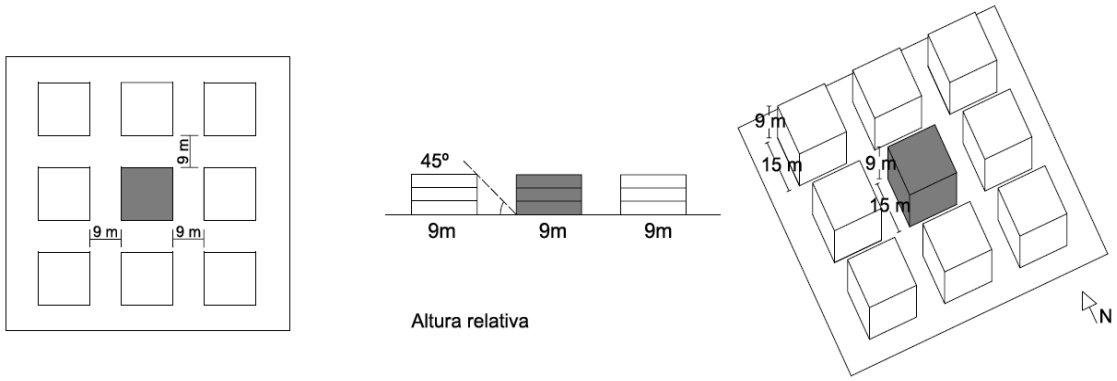


Figura 137 – Tipologia isolada

O volume base na tipologia isolada (Figura 137) é o primeiro analisado e quantificado nos períodos do ano que correspondem ao Verão e Inverno.

Com afastamentos iguais em todas as 4 fachadas é a tipologia que com maior área de fachada exposta (factor forma mais elevado) de todos os volumes analisados, obtendo valores de radiação solar global por m2 muito superiores comparativamente aos demais volumes inseridos em outras tipologias.

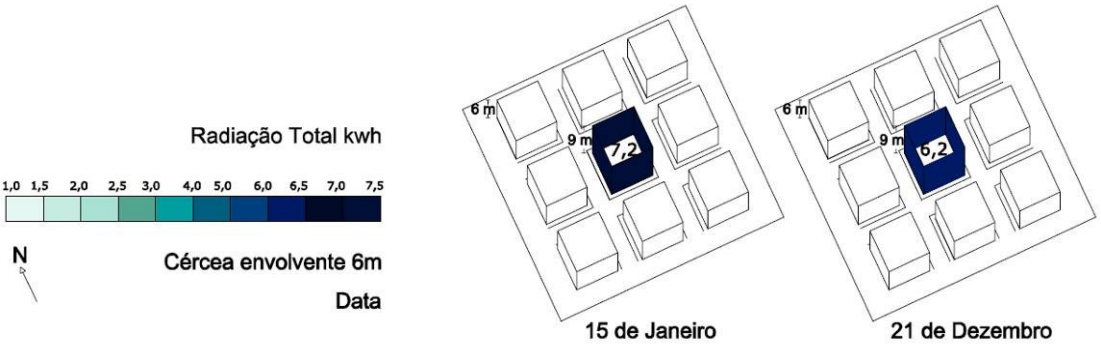


Figura 138 – Tipologia isolada: avaliação dias de Inverno

Os dias analisados correspondem ao dia mais curto do ano, o solstício de Inverno (21 de Dezembro) e o dia mais representativo do Inverno, o dia 15 de Janeiro (Figura 138).

Como primeiro resultado obtido com valores entre 7,2 e 6,2 kWh (valores correspondentes ao somatório de radiação solar global incidente no conjunto das fachadas durante todo o dia – "SRSGI")

Correspondendo a um valor médio de 1,8 e 1,55kWh respectivamente por fachada no Inverno.

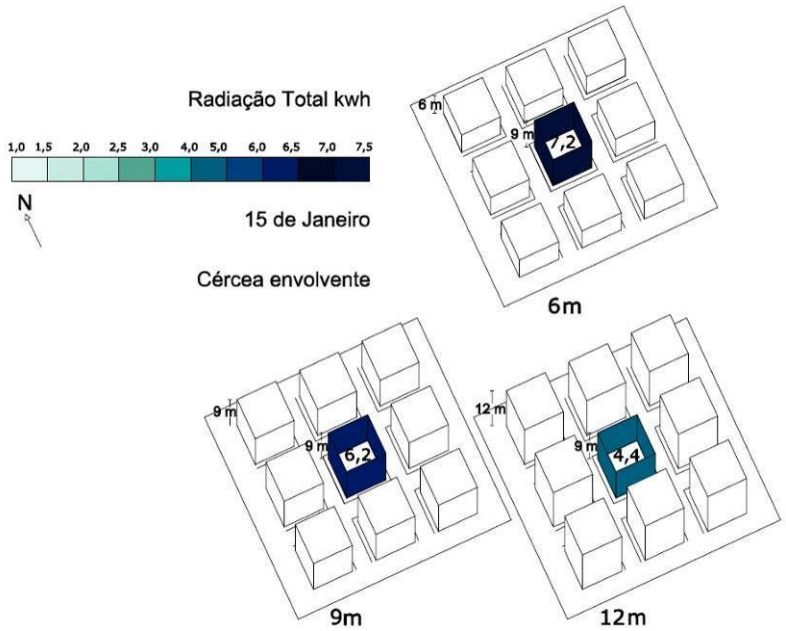


Figura 139 – tipologia isolada – Inverno: avaliação com diferentes cérceas envolventes

Com diferentes cérceas envolventes, respectivamente de 6, 9 e 12m de altura, (Figura 139) os resultados finais de radiação solar total são afectados de forma acentuada, com reduções na ordem dos 14% para 9m e de praticamente 39% para 12m.

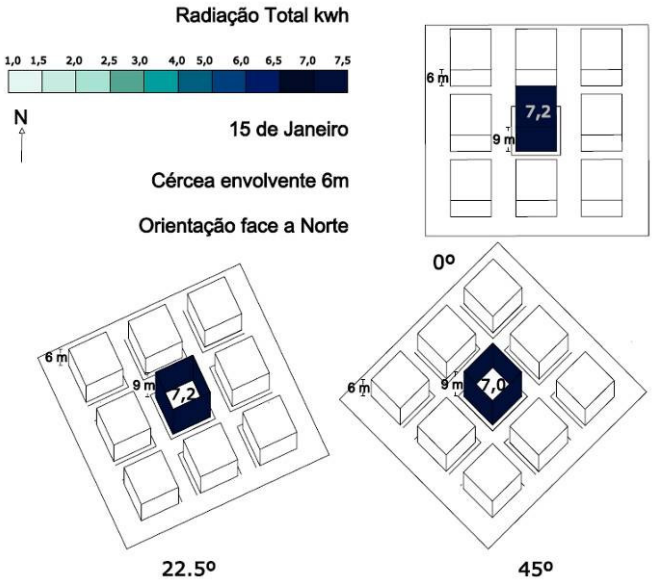


Figura 140 tipologia isolada – Inverno: avaliação com diferentes orientações

Comparando o mesmo volume integrado na malha urbana com diferentes ângulos de orientação as diferenças para o caso do Inverno são pouco significativas, existindo apenas no ângulo de 45° uma diferença de 0,2kWh (SRSGI) face aos demais ângulos analisados (Figura 140), tal dever-se-á à influência superior da envolvente[xxvi] no volume num ângulo muito elevado, potenciando maior projecção de sombra de construções vizinhas no modelo base analisado.

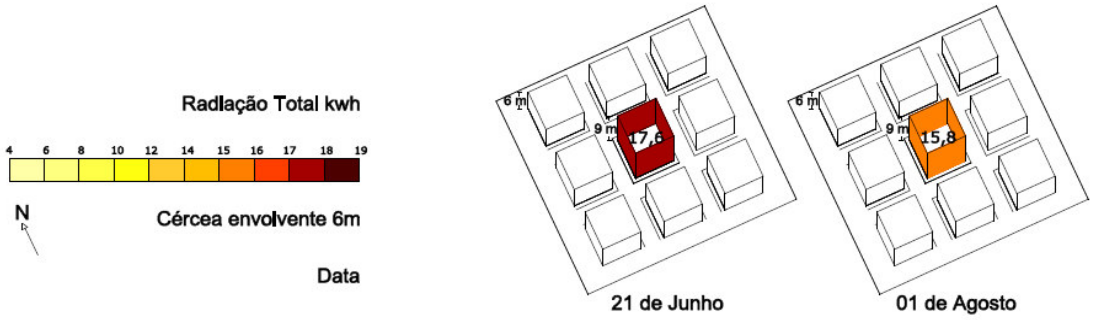


Figura 141 – Tipologia isolada: avaliação para dias de Verão

No caso do período de verão (Figura 141), aqui representado pelo solstício de verão (21 de Junho) e o dia representativo da estação de arrefecimento (1 de Agosto) os valores obtidos são superiores aos do Inverno na ordem dos 10kWh, correspondendo a um valor médio por fachada de 4,4 e 3,95kWh respectivamente.

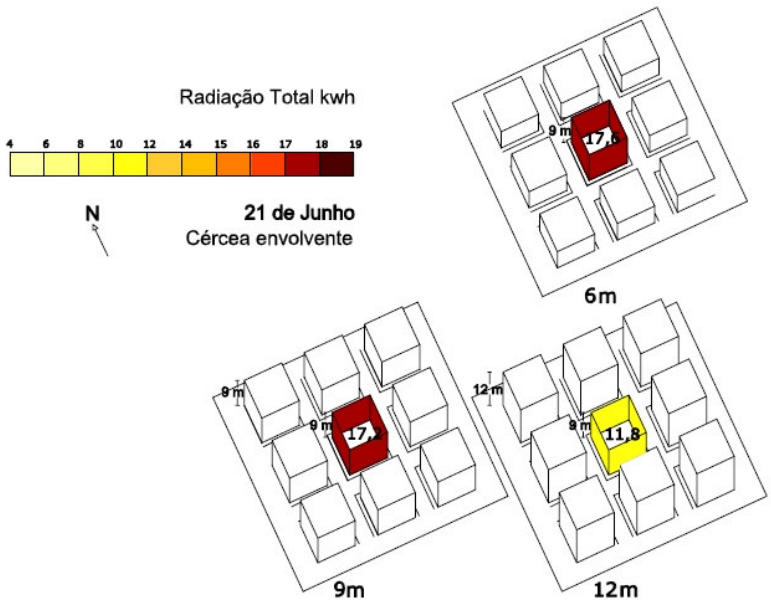


Figura 142 tipologia isolada – Verão: avaliação com diferentes cérceas envolventes

Com diferentes cérceas envolventes (Figura 142), tal como no caso do Inverno, os valores regridem na ordem dos 2% para a cércea de 9m e de cerca de 33% para a cércea de 12m.

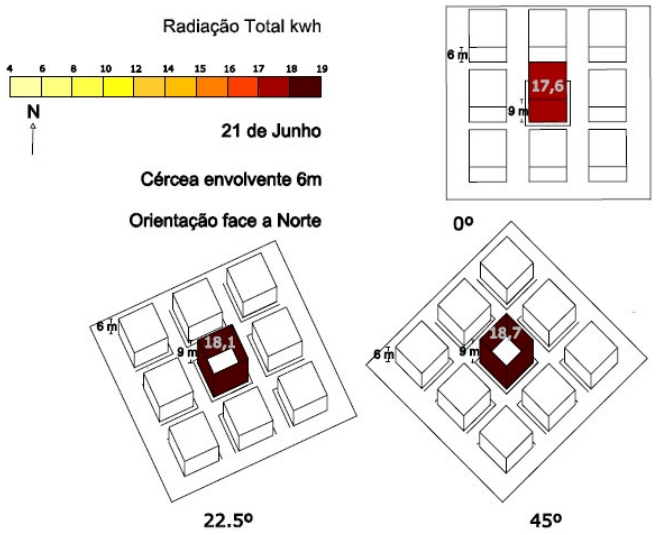


Figura 143 tipologia isolada – Verão: avaliação com diferentes orientações

Com a variação progressiva da orientação (Figura 143) os valores de radiação solar global acentuam-se com a rotação progressiva de 0° aos 45°, conforme aumentam as áreas de fachadas expostas a poente/sul e nascente/sul (sem a protecção do sombreamento das construções a nascente e poente como acontece no modelo a 0°) os modelos a 22,5° e 45° sofrem mais a incidência de radiação solar pela abertura das ruas a nascente/sul e poente/sul.

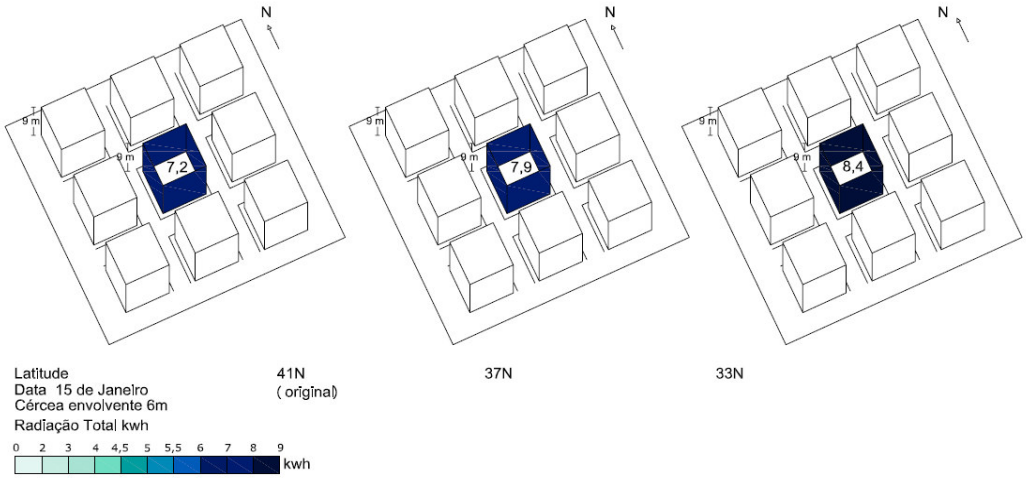


Figura 144 – Tipologia Isolada – Inverno: Avaliação com distintas latitudes

Na avaliação para o dia típico da estação de aquecimento (15 de Janeiro) os resultados obtidos na Figura 144 demonstram a importância do maior ângulo de azimute solar reflectindo-se nos resultados superiores consoante diminui a latitude.

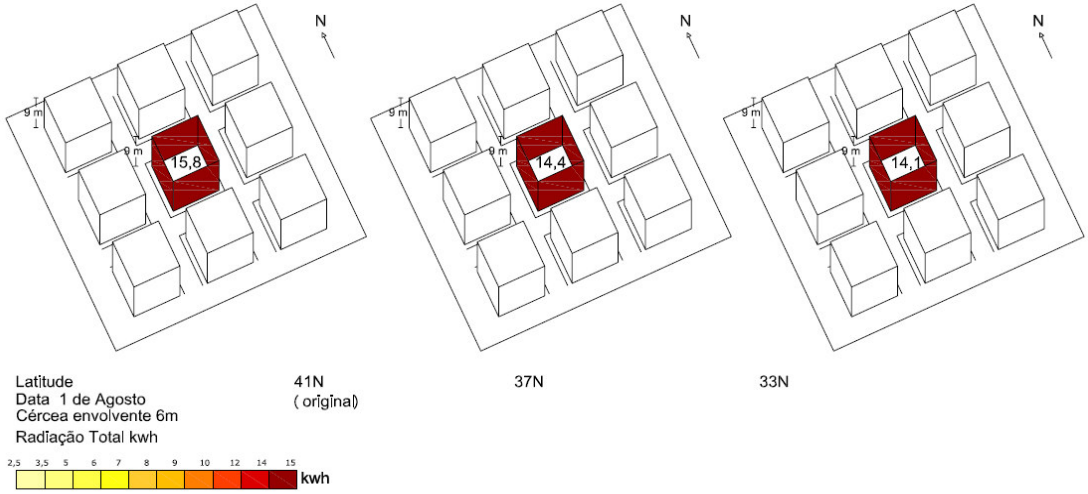


Figura 145 – Tipologia Isolada – Verão: Avaliação com distintas latitudes

No Verão sucede o inverso (Figura 145), dado que com uma maior exposição solar o aumento de latitude corresponde a um ângulo de incidência solar ou azimute inferior. Consoante aumenta o azimute, aproximando-se da linha do equador menor será a incidência de radiação solar nas fachadas mais expostas. Neste sentido a redução de radiação solar total entre latitudes é mais acentuada entre as latitudes 41° e 37° do que a latitude 37° e 33°.

Como comentários gerais devemos acrescentar que das simulações de Inverno e Verão analisadas, para as distintas orientações e cérceas envolventes, podemos destacar que o aumento de cércea no Inverno é mais prejudicial que a protecção oferecida no verão pelo mesmo aumento de cércea, ora no Inverno o prejuízo face ao modelo original é de 39% no caso do verão a diferença fica-se pelos 33%, é sabido ainda que é mais fácil controlar o sombreamento no verão do que potenciar a obtenção de radiação solar no Inverno, desta forma consideramos mais importante encontrar soluções urbanas que permitam acentuar a obtenção de radiação solar no Inverno em detrimento de soluções com menores ganhos solares no verão. Neste exemplo poderíamos preterir soluções acima de 3m de diferença entra o volume base e a envolvente, dado tornar-se significativamente prejudicial face ao benefício do sombreamento de verão.

A orientação que privilegie ângulos de 22,5° ou superiores são claramente prejudiciais na protecção à radiação solar no Verão e pouco benéficas no Inverno. Devemos privilegiar a orientações a 0° sobre as demais para as tipologias Isoladas com este tipo de desenho urbano de envolvente próxima.

Em menores latitudes a optimização do acesso solar no Inverno não é tão essencial, sendo a protecção solar no Verão importante mas relativamente fácil de implementar nas fachadas.

6.5.2 Geminado

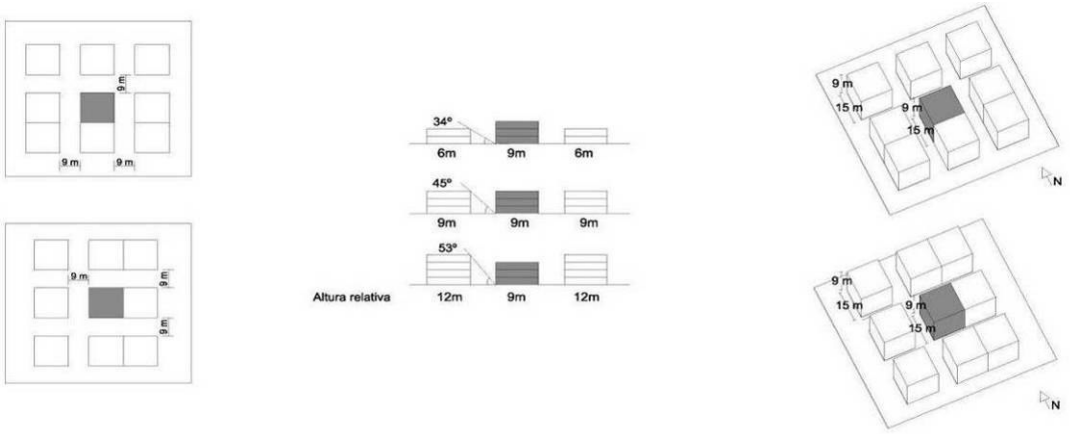


Figura 146 – tipologia geminada vertical e horizontal[xxvii]

Apresentamos de seguida as considerações sobre a tipologia geminada, com menor factor forma que a tipologia isolada.

Por questões formais, desenvolvemos em duas partes, uma tipologia geminada vertical e a restante em tipologia geminada horizontal, a tipologia geminada vertical não tem qualquer fachada voltada a sul, permitindo avaliar as características das fachadas nascente e poente de forma mais evidentes. A tipologia geminada horizontal tem sempre uma fachada a sul e como tal com uma diferença significativa entre ambas tipologias, atenuando as diferenças entre fachadas.

6.5.2.1 Organização formal

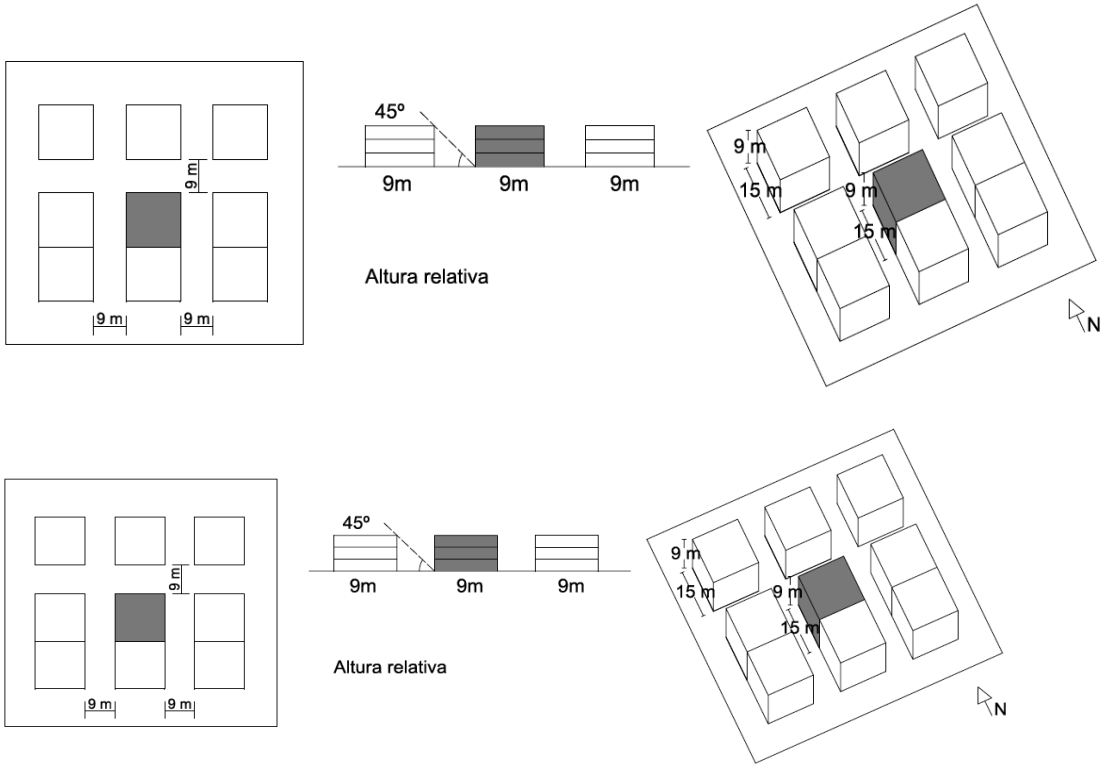


Figura 147 – Tipologia geminada vertical

O volume base enquadrado numa tipologia geminada vertical (Figura 147) permitirá avaliar para um conjunto de 3 fachadas expostas qual a melhor orientação para o período analisado que representa o Verão e o Inverno.

6.5.2.2 Geminada Vertical

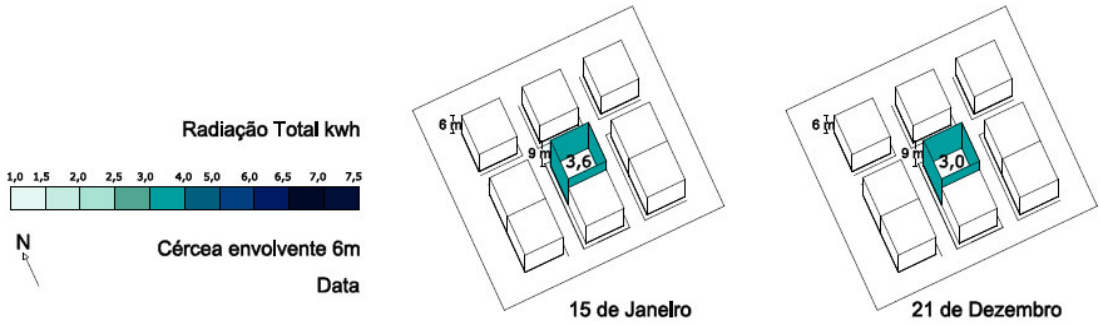


Figura 148 – Tipologia geminada vertical: avaliação Inverno

Analisando o volume na tipologia geminada vertical (Figura 148) sem fachada a sul, constatamos que há um decréscimo de 50% de radiação solar total face ao volume isolado para o mesmo período que corresponde ao dia 15 de Janeiro, no caso do solstício de Inverno a diferença alcança os 51% inferiores. Desta análise comparativa podemos comprovar a importância da fachada voltada a sul, obtendo por si só o mesmo valor de radiação solar total no Inverno que as restantes fachadas em conjunto.

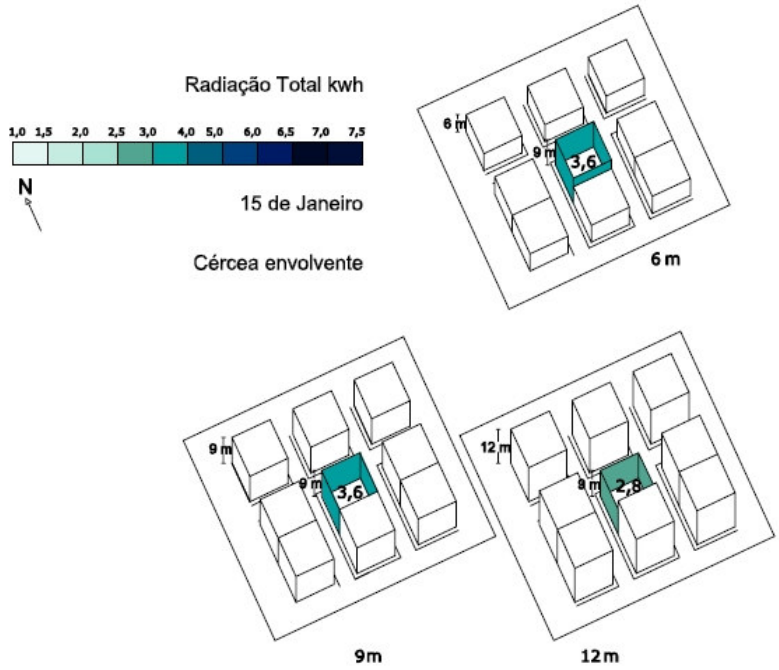


Figura 149 – Tipologia geminada vertical – Inverno: avaliação com diferentes cérceas envolventes

Comparando o modelo na tipologia geminada vertical na envolvente com cérceas distintas 6, 9 e 12m de altura (Figura 149), a obstrução solar da envolvente afecta o acesso solar do modelo na ordem dos 20% menos de radiação solar total de 6m para 9m e 7% de 9m para 12m.

Fruto da tipologia geminada com a fachada a sul em empena com outro volume o acesso solar no Inverno é garantido pelas fachadas nascente e poente, e como tal sujeitas à dimensão das cérceas próximas com maior impacto que numa tipologia isolada, como tal uma redução da cércea permite ganhos solares significativos.



Figura 150 – Tipologia geminada vertical – Inverno: avaliação com diferentes orientações

Na análise de variação do ângulo do conjunto edificado (Figura 150) procuramos demonstrar a relevância do quadrante sul na obtenção de ganhos solares de radiação.

Com a orientação original de 0° o valor obtido é de 3,6kWh, com uma ligeira orientação de 22,5° em ambos sentidos o valor ascende a 4,2kWh, superior em 16,6% ao original e com um acréscimo de mais 22,5° (45° no total) o valor alcançado ascende a 4,6kWh ou seja cerca de 28% superior ao original. Desta análise podemos depreender que as progressivas orientações do volume ao quadrante sul permitem aumentos progressivos de ganhos solares de radiação essenciais no Inverno.

Como a fachada sul está laqueada ao acesso solar as restantes fachadas nascente e poente aumentam o acesso solar com a sua progressiva orientação face a sul, permitindo obter mais radiação solar através da clareira aberta pelas ruas.

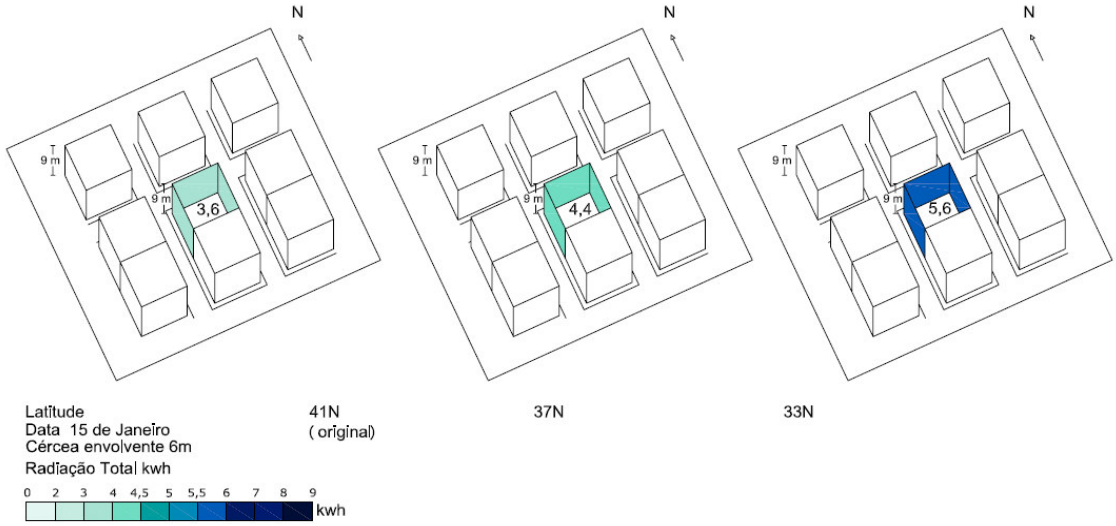


Figura 151 – Tipologia Geminada Vertical – Inverno: Avaliação com distintas latitudes

Para diferentes latitudes no dia típico da estação de aquecimento (Figura 151), tal como na tipologia isolada mais uma vez destacamos a importância do maior ângulo de azimute solar, reflectindo-se em resultados superiores consoante diminui a latitude. Como a fachada a sul é de empena a outra construção, as fachadas nascente e poente são as únicas que podem beneficiar com a diminuição de latitude permitindo obter mais ganhos solares pela maior exposição solar face a outras latitudes superiores.

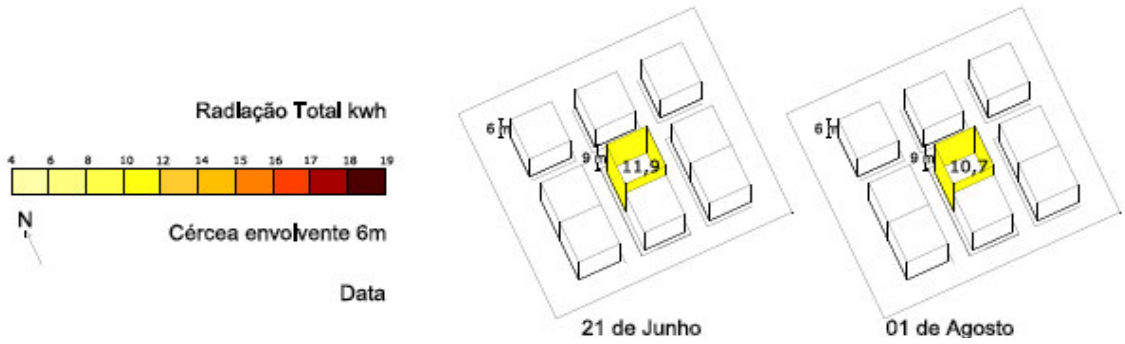


Figura 152 – Tipologia geminada vertical: avaliação Verão

Para o período do verão (Figura 152) analisando a tipologia geminada vertical, com a fachada sul obstruída, os níveis de radiação solar total são cerca de 33% inferiores ao mesmo volume na tipologia isolada (com as 4 fachadas expostas). A presença da fachada a sul não tem a mesma importância que no Inverno, com uma relevância de cerca de 33% na incidência de radiação solar face às restantes fachadas.

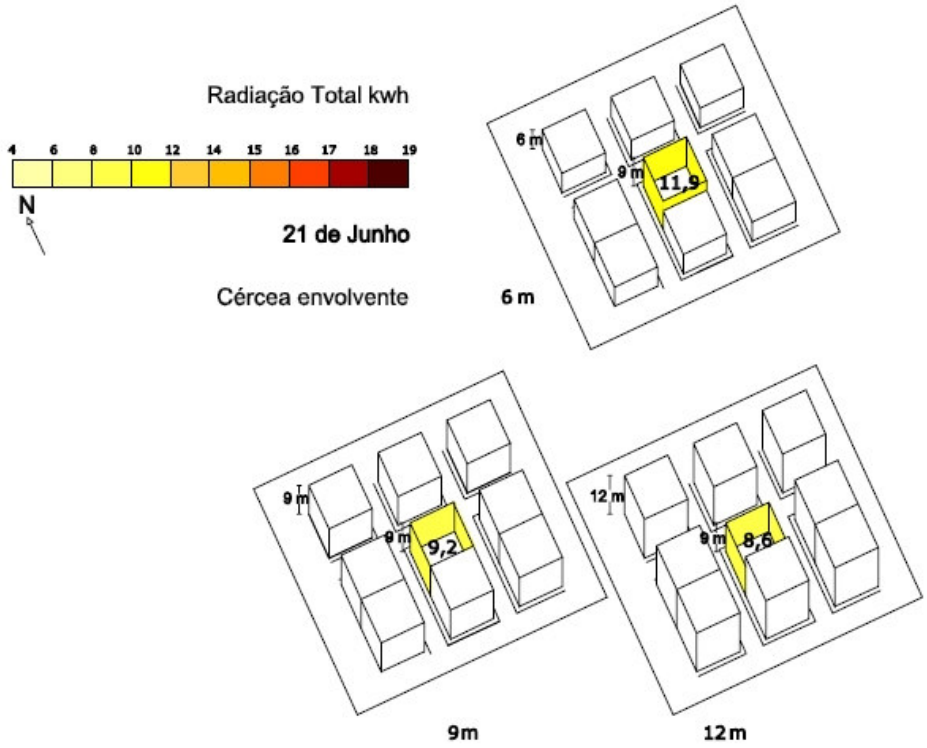


Figura 153 – Tipologia geminada vertical – Verão: avaliação com diferentes cérceas envolventes

As diferenças de resultados são semelhantes às obtidas no Inverno (Figura 153): para a cércea envolvente de 6m os ganhos solares são 29% superiores à cércea original com mais 2,7kWh, no caso da cércea de 12m os ganhos solares são inferiores em 6,6% face à cércea original. Desta análise podemos constatar que as diferenças de ganhos solares são claramente superiores tanto no verão como no Inverno se reduzirmos a cércea em 3m em mais de 20%. Com um aumento de 3m a diferença de resultados é claramente inferior e por conseguinte menos relevante na ordem dos 6,5%.

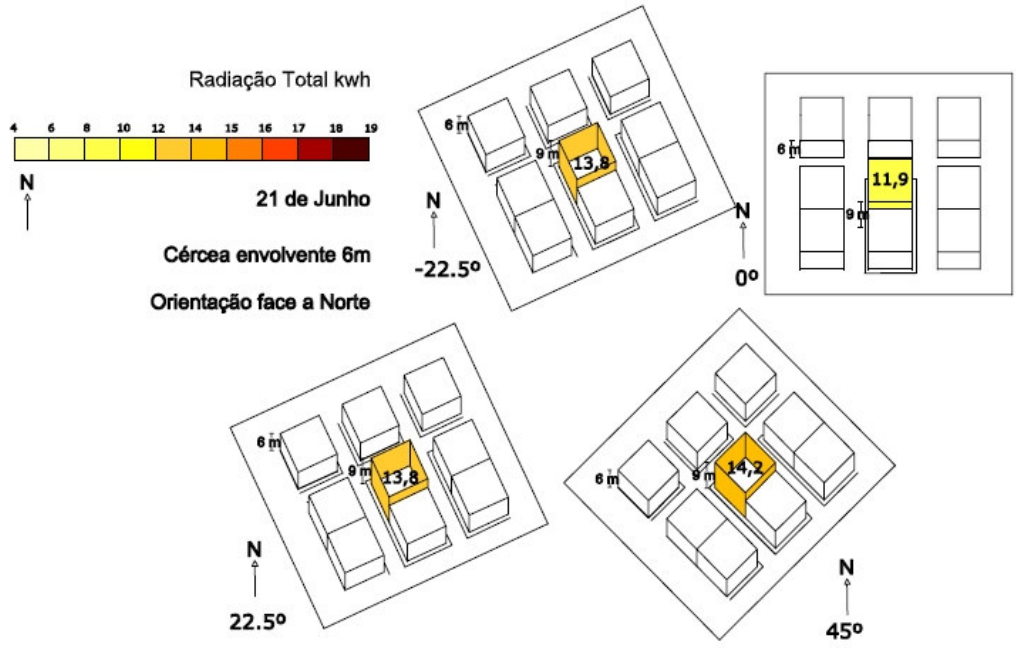


Figura 154 – Tipologia geminada vertical – Verão: avaliação com diferentes orientações

Na variação das orientações os resultados obtidos são ligeiramente inferiores aos seus congéneres no Inverno (Figura 154). No caso do modelo original o valor obtido é de 11,9kWh, com uma variação 22,5° em ambas direcções o valor obtido é de 13,8kWh, superior em 11,6% ao original, e para um ângulo de 45° o valor obtido é de 14,2 kWh, superior em 19% ao original.

Destas análise de orientações podemos acentuar o facto que a rotação da orientação é mais relevante no Inverno que no verão, obtendo-se diferenças de valores face ao original de 16,6 e 27,7% respectivamente a 22,5° e 45° no Inverno face aos 11,6 e 19,3% respectivamente 22,5° e 45° no verão face ao original.

Como procuramos obter ganhos superiores de radiação solar total no Inverno e menores ganhos solares no verão, a adopção ângulos que permitam orientar face ao quadrante sul são benéficos, dado que os ganhos solares que possam acontecer no verão são inferiores aos obtidos no Inverno, podendo contrariar no verão com dispositivos de sombreamento adequados.

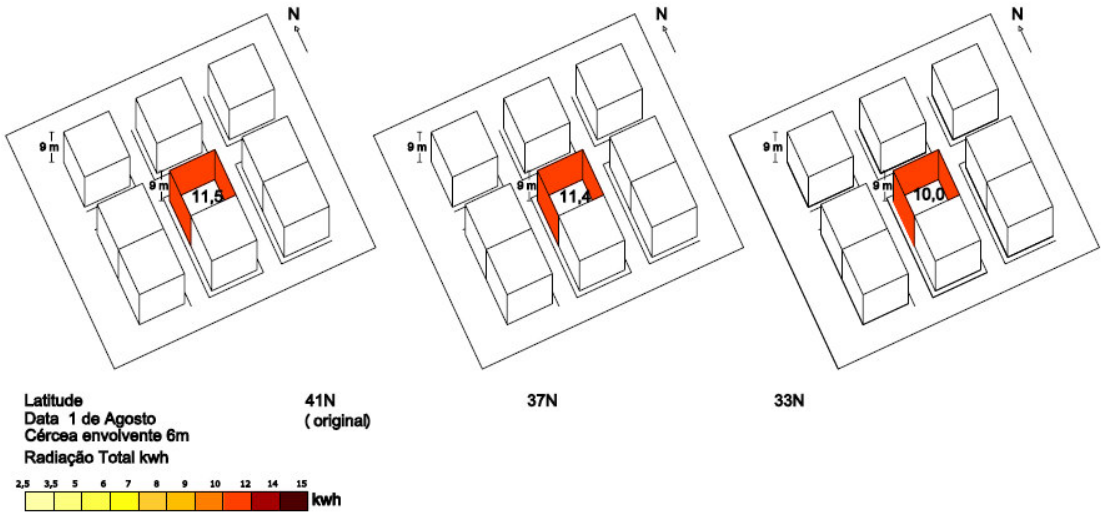


Figura 155 – Tipologia Geminada Vertical – Verão: Avaliação com distintas latitudes

No Verão sucede o inverso do Inverno (Figura 155). Ao aumento de latitude corresponde um ângulo de incidência solar ou azimute inferior acentuando a exposição solar. Consoante aumenta o azimute, aproximando-se da linha do equador menor será a incidência de radiação solar nas fachadas mais expostas. Neste sentido a redução de radiação solar total entre latitudes é mais acentuada entre as latitudes 41° e 37° do que a latitude 37° e 33°

6.5.2.3 Geminada Horizontal

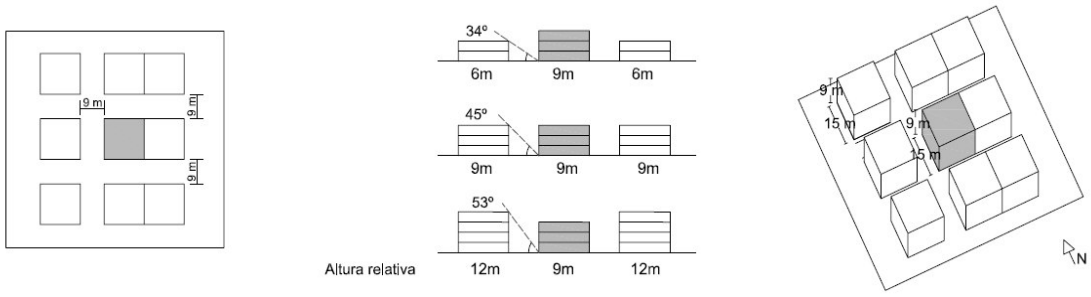


Figura 156 – Tipologia Geminada Horizontal

Esta configuração urbana (Figura 156), pouco difere da anterior, no presente modelo a geminação é horizontal, libertando a fachada a sul para avaliação.

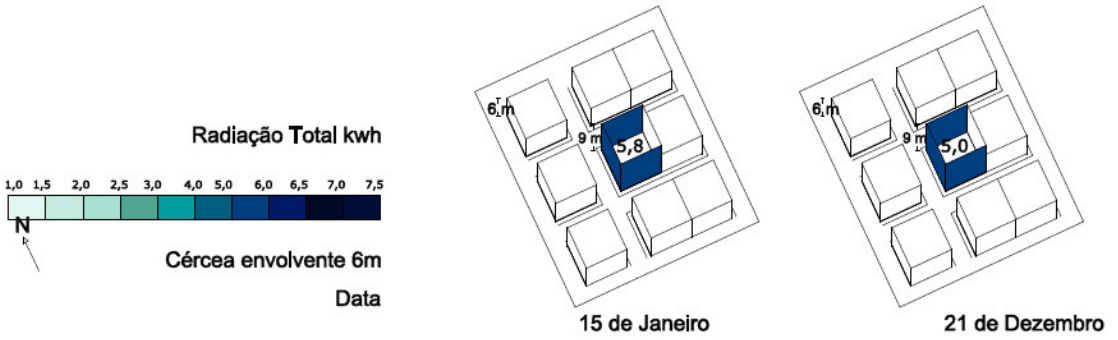


Figura 157 – Tipologia geminada horizontal: avaliação Inverno

Avaliando o período de Inverno (Figura 157), comparativamente com a tipologia geminada vertical (sem fachada exposta a Sul) podemos concluir que a presença da fachada Sul e ausência da fachada a Nascente permite obter ganhos solares significativos de 61 e 66% superiores respectivamente para 15 de Janeiro e 21 de Dezembro.

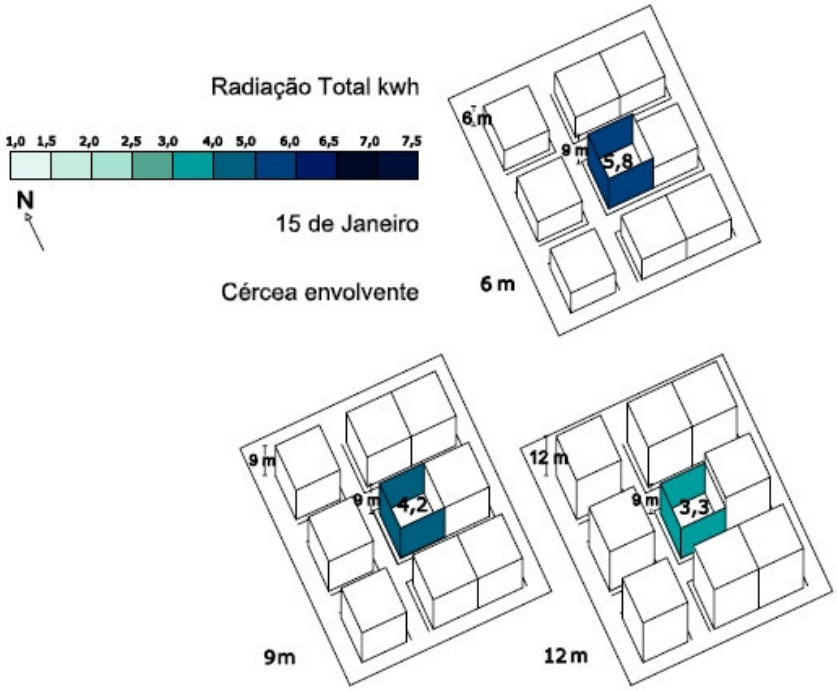


Figura 158 – Tipologia geminada horizontal – Inverno: avaliação com diferentes cérceas envolventes

Com distintas cérceas envolventes (Figura 158), o modelo com a cércea envolvente mais reduzida (6m) apresenta um aumento de radiação solar total na ordem dos 38%, com o aumento de cércea para 12m a diferença para a cércea envolvente original é 21,4% inferior. Comparativamente com a tipologia geminada vertical (sem exposição a Sul) as diferenças são mais acentuadas, destacando a importância da fachada a sul na obtenção de ganhos solares no Inverno, que, quando obstruída os resultados são claramente inferiores ao original.

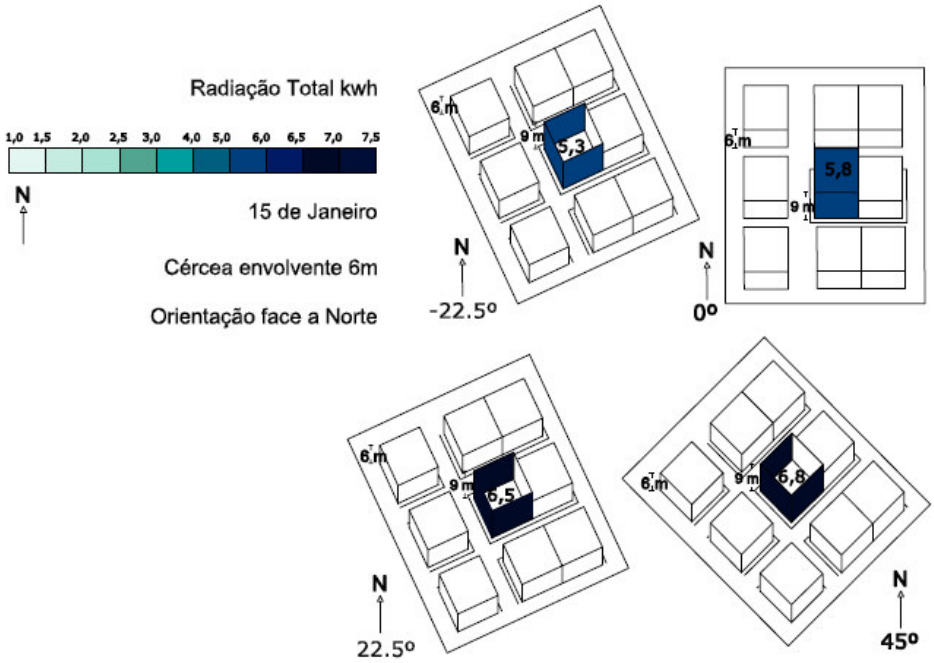


Figura 159 – Tipologia geminada horizontal – Inverno: avaliação com diferentes orientações

A orientação do modelo sobre o quadrante sul e poente (Figura 159), altera os valores de forma significativa: o modelo base apresenta valores na ordem dos 5,8kWh, com uma rotação de 22,5° no sentido do ponteiro dos relógios aumentam os ganhos solares para 6,5kWh, cerca de 12% superior ao ângulo 0°. Com nova rotação para 45° os ganhos solares de radiação ascendem a 6,8kWh, cerca de 17% face ao ângulo 0.

Com a rotação no sentido contrário ao ponteiro dos relógios em 22,5° o volume perde ganhos solares face ao original em 8,6%, obtendo 5,3kWh.

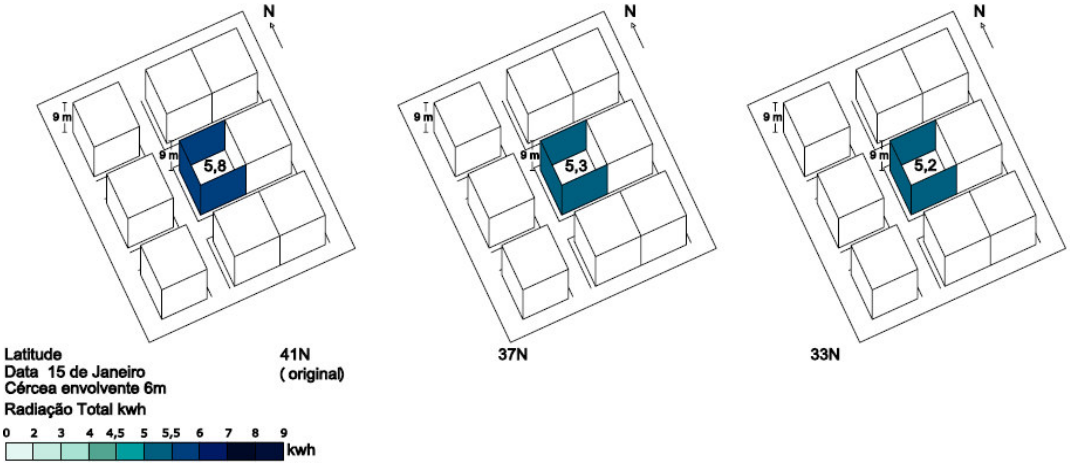


Figura 160 – Tipologia Geminada Horizontal – Inverno: Avaliação com distintas latitudes

Pela presença de fachadas a sul e poente os resultados são contrários aos detectados na tipologia geminada vertical, ainda que com uma diferença mais reduzida de resultados entre distintas latitudes, (Figura 160).

No presente caso consoante aumenta a latitude aumentam os ganhos solares no Inverno, ainda que de forma mais progressiva que na tipologia geminada vertical (sem fachada sul e com fachada nascente) leva-nos a enunciar que a presença da fachada sul favorece resultados conforme aumenta a latitude, ainda que de forma pouco acentuada.

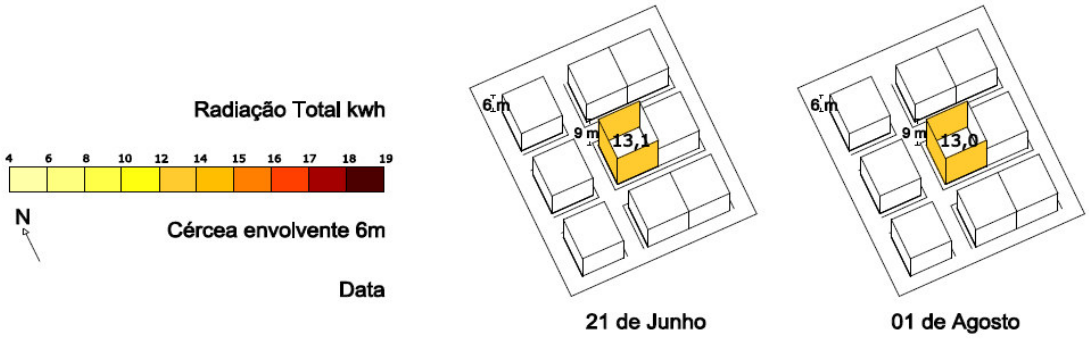


Figura 161 – Tipologia geminada horizontal: avaliação Verão

Na análise para o verão (Figura 161), comparando com a tipologia geminada vertical (sem fachada exposta a Sul) detectamos que a diferença de valores obtidos é claramente inferior dos valores alcançados no Inverno. Para o dia 21 de Junho a diferença é de 10% e de 21,5% para 1 de Agosto em comparação com a tipologia geminada vertical. Nesta análise a presença do sul não é tão relevante quanto no Inverno dado que a fachada a poente obtém valores mais elevados que a fachada a sul, como seria de esperar.

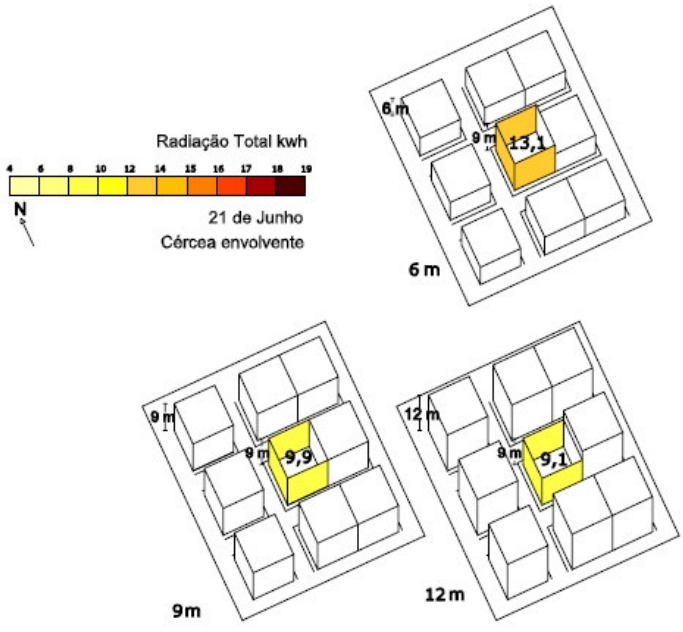


Figura 162 – Tipologia geminada horizontal – Verão: avaliação com diferentes cérceas envolventes

Na avaliação de resultados com distintas cérceas envolventes (Figura 162), a diferença de valores é menos acentuada. Os resultados obtidos com a redução de cércea para 6m são na ordem dos 13kWh, valor superior em 32% ao original e com aumento de cércea para 12m obtém 9,1kWh, inferior em 8% ao modelo original.

Comparando ambos os períodos (Inverno e Verão) a variação de cérceas é mais relevante no Inverno do que no verão, e com o aumento da cércea envolvente em 3m face ao original os resultados são ainda mais elevados, com diferenças na ordem dos 21,4% comparativamente com os 8% no verão.

Podemos referir que esta tipologia urbana é mais sensível a variações de cérceas que a sua congénere vertical pela presença das fachadas sul e poente.

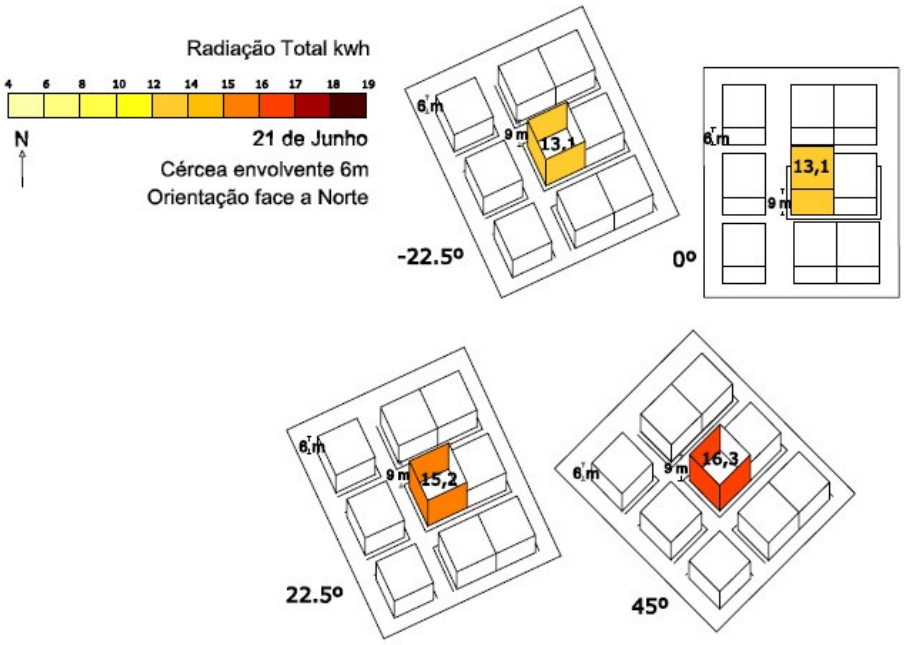


Figura 163 – Tipologia geminada horizontal – Verão: avaliação com diferentes orientações

Na avaliação de resultados com diferentes orientações, o modelo base apresenta o valor de 13,1kWh, coincidente com o ângulo 22,5° a norte, para o ângulo 22,5° a sul potencia um ganho solar de 16% (15,2kWh), com a rotação a 45° aumenta para 16,3kWh, cerca de 24% superior ao modelo base (Figura 163).

As tendências são semelhantes para Verão e Inverno, alterando a rotação para 22,5° ou 45° o aumento de ganhos solares no Inverno correspondem a aumentos de ganhos solares no verão, sendo que no caso mais acentuado (45°) no Inverno há um aumento e 17% face ao original enquanto no verão esse aumento é superior a 24%.

Ao aplicarmos uma rotação no cenário urbano para obtermos mais ganhos solares no Inverno, sabemos que corresponderão superiores ganhos solares no verão, com as dificuldades inerentes a tal opção conceptual.

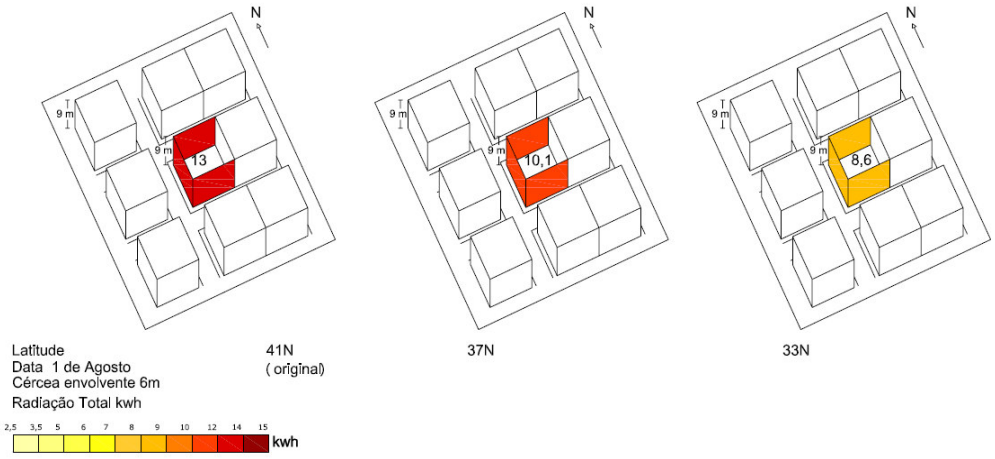


Figura 164 – Tipologia Geminada Horizontal – Verão: Avaliação com distintas latitudes

Analisando os resultados obtidos (Figura 164), as tendências são semelhantes ao congénere geminado vertical, no entanto, neste caso, com a presença da fachada a sul as diferenças de resultados entre latitudes acentuam-se significativamente.

A fachada a sul acentua os ganhos solares consoante aumenta a latitude de forma mais acentuada quando comparada com o volume geminado vertical.

6.5.3 Banda contínua

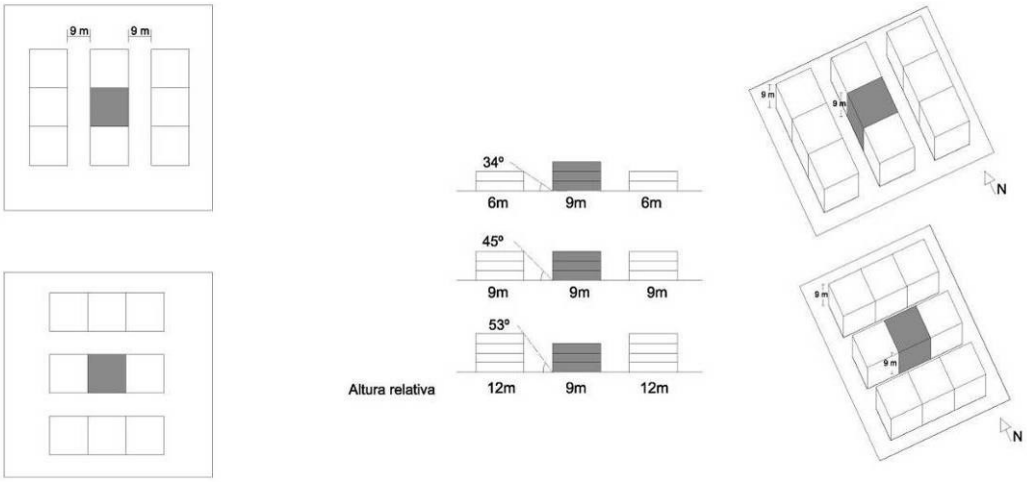


Figura 165 – Tipologia Banda Contínua

A tipologia urbana em banda contínua (Figura 165) é porventura das mais utilizadas em cenários urbanos. Procuramos nesta tipologia entender as dinâmicas da radiação solar total nas fachadas opostas dos volumes base para Inverno e verão com o menor factor forma do volume entre todas as tipologias utilizadas.

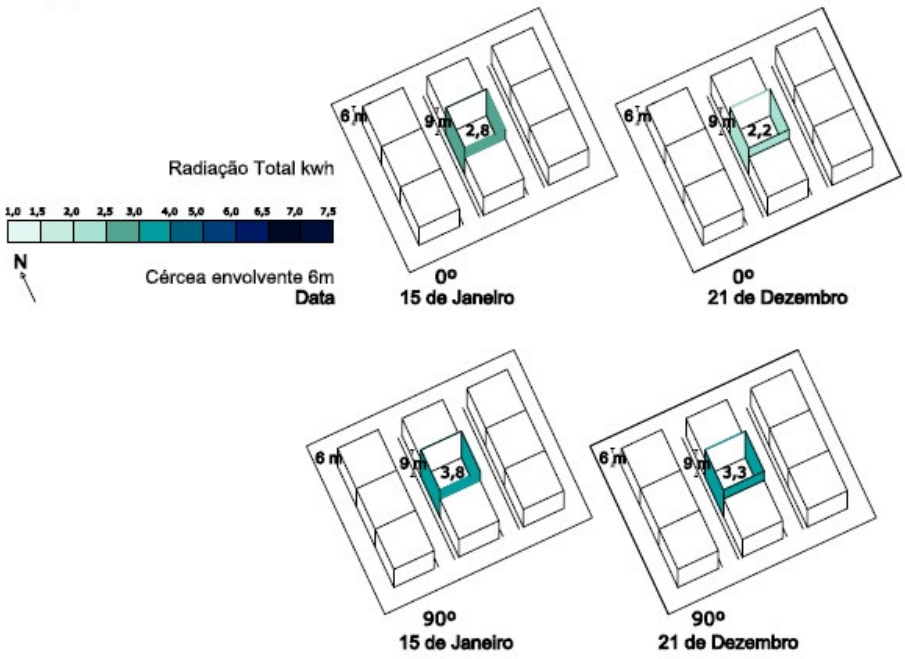


Figura 166 – Tipologia Banda Contínua: Avaliação Inverno para orientações a 0° e 90°

Ao estabelecermos a comparação entre volumes com ângulos de 0° e 90° procuramos destacar a importância da exposição da fachada a sul no período de Inverno (Figura 166), onde a diferença de resultados entre orientações é muito significativa, com diferenças de 1kWh entre ambas.

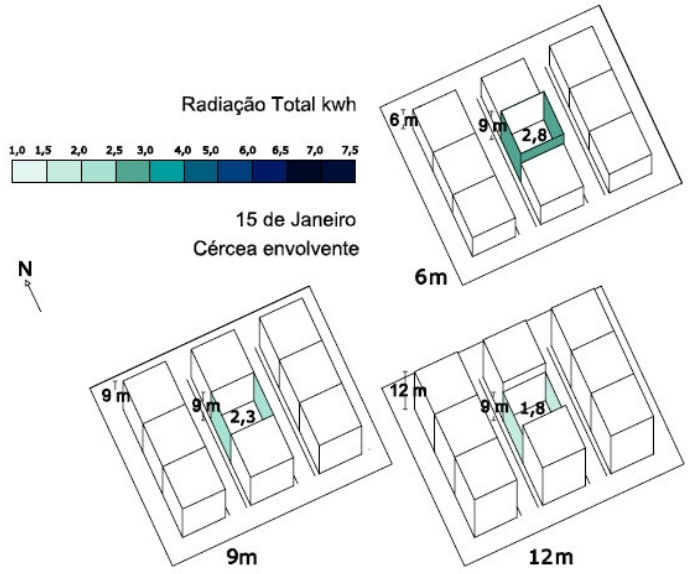


Figura 167 – Tipologia Banda Contínua – Inverno: Avaliação com diferentes cérceas envolventes

O modelo em banda contínua com o volume base orientado a nascente/ poente (Figura 167), apresenta diferenças de valores proporcionais entre cada cércea avaliada: para 6m a radiação solar obtida é de 2,8kWh, precisamente 21,7% superior à cércea envolvente de 9m que é de 2,3kWh, esta 21,7% superior à cércea mais elevada de 12m com um valor de radiação solar total de 1,8kWh.

Há pois um decréscimo progressivo de acesso solar consoante aumenta a cércea envolvente.

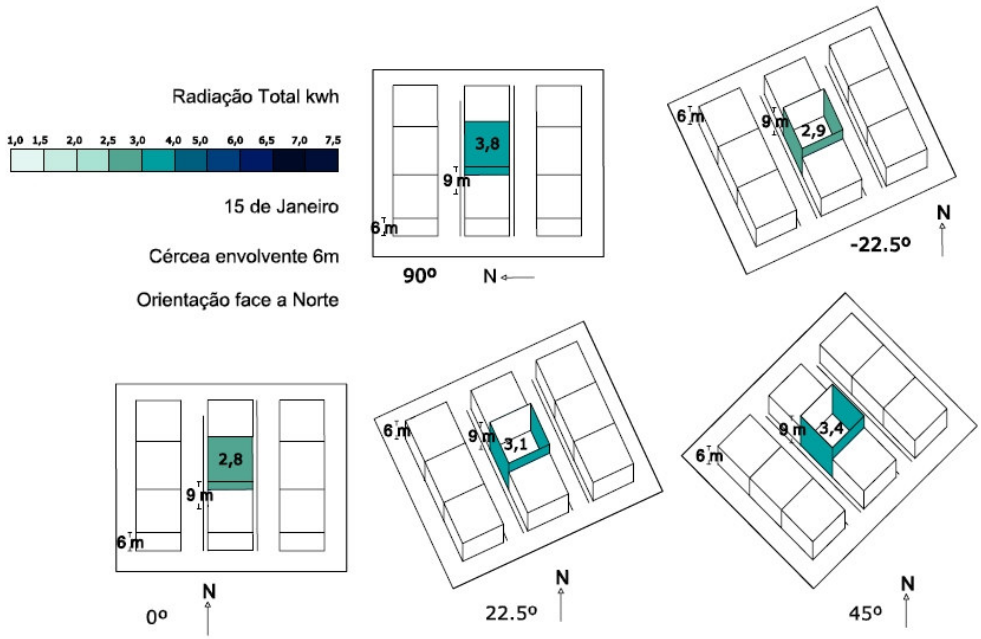


Figura 168 – Tipologia Banda Contínua – Inverno: Avaliação com diferentes orientações

A rotação do volume base sobre diferentes ângulos (Figura 168), permitiu-nos avaliar as tendências de ganhos solares conforme a orientação do quarteirão face ao Norte.

Para o ângulo 0 (volume com fachadas voltadas a nascente/poente) o valor de radiação solar total nas duas fachadas é de 2,8kWh, com uma variação de 22,5° o volume obtém 3,1kWh, 10,7% superior face ao original e com 45° o valor alcançado é de 3,4kWh, cerca de 21% superior. Para a orientação a 90° (eixo norte/sul) o valor alcançado atinge os 35% superiores face à orientação de 0°. Para um ângulo desfavorável de -22,5°o volume apenas obtém mais 0,1 kWh do que o original (cerca de 3,5% superior).

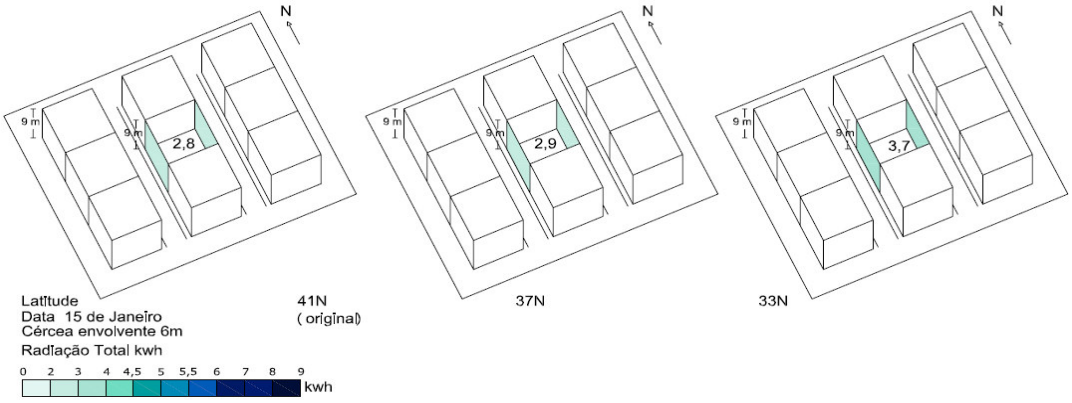


Figura 169 – Tipologia Banda Continua a 0° – Inverno: Avaliação com distintas latitudes

A tendência de melhoria no acesso solar no Inverno (Figura 169) mantém-se semelhante às detectadas nas tipologias isoladas e geminada vertical com aumento de radiação solar na mesma proporção consoante diminui a latitude, dado que nestes casos o sombreamento das fachadas a poente e nascente influenciam de forma significativa o acesso solar ao volume analisado.

Dada a ausência de fachada a sul, as fachadas nascente e poente são as que podem beneficiar de menores latitudes, pois conseguem obter mais exposição solar pela maior exposição solar.

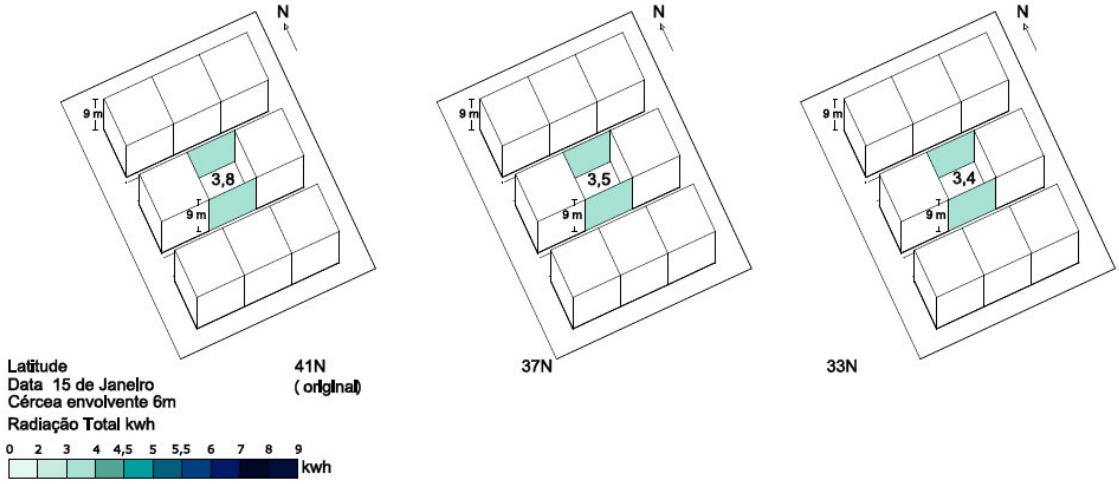


Figura 170 – Tipologia Banda Continua a 90° – Inverno: Avaliação com distintas latitudes

Contrariamente à tipologia vertical o acesso solar aumenta consoante aumenta a latitude. Neste caso a fachada a sul e norte obtêm melhores resultados nas latitudes mais elevadas – pela maior exposição solar da fachada sul, porém com a diminuição de latitude esta perde radiação solar devido à maior altura do sol, obtendo valores inferiores ao conjunto das fachadas nascente e poente do volume vertical.

A orientação Norte – Sul deverá ser preferida em latitudes mais elevadas, consoante diminuir a latitude (33° ou inferior) as orientações de sentido nascente – poente podem ser preferidas para o Inverno.

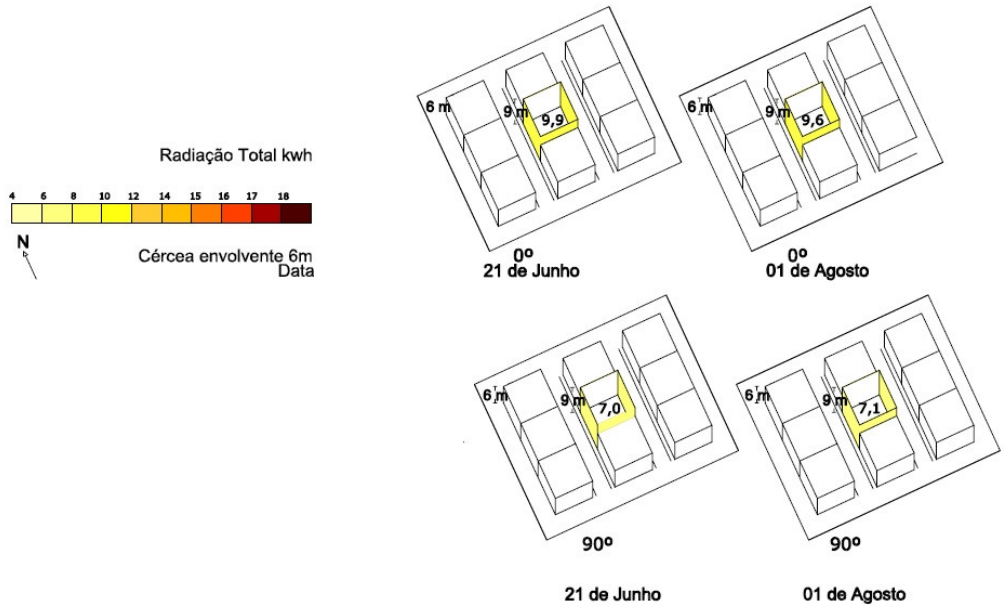


Figura 171 – Tipologia Banda Contínua: Avaliação Verão para orientações a 0° e 90°

Para o período do verão (Figura 171), contrariamente ao Inverno, o volume base com orientação a nascente/poente apresenta os valores de radiação solar mais elevados, pouco conveniente. Por oposição o volume base com orientação a norte/sul apresenta valores mais reduzidos e por conseguinte mais eficaz na protecção aos ganhos solares excessivos neste período do ano.

As diferenças são na ordem dos 30% inferiores para 21 de Junho e 26% para 1 de Agosto.

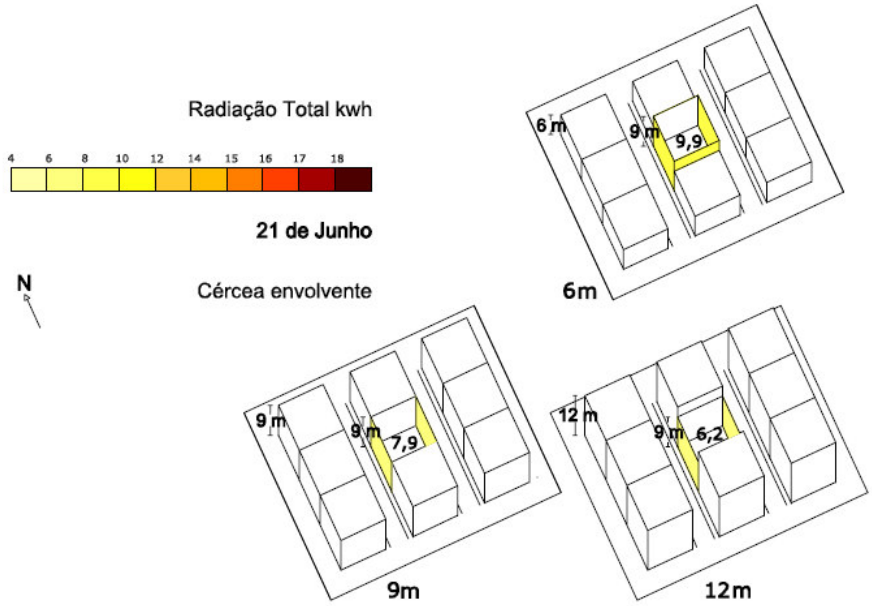


Figura 172 – Tipologia em Banda Contínua – Verão: Avaliação com diferentes cérceas envolventes

O modelo original com cércea envolvente de 9m obtém em 21 de Junho cerca de 7,9kWh, superior em 21,5% ao modelo com a cércea mais elevada com 6,2kWh. O modelo com a cércea envolvente mais reduzida (6m) obtém o valor mais elevado 9,9kWh superior em 25,3% ao modelo com a cércea original, (Figura 172).

Destas duas análises podemos concluir que a variação de cérceas tanto no verão como no Inverno afectam da mesma forma o volume base e combinando com as suas distintas variações de cérceas envolventes os resultados são proporcionais entre si conforme aumentam ou diminuem a cércea para ambos os períodos do ano, variando entre 21 e 25% a cada 3m de diferença na altura do edificado envolvente.

Perante os valores obtidos, torna-se evidente mais uma vez, agora em banda contínua que os volumes com fachadas voltadas a sul e norte obtêm os melhores resultados com menores acesso solares, inferior a 35% de ganhos solares que os seus congéneres orientados a nascente/poente, sendo progressiva a evolução da rotação desde o ângulo 0° até 90°.

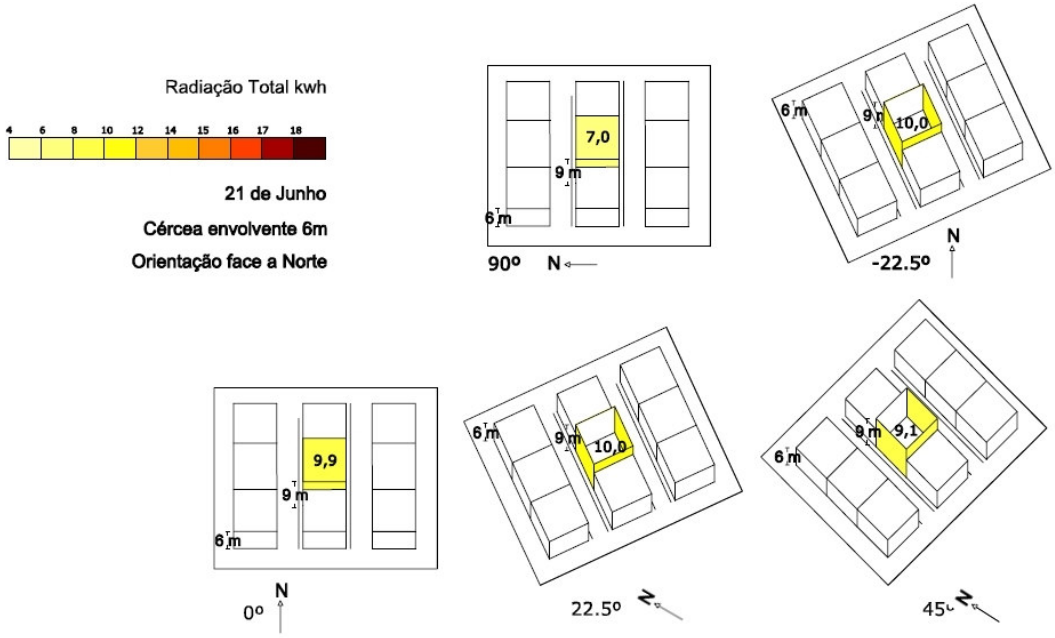


Figura 173 – Tipologia em Banda Contínua – Verão: Avaliação com diferentes orientações

O volume base obtém 9,9kWh a 0° (Figura 173), e conforme a rotação progride em intervalos de 22,5° os resultados evoluem para 10kWh em ambos os sentidos até regredir até aos 9,1kWh, cerca de 8% inferior ao volume base. Para um ângulo de 90° (sentido norte/sul) o valor obtido de radiação solar é de 7kWh, cerca de 29% inferior ao volume base. Coincidindo com a análise efectuada para o período do Inverno, neste caso também o volume com orientação norte/sul obtém os valores mais favoráveis para este período do ano comparando com os demais volumes simulados.

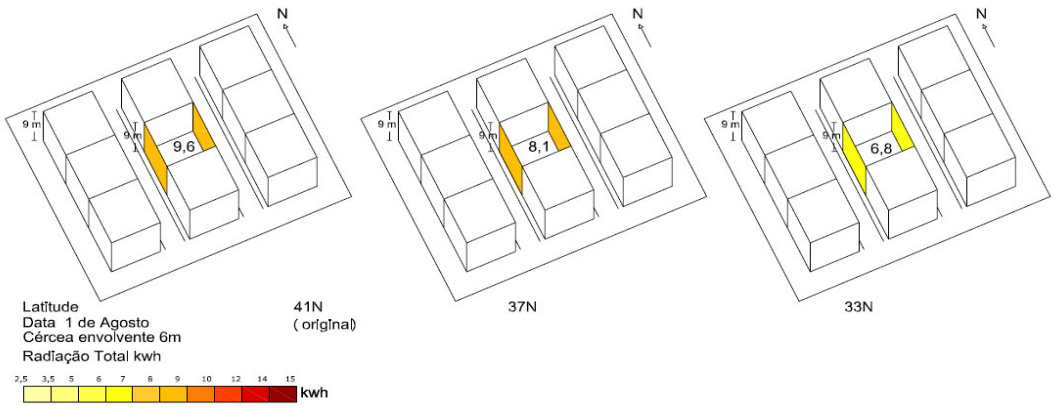


Figura 174 – Tipologia em Banda Continua a 0° (vertical) – Verão: Avaliação com distintas latitudes

Contrariamente ao Inverno, no verão o nível de radiação solar acompanha o aumento da latitude, (Figura 174).

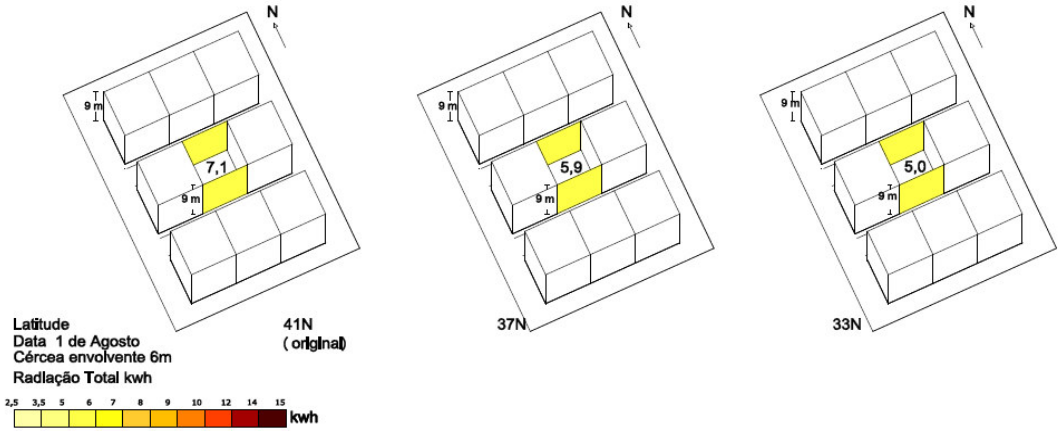


Figura 175 – Tipologia em Banda Continua a 90° (horizontal) – Verão: Avaliação com distintas latitudes

Na tipologia em banda contínua horizontal (Figura 175), o nível de radiação solar acompanha o aumento da latitude, coincidente com os mesmos resultados no Inverno e com a tipologia em banda contínua vertical no verão.

Como **considerações finais** acentuamos a importância da orientação de fachadas de volumes em banda contínua no sentido norte/sul como as mais eficazes comparativas com as demais avaliadas. Os desempenhos são superiores em 29% no verão e 21% no Inverno face à pior orientação, neste caso no sentido nascente/poente. Na tipologia em banda contínua (por apresentar apenas duas fachadas expostas e opostas) as diferenças de resultados entres orientações são muito significativas e sem grandes margens para dúvidas na correcta orientação deste tipo de tipologia.

A melhor orientação do volume varia consoante a latitude onde se encontra: para as latitudes 41° e 37° os resultados não são consensuais para Verão e Inverno, pois a banda contínua horizontal é a melhor no Inverno, no entanto é claramente prejudicada no Inverno, contrariamente à tipologia em banda contínua vertical, cujos resultados são opostos.

Apenas para a latitude 33° a melhor orientação da banda contínua é a vertical (com fachadas a nascente e poente) por ser a melhor no Inverno e no Verão.

Quarteirão A

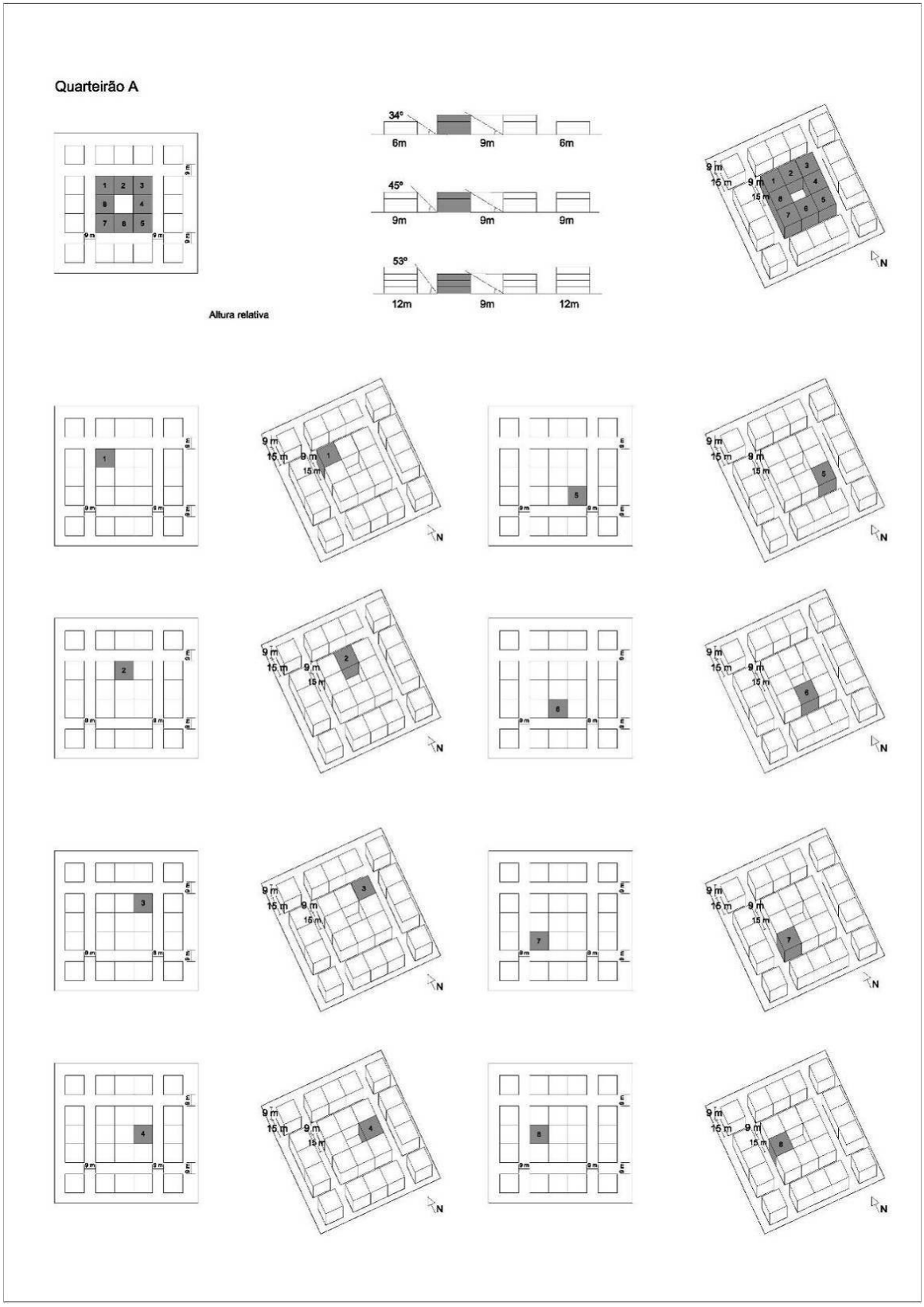


Figura 176 – Tipologia Quarteirão A

Com o estudo do volume base inserido no quarteirão A, procuramos avaliar qual a melhor orientação do volume base (reproduzido nas oito distintas posições) num contexto urbano de quarteirão como é representada na Figura 176 e enquadrar com as tipologias já apresentadas.

