



Técnicas de estudo da insolação no projecto de arquitectura

Ana Rita de Deus Costa

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em:

Arquitectura

Orientador: Prof. Dr. Luís Conceição

Janeiro de 2013

ANA RITA DE DEUS COSTA

**TÉCNICAS DE ESTUDO DA INSOLAÇÃO NO
PROJECTO DE ARQUITECTURA.**

Dissertação defendida em provas públicas no Instituto Superior Manuel Teixeira Gomes, no dia 21/03/2013 perante o júri nomeado pelo Despacho de Nomeação nº. 03/2013, com a seguinte composição:

Presidente:

Prof. Doutor Guilherme Manuel Torres Leotte Quintino (Professor Associado, ISMAT)

Arguente:

Prof. Doutor Hugo Philipe H. da Nazareth Fernandes de Cerqueira (Professor Auxiliar, ISMAT)

Orientador:

Prof. Doutor Luís Filipe Pires Conceição (Professor Associado, ISMAT)

Instituto Superior Manuel Teixeira Gomes

Portimão

2013

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos aqueles que contribuíram, para o desenvolvimento desta dissertação.

Ao Professor José Lima, pela ajuda constante que dispensou ao trabalho.

Aos familiares pela compreensão, estímulo e apoio incondicional em todos os momentos.

À Ana Alves e ao Paulo Carreira pelas diversas análises e trocas de impressões.

À Joana Henrique pela ajuda gráfica.

Em geral a todos os amigos pelos contributos, comentários ao trabalho e pela enorme paciência.

Em memória do Prof. Dr. Licínio de Carvalho que acompanhou o desenvolvimento desta dissertação, e para o qual o seu contributo é inegável.

RESUMO

Com o crescimento da população deu-se um conseqüente aumento das cidades. Este desenvolvimento foi motivado por razões de diferentes ordens, geralmente associadas a situações de prosperidade socioeconómica. A construção de cada vez mais edifícios dá-se de um modo nem sempre ordenado e, frequentemente, sem qualquer preocupação urbanística. Cada edifício construído produz impactos na vizinhança que influenciam o acesso a recursos naturais importantes para o conforto ambiental, tais como a ventilação e a iluminação natural.

A insolação influencia a iluminação natural dos edifícios. A presença da luz directa do Sol no interior nem sempre é desejada, mas a iluminação natural que produz é normalmente bem-vinda. Isto significa que o projecto de arquitectura deve explorar meios para controlar a insolação. Esta atitude passa por perceber que a arquitectura não deve responder só à estética, mas também, considerar aspectos mais lógicos e simples como o aproveitamento da iluminação natural.

Muitas vezes são as relações de vizinhança que determinam a quantidade e qualidade da luz solar recebida. Estes factores são essenciais para o conforto habitacional e também para o conforto exterior.

O controlo da iluminação natural envolve vantagens a nível energético, não só na economia de energia utilizada com a iluminação artificial, mas também com o conforto térmico.

Torna-se, assim, essencial reconhecer a importância do controlo da insolação, quer para um aumento do conforto do ser humano, quer para poupança nos gastos energéticos, tendo em consideração que a insolação é simultaneamente um veículo de iluminação e de radiação.

O estudo da insolação desde sempre foi considerado na concepção do edificado. Ao longo dos tempos diferentes técnicas de estudo foram

desenvolvidas, em regra, com base em modelos físicos, correntemente designados maquetas. Mais recentemente, tornou-se viável a utilização de modelos matemáticos, face à capacidade crescente do cálculo automático. Ambas as técnicas se afiguram que podem actualmente dar contributos de interesse no estudo da insolação, mas há necessidade de avaliar com mais profundidade em que condições, é que cada técnica deve ser preferida. Complementarmente, há interesse em avaliar como poderia ser usado um simulador solar nas salas do ISMAT adequado ao estudo da insolação através das maquetas executadas pelos alunos na sua formação.

Palavras-chave: Iluminação natural/ Insolação/ Geometria solar/ Estudo das técnicas de simulação solar/ Fases do projecto.