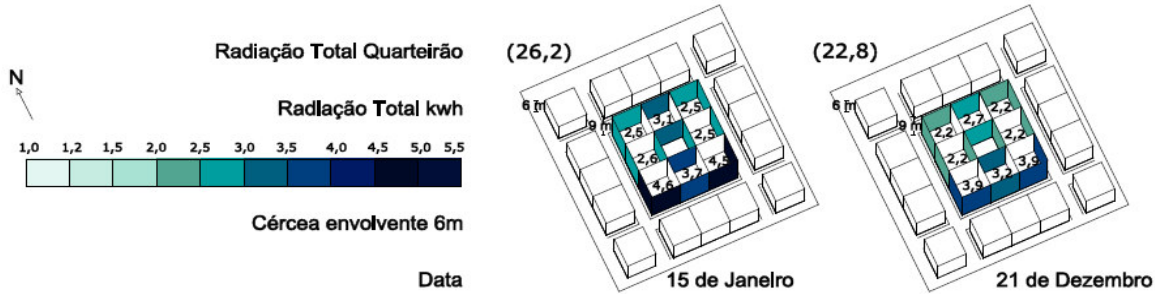


Figura 177 – Tipologia Quarteirão A: Avaliação Inverno

Para os períodos que correspondem ao Inverno (Figura 177), os volumes com melhores resultados são os volumes 5 e 7, precisamente localizados a sul, com fachadas voltadas a nascente e poente respectivamente. Os piores neste período são os volumes localizados nas zonas menos beneficiadas pela radiação solar, sem fachadas a sul (volumes 1, 3, 4 e 8).

O volume 2 por ter uma fachada voltada a sul consegue ainda garantir valores medianos, tal remete-nos para a importância da fachada sul como a mais relevante na obtenção de radiação solar no Inverno, e quando complementada com fachadas a poente e nascente os valores totais são significativamente superiores comparativamente com o volume 6 e 2 (norte/sul).

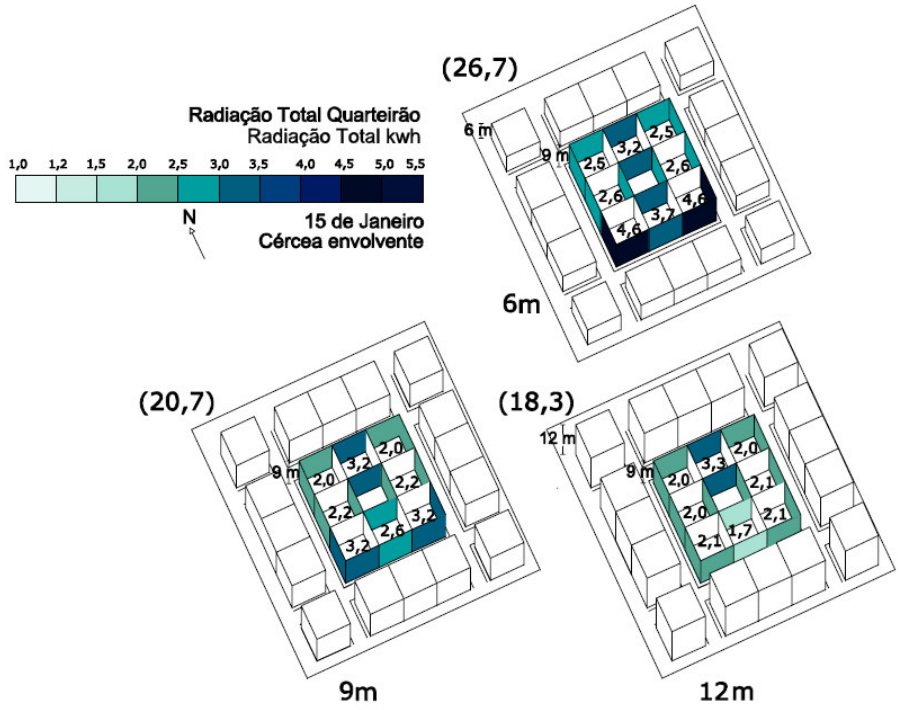


Figura 178 – Tipologia Quarteirão A – Inverno: Avaliação com diferentes cérceas envolventes

Comparando os volumes agora com cérceas envolventes distintas (variando entre 6, 9 e 12m), (Figura 178), as diferenças de resultados no Inverno entre volumes no quarteirão atenuam com o aumento da cércea envolvente, minimizando as diferenças dos volumes voltados a sul. No entanto a radiação sobre o volume 2 aumenta com o aumento de cércea envolvente, ficando a dever-se ao aumento da radiação solar reflectida pelas fachadas a norte deste. Ainda que pouco significativo, o aumento das superfícies reflectoras a norte aumentam a radiação solar, beneficiando os volumes confrontantes. Os volumes a sul do quarteirão, influenciados com o aumento de densidade perdem incidência de radiação solar de forma muito significativa.

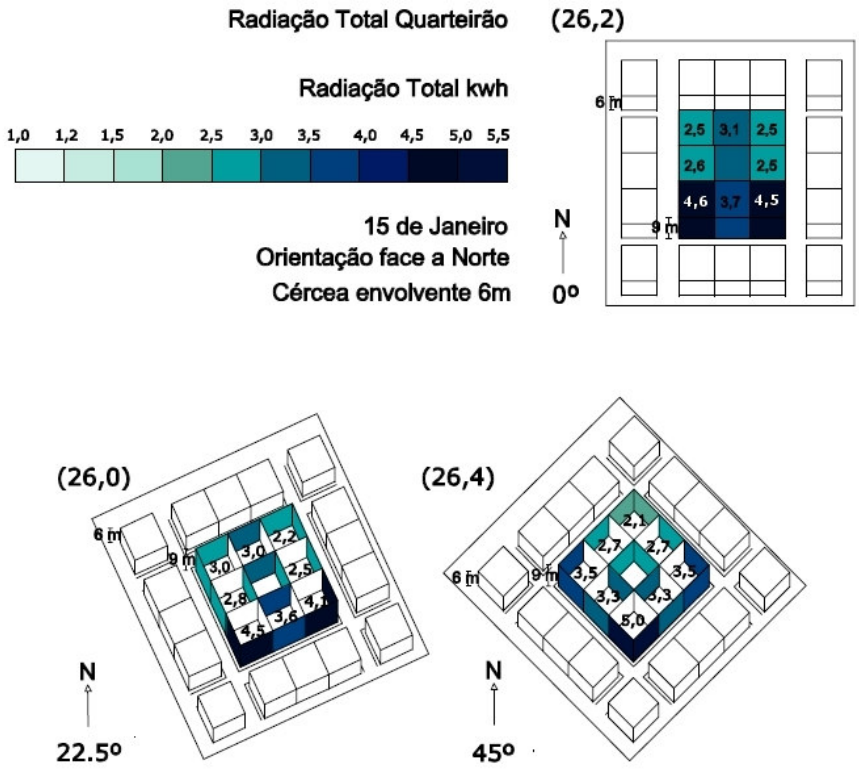


Figura 179 – Tipologia Quarteirão A – Inverno: Avaliação com diferentes orientações

Neste conjunto de quarteirões (Figura 179), procuramos avaliar os resultados comparados entre os mesmos volumes com diferentes orientações face a norte.

Com o ângulo 0° há um predomínio superior de radiação solar total nos volumes com fachadas voltadas a sul e quando combinadas com fachadas complementares a poente ou nascente os valores totais são os mais elevados. Na variação de 22,5° é perceptível a mesma tendência, desmultiplicando valores pelos volumes com fachadas de influência sul, poente e nascente, ordenados pela intensidade de radiação solar total, sendo a fachada com radiação solar mais elevada a sul, seguida da poente e posteriormente da nascente.

Com a variação de 45° o volume 7 (com fachadas orientadas a SO e SE) é o que apresenta os resultados mais elevados, com uma escala progressiva de regressão de acesso à radiação solar conforme os volumes com orientações sul, poente e nascente. Os volumes 1 e 5 com fachadas com predomínios de poente e nascente respectivamente permitem maior obtenção de radiação, seguidos dos volumes 6 e 8, ainda que com fachadas de influência sul poente e sul nascente, respectivamente, ambos apresentam cumulativamente fachadas de influência norte e interior do quarteirão o que por si só significa maior sombreamento pelas fachadas confinantes do volumes vizinhos.

Deste conjunto podemos concluir que a orientação 22,5° apresenta os melhores resultados, ainda que por pouca margem, por conseguir garantir maior equidade no acesso solar a todos os volumes, atenuando a incidência excessiva acesso solar sobre determinados volumes em detrimento dos restantes, o que não acontece nas orientações a 0° e 45°, que sobrecarrega nos volumes localizados a norte, ou com influência da orientação a norte os resultados de obtenção de radiação solar total sob os benefícios dos volumes de influência sul.

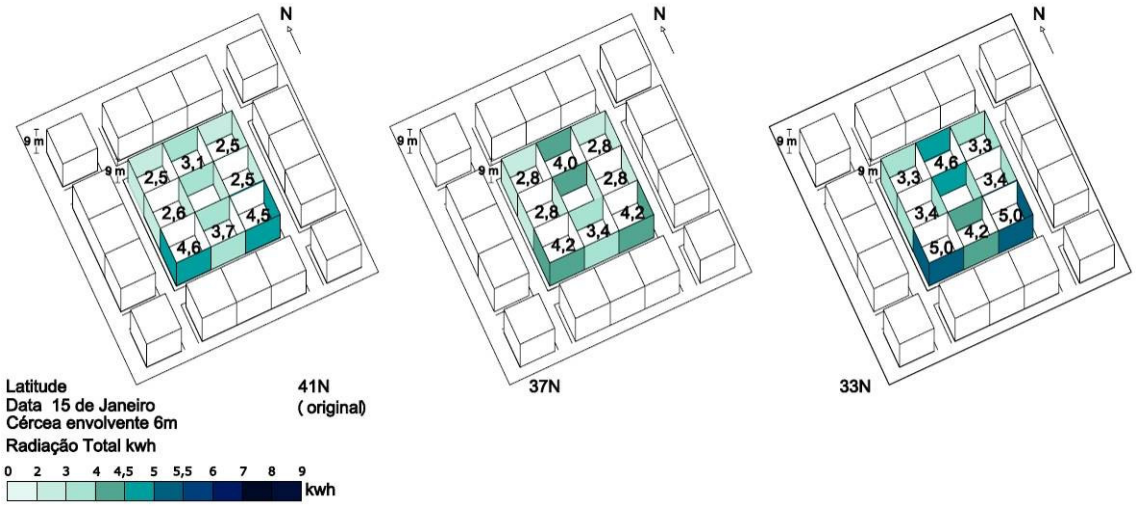


Figura 180 – Tipologia Quarteirão A – Inverno – Inverno: Avaliação com distintas latitudes

Analisando o dia típico da estação de aquecimento (Figura 180), os valores obtidos ainda que próximos entre si demonstram que com o aumento da latitude diminuem os valores de radiação solar total na fachada. Na latitude 33N a distribuição de radiação solar é mais eficaz e equitativa que nas duas latitudes superiores.

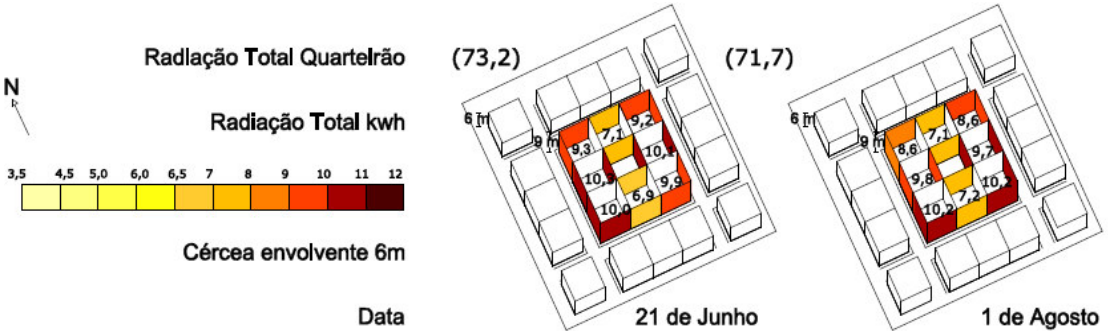


Figura 181 – Tipologia Quarteirão A: Avaliação Verão

Por oposição nos períodos que correspondem ao Verão (Figura 181), os volumes com melhores resultados tornam-se nos piores, com os valores mais elevados, como são o caso dos volumes 4 e 8, seguidos dos volumes 5 e 7 com valores medianos, seguidos pelos 1 e 3 e por fim os melhores 6 e 2. No caso do verão ressaltamos a importância de proteger as fachadas poente e nascente, dado que de acordo com as medições os volumes com estas duas fachadas são os mais afectados pelo excesso de radiação solar total.

Como resultado final, avaliando ambos os períodos, nos 4 dias estabelecidos, consideramos que o volume 6 (orientação Norte/Sul) localizado na face sul do quarteirão, obtém os melhores resultados, conseguindo alcançar melhores resultados que a média global de todos os volumes objecto de análise.

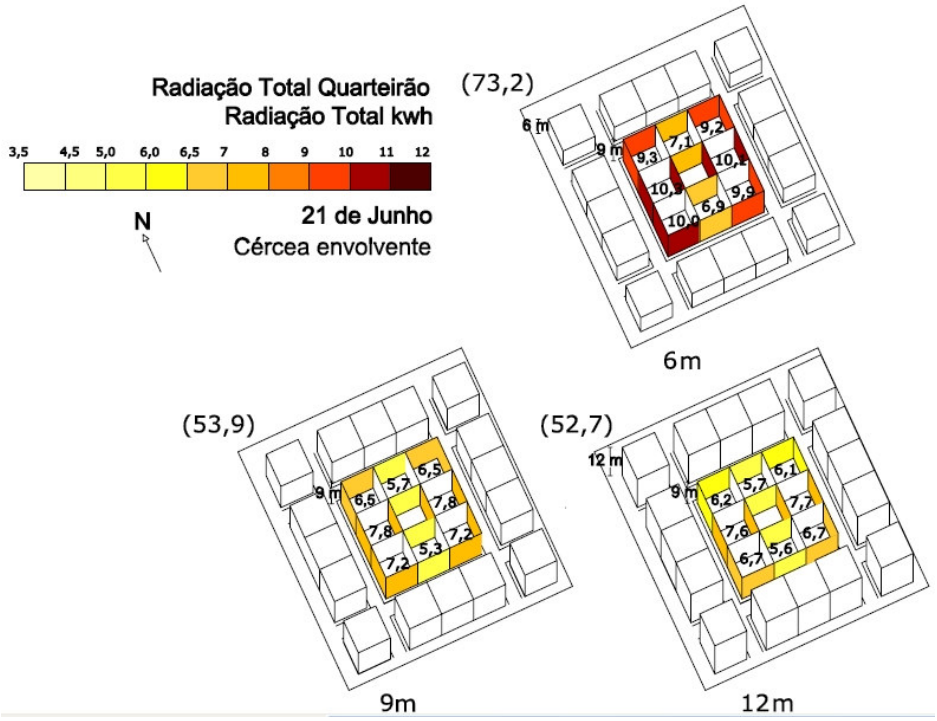


Figura 182 – Tipologia Quarteirão A – Verão: Avaliação com diferentes cérceas envolventes

O aumento de cércea envolvente diminui progressivamente a radiação solar sobre os volumes (Figura 182).

Claramente no contexto do quarteirão A, os volumes mais protegidos da radiação solar são precisamente aqueles voltados a norte e com uma segunda fachada voltada a sul. Nos restantes volumes com as fachadas poente e nascente são precisamente os mais afectados por radiação solar.

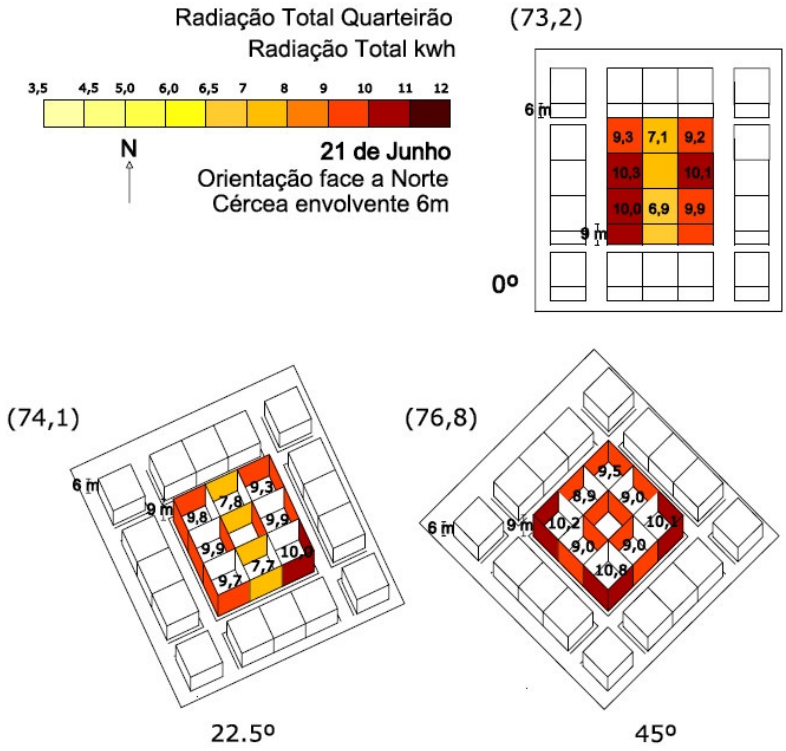


Figura 183 – Tipologia Quarteirão A – Inverno: Avaliação com diferentes orientações

A orientação do quarteirão a 0° apresenta os melhores resultados de radiação solar total, obtendo no conjunto de todos os volumes do quarteirão o valor mais reduzido de radiação solar total 73,2 kWh, aumentando progressivamente conforme aumenta o ângulo de orientação do quarteirão a 22,5° e 45°, com valores respectivamente de 74,1 e 76,8kWh.

A obtenção de radiação solar total dos volumes segue a mesma tendência do modelo para o Inverno supracitado, com os valores mais elevados nas fachadas sul ou com predominância de orientação a sul, poente e nascente, pela ordem de influência da radiação solar sobre estas fachadas orientadas.

Neste caso, em consonância com as simulações do Inverno o ângulo de orientação do quarteirão mais favorável é novamente o ângulo 0 seguido do ângulo 22,5° e por fim o ângulo 45°. Os volumes inseridos no contexto do quarteirão A orientado a 0 graus apresentam as maiores diferenças entre si, no entanto os valores totais são inferiores aos totais dos restantes quarteirões A com distintas orientações.

Reforçando o referido acima, o volume com menor radiação solar no verão é o volume 6, precisamente aquele que se encontra orientado a sul/norte. Tais resultados não sofrem diferenças face aos demais volumes conforme se alterem as cérceas envolventes, nem com distintas orientações do quarteirão. O segundo melhor resultado recai sobre o volume 2, com características semelhantes ao volume 6 no que se refere às orientações das fachadas a sul/norte. Denotando a tendência sobre a melhor orientação de volumes para o verão.

Para os casos do Inverno, os volumes com fachadas confinantes de orientações sul/poente e sul/nascente, como são os volumes 5 e 7, apresentam os melhores resultados, conforme a orientação do quarteirão varia entre os 22,5° e os 45° o volume 7 progressivamente obtém melhores resultados, ou seja, acentuamos o predomínio de volumes com fachadas confinantes com sul/poente sobre os demais, precisamente as fachadas poente, nascente e sul são por esta ordem as que obtêm melhores resultados de radiação solar total.

Convém referir que o volume 6 consegue ainda assim obter resultados medianos para o Inverno, acima da média dos volumes avaliados.

È de conhecimento alargado que é mais fácil criar e controlar sistemas de sombreamento nas fachadas mais afectadas no Verão pela incidência da radiação solar, neste sentido damos maior preferência a melhores resultados de obtenção de radiação solar total no Inverno face ao desejado oposto no verão.

Neste sentido acentuamos a importância dos volumes 5 e 7 como os melhores no Inverno, e com as devidas medidas de sombreamento no verão podem obter resultados medianos, mas mesmo assim mais equilibrados para os dois períodos do ano. Estes volumes encontram-se orientados a Sul com Nascente e Poente respectivamente nos volumes 5 e 7, como tal obtêm as melhores posições de acesso solar sem o prejuízo da presença de fachadas a norte como sucede nas tipologias isoladas, geminadas e de banda contínua.

Na avaliação do acesso solar dos volumes inseridos numa configuração em Quarteirão A demonstrou que as escolhas da localização dos volumes têm de ser feitas com muito rigor, já que pudemos verificar que as diferenças obtidas entre volumes no mesmo período do ano foram acentuadas, aumentando ainda consoante a localização do quarteirão se faz para latitudes superiores.

6.5.5 Quarteirão B

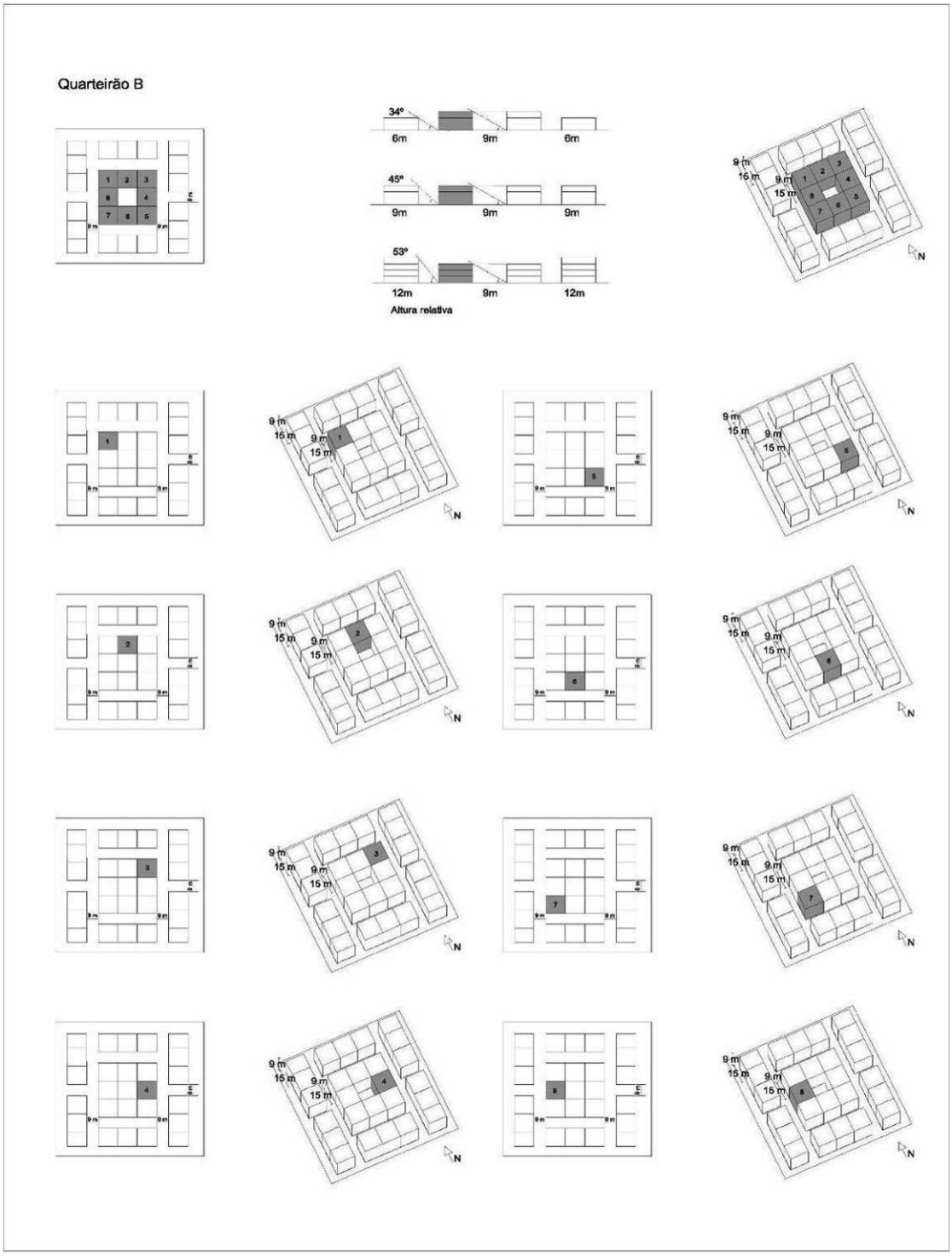


Figura 184 – Tipologia Quarteirão B

O quarteirão B (Figura 184), apresenta aparentemente poucas diferenças em relação ao quarteirão A, no entanto a localização dos arruamentos de sentido nascente/poente sem continuidade nos extremos do quarteirão e a existência de dois novos arruamentos no mesmo sentido localizados no eixo do quarteirão permitem simular quarteirões urbanos com configurações irregulares em malhas assimétricas.

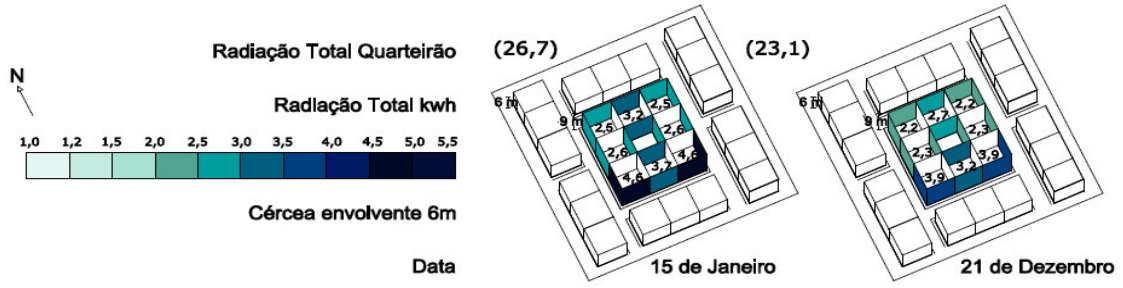


Figura 185 – Tipologia Quarteirão B: Avaliação Inverno

As diferenças entre o quarteirão A e B são insignificantes (Figura 185), não obstante o quarteirão B apresentar valores totais ligeiramente superiores ao quarteirão A, as tendências para cada volume são semelhantes, denotando-se apenas pequenas diferenças precisamente nos volumes sem envolvente directa confrontante, como são o caso dos volumes 4 e 8, precisamente sem confrontações a nascente e poente respectivamente. Nestes casos há um aumento de praticamente 0,1kWh, nos demais volumes os resultados são equivalentes aos obtidos no quarteirão A.

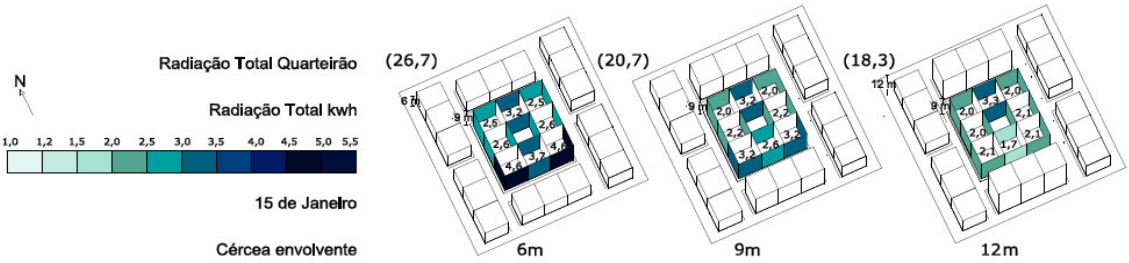


Figura 186 – Tipologia Quarteirão B – Inverno: Avaliação com diferentes cérceas envolventes

A evolução de valores de radiação solar total do quarteirão B com o aumento da cércea envolvente apresenta uma regressão acentuada com aumento de 3m face ao inicial e menos acentuada com o aumento de 6m face ao inicial (Figura 186). A regressão mais evidente de radiação solar total faz-se sentir nos volumes directamente afectados com o sombreamento excessivo a sul, como são o caso dos volumes 5, 6 e 7 sob influências dos quadrantes nascente/Sul, Sul/Norte e Sul/Poente respectivamente. Os volumes com influências menos acentuadas da envolvente directa como são o caso dos volumes 4 e 8 obtêm melhores resultados que os obtidos pelos mesmos volumes no quarteirão A devido à clareira aberta no sentido nascente poente já supracitada.

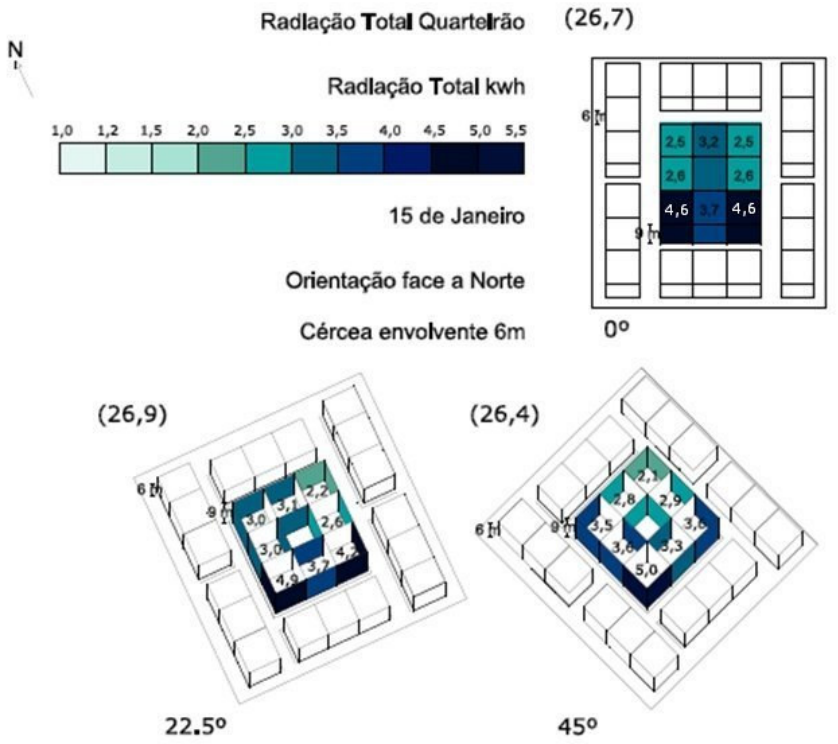


Figura 187 – Tipologia Quarteirão B – Inverno: Avaliação com diferentes orientações

Com a variação do ângulo do quarteirão em múltiplos de 22,5° os resultados são aparentemente semelhantes ao quarteirão A nas mesmas condições (Figura 187), não obstante a existência da clareira/arruamento permite destoar de certa forma os resultados para os volumes 4 e 8 no ângulo 0 e cumulativamente com o volume 7 para a cércea de 6m, denotando alguma influência ao fim do dia na fachada poente/sul deste volume da clareira.

Devemos acentuar a importância da presença da clareira/arruamento influir na obtenção de radiação solar no Inverno para o quarteirão, nas orientações a 0° e 22,5°, obtendo diferenças de 0,5kWh e 0.9kWh respectivamente face aos congéneres do quarteirão A.

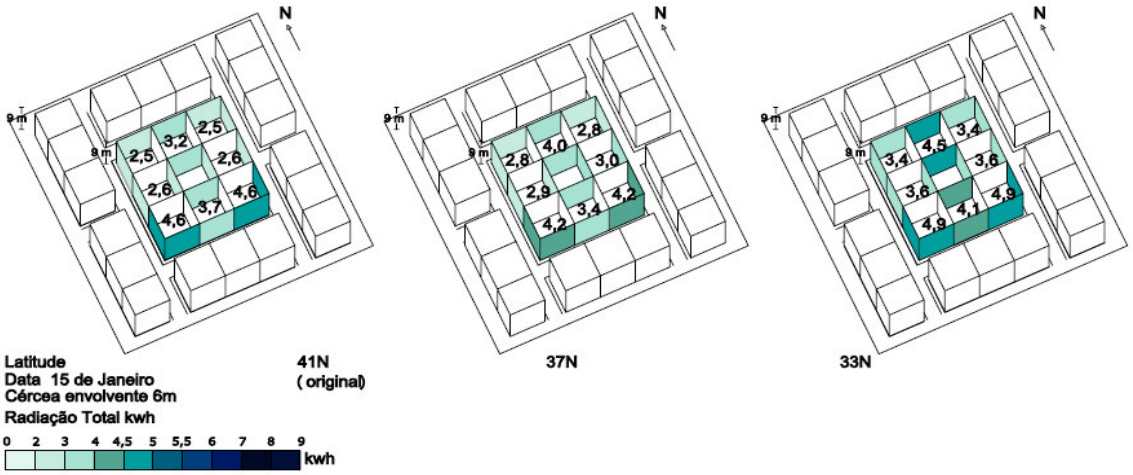


Figura 188 – Tipologia Quarteirão B – Inverno: Avaliação com distintas latitudes

Analisando a Figura 188, referente ao dia típico da estação de aquecimento as diferenças mais relevantes entre as distintas latitudes prende-se com a maior homogeneização de acesso solar e por conseguinte de radiação solar entre todos os volumes do quarteirão. Comparativamente com a latitude 41N (modelo original) as latitudes 37N e 33N apresentam diferenças entre volumes cada vez mais reduzidas, ainda que sem anular claramente o predomínio das fachadas sul com maiores níveis de radiação solar face às restantes.

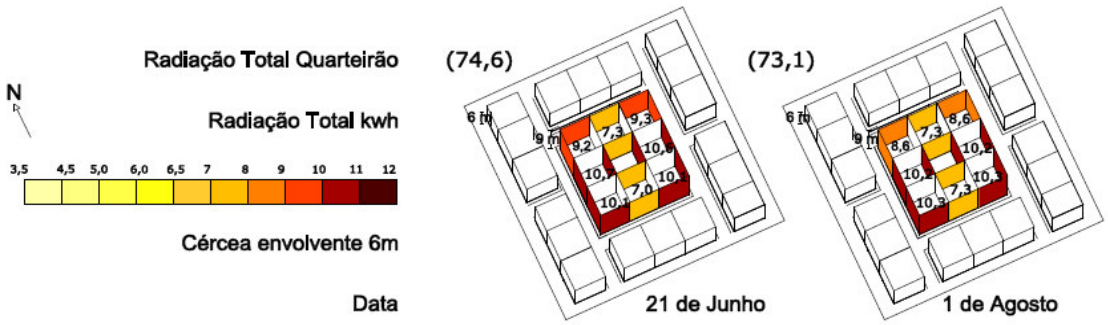


Figura 18993 – Tipologia Quarteirão B: Avaliação Verão

As diferenças mais significativas face ao quarteirão A (Figura 189), são sobretudo nos volumes 4 e 8, orientados a poente /nascente e os volumes 5 e 7 com fachadas contíguas localizados nos quadrantes Sul/Poente e Sul/Nascente. Neste dois conjuntos de volumes denotamos claramente a influência por um lado da clareira aberta nos sentidos Nascente/Poente confrontando a meio das fachadas nascente e poente do quarteirão e por outro lado a influência da radiação solar reflectida sobre as fachadas a esta nova abertura.

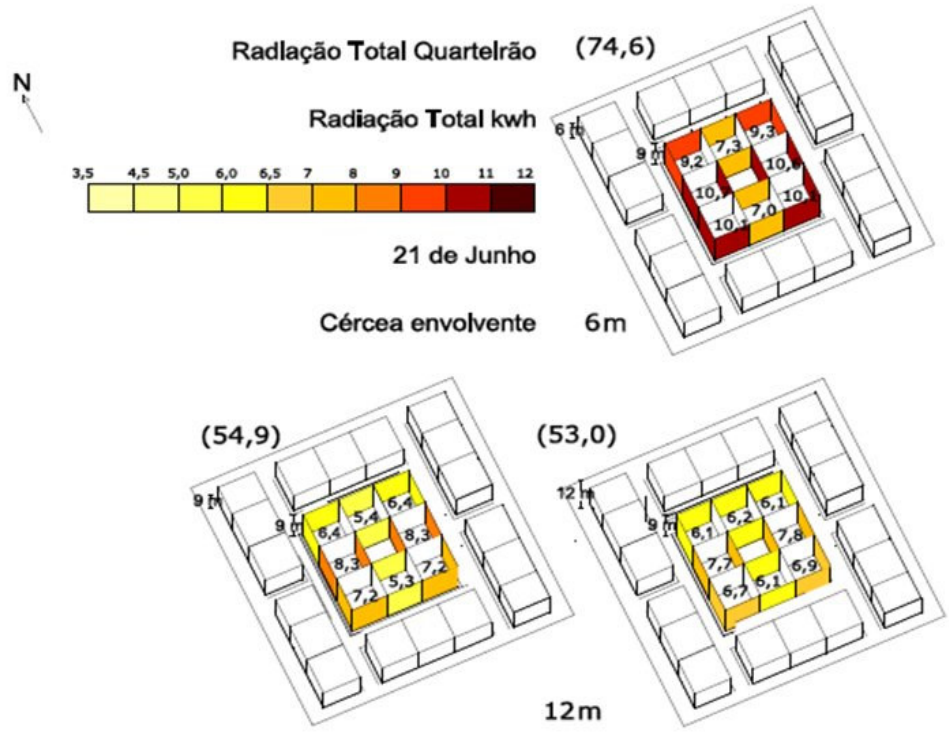


Figura 190 – Tipologia Quarteirão B – Verão: Avaliação com diferentes cérceas envolventes

Os resultados totais do quarteirão B são superiores ao quarteirão A, denotando a influência da clareira/arruamento de sentido nascente/poente no eixo do quarteirão (Figura 190).

Reforçando este raciocínio os valores dos volumes 4 e 8 são significativamente superiores aos congéneres do quarteirão à media de 0,5kWh para a cércea envolvente de 6 e 9m, no caso da cércea de 12m os valores aproximam-se dado a importância do sombreamento dos volumes confrontantes que conseguem atenuar a presença da clareira como factor de aumento de radiação solar total para os volumes em análise.

Os demais volumes não apresentam alterações significativas de valores, mais uma vez acentuando a importância directa dos volumes envolventes sobre cada quarteirão.

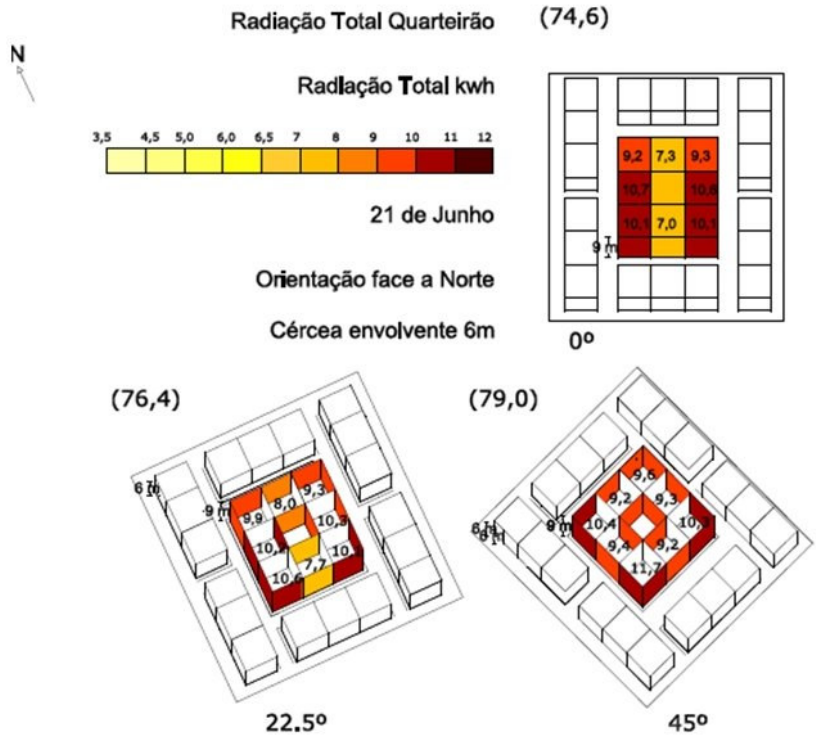


Figura 191 – Tipologia Quarteirão B – Verão: Avaliação com diferentes orientações

As diferenças de valores totais de radiação solar para os quarteirões A e B acentuam-se face ao Inverno (Figura 191). O caso do quarteirão a 0 graus a diferença entre o quarteirão A e B é de 1,4kWh superior no B, nos restantes ângulos a diferença acentua-se ultrapassando os 2kWh entre totais dos quarteirões nos seus respectivos ângulos.

Analisando caso a caso (volume a volume), acentuamos a influência da clareira nos volumes 4 e 8, com aumentos médios na ordem dos 0,4kWh face aos seus congéneres do quarteirão A, outro facto importante a acentuar é a influência desta mesma clareira nos volumes confinantes aos volumes 4 e 8 tanto a norte como a sul, demonstrando que não só na influência da radiação directa mas também na indirecta e reflectida a presença da clareira altera os resultados finais.

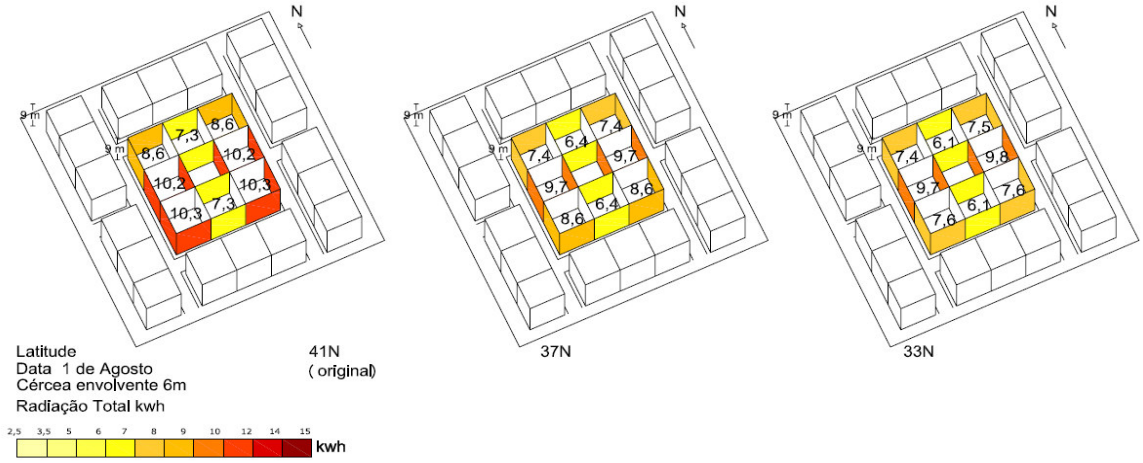


Figura 192 – Tipologia Quarteirão B – Verão: Avaliação com distintas latitudes

Para o caso do dia típico da estação de arrefecimento (Figura 192), novamente o mesmo efeito descrito para a estação de aquecimento sucede, agora ainda com maior homogeneidade excepção feita aos volumes com fachadas voltadas a poente e nascente concomitantemente por influência directa da abertura nessa direcção.

Quando comparado com as distintas latitudes a desproporção de acesso solar, ou neste caso a pretensão contrária, ou seja, procurar atenuar o efeito da radiação solar com sombreamento quanto maior a latitude maiores as diferenças de radiação solar entre volumes analisados.

Em forma de conclusão podemos referir que de todas as análises aos volumes do quarteirão B, podemos destacar que a clareira/arruamento criado no eixo nascente poente do quarteirão B altera os valores de radiação solar total, proporcionando valores acentuadamente superiores no verão que no Inverno, tal leva-nos a considerar a sua influência nefasta sobre o quarteirão e especificamente sobre os volumes directamente afectados 4 e 8, ainda que o aumento de radiação na ordem dos 0,5 a 0,9kWh no Inverno sejam mínimos quando seria desejável serem superiores, no verão os aumentos são já na ordem dos 1,4 a 2,1kWh, reforçado pelo facto de se tratar de fachadas voltadas a nascente e poente, e como tal, mais difíceis de atenuar o excesso de radiação solar com sistemas de sombreamento.

6.5.6 Considerações globais

Da avaliação efectuado às diferentes tipologias pudemos detectar que:

A tipologia isolada obtém os valores de radiação solar mais elevados por deter um factor de forma mais elevado entre todas as tipologias analisadas, as variações da cércea envolvente e orientação da tipologia urbana alteram mais os resultados que as demais tipologias analisadas;
As tipologias geminadas e banda contínua são as que melhores resultados podem obter com uma correcta adequação da orientação da tipologia, em parte por deter um menor factor de forma;
As tipologias de quarteirão são de todas as qu mais condiciona e limitam a possibilidade de implementar medidas de optimização do acesso solar no Verão a o seu controle no Inverno;
A influência das cérceas envolventes sobre os modelo analisados foram menores que as detectadas nas restantes tipologias urbanas, detectando-se variação apenas ao nível do detalhe;
Os resultados que diferem entre o quarteirão A e B apenas alteram os resultados dos volumes que se encontrem directamente voltados para as alterações efectuadas ao nível da envolvente;
Finalmente a latitude influi consideravelmente nos resultados obtidos pelas diferentes tipologias urbanas, a escolha da melhor tipologia para cada latitude deverá ter em conta que a diferentes latitudes poderá corresponder diferentes escolhas de orientação e alturas relativas da envolvente.

Capítulo 7 | Variações de Desenho Urbano e insolação numa área urbana de Espinho: Apresentação de um estudo de caso.

7.1 Introdução

O comportamento térmico dos edifícios é condicionado, a um primeiro nível, pelas opções do desenho urbano da área em que estão inseridos. Do ponto de vista bioclimático, o urbanista deverá, ao delinear a sua estratégia, integrar nos seus critérios os aspectos que determinarão o microclima criado na área em estudo, uma vez que este terá implicações quer no nível de conforto térmico e na eficiência energética dos edifícios, quer nas condições de utilização do espaço público.

O desenvolvimento do território segundo padrões de sustentabilidade urbana carece fundamentalmente de estratégias bioclimáticas em todas as fases, desde a fase de planeamento à materialização da cidade. Uma abordagem bioclimática requer um largo espectro de estudos, muito para além do estudo térmico das construções ou do conforto de utilização do espaço público. Desta forma a cooperação entre diferentes intervenientes é fundamental de forma a alcançar o desejado objectivo.

Importa pois num primeiro momento, estabelecermos diferentes níveis de diagnóstico e análise, desde a escala municipal ao desenho urbano, de forma a integrar, coordenar e estruturar o espaço urbano e os edifícios sob padrões de sustentabilidade na procura de uma correcta adequação ao clima, para a definição das mais adequadas estratégias bioclimáticas. Num segundo momento, procuramos medir e avaliar qual ou quais as melhores soluções para um mesmo cenário urbano recorrendo a software adequado de acordo com algumas das considerações bioclimáticas previamente apresentadas.

Para tal, desenvolvemos estudos em duas áreas de intervenção distintas. A primeira encontra-se integrada na malha urbana de quadrícula regular e a segunda na nova área de expansão urbana a sul da cidade.

No primeiro estudo de caso, procuraremos avaliar o melhor desempenho no acesso solar numa primeira fase de cada modelo urbano, numa segunda fase desenvolveremos o detalhe conceptual dos modelos até à escala 1/100, com o propósito de identificarmos o modelo com melhor desempenho térmico de acordo com a metodologia de avaliação do RCCTE. Numa terceira fase desenvolveremos estudos sobre a nova área de expansão urbana, localizada a Sudoeste de Espinho.

Partindo da base conceptual de um projecto premiado para o arranjo da superfície de enterramento da linha de comboio, desenvolvemos estudos para avaliar o desempenho de acesso solar de cada volume (num total de 23) do modelo original, para o Verão e Inverno.

Apresentamos ainda duas outras propostas com o propósito de procurarmos melhorar o desempenho relativamente ao modelo original no acesso solar para ambos os períodos do ano. Referimos ainda que para este caso, se estudou a actuação do vento no espaço urbano e nos edifícios no capítulo 8.

7.2 Caracterização climática e morfológica

A cidade de Espinho localiza-se a cerca de 20km a sul da cidade do Porto, à latitude 41º N. Como núcleo urbano costeiro o seu microclima é influenciado directamente pela presença do mar, com níveis de humidade relativa elevados (acima de 60% ao longo de todo o ano) e pela presença de ventos de noroeste nos meses de verão, e de sul no Inverno.

A média anual do valor de radiação total diária numa superfície horizontal cifra-se nos 4,4kWh/m2, sendo a média mensal da radiação diária de Janeiro de 1,7 kWh/m2, e em Julho de 7,2 kWh/m2.[xxviii]

Os valores máximos de temperatura variam entre 13° e 25° Janeiro e Agosto respectivamente, os valores mínimos de temperatura variam entre 5° e 15° em Janeiro e Julho respectivamente.

A precipitação oscila ao longo do ano entre um máximo de 175mm em Dezembro e um mínimo de 15mm em Julho.

De Maio a Setembro a costa sofre a acção do vento de direcção Norte e Oeste, nos restantes meses a acção do vento faz-se pelo quadrante Sul e Este acompanhado com chuvas.

Tabela 5 – Mapa anual de temperatura e precipitação para Espinho
Fonte: http://br.weather.com/weather/climatology/POXX0011

Temperatura	Jan	Fev	Mar	Abril	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Máximas (°C)	13	14	16	17	19	22	24	25	24	21	17	14
Mínimas (°C)	5	6	7	8	11	13	15	14	14	11	8	6
Média (°C)	9	10	12	13	15	18	20	20	19	16	12	10
Precipitação												
Total (mm)	170	170	112	112	89	53	15	23	64	132	152	175



Figura 193 – Vista aérea parcial de Espinho com identificação das áreas em estudo
Fonte: Google earth, 2007

O desenho da cidade é formado na sua maioria por uma malha ortogonal cujas dimensões médias dos quarteirões variam entre os 50x50m e 70x70m, com a orientação das ruas na direcção N-S e E-O. Os canais de circulação (distância entre fachadas opostas de uma rua) variam entre 11 e 12m de largura, como podemos ver na Figura 195.

7.3 Diagnóstico e análise crítica

A cidade de Espinho apresenta um conjunto de características comuns a várias cidades, vilas e/ou lugares localizadas na faixa litoral norte. Do ponto de vista da bio-climatologia acentuam-se os seguintes aspectos negativos:

- Edificação contínua e linear, promovendo a ampliação da velocidade de vento;
- Sombreamento inadequado de ruas e edifícios;
- Penetração de ventos marítimos de forma descontrolada, com elevado teor de salinidade;
- Ausência de espécies arbóreas autóctones que permitiriam a redução do vento na zona;
- Dimensionamento, orientação e forma inadequada dos edifícios;
- Canais de circulação urbana com dimensões reduzidas quando combinados com a cércea elevada comprometem o desempenho térmico dos edifícios.

7.4 Quarteirão de Espinho – Análise de desempenho na obtenção de radiação solar

Partindo do conjunto de estratégias bioclimáticas apresentadas previamente pretendemos testar, medir e avaliar o resultado de 4 diferentes modelos de edificação, a adoptar no espaço vago de análise, para um cenário urbano existente e posteriormente aumentar a densidade construtiva envolvente, para desta forma por um lado obtermos medições sobre alguns princípios teóricos defendidos por diversos autores aplicando-os a um caso específico e por outro avaliar o impacto da densificação urbana progressiva em determinado quarteirão da uma cidade. Para tal recorremos ao Townscope no sentido de reproduzir as características geomorfológicas e climáticas em universo virtual, e propondo diferentes soluções de edificação na expectativa de obtermos as melhores condições bioclimáticas para a área em causa do ponto de vista dos utilizadores dos edifícios propostos.

7.4.1 Caracterização do local de intervenção



Figura 194 – Cenário existente – Espinho
Fonte: Google earth, 2007

Tendo com ponto de partida um quarteirão padrão de Espinho, actualmente desocupado, (Figura 194), concebemos e simulámos 4 diferentes conjuntos habitacionais a que chamaremos de modelos 1 a 4 com a mesma área total de construção de 6000m2, que nos permite estabelecer uma análise comparativa entre 4 modelos avaliados para dois cenários diferentes: o cenário original (com as características da envolvente directa) e outro no qual aplicámos à envolvente directa a cércea máxima permitida pelo actual PDM para esta área específica.

Foi nossa intenção avaliar e medir qual ou quais os modelos que obtinham melhores resultados em termos de acesso solar para ambos os cenários em simulações durante o solstício de verão e de Inverno – 21 de Junho e 21 de Dezembro respectivamente.

Para tal recorremos a software adequado para medir e avaliar o acesso solar obtendo para tal valores de radiação solar incidente sobre as fachadas de cada volume para ambos os períodos acima descritos.

Foram estudados quatro modelos diferentes para um mesmo quarteirão, para dois cenários distintos de densidade urbana envolvente e avaliadas as suas implicações em termos de acesso ao Sol.

7.4.2 Cenário original



Figura 195 – Quarteirão em estudo – vista poente/norte
Fonte: Arquivo do autor

O cenário existente caracteriza-se por uma envolvente com uma diversidade tipológica e densidade construtivas que vão desde o uso unifamiliar de dois pisos até ao multifamiliar de 4 pisos, com lotes de empenas cegas e outros com afastamentos laterais de 5m ou mais.

A Figura 195 permite-nos visualizar a diversidade volumétrica e tipológica na envolvente directa do quarteirão.

O presente cenário é o suporte base para a análise de 4 modelos de edificação com a mesma área de construção de habitação, mas com diferentes formas de edificação e áreas de fachada, mantendo a mesma cércea construtiva. Neste contexto a procura da optimização da forma do edificado para a obtenção dos melhores resultados de radiação solar incidente no Inverno e no Verão, não só se processou dentro do mesmo cenário urbano, como é exemplo o modelo 1 implantado no cenário original na Figura 196, mas igualmente com novo cenário onde foi aplicada a densificação construtiva mais elevada permitida pelo PDM para o cenário existente.



Figura 196 – Modelo 1 implantado no cenário original

7.4.3 Cenário simulado

O cenário com aumento de densidade representa a aplicação da densidade construtiva máxima permitida pelo PDM para estes quarteirões, dentro de uma previsão do que poderá acontecer num período entre uma a duas décadas. Assim deste modo, procuramos obter resultados mais conclusivos sobre o efeito da progressiva densificação envolvente face aos resultados obtidos para os 4 modelos construtivos no panorama original, que nos permitam entender e medir qual a (s) melhor(es) forma(s) de edificação para o quarteirão em estudo, a título de exemplo a Figura 197 representa o modelo 1 implantado sobre o cenário com aumento de densidade.

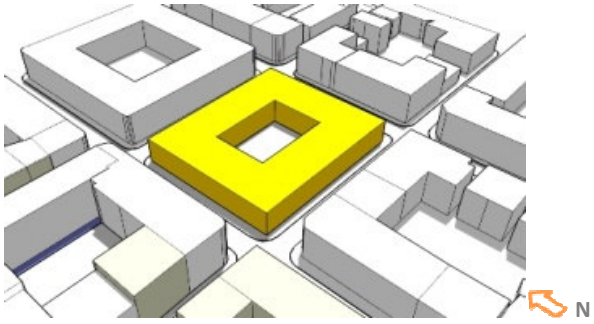


Figura 197 – Modelo 1 implantado no cenário com aumento de densidade

7.4.4 Estratégias gerais adoptadas para a concepção dos modelos

Espinho pelas suas características urbanas, apresenta condições térmicas desfavoráveis para os edifícios e em particular para os seus utilizadores quer no interior das construções quer no espaço público exterior, desta forma é indispensável optimizar o desenho urbano tendo em consideração as condições locais, de forma a garantir uma maior eficiência energética nos edifícios, bem como garantir um nível mínimo de qualidade no espaço público.

As possíveis estratégias a aplicar serão **ao nível urbano** as seguintes:

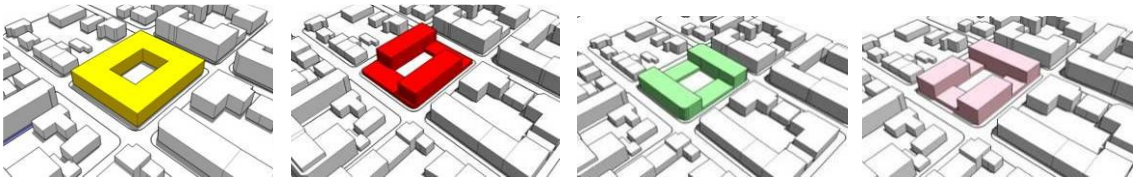
- Distribuir e orientar adequadamente os edifícios, de forma a evitar sombreamentos às construções envolventes.
- Garantir acesso solar pelo menos quatro horas durante as horas centrais do dia, na situação mais desfavorável (no solstício de Inverno) Higueras (2000).
- Existência de vegetação e distribuição de zonas verdes (“buffer zones” (espaços-tampão), regulador térmico, regeneração de oxigénio, sombreamento vegetal);
- Aumento da diversidade volumétrica e de forma dos edifícios potenciando a multiplicidade de ritmos urbanos e atenuando o efeito nefasto do vento em determinados períodos do ano.

- No que diz respeito às estratégias a aplicar ao **nível da construção**, podemos referir as seguintes possibilidades:
- Definição de volumetria máxima a construir (desde 1 até 4 pisos) adequado ao perfil de arruamento, orientação e topografia);
- Definição de densidade máxima de ocupação do solo, articulando com as definições de volumetria e com os perfis de arruamento definidos;
- Definição de altura máxima de empenas livres e de primeiros planos de fachada à rua;
- Orientação dos volumes de construção na direcção Sul, de forma a obter maior extensão de superfície com incidência solar directa, orientações em ângulos desde o quadrante sul até 30º E e W.

7.4.5 Modelos analisados

Considerámos 4 modelos para análise com as seguintes características comuns:

- A mesma área de construção;
- A mesma cércea máxima permitida;
- A mesma medida de profundidade de cada volume 15 m;
- A mesma área de logradouro e a mesma superfície do r/chão para zona comercial, prática comum em Espinho.



Modelo 1 Modelo 2 Modelo 3 Modelo 4

Figura 198 – Os 4 modelos analisados implantados sobre o cenário original

A Figura 198 apresenta os modelos considerados cujas características mais relevantes são as seguintes:

- O Modelo 1 (Amarelo) apresenta uma forma considerada comum para este tipo e dimensão dos quarteirões e será tido como o modelo base, com a forma de um volume maciço, monolítico com pátio interior.

- O modelo 2 (Vermelho) apresenta a sua maior área de construção em dois volumes paralelos no sentido nascente/poente com distintos avanços e recuos de cada volume face às ruas a nascente e poente, a sua forma permite ainda maior liberdade visual de todas as habitações face à rua, não existindo um bloco encerrado sobre si mesmo. O pátio ao nível do R/chão demarca e encerra o quarteirão, os terraços sobre o R/Chão servem como espaços lúdicos, podendo eventualmente levar árvores de pequeno porte.
- O modelo 3 (Verde) localiza a maior área construtiva em dois volumes paralelos com maior área de fachadas expostas no sentido nascente/poente, A predominância dos volumes no sentido norte/sul distingue-o dos dois conjuntos anteriores, os volumes fazem o remate visual dos quarteirões, libertando o espaço interior e abrindo para sul e norte entre ambos os volumes, garantindo um maior afastamento entre fachadas.
- Finalmente o modelo 4 (Rosa) claramente distinta dos demais apresenta 3 volumes, um no sentido norte/sul e os outros dois no sentido nascente/poente. Acentuadamente mais fragmentado que os outros modelos, este modelo caracteriza-se pela dispersão dos seus volumes. As esquinas do quarteirão são rematadas por edificação com a cércea máxima, libertando os interstícios entre volumes localizados a meio de cada face do quarteirão para terraços sobre o r/chão, criando com este desenho intervalos volumétricos no quarteirão e descrevendo ritmos de fachada.

7.4.6 Definição de critérios de análise

Foram estabelecidos alguns possíveis critérios de análise. Entre outros, considerámos os seguintes:

- Obtenção do valor mais elevado de radiação solar total, no Inverno por m2 de fachada;
- Redução de radiação solar total no Verão, com menor prejuízo sobre a radiação solar total no Inverno;
- Menor impacto do efeito de densificação urbana envolvente sobre o edifício.

7.4.7 Resultados do estudo

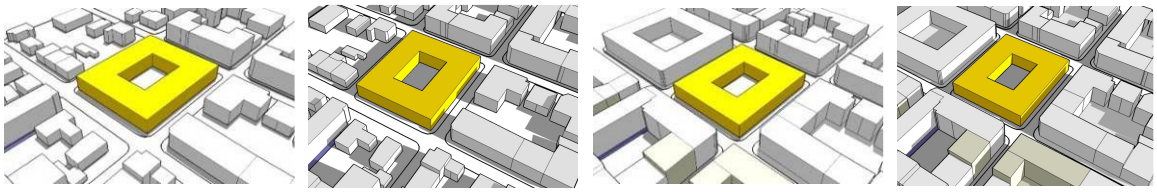
7.4.7.1 Síntese

Apresenta-se uma síntese de alguns dos resultados obtidos para os 4 modelos, com o programa Townscope III. Nos pontos seguintes, são comentados os resultados obtidos para cada modelo, separadamente.

Tabela 6 – Resultados para os quatro modelos avaliados nos dois cenários previstos

Modelo			M 1	M 2	M 3	M 4
Áreas	Área de construção (em m2)		6000	6000	6000	6000
	Área de fachadas (em m2)		2736	2856	2856	3675
Cenário Original	Média total ponderada radiação directa (em Wh/m2)	21-Jun	1920	1280	1920	1722
		21-Dez	456	472	400	482
	Média total ponderada radiação total (em Wh/m2)	21-Jun	3594	3394	3821	3871
		21-Dez	1014	1022	973	953
Cenário com aumento de densidade	Média total ponderada radiação directa (em Wh/m2)	21-Jun	1390	1238	1310	1523
		21-Dez	332	454	236	363
	Média total ponderada radiação total (em Wh/m2)	21-Jun	2953	3233	2929	3563
		21-Dez	833	993	745	939

7.4.7.2 Modelo 1



Cenário Original — Cenário com aumento de densidade

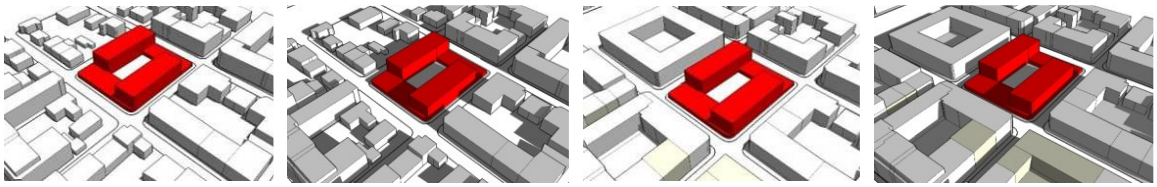
21 de Junho, 12h — 21 de Dezembro, 12h — 21 de Junho, 12h — 21 de Dezembro, 12h

Figura 199 – Modelo 1: Efeito de sombreamento às 12h nos Solstícios de Verão e de Inverno para ambos os cenários

No cenário original, o modelo 1 apresenta resultados medianos entre os 4 modelos, tanto no Verão como no Inverno, quer para a radiação total quer para a radiação directa.

Com o aumento de densidade construtiva envolvente, obtém piores resultados, mantendo-se no entanto como o modelo com resultados medianos entre os 4 modelos analisados.

7.2.7.3 Modelo 2



Cenário Original | Cenário com aumento de densidade

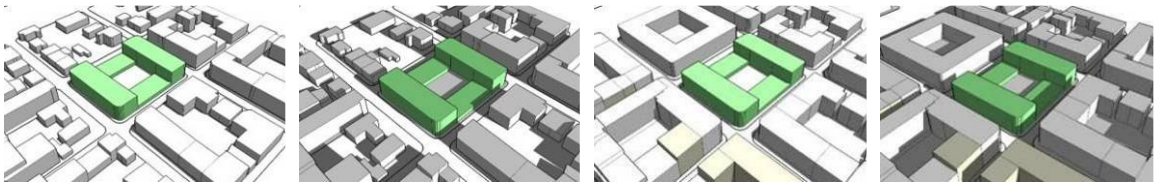
21 de Junho, 12h | 21 de Dezembro, 12h | 21 de Junho, 12h | 21 de Dezembro, 12h

Figura 200 Modelo 2: Efeito de sombreamento às 12h nos Solstícios de Verão e de Inverno para ambos os cenários

No cenário original, o modelo 2 obtém os melhores resultados para a média ponderada de radiação total em Junho e Dezembro. Quanto à radiação directa, ela é a mais baixa em Junho. No entanto em Dezembro, os modelos 1 e 4 atingem uma média mais alta.

No cenário com aumento de densidade construtiva, o modelo 2 obtém os melhores resultados na média ponderada de radiação directa quer para Junho quer para Dezembro, no que diz respeito à radiação total verifica-se que este é o melhor modelo em termos de Inverno. Já em termos de Verão, ocupa o 3º lugar.

7.4.7.4 Modelo 3



Cenário Original | Cenário com aumento de densidade

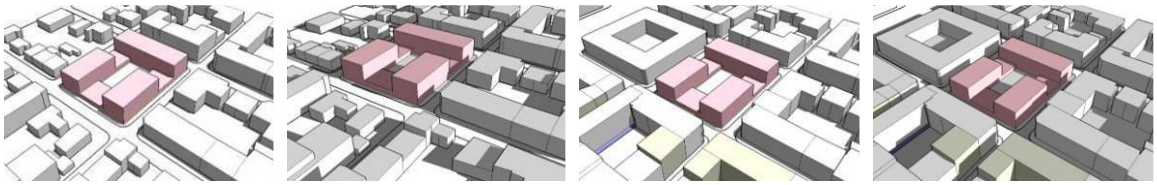
21 de Junho, 12h | 21 de Dezembro, 12h | 21 de Junho, 12h | 21 de Dezembro, 12h

Figura 201 – Modelo 3: Efeito de sombreamento às 12h nos Solstícios de Verão e de Inverno para ambos os cenários.

No cenário original o modelo 3 posiciona-se como o modelo com piores resultados, obtendo o 3º lugar na média ponderada de radiação directa e total para Junho, e o 4º lugar para a média ponderada de radiação directa e total para Dezembro;

Para o cenário com aumento de densidade alcança o 2º e o 1º melhor resultado respectivamente na média ponderada de radiação directa e total para Junho. Obtém o 2º e os 4º resultados na média ponderada de radiação directa e total para Dezembro.

7.4.7.5 Modelo 4



Cenário Original | | Cenário com aumento de densidade | |

21 de Junho, 12h | 21 de Dezembro, 12h | 21 de Junho, 12h | 21 de Dezembro, 12h

Figura 202 – Modelo 4: Efeito de sombreamento às 12h nos Solstícios de Verão e de Inverno para ambos os cenários

No cenário original, o modelo 4 apresenta o melhor resultado na média ponderada de radiação directa em Dezembro, e 3º lugar na média ponderada de radiação total em Dezembro.

Obtém o 2º melhor resultado na média ponderada de radiação directa em Junho e o 4º lugar na média ponderada de radiação total para Junho.

No caso do cenário com aumento de densidade, pioram os resultados face aos demais modelos, alcançando o 4º lugar na média ponderada de radiação directa e total para Junho, obtendo o 2º melhor resultado na média ponderada de radiação total e directa para Dezembro.

7.4.8 Considerações finais

Para o cenário original e para o cenário com maior densificação urbana envolvente, o modelo 2 é o modelo que obtém os melhores resultados nos solstícios de verão e de Inverno.

Quanto à análise efectuada aos 4 modelos, podemos dizer o seguinte:

De todos os modelos testados o que apresenta os resultados mais homogéneos e medianos (valores médios para verão e Inverno) é o modelo 1, precisamente aquele que apresenta menor área de fachada;

O modelo 2, com maior volume de área voltada a sul, apresenta os melhores resultados no Inverno, e pelo facto de apresentar menor área voltada a poente e nascente apresenta também os melhores resultados no verão para o cenário original;

Acentuamos a importância dos resultados obtidos no Inverno face ao verão, pelo facto de nos podermos socorrer de sistemas de sombreamentos das fachadas para reduzir a radiação solar directa no verão;

Com aumento da densidade urbana envolvente o acesso ao sol dos modelos analisados diminui, em geral, afectando todos os modelos no Inverno e sem benefício na protecção solar no verão. Neste contexto, o modelo 2 é o menos afectado.

Como seria de esperar no computo geral verificámos que a solução de maior extensão de fachada voltada a sul, com reduzida área de fachada voltada a nascente e a poente permite obter melhores resultados que os demais modelos apresentados. O aumento de densidade construtiva afectou em geral os resultados de todos os modelos testados, sendo os modelos 3 e 1 os mais afectados. O modelo 2 é, claramente, o menos afectado pela possibilidade de aumento da densidade de construção

Para concluir, podemos ainda salientar as vantagens da forma do modelo 2, dado apresentar as melhores características de desenho para obter ganhos superiores de radiação no Inverno, e cumulativamente obter os melhores resultados no verão. Para tal contribuiu a sua longa forma voltada a sul, com reduzida área a poente e distribuição de área entre dois volumes paralelos.

A sua forma urbana cria a oportunidade de criar espaços de desafogo construtivo dentro do quarteirão com aberturas visuais para nascente e poente, possibilita a colocação de árvores de porte médio no interior do quarteirão. Estas possibilidades permitiriam ainda o possível usufruto do interior dos lotes, para espaços de estar/lazer de uso público e cumulativamente criar barreiras ao vento, atenuando os efeitos de túnel de vento na rua e turbulência no interior do quarteirão.

No modelo 3, apesar de se verificar uma disposição semelhante à do modelo 2, com as mesmas vantagens urbanas, a orientação dos seus volumes determinou a obtenção de resultados medíocres em termos de acesso ao sol.

O formato do modelo 1 impõe à cidade um desenho monótono e favorece a existência de corredores urbanos contínuos, com pouca variação de desenho e ritmo, permitindo acentuar o efeito do vento.

A desmultiplicação do modelo 4 em vários volumes impôs um sombreamento entre volumes (prejudicial, no caso do Inverno), aumentando as trocas térmicas devido à área superior de fachada face aos demais modelos e obtendo resultados medianos na avaliação conjunta.

No entanto, a sua forma urbana é distinta das demais; possibilita soluções variadas quando integrado em múltiplos conjuntos semelhantes a este; tal como o modelo 2, permite a inclusão de espaços de lazer no interior do lote e, devido à disposição dos volumes, pode contrariar o efeito de túnel de vento nas ruas.

7.5 Quarteirão de Espinho – Análise de necessidades de aquecimento e arrefecimento

7.5.1 Introdução

Após a obtenção de resultados de radiação solar por fachada no Townscope, apresentamos de seguida os resultados para os índices das necessidades anuais de energia para aquecimento para a estação de Inverno (Nic) e de arrefecimento para a estação de Verão (Nvc) segundo a metodologia do RCCTE.

Optamos por colocar nos anexos toda a informação sobre os estudos elaborados com maior grau de informação.

7.5.2 Estratégias gerais adoptadas para a concepção dos modelos

Procuramos desenvolver o projecto de arquitectura até à escala 1/100, com soluções de arquitectura deliberadamente consensuais/comuns de mercado, com o propósito de avaliarmos o desempenho do desenho dos volumes sem a tentação de escolher materiais ou desenhos de fachada e organização espacial interior capaz de influenciar significativamente os resultados finais.

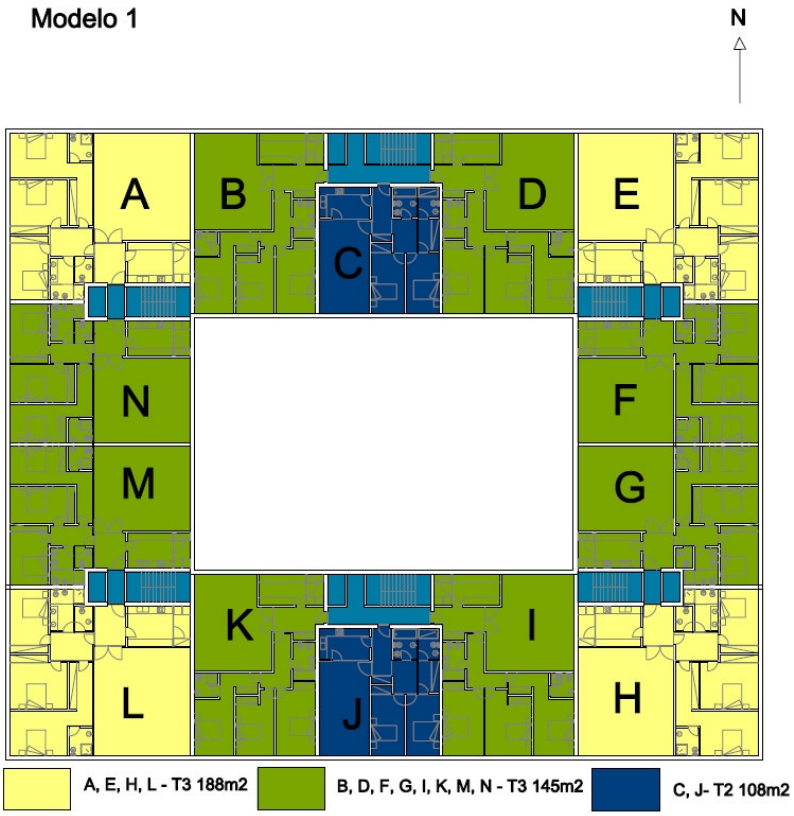


Figura 203 – Modelo 1 com 3 versões diferentes de apartamentos

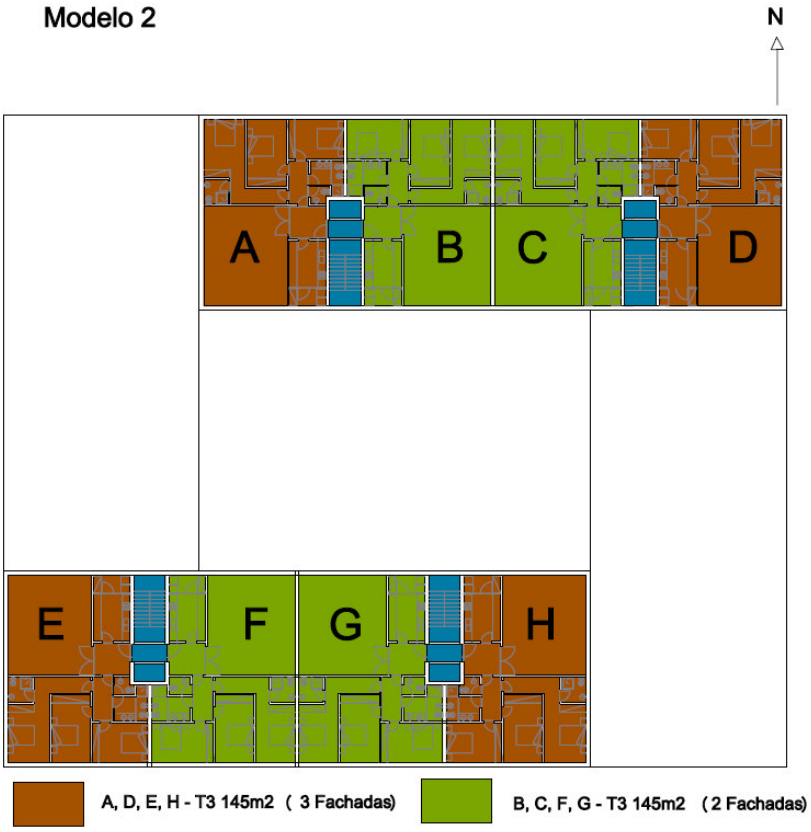


Figura 204 – Modelo 2 com 2 versões diferentes de apartamentos

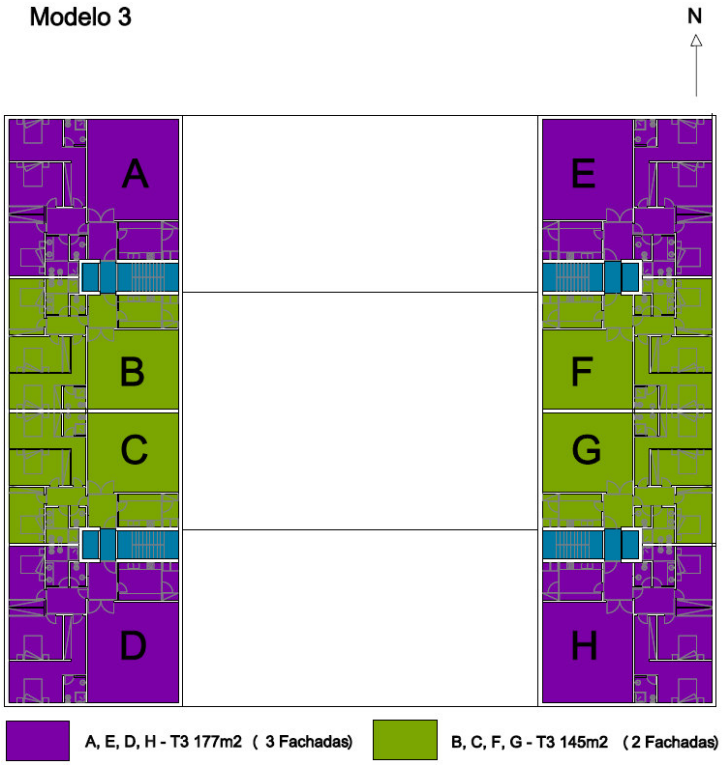


Figura 205 – Modelo 3 com 2 versões diferentes de apartamentos

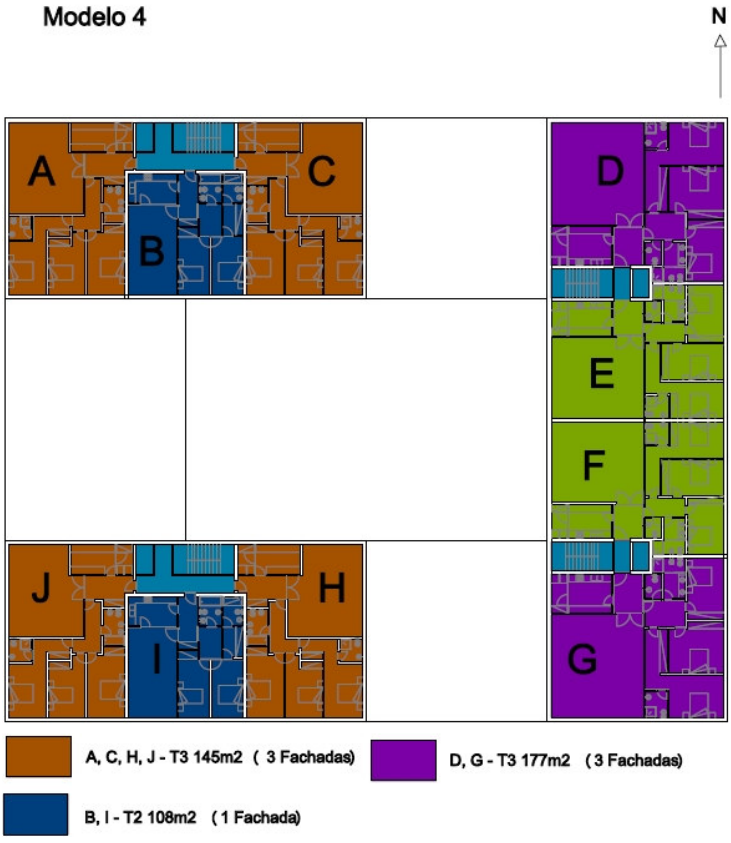


Figura 206 – Modelo 4 com 3 versões diferentes de apartamentos

Resultaram 5 modelos de apartamentos distintos, imposto pelas diferentes formas e dimensões dos volumes de cada quarteirão em análise. No entanto um modelo de apartamento (T3 com 145m2 e duas fachadas) é comum a todos os quarteirões analisados.
As aberturas nas fachadas apresentam uma dimensão única, tendo os quartos e cozinhas uma janela cada e as salas duas janelas com 4m2 de área. Uniformizaram-se todos os materiais optando por soluções construtivas comuns e por conseguinte mais próximas das soluções de mercado.
Procurou-se desta forma obter um projecto o mais simples possível de forma a evitar a adição de palas, varandas, saliências ou reentrâncias nas fachadas que aumentassem a complexidade e impedisse a observação de um estudo comparativo fiável, por conseguinte mais eficaz.

7.5.3 Valores considerados

Tendo como base o RCCTE, utilizamos os valores aí definidos, tais como:

- Número de graus dia (GD) de aquecimento (na base de 20°C) correspondente à estação convencional de aquecimento (Inverno); (**1530**)
- Duração da estação de aquecimento (M) (meses); (**6,7**)
- Temperatura média exterior, no Verão (θatm); (**19°C**)

Definimos os seguintes valores:

- Energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a sul na estação de aquecimento (Gsul) com base nos resultados obtidos no Townscope.
- Os valores retirados do Townscope são obtidos em Wh/m2 por dia de simulação analisados, convertidos para kWh/m2 x30 dias, obtendo-se desta forma a intensidade média de radiação solar mensal.
- O factor de orientação foi calculado em função da razão entre os valores obtidos pelo Townscope para a radiação solar para cada orientação e a radiação solar a sul.
- Intensidade média de radiação solar total incidente em cada orientação durante toda a estação de arrefecimento (Ir) (Junho a Setembro) x 122 dias (duração da estação de arrefecimento).

- Tal como já referido, os valores retirados do Townscope sãop obtidos em Wh/m2 por dia de simulação, utilizaram-se os valores retirados do programa para a estação de arrefecimento e multiplicaram-se por 122 dias (duração da estação de arrefecimento), obtendo-se o valor da intensiodade média de radiação solar incidente em cada orientação, para a estação de arrefecimento (IR).

Na envolvente dos edifícios, foram adoptadas as seguinets soluções construtivas:

- **Parede Exterior "Ext_1" - Parede dupla** (pano exterior e interior em blocos de alvenaria de tijolo cerâmico de 15cm e de 11cm, respectivamente) com caixa de ar parcialmente preenchida por placas rígidas de poliestireno expandido moldado (EPS: 15-20 kg/m³) com espessura de 4cm e revestida em ambas as faces por reboco tradicional com 0,02m.
- Esta solução construtiva apresenta um Coeficiente de Transmissão Térmica Superficial – U=0,49 [W/m2.ºC].
- **Parede interior "Int_1" que separa as zonas de estar das zonas não aquecidas** (circulação comum horizontal e vertical) – Parede dupla (pano exterior e interior em blocos de alvenaria de tijolo cerâmico de 11cm) com caixa de ar totalmente preenchida por placas rígidas de poliestireno expandido moldado (EPS: 15-20 kg/m³) com espessura de 4cm e revestida em ambas as faces por reboco tradicional com 0,02m.
- Esta solução construtiva apresenta um Coeficiente de Transmissão Térmica Superficial – U=0,57 [W/m2.ºC].
- **Parede interior "Int_2" que separa as zonas de estar das zonas não aquecidas** (lavandaria) – Parede simples de alvenaria de tijolo cerâmico de 15 cm revestida em ambas as faces por reboco tradicional com 0,02m.
- Esta solução construtiva apresenta um Coeficiente de Transmissão Térmica Superficial – U=1,47 [W/m2.ºC].
- As **portas interiores que comunicam com a zona de circulação comum** serão constituídas por 4.5 cm de madeira maciça muito densa.
- Esta solução construtiva apresenta um Coeficiente de Transmissão Térmica Superficial – U=2,41 [W/m2.ºC].

- **Cobertura Exterior "CobExt" – cobertura exterior em terraço não acessível,** realizada em laje aligeirada de blocos cerâmicos com espessura estimada de 0.25m, sobre a qual recebera uma camada de forma, sistema impermeabilizante, isolante térmico em placas rígidas de poliestireno expandido extrudido (XPS: 25-40 kg/m³) com 6cm de espessura e revestimento final em lajetas sobre apoios pontuais. Inferiormente será revestida por reboco tradicional com 0,02m.
- Esta solução construtiva apresenta um Coeficiente de Transmissão Térmica Superficial – U=0,50 [W/m2.ºC].
- **Pavimento Interior "PavInt" – pavimento de zonas interiores aquecidas sobre espaços não aquecidos** (espaço comercial), será realizada através de uma laje aligeirada de blocos cerâmicos com uma espessura estimada de 0,27m, sobre a qual receberá uma camada de regularização, placas rígidas de poliestireno expandido extrudido (XPS: 25-40 kg/m³) com 4cm de espessura, camada de desolidarização (folha de material plástico, …), uma camada de betonilha de regularização e revestimento final.
- Esta solução construtiva apresenta um Coeficiente de Transmissão Térmica Superficial – U=0,55 [W/m2.ºC].

Os parâmetros complementares definidos são os seguintes:

- **Coeficientes de transmissão térmica, superficiais (U) e lineares (ψ),** dos elementos da envolvente exterior e interior que separam espaços aquecidos (úteis) e espaços exteriores ou não aquecidos (não úteis)
- (foi atribuído um valor convencional de tau = 0,75 a todos os espaços não aquecidos).
- **O cálculo de perdas de calor por zonas não correntes da envolvente** (pontes térmicas planas associadas a pilares, vigas e caixas de estore) foi considerado através da majoração de 35% do valor de U da zona corrente;
- O cálculo das perdas de calor pelas pontes térmicas lineares foi realizado através da consideração do desenvolvimento linear total das ligações de fachadas com pavimentos ou cobertura, e utilizando um valor convencional de ψ= 0,50 W/m.C°;

- **A Classe de inércia térmica do edifício ou da fracção autónoma foi definida como forte**, uma vez que as fracções possuem pavimentos em laje aligeirada de vigotas com pré-esforço com revestimentos aderentes (não flutuantes), paredes da envolvente exterior, interior e interiores de compartimentação em alvenaria com revestimentos em estuque ou reboco, e revestimentos de tecto em estuque ou reboco;
- **Área e factor solar dos vãos envidraçados (g)**, utilizamos os valores correntes para janelas simples em caixilharia de alumínio com corte térmico, vidro duplo incolor corrente e protecção exterior em persianas de réguas metálicas ou plásticas de cor clara;
- **Taxa de renovação de ar (Rph)**, como garantia da qualidade do ar interior, foi definida a taxa de referência para a renovação de ar de 0,60 renovações por hora.

Os índices quantificados são os seguintes:

- Índice das necessidades anuais de energia útil para aquecimento (para a estação de Inverno) – Nic;
- Índice das necessidades anuais de energia útil para arrefecimento (para a estação de Verão) – Nvc;

Dos resultados da avaliação do acesso solar, com quantificação de radiação solar total incidente nas fachadas obtido no Townscope, exportámos os valores médios de radiação solar total por fachada. Quando compararmos os resultados obtidos num determinado apartamento de um modelo com o apartamento equivalente de outro modelo deveremos ter em atenção que os valores de radiação solar total que entraram para o cálculo das necessidades energéticas foram obtidos através da média ponderada de radiação solar total em toda a extensão da fachada onde se encontra o referido apartamento e não apenas o valor de radiação solar total obtido exclusivamente na área de fachada exclusiva desse apartamento.

7.5.4 Definição de critérios de análise

Foram estabelecidos alguns critérios possíveis de análise. Entre outros, considerámos os seguintes:

- Menores necessidades energéticas totais quer no Verão, quer no Inverno para cada modelo;

- Menores necessidades energéticas quer no Verão, quer no Inverno por conjunto de apartamentos;
- Maior equidade de necessidades energéticas entre todos os apartamentos de cada modelo.

7.5.5 Avaliação dos resultados por modelos

Tal como esperávamos e em consonância com os resultados obtidos directamente do Townscope em kWh/m2, o Modelo 2 (com maiores áreas de fachada a sul e norte) é o que apresenta as menores necessidades energéticas quer no Verão, quer no Inverno para o cálculo total de todos os apartamentos como podemos verificar nas Figura 209 e Figura 210.

Deverá ser tido em consideração que face ao desenho e número de apartamentos de cada modelo, o total da área útil em cada modelo varia, embora a área de construção total de cada modelo seja sempre de 6000m2.

Por esta razão nãoo é possível fazer uma comparação de valores totais,

Por m2 de área útil, no Inverno os modelos 2 e 4 obtiveram os mesmos resultados, com menores necessidades de aquecimento cerca de 13% face ao pior, o modelo 3.

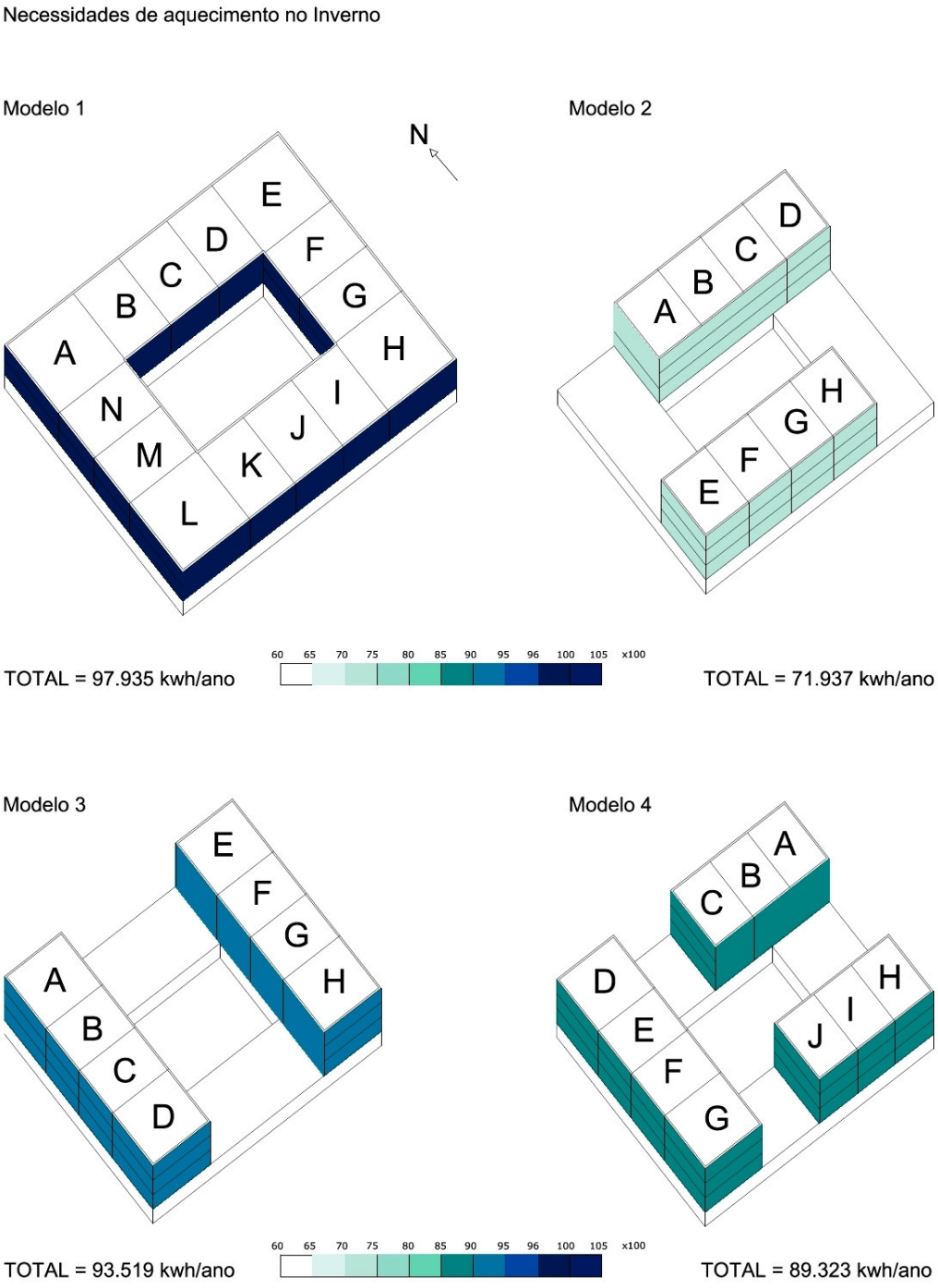


Figura 207 – Necessidades Nominais de aquecimento total por modelos no Inverno

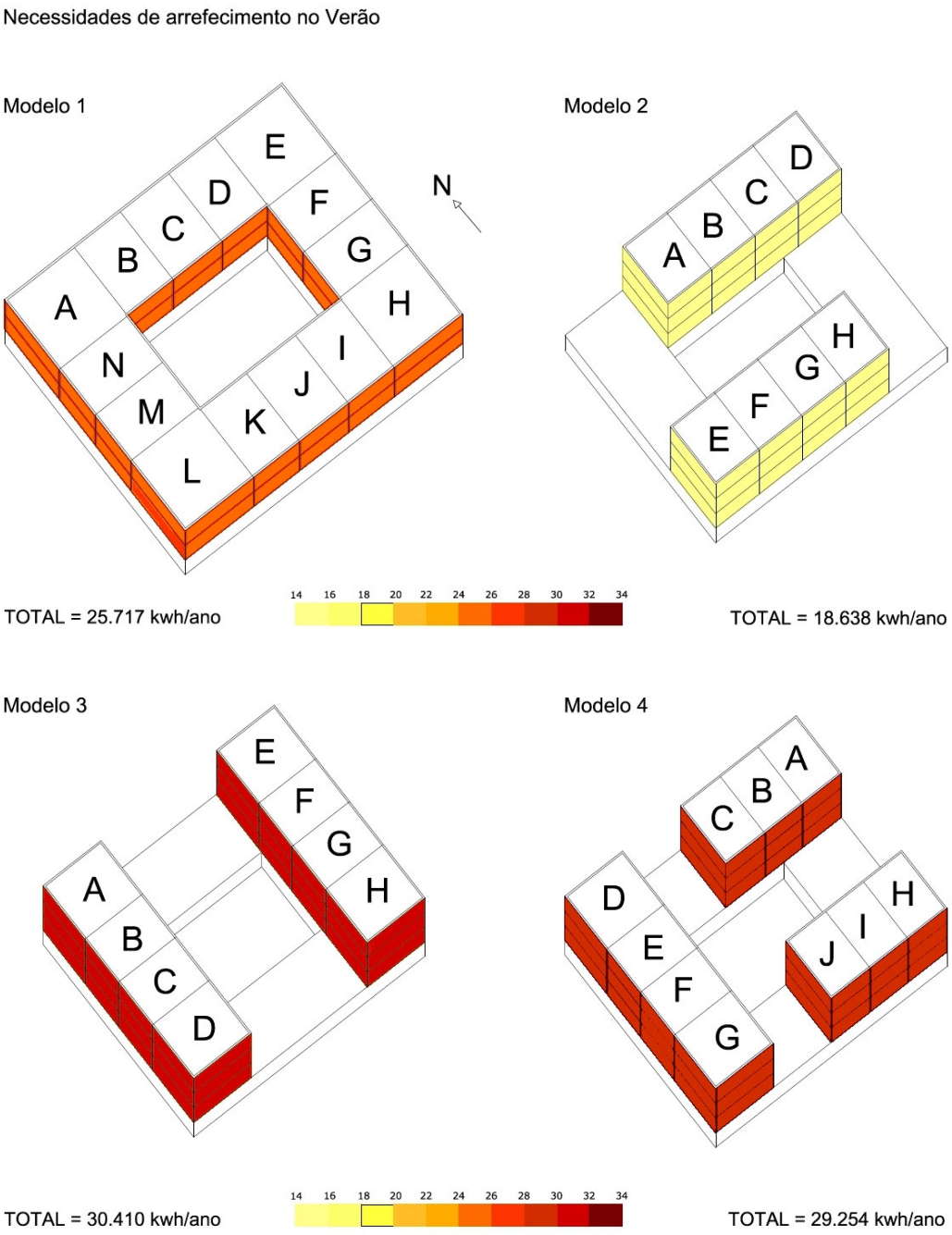


Figura 208 – Necessidade nominais de arrefecimento total por modelos

Para o Verão o modelo 2 é claramente melhor que os demais com uma diferença em cerca de 30% inferior nas necessidade de arrefecimento face ao pior, o modelo 3.

Os valores apresentados nas figuras subsequentes representam o total das necessidades energéticas dos apartamentos de cada modelo analisados por m2 de área de construção. Desta análise ressalvamos o facto de dois modelos – 2 e 3 terem o mesmo número de apartamentos (24) seguido pelo Modelo 1 (28) e por fim o Modelo 4 (30). Por esse motivo acentuamos os resultados totais por m2 e não as médias por m2.

Os modelos ao apresentarem a mesma área de construção total e números de apartamento diferentes corresponderá que cada apartamento terá menores áreas de construção e como tal o seu desempenho energético será diferente. Por questões rigor no projecto de arquitectura não seria possível para blocos com dimensões e implantações diferentes aplicar o mesmo desenho de apartamentos, como tal o número mínimo de variações ne desenho de apartamentos que conseguimos foi de 5.

7.5.6 Avaliação por conjunto de apartamentos

O resultado das avaliações das necessidades energéticas para aquecimento e arrefecimento dos apartamentos através da metodologia do RCCTE permitiu-nos visualizar no seu conjunto as diferenças entre apartamentos de cada volume dentro do mesmo quarteirão tipo.

Entre todos os quarteirões é claramente perceptível a influência negativa da fachada poente nas necessidades de arrefecimento, acentuando este efeito no caso de apartamentos com apenas duas fachadas. Com a Figura 209 evidenciamos a influência da fachada a poente nos apartamentos com duas fachadas.

O modelo 2, com maiores áreas de fachada voltadas a sul e norte é o modelo que apresenta as menores necessidades de arrefecimento em contraponto com os modelos 3 e 4, claramente piores.

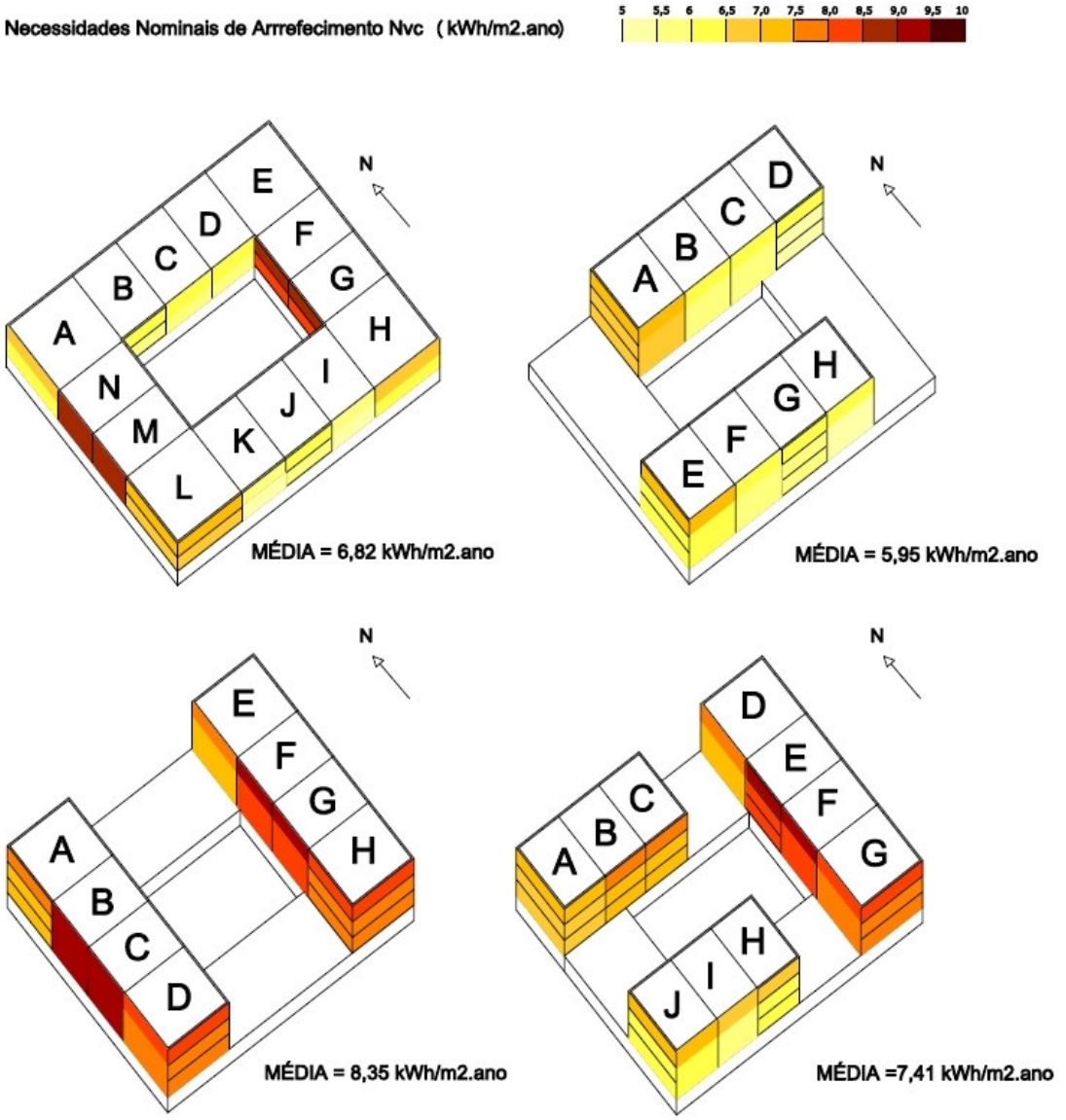


Figura 209 – Necessidades Nominais de Arrefecimento

Os apartamentos com três fachadas (de gaveto) comparativamente aos apartamentos de duas fachadas são claramente prejudicados no Inverno, dado apresentarem áreas de fachada superiores, com maiores trocas térmicas com o exterior. Na Figura 210 verificamos que em todos os modelos os apartamentos de gaveto são precisamente os mais prejudicados.

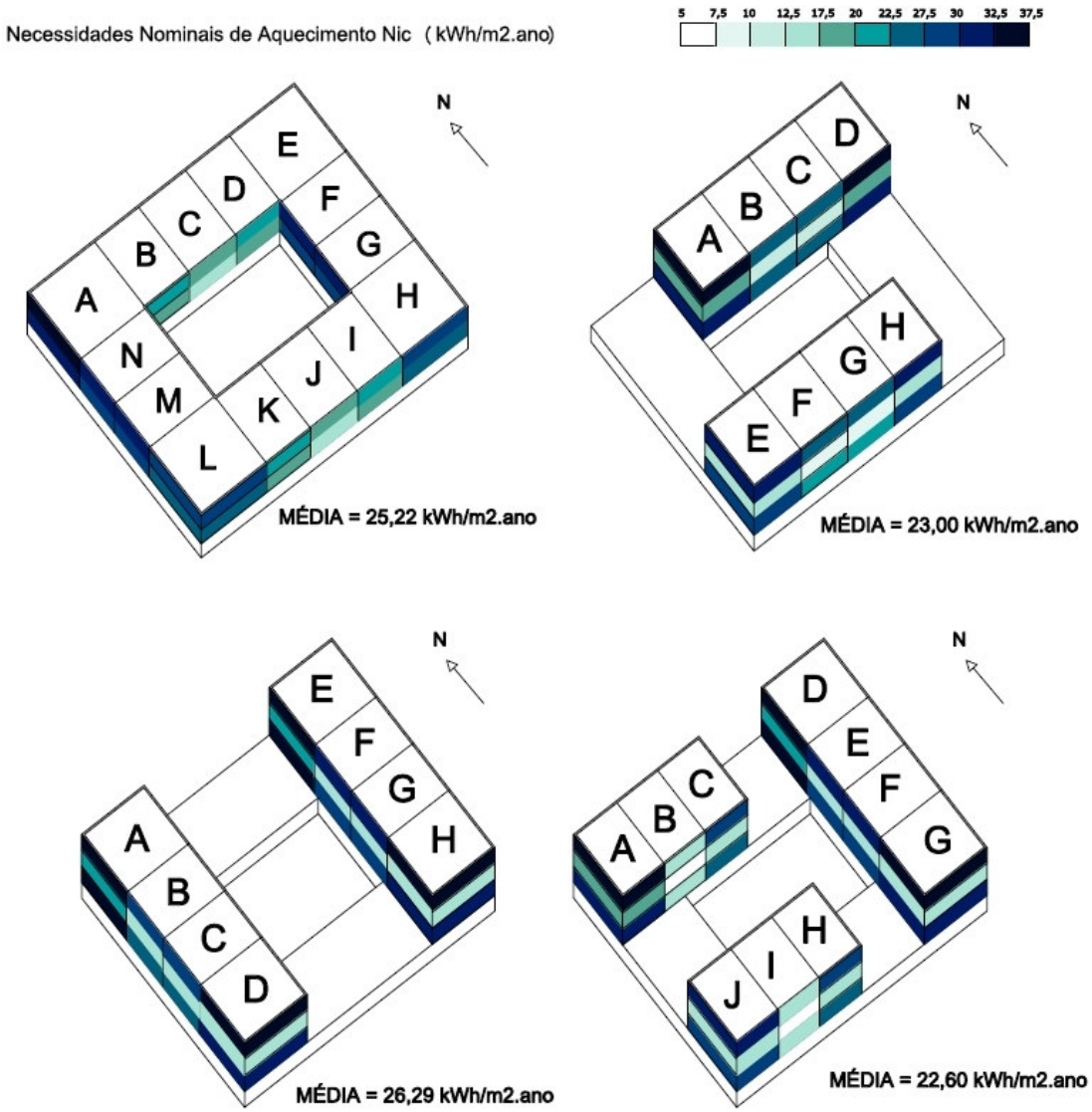


Figura 210 – Necessidade Nominais médias de Aquecimento

Os apartamentos em contacto com a cobertura ou a área de loja (piso 0) apresentam uma maior necessidade de aquecimento que os apartamentos entre piso de habitação, atingindo por vezes o dobro dos valores, como sucedem por exemplo no modelo 3 para a estação de aquecimento.

Comparando resultados entre modelos, o modelo 4 obtém um valor médio entre apartamentos melhor entre todos fruto de uma orientação privilegiada de Sul e Poente comum a quase todos os apartamentos no caso do Inverno, no entanto o modelo 3 apresenta valores próximos do modelo 4 no Inverno, porém no Verão é claramente melhor que os demais modelos que no âmbito global do modelo quer na avaliação apartamento a apartamento.

7.5.7 Considerações finais

Como considerações finais referimos que o modelo 2, fruto da sua maior extensão de fachada voltada a Sul e Norte, consegue garantir as menores necessidades nominais de arrefecimento e de aquecimento, como tem uma área insignificante a poente, este modelo consegue obter bons resultados no Verão, contrariamente ao modelo 3, com a mesma dimensão, porém com outra orientação, expondo-se excessivamente a Poente e Nascente.

O modelo 4 permite garantir menores necessidades de aquecimento (no Inverno) porém, pela significativa área a poente os resultados no Verão são maus, com superior necessidade de arrefecimento.

O Modelo 1, com uma configuração em quarteirão fechado apresenta uma dicotomia nos resultados, com uma parte dos apartamentos com bons resultados (aqueles voltados a Norte e Sul), e os restantes (voltados a Nascente e Poente, bem como os de gaveto) com piores resultados ao nível dos obtidos pelos apartamentos do modelo 3.

A configuração de tipologia urbana que poderemos considerar como os mais eficazes é a tipologia de banda contínua com a maior extensão de fachadas voltadas a Sul e Norte, como é o caso do modelo 2.

7.6 Área de expansão urbana de Espinho

7.6.1 Caracterização do local de intervenção

A área objecto de estudo localiza-se na parte sul da cidade de Espinho, confinante com a zona industrial (localizada a sul) e com a linha de comboio entretanto modificada para túnel (verFigura 211).



Figura 211 – Vista aérea parcial da área de estudo antes do enterramento da linha

Fonte: www.oasrs.org/conteudo/agenda/espinho.jpg

Presentemente a área de estudo, pela permanência da linha de comboio à superfície, encontra-se fragmentada em duas zonas distintas e quase sem ligação pedonal entre si.

Entretanto, fruto da remodelação da linha de comboio, que passou a ser em túnel sob a cidade, esta área tornou-se devoluta tendo uma dimensão significativa. Tal proporcionou uma excelente oportunidade, em conjunto com toda a superfície liberta pela linha de comboio, de a reorganização e expansão da cidade de Espinho para Sul.

Com o propósito de organizar toda a zona liberta pela linha de comboio ao longo da cidade, a autarquia organizou um concurso de ideias para o arranjo da superfície da antiga linha de comboio, tendo culminado na atribuição do premio à solução apresentada na Figura 212.

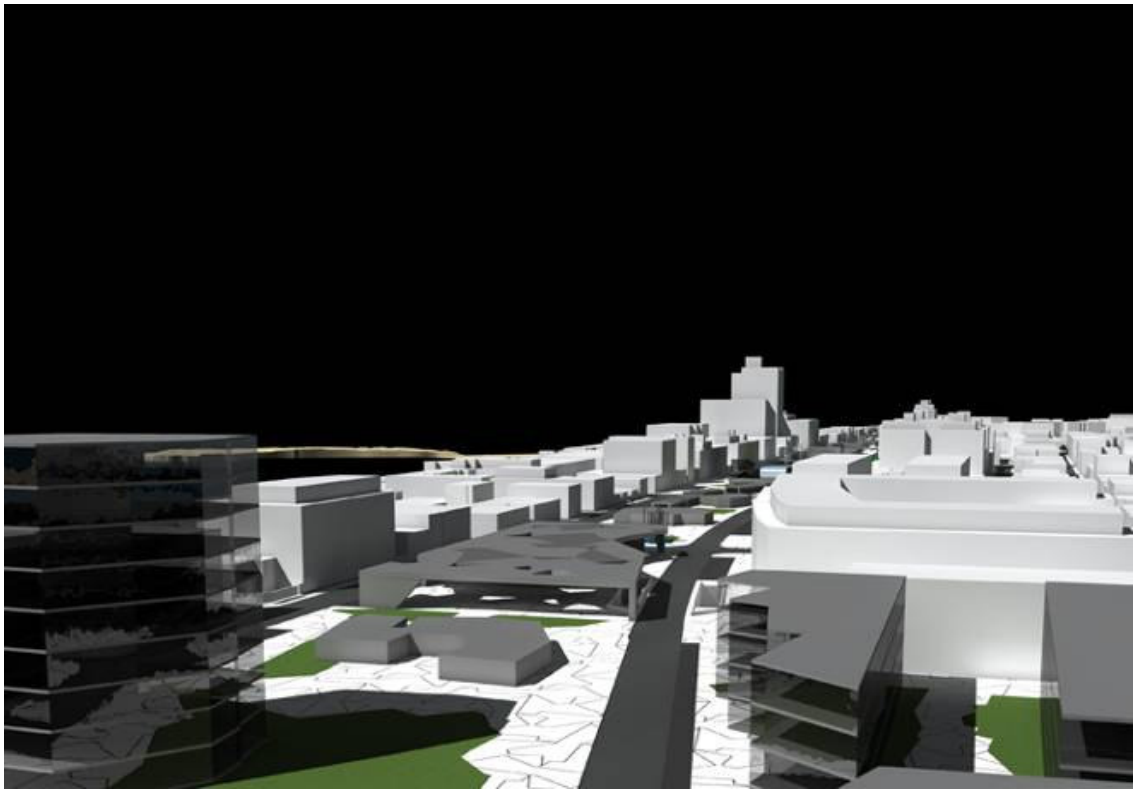


Figura 212 – Perspectiva parcial da proposta vencedora

Fonte: www.fmangado.com (2009)

A proposta vencedora do concurso de ideias dos arquitectos Rui Lacerda, Francisco Mangado e João Álvaro Rocha (doravante designado de Cenário Original) mereceu a nossa atenção com o propósito de avaliarmos do ponto de vista de acesso solar no Verão e no Inverno os desempenhos dos 23 volumes constituintes da proposta.

7.6.2 Cenário Original

O cenário original consiste em 23 edifícios de habitação, integrados no cenário existente (Figura 213). Para o desenvolvimento do estudo optamos por dividir em duas áreas: acima da linha de comboio (ACL) e abaixo da linha de comboio (ABL), linha esta agora imaginária.

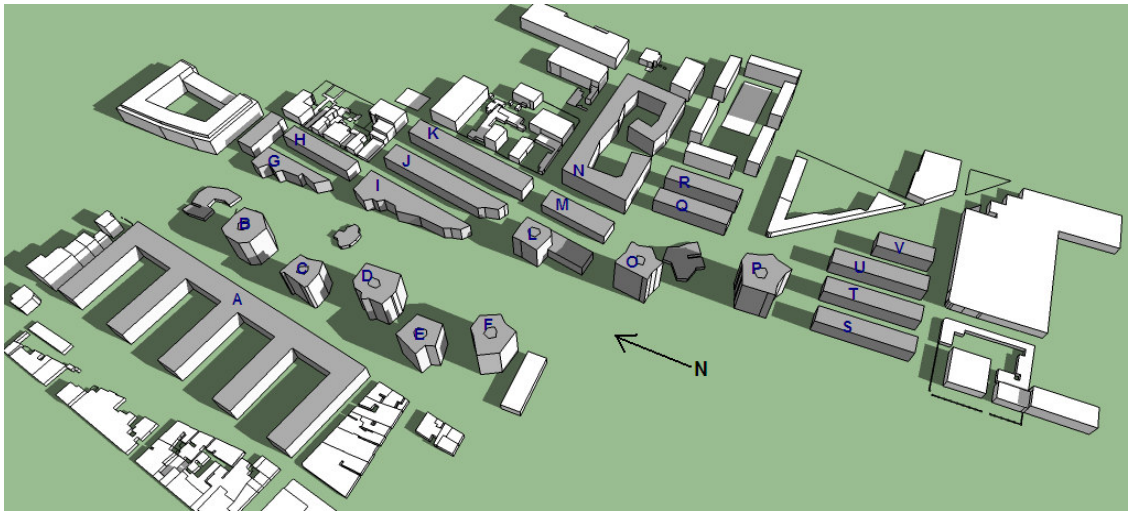


Figura 213 – Cenário original às 12 horas do 21 de Dezembro com identificação dos volumes

Os volumes apresentados para a zona abaixo da linha do comboio (ABL), entendemos apresentarem um conjunto de preocupações bioclimáticas que dificilmente poderíamos suplantar sem prejudicar as soluções de integração e desenho urbano preconizadas. O volume A (em forma de pente) como se pode ver na Figura 213, apresenta um distanciamento entre volumes do pente correctamente dimensionado, tendo no solstício de Inverno o afastamento necessário para garantir o acesso solar a todos os pisos voltados a sul. Para o caso do verão, como as fachadas com maior área de exposição são a sul e norte, são mais facilmente protegidas que fachadas voltadas a poente. Entendemos assim que este edifício apresenta a solução mais próxima do ideal para a área de construção e cércea máxima permitida na área onde se insere. O volume principal onde se integram todos os volumes mais pequenos permite garantir uma área de fachada razoavelmente protegida dos ventos de noroeste, e obter protecção dos vários volumes de sentido Nascente – Poente para o sombreamento de verão.

Os volumes de formas irregulares a nascente do volume A (pente) com cérceas mais elevadas apresentam uma localização entre si correctamente articulada permitindo garantir a todos eles um acesso solar equilibrado, bem como o afastamento destes volumes aos volumes do lado de cima da linha é entendido como correcto, uma vez que, testados no solstício de Inverno, apenas ao fim da tarde esses volumes do lado de cima são afectados pela sombra dos volumes referidos.

Assim, desta forma, entendemos que todas a soluções preconizadas para a área ABL encontram-se bem concebidas segundo princípios bioclimáticos.

Quanto ao lado de cima da linha, as soluções apresentadas são em nosso entender falíveis, quer para o verão, quer para o Inverno, tendo merecido da nossa parte novas propostas de organização urbana, garantindo a mesma cércea máxima estabelecida pelos autores no plano original e assegurado dentro do possível a mesma área de construção.

7.6.3 Estratégias gerais adoptadas para a concepção das propostas

Na procura de um melhor desempenho térmico quer no verão, quer no Inverno, desenvolvemos duas propostas (1 e 2) com um conjunto de princípios bioclimáticos alicerçados nos resultados da matriz desenvolvida no capítulo 4 e em referências bibliográficas de vários autores.

As estratégias mais relevantes para a concepção dos modelos 1 e 2 são:

- Orientação dos volumes com a sua maior exposição de fachadas voltadas a sul;
- Proporcionar afastamento entre volumes adequado para garantir acesso solar no Inverno;
- Reduzir o factor forma dos volumes, mantendo a mesma área de construção;
- Proteger as fachadas voltadas a poente, especificamente para a estação de arrefecimento.

7.6.4 Modelos analisados

Analisamos 3 modelos: o modelo original e duas propostas.

Com a proposta 1 (Figura 214) tendo como ponto de partida o desenho do cenário original redefinimos a orientação da maioria dos volumes, privilegiando a orientação de volumes com a sua maior extensão voltada a sul, contrariamente aos volumes do cenário original, na sua maioria voltada a poente e nascente. Por uma questão formal de desenho urbano adoptado pelos seus autores decidimos procurar preservar o desenho de um conjunto significativo de edifícios, que entendemos serem muito relevantes para identidade do projecto vencedor do concurso.

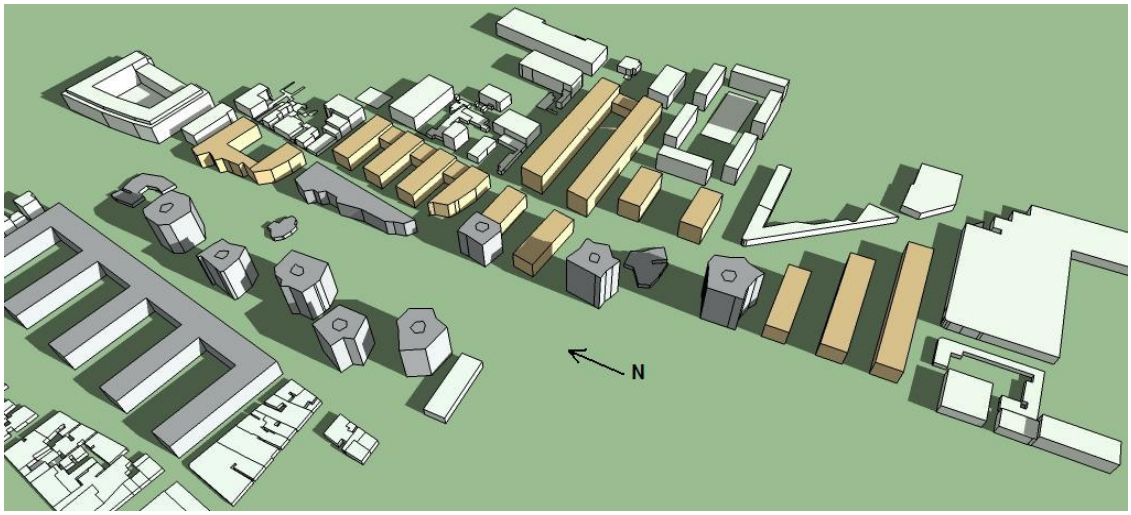


Figura 214 – Proposta 1 (edifícios amarelos) às 12.00h de 21 de Dezembro

Das soluções finais apresentadas como melhores que a solução original, a proposta 1 é precisamente aquela que, reunindo os conhecimentos obtidos nos estudos da matriz urbana, elenca uma série de princípios conhecidos e testados previamente, e que, de uma forma mais consciente entendíamos como as soluções urbanas capazes de obter melhores desempenhos no acesso solar no Inverno e protecção à radiação solar no verão, quando comparado com a proposta original dos autores.

Procuramos atenuar as soluções de volumes com áreas de exposição excessivas a poente e nascente, ou destas aquelas que não ofereciam qualquer protecção vinda de volumes contíguos, optando por soluções de orientação das fachadas com maior extensão voltadas a sul e norte. Apenas nos volumes que entendíamos que iriam prejudicar as soluções de enquadramento urbano idealizadas, fechar ruas ou alterar quarteirões é que optámos por manter a solução original ou desvirtua-la o mínimo possível.

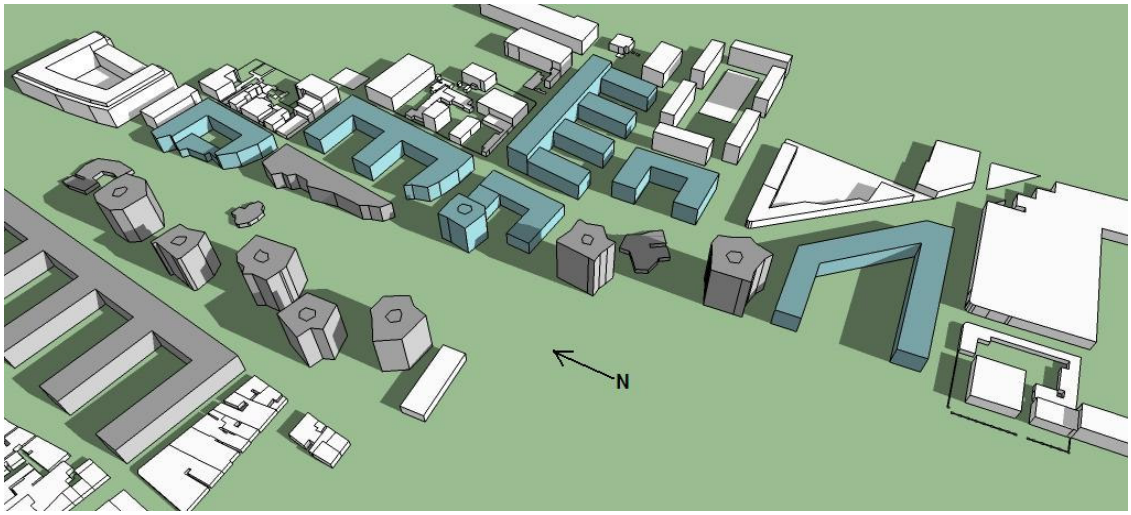


Figura 215 – Proposta 2 (edifícios azuis) às 12.00h de 21 de Dezembro

A proposta 2 (Figura 215) surge da necessidade de, procurando suplantar o desempenho obtido com a proposta 1, acrescentar a mais-valia de integrarmos conceitos de qualificação do espaço urbano, garantindo zonas de lazer e estar para os utilizadores. Procuramos desta forma, para além das preocupações de ordem climática e benefício energéticas soluções urbanas qualificadas onde a rua deixaria de ser apenas um espaço canal de vento, criando ritmos que poderiam atenuar efeitos erosivos do vento e concomitantemente potenciar ganhos solares pela configuração do desenho dos pátios.

7.6.5 Definição dos critérios de concepção e análise

Para a avaliação das distintas soluções (3) para as unidades (1 a 6) (Figura 222) optamos por privilegiar os modelos com menor factor de forma[xxix].

Os valores de radiação solar global são apresentados em kWh/m2 – média total ponderada de todos os volumes para Inverno (15 de Janeiro e 21 de Dezembro) e Verão (1 de Agosto e 21 de Junho) e em kWh – valor total de radiação global de todos os volumes para os mesmos períodos do ano.

7.6.6 Resultados do estudo

7.6.6.1 Avaliação geral

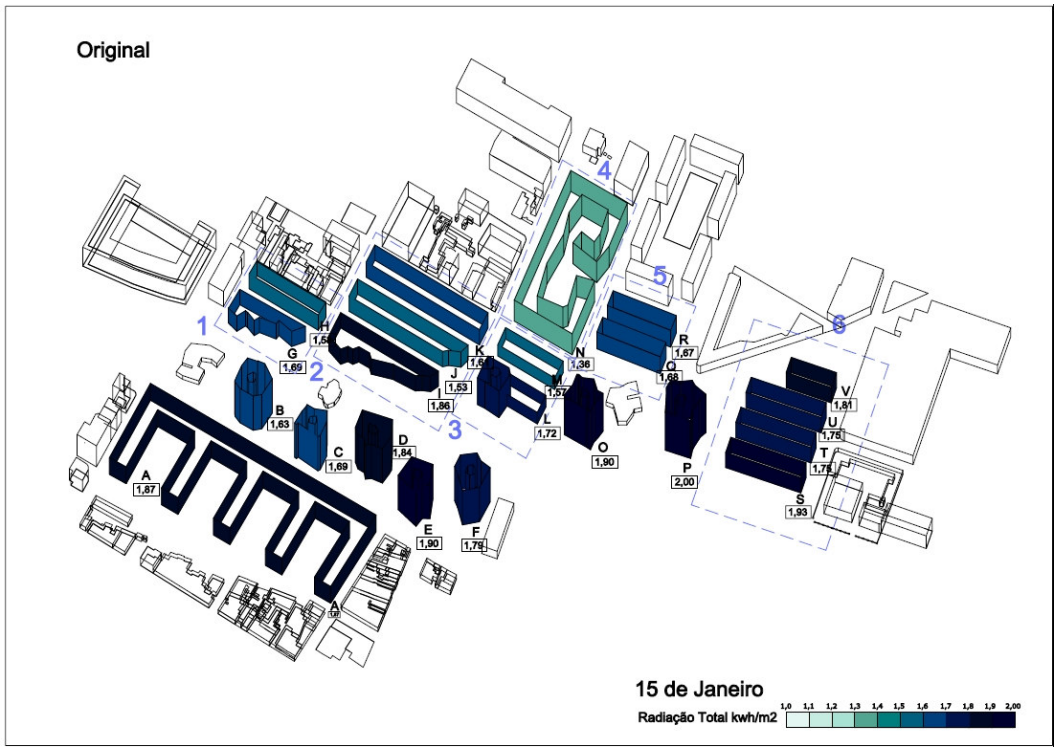


Figura 216 – Análise global dos do cenário original para o dia típico da estação de aquecimento

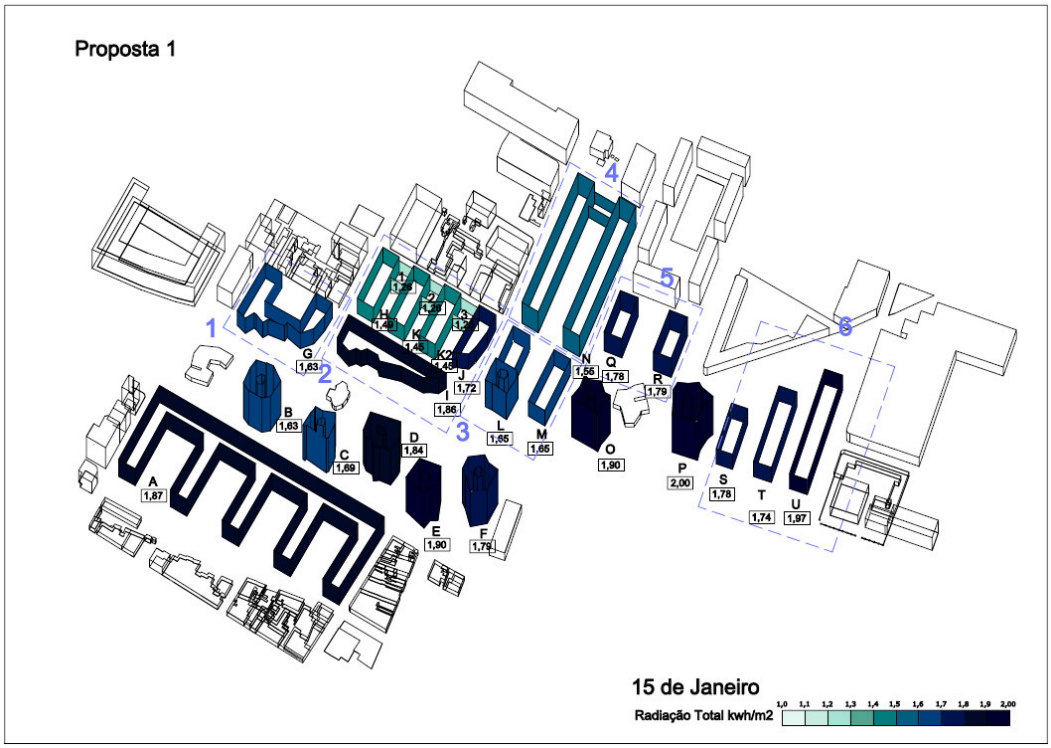


Figura 217 – Análise global da proposta 1 para o dia típico da estação de aquecimento

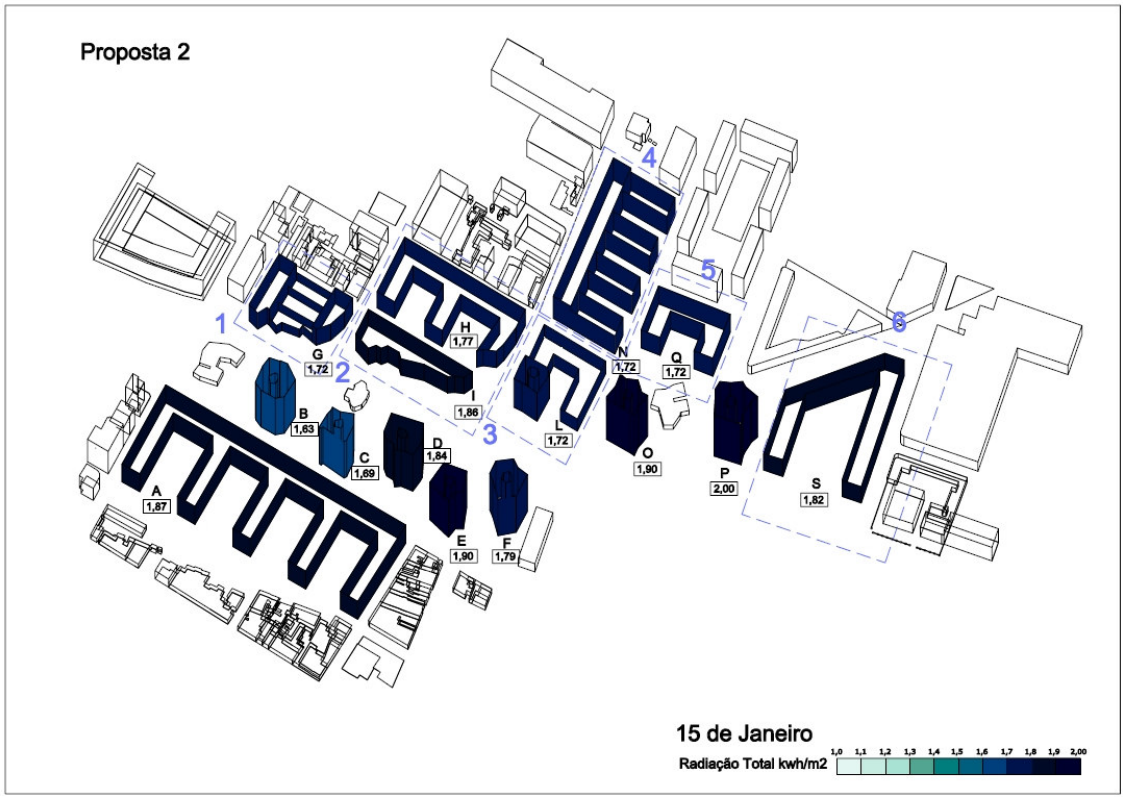


Figura 218 – Análise global da proposta 2 para o dia típico da estação de aquecimento

Conforme podemos avaliar nas Figura 218 (consultar os anexos para ver com mais detalhe os modelos), os edifícios localizados na área "ABL" apresentam médias ponderadas de radiação solar total no dia típico da estação de aquecimento (15 de Janeiro) muito próximas entre si, com valores na ordem dos 1,80kWh/m2, comparativamente à área "ACL" onde os resultados médios são na ordem dos 1,70kWh/m2. Mas o mais relevante é o facto de na área "ACL" apresentar diferenças entre volumes na ordem dos 0,55kWh/. Justifica-se assim apresentar novas soluções de desenho de volumes com melhores resultados no acesso solar em ambos os períodos analisados.

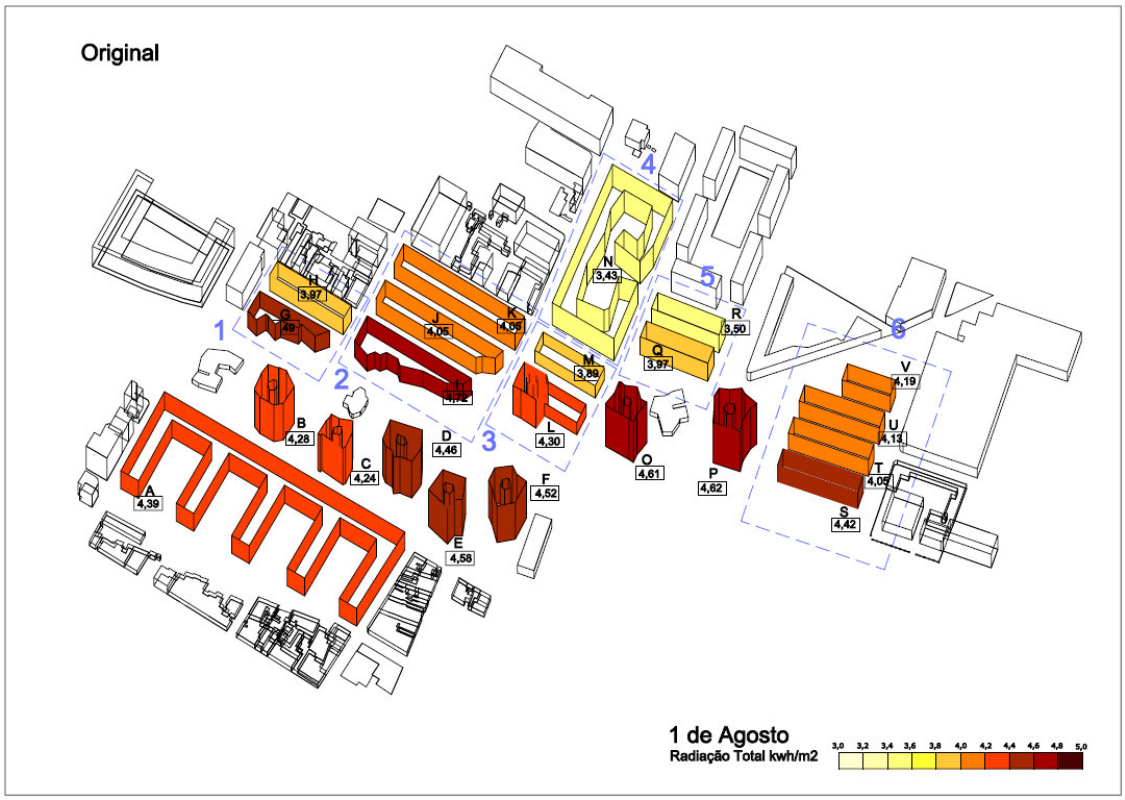


Figura 219 – Análise global do cenário original para o dia típico da estação de arrefecimento

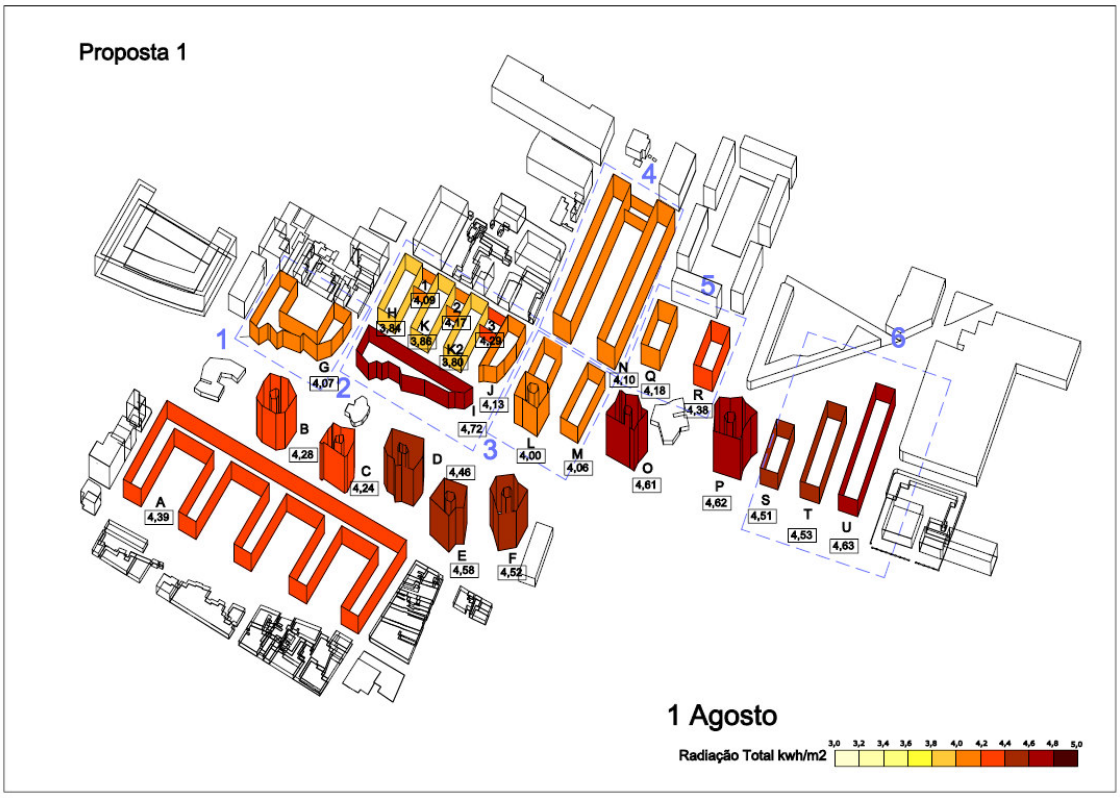


Figura 220 – Análise global da proposta 1 para o dia típico da estação de arrefecimento



Figura 221 – Análise global da proposta 2 para o dia típico da estação de arrefecimento

No dia típico da estação de arrefecimento (ver Figura 221) os volumes na área "ABL" apresentam valores muito semelhantes entre si, na ordem dos 4,40kWh/m2 valores que poderiam ser atenuados com outras soluções de forma de edifícios, no entanto não o conseguiríamos sem reduzir a área de construção preconizada ou cérceas máximas definidas para o local. Assim, entendemos considerar como uma solução eficaz pela geometria de implantação adequada às características específicas da envolvente directa e cércea a máxima permitida.

Na área "ACL" os valores obtidos entre edifícios variam na ordem dos 3,43 kWh/m2 aos 4,72kWh/m2 com média na ordem dos 4,15kWh/m2.

7.6.6.2 Avaliação por unidades de edifícios

Optamos por estabelecer 6 unidades de conjuntos edificados, identificada na Figura 222, avaliando unidade a unidade os resultados entre o modelo original e os dois modelos propostos.

Referimos ainda que se encontram nos anexos um quadro resumo dos resultados obtidos de todos os modelos analisados.

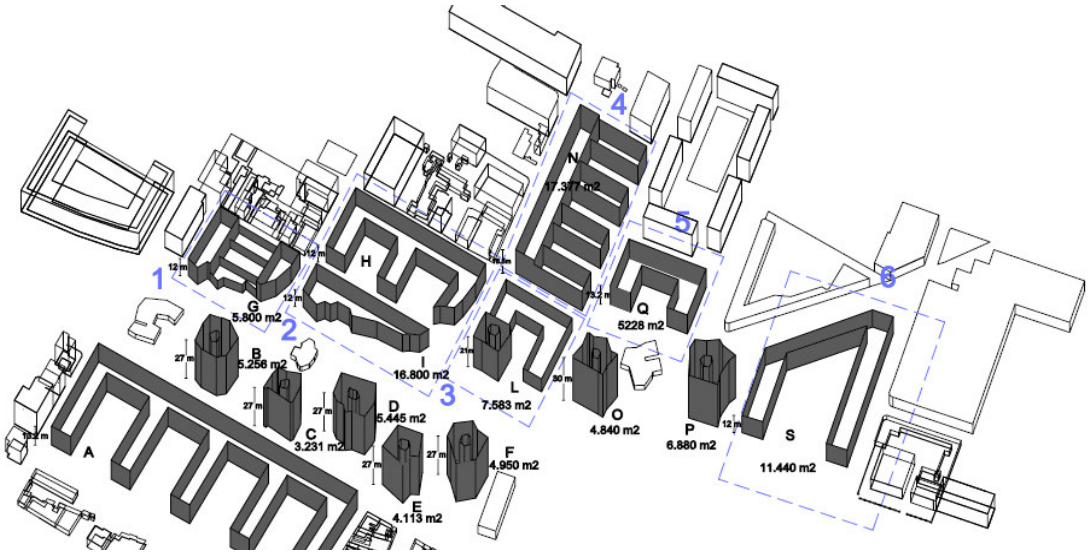


Figura 222 – Proposta 2 com identificação das unidades de 1 a 6

Apresentamos três modelos para a unidade **1** (Figura 223), correspondentes respectivamente ao cenário original, proposta 1 e proposta 2.

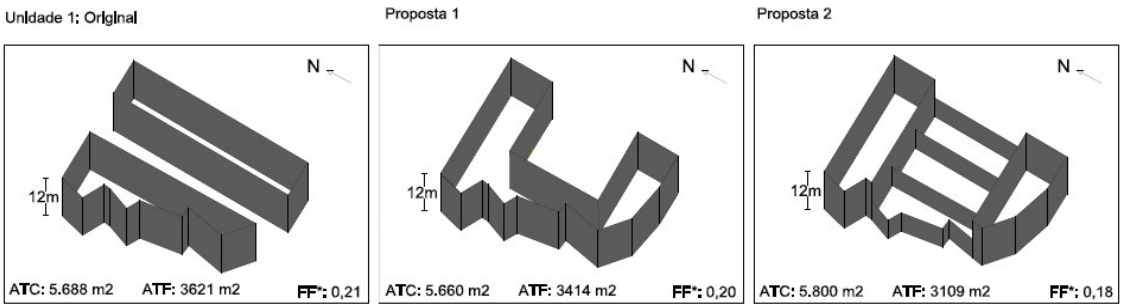


Figura 223 – Unidade 1: três modelos analisados

O modelo da unidade 1 é constituído por dois volumes com a maior área de fachada voltada a nascente e poente.

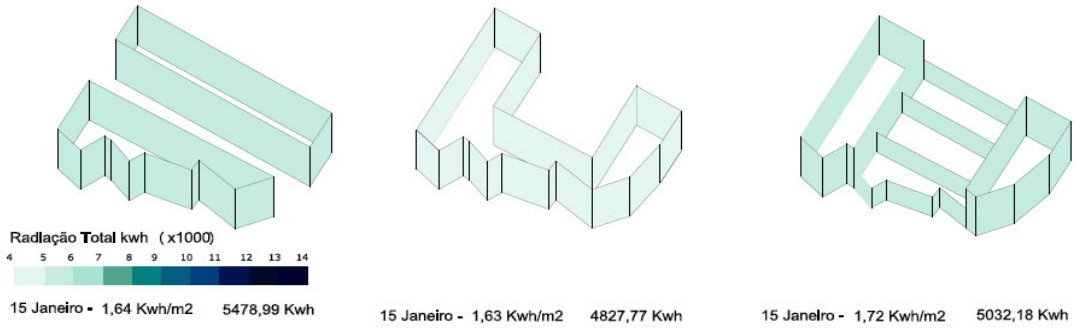


Figura 224 – Valores médios por m2 e totais de radiação solar total no dia típico da estação de aquecimento para os modelos da unidade 1

No período da estação de aquecimento a proposta 2 obtém os melhores valores de radiação solar por m2 entre os três modelos apresentados, no entanto o modelo original tem um valor total de radiação solar total superior aos demais pelo seu factor de forma (sem cobertura) mais elevado entre todos.

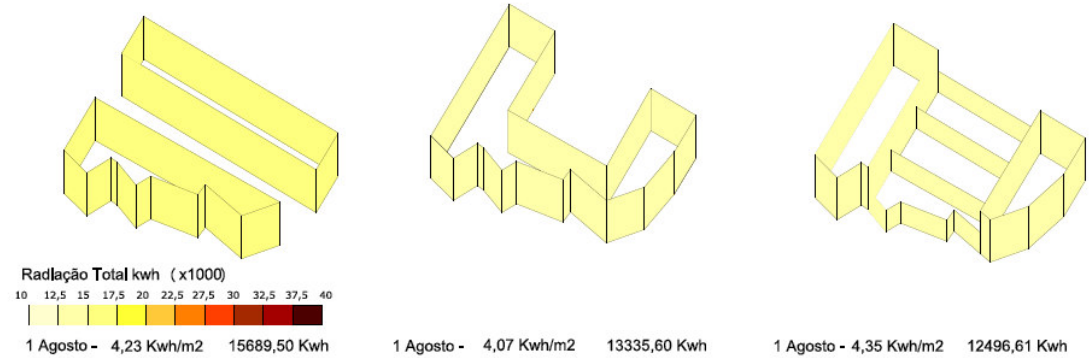


Figura 225 – Valores médios por m2 e totais de radiação solar total no dia típico da estação de arrefecimento para os modelos da unidade 1

No período da estação de arrefecimento a proposta 1 obtém os melhores resultados de radiação solar total por m2 face aos demais, no entanto a proposta 2 é a que apresenta um valor de radiação solar total inferior e como tal com menores necessidades energéticas para arrefecimento em parte pela sua reduzida área a poente.

O modelo original e a proposta 1 apresentam uma área voltada a poente sem protecção, aumentado a sua influência na obtenção de radiação solar no verão.

Apresentamos três modelos para a unidade **2** (Figura 226), correspondentes respectivamente ao cenário original, proposta 1 e proposta 2.

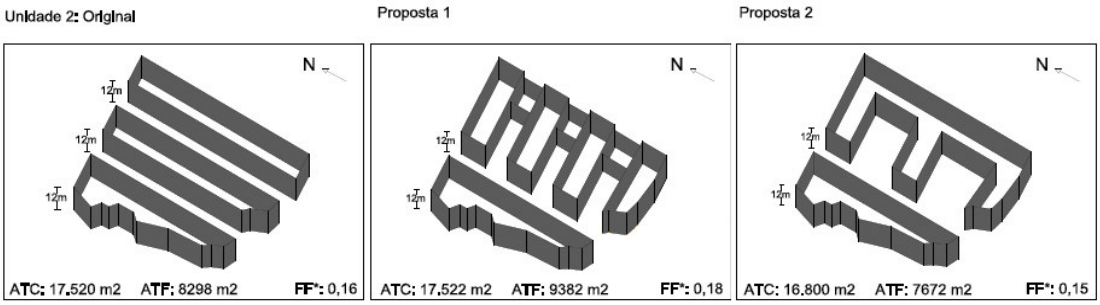


Figura 226 – Unidade 2: três modelos analisados

O modelo original é constituído por 3 volumes de orientação nascente – poente, com claro benefício do volume a poente no Inverno sobre os demais, sofrendo claros prejuízos no verão pelo mesmo motivo – exposição excessiva a poente sem protecção de outros volumes.



Figura 227 – Valores médios por m2 e totais de radiação solar total no dia típico da estação de aquecimento para os modelos da unidade 2

A proposta 1 mantém o mesmo volume a poente por questões de desenho urbano e enquadramento no plano mas transforma os dois volumes num conjunto de 4 volumes de orientação sul – norte com uma ala que os liga a nascente. No entanto apresenta o pior factor de forma (sem cobertura) (0.18) e como tal apesar de obter os melhores resultados no verão por kWh/m2 o facto de ter um factor forma superior à proposta 2 de 0.15 remete-o para um segundo lugar no valor total de radiação solar por fachada.

A proposta 2 mantém o mesmo volume a poente como as demais pelos motivos supracitados, acrescentando um edifício em forma de pente, com dois pátios voltados a poente. Neste caso a presença de uma área de fachada significativa a poente não o prejudica no verão por ter a protecção do volume original que o protege.



Figura 228 – Valores médios por m2 e totais de radiação solar total no dia típico da estação de arrefecimento para os modelos da unidade 2

Assim, para a unidade 2 a proposta 2 é a melhor solução quer pelo facto de apresentar um factor de forma (sem cobertura) mais reduzido (0.15) quer pela melhor disposição de volumes que se protegem entre si no verão e asseguram um óptimo acesso solar no Inverno.

Apresentamos três modelos para a unidade **3** (Figura 229), correspondentes respectivamente ao cenário original, proposta 1 e proposta 2.

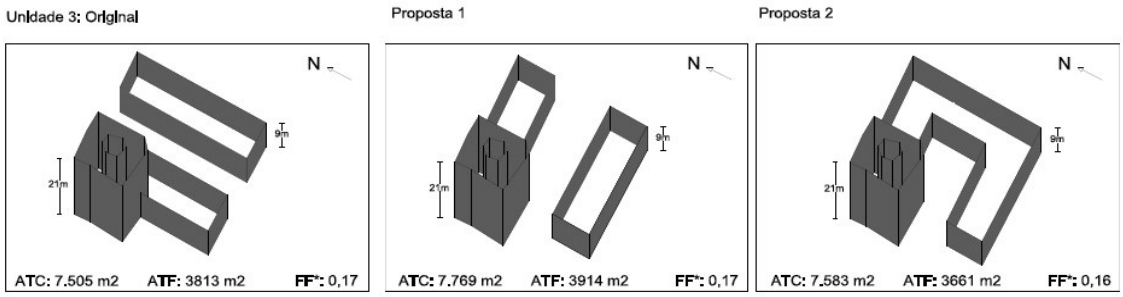


Figura 229 – Unidade 3: três modelos analisados

O modelo original é constituído por um volume vertical e dois pequenos volumes com maior orientação das fachadas a nascente – poente, com um factor de forma de 0,17 semelhante à proposta 1 com o mesmo factor de forma e apenas com uma maior orientação das fachadas a sul – norte. A proposta 1 obtém o melhor resultado no verão em kWh/m2, no entanto por apresentar ainda assim um factor de forma superior à proposta 2 o valor total de radiação solar no verão é superior à proposta 2.

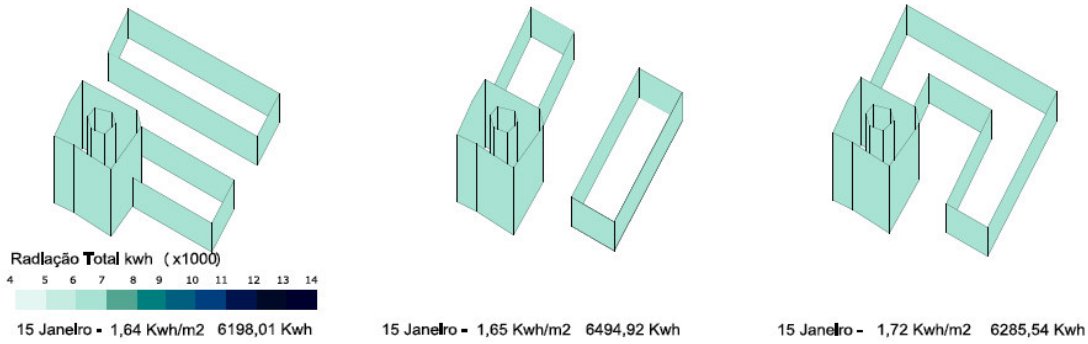


Figura 230 – Valores médios por m2 e totais de radiação solar total no dia típico da estação de aquecimento para os modelos da unidade 3

A proposta 2 obtém os melhores resultados quer no verão, quer no Inverno beneficiado pela forma em U, protegendo a menor fachada a poente com o volume mais elevado e tendo uma boa exposição a sul no Inverno.

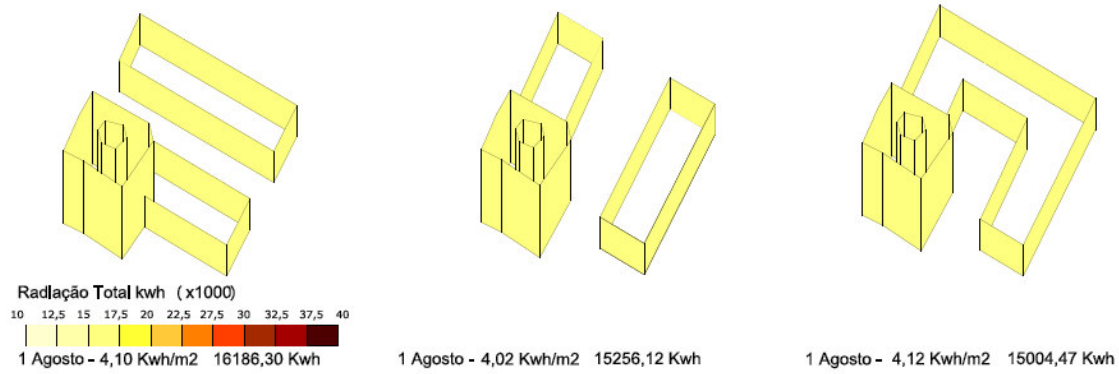


Figura 231 – Valores médios por m2 e totais de radiação solar total no dia típico da estação de arrefecimento para os modelos da unidade 3

Apresentamos três modelos para a unidade **4** (Figura 232), correspondentes respectivamente ao cenário original, proposta 1 e proposta 2.

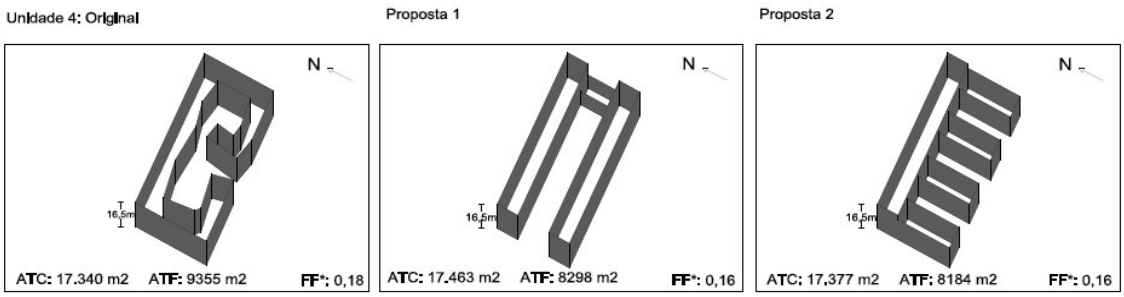


Figura 232 – Unidade 4: três modelos analisados

O modelo original tem uma forma original, complexa e interessante do ponto de vista formal, no entanto o seu factor de forma de 0,18 ainda assim é superior ao das propostas 1 e 2.



Figura 233 – Valores médios por m2 e totais de radiação solar total no dia típico da estação de aquecimento para os modelos da unidade 4.

A proposta 1 tem uma forma em U com a maior área de fachadas a sul e norte e um factor forma de 0,16 semelhante à proposta 2. Pela forma que apresenta obtém os melhores resultados quer na estação de aquecimento quer na estação de arrefecimento nos valores totais de radiação solar.



Figura 234 – Valores médios por m2 e totais de radiação solar total no dia típico da estação de arrefecimento para os modelos da unidade 4.

A proposta 2 tem a forma de um pente voltado a sul, com a maior área de exposição de fachadas voltadas a nascente e poente. O seu factor forma é de 0,16 no entanto apesar de obter o valor de radiação solar total superior no Inverno por m2 o valor total é inferior à proposta 1.

Apresentamos três modelos para a unidade **5** (Figura 235), correspondentes respectivamente ao cenário original, proposta 1 e proposta 2.

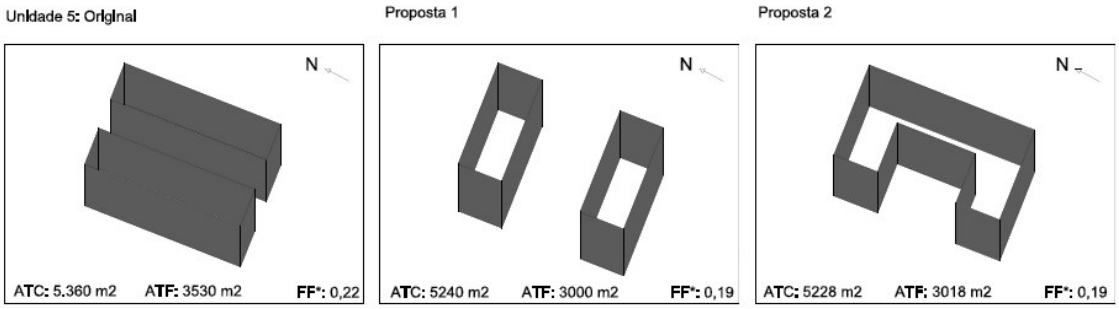


Figura 235 – Unidade 5: três modelos analisados.

O modelo original é constituído por dois volumes com a sua maior área de fachada voltada a nascente – poente, tal proporciona valores de radiação solar total distintos entre ambos os volumes, que no seu total não alcançam valores de radiação solar semelhantes às duas propostas, quer no verão, quer no Inverno, em parte pelo seu factor de forma mais elevado entre todos, de 0,22 e pela exposição prejudicial das suas fachadas.

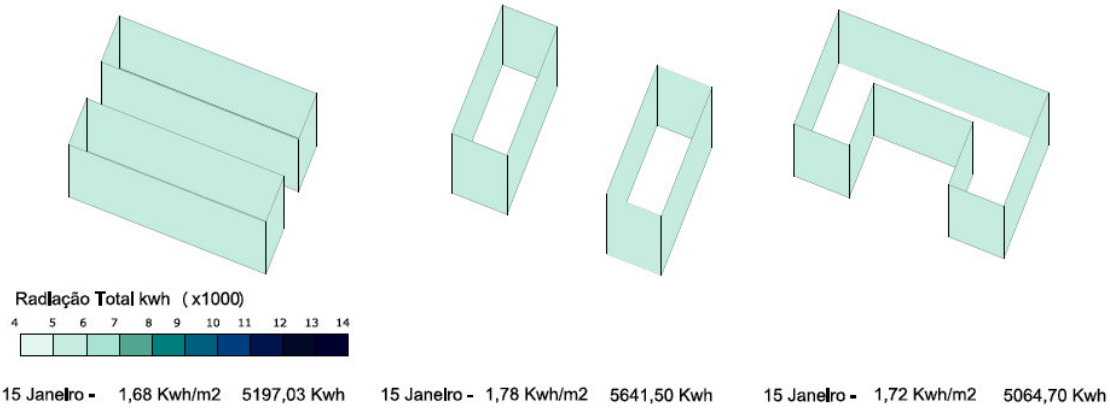


Figura 236 – Valores médios por m2 e totais de radiação solar total no dia típico da estação de aquecimento para os modelos da unidade 5.

A proposta 1 é que obtém os melhores resultados quer para o verão quer para o Inverno, com um factor de forma mais favorável, de 0,19 tal como na proposta 2, e com a vantagem de obter as fachadas com maior exposição voltadas a norte e sul.

A proposta 2 tem uma forma em U, com o mesmo factor forma da anterior como já referido, no entanto a forma em U tem pouca área de fachada voltada a sul quando comparado com as áreas de fachada a nascente e poente, não potenciando as vantagens dos volumes em U com maiores áreas de fachada a sul e norte tal como na unidade 4 – proposta 1.

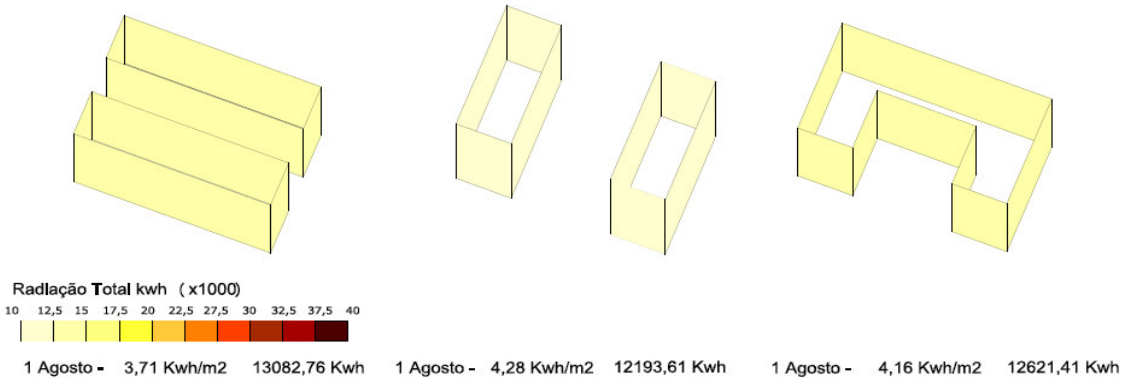


Figura 237 – Valores médios por m2 e totais de radiação solar total no dia típico da estação de arrefecimento para os modelos da unidade 5.

Apresentamos três modelos para a unidade **6** (Figura 238), correspondentes respectivamente ao cenário original, proposta 1 e proposta 2.

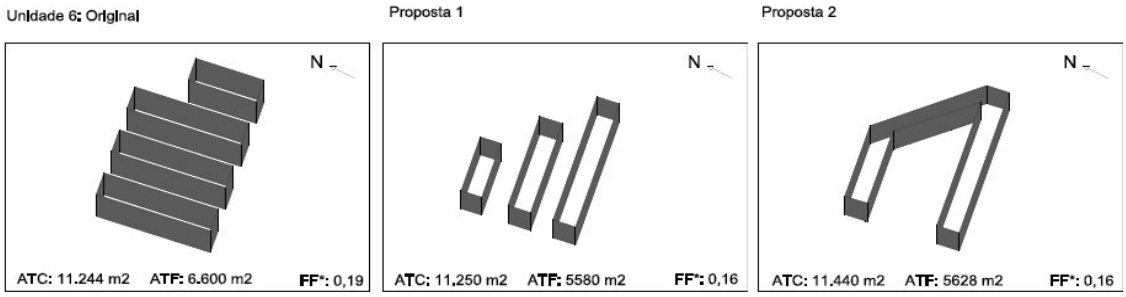


Figura 238 – Unidade 6: três modelos analisados.

O modelo original tem 4 volumes, mais uma vez com a maior área de fachadas voltadas a nascente e poente, e com um factor de forma de 0,19. Na estação de arrefecimento o volume localizado a poente é o que sofre mais com a incidência de radiação solar total suportando com um excesso médio de 0.30kWh/m2 que os demais a nascente deste. Este conjunto consegue obter um óptimo resultado no verão em kWh/m2 por se encontrarem protegidos a poente pelos volumes seguintes, no entanto o volume mais exposto a poente é o mais exposto e como tal obtém o pior desempenho de todos os volumes.

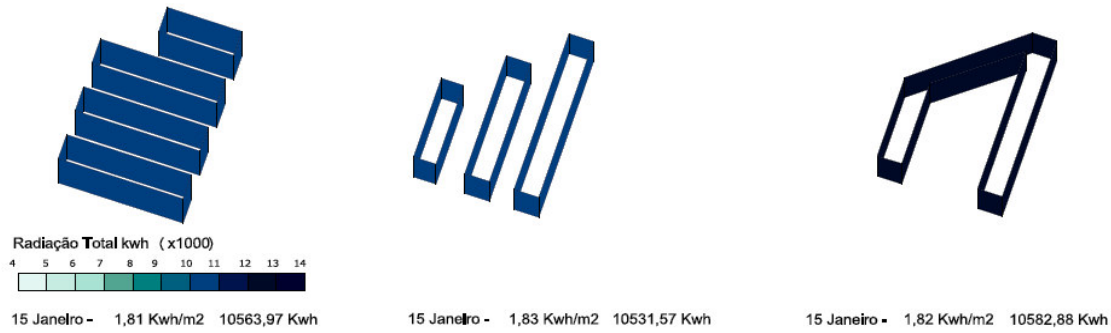


Figura 239 – Valores médios por m2 e totais de radiação solar total no dia típico da estação de aquecimento para os modelos da unidade 6.

A proposta 1 é constituída por 3 volumes com maior área de exposição a sul e norte, com um factor forma de 0,16. Tal configuração torna-o o melhor nas combinações Verão – Inverno, com resultados finais próximos da proposta 2 em kWh/m2.

Comparativamente, a proposta 2 com uma forma em U com maior área de exposição voltada a Sul – Norte e a fachada Sudoeste obtêm óptimos resultados na radiação solar total para o Inverno praticamente igual à proposta 1.

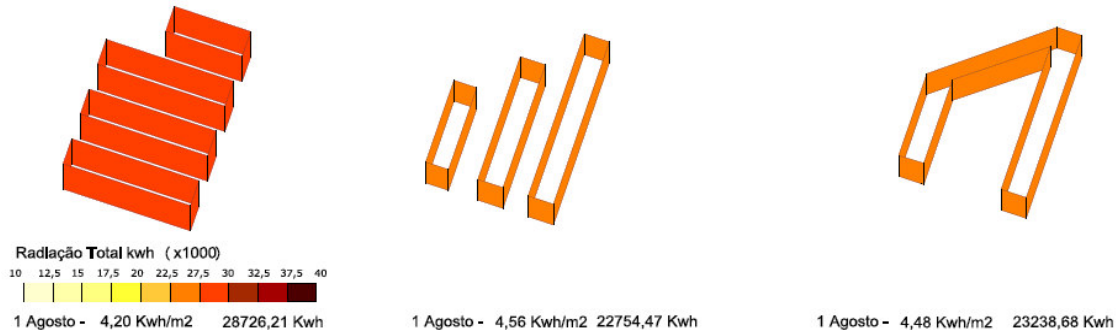


Figura 240 – Valores médios por m2 e totais de radiação solar total no dia típico da estação de arrefecimento para os modelos da unidade 6.

Analisados os conjuntos edificados (modelo original e as duas propostas), consideramos a melhor solução global a proposta 1, por obter melhor resultado no Inverno e menor incidência de radiação solar total no Verão no total das fachadas.

7.6.7 Considerações finais

Analisadas as diferentes soluções urbanas com a mesma área de construção e cérceas máximas, entendemos não existir um modelo excepcional de solução urbana, mas soluções melhores para cada unidade analisadas.

Das 6 unidades analisadas, os resultados melhores foram divididos em igual numero pela proposta 1 e pela proposta 2, (3 em cada).

As conclusões mais relevantes são:

- O modelo original além de apresentar o factor de forma mais elevado entre todas soluções não obtêm resultados satisfatórios em nenhuma das unidades analisadas ficando sempre com o pior resultado;

- As soluções de orientação das fachadas com maior área de exposição a Poente e Nascente são sempre prejudiciais, excepto quando existem volumes que podem garantir o sombreamento no verão, ainda que com claros prejuízos no Inverno;
- As soluções com áreas de fachada expostas a sul são claramente as melhores, podendo resultar em soluções em U interessantes quando a proporção de fachadas a Sul e Norte forem superiores às fachadas voltadas a Nascente e Poente;
- As soluções urbanas julgadas benéficas para a obtenção de radiação solar no Inverno acabaram por ser igualmente as melhores soluções para garantir uma menor incidência de radiação solar no Verão.

Capítulo 8 | Efeitos do vento sobre o espaço urbano e edifícios numa área urbana de Espinho: Medições experimentação em túnel de vento.

8.1 Introdução

O campo de investigação do vento no espaço urbano tem um potencial directo sobre a melhoria dos níveis de conforto de utilização do espaço urbano, bem como na maior ou menor capacidade de ventilação transversal dos edifícios, permitindo desta forma atenuar consumos de energia para arrefecimento.

A modificação das condições de vento no espaço urbano tem ocorrido de forma involuntária pelo homem, no entanto o desenvolvimento de estudos e simulações de efeitos de vento sobre áreas urbanas tem vindo a munir os projectistas de instrumentos capazes de corrigir as condições locais do vento, abrindo um novo campo de possibilidades sobre a gestão dos efeitos do vento no clima urbano, influenciando ao nível do conforto dos seus utilizadores, bem como na maior capacidade do vento conseguir atenuar o excedente de calor nos edifícios e a melhorar ainda a qualidade do ar acentuando os fluxos de ar com o exterior.

A intervenção dos arquitectos e urbanista ainda se encontra limitada à capacidade de manipulação da estrutura urbana adoptando soluções que possibilitem uma maior ou menor permeabilidade do vento sobre o espaço urbano e suas construções. No entanto dada a complexidade, a tomada de decisões sobre qual a melhor(es) orientação de edifícios face ao vento encontra-se velada por uma variedade de efeitos de vento sobre os edifícios e o espaço urbano envolvente.

A intervenção sobre um determinado território terá de ter em consideração as especificidades do vento. Em particular no caso de Espinho, onde o vento flúi com grande vigor, com períodos em que o vento alcança velocidades superiores a 50km/h no Verão, impondo níveis de desconforto acentuados, as preocupações sobre os efeitos do vento sobre o espaço urbano direccionaram-se no sentido de controlar os fluxos excessivos de vento no verão, evitando extremos de áreas sem vento e cumulativamente no Inverno procurar soluções que atenuem a agressividade dos ventos de sul, procurando garantir a ventilação transversal dos edifícios sem acentuar a velocidade média do vento no espaço urbano.

O desenvolvimento das simulações sobre a incidência de radiação solar nas fachadas entre todos os edifícios dos 3 diferentes modelos urbanos para a área de expansão urbana Sul de Espinho, permitiu-nos avaliar e posteriormente hierarquizar do ponto de vista de acesso solar e incidência de radiação solar o desempenho do conjunto de edifícios. No entanto dada a dimensão urbana, complexidade e disposição dos edifícios era fundamental avaliarmos se os diferentes espaços urbanos definidos e delimitados pela disposição dos edifícios oferecia condições confortáveis de utilização do espaço urbano pela população.

Para tal procuramos avaliar do ponto de vista da acção do vento o nível de conforto de utilização do espaço urbano e cumulativamente avaliar a acção do vento sobre os edifícios, em particular o potencial de assegurar a ventilação transversal dos edifícios.

Dado tratarem-se, em média, de edifícios com 4 pisos, a avaliação pela erosão ao nível do utilizador do espaço urbano poderá ser extrapolado, com os devidos ajustes, para as fachadas dos edifícios confinantes.

8.2 Estudo do efeito do vento – Área de Expansão Urbana Sul de Espinho

Com o propósito de avaliarmos o comportamento da área de intervenção nas suas mais distintas soluções preconizadas sob o efeito da acção do vento, encetamos um conjunto significativo de ensaios experimentais em modelos à escala 1/500 para detectarmos e avaliarmos os efeitos do vento sobre a área de expansão urbana Sul de Espinho, desenvolvidos no túnel de vento do Laboratório Ambiental da Welsh School of Architecture, Cardiff University, (

Figura 241 e

Figura 242)



Figura 241 – Túnel de vento: vista da área de controlo



Figura 242 – Túnel de vento: vista da área de propulsores

O túnel de vento da Welsh School of Architecture tem uma secção de 2mx2mx1m de altura e simula a camada limite de atmosfera sobre os edifícios, considerando-a adiabática. Este equipamento fornece um modelo à escala reduzida de variação da velocidade do vento com a altura, no qual podem ser testados modelos reduzidos de edifícios ou áreas urbanas.

Os referidos estudos em túnel de vento foram concretizados com recurso a várias maquetas (cinco no total) da área de estudo à escala 1/500.

As maquetas foram pintadas de negro de forma a permitir o melhor contraste entre a mesma e a figura de erosão[xxx].

No caso deste laboratório utilizam "fécula de batata" por apresentar uma granulometria inferior à areia (comummente utilizada noutros laboratórios, tais como o do LNEC entre outros), e como tal mais leve.