ABSTRACT

With the population growth there was a consequent increase of cities. This development was motivated by reasons of different orders, usually associated with situations of socio-economic prosperity. The construction of more buildings is given in a way not always orderly and often without any urban planning concern. Each building constructed produces impacts in the vicinity which influence access to natural resources important to the environmental comfort, such as ventilation and natural lighting.

Heatstroke influences the natural lighting of buildings. The presence of direct sunlight on the inside is not always desired, but the natural lighting that produces is usually welcome. This means that the architectural design must explore ways to control the heat stroke. This attitude is realizing that the architecture should not respond only to aesthetics, should consider the most logical and simple as the use of natural lighting.

They are often the neighbourly relations which determine the quantity and quality of incoming sunlight. These factors are essential for the comfort of housing and also for outdoor comfort.

The natural lighting control involves energy advantages, not only in the economy of energy used with artificial lighting, but also with the thermal comfort.

It is therefore essential to recognize the importance of the control of heatstroke, wants to increase the comfort of human beings, whether for savings in energy expenditures, taking into consideration that heat stroke is both a vehicle lighting and light radiation.

The study of heat stroke has always been considered in the design of buildings. Throughout the ages different techniques were developed, as a rule, based on physical models, commonly referred to as models. More recently, it has become feasible the use of mathematical models, in view of the increasing capacity of automatic calculation.

Both techniques seem that can currently give contributions of interest in the study of heat stroke, but no need to assess with more depth at that position, is that each technique should be preferred. In addition, there is interest in assessing how it could be used a solar Simulator in the rooms of appropriate study ISMAT insolation through mock-ups performed by students in their training.

Key words: natural Lighting/Sunstroke/solar Geometry/study of techniques of solar simulation/project Phases.

INDICE GERAL

AGRADECIMENTOS.....	II
RESUMO.....	III
INDICE GERAL.....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	XIII
INDICE DE QUADROS.....	XXVIII

CAPITULO I - CONCEITOS E PRINCIPIOS TEORICOS

1.1.INTRODUÇÃO.....	1
1.1.1. ENQUADRAMENTO.....	1
1.1.2. OBJECTIVOS.....	3
1.1.3. METODOLOGIA.....	3
1.2. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	4
1.2.1. ENQUADRAMENTO GERAL.....	4
1.2.2. TÉCNICAS DE ESTUDOS COM BASE EM SIMULADORES FÍSICOS.....	4
1.2.3. TÉCNICAS DE ESTUDOS COM BASE EM SIMULADORES MATEMÁTICOS....	5
1.2.4. PROCESSO DA CONCEPÇÃO DE PROJECTOS ARQUITECTÓNICOS.....	5
1.3.ANÁLISE DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES.....	5
1.4.GEOMETRIA SOLAR.....	6
1.4.1. INTRODUÇÃO.....	6
1.4.2. MOVIMENTO APARENTE DO SOL.....	6
1.4.2.1. O SOL.....	7
1.5.LATITUDE E LONGITUDE.....	8
1.5.1. LATITUDE.....	8

1.5.2.	LONGITUDE.....	9
1.6.	ALTITUDE E AZIMUTE.....	10
1.6.1.	ALTITUDE.....	10
1.6.2.	AZIMUTE.....	10
1.7.	RADIAÇÃO SOLAR.....	11
1.7.1.	EQUINÓCIOS E SOLSTÍCIOS.....	11
1.8.	CARTAS SOLARES.....	12
1.8.1.	APRESENTAÇÃO DA CARTA SOLAR PARA PORTUGAL.....	13
1.9.	ILUMINAÇÃO NATURAL.....	16
1.9.1.	APROVEITAMENTO.....	17
1.9.2.	EFICIÊNCIA DA LUZ NATURAL.....	18
1.10.	CONDICIONANTES DO PROJECTO.....	18
1.10.1.	ORIENTAÇÃO.....	18
1.10.2.	ENVOLVENTE.....	20
1.10.3.	CONCEPÇÃO.....	21
1.11.	FACTORS QUE CONDICIONAM A ENTRADA DA ILUMINAÇÃO.....	21
1.11.1.	ILUMINÂNCIA.....	21
1.11.2.	LUMINÂNCIA.....	22
1.11.3.	ENCANDEAMENTO.....	23
1.11.4.	UNIFORMIDADE.....	23
1.11.5.	REFLECTÂNCIA.....	24
1.12.	ESTRATÉGIA.....	24
1.12.1.	PROTECÇÕES SOLARES.....	25
1.12.2.	ESTRATÉGIAS DE ABERTURAS E ELEMENTOS DE CONTROLO DA ILUMINAÇÃO NATURAL.....	28

1.13. CONCLUSÃO.....	34
CAPITULO II - TÉCNICAS DE ESTUDO COM BASE EM MODELOS FÍSICOS	
2.1. INTRODUÇÃO.....	35
2.2. SIMULADORES SOLARES.....	35
2.3. QUADRANTES SOLARES.....	37
2.4. HELIODON DE PRANCHETA E PROJECTOR MÓVEIS.....	39
2.4.1. DESCRIÇÃO.....	39
2.4.2. MODO DE FUNCIONAMENTO.....	40
2.4.3. VANTAGENS E LIMITAÇÕES.....	41
2.5. PROPOSTA DE SIMULADOR PARA O USO NAS SALAS DO ISMAT..	43
2.5.1. ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO NO ISMAT.....	43
2.5.2. PROPOSTA DE VARIANTE.....	46
2.5.2.1. PROPOSTA PARA RESOLVER O PROBLEMA DA ESCALA DAS DATAS.....	47
2.5.2.2. DISCUSSÃO DA DISTÂNCIA A ASSEGURAR ENTRE O PROJECTOR E A MAQUETA.....	49
2.6. CONCLUSÃO.....	51
CAPITULO III - TECNICAS DE ESTUDOS COM BASE EM MODELOS MATEMÁTICOS	
3.1 INTRODUÇÃO.....	52
3.2. SIMULADORES MATEMÁTICOS.....	53
3.2.1. MODO DE FUNCIONAMENTO.....	53
3.2.2. VANTAGENS E LIMITAÇÕES.....	53
3.3. SOFTWARES ESPECÍFICOS.....	54

3.3.1.	SOFTWARES DE CÁLCULO DE INSOLAÇÃO.....	55
3.3.1.1.	PROGRAMAS DISPONÍVEIS PARA O ESTUDO DA ILUMINAÇÃO....	55
3.3.2.	SOFTWARE DE ARQUITECTURA DE REFERÊNCIA.....	55
3.3.2.1.	AUTOCAD.....	56
3.3.2.2.	ARCHICAD.....	56
3.3.2.3.	3D STUDIO MAX / VIZ.....	56
3.3.2.4.	REVIT.....	57
3.3.2.5.	SEKTCUP.....	57
3.4.	SOFTWARES ESCOLHIDOS.....	58
3.4.1.	AUTOCAD.....	58
3.4.2.	3D STUDIO MAX.....	58
3.5.	EXPERIMENTAÇÃO DOS SOFTWARES ESCOLHIDOS.....	58
3.5.1.	OBJECTIVO DA EXPERIÊNCIA.....	59
3.5.2.	ESTRATÉGIA DA EXPERIÊNCIA.....	59
3.5.2.1.	CARACTERÍSTICAS DOS MODELOS EM ESTUDO.....	60
3.5.2.2.	ENSAIO_A.....	60
3.5.2.3.	ENSAIO_B.....	61
3.5.2.4.	ENSAIO_C.....	61
3.5.2.5.	ENSAIO_D.....	62
3.5.3.	RESULTADOS DA EXPERIÊNCIA DOS ENSAIOS REALIZADOS.....	62
	• ENSAIO_ A.1– REPRESENTAÇÃO DE UM CONJUNTO DE VOLUMES PARA VISUALIZAR O EFEITO DAS SOMBRAS PRODUZIDAS NO CONJUNTO.....	62
	• ENSAIO_ A.2– REPRESENTAÇÃO DE UM MODELO DE FORMA CÚBICA, COLOCADO NUMA SUPERFÍCIE PLANA, NOS EQUINÓCIOS E NOS SOLSTÍCIOS E EQUINÓCIOS.....	63
	• ENSAIO B.1 - 9 HORAS – REPRESENTAÇÃO ANUAL DO MODELO_2 ORIENTADO A SE, PARA OBSERVAR AS DIFERENCIAÇÃO AO LONGO DO ANO, PARA AS 9 HORAS.....	63