8.2.1 Atlas de vento

O vento na zona de Espinho apresenta duas direcções predominantes ao longo do ano, no Verão a sua acção faz-se sentir do quadrante Noroeste, com características de elevado teor de salinidade e de humidade pela presença do Atlântico (Figura 243)

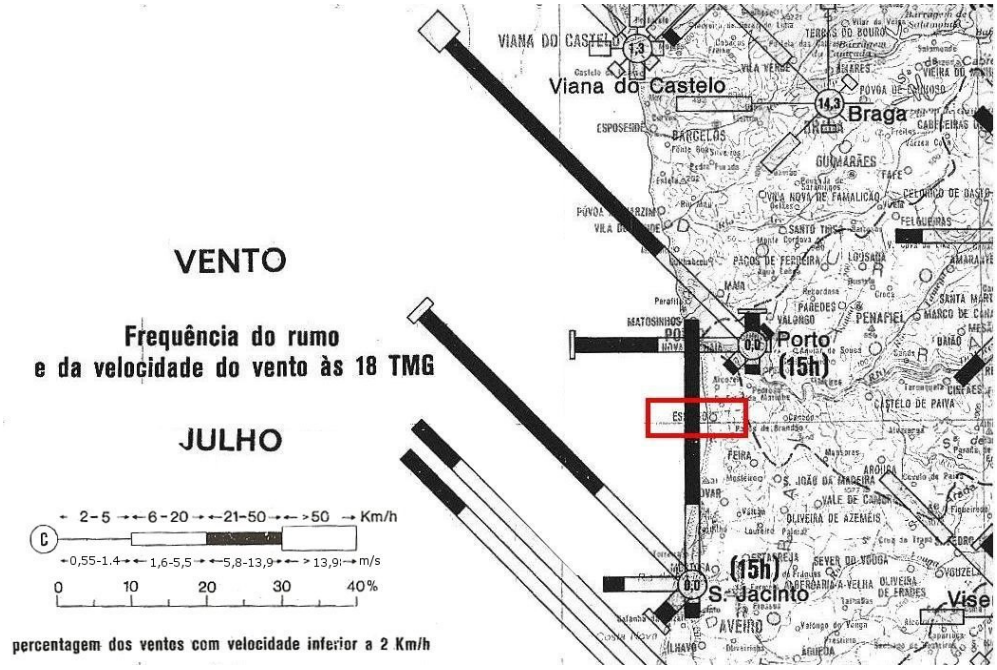


Figura 243 – excerto do atlas de vento em Julho para a região do Grande Porto

Fonte: Atlas Climatológico de Portugal Continental, Serviço de Meteorologia Nacional, edição preliminar, Lisboa 1974.

No período de Inverno, em conjunto com a acção da chuva, o vento apresenta-se predominantemente pelo quadrante Sul, conforme a figura 246, apesar de ao longo do dia a direcção do vento variar, conforme a Figura 244.

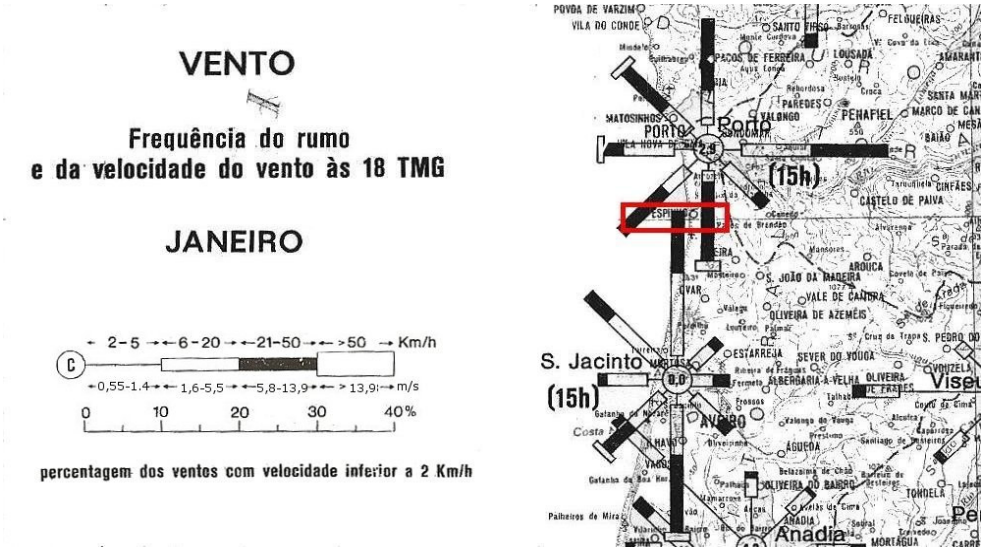


Figura 244 – excerto do atlas de vento em Janeiro para a região do Grande Porto

Fonte: Atlas Climatológico de Portugal Continental, Serviço de Meteorologia Nacional, edição preliminar, Lisboa 1974

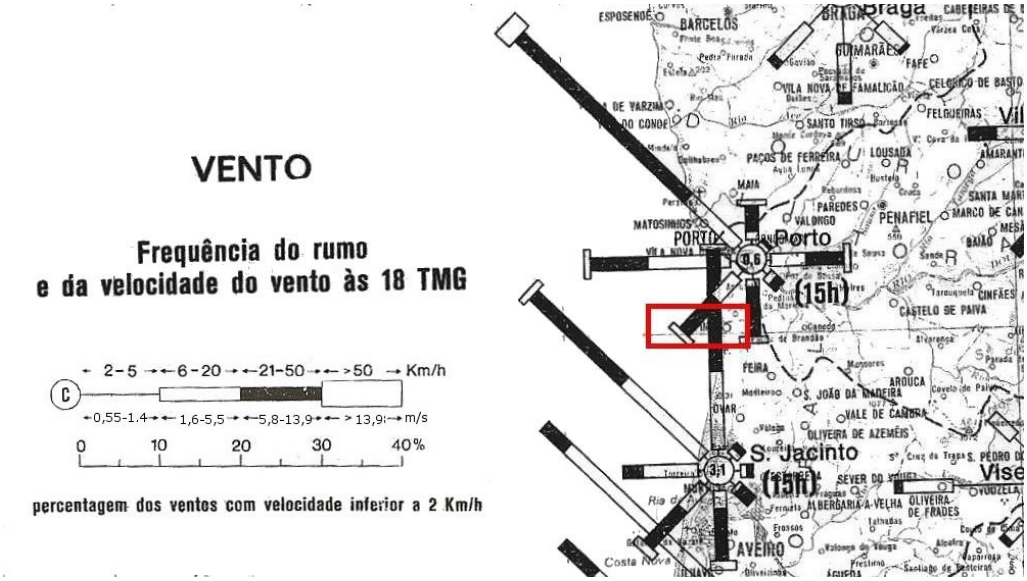


Figura 245 – excerto do atlas de vento anual para a região do Grande Porto

Fonte: Atlas Climatológico de Portugal Continental, Serviço de Meteorologia Nacional, edição preliminar, Lisboa 1974

Em Pedras Rubras a velocidade média mensal do vento mantém-se à volta dos 20 km/h durante todo o ano. Monteiro, A. (1997). Tal como refere Ana Monteiro, de Setembro a Março o vento sopra de Sul, em Abril as maiores velocidades são de Sul e NO, enquanto no resto do ano os ventos fortes são de NO.

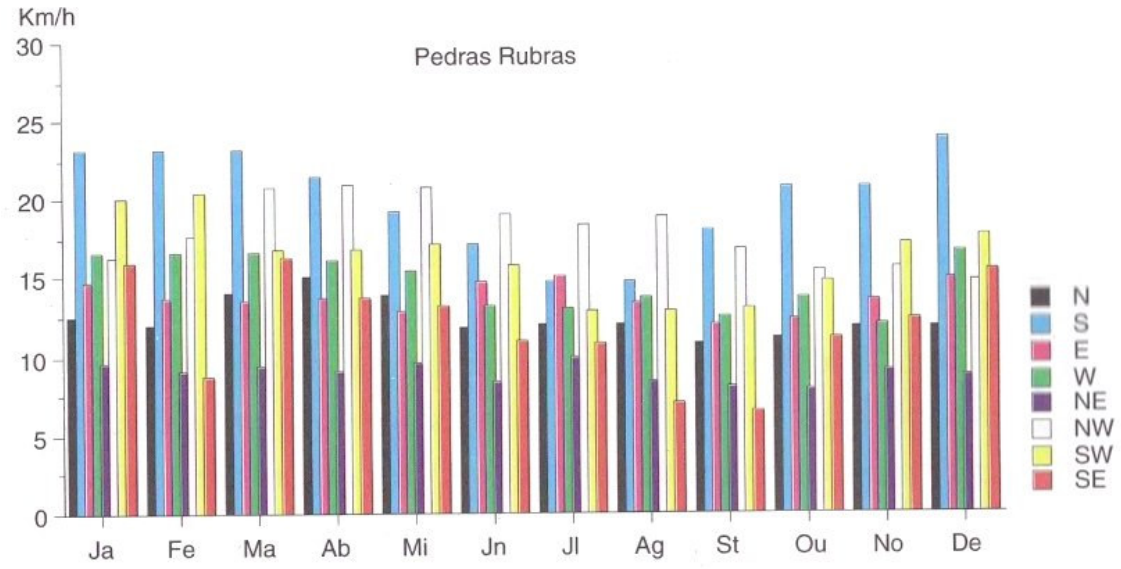


Figura 246 – Velocidade média mensal do Porto (1970-89)

Fonte: Monteiro (1997)

Da análise às várias cartas, podemos resumir que o vento de sul no Inverno é de forte intensidade e velocidade, ultrapassando os 25km/h (Figura 248).

O vento de NO no Verão é de superior intensidade embora de velocidade ligeiramente inferior, variando entre os 17 e os 22km/h (Figura 248), de acordo com a Figura 243 o vento atinge às 18h (período de amostragem) momentos em que a velocidade é superior a 50km/h (Nível 7 – Vento forte, na Escala de Beaufort).

8.2.2 Medições em túnel aerodinâmico

Estabelecemos dois estudos para cada cenário tendo em consideração a direcção dos ventos dominantes, para o período do Inverno consideramos vento de sentido Sul – Norte e para o período do Verão consideramos vento de sentido Noroeste – Sudeste, ambos tidos como os ventos dominantes em ambos períodos do ano.

Os níveis de desconforto de utilização do espaço urbano foram avaliados recorrendo ao método de figuras de erosão. Este método permite identificar os efeitos da aceleração relativa da velocidade do vento e o grau de tempestuosidade provocado pela interacção dos edifícios propostos e a envolvente existente. Desta forma, este modelo abrange um largo espectro, demarcando de forma evidente as zonas sob influência de aceleração do vento que podem levar a níveis de desconforto e/ou potencialmente perigosos para o utilizador do espaço urbano.

8.2.3 Técnica de figuras de erosão

No método de erosão em substituição da areia, é utilizada a fécula de batata como material de erosão, esta é espalhada ao nível dos pavimentos das ruas, espaços entre edifícios e coberturas. Com o aumento progressivo da velocidade do vento no túnel de vento a fécula desloca-se e agrupa-se consoante as áreas com maiores vórtices e efeitos de aceleração do vento na envolvente dos edifícios da maqueta.

Numa base limpa – sem edifícios ou obstruções – (Figura 247), estabelecemos uma velocidade do túnel de vento para a qual as féculas de batata são removidas pela acção do vento, velocidade esta que definimos de Vr . Sobre a acção de uma velocidade de vento menor o efeito de dispersão da fécula não existe, e sobre o efeito de velocidade superior a Vr o modelo encontrar-se-á sem qualquer partícula de fécula.

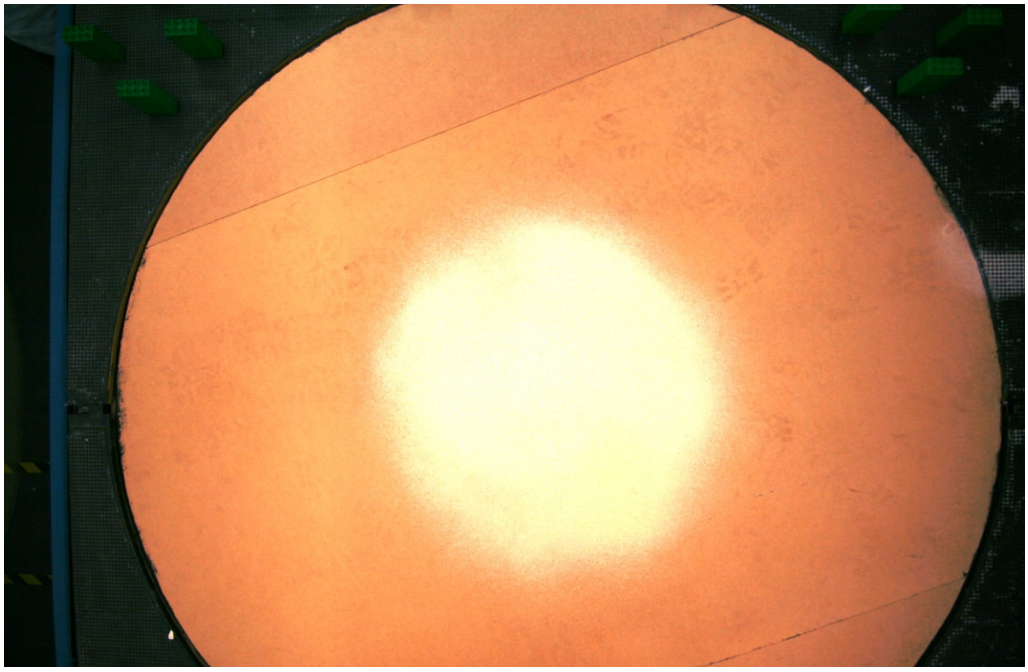


Figura 247 – dispersão da fécula de batata no túnel de vento

Ao testarmos com modelos (com os edifícios inseridos na maqueta) se detectarmos numa determinada área do modelo uma aceleração do vento significativa a fécula de batata será dispersada selectivamente a uma velocidade do túnel de vento inferior a Vr definida como V1. A delimitação destas áreas são identificadas pela extensão da dispersão da fécula, e o factor de ampliação para esta área é estimado pelo rácio Vr/ V1. Uma aceleração de x1.0 representa a quase ausência de efeitos do vento sobre determinada área, enquanto com um factor de x2.0 a velocidade do vento é o dobro da velocidade referência Vr. Noutras áreas o vento não terá acesso causado por obstruções de edifícios, nestes casos a fécula manter-se-á espalhado pelo modelo muito para além da velocidade Vr. O factor de x0.5 representa metade da velocidade referência do vento para um determinado ponto do modelo.

A escala do modelo é pois estabelecida tendo em conta o rácio entre a intensidade do vento num determinado ponto do modelo e a velocidade medida no modelo base sem qualquer obstáculo.

Os resultados obtidos no túnel de vento podem ser equiparados ao cenário real multiplicando o rácio obtido no túnel de vento pela velocidade do vento real no local. Por exemplo, obtida a velocidade real num determinado local do território de 3m/s, multiplicamos pelo rácio de vento de 2x obtendo assim um valor de 6m/s de vento para um determinado local real, que podemos comparar com a maqueta onde foi detectada uma erosão significativa, indicando que estes efeitos serão equivalentes ao efeito do vento real no local onde se construir os modelos avaliados.

O ensaio completo compreende a exposição dos modelos (4) numa sequência progressiva de velocidade do vento em 9 etapas (de 0 a 800rpm) durante 3 minutos cada, para cada direcção do vento considerado (2 direcções distintas). (Figura 248)

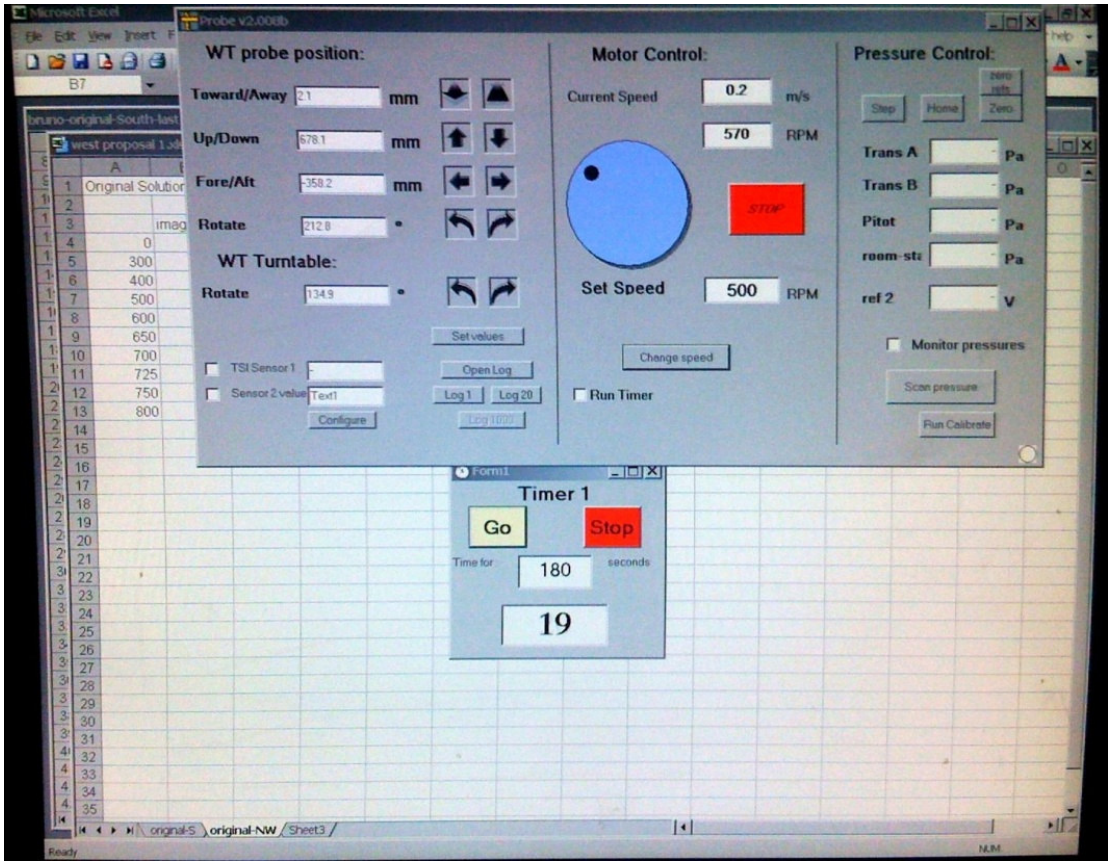


Figura 248 – Painel de controlo do túnel de vento

Em cada etapa (9) o modelo apresentará marcas de erosão progressivamente maiores, sendo fotografados para posterior tratamento gráfico com o propósito de construirmos um gráfico de erosão com os rácios de velocidade de vento (Figura 249).

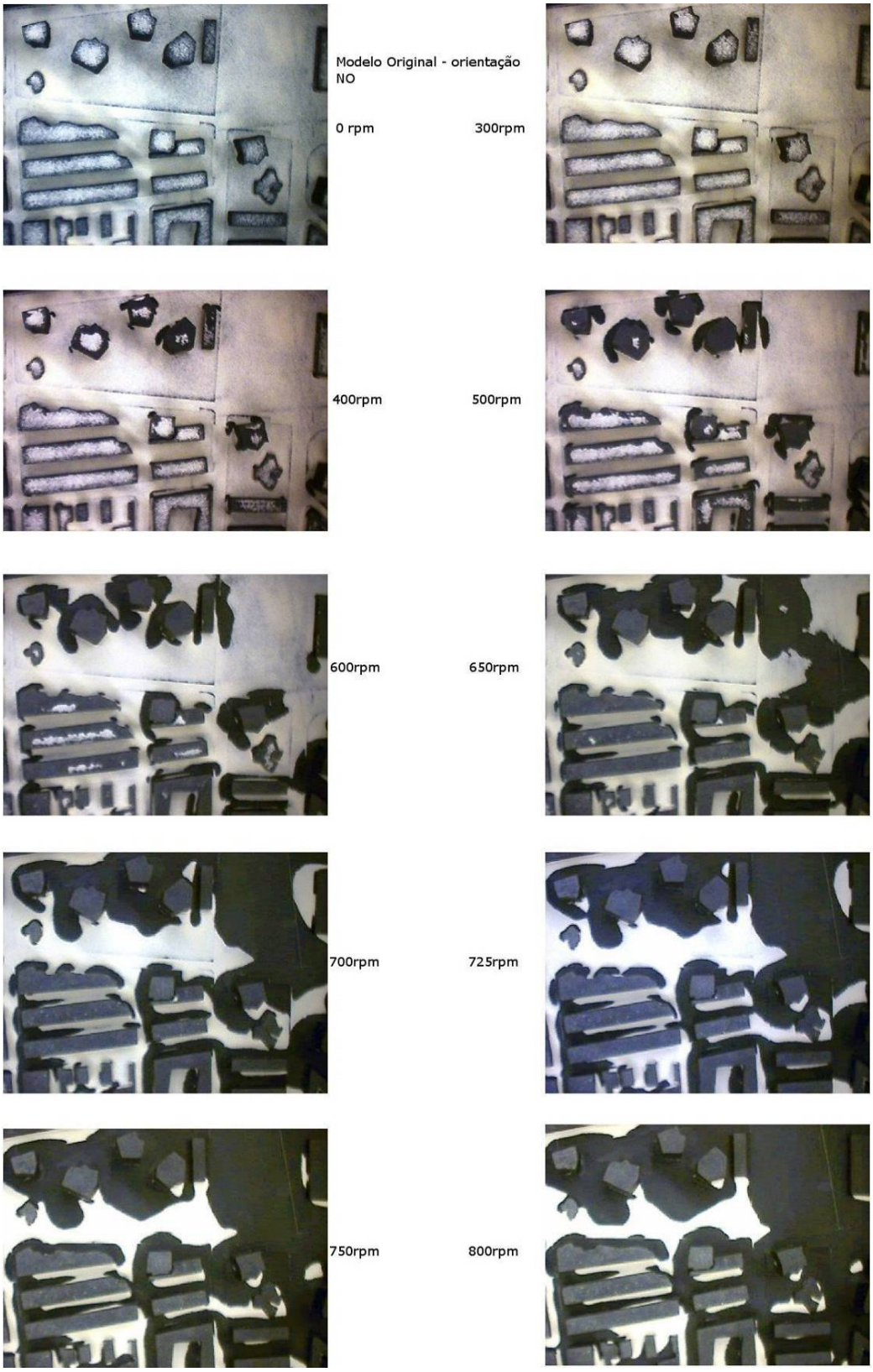


Figura 249 – Sequência fotográfica da maqueta do modelo original sob acção do vento NO em túnel de vento, para velocidades crescentes (de 0 a 800rmp)

Este método permitirá detectar factores de ampliação de velocidades de vento desde x3.0 (muito intenso) a x0.5 (moderado), para estes testes exploratórios optamos por simplificar as amplificações de velocidades do vento em quatro faixas:

“Forte” – representativo de velocidades de vento de 200% ou superiores;

“Moderado” – representativo de velocidades de vento de 130% ou superiores;

“Pouco influente” – representativo de vento semelhante ao existente num local desobstruído;

“Protegido” – representativo de velocidades de vento inferiores a 80% da velocidade nominal;

Os testes foram estabelecidos com dois eixos cardinais de vento: NO e S.

Os factores de ampliação detectados variam entre os rácios de x2,36 e x0,94 classificando-os entre Forte (236%) a pouco influente (94%) sendo representado graficamente com diferentes cores (Figura 250).



Figura 250 – Composição digital da maqueta do modelo original com representação gráfica dos 6 factores de ampliaçãoxxxi

As velocidades médias finais serão obtidas através da multiplicação dos factores de ampliação (já descritos) pela velocidade real na região para cada período do ano, assim desta forma, conseguimos obter as velocidades médias reais equiparadas à velocidade medida em túnel de vento para cada unidade (1 a 6).

Para classificarmos as diferentes velocidades obtidas utilizaremos a Escala de Beaufort, com o significado da força do vento:[xxxii]

Força 0 – Calma

O fumo eleva-se verticalmente.

v̄: menor do que 2 km/h.xxxiii (0,55m/s)

Força 1 – Aragem

A direcção do vento é indicada pelo desvio do fumo, mas não pelos cata ventos.

v̄: 2 a 6 km/h (0,55 a 1,66 m/s)

Força 2 – Vento fraco

Sente-se o vento na cara; as folhas das árvores mexem; os cata-ventos movem-se devido ao vento.

v̄: 7 a 12 km/h (1,94 a 3,33 m/s)

Força 3 – Vento Bonançoso

As folhas das árvores agitam-se constantemente; o vento desfralda as bandeiras leves.

v̄: 13 a 19 km/h (3,61 a 5,27 m/s)

Força 4 – Vento moderado

Levanta poeira e papeis soltos; os ramos pequenos, das árvores agitam-se.

v̄: 20 a 30 km/h (5,55 a 8,33 m/s)

Força 5 – Vento fresco

Os arbustos com folhas começam a agitar-se; formam-se pequenas ondas nas superfícies das águas interiores.

v̄: 31 a 39 km/h (8,6 a 10,8 m/s)

Força 6 – Vento muito fresco

Os ramos grandes, das árvores, agitam-se; ou vê-se o vento nos fios telegráficos; é difícil andar com guarda-chuva aberto.

v̄: 40 a 50 km/h (11,1 a 13,9 m/s)

Força 7 – Vento forte

As árvores inteiras em agitação; é difícil caminhar contra o vento.

v̄: 51 a 62 km/h (14,1a 17,2 m/s)

Força 8 – Vento muito forte

Partem ramos pequenos das árvores; em geral impede o trânsito.

v̄: 63 a 74 km/h (17,5 a 20,5 m/s)

Força 9 – Vento tempestuoso

Produzem-se pequenos estragos nas casas, (chaminés avariadas e telhas arrancadas).

v̄: 75 a 87 km/h (20,8 a 24,1 m/s)

Força 10 – Temporal

As árvores arrancadas; grandes estragos nas casas.

v̄: 88 a 102 km/h (24,4 a 28,3m/s)

Força 11 – Temporal desfeito

Grandes estragos gerais.

v̄: 103 a 117 km/h (28,6 a 32,5 m/s)

Força 12 – Furacão

Destruição muito generalizada.

v̄: 118 km/h ou mais. (32,7 m/s)

Esta escala será útil quando se comparar a velocidade média mensal da estação de Pedras Rubras[xxxiv] como referência mais próxima com a cidade de Espinho.

8.2.4 Configurações dos modelos

Avaliamos, num primeiro momento, a actual configuração urbana da área, num segundo momento, a proposta vencedora do Concurso Internacional de ideias para o arranjo da antiga superfície da linha de comboio de Espinho, doravante denominada de "Proposta Original".

Num terceiro momento avaliamos as duas propostas apresentadas como melhores do ponto de vista de acesso solar, num quarto e último momento avaliamos uma combinação das unidades com melhores resultados no desempenho de acesso solar (ver capitulo 5).

Os modelos utilizados foram construídos à escala 1/500. Esta escala estabeleceu um bom compromisso entre tamanho dos edifícios propostos e a inclusão da envolvente directa, importante para a correcção simulação do cenário existente.

Como é comum nestes testes, um estudo base ou preliminar sem a implantação dos edifícios propostos, apenas com a envolvente directa existente foi testado para avaliar os efeitos do vento tal como se encontra o local real neste momento. Assim deste, modo tal permitir-nos-á comparar os diversos cenários propostos com a preexistência.

8.2.5 Critérios de avaliação

Os níveis de desconforto e insegurança provocados pelo vento na utilização do espaço urbano aos seus utilizadores podem ser avaliados através dos dados obtidos no túnel de vento, estabelecendo comparações com os dados do vento no cenário real. É de conhecimento geral, PENWARDEN (1975), que os utilizadores do espaço urbano encontram dificuldades em deslocarem-se com velocidades de vento acima dos 10m/s, a este nível, as deslocações pedonais são dificultadas, o uso de guarda-chuvas são difíceis de utilizar e objectos leves são arrastados pelo vento. No caso de locais onde exista um factor de amplificação de vento, os níveis de desconforto vivenciados à velocidade do vento de 10m/s serão reproduzidos para velocidades nominais inferiores. Por exemplo em áreas com um factor de ampliação do vento de x2.0, o potencial nível de desconforto nessa mesma área será sentido em velocidades superiores a 5m/s.

8.3 Resultados experimentais

Optamos por seguir o mesmo método que desenvolvemos na avaliação do acesso solar, no capítulo 5, com avaliação por unidades e posteriormente a avaliação do conjunto de cada modelo.

Referimos ainda que se encontram nos anexos um quadro resumo dos resultados obtidos de todos os modelos analisados.

Na Unidade 1, (Figura 228) para o período de Verão, o modelo original sofre a acção do vento com um factor de ampliação moderado, denotando-se em algumas esquinas níveis pontualmente fortes. A relação entre os dois volumes paralelos permite assegurar o mesmo nível de influência do vento. As velocidades médias detectadas à volta dos dois edifícios são na ordem dos 6 a 7m/s, com esquinas a suportarem velocidades na ordem dos 8,5 a 10m/s, na escala do critério de conforto de SILVA (1999)xxxv o desempenho é afectado nos transeuntes. Segundo a escala de Beaufort alcança o nível 5, sendo considerado o limite de conforto para as pessoas.



Original **Proposta 1** **Proposta 2**

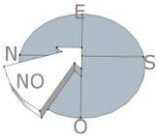


Figura 251 – foto dos três modelos com vento de NO a 400rpm, velocidade do vento entre 8,5 a 10m/s

A Figura 251 mostra-nos o efeito do vento nos edifícios com a velocidade mais elevada de 10m/s. Destaco ainda o facto de a figura nos mostrar a erosão acentuada na cobertura dos edifícios.

Na proposta 1 para o mesmo período, a acção do vento é semelhante ao modelo original, com forte incidência na fachada mais exposta, denotando-se em algumas esquinas níveis pontualmente fortes. As velocidades médias detectadas à volta dos dois edifícios são na ordem dos 6 a 7m/s, com esquinas a suportarem velocidades na ordem dos 8,5 a 10m/s, na escala do critério de conforto de SILVA (1999)xxxvi o desempenho é afectado nos transeuntes. Segundo a escala de Beaufort alcança o nível 5, sendo considerado o limite de conforto para as pessoas. Podemos visualizar a erosão acentuada na cobertura do edifício. O pátio da proposta 1 apresenta níveis de conforto razoáveis, com um efeito de erosão à velocidade de 7 a 8m/s de forma pontual, junto à fachada sul do volume a norte do pátio, o espaço central do pátio apresenta um factor de ampliação de x0,94, ou seja, velocidades na ordem dos 4,4 m/s, limiar do qual a ventilação transversal não é reduzida pelo efeito de canyon, SANTAMOURIS (1998).

Na proposta 2 a erosão detectada na fachada voltada a poente (Figura 251) é equivalente á detectada nos demais modelos analisados para esta unidade, o pátio central é fustigado pela acção de erosão do vento, com duas zonas de movimentação do ar: o lado nascente/sul é afectado por ventos na ordem dos 7 a 8m/s, provocando turbulência no restante pátio, com rácios na ordem dos x0,94 ou inferiores.

A **proposta 2** por incluir um pátio com diferenças altimétricas acentuadas pelos seus distintos volumes potencia o efeito erosivo no seu interior, reduzindo o conforto no verão.

Não obstante, por se orientarem a 45° da direcção do vento, a ventilação transversal dos edifícios poderá funcionar de forma razoável em todos os modelos analisados.

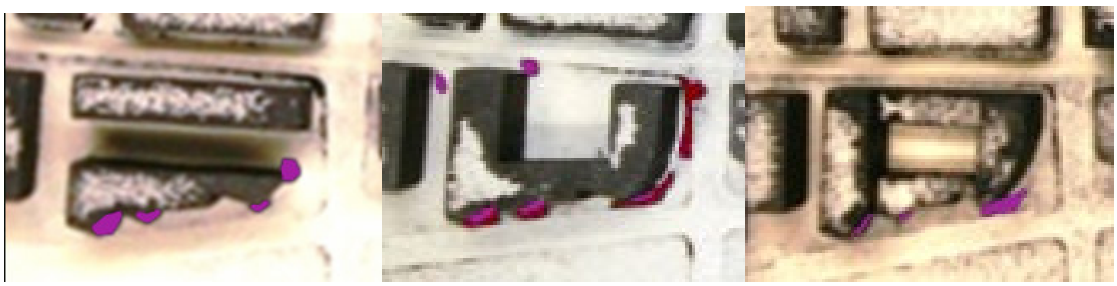


Figura 252 – propostas para unidade 1 sob acção do vento de NO (Verão)

Da **análise ao conjunto dos três modelos** (Figura 252), podemos enunciar que o **modelo original** apesar de obter uma forma capaz de acentuar o efeito de canalização, tal não se faz sentir, por se encontrar orientado a 45° da direcção do vento, no entanto o efeito de Venturi (Figura 101) encontra-se presente no lado norte acelerando a velocidade do vento no início do canal entre edifícios, o desconforto dos utilizadores neste local é acentuado por este efeito.

A **proposta 1** obtém o melhor desempenho, com menores efeitos de vento, quer no perímetro exterior dos volumes, quer no interior do mesmo.

Por fim, a **proposta 2**, com uma variação face à anterior, por ter um volume mais baixo a nascente e poente, não consegue controlar a acção da erosão do vento no pátio interior.



Original Proposta 1 Proposta 2

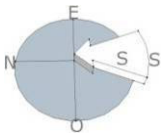


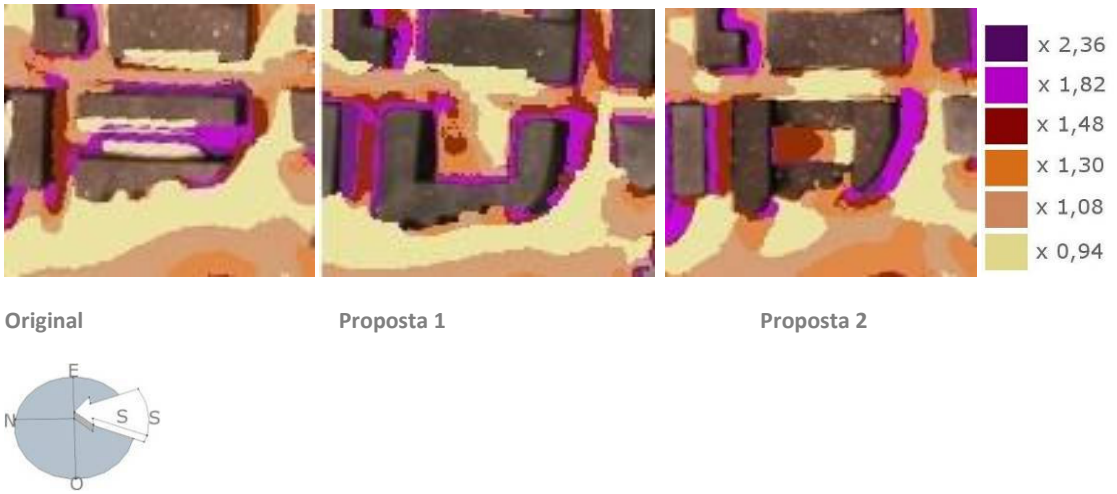
Figura 253 – propostas para unidade 1 com vento de Sul a 400rpm, velocidade do vento de 10m/s

Na **Unidade 1**, (Figura 252 e Figura 253) para o **período de Inverno**, com vento de Sul o modelo original obtém velocidades nas esquinas na ordem dos 12,7m/s (factor de aceleração de x1,82), afectando o conforto dos transeuntes, com o "desempenho afectado" SILVA (1999), atingindo o nível 6 da escala de Beaufort.

De **Inverno** junto ao edifício mais exposto do **modelo original**, (Figura 252 e Figura 253) a acção do vento é elevada, com um factor de ampliação de x1,82, provocando desconforto para os transeuntes e acentuando as trocas térmicas do edifício.

Na **proposta 1**, para o período de Inverno, com vento de Sul, o edifício em U obtém velocidades nas esquinas na ordem dos 12,7m/s – factor de ampliação de x1,82, o conforto dos transeuntes é condicionado, apresentando um "desempenho afectado" SILVA (1999). Atinge o nível 6 da escala de Beaufort.

Na **proposta 2** (Figura 252 e Figura 253), para o período de Inverno, com vento de Sul, esta solução obtém velocidades nas esquinas na ordem dos 12,7m/s – factor de ampliação de x1,82, o conforto dos transeuntes é condicionado, apresentando um "desempenho afectado" SILVA (1999). Atinge o nível 6 da escala de Beaufort.



Original **Proposta 1** **Proposta 2**

Figura 254 – propostas para unidade 1 sob acção do vento de Sul (Inverno)

Da **análise aos três modelos apresentados** (Figura 254), para o período de Inverno podemos enunciar que as semelhanças do comportamento do vento sobre os edifícios e espaço envolvente são evidentes. Algumas características podem porém ser distinguidas: o modelo original por se desenvolver no mesmo sentido do vento não favorece a ventilação transversal (embora seja mais essencial no Verão que no Inverno), o espaço canal entre edifícios é um corredor de vento, com níveis de desconforto acentuados.

O **modelo original** oferece maior conforto ao utilizador do espaço urbano a poente, no entanto entre edifícios o efeito de canalização (Figura 102) é acentuado, conforme a Figura 254, o factor de ampliação presente no canal é de x0,94 e 1,82. Esta variação no mesmo canal denuncia efeitos de deslocação de massas de ar acentuadas no corredor central e de pressões laterais sobre as fachadas transversais, com acentuado níveis de desconforto, especificamente no Inverno com ventos muito frios

A **proposta 1**, em forma de U, permite oferecer um pátio com algum conforto, ainda que se tenha detectado um vórtice no pátio aos 10m/s, a velocidade media obtida no pátio foi de 9m/s – vento muito fresco, nível 6 na escala de Beaufort. A ventilação transversal do edifício aparenta obter um melhor desempenho que o modelo original por acentuar a barreira ao vento de Sul.

A **proposta 1** apresenta as melhores condições no Inverno face à acção do vento, com melhor desempenho face à protecção oferecida aos seus utilizadores no seu pátio voltado a nascente. A altura constante do edifício proporciona pressões verticais sobre as fachadas SANTAMOURIS (2004) com velocidades superiores a 10m/s.

A **proposta 2** tem uma volumetria em forma de pátio interior, com dois volumes predominantes, mais altos, de sentido nascente-poente, acentuando o nível de desconforto no pátio interior, impondo velocidades na ordem dos 10m/s de nível 6 na escala de Beaufort (vento muito fresco), a volumetria reduzida a nascente e poente do pátio em conjunto com a volumetria acentuada a norte e sul acentuam o efeito agressivo do vento no pátio interior.

Poderemos destacar a performance da proposta 1 como a melhor no Inverno face às demais.



Original **Proposta 1** **Proposta 2**

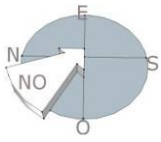


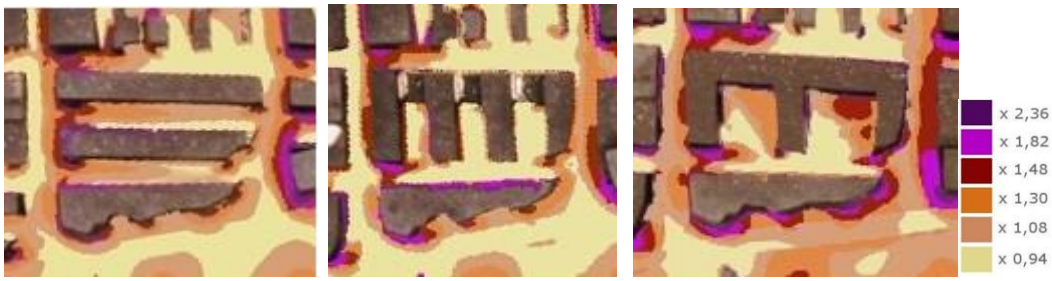
Figura 255 – propostas para unidade 2 com vento de NO a 500rpm, velocidade do vento entre 7 e 8m (s

O **modelo original** na **unidade 2** (Figura 255) é constituído por três volumes de sentido norte/sul, sob a acção do vento de NO o efeito de barreira do vento nas esquinas do lado norte fazem-se sentir a partir da velocidade de vento entre 7 e 8m/s, afectando o "desempenho dos utilizadores" do espaço urbano nestas zonas segundo a escala de SILVA (1999). O canal entre edifícios sofre muito pouca aceleração do vento. Por apresentar uma orientação face ao vento dominante de verão em 45° a ventilação natural aparenta encontrar-se assegurada por permitir criar uma diferença de pressão entre fachadas opostas capaz de assegurar caudais mínimos de ar com velocidades na ordem dos 5 a 6m/s (Figura 256). O espaço urbano criando entre os edifícios apresenta velocidades do vento máximos de 5 a 6m/s, o que segundo SILVA (1999) e LOHMEYER (1992) se encontra num nível de limite de conforto, admitido em zonas tais como cafés de rua, lugares de espera e parques de recreio, sendo pois considerado como bom no contexto da cidade de Espinho, com ventos muito elevados noutras zonas desprotegidas.

A **proposta 1** (Figura 255) apresenta sinais de efeito de barreira no lado norte, a uma velocidade de 5 a 6m/s, no entanto por se tratarem de volumes que criam pátios entre si, estes são mal ventilados no Verão, pois a velocidade media obtida foi 4,4m/s ou inferior[xxxvii], incapaz de assegurar uma ventilação eficaz por forma a atenuar a intensidade da irradiação solar.

A **proposta 2** consegue assegurar melhor ventilação que a proposta 1 apesar da organização dos volumes criar de igual forma pátios, no entanto estes são maiores, permitindo desta forma que a acção do vento seja mais intensa que na solução anterior. Como podemos ver na **Figura 256**, na velocidade de 7 a 8m/s consegue-se detectar pequenos sinais de turbulência no interior dos pátios, criando pequenos vórtices, a **Figura 256** mostra-nos no segundo pátio a presença acentuada de um vórtice maior e um mais pequeno ao lado à velocidade já referida. No entanto os pátios apresentam uma ventilação na ordem dos 5 a 7m/s, segundo a escala de SILVA (1999) é considerado como limite de conforto (6m/s) podendo ser admitido em parques, cafés de rua, lugares de espera e parques de recreio segundo a escala de LOHMEYER (1992), sendo de nível 4 na escala de Beaufort (brisa moderada).

Na **análise de conjunto aos três modelos**, podemos acentuar que o modelo original em conjunto com a proposta 2 permitem assegurar nos espaços urbanos criados um nível de conforto de utilização bom. Já a proposta 1 não consegue assegurar níveis confortáveis de ventilação nos pátios e como tal de solução preterível.



Original **Proposta 1** **Proposta 2**

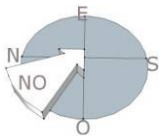


Figura 256 – propostas para unidade 2 sob acção do vento de NO (Verão)

O **modelo original** para o caso do Inverno, apresenta pequenos sinais de turbulência detectada às 300rpm – velocidade do vento de 16,6m/s, (Figura 257), acentuando a partir das 400rpm (Figura 258). No entanto ao longo dos espaços canais as velocidades detectadas foram de 7,5 (início do canal) a 9m/s (na parte final do canal) (Figura 262). Foi detectada um efeito de canalização, aumentando a velocidade de vento pela forma como se dispuseram os edifícios. Ao existir este efeito de canalização entre todas as fachadas mais longas dos edifícios a ventilação transversal não será devidamente assegurada.

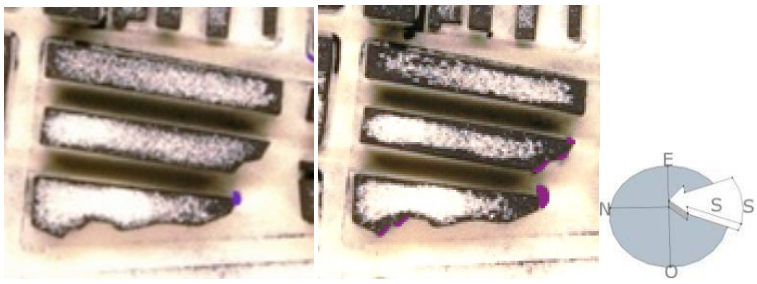


Figura 257 – foto do modelo original com vento de Sul a 300rpm, velocidade do vento de 16,5m/s

Figura 258 – foto do modelo original com vento de Sul a 400rpm, velocidade do vento de 12,7m/s

A proposta 1 apresenta sinais de vórtices (2) no espaço de um dos pátios à velocidade de 10m/s, aparecendo os demais (4) em velocidades inferiores nos restantes dois pátios. A dimensão estrangulada dos pátios em conjunto com a presença de uma fachada contínua a poente destes proporciona o aparecimento dos vórtices, acentuando o desconforto de utilização desses espaços e acentuando as trocas térmicas. Pela análise da Figura 262 podemos deduzir que os efeitos de vento atingem toda a extensão dos pátios, arrastando a fécula de um lado do pátio para o lado oposto.



Figura 259 – foto da proposta 1 com vento de Sul a 500rpm, velocidade do vento de 10m/s

Finalmente a proposta 2 apresenta sinais de dois vórtices a 12,7m/s, aumentando para 5 vórtices de menor intensidade a 10m/s. Os pátios (2) conseguem assegurar a ventilação transversal, apresentando valores limites de conforto de utilização.



Figura 260 – foto da proposta 2 com vento de Sul a 400rpm, velocidade do vento de 12,7m/s

Figura 261 – foto da proposta 2 com vento de Sul a 500rpm, velocidade do vento de 10m/s

Da **análise do conjunto dos modelos** podemos referir que para o período de Inverno o modelo com melhor conforto de utilização é o modelo original apesar de os espaços canais estarem orientados na mesma direcção do vento, no entanto o efeito do vento sai atenuado apesar do pequeno aumento da velocidade do vento ao longo dos canais (efeito de canalização), a proposta 1 apresenta uma dimensão dos pátios muito exígua, acentuando os efeitos do vento (vórtices), no entanto a proposta 2 apesar de ter dois pátios com maior dimensão foi afectada pelo mesmo efeito de turbulência, ainda que o pátios apresente uma parte com incidência de vento mais ténue.



Original **Proposta 1** **Proposta 2**

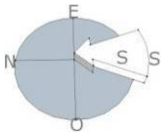


Figura 262 – propostas para unidade 2 sob acção do vento de Sul (Inverno)

O **modelo original** na **unidade 3** apresenta sinais de turbulência entre 8 a 10m/s, acentuando e alastrando a outros pontos entre 7 e 8,2m/s. Os valores são pouco acentuados, e comuns a todos os modelos analisados. A presença do volume mais elevado, do lado inferior direito (comum a todos os modelos) é o volume que pela sua altura altera significativamente os efeitos do vento, como podemos visualizar nas Figura 263 e Figura 264. Por a dimensão mais longa dos volumes encontrar-se a 45 graus da direcção do vento a pressão exercida nas fachadas aparenta assegurar níveis mínimos de ventilação essencial no Verão.

Unidade 3

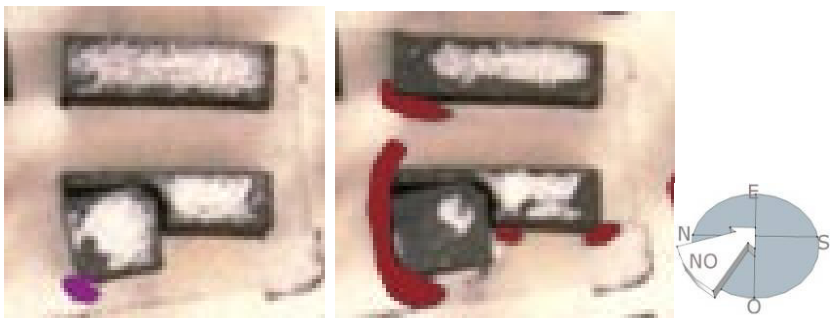


Figura 263 – foto do modelo original com vento de NO (400rpm), velocidade do vento entre 8,5 a 10m/s

Figura 264 – foto do modelo original com vento de NO (500rpm), velocidade do vento entre 7 e 8,2m/s

A **proposta 1**, tal como a demais apresenta sinais de turbulência no volume existente bem como no volume a sul deste ainda que com menos intensidade. À velocidade de 7 a 8,2m/s os efeitos acentuam-se criando um efeito de canalização entre os volumes por se encontrarem a 15° do sentido do vento dominante de NO.



Figura 265 – foto da proposta 1 com vento de NO (400rpm), velocidade do vento de entre 8,5 a 10m/s

Figura 266 – foto da proposta 1 com vento de NO (500rpm), velocidade do vento entre 7 e 8,2m/s

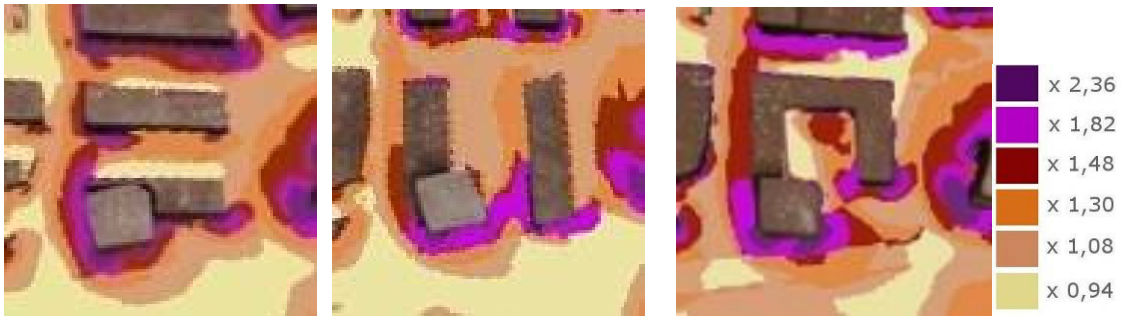
A **proposta 2** tem uma configuração em U, facto que impede o desenvolvimento do efeito de canalização, criando no entanto um vórtice às 600rpm – velocidade de 6 a 7m/s. A pressão exercida nas fachadas opostas aparenta ter um diferencial suficiente capaz de assegurar a ventilação essencial no Verão.



Figura 267 – foto da proposta 2 com vento de NO (400rpm), velocidade do vento de entre 8,5 a 10m/s

Figura 268 – foto da proposta 2 com vento de NO (500rpm), velocidade do vento entre 7 e 8,2m/s

Na **análise conjunta**, podemos acentuar que o modelo original por se encontrar orientado como barreira ao vento de NO consegue assegurar níveis mínimos de ventilação que a proposta 1 não alcança, no entanto quando comparado com a proposta 2 ambos aparentam assegurar o mesmo nível de capacidade de ventilação, ainda que a proposta 2 apresente um vórtice evidente no pátio formado pelo U voltado a poente. A presença do volume mais elevado (existente) acentua o efeito do vento no referido pátio.



Original Proposta 1 Proposta 2

Figura 269 – propostas para unidade 3 sob acção do vento de NO (Verão)

Para o período de Inverno (vento de Sul) os edifícios do **modelo original** apresentam efeitos de turbulência acentuados (Figura 270) com efeito de canalização entre os volumes para velocidades na ordem dos 16m/s. Por se encontrem dispostos no mesmo sentido da direcção do vento a ventilação transversal sairá atenuada por a pressão entre fachadas opostas aparentar níveis semelhantes, e como tal, sem capacidade de promover a ventilação. Esta configuração alcança o nível 7 da escala de Beaufort em zonas específicas de esquina.

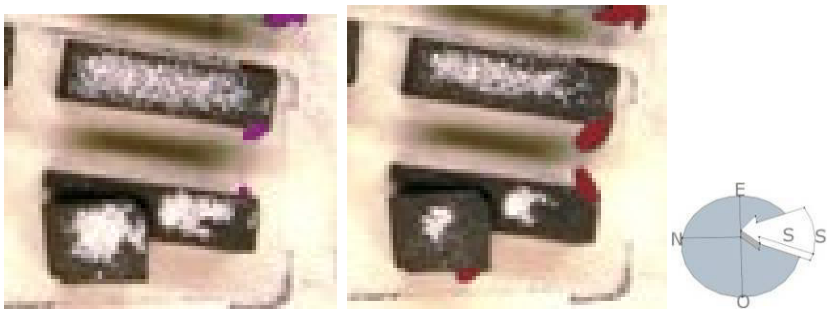


Figura 270 – foto do modelo original com vento de Sul (300rpm), velocidade do vento de 16m/s

Figura 271 – foto do modelo original com vento de Sul (400rpm), velocidade do vento de 12,7m/s

A **proposta 1** (Figura 272 Figura 273) apresenta uma disposição dos edifícios contrário à direcção do vento, e como tal com efeitos de turbulência de 12,7m/s, (Figura 272) menor do que no modelo original.

No entanto, com vento de 10,3m/s a área de afectação é acentuada pelo edifício mais alto (existente) que acentua o efeito de venturi, provocando uma faixa de erosão acentuada a esta velocidade de vento. Tornando o espaço urbano envolvente desconfortável, segundo LOHMEYER (1992) atinge o ponto de "critério severo", apenas admitido em áreas de curto tempo de permanência. Alcança o nível 5 na escala de Beaufort.

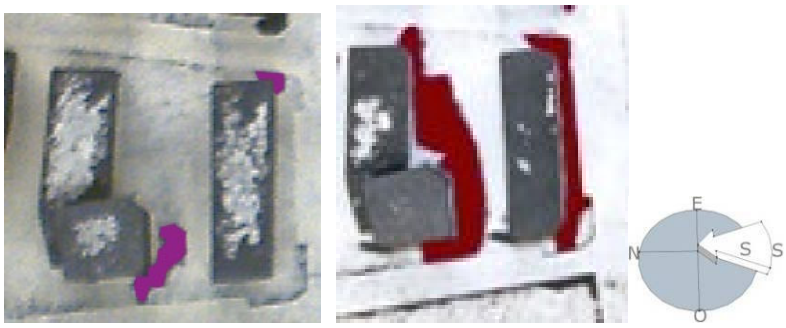


Figura 272 – foto da proposta 1 com vento de Sul (400rpm), velocidade do vento de 12,7m/s

Figura 273 – foto da proposta 1 com vento de Sul (500rpm), velocidade do vento de 10,3m/s

A configuração em U da **proposta 2** anula o efeito de canalização, mas acentua o efeito de venturi, pela presença do edifício existente mais elevado que os demais e pela configuração em U permite criar uma área de vórtice (Figura 275) com velocidades de vento na ordem dos 10m/s.

O espaço em forma de pátio na zona em U alcança níveis desconfortáveis do lado norte, porém do lado sul consegue obter uma área de nível 4 – brisa moderada, na escala de Beaufort, encontrando-se no limite de conforto considerado por SILVA (1999).

A ventilação transversal aparenta alcançar um bom nível, pela diferente pressão entre fachadas julgada pela diferença de rácio entre as fachadas opostas de cada edifício (Figura 276).

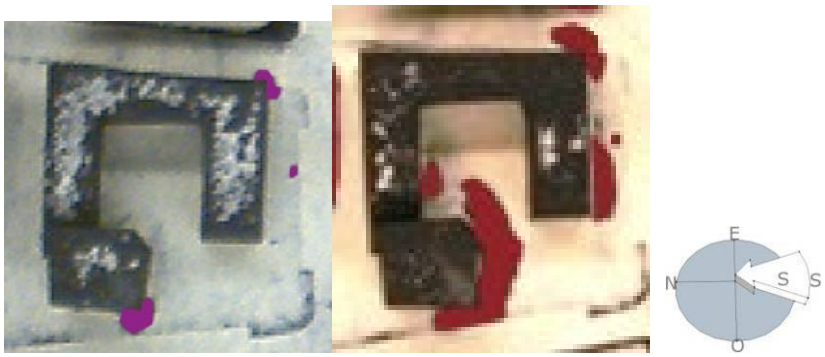
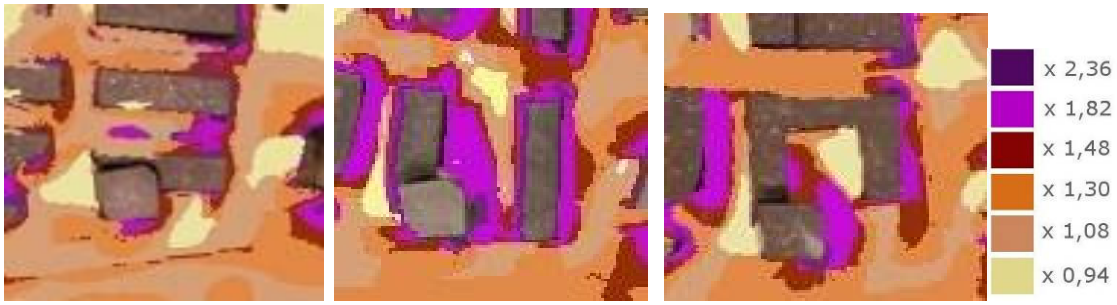


Figura 274 – foto da proposta 2 com vento de Sul (400rpm), velocidade do vento de 12m/s

Figura 275 – foto da proposta 2 com vento de Sul (500rpm), velocidade do vento de 10m/s

Na **análise conjunta dos modelos**, destacamos a performance do modelo original que apesar de obter níveis de turbulência acentuados nas esquinas voltadas na direcção do vento, mas na zona de canal entre edifícios os níveis de ampliação são atenuados e como tal menos acentuados que a proposta 1. A proposta 2 por possuir uma forma em U consegue criar um pátio parcialmente atenuado ainda que no lado oposto exista uma aceleração significativa do vento para nível 5 na escala de Beaufort.



Original Proposta 1 Proposta 2

Figura 276 – propostas para unidade 3 sob acção do vento de Sul (Inverno)

O **modelo original** da **unidade 4** apresenta uma forma compacta, com um pátio praticamente interior, conseguindo controlar o acesso do vento sobre o seu espaço, o facto do conjunto se encontrar protegido por unidades a poente deste faz com que o vento seja atenuado quando alcança este volume. No entanto o espaço exterior à volta do edifício alcança rácios de x1,82, com uma amplificação de quase o dobro do vento em terreno livre (Figura 277), este efeito de venturi torna o espaço urbano mais desconfortável, de nível 5 na escala de Beaufort, afectando o desempenho segundo SILVA (1999). Na Figura 277 podemos verificar os efeitos de turbulência nas esquinas.

O diferencial de rácios entre fachadas opostas aparenta garantir níveis de ventilação transversal de bom nível (Figura 279).

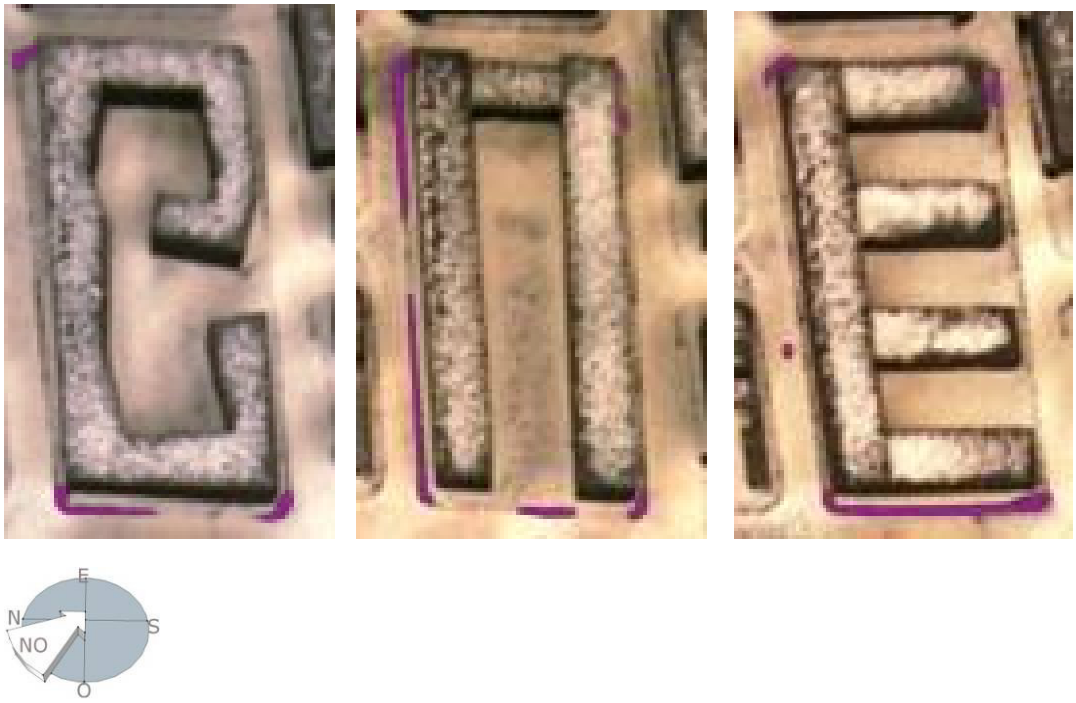


Figura 277 – Propostas para a unidade 4 com vento de NO (400rpm), velocidade do vento de 8,5 a 10m/s



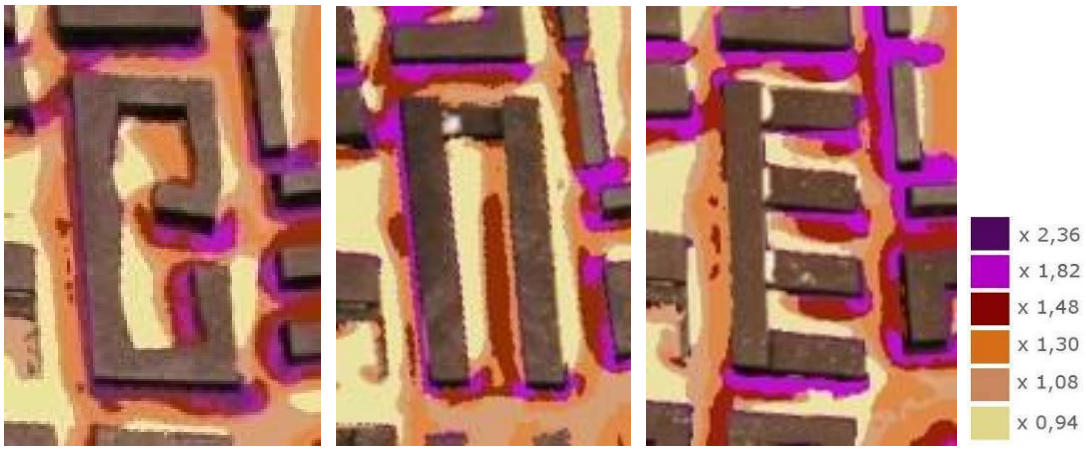
Figura 278 – Propostas para a unidade 4 com vento de NO (500rpm), velocidade do vento de 7 a 8,2m/s

A **proposta 1** é constituída por um conjunto de três volumes, dois longos e mais altos de sentido nascente/poente e um mais baixo de sentido norte/sul a nascente do conjunto edificado.

Nas Figura 271 e Figura 278, a longa extensão dos volumes acentua os efeitos de canalização do vento (rácios de x1,82 e x1,48 respectivamente), especificamente na Figura 271 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** é visível a erosão do vento ao nível da cobertura (volume do lado esquerdo), fazendo com que o vento avance sobre a cobertura entrando no pátio, provocando a erosão já retratadas. É visível ainda na mesma figura que o vento ao encontrar a barreira mais reduzida a nascente sobe sobre a cobertura.
Pela sua longa dimensão o vento alcança acelerações superiores ao modelo original e proposta 2. O potencial de ventilação aparenta semelhança com o modelo original

A **proposta 2** (Figura 272 e Figura 271) tem a forma de um "pente" com os pátios voltados a sul, protegidos da acção directa do vento de NO e claramente abertos ao vento de Sul. No período de Verão com ventos de NO o factor de ampliação do vento atinge no lado poente o rácio de x1,82 alcançando velocidades semelhantes ao modelo original. O potencial de ventilação transversal aparenta ser semelhante aos modelos anteriores, com bons níveis de ventilação pela diferença potencial de pressão entre as fachadas opostas.

Ao **analisarmos o conjunto dos modelos** (3), s diferenças ainda que perceptíveis, são pouco significativas entre si, apenas a proposta 1, com a configuração de corredor acentua o efeito de canalização do vento, fazendo-o subir pelo volume mais pequeno a nascente, entre todos a ventilação transversal aparenta estar assegurada da mesma forma, ainda que na proposta 2 a sua acção seja impulsionada por efeitos de turbulência e como tal passíveis de serem atenuadas pelo efeito canyon urbano descrito por SANTAMOURIS (2004).



Original **Proposta 1** **Proposta 2**

Figura 279 – propostas para unidade 4 sob acção do vento de NO (Verão)

O **modelo original** (Figura 280 e Figura 281) sob a acção de ventos de Sul **no Inverno** obtém rácios de x2.36, com velocidades na ordem dos 16,5m/s nas esquinas mais desprotegidas, alcançando o nível 7 na escala de Beaufort, com o "controlo dos caminhar afectado" SILVA (1999). A ventilação transversal aparenta obter bons níveis de ventilação pela diferença de rácios entre as fachadas oposta dos volumes. O pátio interior aparenta obter níveis medianos de conforto, ainda que a fachada sul do volume norte seja fustigada pela acção do vento devido à abertura a sul do quarteirão.

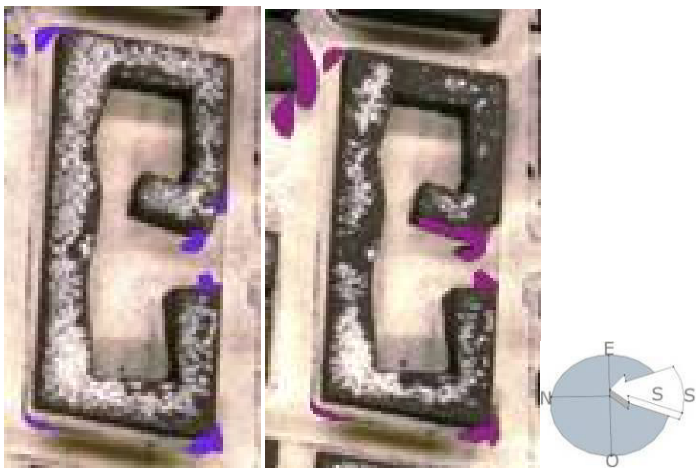


Figura 280 – foto do modelo original com vento de Sul (300rpm), velocidade do vento 16,5m/s

Figura 281 – foto do modelo original com vento de Sul (400rpm), velocidade do vento de 12,7/s

A **proposta 1** (Figura 282 e Figura 283) apresenta o mesmo nível de erosão com velocidades de 16,5m/s que o modelo original, porém com rácio de x1,48 a erosão acentua no canal entre os edifícios, provocando o aparecimento de dois vórtices (Figura 283), e fazendo com que o vento tenha de subir pela cobertura do edifício nascente, mais baixo e como tal, mais afectado pela erosão. O potencial de ventilação transversal continua a aparentar estar assegurado pela diferença de rácios entre as fachadas opostas dos volumes.



Figura 282 – foto da proposta 1 com vento de Sul (300rpm), velocidade do vento 16,5m/s

Figura 283 – foto da proposta 1 com vento de Sul (500rpm), velocidade do vento de 10,3m/s

A **proposta 2** (pente) apesar de ter os pátios abertos a sul, e como tal aparentemente mais sujeitos à acção do vento de Inverno (Sul), consegue obter melhores resultados que os demais, apenas no último pátio a nascente surge um vórtice, provavelmente motivado pelo canal de vento criado pela abertura dos edifícios a sul deste, que poderão estar a canalizar vento para este pátio em específico. Neste caso em específico a ventilação transversal nos volumes que separam os pátios aparenta não ser a desejável já que o diferencial de rácios entre fachada oposto é mínimo ou mesmo nulo.



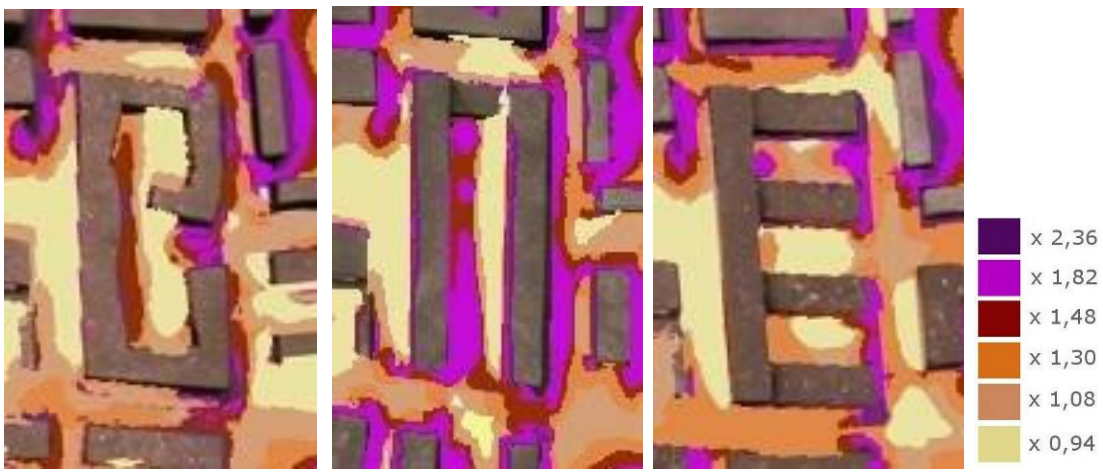
Figura 284 – foto da proposta 2 com vento de Sul (400rpm), velocidade do vento 12,7m/s

Figura 285 – foto da proposta 2 com vento de Sul (500rpm), velocidade do vento de 10,3m/s

Da **análise conjunta** podemos enunciar que o modelo original apresenta o pátio com maior área com rácios inferiores e como tal mais confortáveis de utilizar.

A **proposta 1** em forma de canal de vento não consegue oferecer o mesmo nível de conforto que o modelo original, assegurando no entanto tal como no modelo original aparente bom desempenho de ventilação transversal.

No entanto a **proposta 2** ainda que apresente dois pátios com bom nível de conforto de utilização, o terceiro é fustigado pela acção de um vórtice e a ventilação transversal da maioria dos volumes sai aparentemente prejudicado por ausência de diferencia de rácios de ventos nas fachadas opostas.



Original **Proposta 1** **Proposta 2**

Figura 286 – propostas para unidade 4 sob acção do vento de Sul (Inverno)

O **modelo original da unidade 5** (Figura 287 e Figura 288) tem a sua forma mais longa orientada no sentido Norte/Sul, criando um canal de vento entre os dois volumes. Sob a acção do vento de NO no Verão é visível turbulência no rácio de x1,82 acentuando de forma intensa no rácio de x1,48. À velocidade média de 7 a 8,2m/s os níveis de conforto de utilização são claramente prejudicados, num nível de 4 a 5 na escala de Beaufort. O potencial de ventilação transversal sai claramente prejudicado pois apesar de não se encontrar paralelo à direcção do vento de NO, os volumes não conseguem obter diferenciais de rácios entre fachadas opostas suficientes para garantir níveis médios de ventilação transversal.



Figura 287 – foto do modelo original com vento de NO (400rpm), velocidade do vento de 8,5 a 10m/s

Figura 288 – foto do modelo original com vento de NO (500rpm), velocidade do vento de 7 a 8,2m/s

A proposta 1 da unidade 5 (Figura 289Figura 290) consegue obter melhores resultados que o modelo original apesar de encontrar-se aparentemente numa orientação mais aberta aos ventos de NO. A turbulência nas esquinas é obtida nos mesmos rácios e velocidades, no entanto nos rácios inferiores esta solução de organização espacial consegue obter melhores resultados quer na qualidade de utilização do espaço urbano quer no potencial de ventilação transversal pelo diferencial de rácios entre fachadas opostas visíveis na Figura 293.



Figura 289 – foto da proposta 1 com vento de NO (400rpm), velocidade do vento de 8,5 a 10m/s

Figura 290 – foto da proposta 1 com vento de NO (500rpm), velocidade do vento de 7 a 8,2m/s

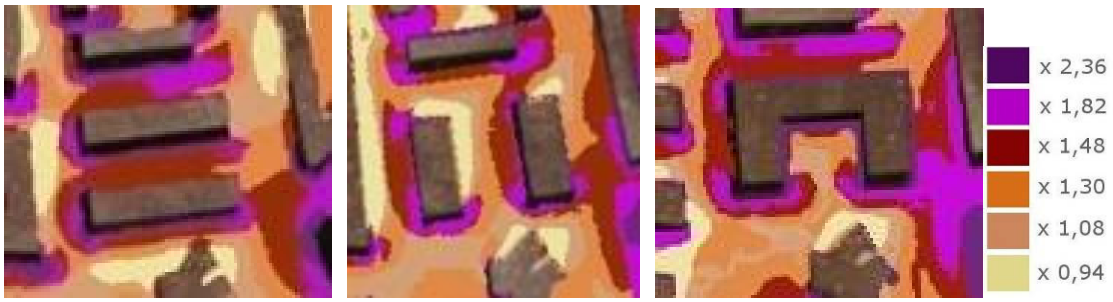
A proposta 2 (Figura 291 Figura 292) é a pior solução para a configuração de vento de NO no Verão. A sua forma em U em conjunto com o seu desprotegido pátio a poente faz com que o vento fustigue de forma intensa e abrangente as fachadas dos volumes que compõem a proposta 2 da unidade 5. Como se pode verificar na Figura 291 o vento actua na mesma intensidade que nas restantes soluções para o mesmo rácio de velocidade de vento, no entanto consoante o rácio diminui a acção do vento torna-se mais abrangente. A forma em U impede que o vento avança, funcionando como barreira, no entanto dada a dimensão reduzida dos braços do U o vento circunda o edifício, acentuando a sua erosão em todo o seu perímetro interior (pátio) e exterior.



Figura 291 – foto da proposta 2 com vento de NO (400rpm), velocidade do vento de 8,5 a 10m/s

Figura 292 – foto da proposta 2 com vento de NO (500rpm), velocidade do vento de 7 a 8,2m/s

Da análise conjunta poderemos acentuar o melhor desempenho da **proposta 1** sobre as demais, por conseguir atenuar o vento e acentuar os diferenciais de pressão, procurando desta forma acentuar a ventilação transversal nos edifícios essencial neste período do ano.



Original Proposta 1 Proposta 2

Figura 293 – propostas para unidade 4 sob acção do vento de NO (Verão)

O **modelo original** (Figura 294 e Figura 295) sofre de forma acentuada a acção do vento de Sul no Inverno, a Figura 294 mostra-nos a erosão acentuada nas esquinas a Sul dos volumes com velocidade de 16,5m/s, no entanto por existir um volume a sul deste conjunto que funciona como barreira ao vento de Sul tal evita que o efeito de canalização se possa acentuar, existindo ainda um efeito moderado de venturi na área sul dos canais entre edifícios.

Na área sul dos canais os efeitos de vento atingem o nível 7 na escala de Beaufort, no entanto na área a norte dos canais entre edifícios o rácio é de x0,94 com velocidade na ordem do 6,5m/s sendo de nível 4 na mesma escala.

O potencial de ventilação transversal é atenuado por ausência acentuada de diferencial de pressão entre fachadas opostas.



Figura 294 – foto do modelo original com vento de Sul (300rpm), velocidade do vento 16,5m/s

Figura 295 – foto do modelo original com vento de Sul (400rpm), velocidade do vento de 12,7m/s

A **proposta 1** por se encontrar perpendicular à direcção do vento de Sul consegue garantir níveis bons de ventilação transversal, no entanto o espaço urbano envolvente é fustigado pelo vento com velocidades acentuadas. Apenas algumas áreas protegidas a norte dos volumes conseguem obter valores mais reduzidos de erosão (Figura 300).



Figura 296 – foto da proposta 1 com vento de Sul (300rpm), velocidade do vento 16,5m/s

Figura 297 – foto da proposta 1 com vento de Sul (500rpm), velocidade do vento de 10,3m/s

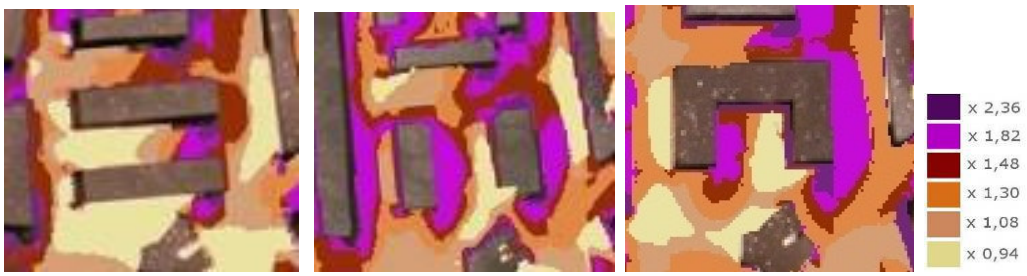
A **proposta 2** apresenta resultados muito semelhantes à proposta 1 com os mesmos efeitos detectados (efeitos de barreira), conseguindo assegurar os mesmos níveis de ventilação transversal pelos mesmos motivos que a anterior proposta e cumulativamente assegurar a mesma área de protecção para os utilizadores do espaço urbano.



Figura 298 – foto do modelo original com vento de Sul (400rpm), velocidade do vento 12,7m/s

Figura 299 – foto do modelo original com vento de Sul (500rpm), velocidade do vento de 10,3m/s

Da **análise aos três modelos,** podemos acentuar a melhor performance obtida pelas propostas 1 e 2 no que toca à ventilação transversal, ainda que o modelo original consegue melhores valores para o conforto de utilização do espaço urbano.



Original **Proposta 1** **Proposta 2**

Figura 300 – propostas para unidade 4 sob acção do vento de Sul (Inverno)

O **modelo original da unidade 6** apresenta a sua configuração com os volumes com as fachadas com maior extensão no sentido norte/sul. A turbulência faz-se sentir nas esquinas voltada a norte com velocidades de 8,5 a 10m/s, semelhante aos demais modelos, o primeiro canal do lado poente influenciado pelo volume hexagonal mais elevado sofre uma erosão mais acentuada que o canal subsequente a nascente protegido a norte pelo volume mais elevado. O terceiro canal por se encontrar desprotegido é afectado de forma mais intensa que os demais.
O volume hexagonal provoca uma aceleração do vento no espaço canal, criando um efeito de venturi acentuando ainda o efeito de canalização pela organização do conjunto edificado. O potencial de ventilação transversal dos edifícios aparenta assegurar níveis mínimos de ventilação.

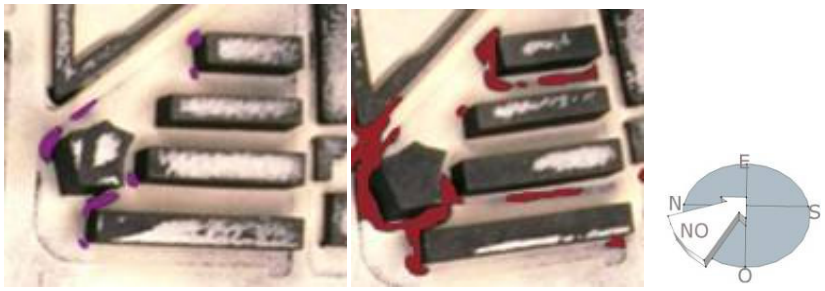


Figura 301 – foto do modelo original com vento de NO (400rpm), velocidade do vento de 8,5 a 10m/s

Figura 302 – foto do modelo original com vento de NO (500rpm), velocidade do vento de 7 a 8,2m/s

A **proposta 1** dispõe os volumes com as suas maiores fachadas voltadas a sul e norte, criando 2 corredores entre si. O facto de se encontrar desprotegido do lado poente faz com que a acção do vento seja mais acentuada do que no modelo original. As velocidades de referência detectadas são semelhantes ao modelo anterior, no entanto devido à orientação dos volumes o efeito de canalização é mais acentuado. Segundo a escala de Beaufort alcança o nível 4 a 5, encontrando-se no limite do nível de conforto para este tipo de espaços. O potencial de ventilação transversal dos edifícios é atenuado pela aparente pressão equivalente entre fachadas opostas.



Figura 303 – foto da proposta 1 com vento de NO (400rpm), velocidade do vento de 8,5 a 10m/s

Figura 304 – foto da proposta 1 com vento de NO (500rpm), velocidade do vento de 7 a 8,2m/s

A **proposta 2** tem uma forma em U voltada a poente, e como tal aberta ao vento de NO, tal orientação permite que a acção directa do vento sobre os volume provoque efeito de malha, com vórtices e remoinhos. A presença do volume hexagonal a norte acentua o efeito de canto, acelerando a velocidade do vento até x1,82. Dada a configuração em forma de U onde o vento não consegue progredir ao nível do solo faz com que o mesmo avance sobre os edifícios, a Figura 305 mostra a cobertura parcialmente limpa de fécula de batata, especialmente no volume a nascente, já na Figura 306 a fécula praticamente desapareceu da cobertura, de forma mais acentuada que nos restantes modelos, demonstrando que quando o vento não progride regularmente ao encontrar esta barreira aumenta a sua velocidade subindo verticalmente sobre as fachadas, alterando a capacidade de ventilação dos edifícios, SANTAMOURIS (2004).



Figura 305 – foto da proposta 1 com vento de NO (400rpm), velocidade do vento de 8,5 a 10m/s

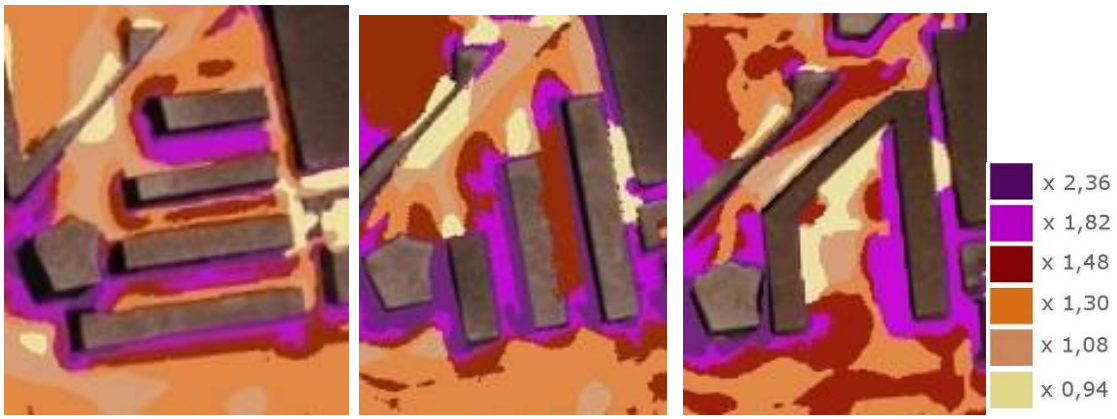
Figura 306 – foto da proposta 1 com vento de NO (500rpm), velocidade do vento de 7 a 8,2m/s

Da **análise ao conjunto dos três modelos** devemos destacar que a predominância dos vento de NO afectam mais o conforto de utilização do espaço urbano nos **modelos original** e **proposta 1**, a **proposta 2** consegue ainda assim garantir áreas no pátio com rácios inferiores, podendo ter zonas sem vento.

A ventilação transversal será afectada em todos os modelos, no entanto o **modelo original** por se encontrar quase perpendicular à incidência do vento poderá proporcionar diferenciais de pressão entre fachadas opostas suficientes para assegurar a correcção ventilação transversal dos edifícios.

A **proposta 1** por se encontrar praticamente no sentido do vento não consegue criar diferenciais de pressão julgadas suficientes para ventilar devidamente.

A **proposta 2** por a acção do vento se fazer sentir de ascensão vertical junto às fachadas do pátio indica uma incapacidade de assegurar a ventilação interior sem que sejam providenciadas estratégias de desenho de janelas capazes de captar ventos ascendentes verticais.



Original **Proposta 1** **Proposta 2**

Figura 307 – propostas para unidade 4 sob acção do vento de NO (Verão)

O **modelo original** para o período de verão é afectado pela turbulência nas esquinas a sul, com rácios na ordem dos x2,36, com velocidades médias de 16m/s, criando efeitos de canalização ao longo dos canais entre edifícios. Estes efeitos provocam níveis de desconforto acentuados, aos utilizadores do espaço urbano. A ventilação transversal sairá afectada pela aparente semelhante pressão de vento nas fachadas.

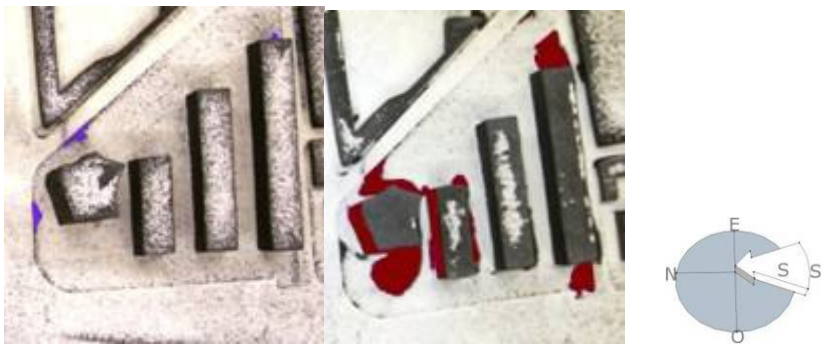
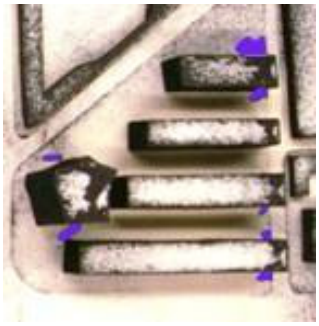
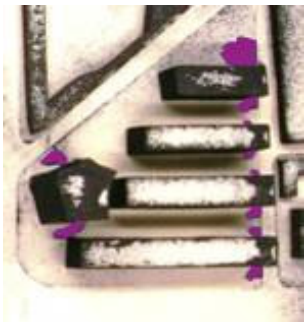


Figura 308 – foto da proposta 1 com vento de Sul (300rpm), velocidade do vento 16,5m/s

Figura 309 – foto da proposta 1 com vento de Sul (500rpm), velocidade do vento de 10,3m/s





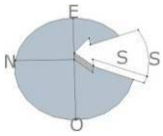


Figura 310 – foto do modelo original com vento de Sul (300rpm), velocidade do vento 16,5m/s

Figura 311 – foto do modelo original com vento de Sul (400rpm), velocidade do vento de 12,7m/s

A **proposta 1** (Figura 308 e Figura 309) tem uma disposição perpendicular à direcção do vento de Sul e como tal funciona como barreira entre volumes da unidade 6. Foi detectado sinal de turbulência na esquina nascente – Sul com um rácio de x2,36, impondo ventos da ordem dos 16m/s. No entanto comparativamente com o modelo original esta solução é mais eficaz. Apenas o volume mais pequeno, a norte dos demais e próximo do volume hexagonal existente sofre a acção acentuada do vento com rácio na ordem de x1,82.

A **proposta 2** (Figura 312) em forma de U, ao oferecer barreira aos vento de sul no pátios desenvolvem remoinhos e vórtices (2) detectados na Figura 312 correspondente ao rácio x1,82, com vento na ordem dos 12,7/s, valores elevados para velocidades médias de vento. Na Figura 313 os sinais de turbulência acentuam-se rapidamente especialmente na fachada sul e nascente – sul do pátio.

O potencial de ventilação transversal aparenta obter um nível médio de diferencial de pressão entre fachadas, no entanto dada a especificidade da turbulência detectada com remoinhos e vórtices não conseguimos avaliar de forma mais rigorosa estes efeitos sem a sua reprodução numa maqueta de maior dimensão.





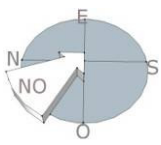


Figura 312 – foto da proposta 1 com vento de NO (400rpm), velocidade do vento de 8,5 a 10m/s

Figura 313 – foto da proposta 1 com vento de NO (500rpm), velocidade do vento de 7 a 8,2m/s

Da **análise aos modelos** podemos destacar para o período do **Inverno** que o **modelo original** por se encontrar disposto no mesmo sentido do vento é afectado por turbulências fortes, não conseguindo ainda assim assegurar a ventilação transversal adequada. A **proposta 1** por se encontra disposta transversalmente ao vento dominante funciona como barreira ao vento, ainda assim consegue melhor desempenho que a solução original na ventilação dos edifícios.
A **proposta 2** é assolada por ventos fortes no pátio criando efeitos de turbulência desagradáveis para os utilizadores do espaço urbano. O efeito do vento sobre o potencial de ventilação transversal dos edifícios levanta-nos dúvidas por não conseguirmos avaliar o efeito de vórtices na ventilação dos edifícios.



Original Proposta 1 Proposta 2

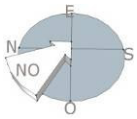


Figura 314 – propostas para unidade 4 sob acção do vento de Sul (Inverno)

Apresentamos de seguida um conjunto de análises e considerações sobre os efeitos de vento no espaço urbano de forma abrangente para cada modelo.

O **Cenário existente** (Figura 315) foi transposto para uma maqueta com o propósito de avaliarmos os efeitos do vento actualmente existente na área de expansão urbana de Espinho no período de Inverno, tendo particular interesse por à presente data ainda não terem iniciado as obras conducentes à construção dos edificios definidos no cenário original. Interessava-nos pois, avaliar o impacto das novas construções sobre o espaço urbano e edificios existentes.

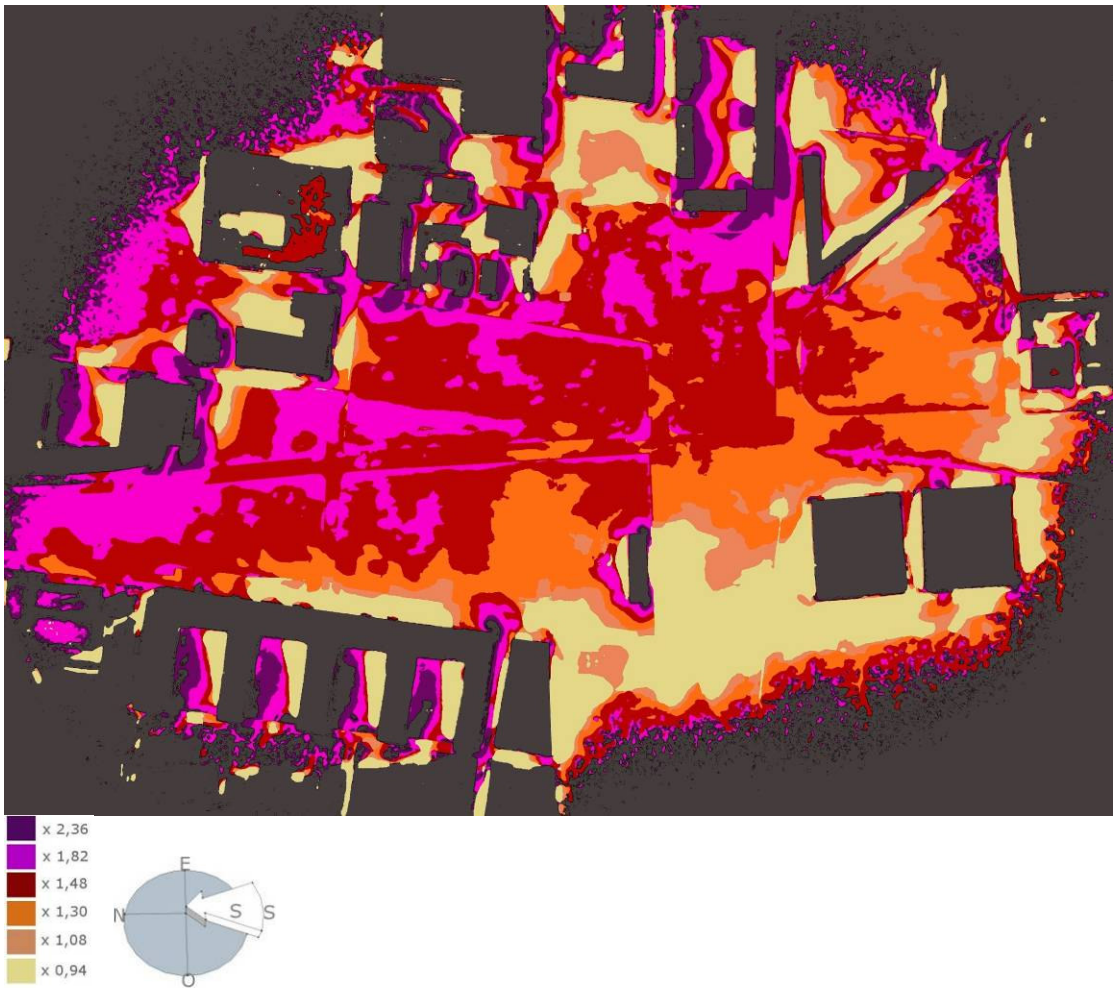


Figura 315 – Fotomontagem do cenário existente para o periodo de Verão (vento de Sul)

O espaço urbano existente parcialmente desocupado, coincide com a antiga localização da linha de comboio à superfície (actualmente em túnel), apresenta rácios de vento entre x1.30 e x1.82, correspondendo a velocidades de vento na ordem dos 8 a 12,7 m/s. O facto de se tratar de uma vasta área desocupada e sem protecção ao vento proporciona níveis de desconforto acentuados em quase toda a extensão.

As áreas envolventes aos edifícios existentes sofrem uma acentuada aceleração do vento na ordem dos x2.36 correspondendo a velocidades de 16m/s com acentuados efeitos de canalização e esquina (Figura 315).

Comparando os efeitos de vento à volta dos edifícios no cenário existente com os mesmo edificios agora no modelo original, ou mesmo nas propostas 1 e 2 , destacamos que as diferenças de efeitos de vento e a sua extensão entre o cenário existente e os demais são acentuadas.

A protecção oferecida pelos novos edifícios a Sul reduz significativamente a predominância de velocidades de vento na ordem dos 16m/s, como tal, os níveis de agressividade associados a rácios de x2.36 descem de forma acentuada para rácios na ordem dos x1.08 e x0.94. Estas configurações (comum ao modelo original e às duas propostas), permitem no Inverno atenuar a agressividade do vento e reduzir as trocas térmicas Interior/exterior dos edíficios existentes.

O **modelo original** (Figura 316), sob a acção do vento de **Verão** (NO), revela a extensão dos efeitos de canto e esteira provocado pelos 5 edifícios mais elevados localizados na faixa central da figura.

A presença destes edifícios provoca uma alteração muito significativa da acção do vento sobre esta área, acentuando rácios de velocidade de vento mais elevadas junto aos 5 edifícios (x2.36) e cumulativamente rácios de velocidade muito reduzidos (x0.94) no espaço urbano a Nascente destes edifícios.

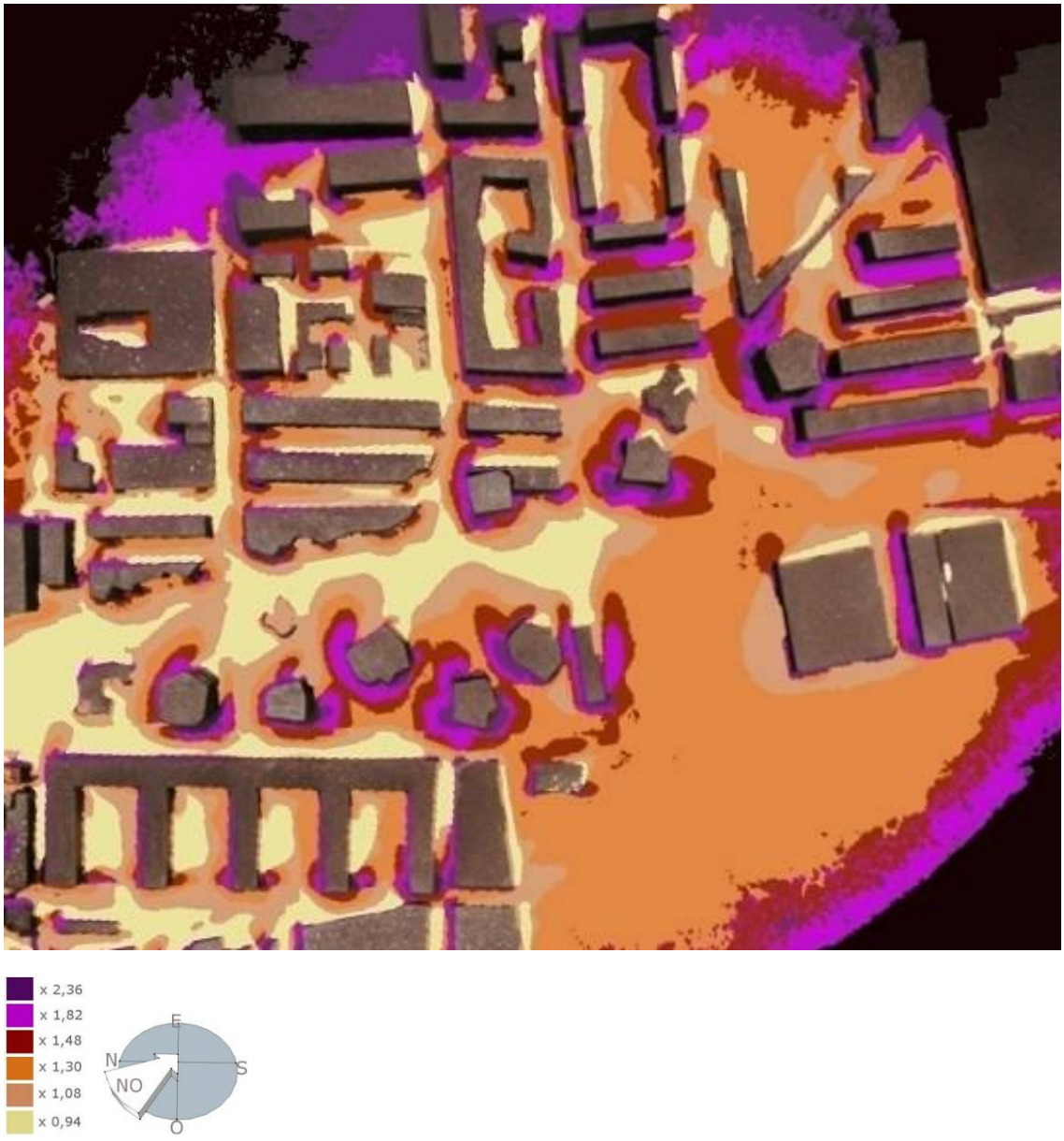


Figura 316 – Fotomontagem do modelo original para o periodo de Verão (vento de NO)

No período de Inverno, O **modelo original** (Figura 317) revela os mesmos efeitos de vento detectados no período de Verão, com clara predominância dos efeitos de esteira e canto provocado pelos edifícios mais elevados, localizados a meio da fotomontagem.

O edifício em forma de pente, localizado na parte inferior da Figura 317, revela para o período de Inverno face ao vento a barreira formada pelos seus volumes de sentido Nascente- Poente, acentuando a ventilação transversal, pouco relevante neste período do ano, potenciando, porém maiores efeitos de barreira e de canto.

A configuração dos edifícios a barlavento proporciona aos edifícios existentes a sotavento uma larga barreira de vento, atenuando a velocidade de vento e vários efeitos de vento detectados no cenário original.

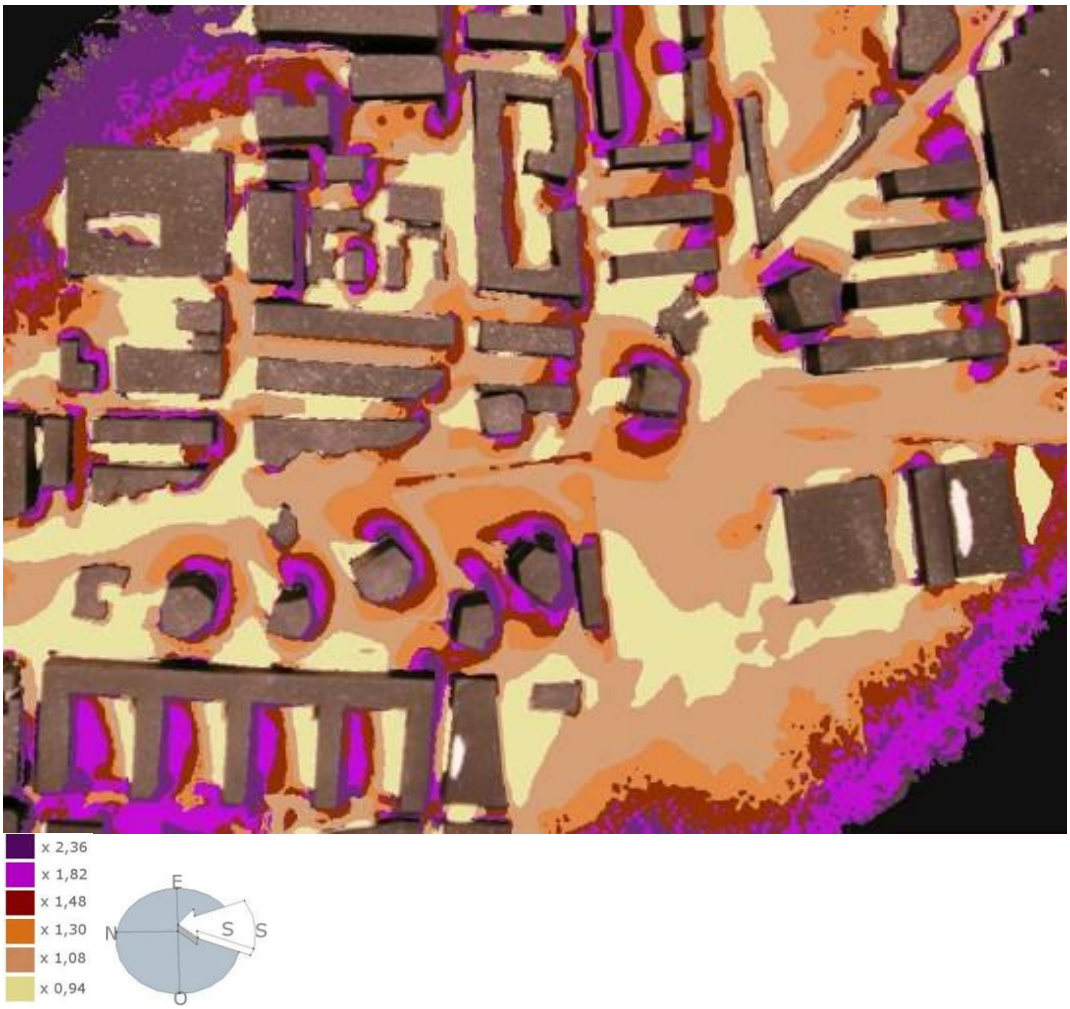


Figura 317 – Fotomontagem do modelo original para o periodo de Inverno (vento de Sul)

A **proposta 1** no período de **Verão**, com vento de NO, atenuou a acção do vento nos edificios existentes a Nascente-Norte dos edifícios propostos, com predominância de rácios de velocidade na ordem dos x0.94 (desaceralação da velocidade do vento), implicando uma menor capacidade de ventilação transversal dos edificios existentes pela configuração de forma e geometria de implantação dos edificios propostos.

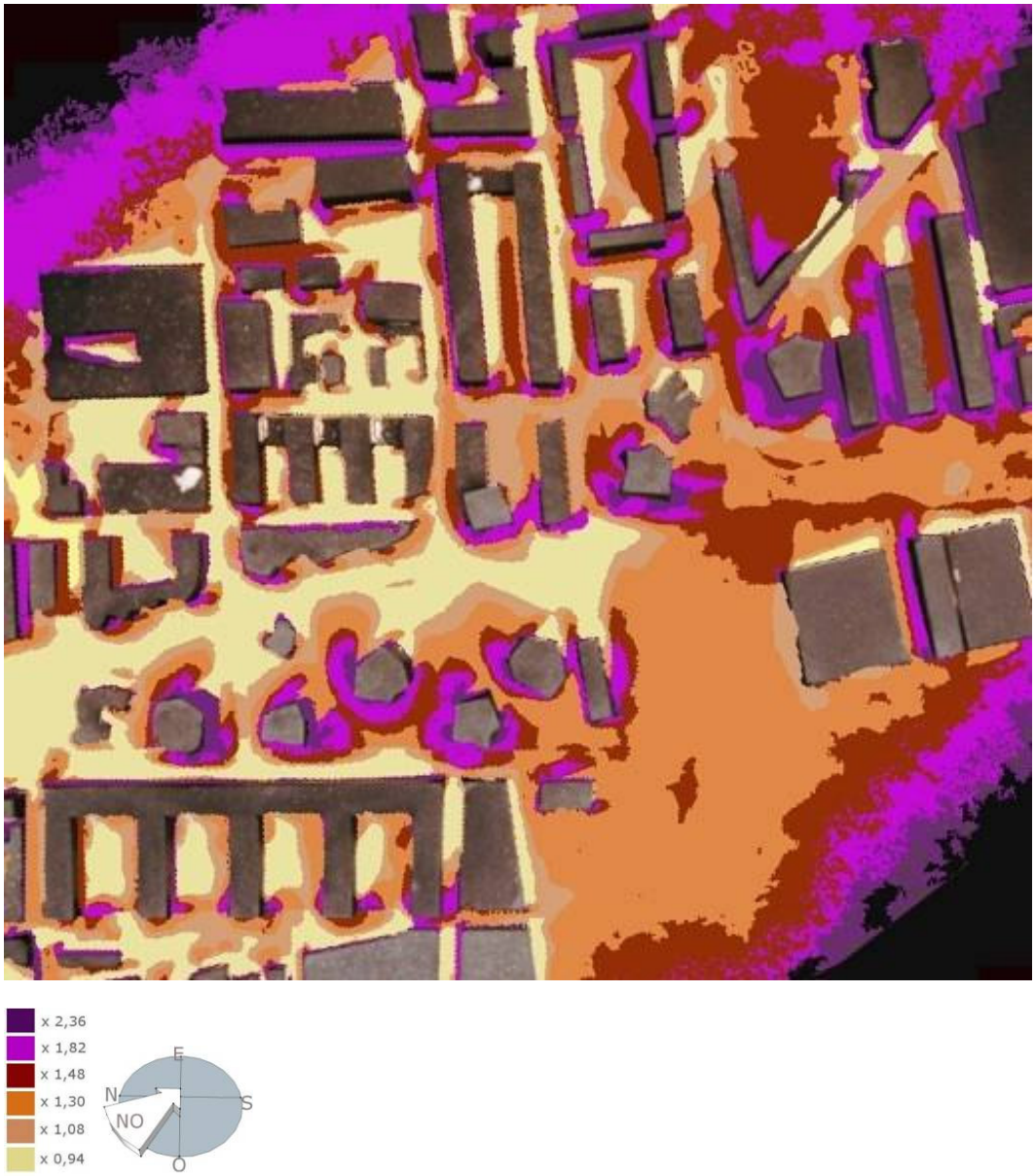


Figura 318 – Fotomontagem da proposta 1 para o periodo de Verão (vento de NO)

A **proposta 1** (Figura 3190) durante o período de **Inverno** (vento de Sul), manteve as mesmas características de efeitos de veto detectado no modelo original referente apenas à sua influência sobre os edifícios existentes.

O espaço urbano sobre o túnel do comboio apresentou as mesmas tendências que o modelo original, devido à opçao por manter o mesmo tipo de edificios voltados para esta área, comum aos três modelos.

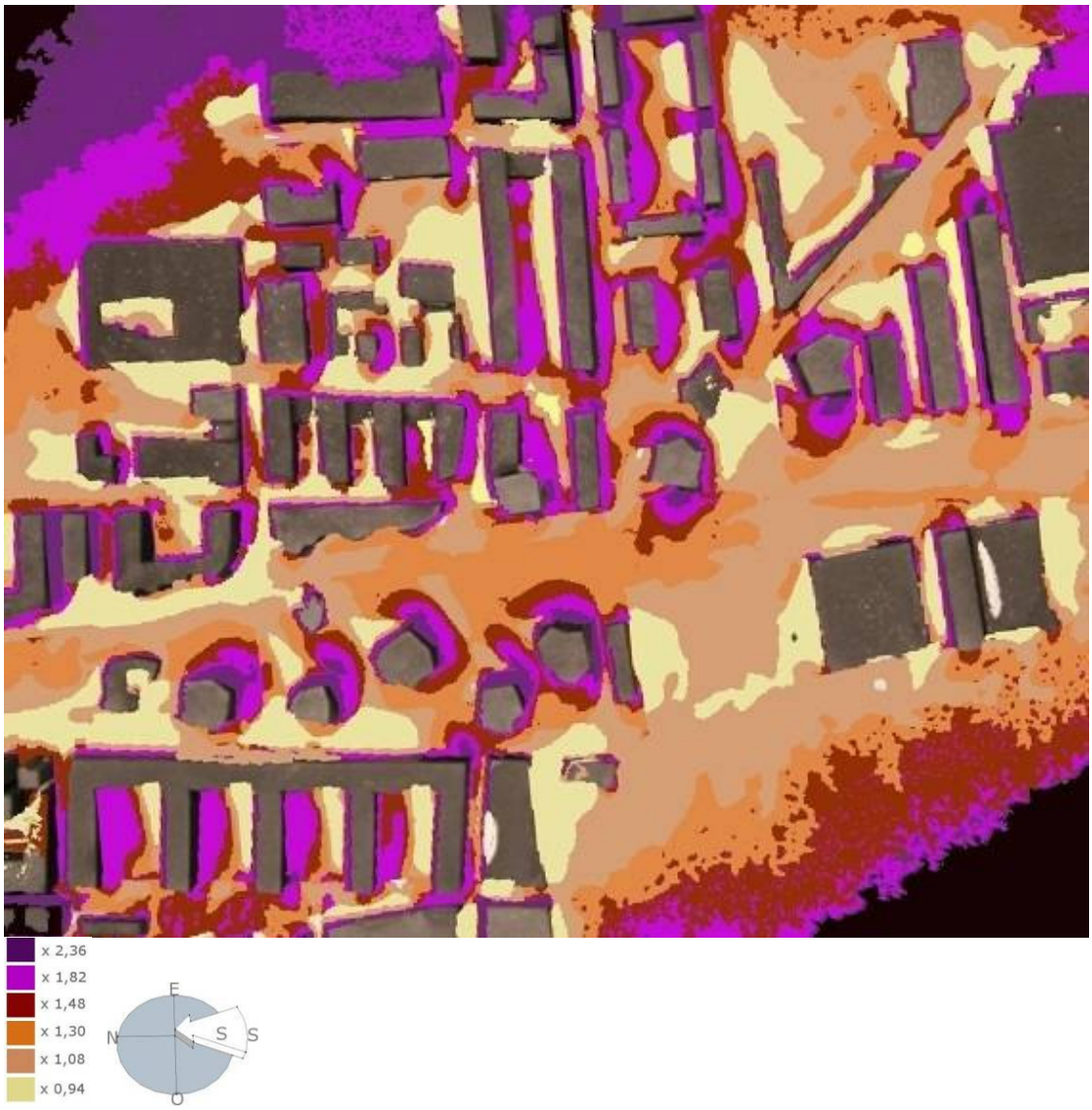


Figura 319 – Fotomontagem da proposta 1 para o periodo de Inverno (vento de Sul)

A **proposta 2** (Figura 3201) durante o período de Verão (vento de Sul), apresentou um potencial de ventilação transversal semelhante ao modelo original, superior à proposta 1, para os edifícios existentes a sotavento do edificios propostos.

Ao nível do espaço urbano, os efeitos detectados sobre o espaço urbano por cima do túnel de comboio mostraram-se equivalentes aos detectados no modelo orginal e proposta 1.

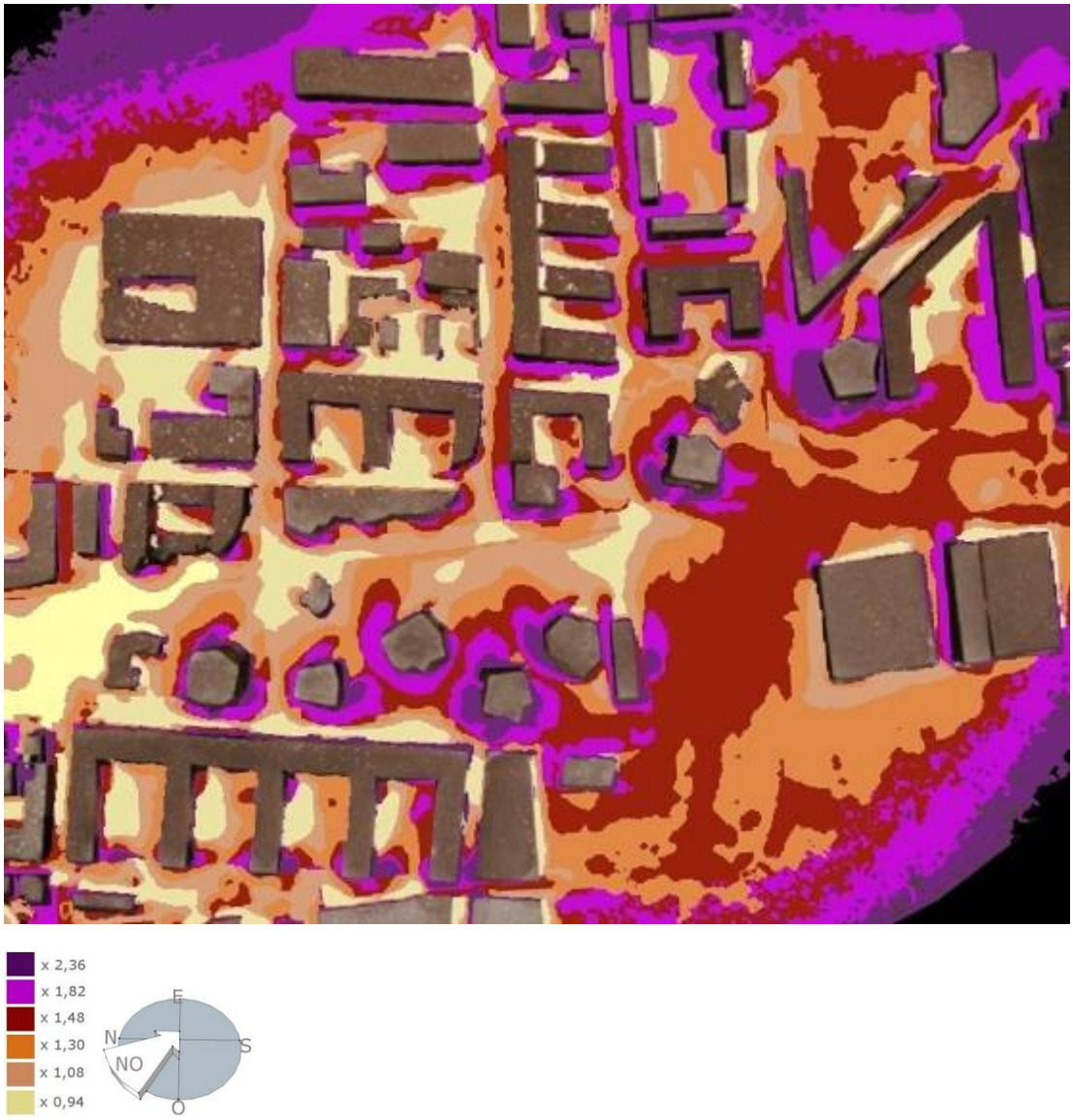


Figura 320 – Fotomontagem da proposta 1 para o periodo de Verão (vento de NO)

A **proposta 2** (Figura 321) para o período de **Inverno** (vento de Sul), apresenta uma maior capacidade de ventilar os edificios existentes a sotavento dos edificioc propostos, com áreas de racios de vento superiores ao modelo original e proposta1.

Relativamente à area urbana por cima do túnel de comboio os resultados foram semelhantes ao modelo original e proposta 1, por manter a mesma forma e geometria de implantação na maioria dos edificios que se encontram defronte desta área.

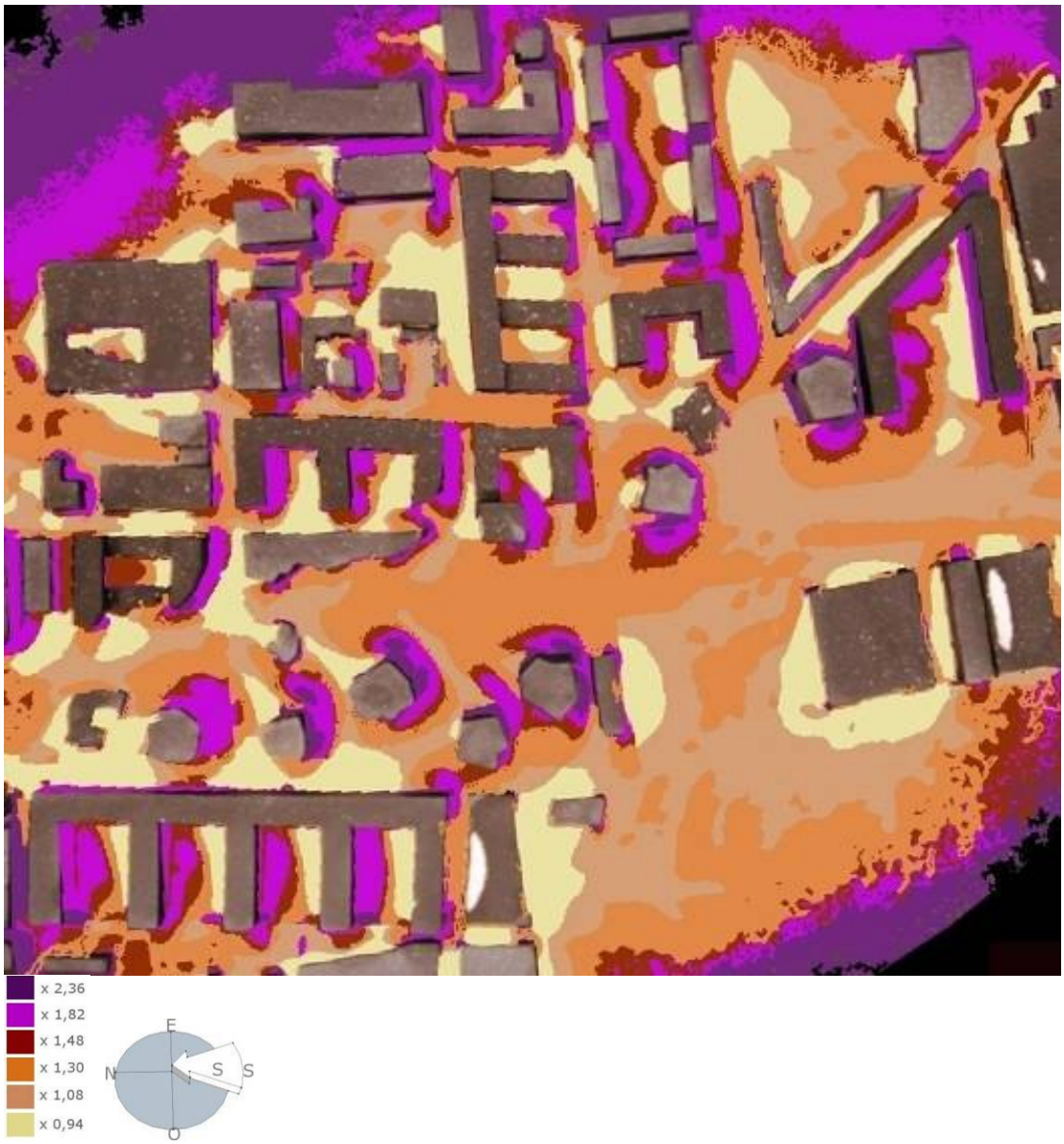


Figura 321 – Fotomontagem da proposta 1 para o periodo de Inverno (vento de Sul)

Em tom de **conclusão** podemos referir que nenhum dos modelos obteve os melhores resultados em todas as unidades analisadas, casos houveram em que o modelo original obteve bons desempenhos em conjunto com a proposta 2, noutros porém a proposta 1 obteve isoladamente melhores resultados que as demais.

Estes resultados motivam para prosseguir com estudos da adequação da forma e geometria de implantação dos edifícios às direcções dominantes do vento. Qualquer avaliação sobre estudos de vento deverá ser de âmbito específico ao local de intervenção, considerando a elevada importância da envolvente directa existente como elemento desestabilizador da intensidade e direcção dos ventos locais.

Contrariamente às soluções de optimização dos edifícios face à insolação, nos estudos sobre o vento poucas estratégias poderão ser replicadas para outros locais, no entanto o diagnóstico aos efeitos de vento detectados nos diferentes modelos permite-nos estabelecer um conjunto de estratégias de organização espacial para este local em específico:

A proximidade ou contiguidade a edifícios com cérceas mais elevadas acentuam os efeitos nefastos do vento, potenciando efeitos de venturi e canalização quando na configuração envolvente compreender volumes dispersos de forma paralela entre si;

A opção por pátios exíguos deve ser preterida face a formas mais quadrangulares, ou formas irregulares que permitam criar deflexão de vento.

Os edifícios que não foram objecto de estudo por se tratar de soluções existentes e que detêm uma cércea mais elevada que a média dos edifícios propostos (2 ou mais pisos) foram precisamente aqueles que provocaram maiores efeitos de turbulência (efeitos de esteira e de canto) no espaço urbano envolvente e nos edifícios confinantes.

A opção por edifícios muito longos e lineares acentuou os efeitos de barreira e canalização na envolvente directa e nos próprios edifícios;

A opção por conjuntos edificados lineares e paralelos potenciaram efeitos de canalização;

O controlo de cérceas exerce um papel fundamental sobre os efeitos do vento, sempre que possível deverá ser preservada a cércea dominante na envolvente a fim de evitar acentuar efeitos de rugosidade urbana sobre os edifícios a barlavento.

4ª Parte

Conclusões

Capítulo 9 | Conclusão da tese e desenvolvimentos futuros

9.1 Conclusão

Neste capítulo apresentam-se as principais conclusões do estudo empreendido.

A investigação desenvolvida sobre os antecedentes históricos, desde o período Helénico até aos nossos dias, permitiu-nos dotar de informação que se revelou importante para a persecução de estudos sobre o acesso solar das construções e efeitos do vento sobre o espaço urbano envolvente e sobre a ventilação transversal dos edifícios:

- Os Arquitectos gregos e romanos desenvolveram estudos e adequaram as cidades ao clima e topografia, com claras preocupações sobre a saúde pública dos seus cidadãos, organizando as ruas na direcção dos ventos dominantes, orientando as construções a Sul, etc; o tratado de Vitruvius foi o testemunho mais consistente da arte de construir dos romanos com herança dos gregos;
- Com o colapso da civilização Romana apenas a civilização árabe soube preservar e desenvolver técnicas de adequação da arquitectura ao clima;
- Os conhecimentos ancestrais sobre adequação ao clima e à topografia de herança romana estiveram acessíveis apenas a uma minoria italiana. Durante o período medieval na civilização cristã apenas as igrejas apresentavam técnicas e sistemas de adequação ao clima, ainda que mais incipientes quando comparado com as técnicas utilizadas no mesmo período pelos árabes;
- Durante o renascimento, a obra de vitruvius é impressa tornando-se acessível, Leon Battista Alberti escreveu o “De Re Aedificatoria”, teorizando a arte da construção romana e estrusca e juntamente com o “De Architecttura Libri Decem” a civilização europeia começa a desenvolver cidades com princípios vitruvianos e albertianos.

- A expansão marítima portuguesa impôs aos portugueses a necessidade de adaptarem a arquitectura e a organização das praças-fortes e cidades à topografia e ao clima local em diferentes latitudes. Este período longo de vários séculos teve início na redescoberta da Macaronésia portuguesa, posteriormente com a Índia portuguesa, mais tarde Brasil, Macau e Timor e finalmente África portuguesa, durante o qual os portugueses adaptaram a arquitectura de origem portuguesa aos distintos climas locais, conciliando técnicas construtivas portuguesas com técnicas e materiais locais pré-existentes;
- A nível urbano, ao longo do período de expansão marítima portuguesa, a evolução do desenho das praças-fortes e cidades pautaram-se predominantemente por preocupações de ordem militar, comercial e finalmente de ordem climática, por esta ordem. Com a governação espanhola da coroa portuguesa (período de Filipe II de Espanha e I de Portugal) a forma de organização das cidades ultramarinas sofreu alterações significativas, adoptando os conhecimentos Vitruvianos editados em 1487 (período renascentista) às cidades ultramarina, especialmente no Brasil;
- A reconstrução de Lisboa, após o terramoto de 1755, permitiu aos arquitectos de Marquês de Pombal desenvolverem um sistema construtivo anti-sísmico para as novas construções e organizar a baixa pombalina segundo princípios de " (...) liberdade do ar e da luz." FRANÇA (1989), no qual implementaram melhorias na ventilação, acesso solar e iluminação natural;
- Durante a revolução industrial, com as cidades a acolherem milhares de pessoas, atingindo dimensões como nunca antes acontecera, exceptuando Roma durante o império romano, os níveis de salubridade desceram a niveis sub-humanos. Vários arquitectos (More, Howard, entre outros)desenvolveram estudos e propostas para a organização da cidade ideal, com superiores niveis de salubridade e qualidade ambiental;
- Cerdá em Barcelona, segue a mesma corrente de Howard e More, propondo um novo desenho para a expansão da cidade sustentado em principios de iluminação e ventilação com espaços verdes em toda a cidade.

- Com o movimento moderno, prosseguem estudos e propostas para o desenvolvimento de cidades saudáveis, com amplitude espacial e espaços verdes, impondo o acesso aos sol a todas as construções. Corbusier, Alvar Aalto, Gropius entre muitos outros aplicam nos seus projectos princípios de boa organização e orientação dos seus edificios ao acesso solar e boa ventilação. Estudos bioclimáticos são desenvolvidos por vários autores por toda a europa e américa, desde Alexandre Klein, William Atkinson a Victor Olgyay, estudos sobre a adequação dos edificios ao clima local e topografia tomaram forma e precederam obras com principios bioclimáticos. no entanto com o desenvolvimento de sistemas mecanizados de ventilação e controle de temperatura os arquitectos desviaram as suas prioridades para a linguagem arquitectonica sem preocupações de ordem climática;
- Nas últimas décadas, esta tendência tem vindo a reverter para uma melhor adequação ao clima, com menores consumos energéticos e com recurso a sistemas construtivos com menor impacto ambiental e energético;
- O desenvolvimento de estudos para uma arquitectura bioclimática tem vindo a atingir uma dimensão e alcance de nível mundial. Com a proliferação de estudos sobre a adequação da arquitectura ao clima nos diferentes continentes, aplicação de materiais construtivos com melhores desempenhos ambientais e energéticos, a ligação à pratica da arquitectura é cada vez mais estreita e profícua;
- No entanto, ao nível de estudos sobre a influência do desenho urbano para uma arquitectura bioclimática, a investigação ainda se encontra pouco desenvolvida, quer pela complexidade associada, quer pela dimensão e multiplicidade de factores intervenientes no desempenho energéticos das construções inseridos numa determinada área urbana;
- Assim, a concepção de modelos urbanos carecia de estudos de organização espacial adaptados ao clima urbano e topografia;
- O Estudo das variáveis climáticas e topográficas influentes no desempenho da arquitectura bioclimática e desenho urbano é fundamental para alcançar um melhor resultado final na concepção de tipologias urbanas, neste âmbito apresentamos um conjunto de variáveis que foram objecto de estudo, estabelecendo sempre o grau de influência sobre os edificios e o espaço urbano. Destes o estudo sobre a influencia da radiação solar, insolação e vento foram alvo de maior atenção que os demais;

- Elencamos uma síntese da matriz de variáveis do meio urbano em relação com os factores climáticos, com o propósito de servir de base aos estudos paramétricos para analiar os resultados da influência do acesso solar nas diferentes tipologias urbanas a desenvolvidas no capítulo seguinte, de casos de estudo, sobre simulação de insolação sobre uma matriz virtual de tipologias urbanas.

Uma das primeiras interrogações de carácter experimental consistiu na averiguação do nível de influência das tipologias urbanas, de geometria de implantação de implantação dos edifícios/orientações, das alturas relativas das cérceas envolventes e das latitudes sobre as condições de acesso ao sol dos conjuntos construídos.

Das simulações efectuadas pudemos concluir em termos comparativos que:

- As tipologias de **quarteirão** (designadamente anteriormente por A e B) são de todas as tipologias avaliadas as que mais condicionam os volumes analisados, pelas imposições da configuração urbana adoptada que limita muito as possibilidades de optimizarmos o desempenho de cada volume;
- As variações na exposição solar provocadas pelas orientações e cérceas envolventes são pouco significativas quando comparados com as restantes tipologias urbanas. As variações entre as tipologias de quarteirão fazem-se sentir ao nível do detalhe;
- As diferenças das envolventes adoptadas para os quarteirões A e B pouco alteraram o desempenho na exposição solar de cada quarteirão, apenas acentuando diferenças nos volumes confrontantes às alterações da envolvente;
- A **tipologia isolada** é a que obtêm os valores mais elevados de radiação solar global quer no Inverno quer no Verão. É também nesta tipologia que as variações de orientação e da cércea envolvente para diferentes latitudes se acentuam mais entre si, podendo-se tirar proveito destas características em termos de desenho urbano bioclimático;
- As **tipologias geminadas** e as **tipologias de banda contínua** são as que melhor acesso solar podem alcançar mediante alterações nas orientações e cérceas dominantes dos volumes;

- Em particular, a **tipologia de banda contínua** por deter um baixo factor de forma (equivalente aos modelos de tipologia em quarteirão) consegue obter um melhor desempenho térmico no verão, ainda que proporcionalmente inferior no Inverno face à tipologia geminada, por ter apenas duas fachadas opostas que se complementam no acesso solar, enquanto que na tipologia geminada pela presença de três fachadas confinantes o acesso solar no Verão é acentuado.

A avaliação das melhores tipologias deverá ser efectuada tendo em conta a **latitude** para onde se destinar, já que, uma vez que as tipologias apresentam diferentes desempenhos consoante a latitude, é possível optimizar a sua escolha em função desse dado.

No balanço global entre todas as fachadas de cada volume, a predominância de orientação das fachadas para o quadrante sul demonstra ser a melhor opção para qualquer uma das tipologias analisadas, por outro lado, a orientação a poente deverá ser preterida, essencialmente pelo seu desempenho no Verão.

A segunda questão era a de saber, num primeiro momento, até que ponto ao desenvolvermos um programa de edificação inserido num determinado território urbano consolidado, a escolha criteriosa da tipologia e geometria de implantação poderia influenciar o acesso ao sol dos edifícios propostos, e num segundo momento, com o aumento da densidade urbana envolvente para a cércea máxima permitida pelo PDM, até que ponto este aumento poderia influenciar o acesso solar dos edifícios.

Dos resultados obtidos entre os 4 modelos avaliados para um quarteirão de Espinho (Figura 198), podemos destacar que:

- A opção pelo modelo 2, com maior extensão de fachadas voltadas a Sul, demonstrou ser a melhor solução, pois para ambos períodos analisados obteve o melhor acesso solar entre todos os modelos. Cumulativamente, para o aumento de densidade da envolvente testado, o modelo 2 foi o menos afectado no acesso solar;
- Quanto às restantes soluções, o modelo 1, em forma de quarteirão e com menor factor de forma, obteve resultados medianos e o modelo 3, com maior exposição de fachadas a Nascente e Poente, obteve os piores resultados, e finalmente o modelo 4, com maior factor de forma de todos obteve resultados medianos;
- Estes resultados acentuam a importância da opção por fachadas voltadas a sul, constata-se ainda que mesmo que esta opção pode em certos casos ser suficiente para compensar um maior factor de forma menos favorável.

A terceira questão, ainda na sequência da anterior, era a de saber, face ao regulamento em vigor – RCCTE, até que ponto as opções de forma e disposição do conjunto edificado influenciariam o desempenho energético dos edifícios e de cada apartamento em particular.
Da avaliação aos quatro modelos segundo a metodologia do RCCTE podemos enunciar as seguintes considerações:

- Os resultados obtidos vão de encontro às conclusões da avaliação formulada com recurso ao Townscope, no qual demonstravam que o modelo 2 (com maior extensão voltada a Sul) obtinha o melhor acesso solar quer no Verão, quer no Inverno;
- Na avaliação por modelos (1 a 4), os modelo 2 e 4 obtiveram os menores necessidades energéticas face aos demais no Inverno, com necessidades de aquecimento inferiores em cerca de 13% face ao modelo 3 (o pior no Inverno), no período do Verão as necessidades de arrefecimento do modelo 2 foram cerca de 30% inferiores ao modelo 3 (o pior do conjunto analisado);
- Estas simulações permitiram-nos comprovar que uma escolha criteriosa da forma e de geometria de implantação dos edifícios permitirá obter poupanças energéticas na ordem dos 30% no Verão e cerca de 13% no Inverno, para um tipo de construção corrente sem cuidados especiais ao nível construtivo e de desenho;
- A avaliação efectuada demonstra que as estratégias de optimização térmica e consequente poupança energética para o aquecimento e arrefecimento têm de ser tidas em consideração ainda a montante das opções do arquitecto. Pudemos aqui demonstrar que as estratégias delineadas pelos urbanistas poderão ter um grande impacto na solução final de uma arquitectura bioclimática.

A quarta questão era a de avaliar até que ponto as soluções preconizadas para uma área de expansão urbana específica atendiam a preocupações de optimização do acesso solar, ainda para a mesma área, tendo em conta a sua dimensão urbana, pretendem-se avaliar qual o seu desempenho face às características locais do vento.
Dos resultados obtidos para os três modelos analisados para a área de expansão urbana (Sul de Espinho), um modelo original de autoria dos arquitectos Rui Lacerda, Francisco Mangado e João Álvaro Rocha (Figura 213), e duas propostas concebidas no âmbito desta investigação (Figura 214 e Figura 215), concluímos que nenhum obteve em exclusivo a melhor classificação em todas a 6 unidades de avaliação. No entanto podemos destacar um conjunto de aspectos:

- Foi possível para todas as unidades avaliadas melhorar o acesso solar face ao modelo original;
- Os ensinamentos entretanto adquiridos com as simulações precedentes permitiram-nos aplicar estratégias de orientação e geometria de implantação dos volumes capazes de se reflectirem no acesso solar das duas propostas apresentadas, e que mostraram terem sido eficazes, pois das 6 unidades analisadas, os melhores resultados foram divididos em igual número pela proposta 1 e 2;
- As melhores soluções detinham sempre um factor de forma mais reduzido que o modelo original;
- Os volumes dispostos com a sua maior extensão a Sul e Norte demonstraram ser as melhores soluções para ambos os períodos do ano;
- Os volumes com a sua maior extensão de fachada a Nascente e a Poente obtiveram bons resultados apenas quando existia uma barreira a poente capaz de controlar a insolação no Verão, ainda que com claros prejuízos no Inverno;
- As soluções em forma de U adoptadas, por permitirem criar espaços de lazer mais aprazíveis e contidos que as soluções de corredores lineares entre edifícios, obtiveram melhores resultados quando cumulativamente reuniam um factor de forma mais reduzido e uma maior extensão de áreas voltadas a Sul.

A este tipo de ensaios ficaram a faltar estudos complementares de insolação com a introdução de vegetação de médio e elevado porte, de folha caduca e perene. Dada a limitação do programa utilizado nas simulações – Townscope, neste âmbito, tal não foi possível desenvolver.

Com o objectivo de avaliar o desempenho do modelo original e das duas propostas face ao vento, foram construídas 4 maquetas para ensaios em túnel de vento: uma delas reproduziu o modelo original, outras as duas propostas e uma quarta reproduziu o cenário actualmente existente.

Os resultados obtidos em túnel de vento, com ensaios sobre os efeitos de vento no local demonstraram o seguinte:

- O cenário actual/ existente, com uma menor rugosidade urbana obteve, como seria esperado, uma menor amplitude de variação de velocidade de vento que nos demais modelos analisados;

- Foram detectados vários efeitos de vento, dos quais os mais comuns foram os efeitos de venturi, barreira e de canalização pela proximidade ou contiguidade a edifícios com cérceas mais elevadas e presença de vários canais muito longos entre edifícios;
- A opção por formas irregulares (volumes com diferentes alinhamentos e ângulos), pátios quadrangulares e fachadas com dimensões médias ou, quando longas, com vários ângulos demonstraram melhores resultados que as soluções mais simplistas de corredores longos entre volumes, pátios exíguos ou muito longos e estreitos;
- Sempre que possível, deve-se procurar garantir a mesma cércea dominante sobre a envolvente, sob pena de acentuar efeitos de vento de maior alcance, evitando desta forma acentuar efeitos de rugosidade urbana sobre os edifícios a barlavento.
- Dos ensaios desenvolvidos em túnel de vento pudemos constatar que as soluções desenvolvidas apenas para optimizar o seu desempenho face à incidência de insolação, ainda que não apresentassem estratégias face às características locais do vento, obtiverem porém melhor resultados de ventilação transversal nos edifícios e menores efeitos de vento no espaço urbano envolvente em todas as unidades que o modelo original
- Dadas as especificidades das características locais do vento, os resultados obtidos dotaram-nos de estratégias que poderão ser optimizadas em novos ensaios;

A especificidade do vento em Espinho impõe o desenvolvimento de soluções capazes de atenuar rajadas de vento que poderão atingir valores superiores a 50km/h, podendo em determinadas esquinas de prédios com a ampliação a velocidade do vento até 2,38x à verificada em área desimpedida, alcançar velocidades superiores a 120km/h, com o elevado risco de segurança que tal acarreta sobre os utilizadores.

Um dos elementos fundamentais para a optimização de desempenho de edifícios e da qualidade do espaço urbano face ao vento é a inclusão de vegetação de médio e grande porte, de forma criteriosa. Para tal, deverão ser desenvolvidos ensaios com modelos à escala 1/100 ou 1/50.

9.2 Desenvolvimentos futuros

A investigação desenvolvida deverá ter persecução pela premência do tema e complexidade associada.

Ao nível das simulações sobre insolação, a componente de testes com inserção de diferentes tipos de vegetação foi uma das vertentes mais evidentes que não se pode desenvolver por limitações do tipo de software utilizado – Townscope, pois é sabido que a vegetação pode desempenhar um papel muito importante na qualidade da configuração e organização do desenho urbano bioclimático.

A vegetação pode desempenhar um papel muito importante na optimização da configuração e organização do desenho urbano bioclimático.

Temos a consciência que os resultados poderiam ser optimizados e eventualmente abrir, a partir daí, novas estratégias para as soluções com piores desempenhos no Verão recorrendo à utilização criteriosa da disposição de vegetação de médio e elevado porte de folha caduca.

Na avaliação dos resultados das necessidades de aquecimento e de arrefecimento utilizamos aos dados obtidos a partir do Townscope, futuros estudos poderão ser desenvolvidos procurando avaliar a diferença de radiação solar obtida pelo Townscope com o estabelecido pelo RCCTE para a zona de Espinho, com o propósito de acentuar rigor nos resultados finais das necessidades de aquecimento e de arrefecimento para um determinado local.

Ao nível dos ensaios sobre vento, os estudos desenvolvidos demonstram que ainda nos encontramos no prelúdio do desenvolvimento de estratégias de optimização face as características locais do vento. Como tal carecem de desenvolvimento novos ensaios mais incisivos e com modelos às escalas 1/100 ou 1/50, escalas onde se poderão inserir distintos tipos de vegetação e optimizar as soluções edificadas e de disposição do espaço urbano segundo estratégias de adequação ao vento local.

Notas de fim

i - A denominação de Macaronésia é referida no capítulo "La Atlántida" da obra Tartessos de Adolfo Schulten (2º edição Espejo Calpe, Madrid, 1945) "El Hombre antíguo creyó que había un mundo más dichoso en la tierra, pelos lejos, muy lejos, allá en el final de mundo, EN UNAS ISLAS DE OCÉANO OCCIDENTAL (…) Hesíodo es el primero que las denomina con el hermoso nombre de los bienaventurados ('Macarón nesci')."

"Macaronésia é um nome moderno para designar os vários grupos de ilhas no Oceano Atlântico Norte perto da Europa e do norte de África. O nome é originário do Grego (makáron= feliz, afortunado; nesoi = ilhas) para "ilhas abençoadas" ou "ilhas Afortunadas, o termo usado por antigos geógrafos para as ilhas a oeste do estreito de Gibraltar. "

"A Macaronésia consiste de cinco arquipélagos: Açores,Madeira, Ilhas Selvagens, (Portugal)Canárias, (Espanha) e Cabo Verde, (República de Cabo Verde)"http://pt.wikipedia.org/

ii Consulta do Conselho Ultramarino, de 17 de Julho de 1709, in documentos históricos, Rio de Janeiro, Biblioteca Nacional, Divisão de Obras Raras e Publicações, 1951. Vol XCIII, p223.

iii A Obra de Marco Vitruviu Pollio já era conhecida no período medieval, ainda que o manuscrito original se tenha perdido, conhecem-se 55 copias sucessivas, as mais antigas remetem ao inicio do século IX d.C. Loewen (2002).

iv Este documento foi elaborado durante o reinado de Carlos II de Espanha, por volta de 1532, sendo recompilado na época de Filipe III, no século XVII, tornando-se num verdadeiro código legislativo urbanístico.

v A Utopia idealizada por Thomas More era uma ilha ideal com varias cidades, iguais com 6.000habitantes, sendo a capital Amaurota, sendo todas rodeadas por território agrícolas. Longe da Europa, no Hemisfério Sul, admitia a propriedade privada, com uma coesa actividade comunitária que propiciaria a uma vida harmoniosa.

vi Imagens de edifícios de habitação com vielas muito estreitas sem garantia de níveis mínimos de iluminação e ventilação fundamentais para assegurar níveis mínimos de salubridade nas habitações. A principal preocupação era apenas a densificação máxima possível na menor área disponível.

vii Imagens de edifícios de habitação com vielas muito estreitas sem garantia de níveis mínimos de iluminação e ventilação fundamentais para assegurar níveis mínimos de salubridade nas habitações. A principal preocupação era apenas a densificação máxima possível na menor área disponível.

viii Ildefonso Cerdá – Engenheiro Catalão autor do Plano de organização da cidade de Barcelona em 1859.

x Urban boundary layer "é a camada criada em consequência do deslocamento do ar através de uma superfície rugosa e rígida e da elevação convectiva das bolhas de ar; é a camada mais próxima à superfície urbana e receb toda a sua influência térmica " Romero, M. "Arquitectura Bioclimática do Espaço Público" Pg. 47-Editora Universidade de Brasília, Brasília, 2001.

xi Urban canopy layer - "corresponde ao sector localizado entre uma fileira de edifícios que apresenta uma mescla dos microclimas produzidos pelo entorno mais imediato" Romero, M. "Arquitectura Bioclimática do Espaço Público" -Editora Universidade de Brasília, Brasília, 2001. Pg. 47

xii Windchill é referido por R.G. Steadman como "a combinação do efeito do vento e baixas temperaturas numa superfície" – Indices of windchill of clothed persons – R.G.Steadman, Journal os applied Meteorology, Volume 10, Pg 674-683, Manitoba, Canada, 1971.

xiii ventilação natural simples: para o caso de habitações com apenas uma fachada.

xiii ventilação natural cruzada: para o caso de habitação com duas ou mais fachadas opostas e ou confinantes.

xv Rugosidade (Zo) é um dos principais factores que modificam os campos de vento, diminuindo a velocidade de escoamento do ar junto à superfície. Corresponde à altura acima do solo (em m) a que o perfil logarítmico do vento é zero. Alcoforado et al (2005)

xvi Porosidade Oliveira (1988) entende por porosidade como a maior ou menor permeabilidade que a estrutura urbana apresenta aos ventos.

xvii Denominamos por Albedo ou reflectividade à relação entre a energia radiante que é reflectida por uma superfície e a energia total incidente, por comprimento de onda.

xviii A emissividade pode ser definida pela relação entre a energia radiante emitida por um corpo qualquer e a energia emitida por um corpo negro (termo usado para determinar os materiais cujo factor de absorção ou de emissão aproxima-se do ideal).

xix

http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/software.cfm/ID=232/pagename=alpha_list

xx

http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/software.cfm/ID=232/pagename=alpha_list

xxi Os valores de radiação solar total em kWh/m2 nas fachadas dos volumes simulados são obtidos a partir da média total ponderada de radiação solar total (directa+ indirecta+ reflectida) entre todas as fachadas constituintes do volume a avaliar, para o total de horas do dia solar analisado (neste caso: 15 Janeiro, 21 de Junho, 1 de Agosto e 21 de Dezembro).

xxii http://br.weather.com/weather/climatology/POXX0022

xxiii

http://www.solplus.com.pt/var/solplus_com_pt/storage/original/application/cf1f2f15c6ca18e334f235e481ec18f4.pdf

xxv Humidade (w): o vapor na atmosfera é qualificado pela espessura de água 'condensável' w, parâmetro de humidade usado pelo TownScope.

xxv Opacidade de vegetação [%]: Máscara de vegetação de uso de qualquer superfície no cenário. Durante o cálculo da energia directa ou difundida, o valor de opacidade de superfícies de vegetação é estabelecido segundo o dia calculado.

xxvi A involvente considerada foi de 9m, cércea igual ao modelo analisado.

xxvii De forma a melhor organizarmos as combinações das tipologias geminadas optamos por dividir em duas categorias: vertical e horizontal. Na tipologia geminada vertical a fachada sul é uma empena com a construção vizinha, na tipologia geminada horizontal a fachada nascente é uma empena com a construção vizinha.

xxviii Commission of the European communities, European Solar Radiation Atlas, 1984.

xxix O cálculo para o factor forma não tem em consideração a área de cobertura, entendemos não avaliar o acesso solar à cobertura de cada volume por o mesmo ser sempre igual entre soluções. Assim este factor forma a que nos referimos não entra com a área de cobertura para o seu cálculo. Deverá ser denominado de " factor forma sem cobertura" (FFSC)

xxx A técnica de figura de erosão será explicada no ponto 8.2.3

xxxi Após a obtenção das fotos da maqueta sob a acção do vento em diferentes velocidades (figura234) com recurso a software digital foram sobrepostas 6 camadas mais representativas da acção do vento, aplicando diferentes cores a cada camada branca(fécula de batata), resultando nesta composição gráfica de 6 cores representando o efeito da velocidade do vento sobre a fécula espalhada no modelo. Posteriormente foi calculado o racio entre a velocidade para a qual a fécula é removida de uma determinada zona e a velocidade medida no mesmo instante a uma altura de referÊncia, obtendo assim o factor de ampliação correspondente à zona em estudo.

xxxii O siginificado dos termos foi obtido num quadro elaborado pela divisão de Meteologia Marítima do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica.

xxxiii A velocidade média ($\bar{v}$) do vento, citada para cada caso, está de acordo com a publicação "manual on marine meteorological services", Ed, Organização Meteorologica Mundial 1981 – Genebra.

xxxiv A velocidade de vento de Espinho será obtida através da velocidade média mensal obtida na estação de Pedras Rubras, por apresentar as mesmas características que Espinho e pela sua proximidade à estação, no entanto será utilizada a estação de S. Jacinto como termo de comparação, por forma a procurar balizar o maximo possivel as tendências do comportamento do vento para Espinho.

xxxv A escala do critério de conforto de SILVA (1999) , diz respeito aos níveis de conforto dos transeuntes no espaço urbano. Ver Tabela 3 – Critério de Conforto, no capitulo 4.

xxxvi A escala do critério de conforto de SILVA (1999) , diz respeito aos níveis de conforto dos transeuntes no espaço urbano. Ver Tabela 3 – Critério de Conforto, no capitulo 4.

xxxvii Quando o racio para determinado local fôr de x0,94 no caso do verão significa que a velocidade de vento será de 4,5m/s ou inferior, podendo eventualmente ser 0. Tal deve-se ao facto de o tunel de vento não conseguir obter racios inferiores a 0,94 para as maquetese avaliadas. A partir das 800rpm o tunel de vento não foi capaz de remover a fécula de batata de determinados pontos das maquetes. Correspondendo a racios de 0,94 ou inferiores.

Bibliografia

Achard, P. e Gicquel, R., "European Passive Solar Handbook – Basic Principles and Concepts for Passive Solar Architecture" Edição Commission of the European Communities, Brussels, 1986.

Amado, M.P., "Planeamento Urbano Sustentável", Edição Caleidoscópio, Lisboa, 2005.

Andrade, A. – "Horizontes Urbanos Medievais" – Livros Horizonte, Lisboa, 2003.

Alcoforado, M.J. – "Programa de Climatologia Urbana"- Universidade de Lisboa, Lisboa, 2004

Alcoforado, M.J. "Estudos de Clima Urbano em Portugal", in Clima Y Ambiente Urbano en Ciudades Ibéricas e Iberoamericanas, Madrid, Spain, 1998.

Alvarez, S. J. Asian, Yannas, S. e Fernandes, E. "Architecture and Urban Space", Proceedings of the 8th PLEA International Conference in Sevilla, Kluwer Academix Pblishers, Netherlands.

Alvarez, S., Sanchez, F. e Molina, J. "Air Flow Pattern at Courtyards", in Proceedings of the 15th PLEA International Conference, Lisbon, 1998.

Alves, F.B. "Avaliação da qualidade do espaço public urbano. Proposta metodológica"Fundação Calouste Gulbenkian, Fundação para a Ciência e a Tecnologia, Lisboa, 2003.

Andrade, A. – "Horizontes Urbanos Medievais" – Livros Horizonte, Lisboa, 2003.

Banham, R. "The architecture of the well Tempered Environment", The Architectural Press Ltd, London, 1984.

Barry, R. and R. Chorley "Atmosphere, Weather and Climate", Chaucer Press Ltd, Suffolk, UK, 1992.

Beirão, P.J., "Contribuição para o Estudo de Influência da Urbanização sobre Elementos Climáticos"Tese de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 1999.

Behling, S., "Sol Power, La evolución de la Arquitectura Sostenible" Edicion Gustavo Gili, Barcelona, 2002.

Blevins, R.D."Applied fluid dynamics handbook" Van Nostrand Reinhold Company, N.York, 1984

Bottema, M. "Towards Rules kof Thumb for Wind Comfort and Air Quality" in Atmospheric Environment, vol 33 pp4009-4017, 1999.

Bottema, M. "A Method for Optimization of Wind Discomfort Criteria", in Building and Environment, n35, pp1-18, 2000.

Bosselmann, P., Et All, "Sun, Wind and Pedestrian Comfort: A Study of Toronto's Central Area" Center for the Built Environment, University of California, Berkeley, 1990.

Bowen, A. "Classification of Air Motion Systems and Patterns", in Proceedings of the International Passive and Hybrid Cooling Conference, Miami beach, 1981.

Brandão, R. S., "Acesso ao Sol e à Luz Natural: Avaliação do impacto de novas edificações no deempenho térmico, luminoso e energético do seu entorno", Tese de Mestrado, Faculdade de Arquitectura e Urbanismo de São Paulo, 2004

Burke, J. "Connections", Ed. McMillan, Londres, 1978. citado por Hough, M.,"Cities and natural Process", Routledge, Londres, 1995.

Carvalho, V.F. M., "Contributos Bioclimáticos para o Planeamento Urbano Sustentável: medidas de mitigação e de adaptação enquanto resposta às alterações climáticas", Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2006.

Cook, J. "Passive Cooling" MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1989.

Costa, J.E. "A Água como Elemento Termo-regulador na Arquitectura" Tese de Mestrado, Faculdade de Arquitectura, Universidade Técnica de Lisboa, 2006.

Daevau, S. – "Portugal Geográfico", Ed. João de Sá da Costa, Lisboa 1995

Dominguez, S. e outros, "Control Climático em Espacios Abertos – El Proyecto Expo'92", Universidad de Sevilla, Sevilla, 1992.

Elisavet, K., "Effects of Vegetation on Cooling Urban Environments – Special Reference to Mediterranean Cities", Master Degree, The Welsh School of Architecture, University of Architecture, University of Wales Cardiff, 2001.

Etzion, Y., Erell, E., Meir, I. e Pearlmutter, D. "Architecture of the Extremes", Proceedings of the 11th PLEA International Conference id Dead Sea, The Desert Architecture Unit, J Blaustein Institute for desert Research, Ben-Gurion University of the Negev, Israel, 1994.

Fadigas, L., "Fundamentos Ambientais do Ordenamento do Território e da Paisagem", Edição Sílabo, Lisboa, 2007.

Fanger, P., "Thermal Comfort", McGraw Hill Inc., NewYork, 1973.

Falcón, A., "Espacios Verdes para una Ciudad Sostenible – Planificacíon, Proyecto, Mantenimiento y Gestíon", Edicion Gustavo Gili, Barcelona, 2007.

Fernandes, J.M. – "Cidades e casas da macaronésia" – Edições FAUP, Porto, 1996.

Fernandez, A., de Schiller, S. e Evans, J. "Wind in urban Spaces, Development and application of na Evaluation Method", in Proceedings of the 8th PLEA International Conference in Seville, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 1991.

Florensa, R.S. e Roura, H.C., "Arquitectura y Energia Natural" Edicions UPC, Barcelona, 1995.

França, J. A. “A reconstrução de Lisboa e a arquitectura pombalina, Biblioteca Breve, Instituto de Cultura e Língua Portuguesa; Lisboa, 1989.García, F.F., Gallego, E.G. e Torrecilla, R.C., ”Clima y Ambiente Urbano en las Ciudades Ibéricas e Iberoamericanas”, Editorial Parteluz, 1998.

Ganho, N. “O clima urbano de Coimbra” Tese de Doutoramento, Universidade de Coimbra, 1998

Geros, V., Santamouris, M., Tsangrassoulis, A. e Guarracino, G., “Experimental Evaluation of Night Ventilation Phenomena”, Energy and buildings, 29, 1999.

Givoni, B., “Man, Climate and Architecture”, Applied Science Publishers Ltd., London, 1981.

Givoni, B., “Cooling of Buildings by Passive Systems”, in Proceedings of the International Passive and Hybrid Cooling Conference, Miami Beach, 1998.

Givoni, B. “Urban Design in Different Climates”, World Meteorological Organization, World Climate Programme applications and services, 1989.

Givoni, B., “Climate Considerations in Building and Urban Design”, Ed. John Wiley and Sons, 1998.

Gonçalves, H. e outros, “Ambiente Construído, Clima Urbano, Utilização Racional de Energia nos Edifícios da Cidade de Lisboa”, Edição INET, Lisboa, 2004.

Gonçalves, I. – “Relação entre o concelho e o espaço segundo o Corpus Legislativo de Produção Local, na Idade Média”, Universo Urbanístico Português, 1415 – 1822, Actas, Comissão Nacional para as Comemorações dos Descobrimentos Portugueses, Lisboa, 2001.

Gonzalez, E., Hinz, E., Oteiza, P., Quiros, C. “Projecto, clima y arquitectura”, vol. I, II e III Ediciones GG, México, 1986.

González, J.N., “Arquitectura Bioclimática en un Entorno Sustenible” Edicion Munilla-Lería, Madrid, 2004.

Goulding, J. R., Lewis, J.O. e Steemers, T.C., "Energy in Architecture – The European Passive Solar Handbook", Edição Bastford for the Comission of the European Communities,London, 1993.

Gouvêa, L.A., "Biocidade – Conceitos e critérios para um desenho ambiental urbano em localidades de clima tropical de planalto", Nobel, São Paulo, 2002.

Hale, J. "Dicionário do renascimento italiano" Jorge Zahar, Rio de Janeiro, 1988.

Hall, P. "Cities of tomorrow: an intellectual history of urban planning and design in the twentieth century", Wiley-Blackwell, 2002.

Howard E., Cidade com 400ha e zona agrícola com 2000ha

Herzog, T., "Solar Energy in Architecture and Urban Planning", Edição Prestel Verlag, Munich, 1996.

Higueras, E., "Urbanismo Bioclimático", Edicion Gustavo Gili, Barcelona, 2006.

Hegger, M. e outros, "Energy Manual – Sustainable Architecture", Edition Detail, Munich, 2007.

Izard, J. L,. Guyot, A. "Arquitectura Bioclimática", Ediciones GG, Mexico, 1983.

Jacobo, G.J., "Alexander Klein: Pionero de la arquitectura bioclimática", FAU-UNNE ,Universidade Nacional del Nordeste, Resistencia, 2004

Jones, P., Alexander, D. e Burnett, J. "Pedestrian Wind Environment around High-Rise Residential Buildings in Hong Kong", Indoor Built Environment 2004, Sage Publications. 2004.

Kimura, K., "Evaporation Cooling Effects in Hot and Humid Urban Spaces" , in Proceedings of the 8th PLEA International Conference, Seville, 1991.

Kluppel, G.P., "O clima e o traçado urbano na colonização da América", XIII Congresso Brasileiro de Arquitectos – Lúcio Costa, 1991

.

Krauthheimer, R. "Alberti and Vitruvius", In: Studies in Western Arts. Acts of the Thwentieth International Congress of the History f the Art, II, Princeton, 1963.

Kreider, J., e Kreith, F., "Solar Energy Handobook", McGraw Hill Inc, New York, 1981.

Lahanas, Michael. "Town (or Urban) Planning in ancient Greece"
http://www.mlahanas.de/Greeks/CityPlan.htm

Lanham, A., Gama, P. e Braz, R., "Arquitectura Bioclimática – Perspectivas de Inovação e Futuro", Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2004.

Lansberg, H., "The Urban Climate", Academic Press, New York, 1981.

Laroux, B. "A idade média à mesa" – Publicações Europa -América, Lisboa, 1992.

Lawson, T., & A. Penwarden, "The effects of Wind on people in the Vicinity of Buildings", Proceedings of the Fourth International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures, UKm 1975.

LEMA-University of Liege, "Townscope II" Version 1.0, Solar radiation modeling software, wind risk section. 1998.

Li, Q., "Energy Efficiency Design of residential Buildings in North China Cities", PhD Thesis, Welsh School of Architecture, Cardiff University, 2009.

Macho, J.J.G., e outros, "Control Cimático en Espacios Abiertos – Evaluacion del Proyecto Expo'92", Universidad de Sevilla, Sevilla,1994.

Macias, S. e Torres, C. –"Contributos da arqueologia medieval para o conhecimento do processo urbanístico e territorial da passagem do Gharb al-Ândalus para o reino de Portugal" – Actas do colóquio internacional Universo Urbanístico Português, 1415 – 1822, Comissão Nacional para as Comemorações dos Descobrimentos Portugueses, Lisboa, 2001.

Mascaró, L.R. "O Clima com Parâmetro de Desenho Urbano", in Anais do II SEDUR, p.79-89. Co_Edição CNPq/FINEP/PINI. Brasília, 1986.

Massa, H.M.P.C., "Urban Aerodynamics – The Potencial os Convective Mechanisms in the Cooling and Ventilation os Urban Microclimates", PhD Thesis, Architectural Association Graduate School, London, 2003.

Maldonado, E., e Yannas, S., "Environmental Friendly Cities", Proceedings of the 15th PLEA International Conference in Lisbon, MOG Books Ltd, UK, 1998.

McHarg, I. L., "Proyectar con la Naturaleza", Edicion Gustavo Gili, Barcelona, 2000.

Macfadyen, D. e Howard, E. "Sir Ebenezer Howard and the Town Planning Movement" Manchester University Press ND, 1970.

McLean, D., e outros, "Zephyr European Passive Cooling Architecture Ideas Competition", Energy Research Group, university College Dublin, 1995.

Metochis, N., "The Courtyard as a Daylighting Strategy for the Mediterranean Region", Master Thesis, The Welsh School of Architecture, University of Walles, 2004

Monteiro, A., "Clima Urbano do Porto, Contribuições para a Definição das estratégias de planeamento e ordenamento do território", Edição Fundação Calouste Gulbenkian, JNICT, 1997.

Moreno, G.M.C. "Estudio del clima urbano de Barcelona: la isla de calor", Solgraf, Barcelona, 1993.

Nikolopoulou, M., Baker, N., e Steemers, K. "Thermal Comfort in Outdoor Urban Spaces", in Proceedings of the 15th PLEA International Conference, Lisbon, 1998.

Oke, T.R. "Boundary Layer Climates", second edition, Methuen & Co. London, 1987.

Oke, T.R. " Street Design and Urban Canopy Layer Climate" in Energy and buildings, vol.11 pp. 103-113, 1988.

Olgyay, V., "Design with Climate", Princeton University Press. 1963.

Oliveira, M. – "O desenho da cidade: contributo para o seu estudo" – Actas do colóquio internacional Universo Urbanístico Português, 1415 – 1822, Comissão Nacional para as Comemorações dos Descobrimentos Portugueses, Lisboa, 2001.

Payne, A. A. "The Architectural Treatise in the Italian Renaissance. Architectural Invention, Ornament, and Literary Culture", Cambridge University Press, Cambridge, 1999.

Palomo, P. J.S., "La Planificacíon Verde en las Ciudades", Editora GG, Barcelona, 2003.

Parareda, G.Y., "Arquitectura Solar e Iluminacíon Natural – Conceptos, Métodos y Ejemplos", Editorial Munilla-Léria, Madrid, 2008.

Pearlmutter, D., "Street Canyon Geometry and Microclimate: Designing for Urban Comfort under Arid Conditions", in proceedings of the 15th PLEA International Conference, Lisbon, 1998.

Perkins, B.W. "A queda de Roma e o Fim da Civilização"- Aletheia Editores, Lisboa, 2006.

Pignolet-Tardan, F., Depecker, P., Boyer, H. e Gatina, J, "Thermal Environment and Outdoor Comfort under Tropical Climate", in Proceedings of the 11th PLEA International Conference, Israel, 1994.

Pimentel, L – Método Lusitânico de fortificar as Praças regulares e Irregulares, fac-fac-símile, Direcção da Arma de Engenharia, Lisboa, 1993.

Ragon, M. Histoire mondiale de lárchitecture e de lúrbanisme modernes. Castermann, 1971.

Rangel, L.B.A., "Conforto Ambiental Urbano – As Praças como Elemento Fundamental", Tese de Mestrado, Faculdade de Arquitectura e Urbanismo da UFRJ, Rio de Janeiro, 2000.

Redin, C.C.N. "Design de Fachadas e Desempenho Ambiental em Edifícios no Chiado" Tese de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2006.

Roaf, s., Haves, P. e Orr, J. "Climate Change and Passive Cooling in Europe", in Proceedings of the 15th PLEA International Conference, Lisbon, 1998.

Rocha, A.L.C "Cidade como Lugar do Próprio e do Absoluto: Os Dilemas de uma Política de Valorização de Bens Culturais" http://www.iluminuras.ufrgs.br/artigos/2003-08-cidade-lugar-do-proprio.pdf.

Romero, M.A.B., "Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano", Projecto Editores Associados, São Paulo, 1988.

Romero, M.A.B., "Arquitectura Bioclimática do Espaço Publico", Editora Universidade de Brasília, 2001

Rossa, W. "A cidade portuguesa" – História da Arte Portuguesa, Círculo de Leitores, Lisboa, 1983.

Rossel-Wood, A.J.R. – Portugal e o mar, um mundo entrelaçado. Lisboa, Assírio e Alvim/ Expo'98

Ruskin, J., Sesame and Lilies, citado por Ebenezer Howard in Cidades-jardins de Amanhã.
Salvador, F.V.em 1627: "(...) os portugueses, que, sendo grandes conquistadores de terras, não se aproveitam delas, mas contentam-se de as andar arranhando ao longo do mar como caranguejos", Marx (1980)

Santamouris, M., "The Athens Urban Climate Experiment", in Proceedings of the 15th International Conference, Lisbon, 1998.

Santamouris, M., "Energy and Climate in the Urban Built Environment", James & James (Science Publishers) Ltd, London, UK, 2001.

Santamauris, M., "Natural Ventilation in Urban Áreas", Internacional Energy Agency, Brussels, 2004.

Santos, P.F.,Formação de cidades no Brasil Colonial, V Colóqui Intrnacional de Estudos Luso-Brasileiros, Coimbra, 1968.

Serra, R., "Clima, Lugar y Arquitectura – Manual de Diseño Bioclimático" Ed. Ciemat, 1989.

Schiller, S. e Evans, J. "Design of Outdoor Spaces: Socio-Political Tendencies and Bioclimatic Consequences", in Proceedings of the 8th PLEA International Conference, Seville, 1991.

Silva, A.C. e Malato, J.J., "Geometria da Insolação de Edifícios", Edição LNEC, Lisboa, 1969.

Silva, F. A.G., "O Vento como Ferramenta no desenho do Ambiente Construído – Uma aplicação ao Nordeste do Brasil", Tese de Doutoramento, FAUUSP, São Paulo, 1999.

Stavoravdis, S., "Sustainable Urban Blocks", Master Thesis, Welsh School of Architecture, University of Cardiff, 2002.

Stagno, B. e Ugarte, J., "Ciudades Tropicales Sostenibles, Pistas para su Diseño", Instituto de Arquitectura Tropical, 2006.

Steemer, T.C., "Architectures Solaires en Europe – Conceptions, Performances , Usages", Edição Edisud,Luxembourg 1991.

Steemers, K., Baker, N., Crowther, D. e Nikolopoulou, M, "Urban Design: Microclimate, Buildings and Energy", in Proceedings of the 13th PLEA International Conference, Louvain la Neuve, 1996.

Stephens, H.S., "Solar Energy in Architecture and Urban Planning", Proceedings of an International Conference, Berlin, 1996

Teixeira, M. C., "Os modelos Urbanos Portugueses da Cidade Brasileira", colóquio "A construção do Brasil Urbano", Convento da Arrábida, Lisboa, 2000.

THERMIE, "A Green Vitruvius – Princípios e Práticas de Projecto para uma Arquitectura Sustentável", Edição Ordem dos Arquitectos, Lisboa, 2001.

Yannas, S., "Architecture; Sustainability and Environmental Design" in Proceedings of the 14th International Conference on Passive and Low Energy Architecture, Kushiro, Japan, 1997.

Yannas, S., "Fundamentals of Sustainable Architecture", Environment and Energy Studies Programme, Architectural Association Graduate School, London, 1997.

Yannas, S., "Solar Energy and Housing Design – Volume 1: Principles, Objectives, Guidelines", Architectural Association Publication, ,London, 1994.

Yannas, S., "Passive and Hybrid Cooling of Buildings – State of the Art", in Solar Energy, vol, 2 pp 251-271, 1992.

Yannas, S., "Living with the City – Urban Design and Environmental Sustainability", in Proceedings Conferences, Lisbon, 1998.

Ugers, O. M., "ordo, onto et mesura": criteri architectonic de Renascimento", In: a cura di H. Millon e V. Lmpugnani. Rinascimento da Brunesllleshi a Michelangelo – La Representatione dell'architecttura. Milano, 1994.

Vegara, A. e Rivas, J.L., "Territórios Inteligentes", Edicíon Fundacion Metropoli, Madrid, 2004.

Vitruvius, P. "Vitruvio - Tratado de Arquitectura", IST Press, Lisboa, 2006.

Anexos

Anexo A

Matriz bioclimática.

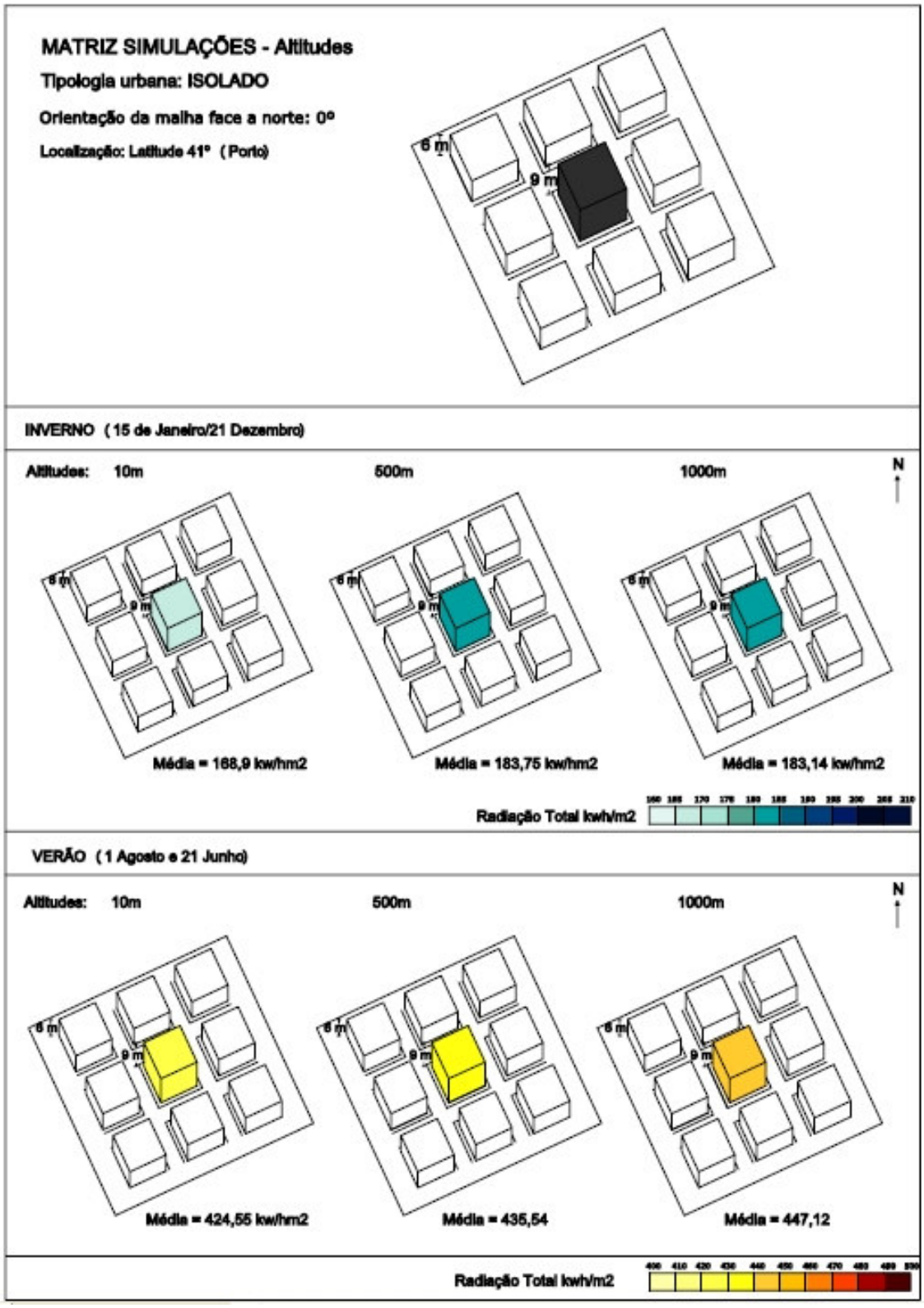


Figura 322 - Matriz simulações, altitudes – isolado.

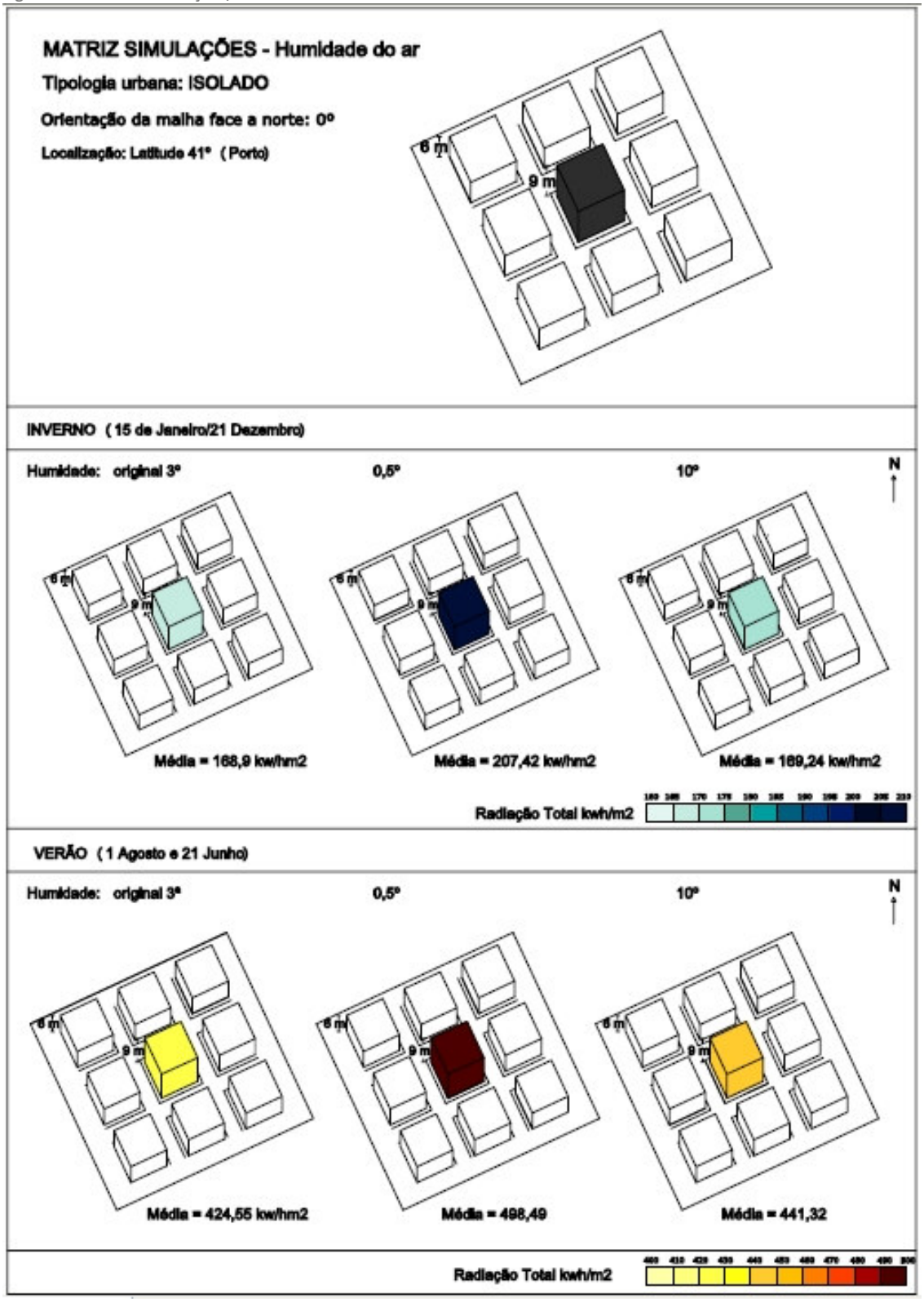


Figura 323 - Matriz simulações, humidade do ar – isolado.

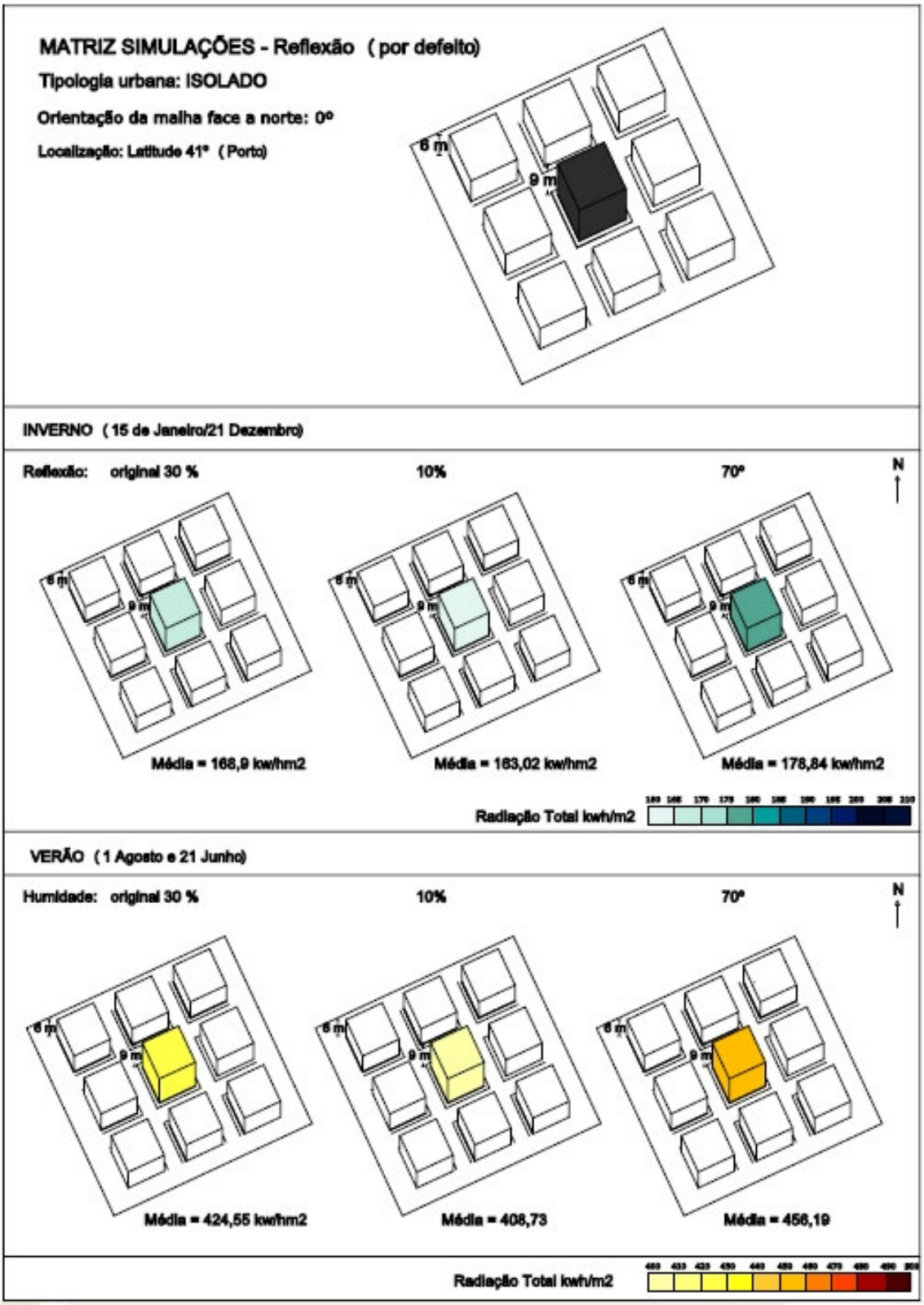


Figura 324 - Matriz simulações, reflexão (por defeito) – isolado.

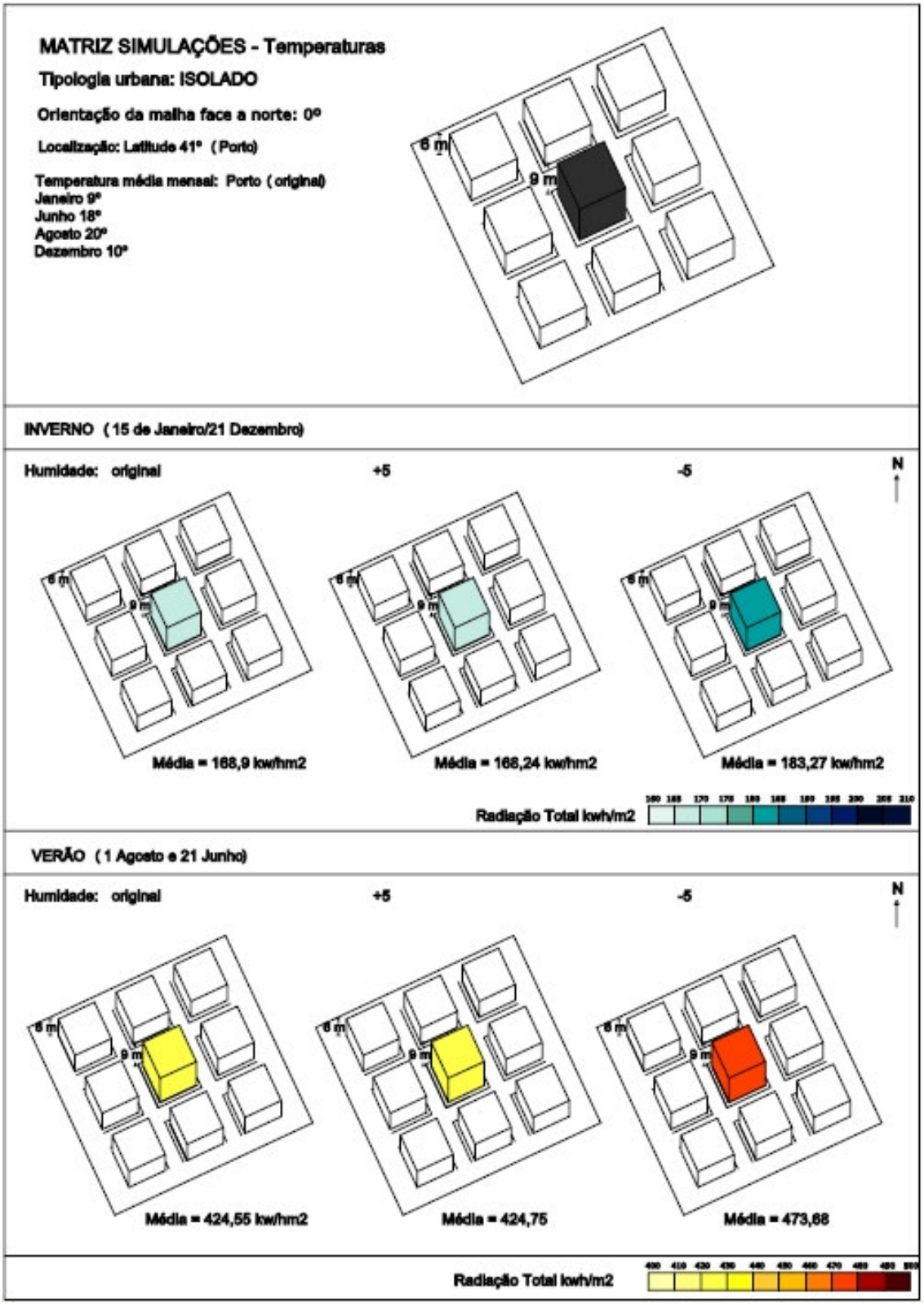


Figura 325 - Matriz simulações, temperaturas – isolado.

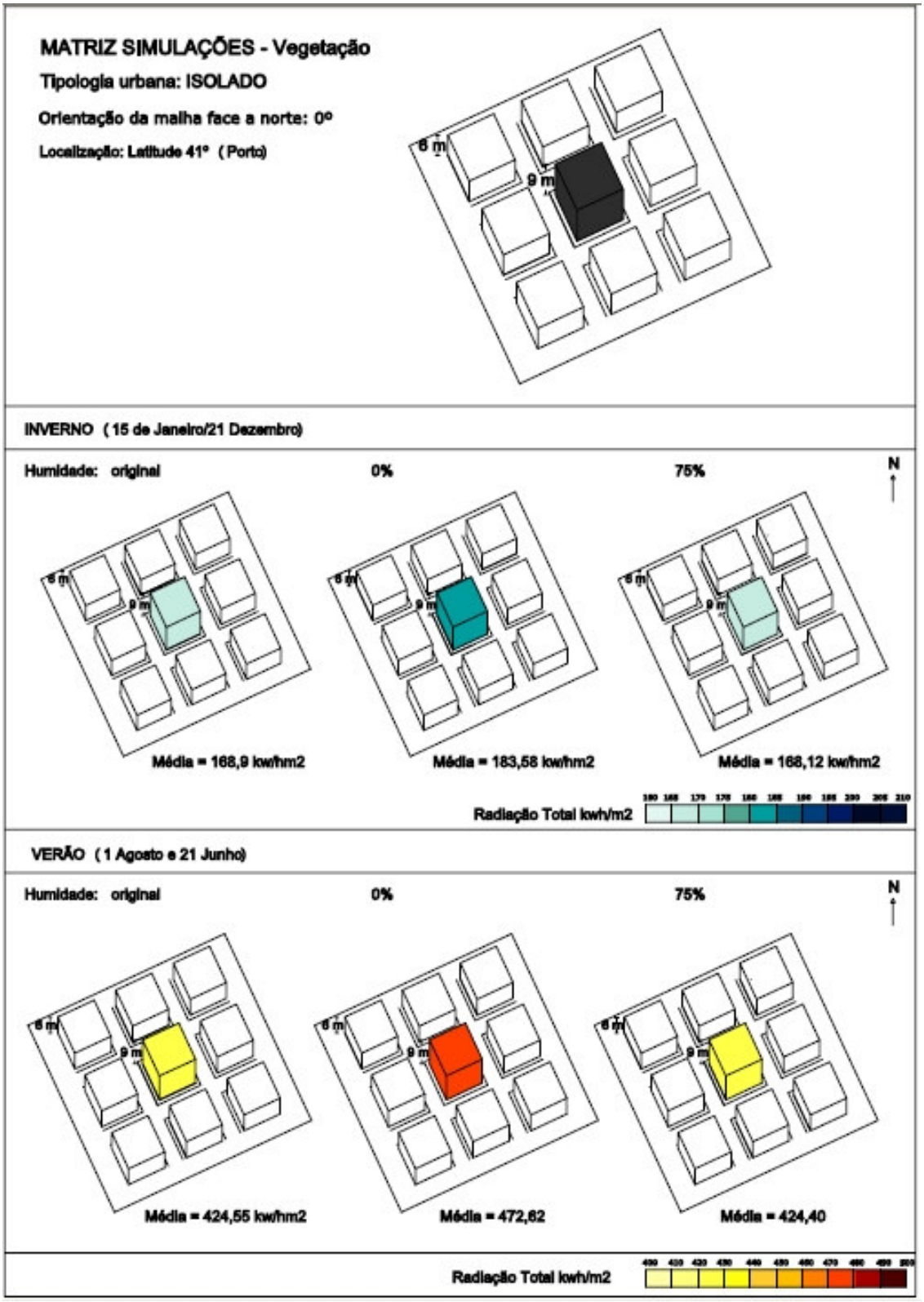


Figura 326 - Matriz simulações, vegetação – isolado.

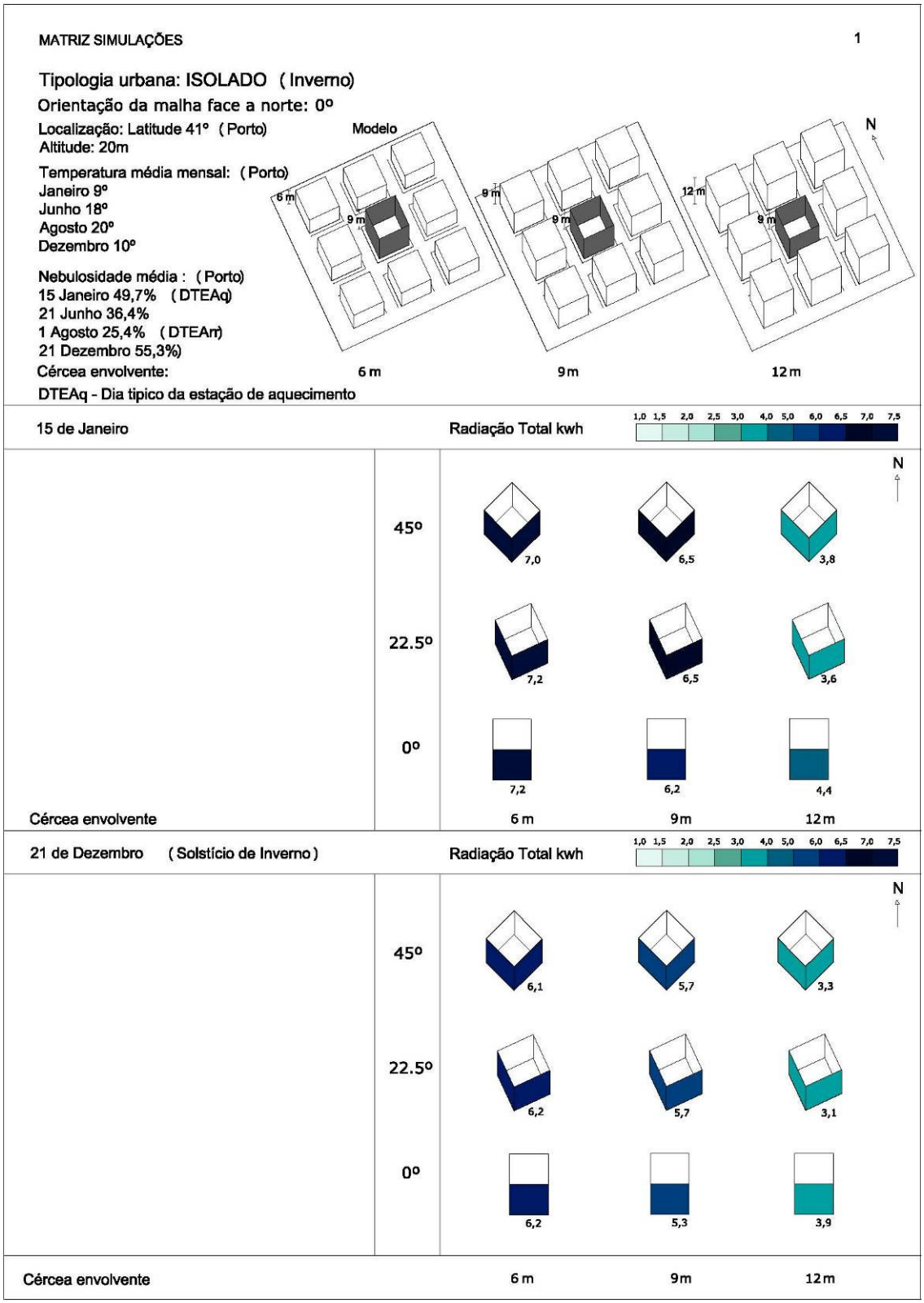


Figura 327 - Matriz simulações, isolado – inverno (Porto).

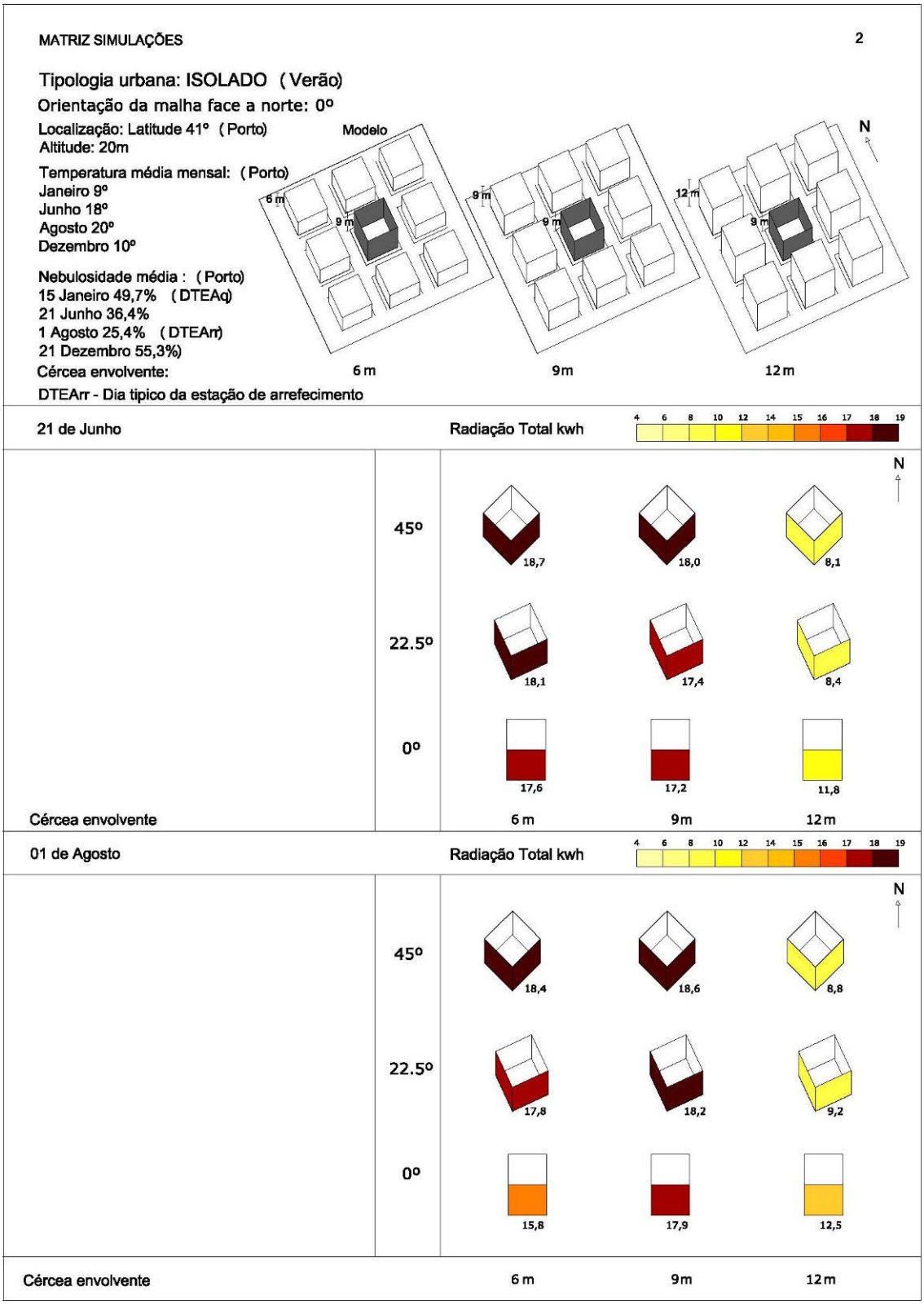


Figura 328 - Matriz simulações, isolado – verão (Porto).

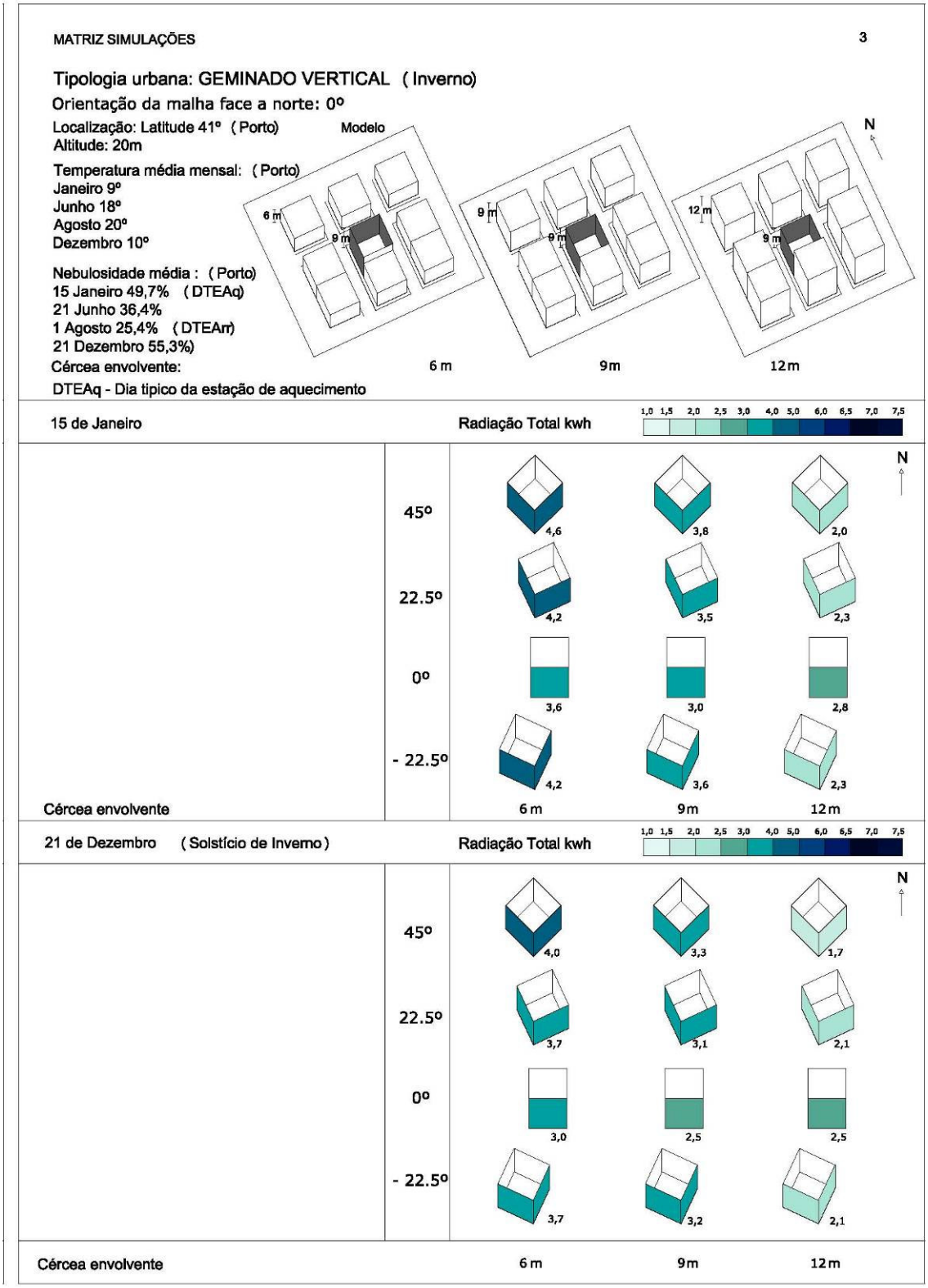


Figura 329 - Matriz simulações, geminado vertical – inverno (Porto).

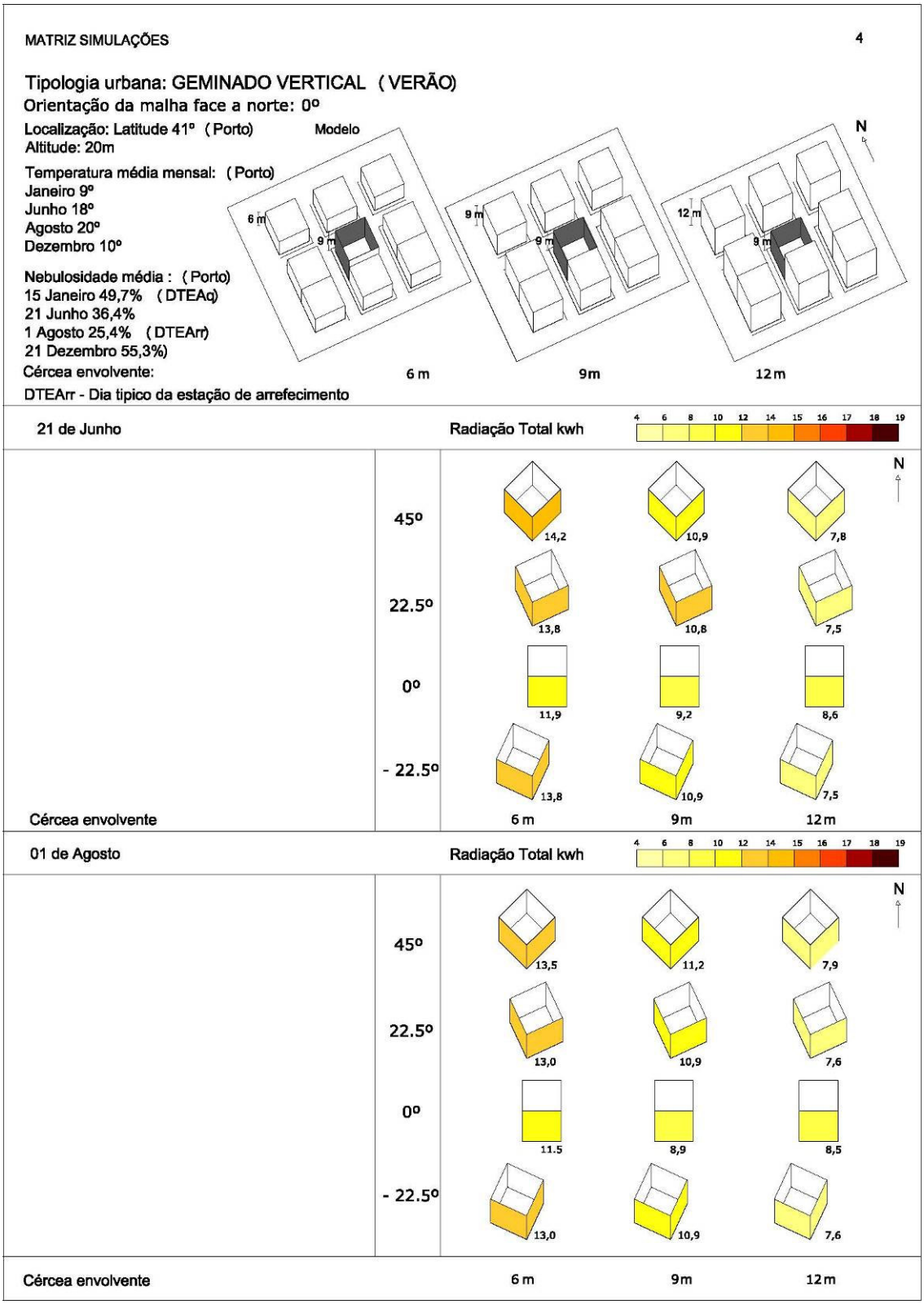


Figura 330 - Matriz simulações, geminado vertical – verão (Porto).

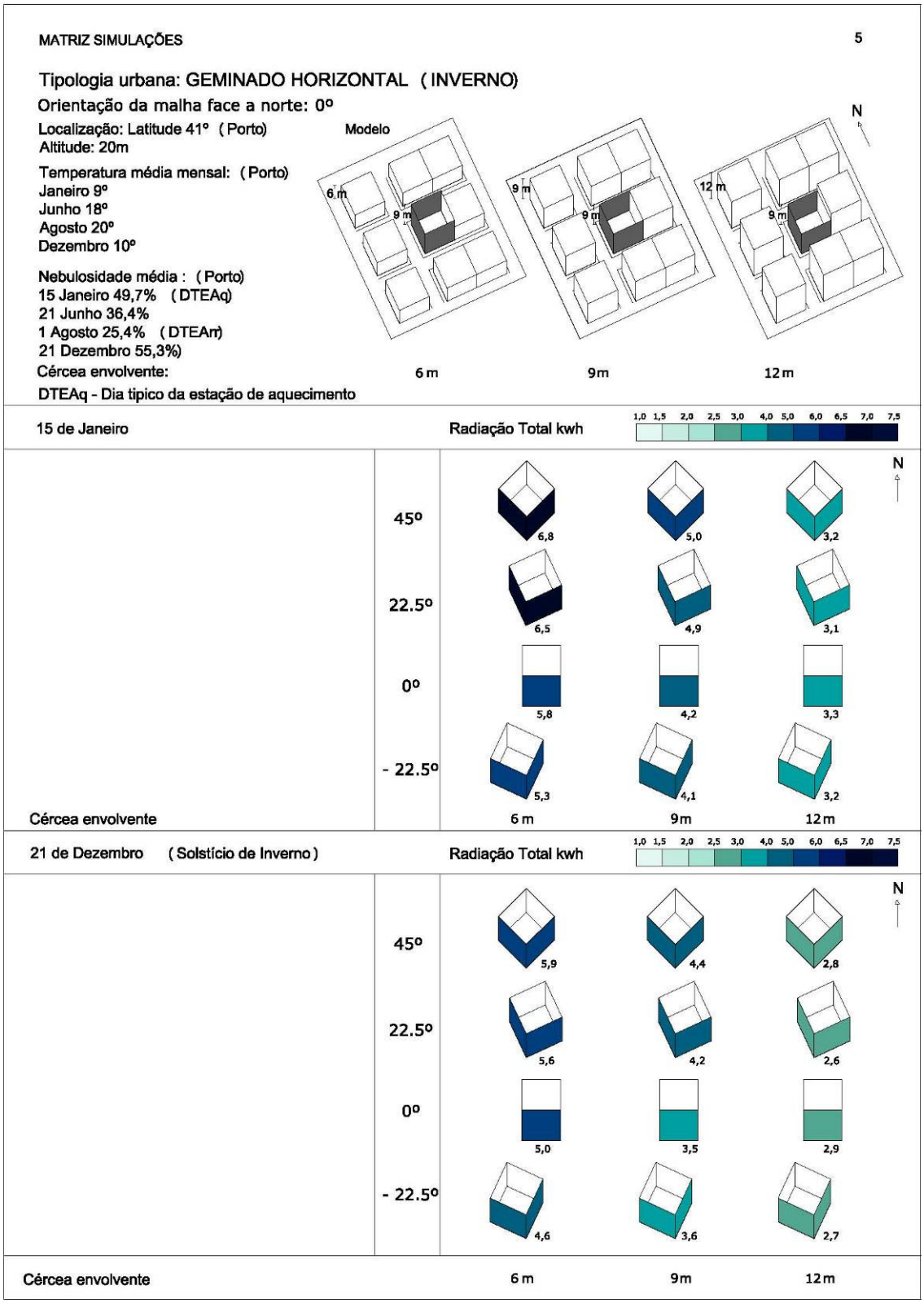


Figura 331 - Matriz simulações, geminado horizontal – inverno (Porto).

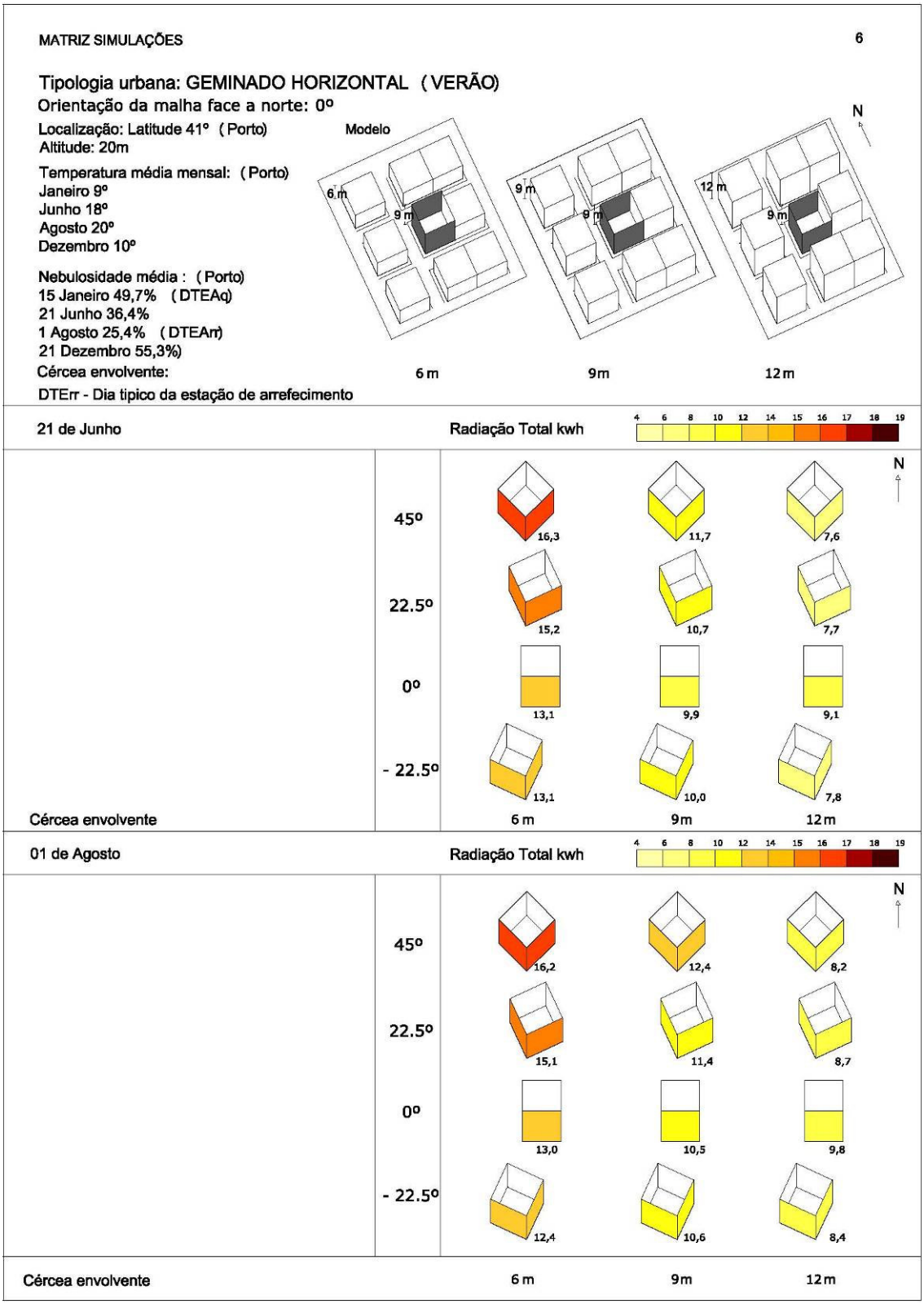


Figura 332 - Matriz simulações, geminado horizontal – verão (Porto).

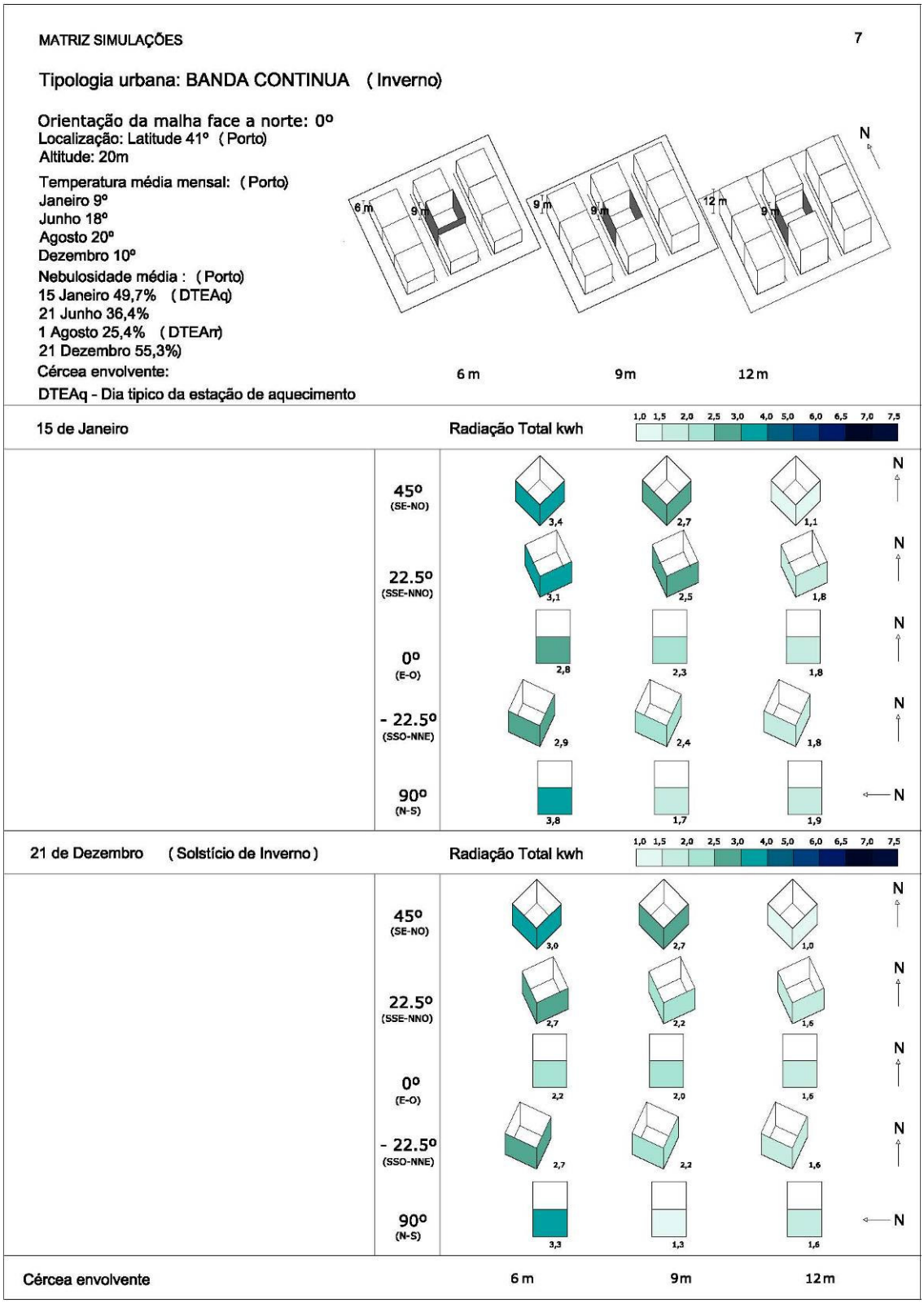


Figura 333 - Matriz simulações, banda continua – inverno (Porto).

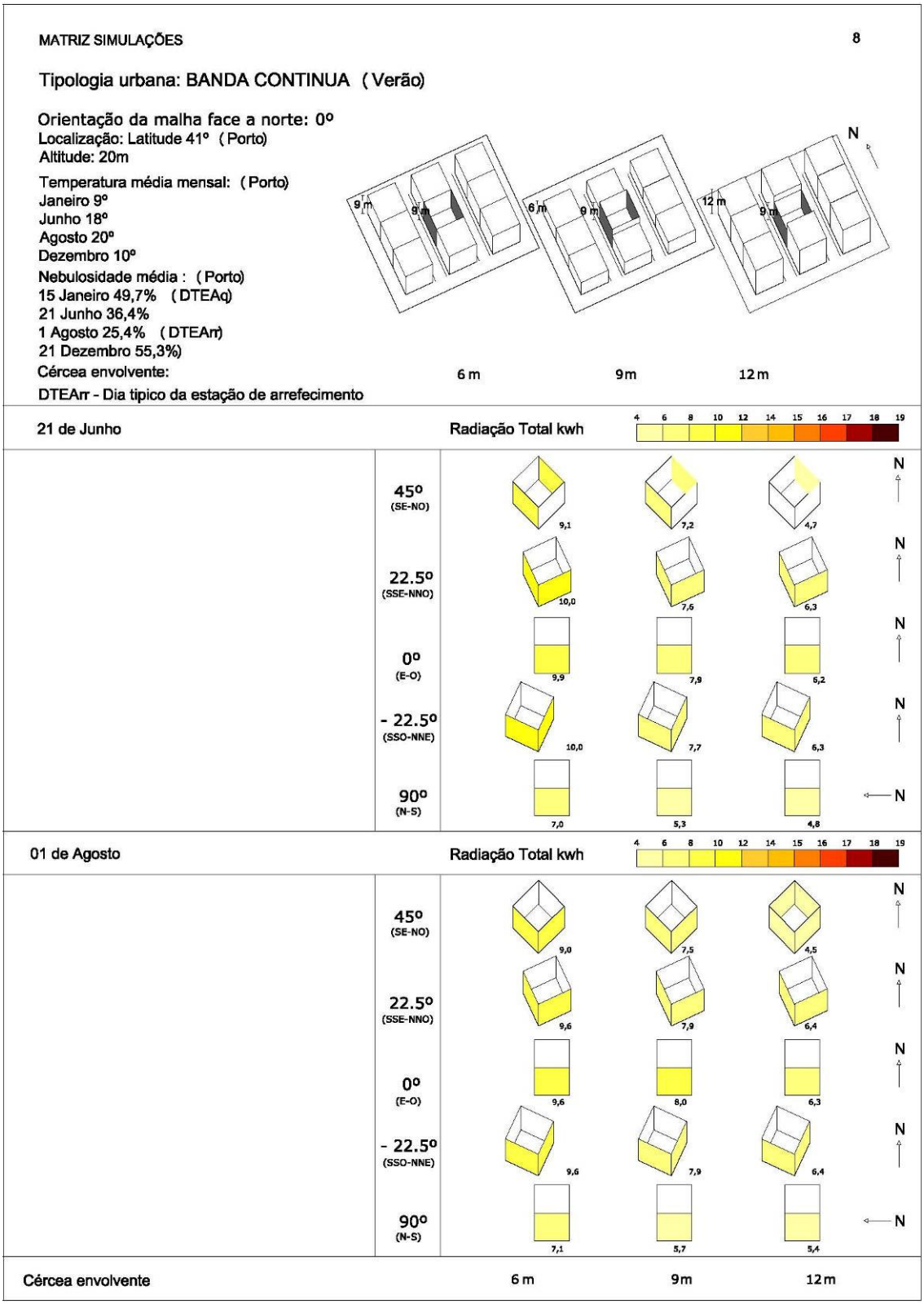


Figura 334 - Matriz simulações, banda continua – verão (Porto).

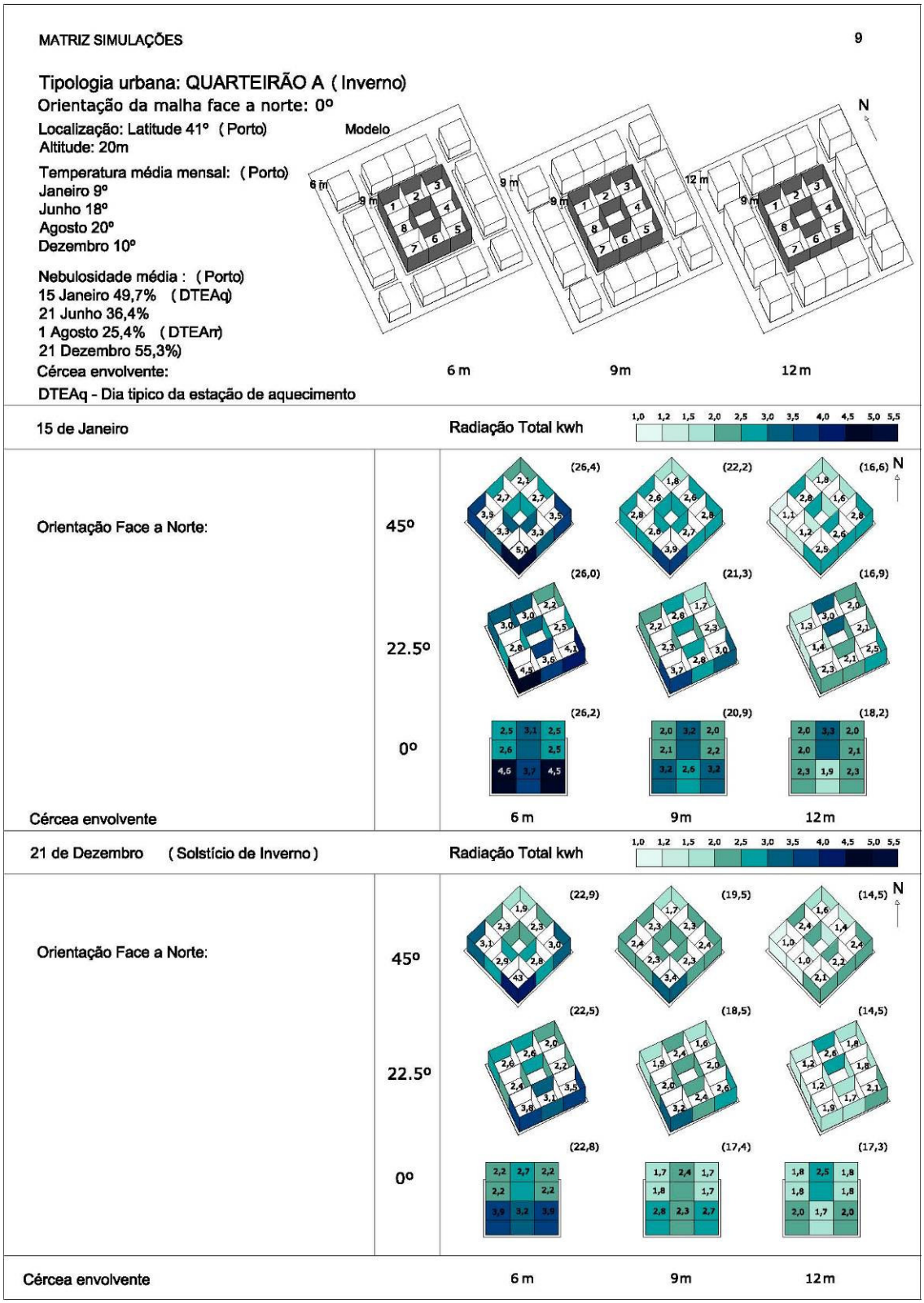


Figura 335 - Matriz simulações, quarteirão a – inverno (Porto).

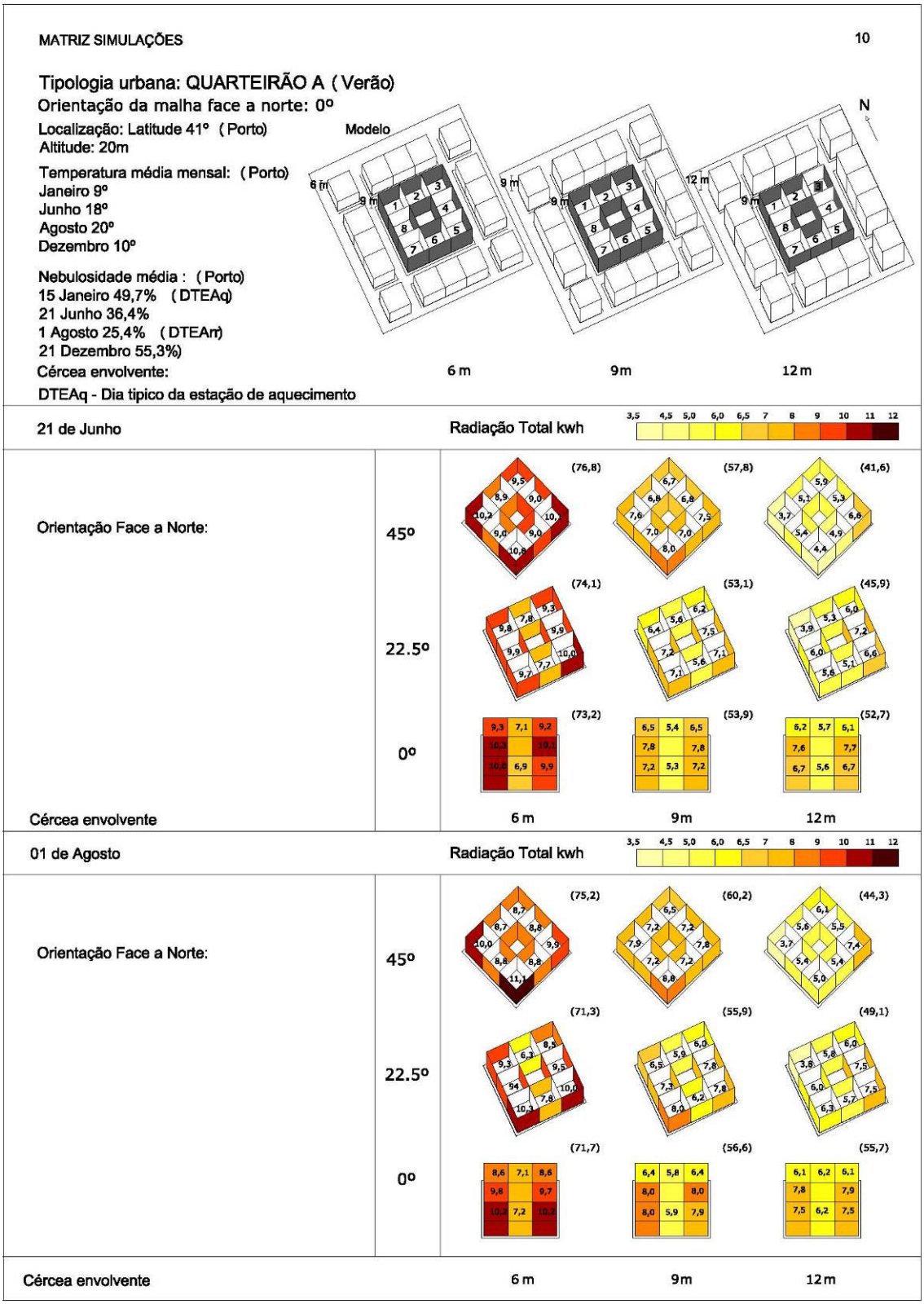


Figura 336 - Matriz simulações, quarteirão a – verão (Porto).

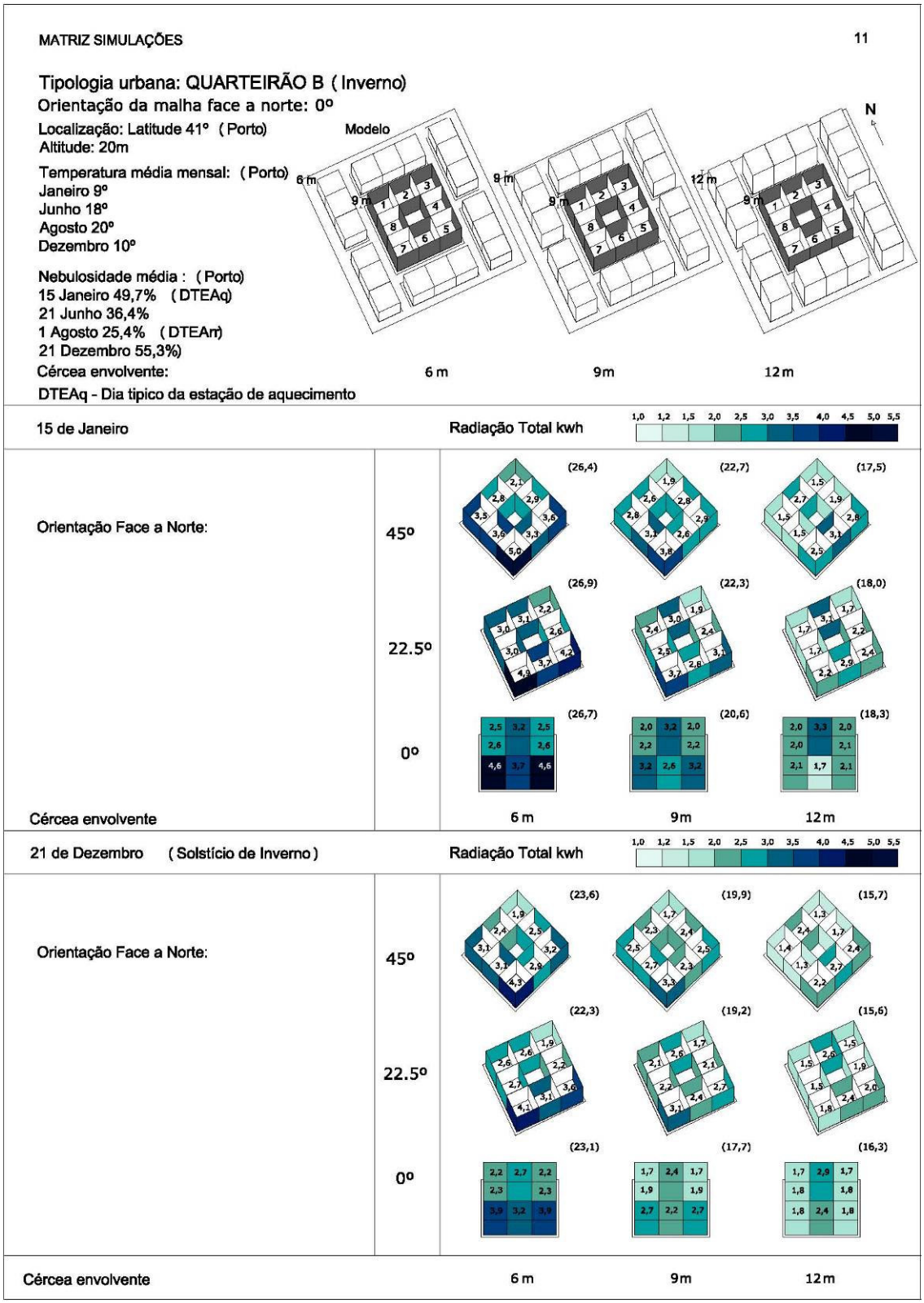


Figura 337 - Matriz simulações, quarteirão b – inverno (Porto).

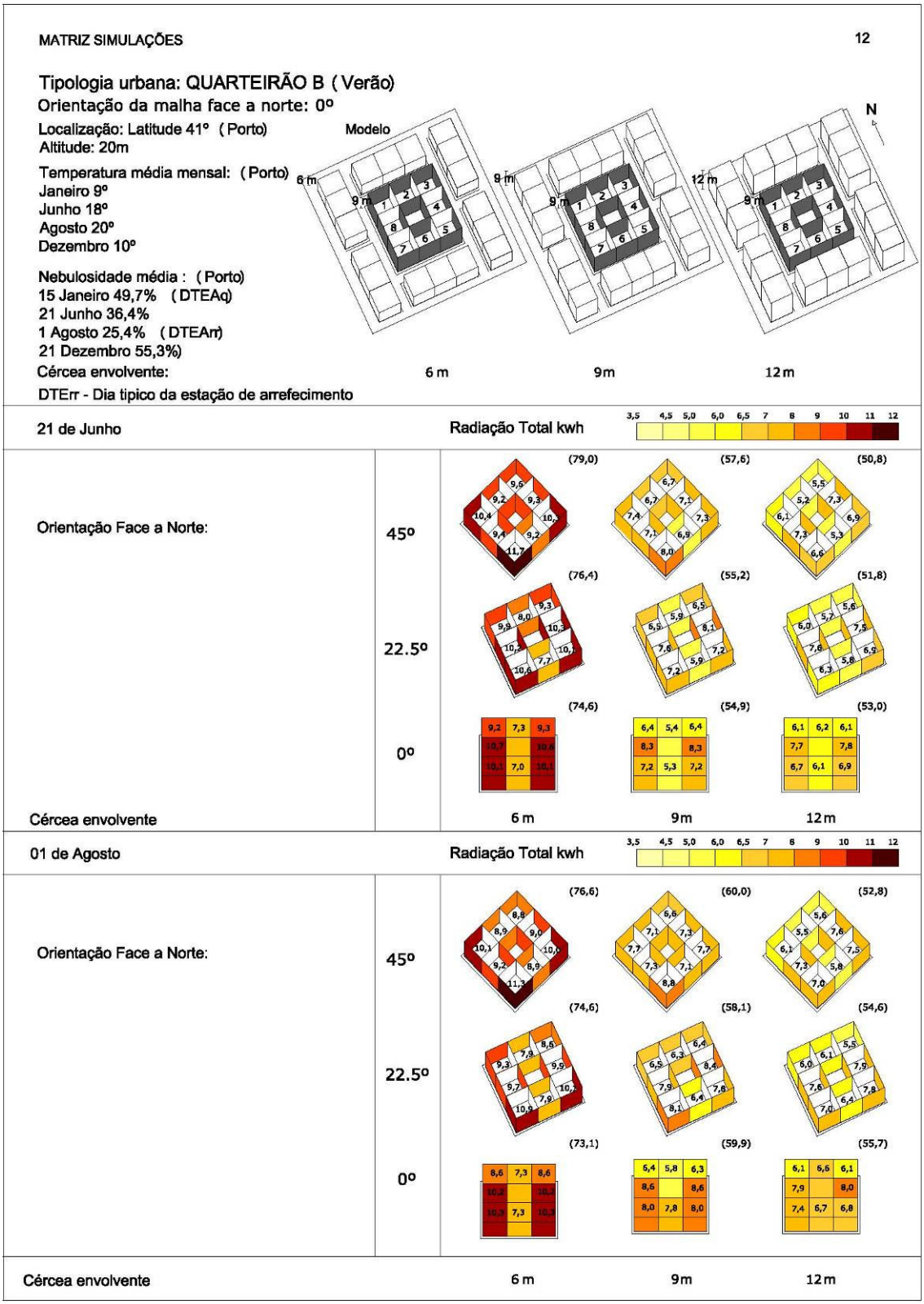


Figura 338 - Matriz simulações, quarteirão b – verão (Porto).

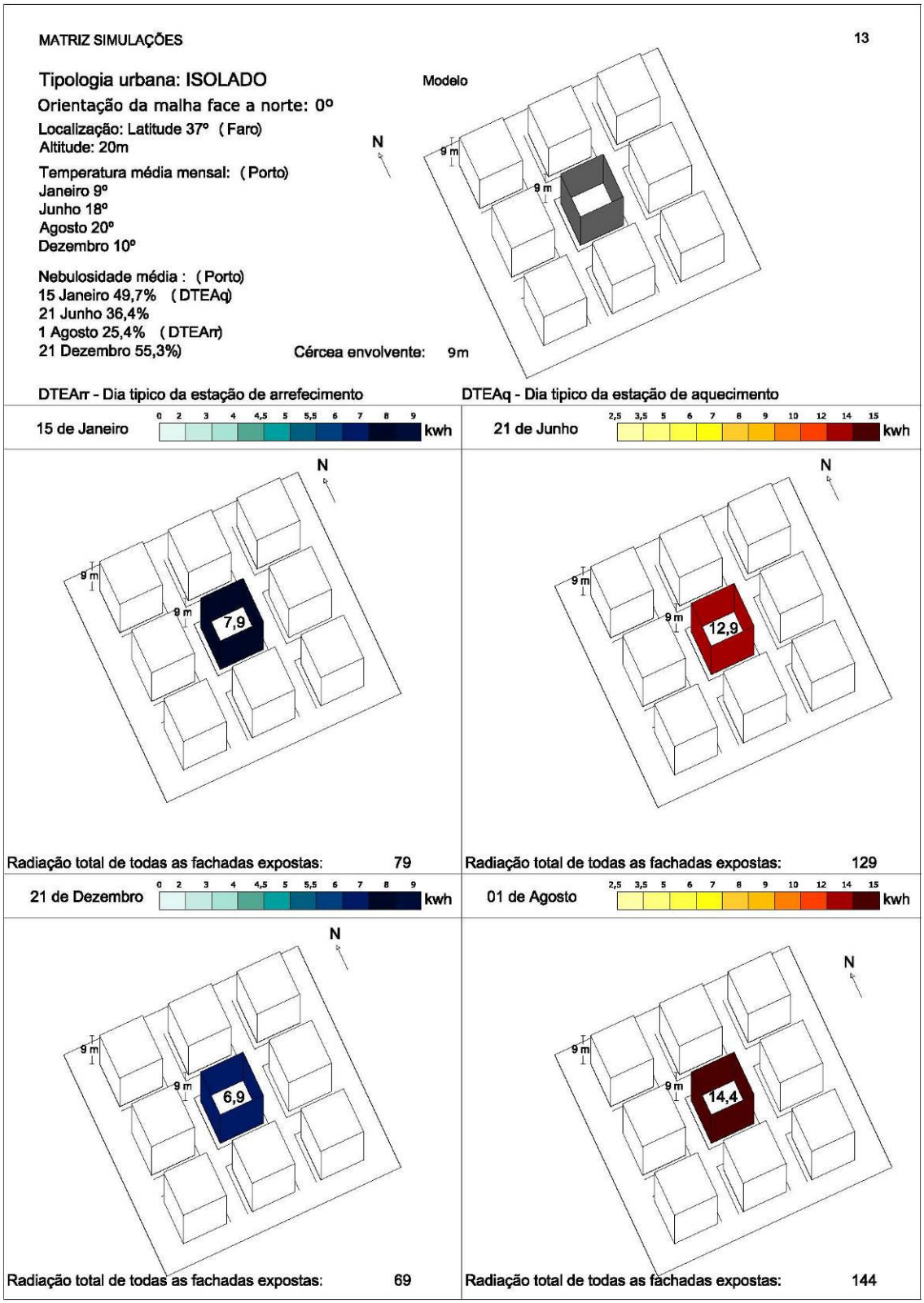


Figura 339 - Matriz simulações, isolado (Faro).

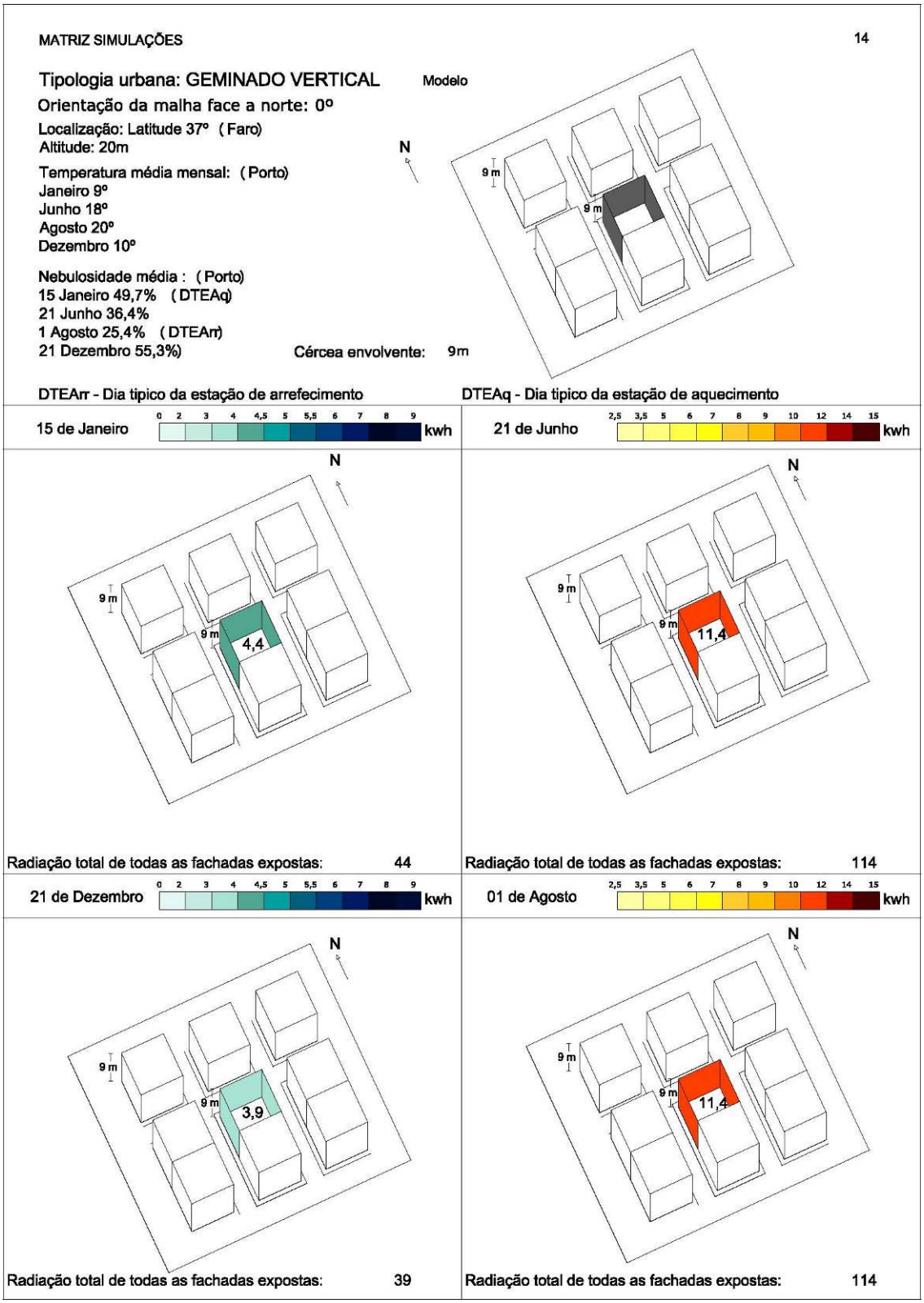


Figura 340 - Matriz simulações, geminado vertical (Faro).

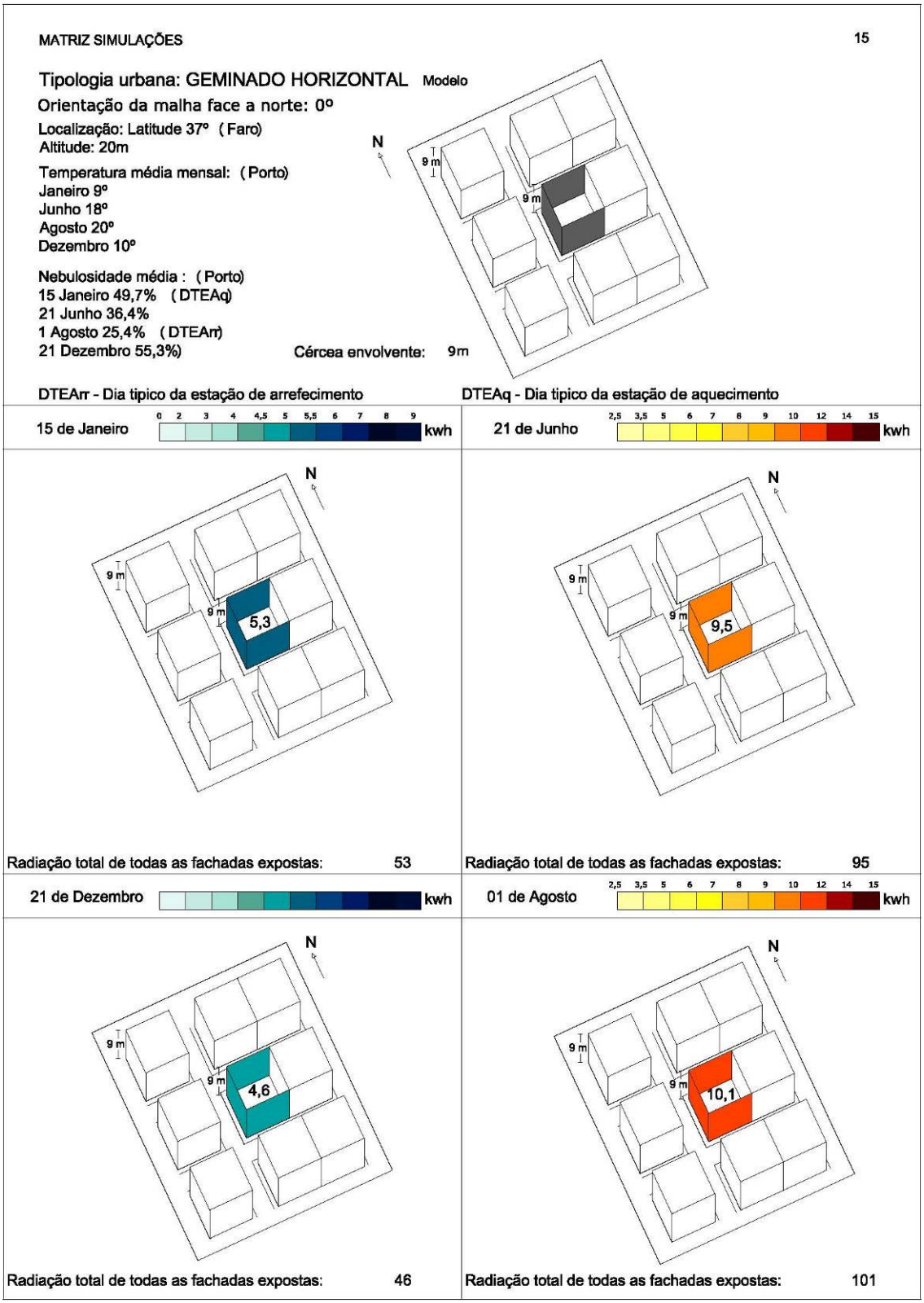


Figura 341 - Matriz simulações, geminado horizontal (Faro).

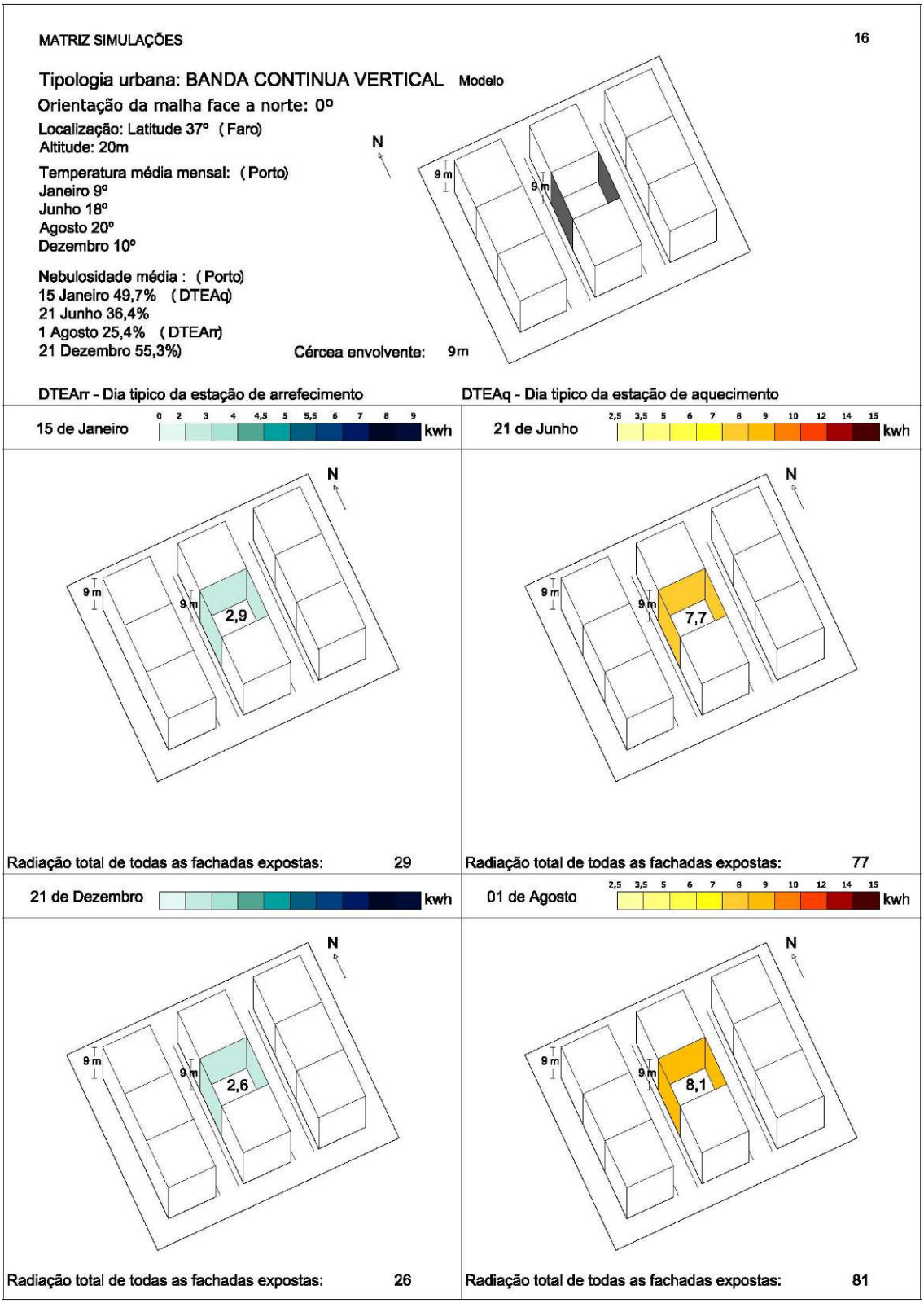


Figura 342 - Matriz simulações, banda continua vertical (Faro).

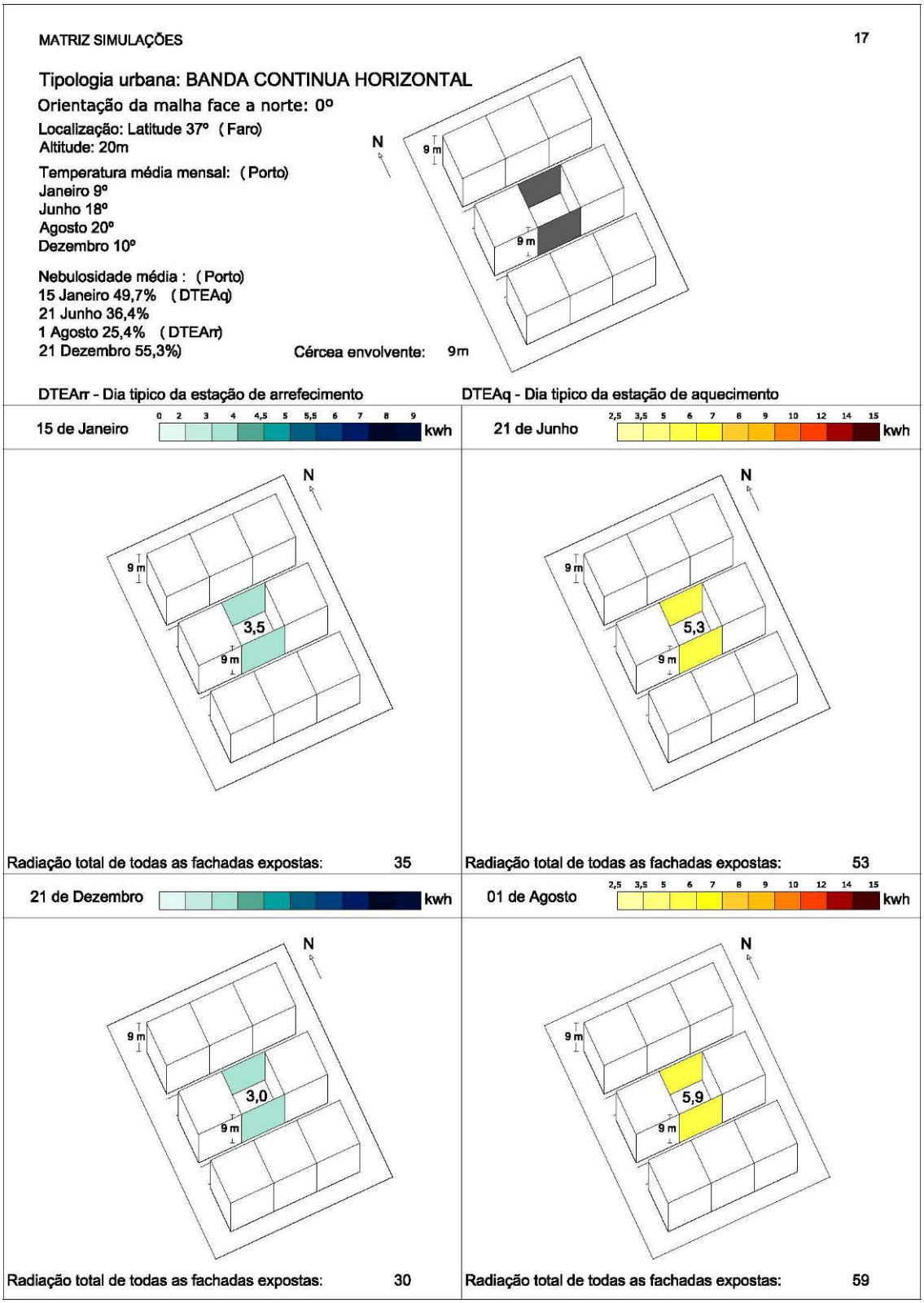


Figura 343 - Matriz simulações, banda continua horizontal (Faro).

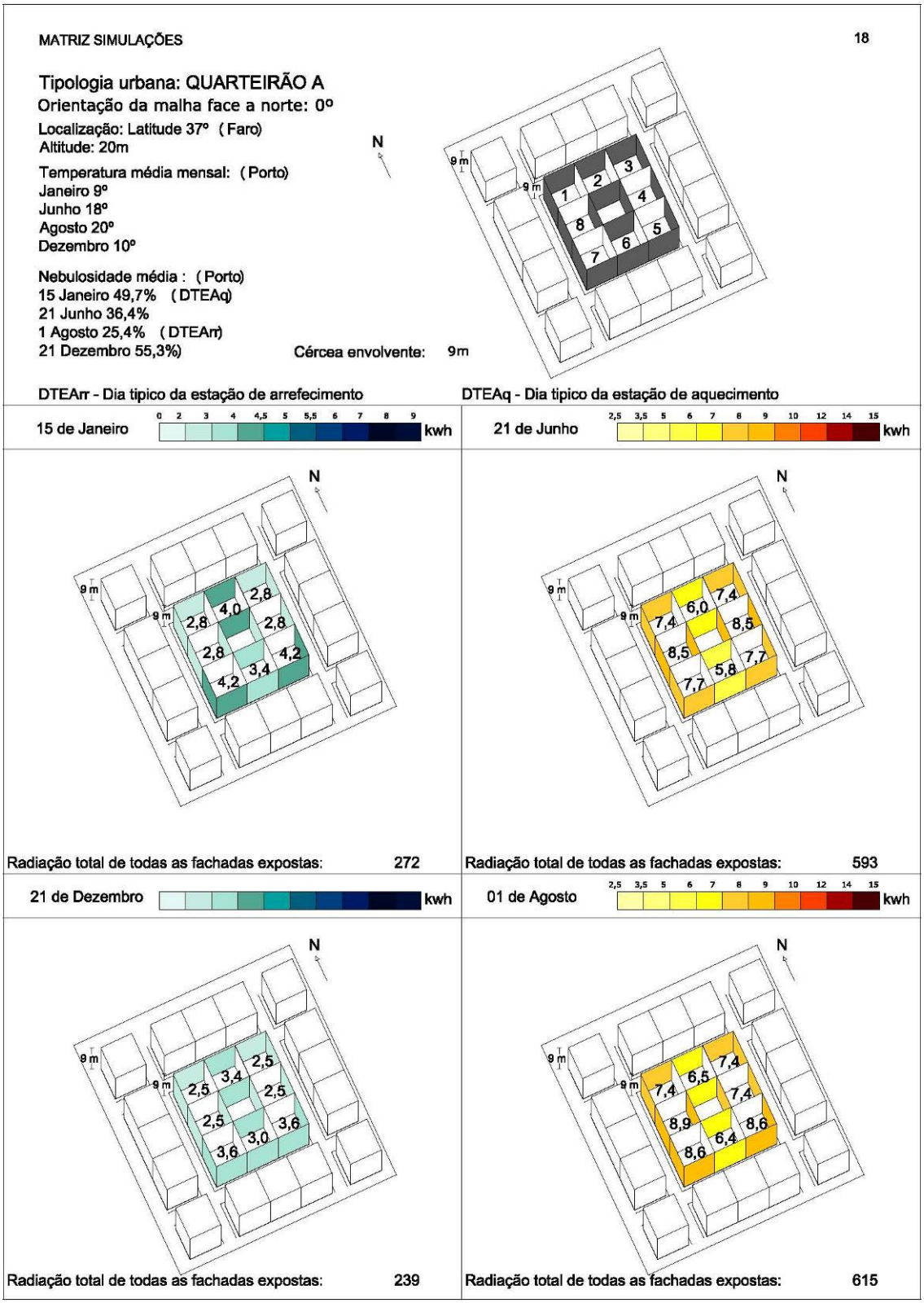


Figura 344 - Matriz simulações, quarteirão a (Faro).

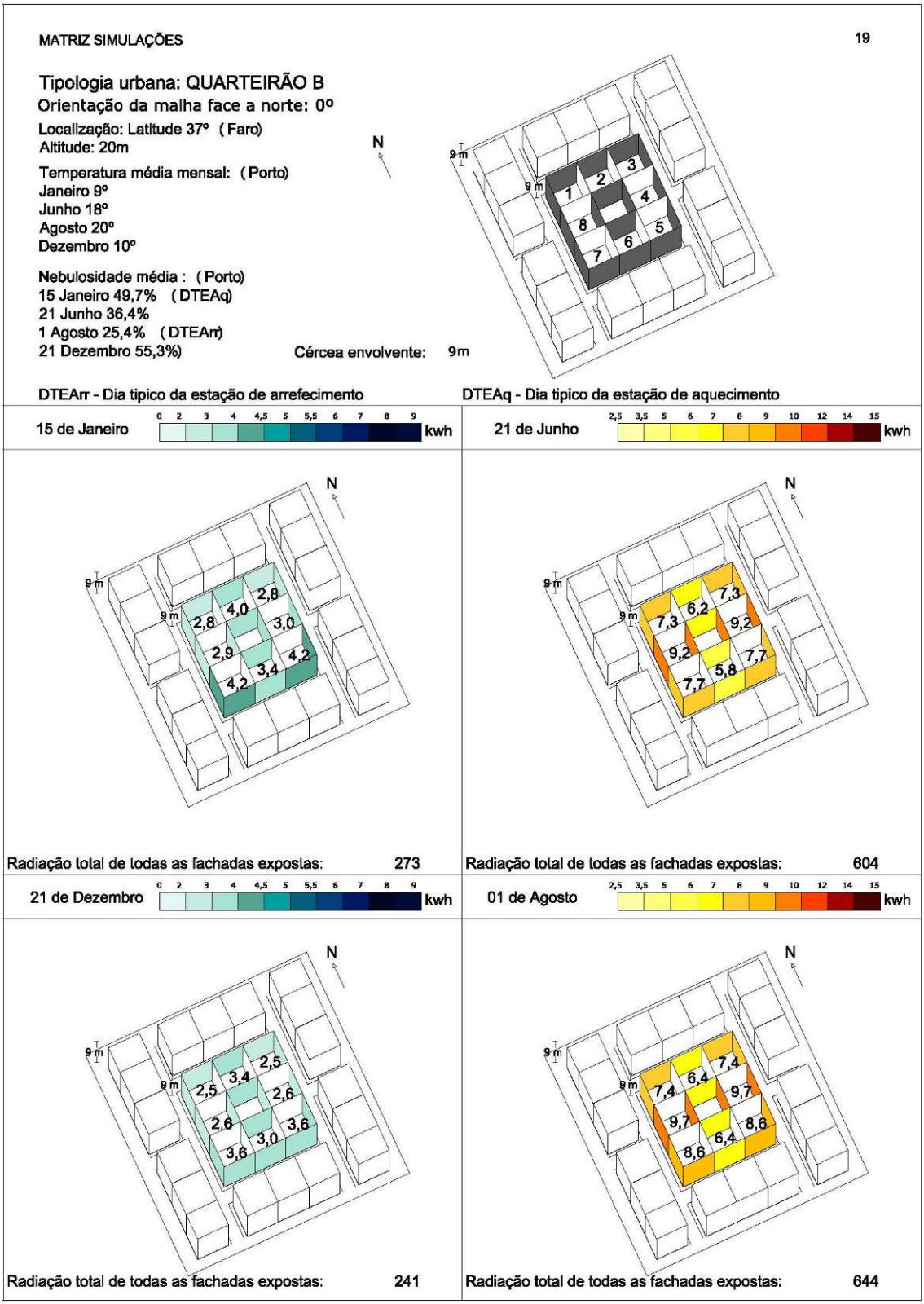


Figura 345 - Matriz simulações, quarteirão b (Faro).

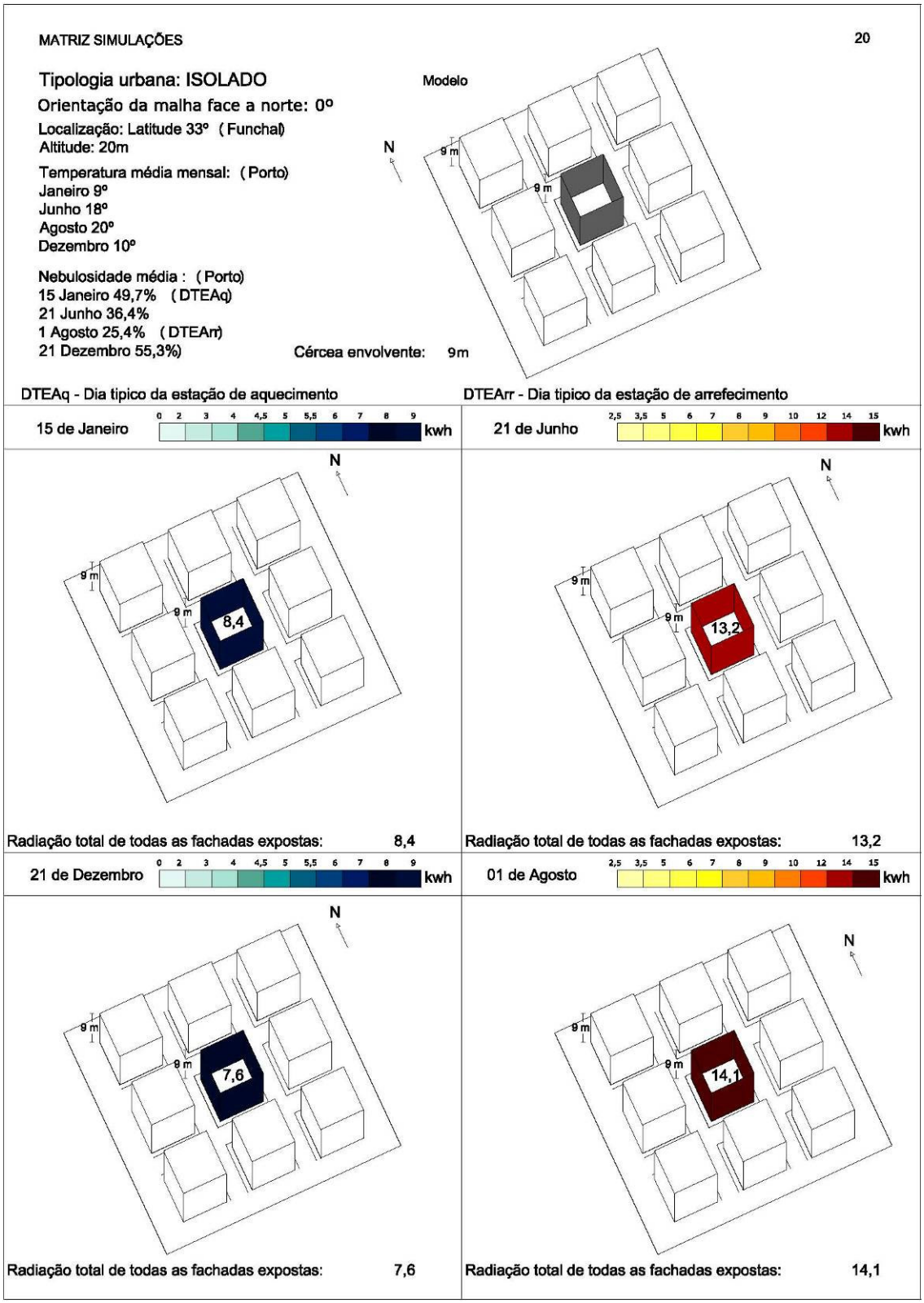


Figura 346 - Matriz simulações, isolado (Funchal).

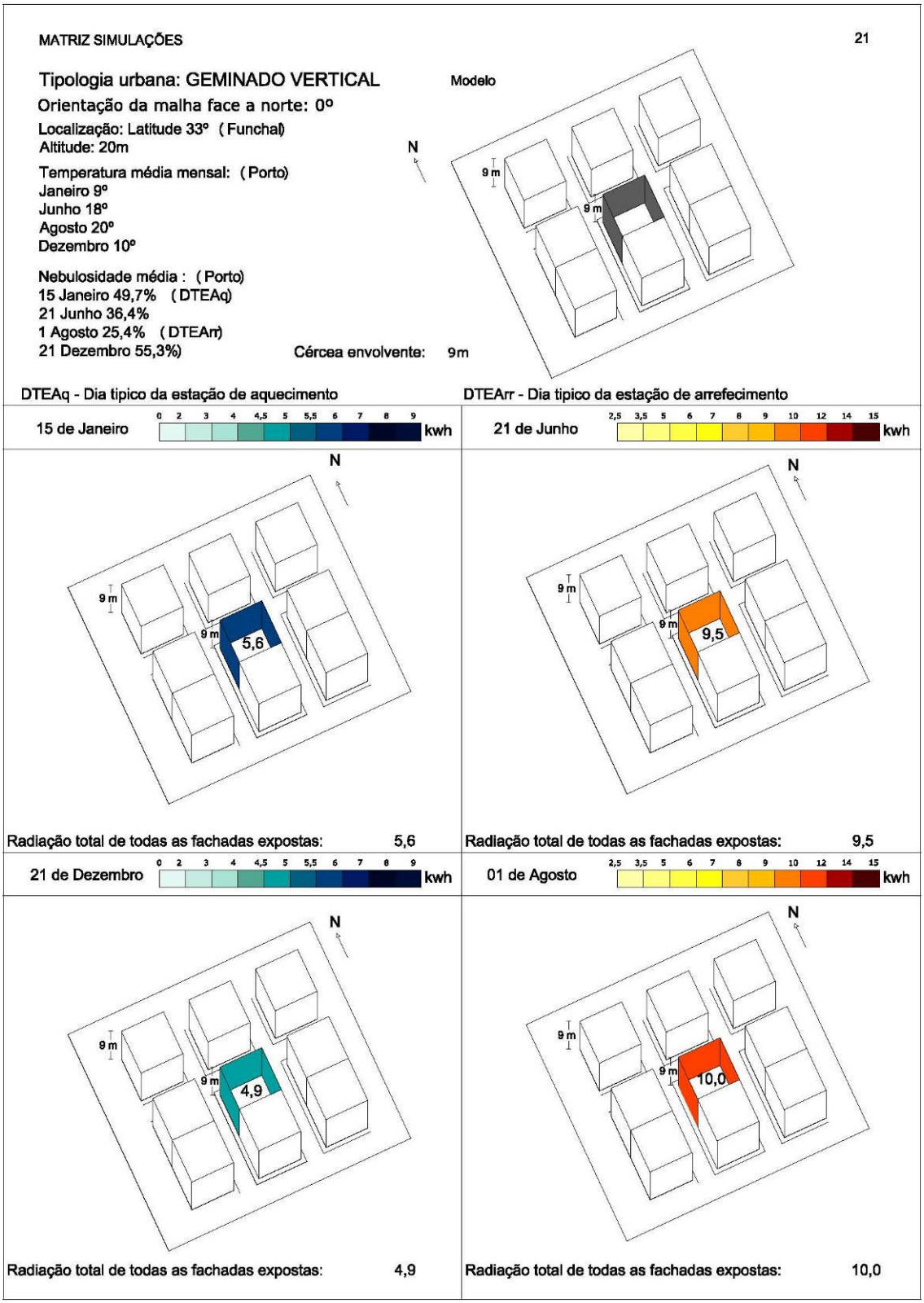


Figura 347 - Matriz simulações, geminado vertical (Funchal).

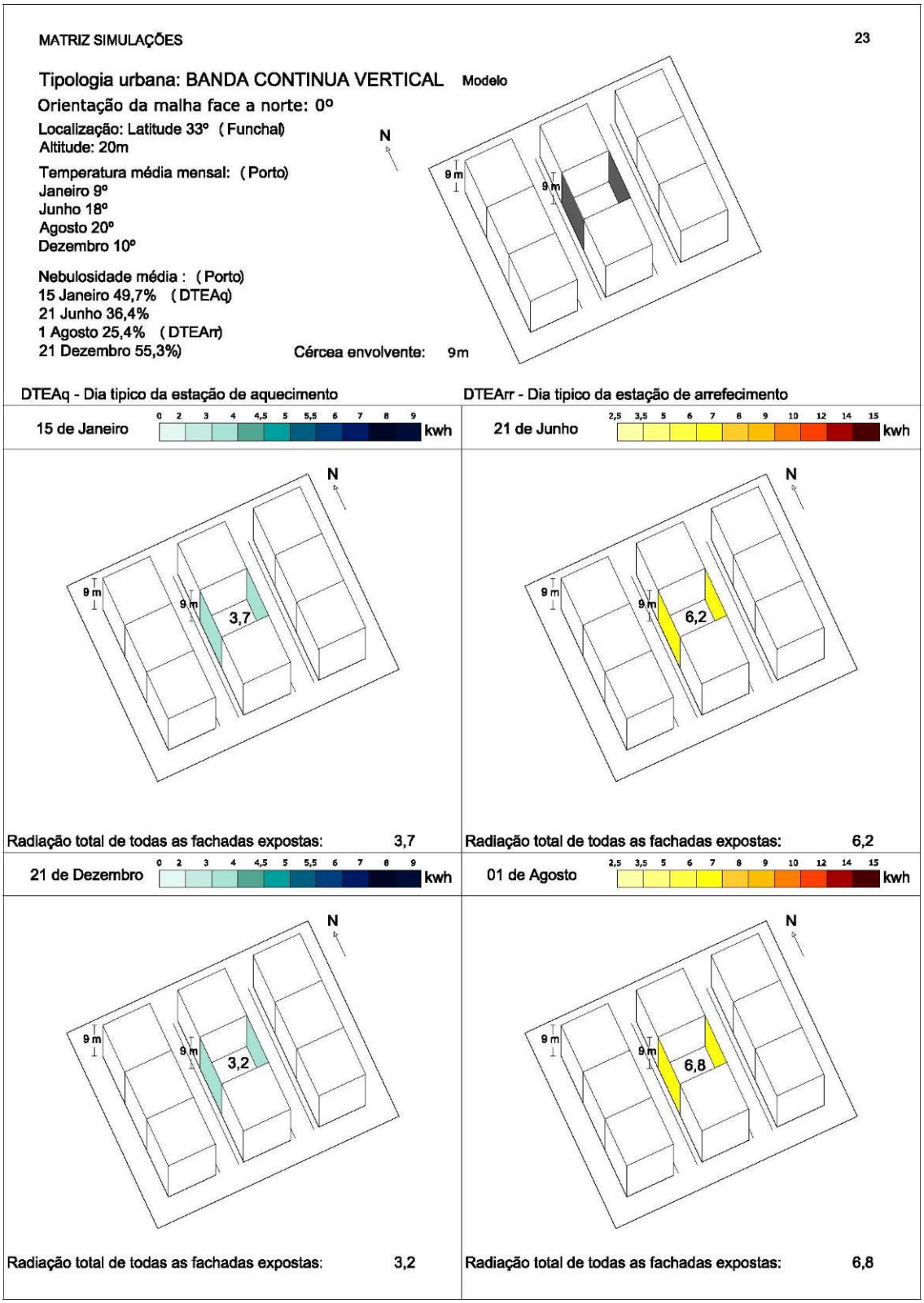


Figura 348 - Matriz simulações, geminado horizontal (Funchal).

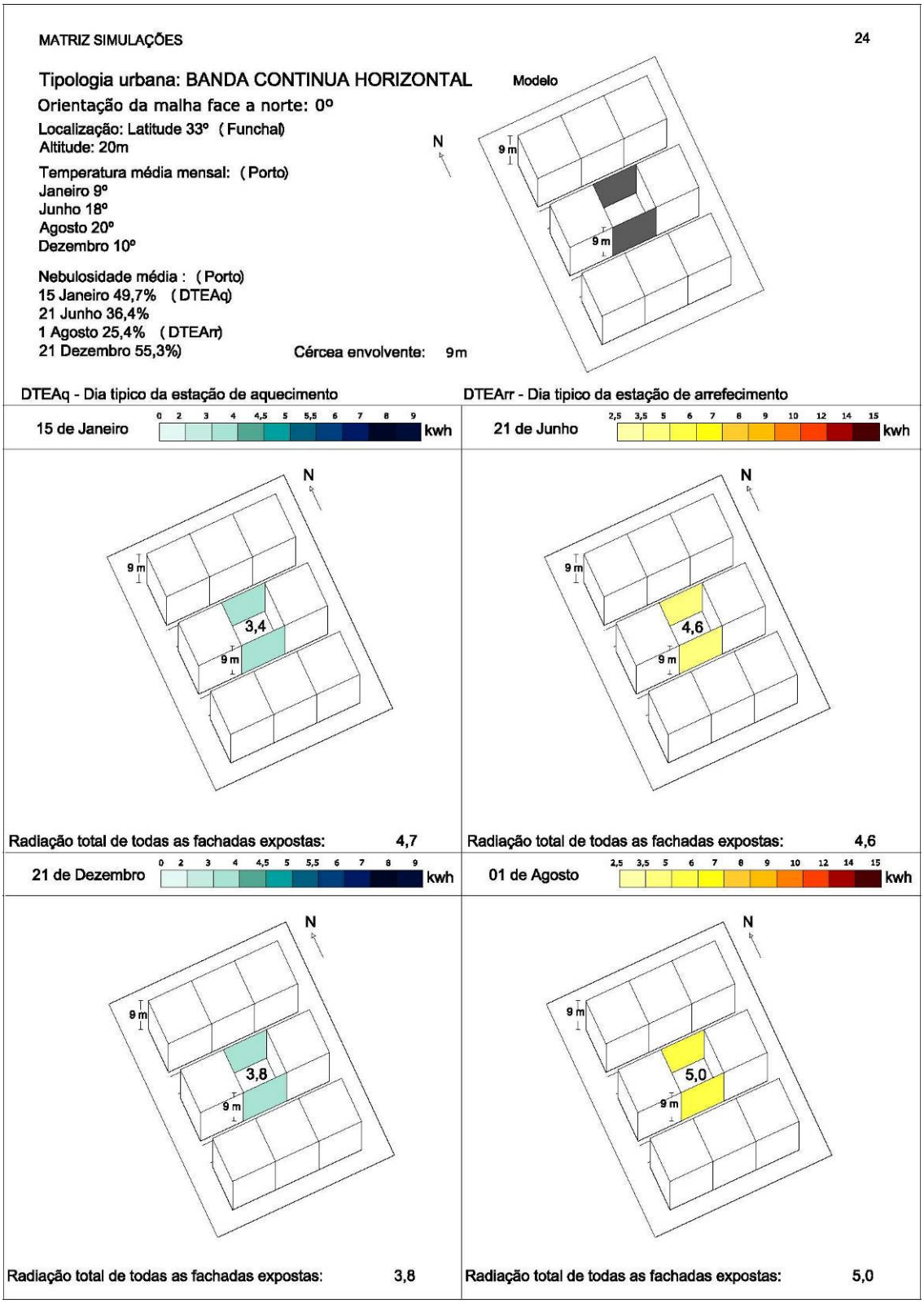


Figura 349 - Matriz simulações, banda continua horizontal (Funchal).

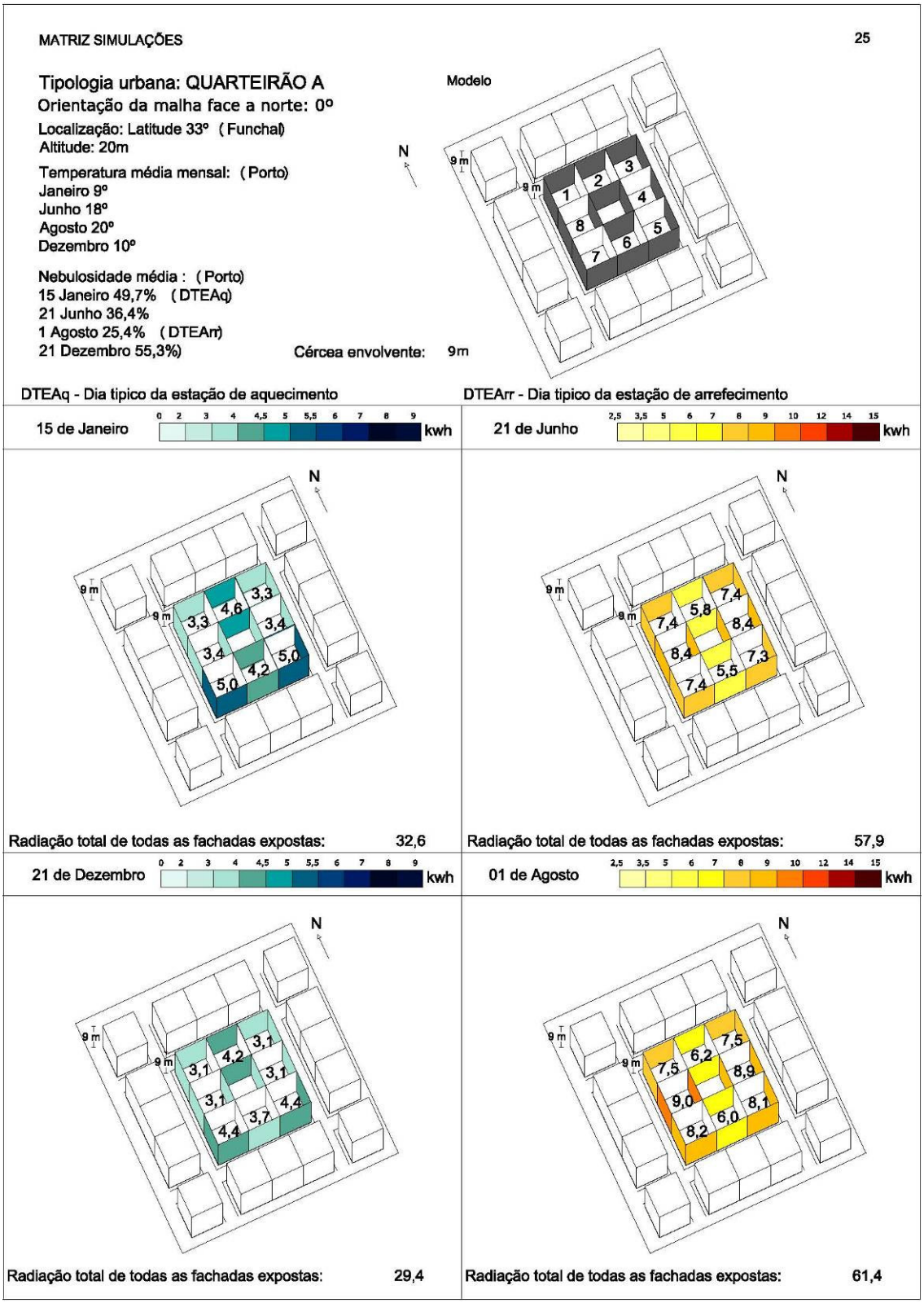


Figura 350 - Matriz simulações, quarteirão a (Funchal).

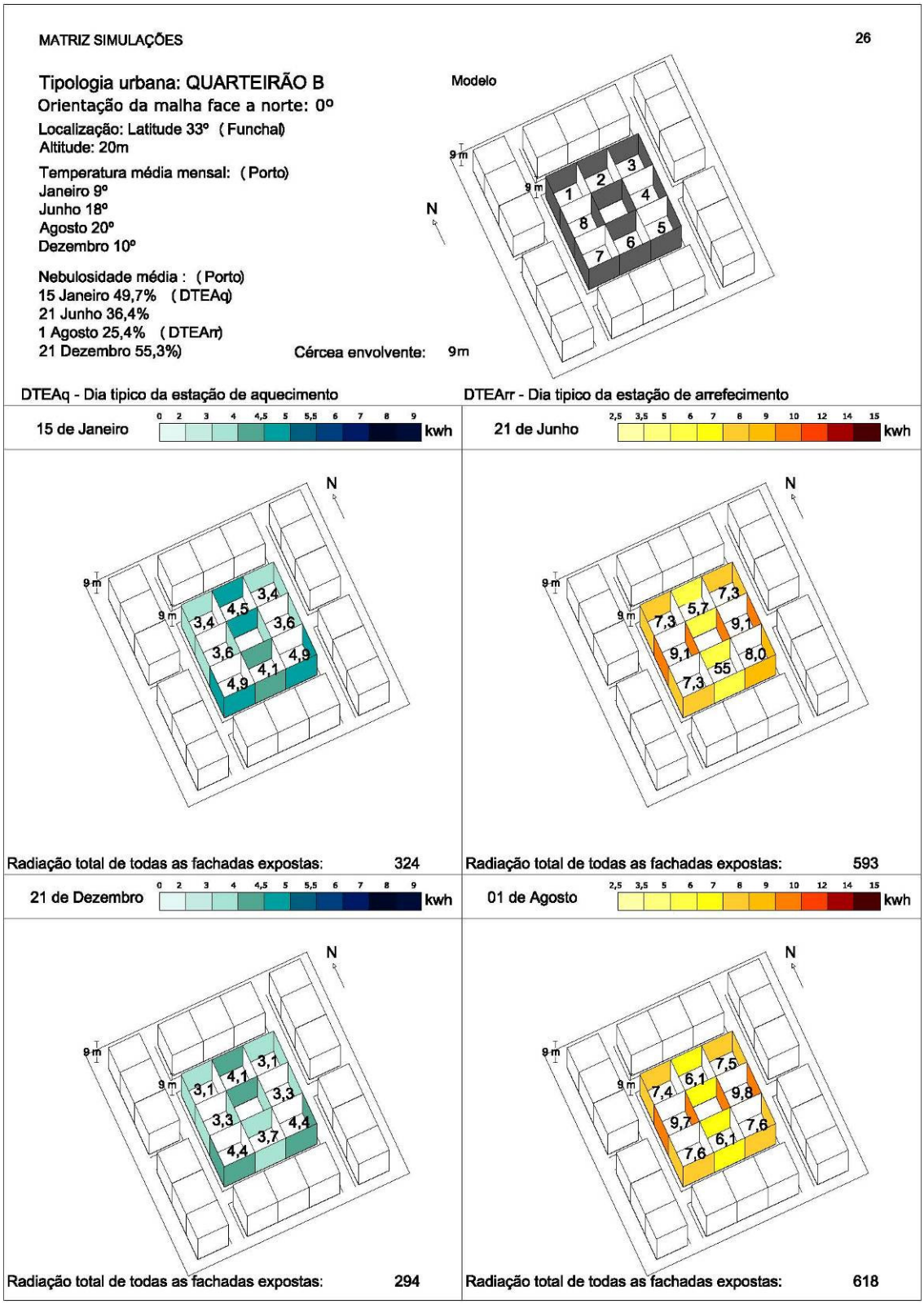


Figura 351 - Matriz simulações, quarteirão b (Funchal).

Anexo B

Quarteirão de Espinho – Análise de necessidades de aquecimento e de arrefecimento

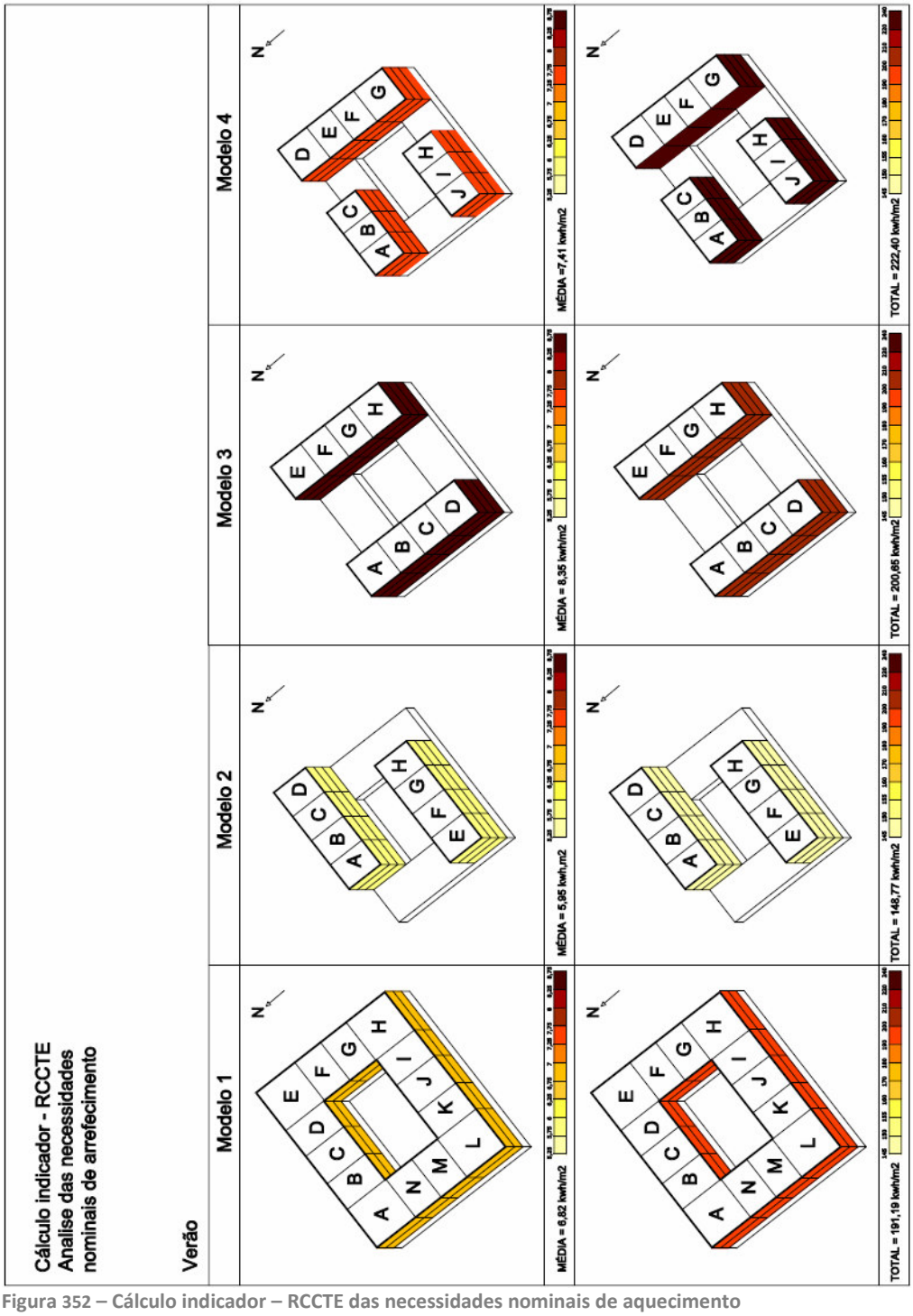


Figura 352 – Cálculo indicador – RCCTE das necessidades nominais de aquecimento

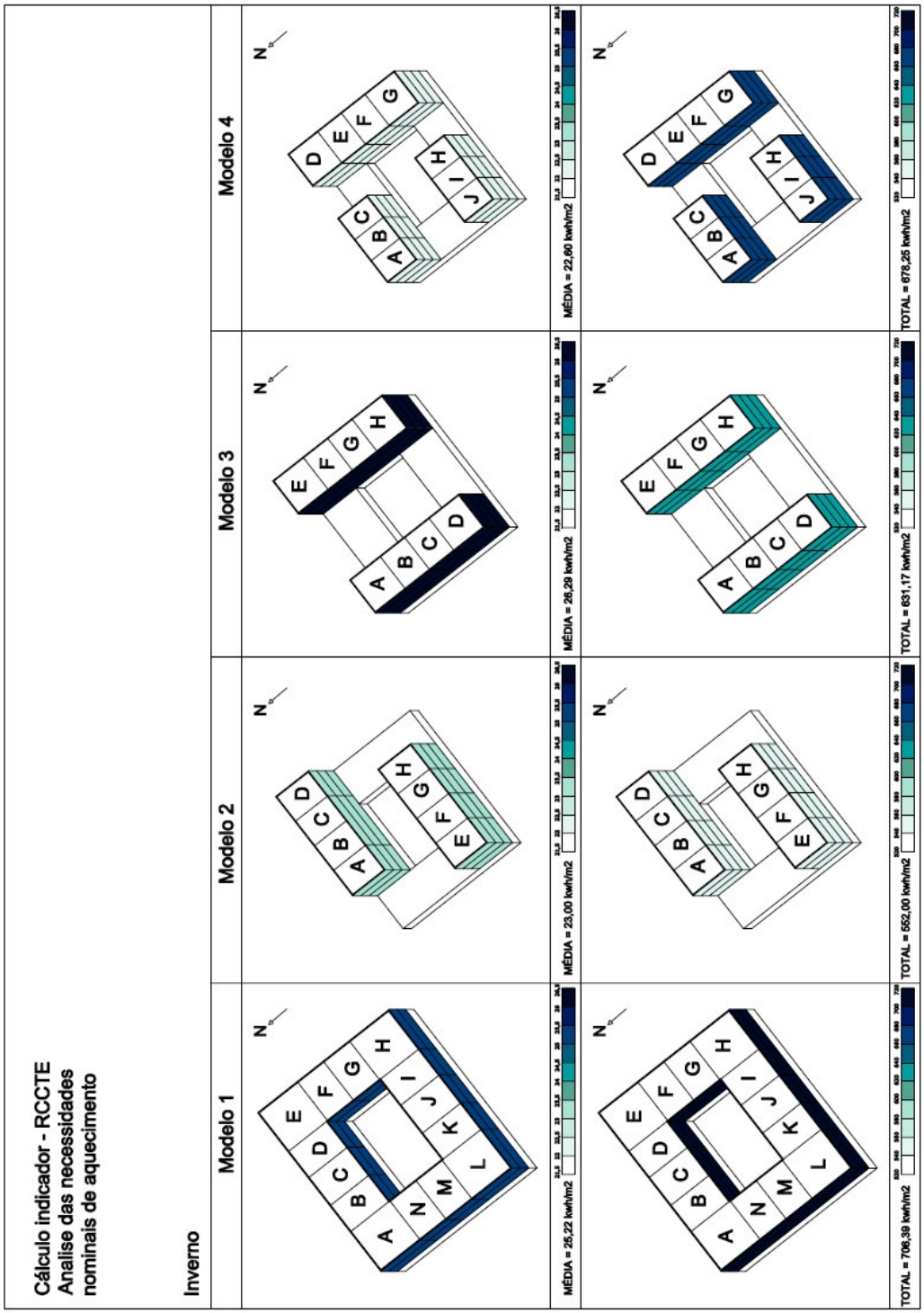
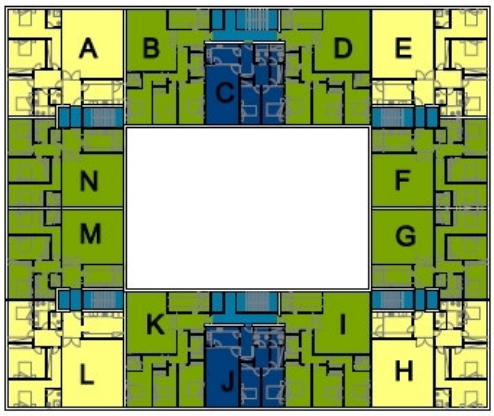
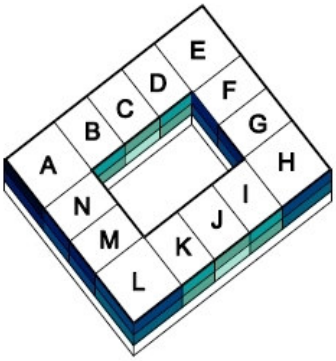


Figura 353 – Cálculo indicador – RCCTE das necessidades nominais de arrefecimento

Modelo 1



Necessidades Nominais de Aquecimento Nic (kWh/m2.ano)

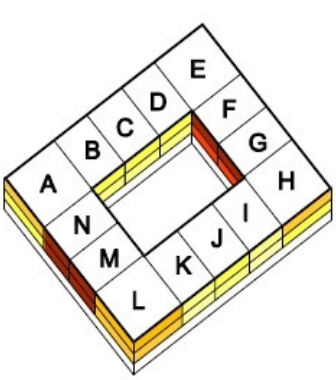


MÉDIA = 25,22 kWh/m2.ano

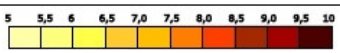


Inverno	1º Andar	2º Andar
A	31,41	34,48
B	18,71	21,29
C	15,62	18,00
D	18,71	21,29
E	31,55	34,62
F	27,99	30,97
G	27,99	30,97
H	25,65	28,55
I	19,11	21,72
J	15,57	17,95
K	19,11	21,72
L	25,53	28,42
M	28,37	31,36
N	28,37	31,36

Necessidades Nominais de Arrrefecimento Nvc (kWh/m2.ano)



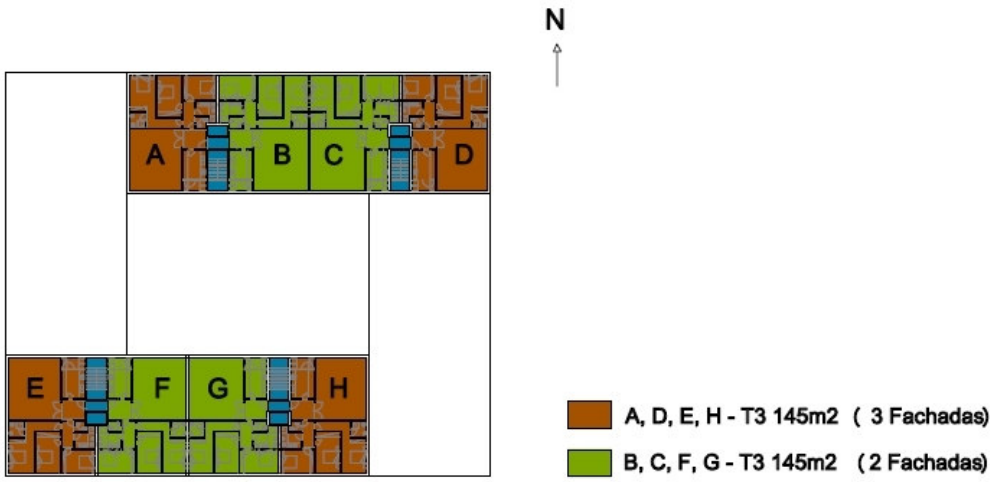
MÉDIA = 6,82 kWh/m2.ano



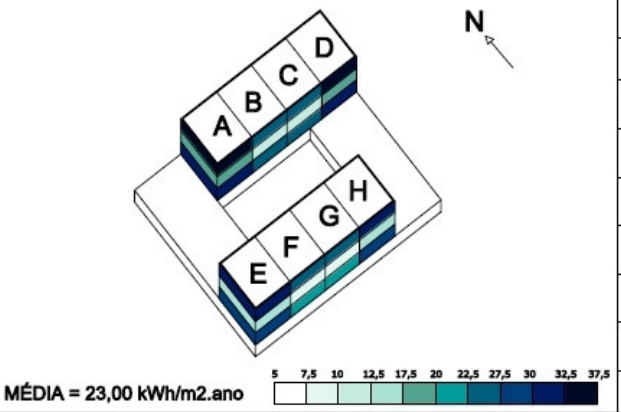
Verão	1º Andar	2º Andar
A	6,14	6,70
B	5,66	6,28
C	5,88	6,43
D	5,66	6,28
E	5,73	6,34
F	8,27	8,61
G	8,27	8,61
H	6,14	6,70
I	5,26	5,93
J	5,82	6,37
K	5,26	5,93
L	6,56	7,08
M	8,67	8,97
N	8,67	8,97

Figura 354 – Modelo 1 – análise por apartamento

Modelo 2

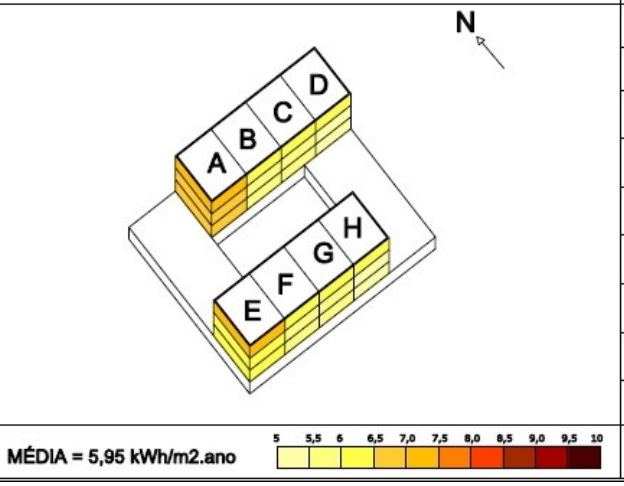


Necessidades Nominais de Aquecimento Nic (kWh/m2.ano)



Inverno	1º Andar	2º Andar	3º Andar
A	32,21	19,14	35,14
B	23,52	11,57	26,33
C	23,53	11,57	26,33
D	31,77	18,78	34,69
E	28,68	16,36	31,50
F	20,35	9,44	23,00
G	20,35	9,44	23,00
H	28,27	16,05	31,08

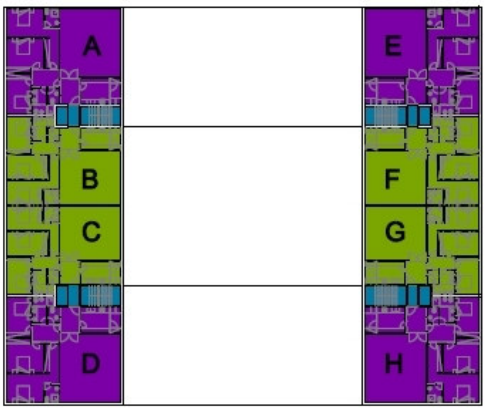
Necessidades Nominais de Arrrefecimento Nvc (kWh/m2.ano)



Verão	1º Andar	2º Andar	3º Andar
A	6,52	6,52	7,17
B	5,43	5,43	6,08
C	5,43	5,43	6,08
D	5,39	5,39	6,14
E	6,45	6,45	7,10
F	5,69	5,69	6,31
G	5,69	5,69	6,31
H	5,30	5,30	6,05

Figura 355 – Modelo 2 – análise por apartamento

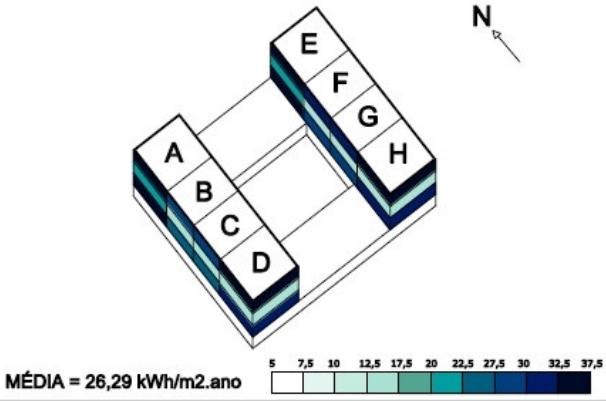
Modelo 3



A, E, D, H - T3 177m2 (3 Fachadas)

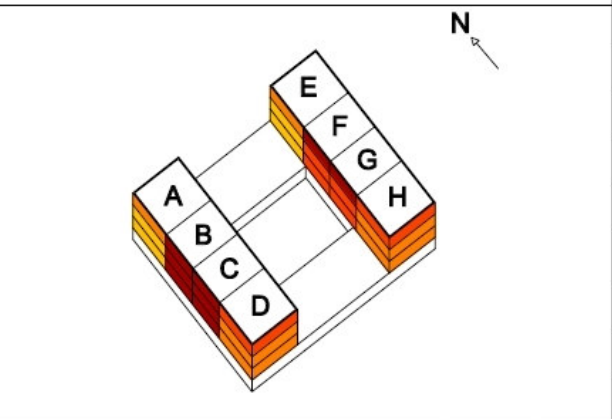
B, C, F, G - T3 145m2 (2 Fachadas)

Necessidades Nominais de Aquecimento Nic (kWh/m2.ano)



Inverno	1º Andar	2º Andar	3º Andar
A	33,84	20,07	36,89
B	26,58	13,78	29,51
C	26,58	13,78	29,51
D	30,54	17,36	33,51
E	34,86	20,93	37,93
F	27,65	14,60	30,62
G	27,65	14,60	30,62
H	29,99	16,80	32,97

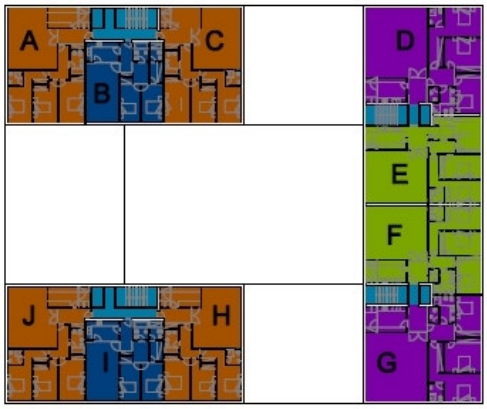
Necessidades Nominais de Arrrefecimento Nvc (kWh/m2.ano)



Verão	1º Andar	2º Andar	3º Andar
A	7,29	7,29	7,81
B	9,05	9,05	9,31
C	9,05	9,05	9,31
D	7,72	7,72	8,20
E	7,23	7,23	7,75
F	8,88	8,88	9,16
G	8,88	8,88	9,16
H	7,77	7,77	8,21

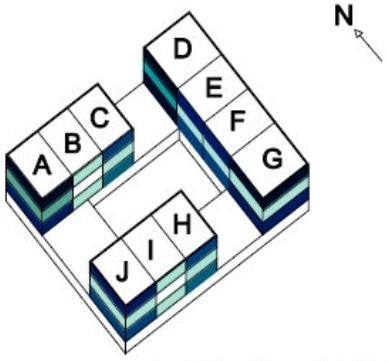
Figura 356 – Modelo 3 – análise por apartamento

Modelo 4



A, C, H, J - T3 145m2 (3 Fachadas)
D, G - T3 177m2 (3 Fachadas)
B, I - T2 108m2 (1 Fachada)

Necessidades Nominais de Aquecimento Nic (kWh/m2.ano)

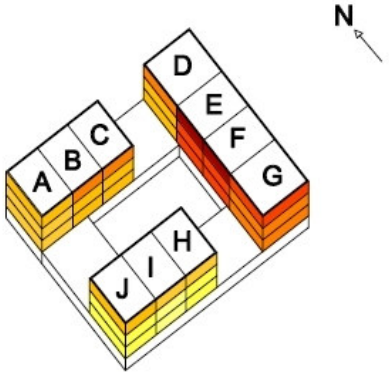


MÉDIA = 22,60 kWh/m2.ano

5 7,5 10 12,5 17,5 20 22,5 27,5 30 32,5 37,5

Inverno	1º Andar	2º Andar	3º Andar
A	32,21	19,14	19,14
B	14,97	5,79	16,98
C	25,53	13,83	28,27
D	34,86	20,93	37,93
E	27,65	14,60	30,62
F	27,65	14,60	30,62
G	29,99	16,80	32,97
H	26,07	14,23	28,83
I	14,62	5,77	16,93
J	28,68	16,36	31,50

Necessidades Nominais de Arrrefecimento Nvc (kWh/m2.ano)



MÉDIA =7,41 kWh/m2.ano

5 5,5 6 6,5 7,0 7,5 8,0 8,5 9,0 9,5 10

Verão	1º Andar	2º Andar	3º Andar
A	6,52	6,52	7,17
B	7,31	7,31	7,69
C	7,32	7,32	7,89
D	7,23	7,23	7,75
E	8,88	8,88	9,16
F	8,88	8,88	9,16
G	7,77	7,77	8,21
H	6,12	6,12	6,80
I	5,99	5,99	6,53
J	6,45	6,45	7,10

Figura 357 – Modelo 4 – análise por apartamento

Anexo C

Espinho: Nova área de expansão urbana.

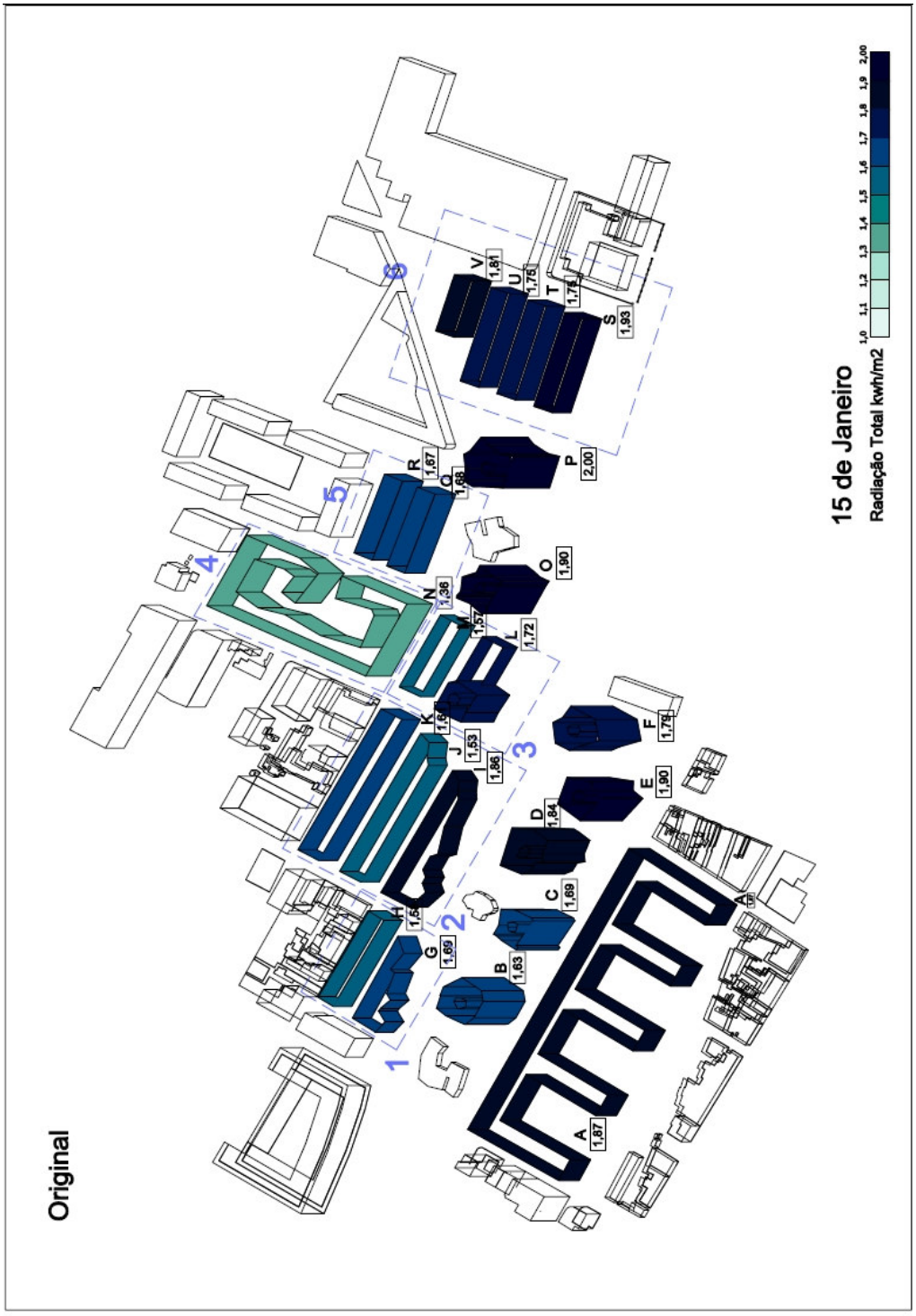


Figura 358 – Original, 15 de Janeiro.

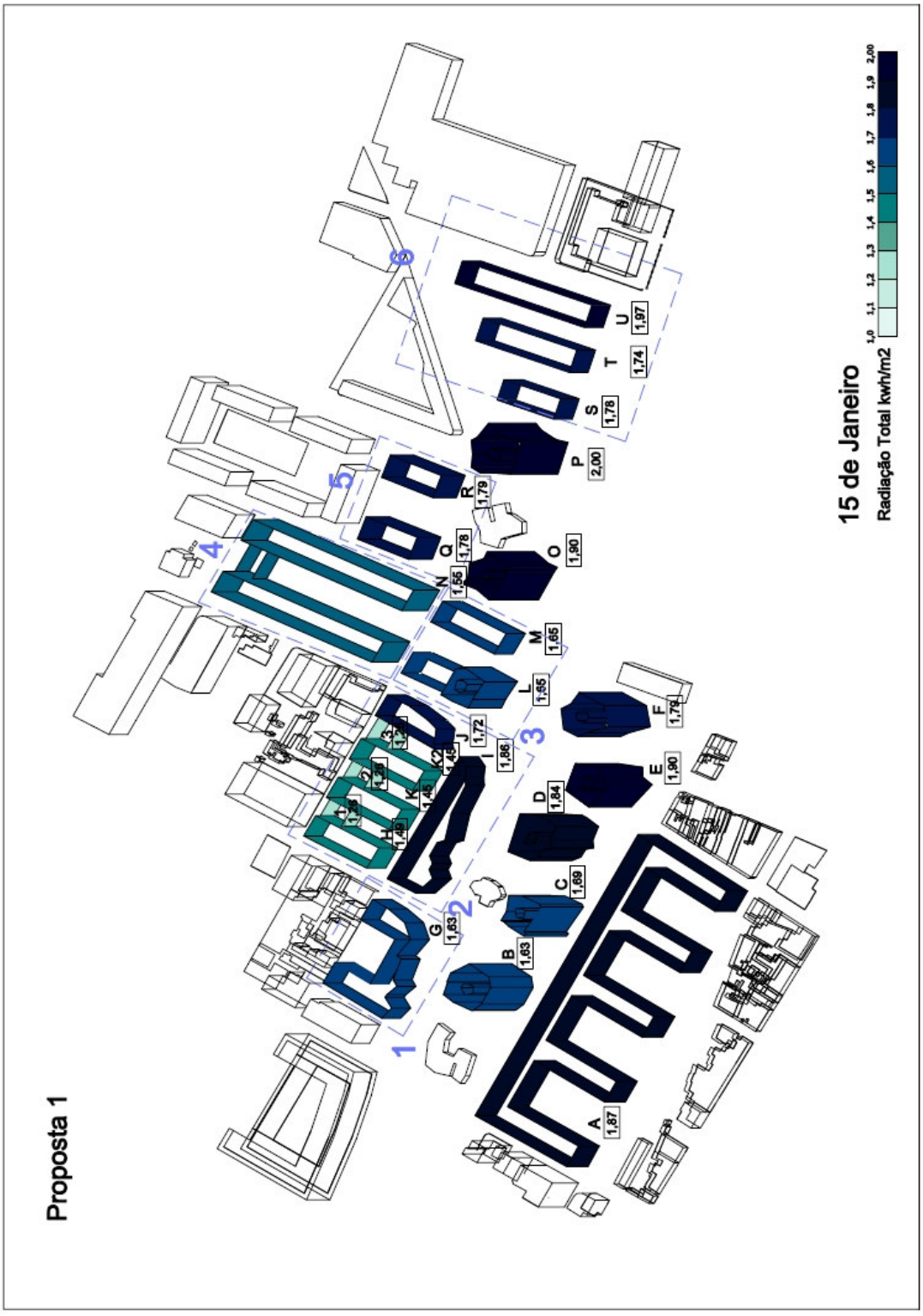


Figura 359 – Proposta 1, 15 de janeiro.

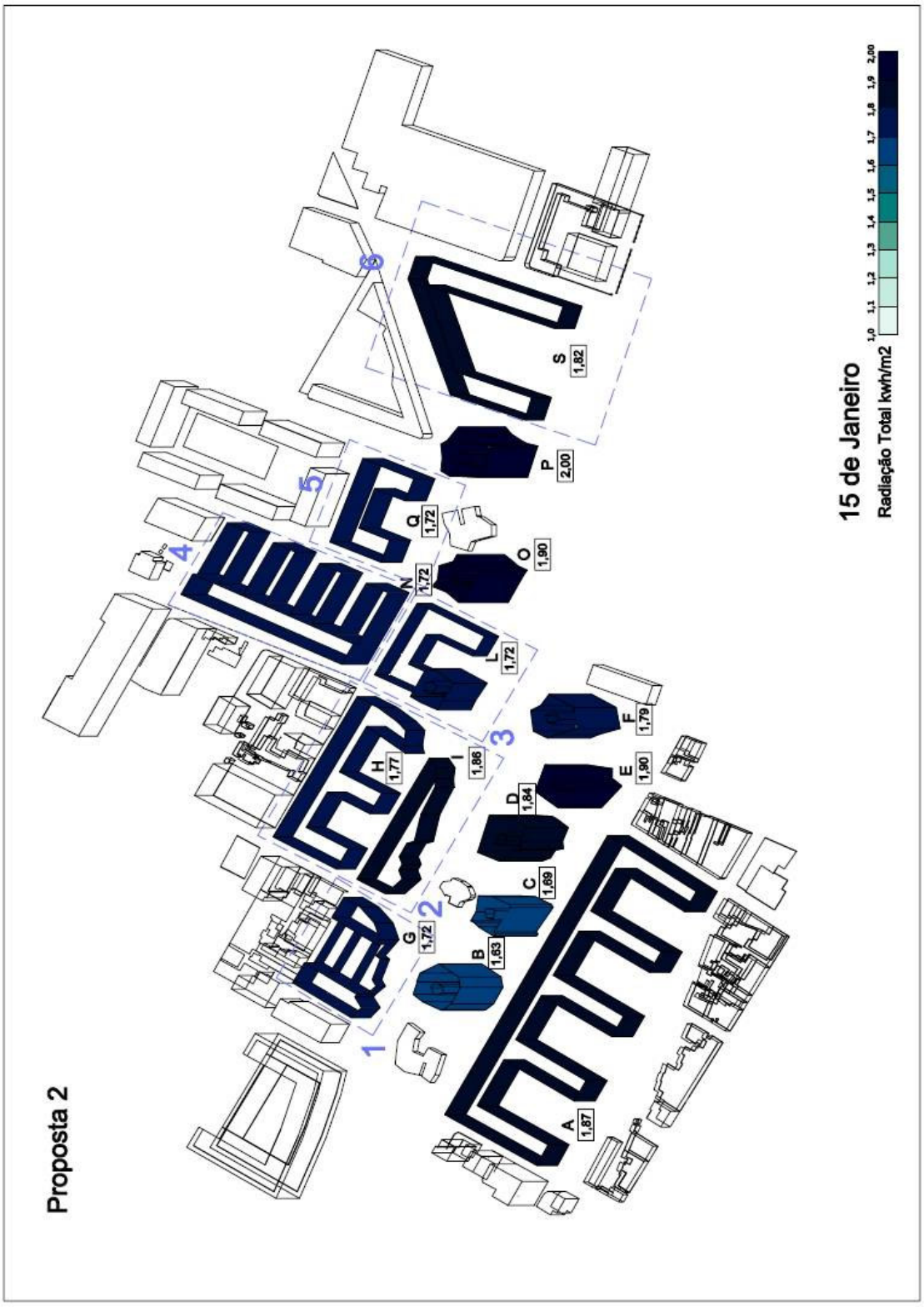


Figura 360 – Proposta 2, 15 de janeiro.

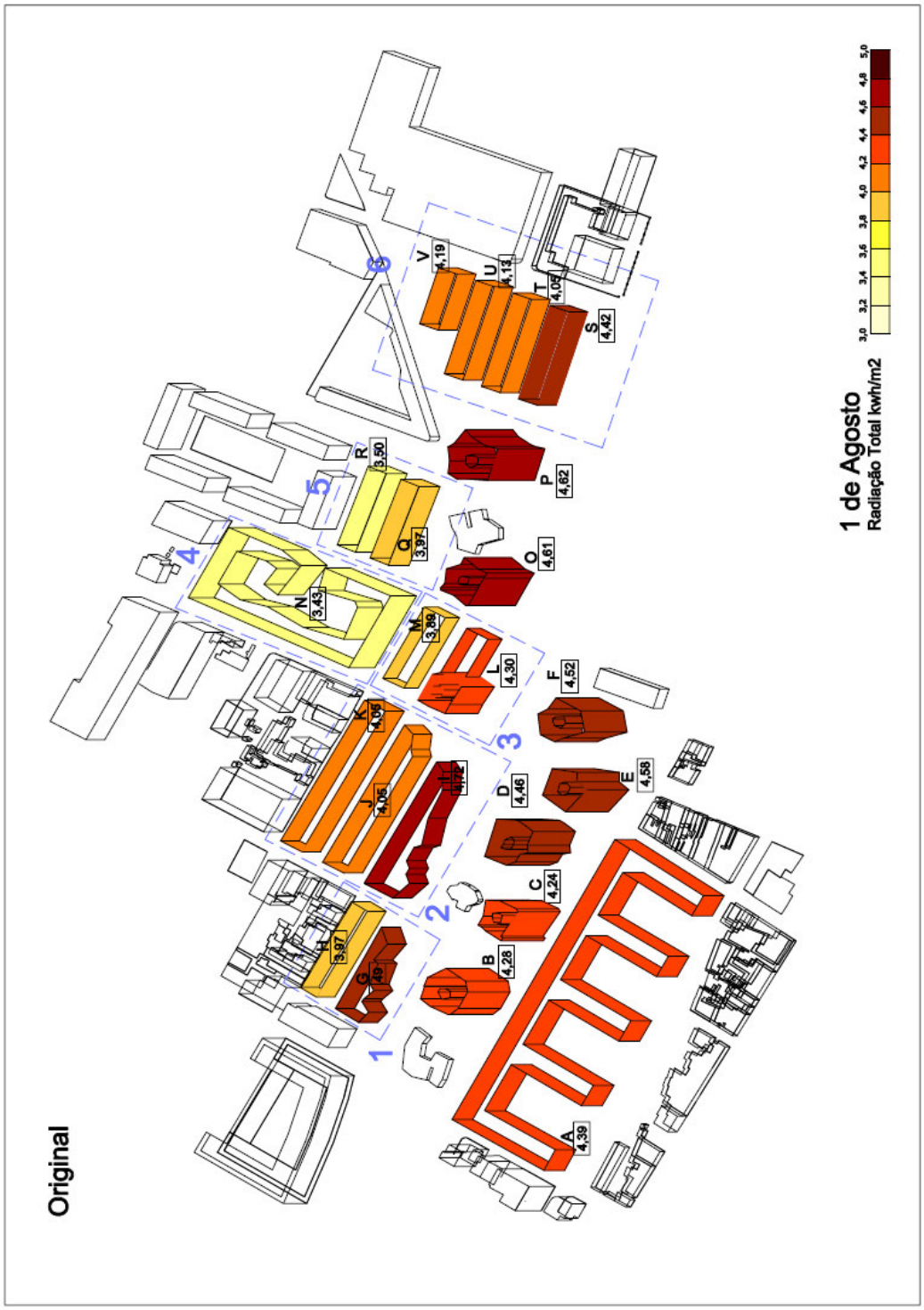


Figura 361 – Original, 1 de agosto.

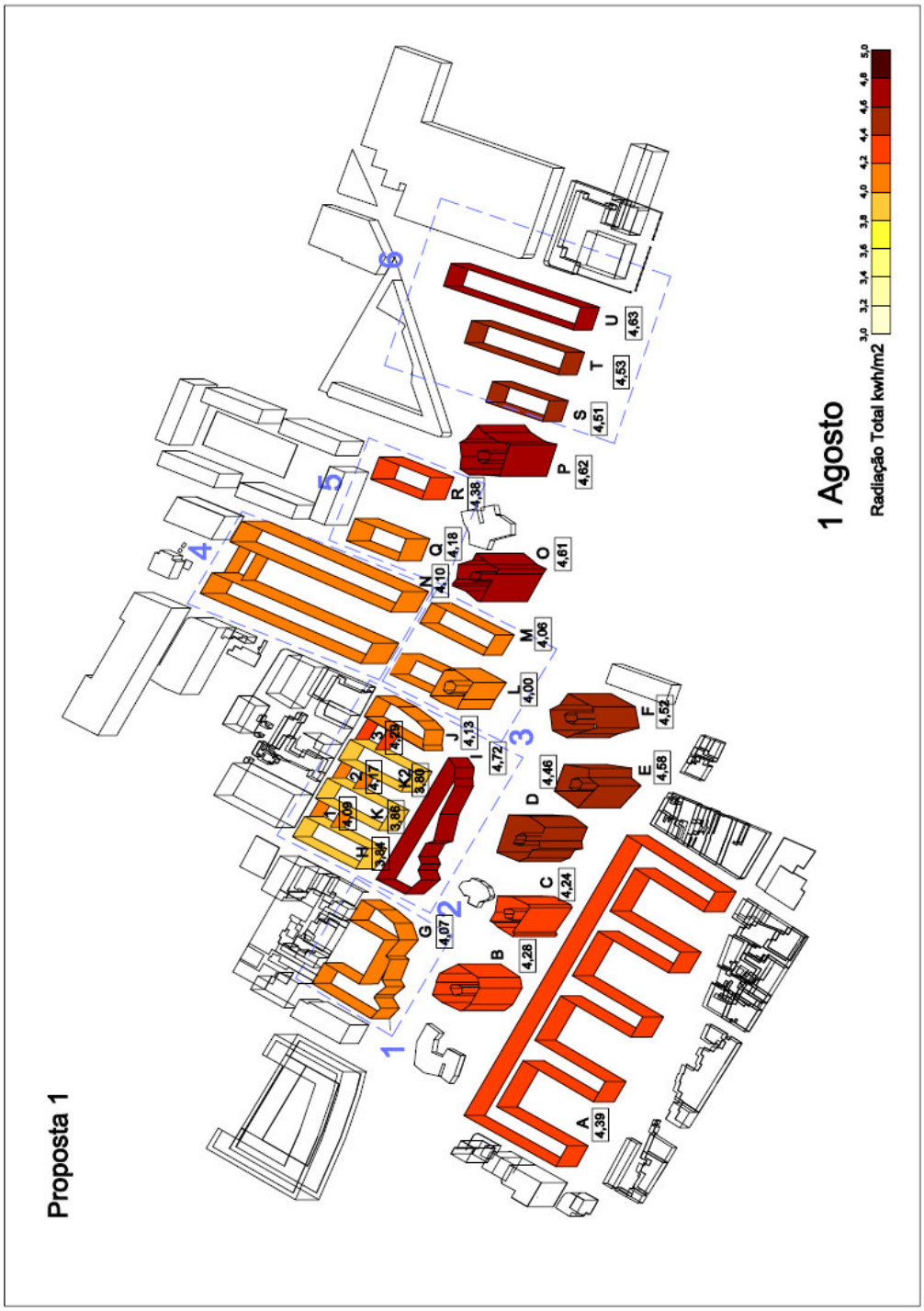


Figura 362 – Proposta 1, 1 de agosto.

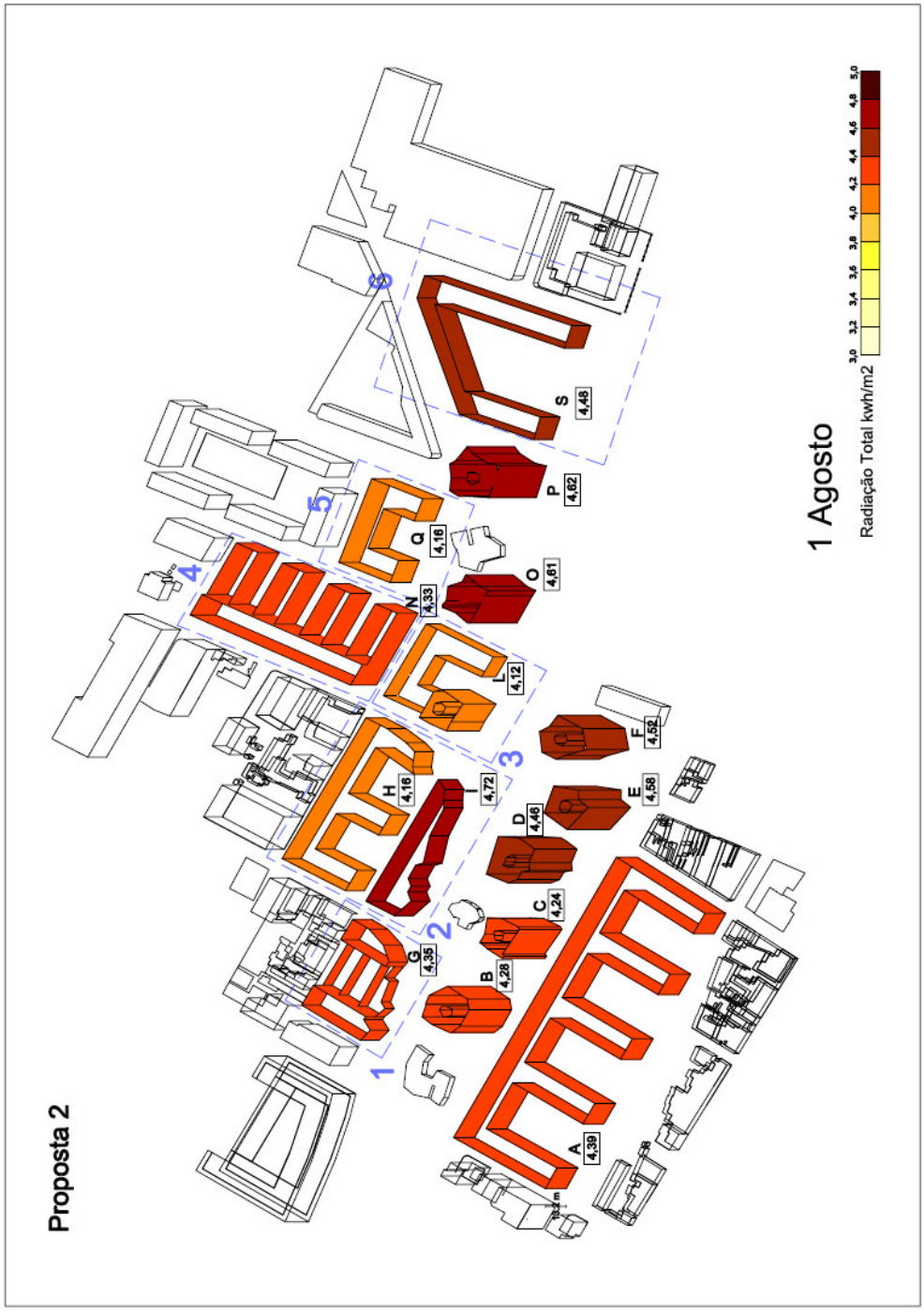


Figura 363 – Proposta 2, 1 de agosto.

Anexo D

Estudos sobre o vento.

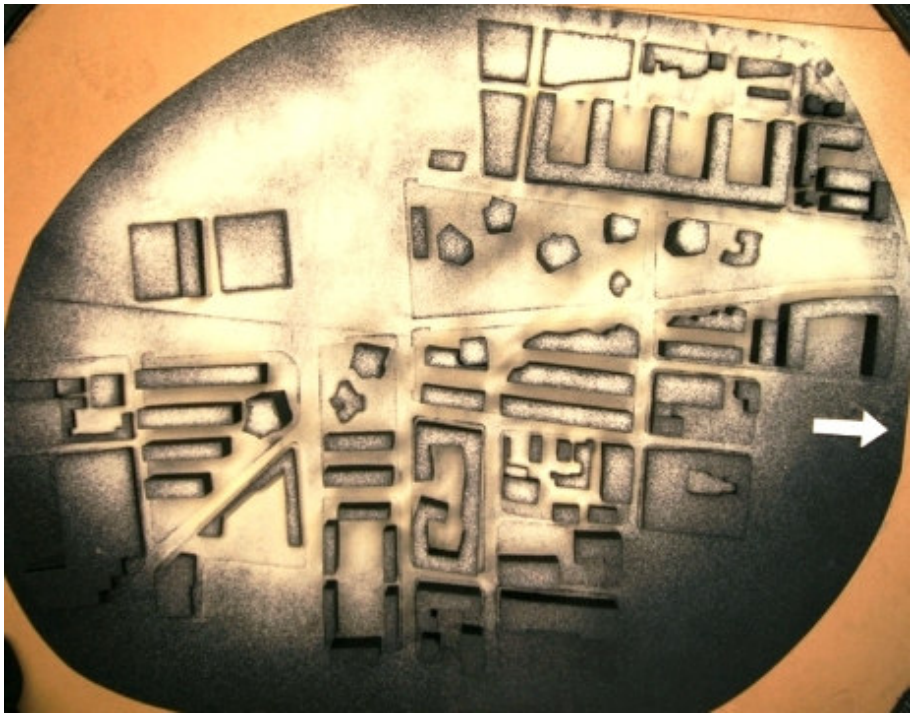


Figura 364 – Modelo Original : NO - Verão, 0 rpm.

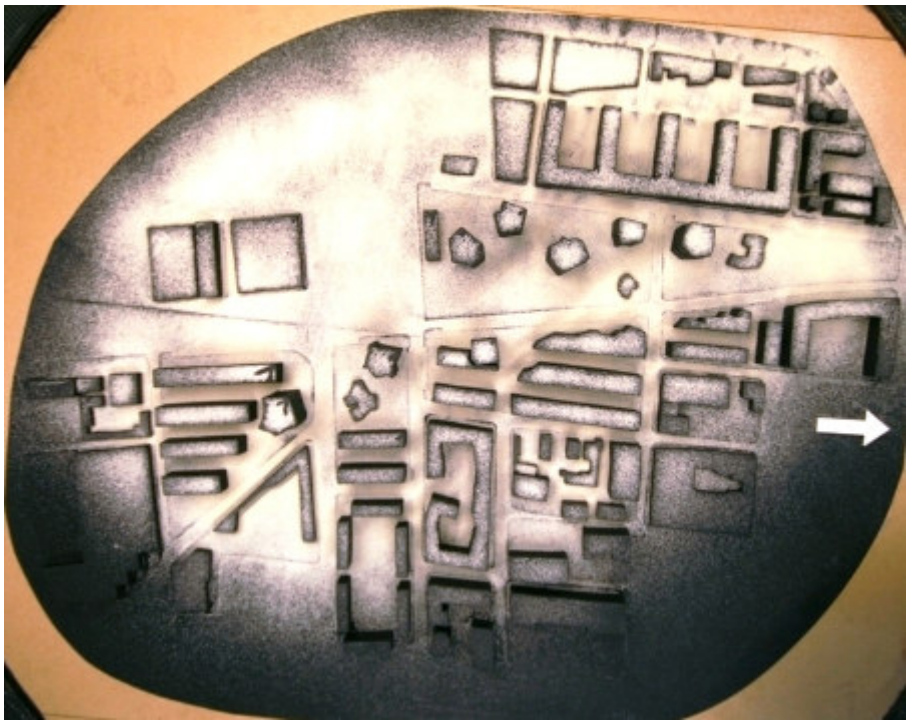


Figura 365 – Modelo Original : NO - Verão, 300 rpm.

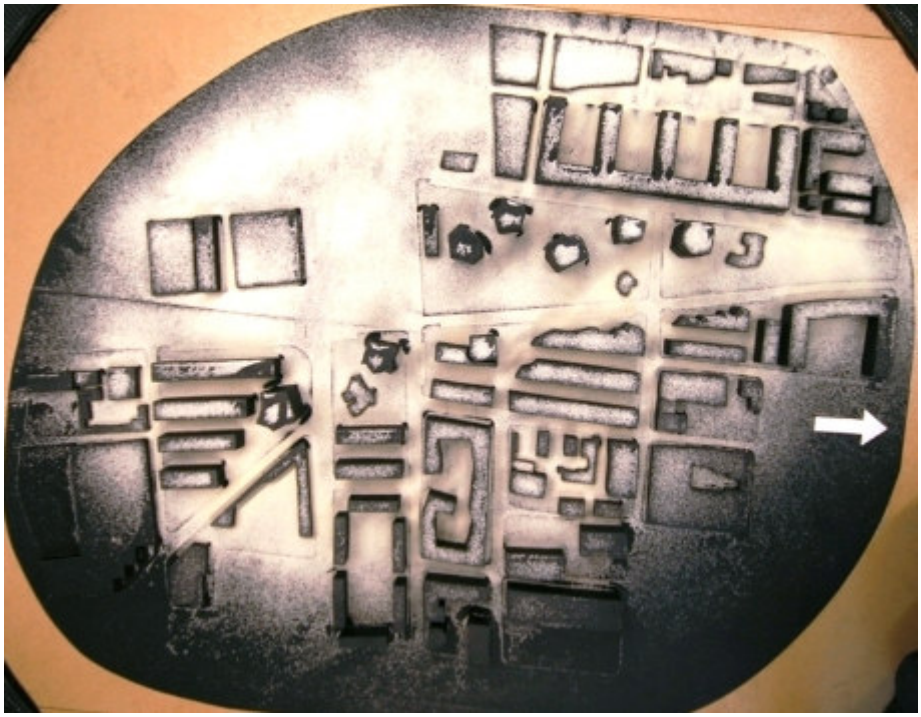


Figura 366 – Modelo Original : NO - Verão, 400 rpm.

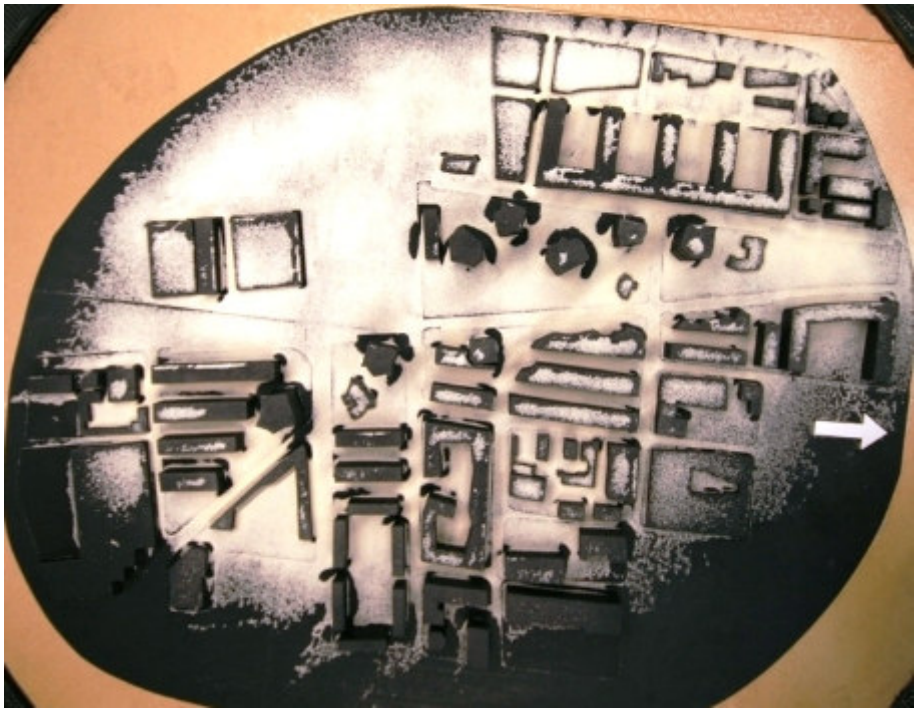


Figura 367 - Modelo Original : NO - Verão, 500 rpm.



Figura 368 - Modelo Original : NO - Verão, 600 rpm.



Figura 369 - Modelo Original : NO - Verão, 650 rpm.



Figura 370 - Modelo Original : NO - Verão, 700 rpm.



Figura 371 - Modelo Original : NO - Verão, 725 rpm.

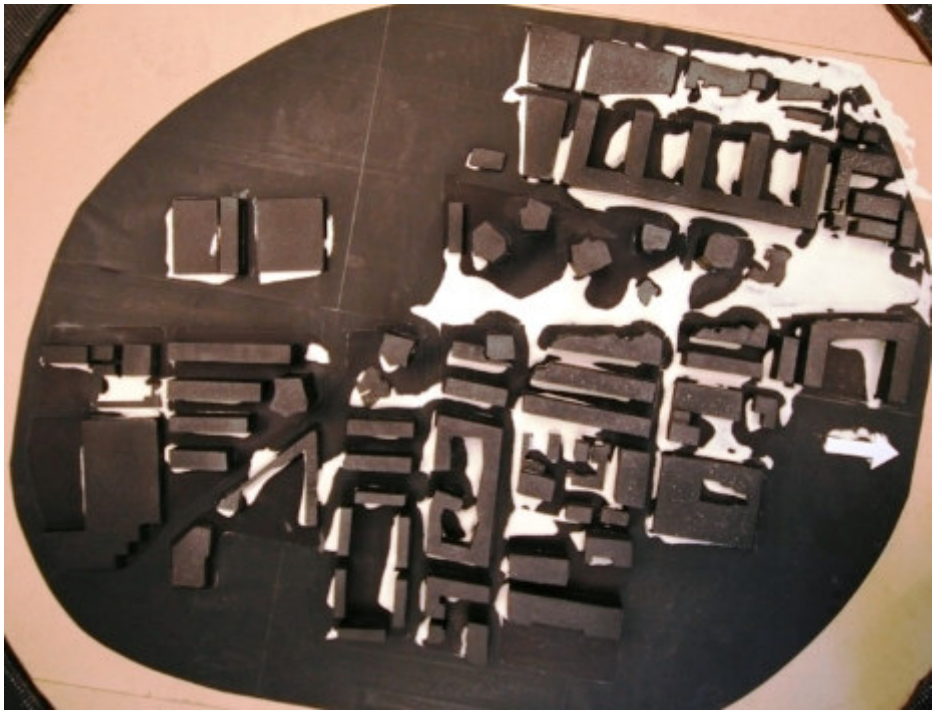


Figura 372 - Modelo Original : NO - Verão, 750 rpm.



Figura 373 - Modelo Original : NO - Verão, 800 rpm.

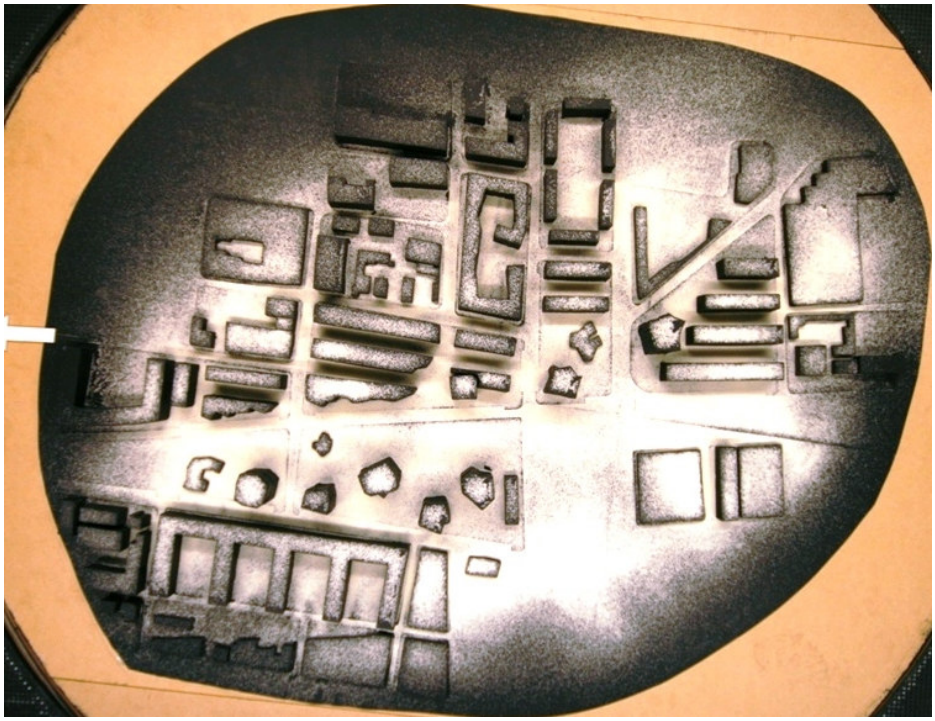


Figura 374 - Modelo Original : SUL - Inverno, 300 rpm.

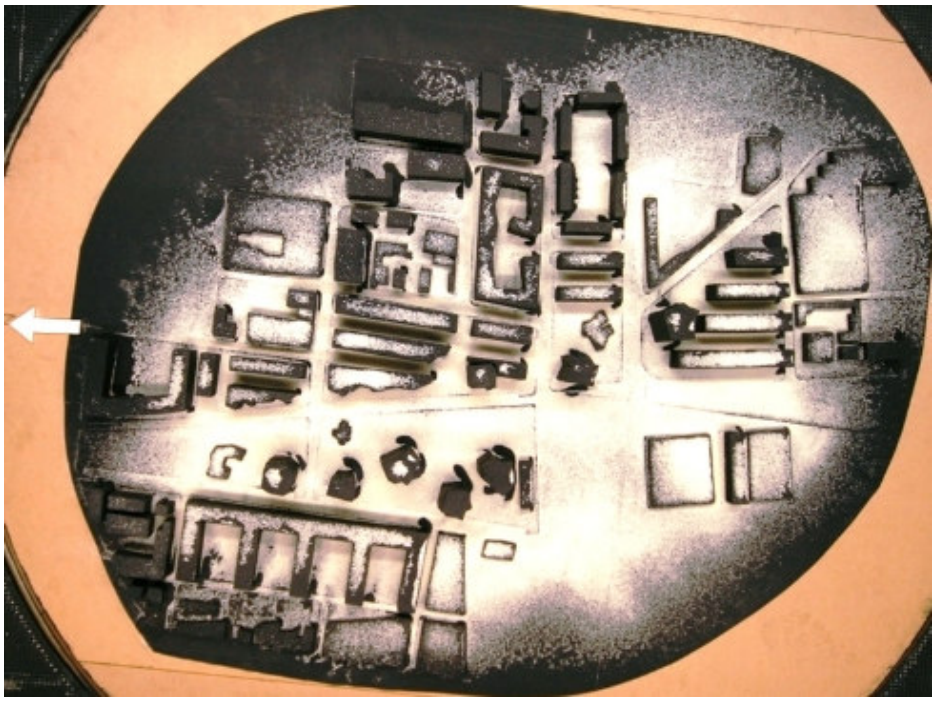


Figura 375 - Modelo Original : SUL - Inverno, 400 rpm.

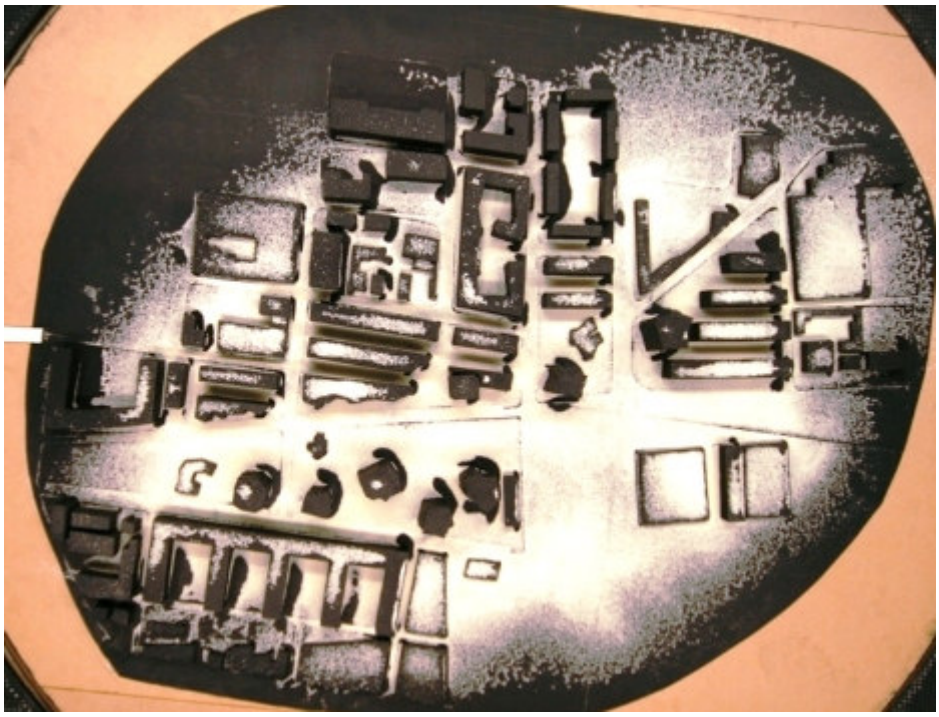


Figura 376 - Modelo Original : SUL - Inverno, 500 rpm.

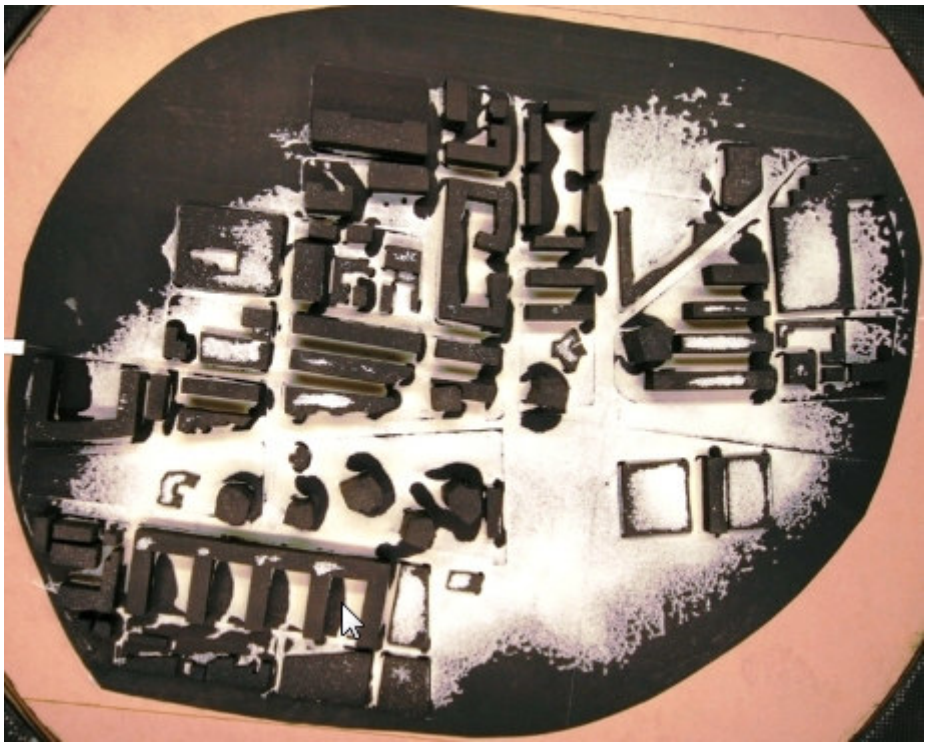


Figura 377 - Modelo Original : SUL - Inverno, 600 rpm.

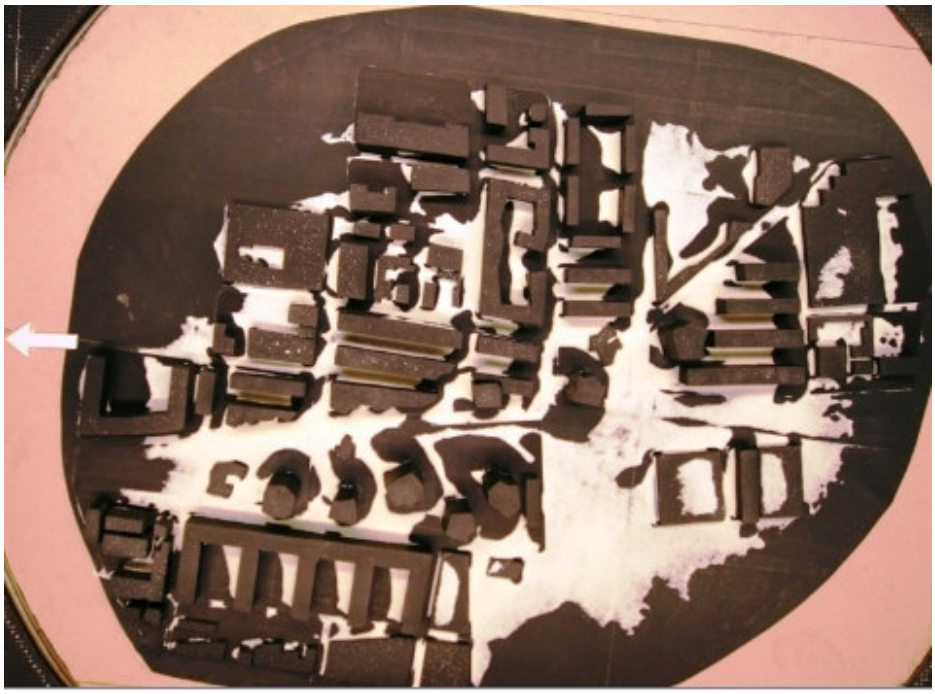


Figura 378 - Modelo Original : SUL - Inverno, 700 rpm.

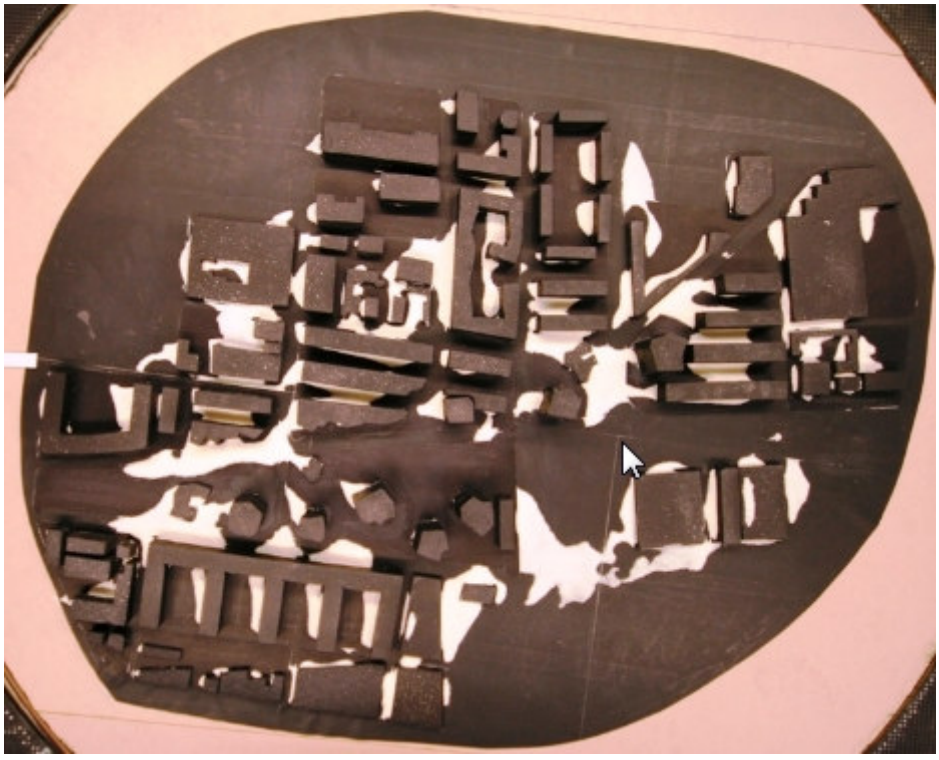


Figura 379 - Modelo Original : SUL - Inverno, 800 rpm.

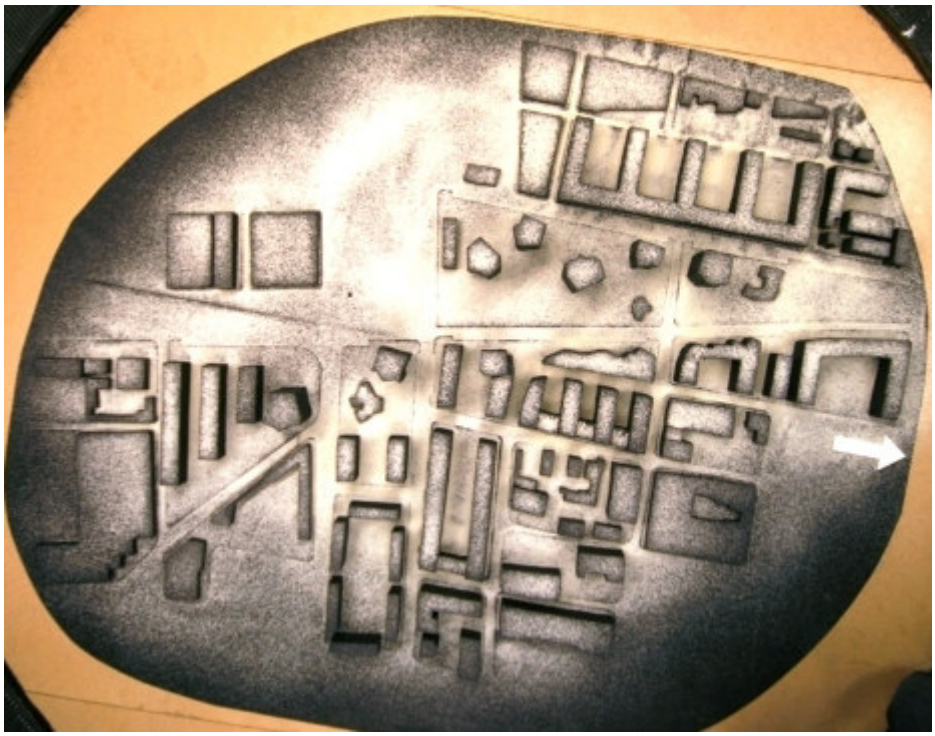


Figura 380 - Proposta 1 : NO – Verão , 0 rpm.

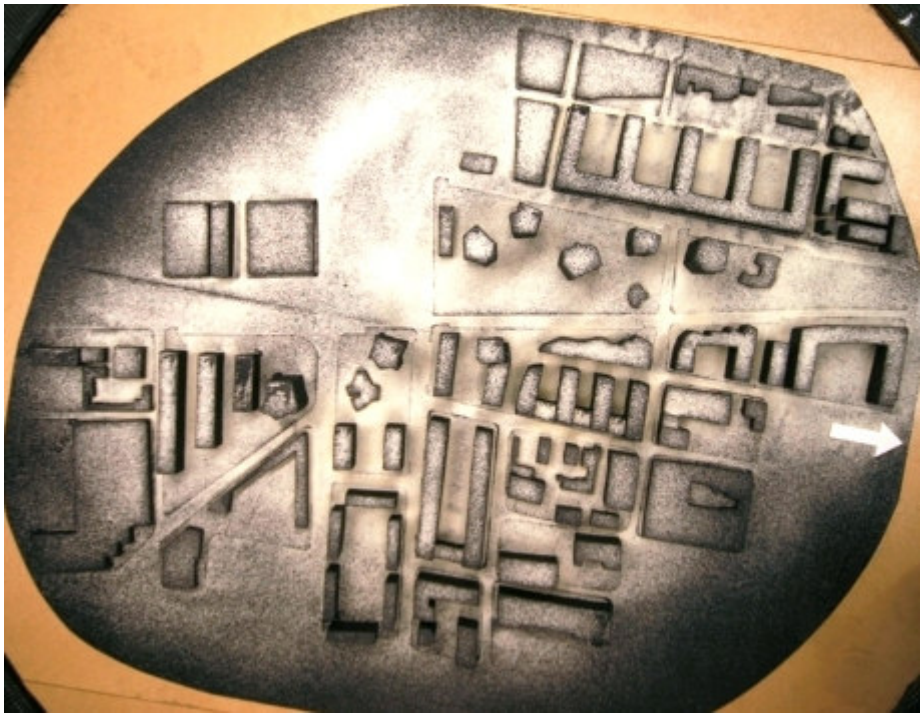


Figura 381 - Proposta 1 : NO – Verão, 300 rpm.

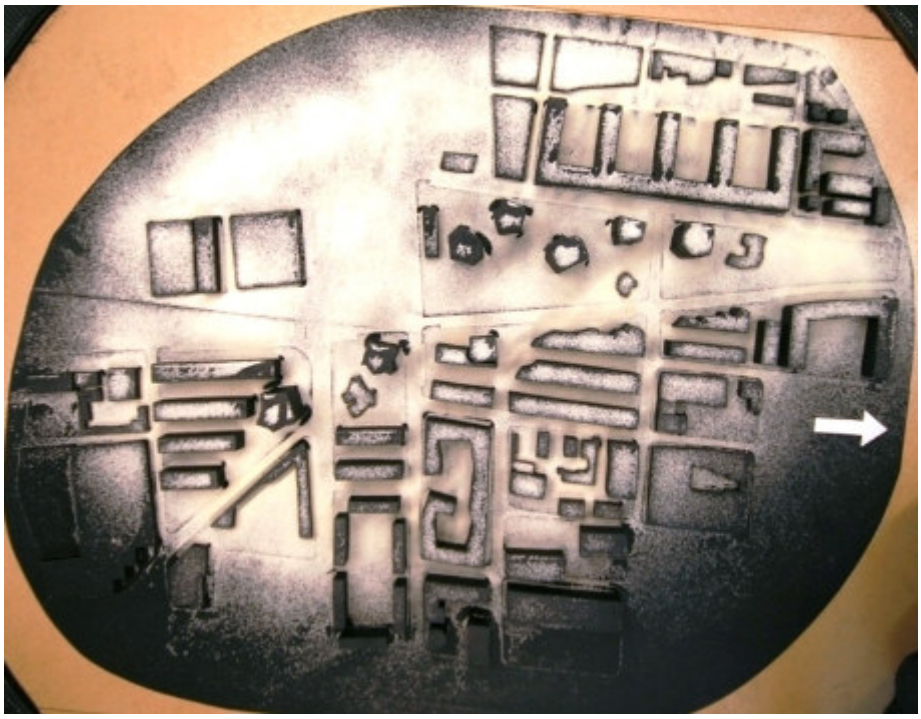


Figura 382 - Proposta 1 : NO – Verão, 400 rpm.

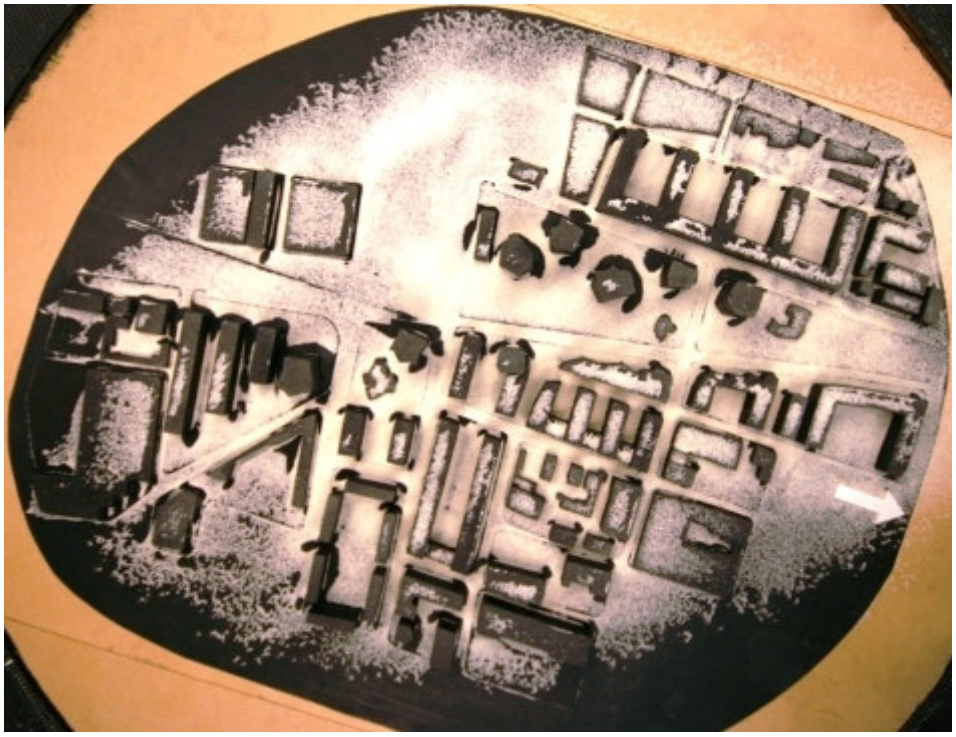


Figura 383 - Proposta 1 : NO – Verão , 500 rpm.



Figura 384 - Proposta 1 : NO – Verão, 600 rpm.



Figura 385 - Proposta 1 : NO – Verão, 700 rpm.

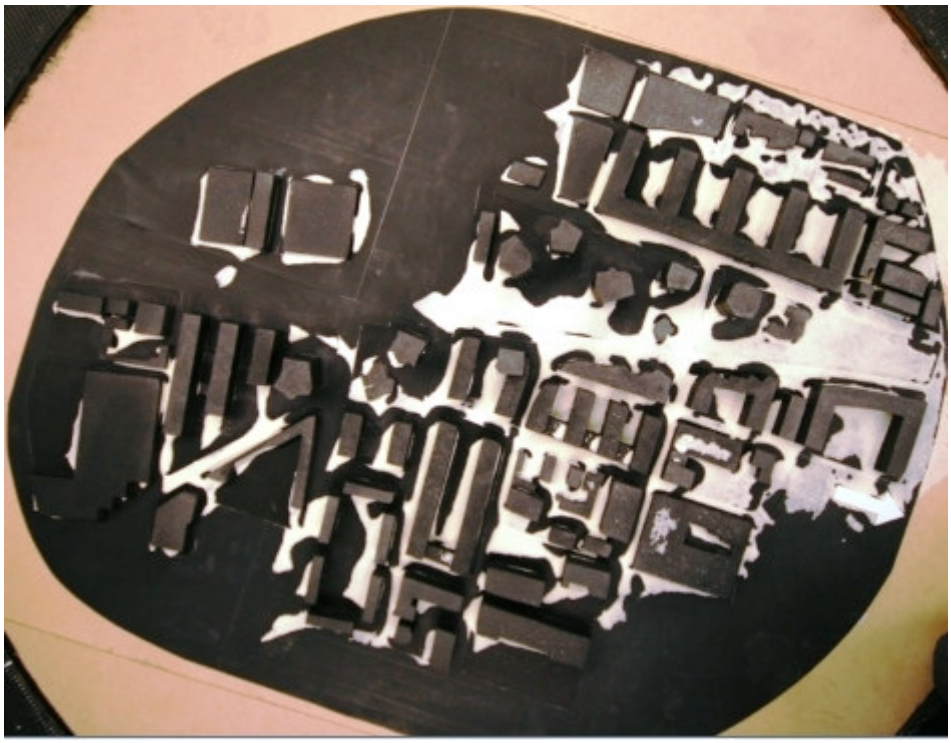


Figura 386 - Proposta 1 : NO – Verão, 725 rpm.

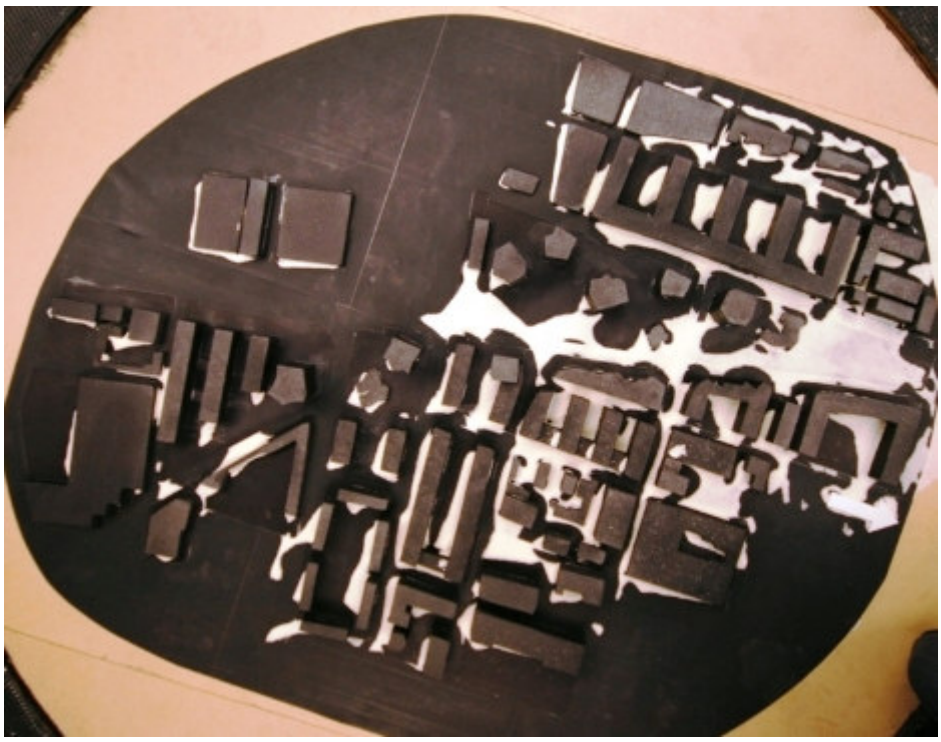


Figura 387 - Proposta 1 : NO – Verão, 750 rpm.

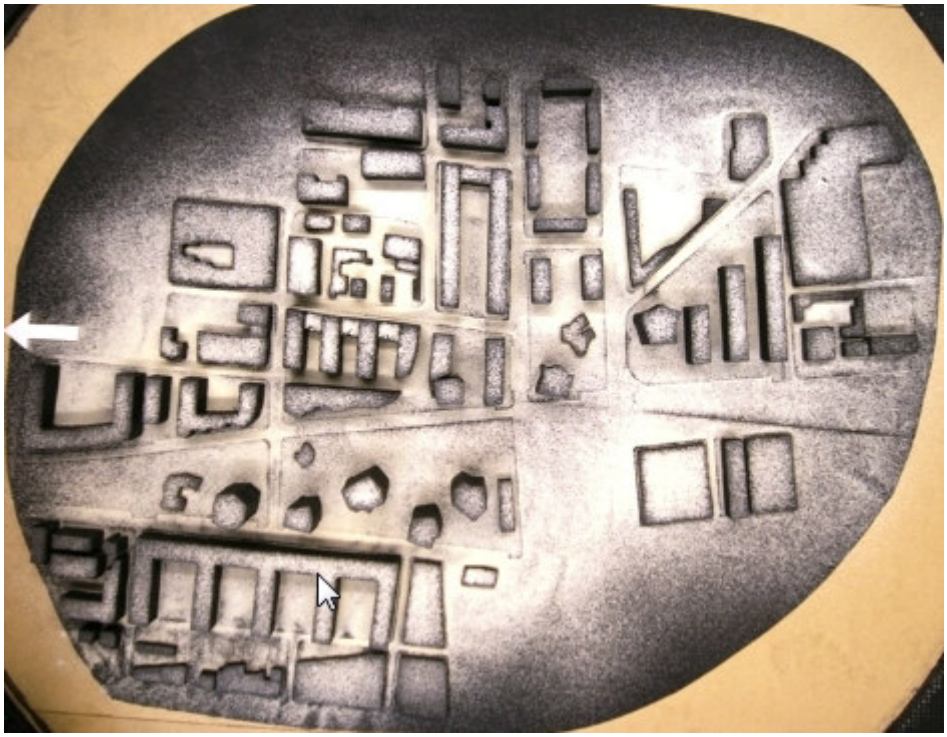


Figura 388 - Proposta 1 : SUL - Inverno, 0 rpm.

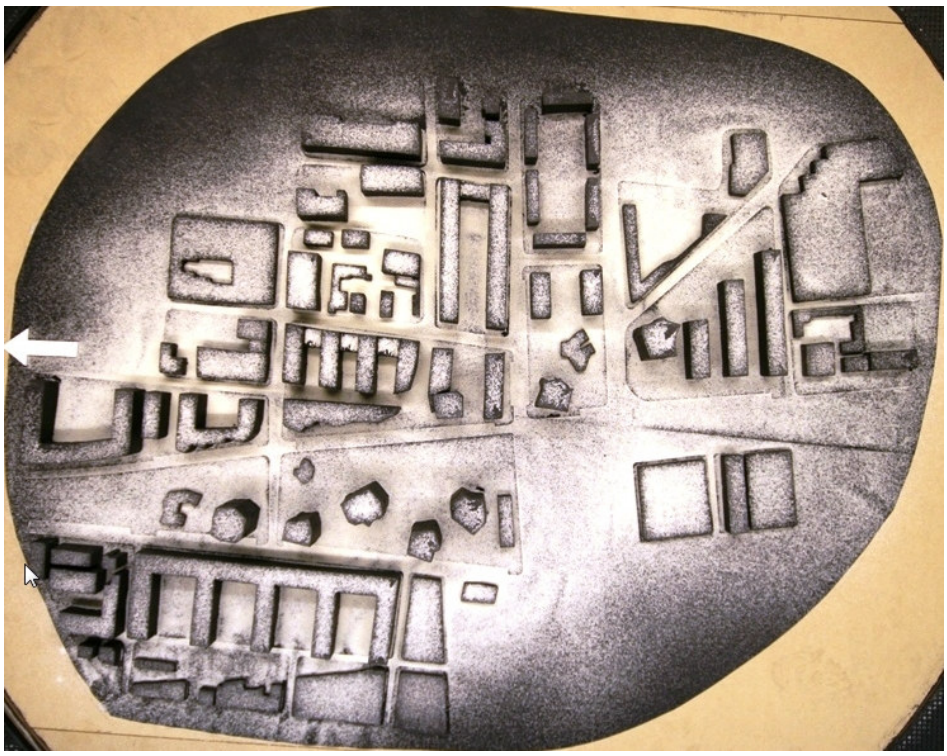


Figura 389 - Proposta 1 : SUL - Inverno, 300 rpm.

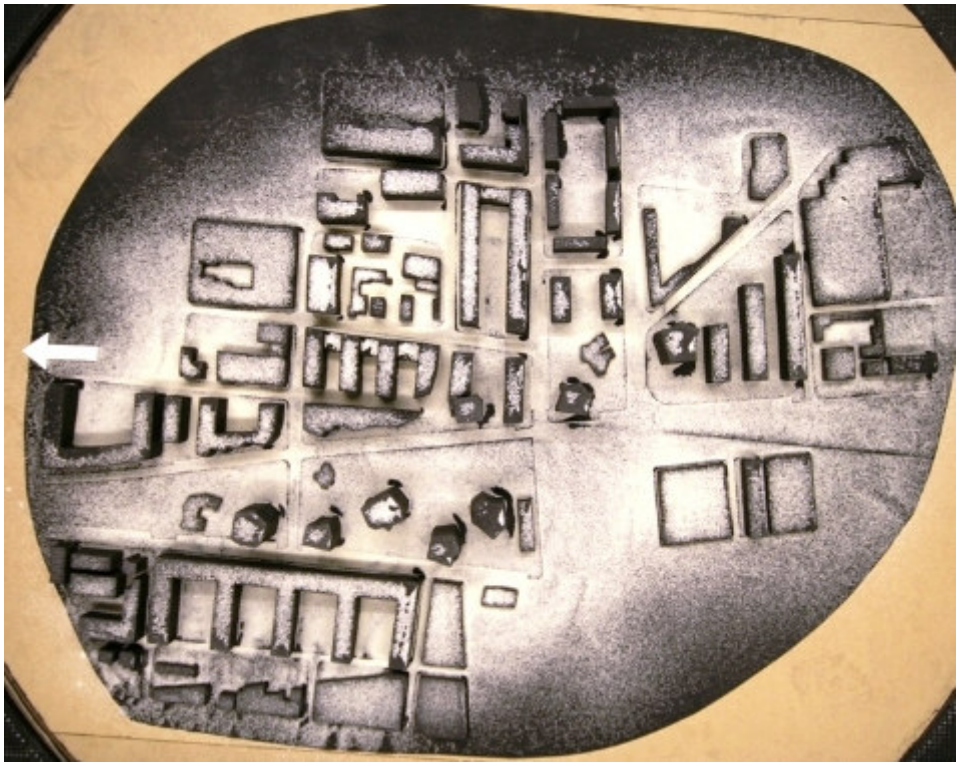


Figura 390 - Proposta 1 : SUL - Inverno, 400 rpm.

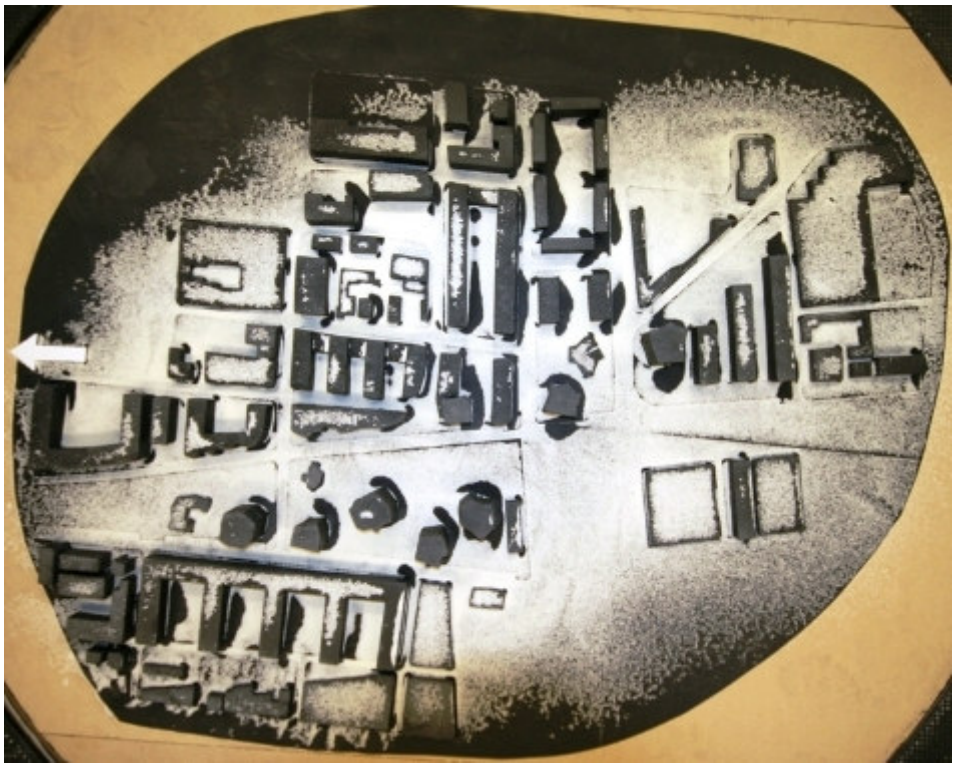


Figura 391 - Proposta 1 : SUL - Inverno, 500 rpm.

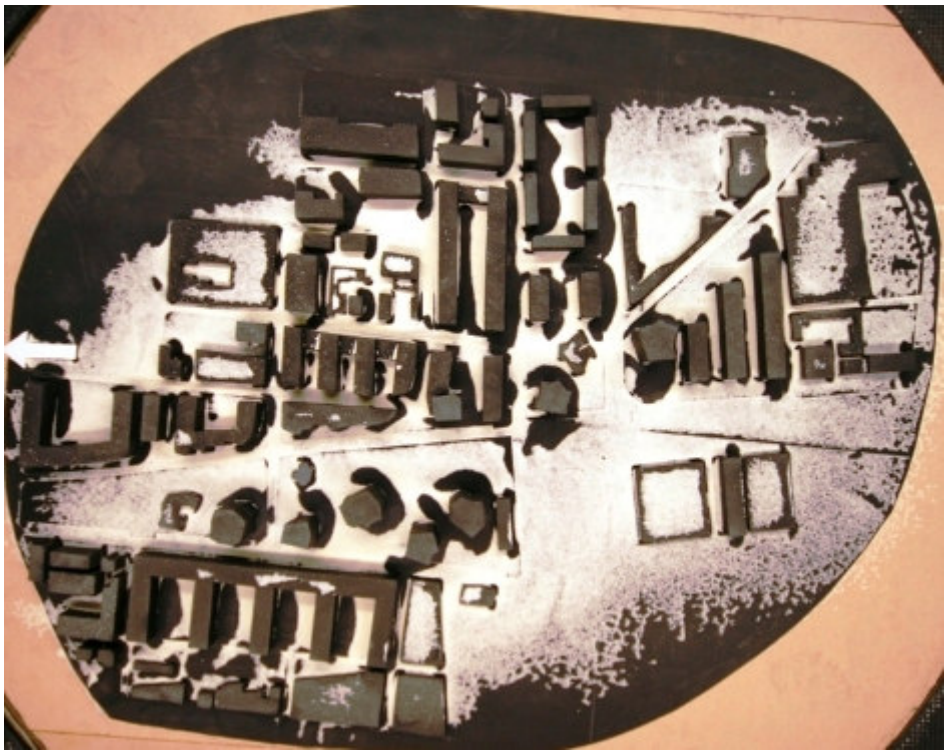


Figura 392 - Proposta 1 : SUL - Inverno, 600 rpm.



Figura 393 - Proposta 1 : SUL - Inverno, 650 rpm.

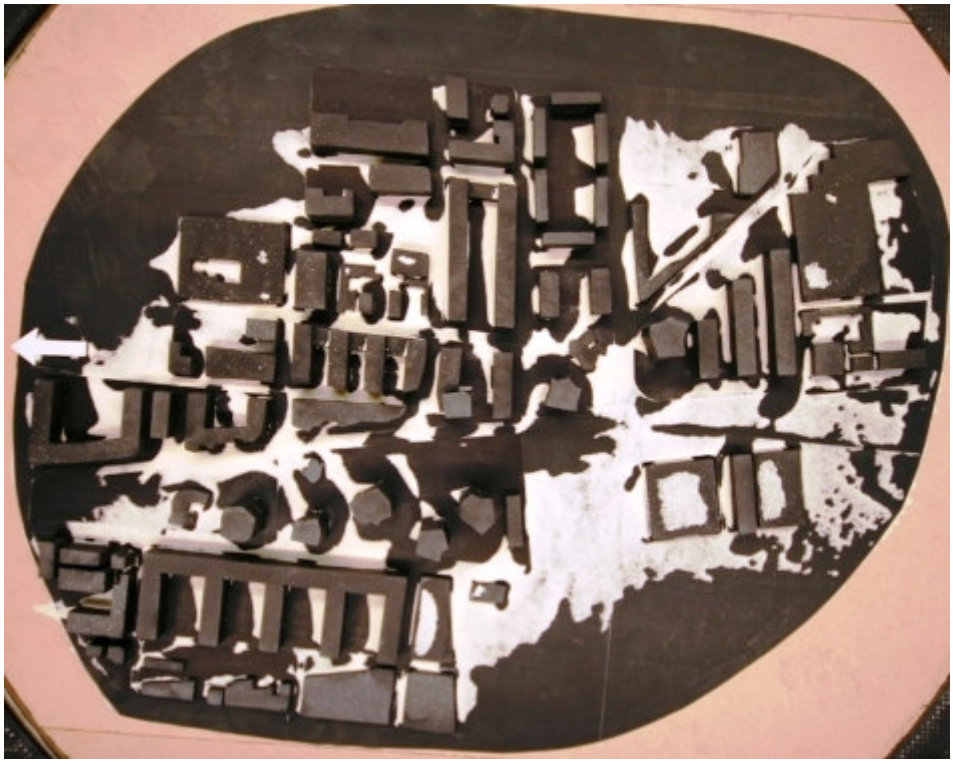


Figura 394 - Proposta 1 : SUL - Inverno, 700 rpm.



Figura 395 - Proposta 1 : SUL - Inverno, 725 rpm.



Figura 396 – Proposta 1 : SUL - Inverno, 750 rpm.



Figura 397 - Proposta 1 : SUL - Inverno, 800 rpm.

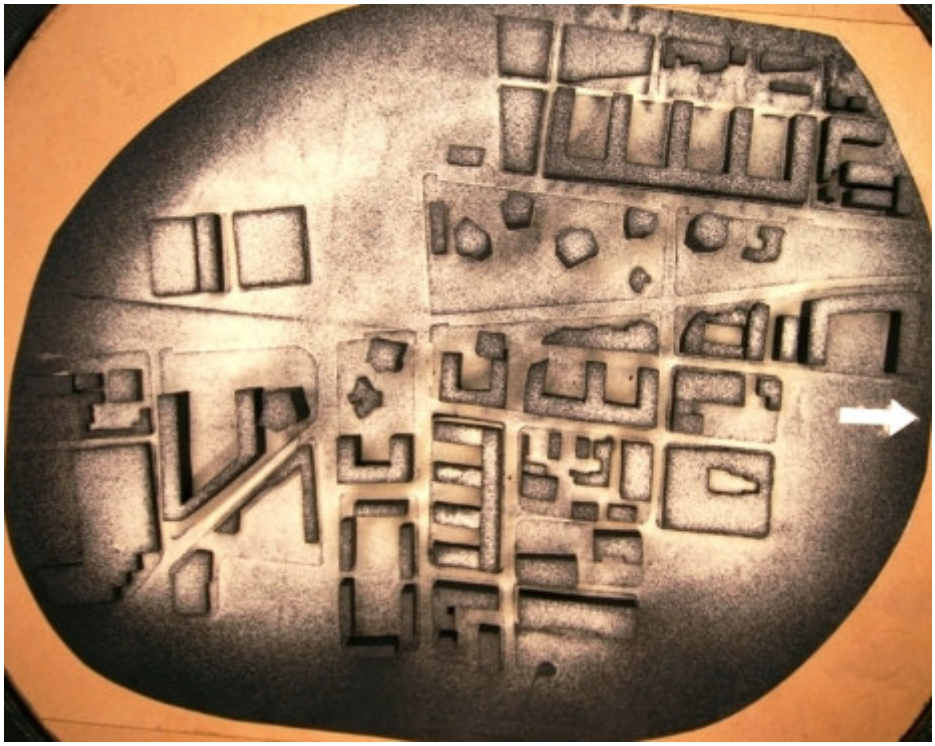


Figura 398 – Proposta 2 : NO - Verão, 0 rpm.

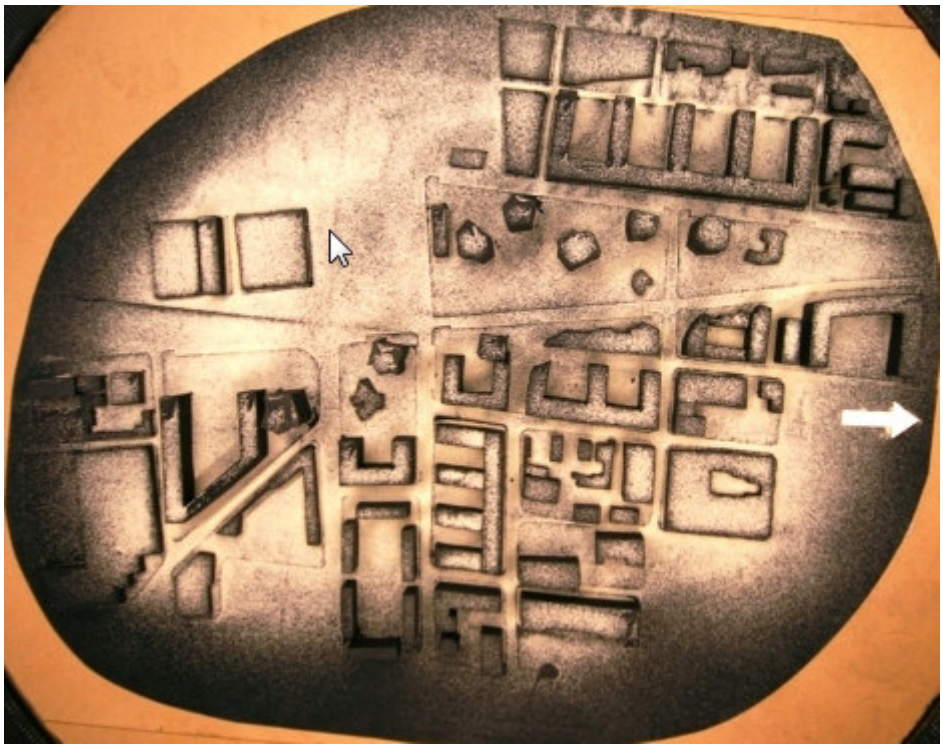


Figura 399 - Proposta 2 : NO - Verão, 300 rpm.

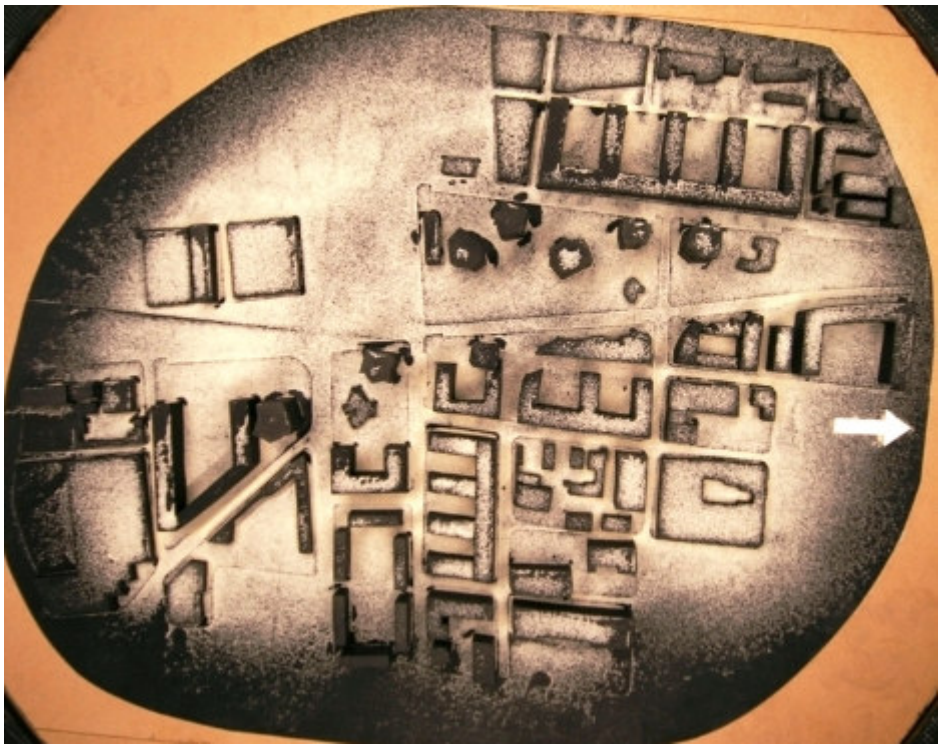


Figura 400 - Proposta 2: NO - Verão, 400 rpm.

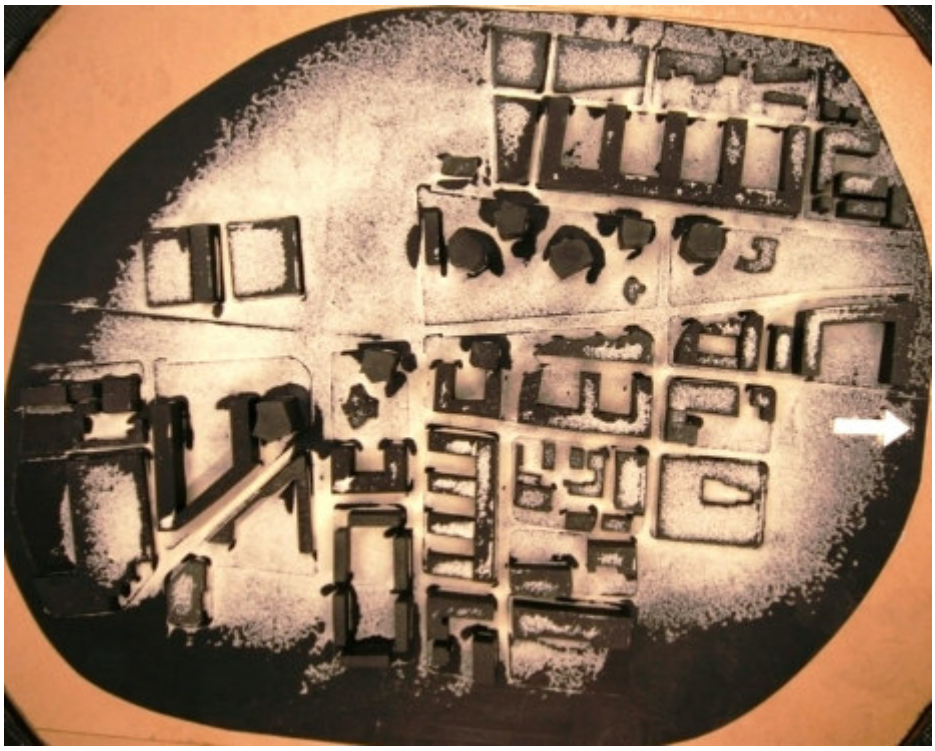


Figura 401 - Proposta 2 : NO - Verão, 500 rpm.



Figura 402 - Proposta 2: NO - Verão, 600 rpm.



Figura 403 - Proposta 2: NO - Verão, 650 rpm.

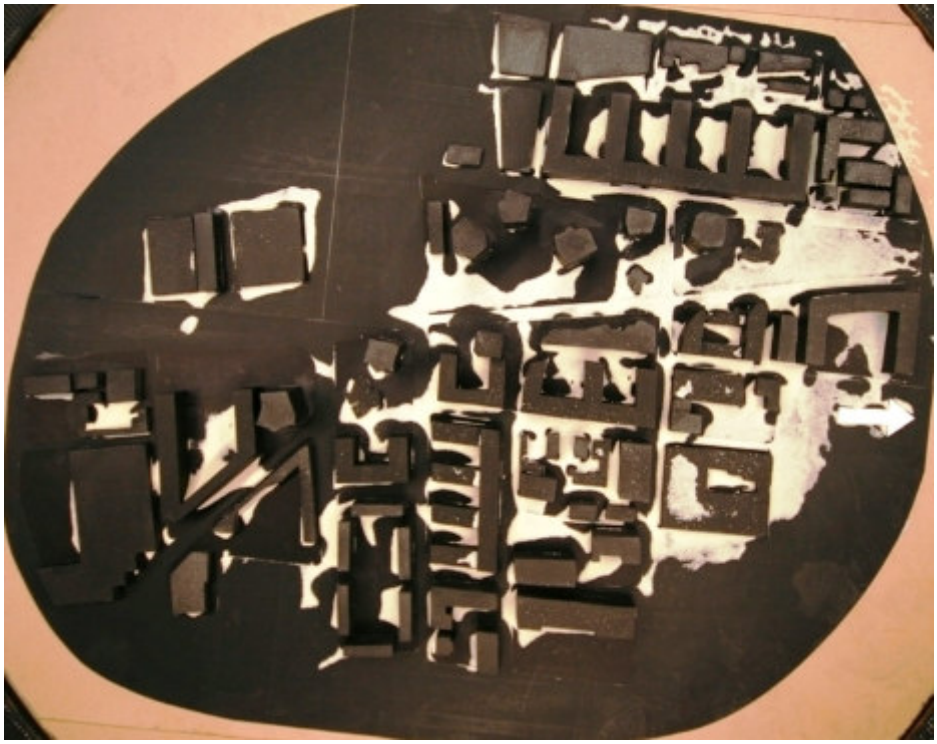


Figura 404 - Proposta 2: NO - Verão, 700 rpm.

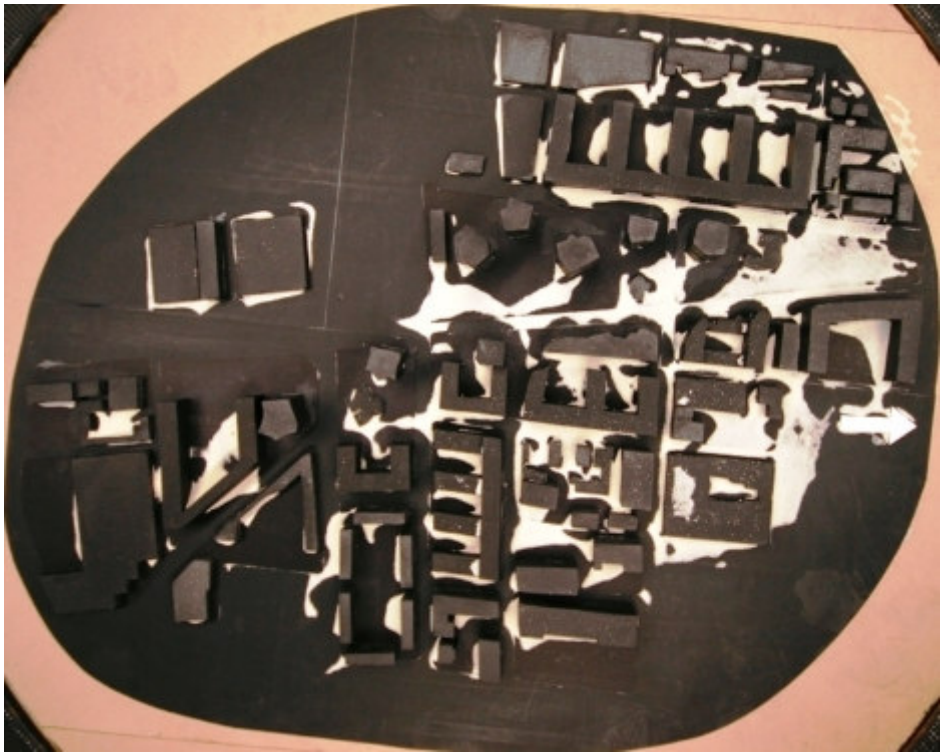


Figura 405 - Proposta 2: NO - Verão, 725 rpm.



Figura 406 - Proposta 2: NO - Verão, 750 rpm.



Figura 407 - Proposta 2 : NO - Verão, 800 rpm.

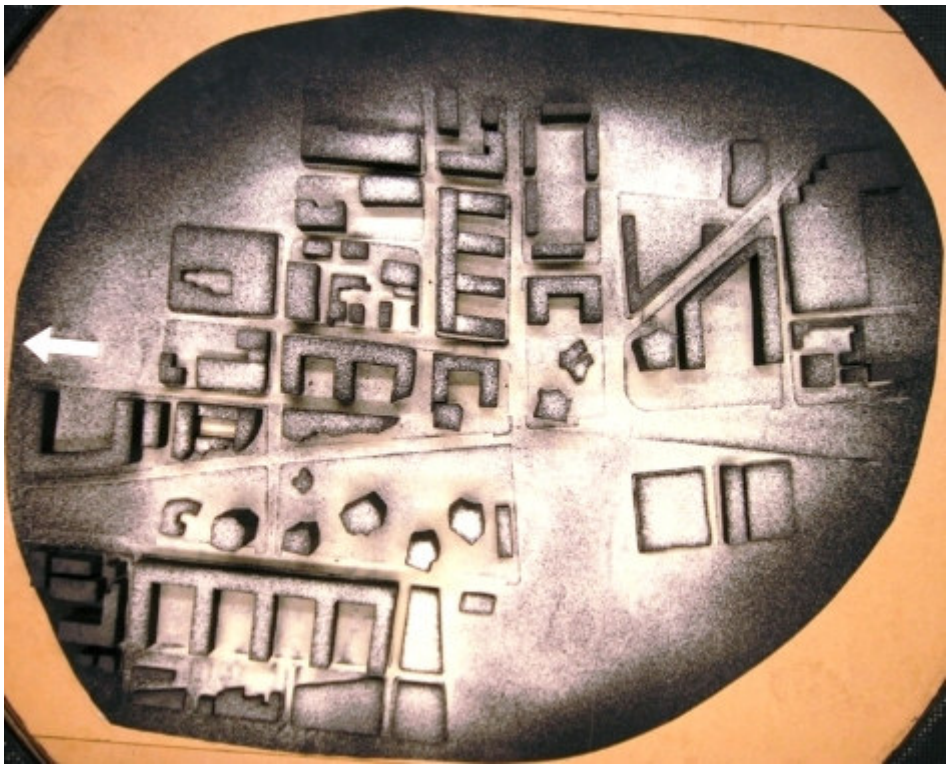


Figura 408 - Proposta 2 : Sul - Inverno, 0 rpm.

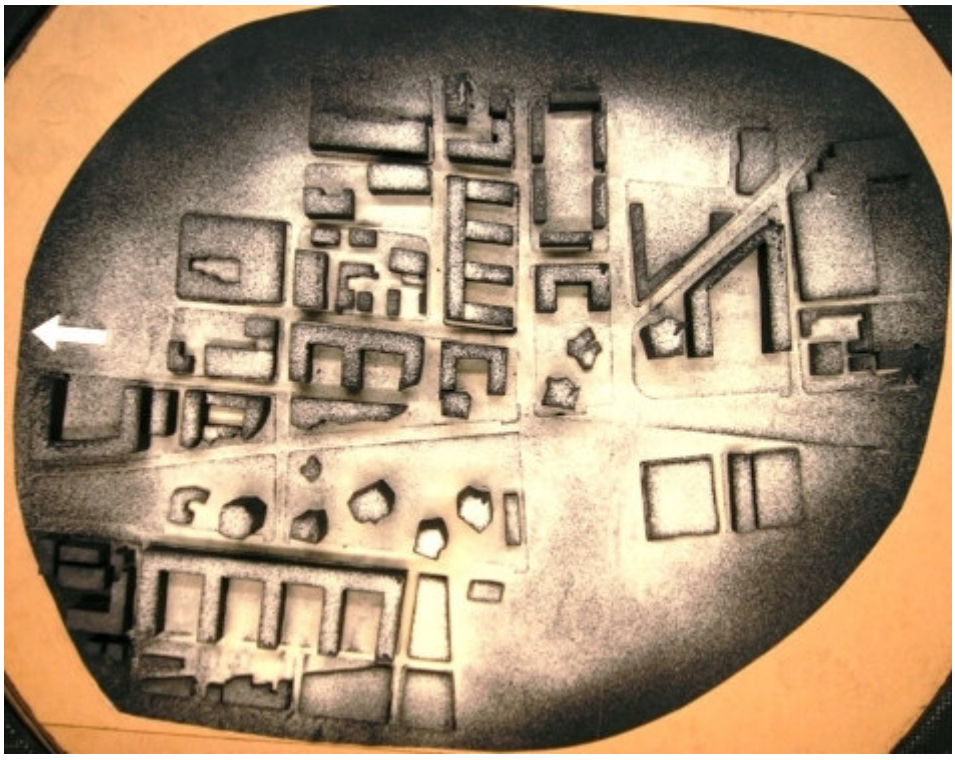


Figura 409 - Proposta 2 : Sul - Inverno, 300 rpm.

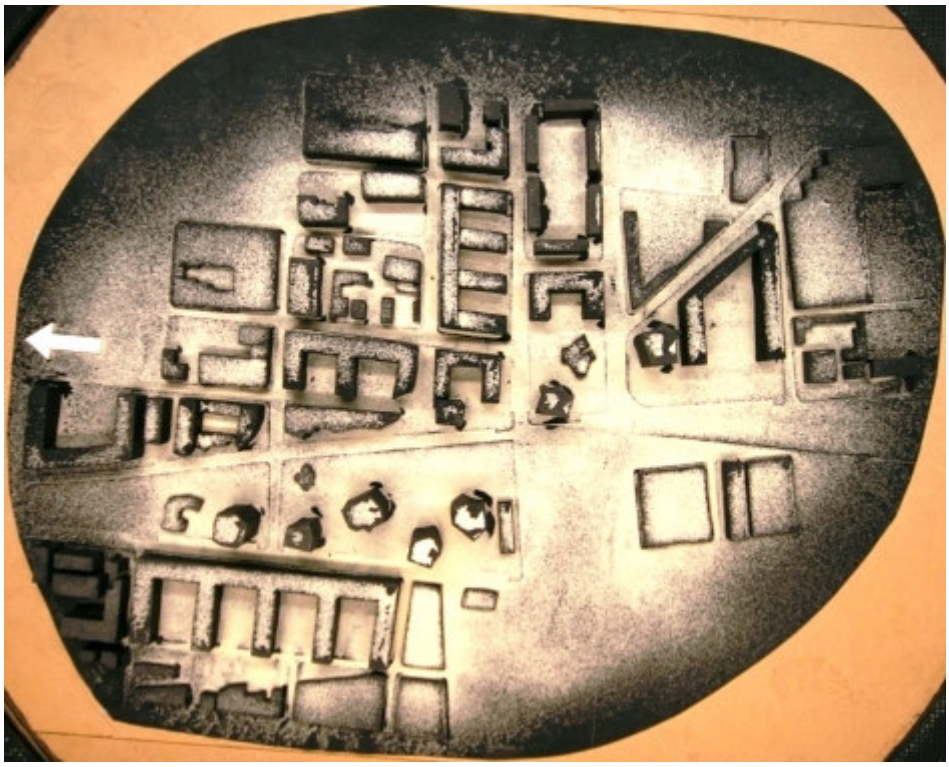


Figura 410 - Proposta : Sul - Inverno, 400 rpm.

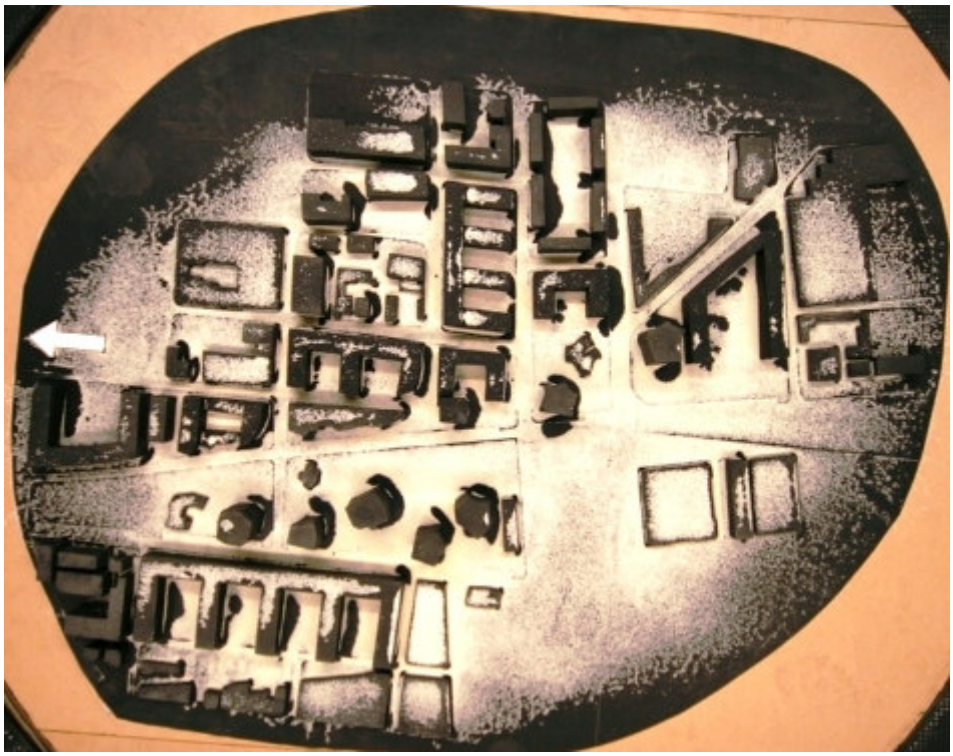


Figura 411 - Proposta 2: Sul - Inverno, 500 rpm.

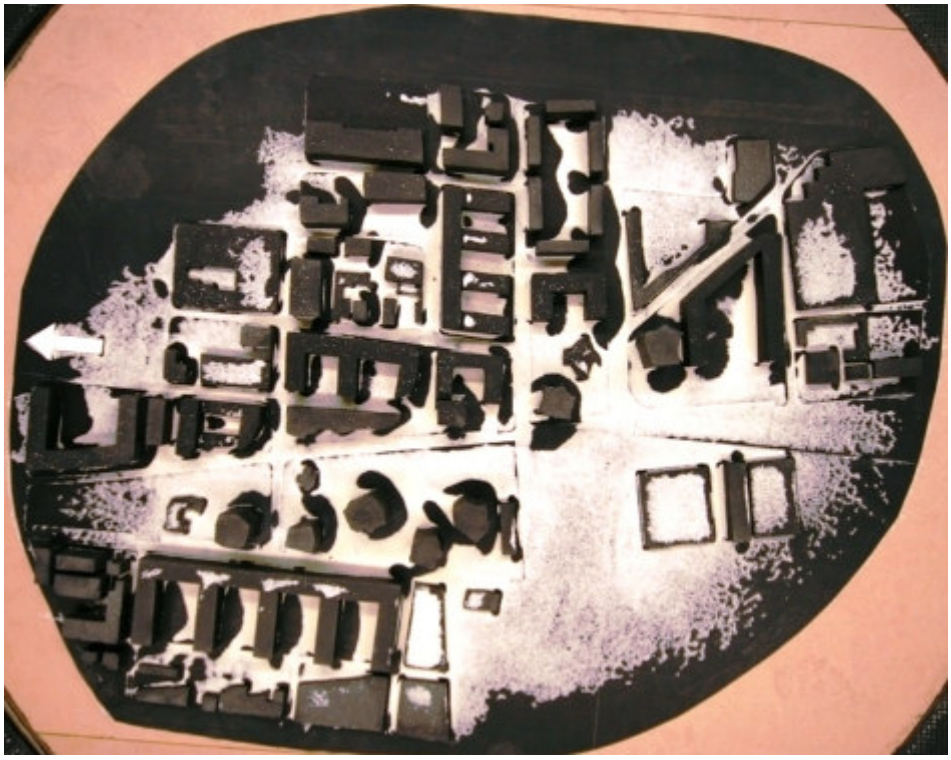


Figura 412 - Proposta 2 : Sul - Inverno, 600 rpm.

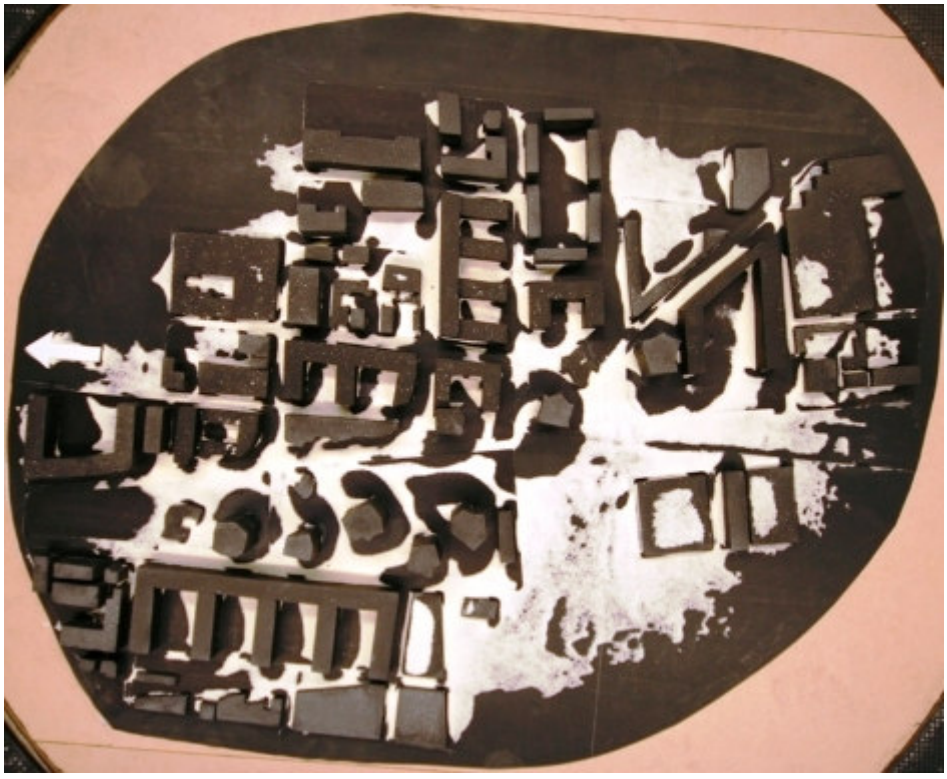


Figura 413 - Proposta 2 : Sul - Inverno, 650 rpm.



Figura 414 - Proposta 2 : Sul - Inverno, 700 rpm.



Figura 415 - Proposta 2 : Sul - Inverno, 750 rpm.

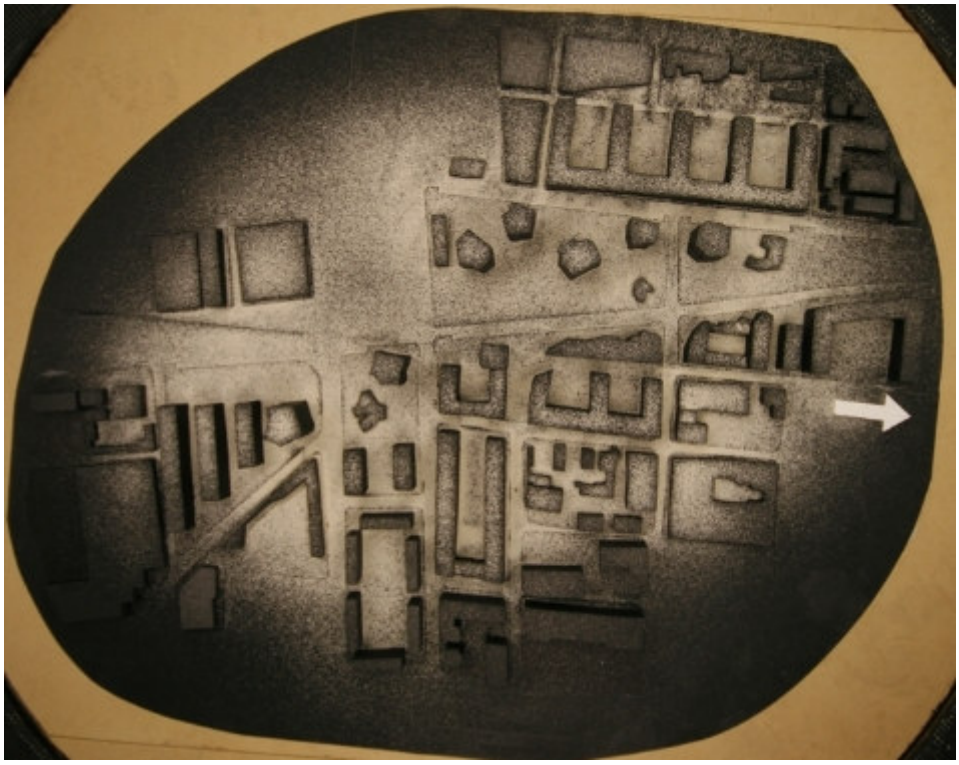


Figura 416 – Melhor acesso: NO – Verão, 0 rpm.

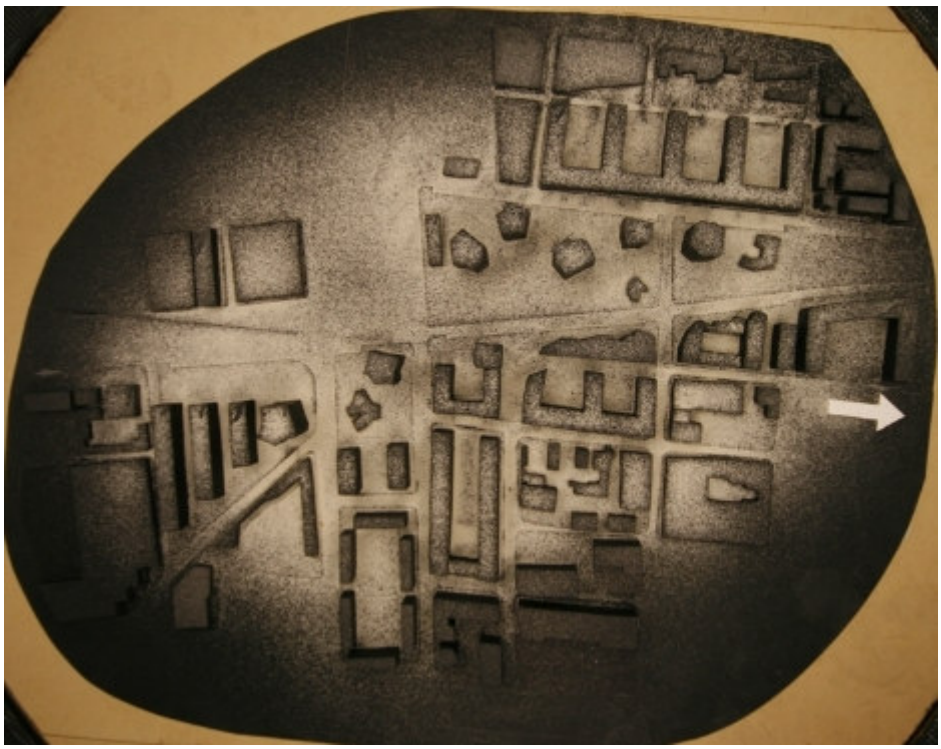


Figura 417 - Melhor acesso solar: NO – Verão, 300 rpm.

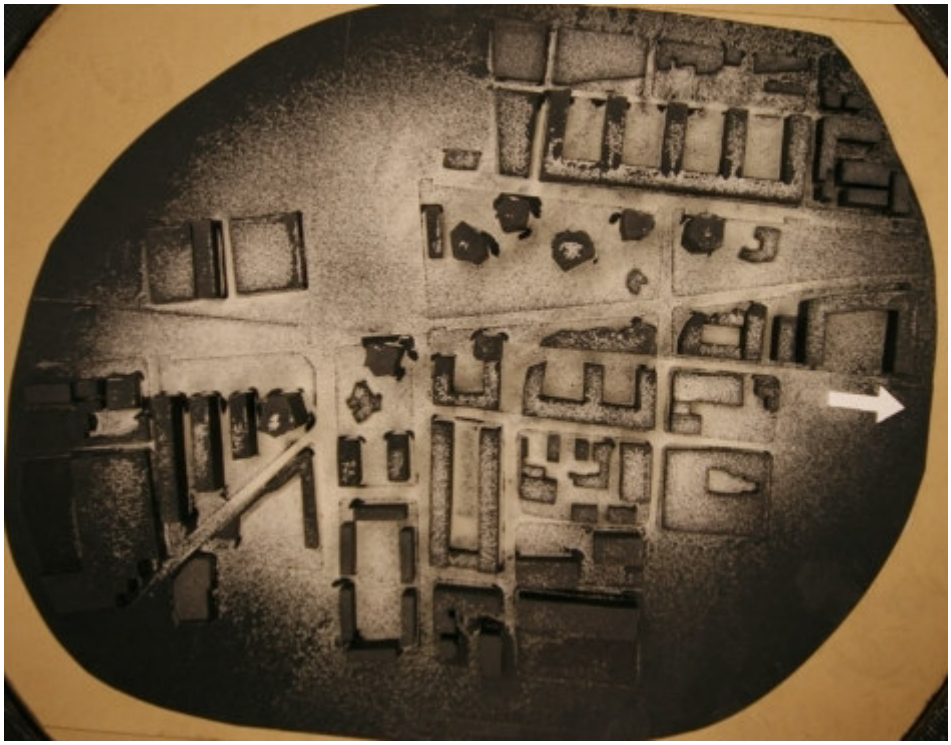


Figura 418 - Melhor acesso solar: NO – Verão, 400 rpm.



Figura 419 - Melhor acesso solar : NO – Verão, 500 rpm.



Figura 420 - Melhor acesso solar : NO – Verão, 625 rpm.



Figura 421 - Melhor acesso solar : NO – Verão , 650 rpm.

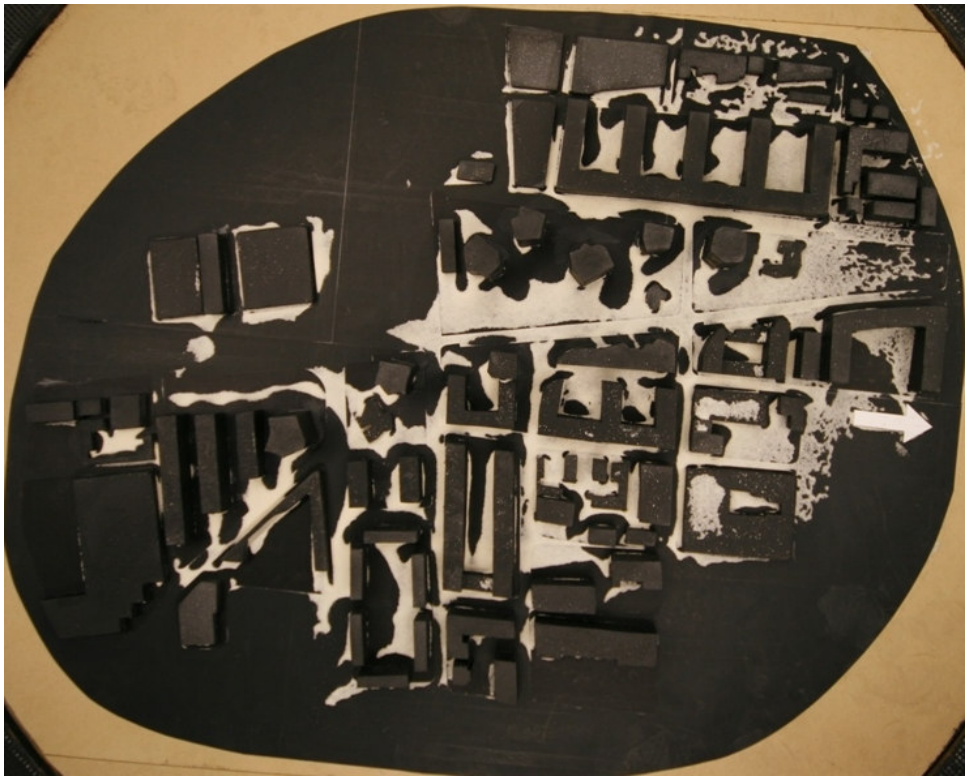


Figura 422 - Melhor acesso solar : NO – Verão, 700 rpm.

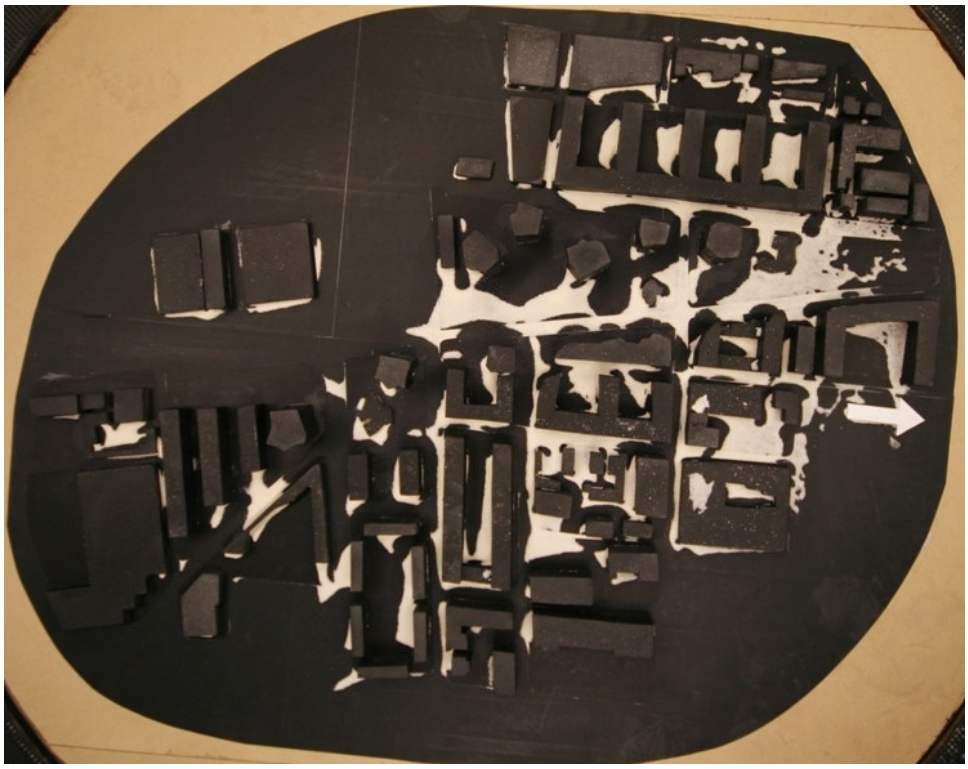


Figura 423 - Melhor acesso solar : NO – Verão, 725 rpm.



Figura 424 - Melhor acesso solar : NO – Verão, 750 rpm.

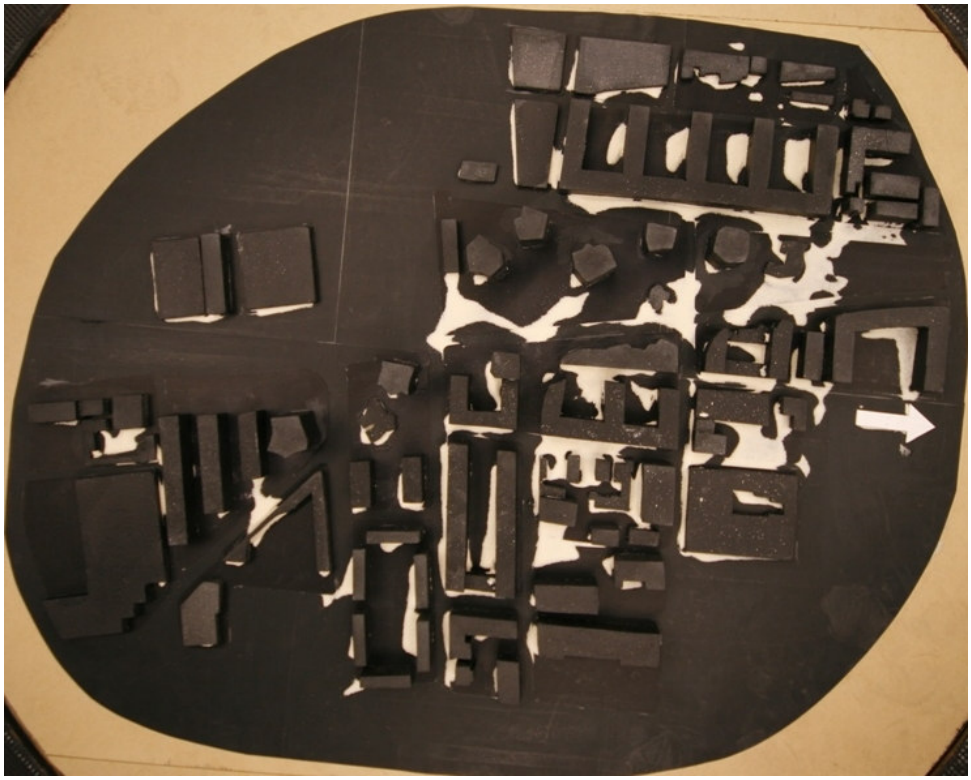


Figura 425 - Melhor acesso solar : NO – Verão, 800 rpm.

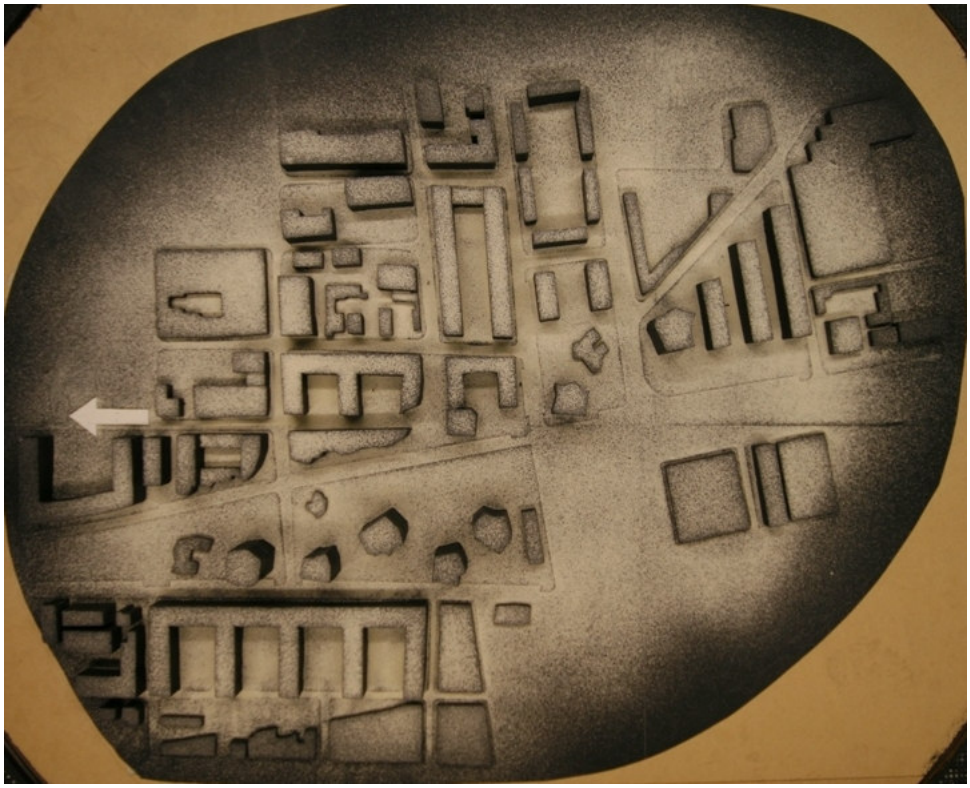


Figura 426 - Melhor acesso solar : SUL - Inverno, 300 rpm.

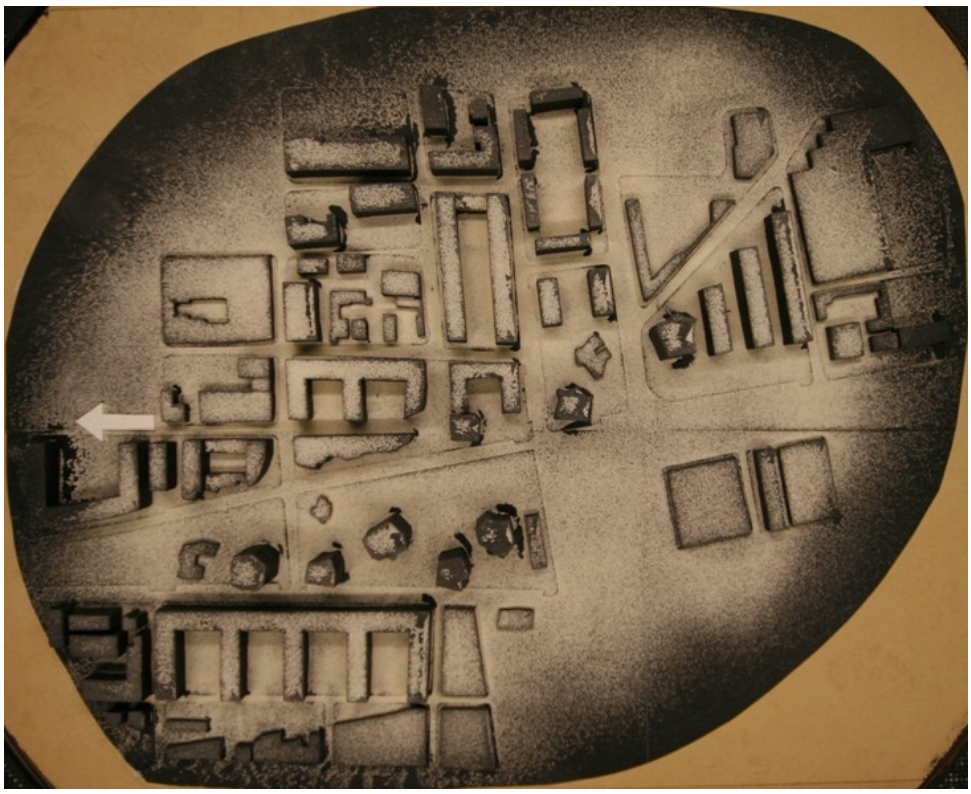


Figura 427 - Melhor acesso solar : SUL - Inverno, 400 rpm.

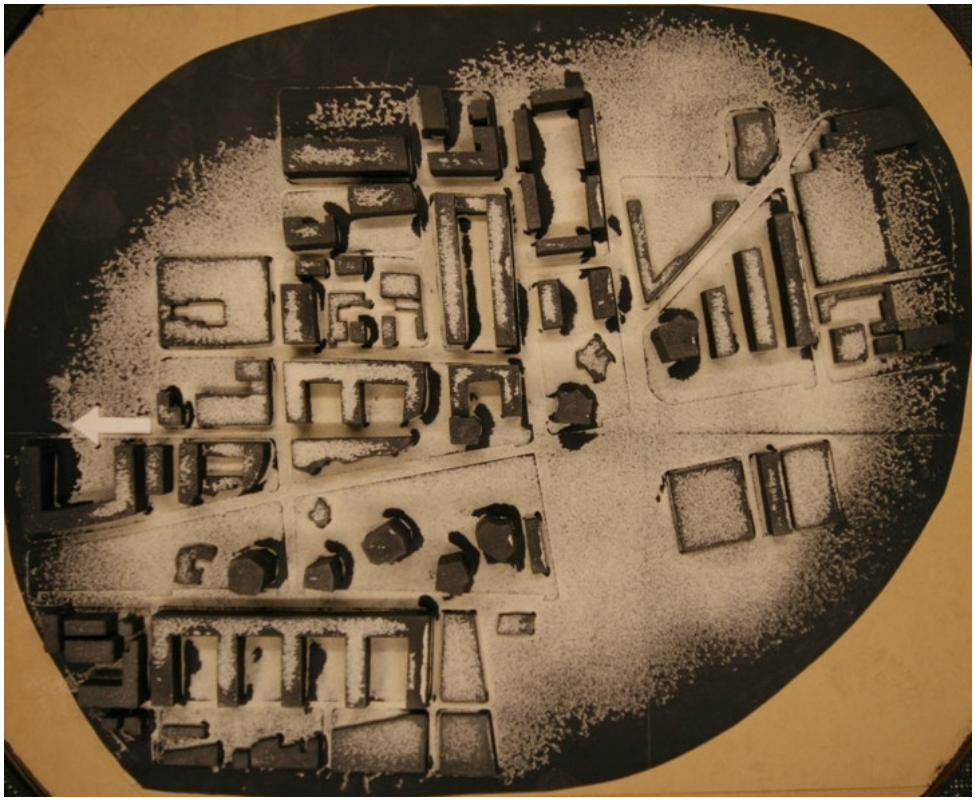


Figura 428 - Melhor acesso solar : SUL - Inverno, 500 rpm.



Figura 429 - Melhor acesso solar : SUL - Inverno, 600 rpm.

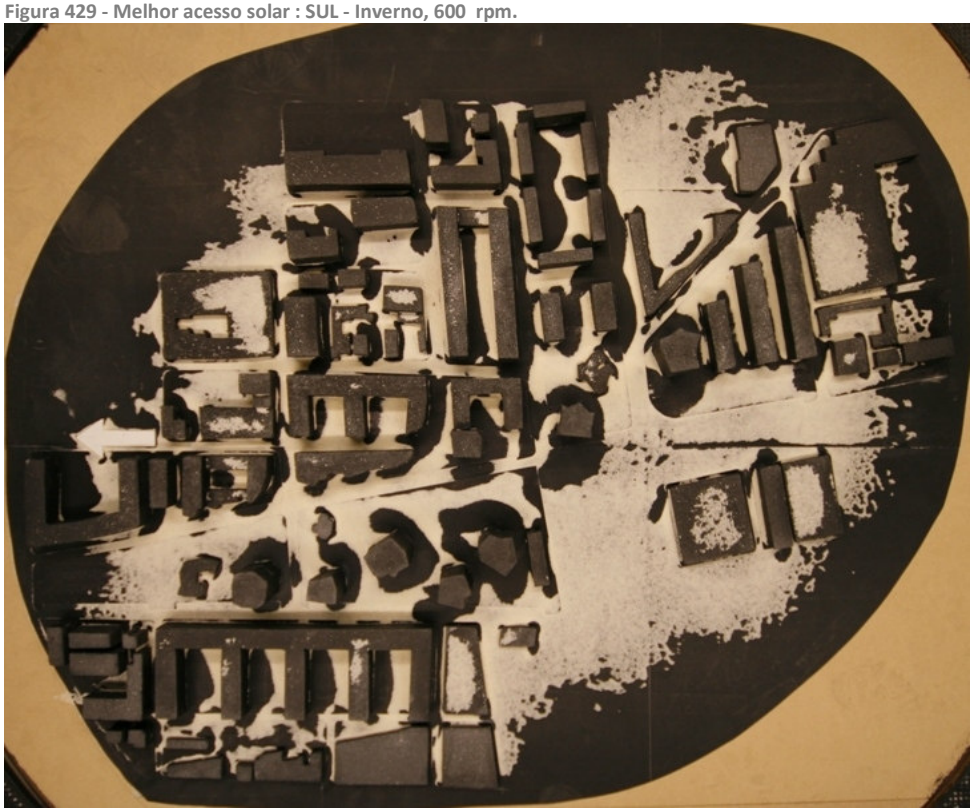


Figura 430 - Melhor acesso solar : SUL - Inverno, 650 rpm.

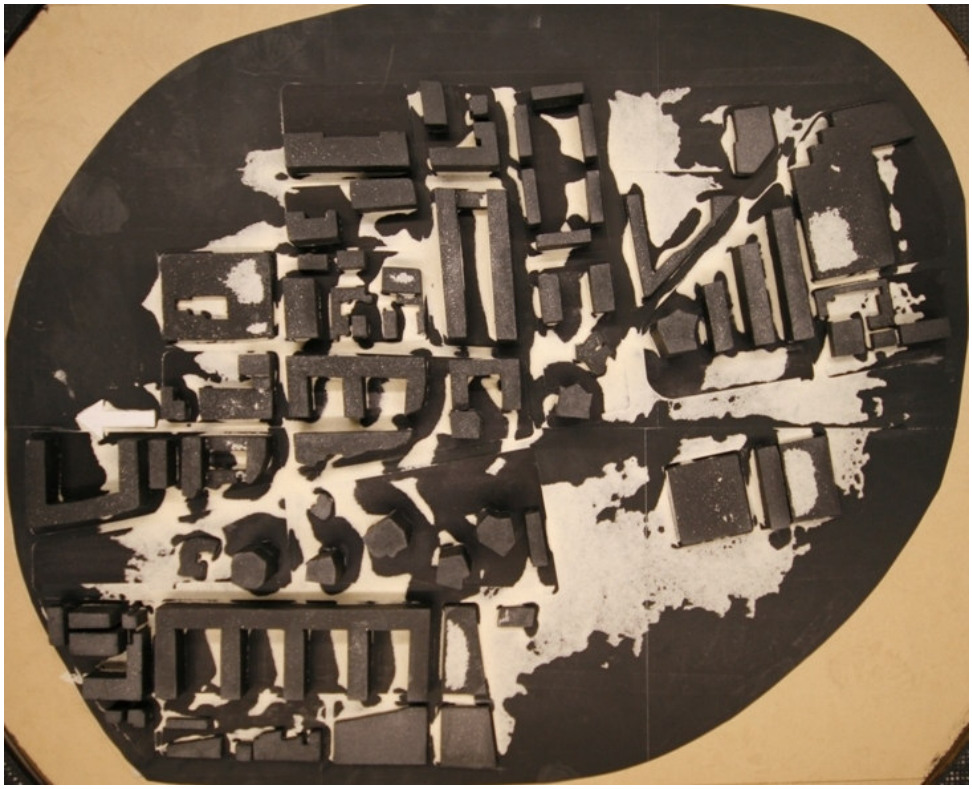


Figura 431 - Melhor acesso solar : SUL - Inverno, 700 rpm.

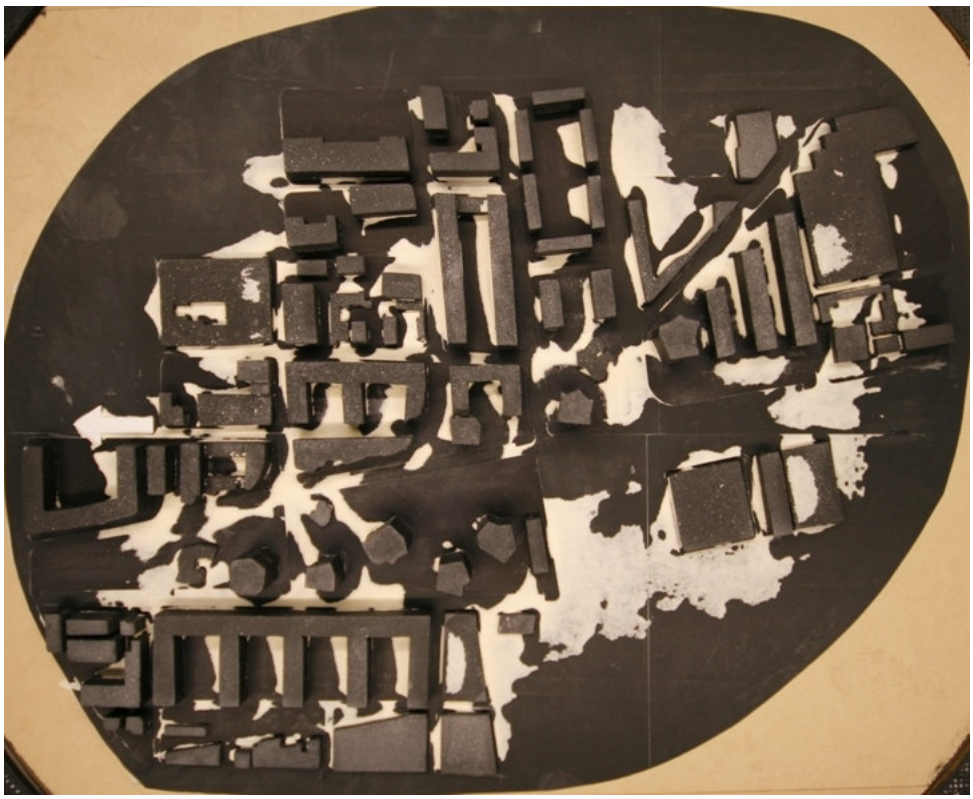


Figura 432 - Melhor acesso solar : SUL - Inverno, 725 rpm.