-
- ENSAIO_B.1 - 11 HORAS – REPRESENTAÇÃO ANUAL DO MODELO_2 ORIENTADO A SE, PARA OBSERVAR AS DIFERENCIAÇÃO AO LONGO DO ANO, PARA AS 11 HORAS..... 64
 - ENSAIO_B.1 - 13 HORAS – REPRESENTAÇÃO ANUAL DO MODELO_2 ORIENTADO A SE, PARA OBSERVAR AS DIFERENCIAÇÃO AO LONGO DO ANO, PARA AS 13 HORAS..... 64
 - ENSAIO_B.1 - 15 HORAS – REPRESENTAÇÃO ANUAL DO MODELO_2 ORIENTADO A SE, PARA OBSERVAR AS DIFERENCIAÇÃO AO LONGO DO ANO, PARA AS 15 HORAS..... 65
 - ENSAIO_B.1 - 17 HORAS – REPRESENTAÇÃO ANUAL DO MODELO_2 ORIENTADO A SE, PARA OBSERVAR AS DIFERENCIAÇÃO AO LONGO DO ANO, PARA AS 17 HORAS..... 65
 - ENSAIO_B.2 - 9 HORAS - REPRESENTAÇÃO ANUAL DO MODELO_2 ORIENTADO A SO, PARA OBSERVAR AS DIFERENCIAÇÃO AO LONGO DO ANO, PARA AS 9 HORAS..... 66
 - ENSAIO_B.2 - 11 HORAS - REPRESENTAÇÃO ANUAL DO MODELO_2 ORIENTADO A SO, PARA OBSERVAR AS DIFERENCIAÇÃO AO LONGO DO ANO, PARA AS 11 HORAS..... 66
 - ENSAIO_B.2 - 13 HORAS - REPRESENTAÇÃO ANUAL DO MODELO_2 ORIENTADO A SO, PARA OBSERVAR AS DIFERENCIAÇÃO AO LONGO DO ANO, PARA AS 13 HORAS..... 67
 - ENSAIO_B.2 - 15 HORAS - REPRESENTAÇÃO ANUAL DO MODELO_2 ORIENTADO A SO, PARA OBSERVAR AS DIFERENCIAÇÃO AO LONGO DO ANO, PARA AS 15 HORAS..... 67
 - ENSAIO_B.2 - 17 HORAS - REPRESENTAÇÃO ANUAL DO MODELO_2 ORIENTADO A SO, PARA OBSERVAR AS DIFERENCIAÇÃO AO LONGO DO ANO, PARA AS 17 HORAS..... 68
 - ENSAIO_C.1 - 17 HORAS – REPRESENTAÇÃO DO MODELO _2 EM CORTE VERTICAL, NO PERÍODO DE VERÃO, PARA VERIFICAR A ILUMINAÇÃO QUE RESULTA NO INTERIOR NO PERÍODO DAS 7 HORAS ÀS 17 HORAS..... 68

• ENSAIO_C.2 - 17 HORAS – REPRESENTAÇÃO DO MODELO _2 EM CORTE HORIZONTAL, NO PERÍODO DE VERÃO, PARA VERIFICAR A ILUMINAÇÃO QUE RESULTA NO INTERIOR NO PERÍODO DAS 7 HORAS ÀS 17 HORAS.....	69
• ENSAIO_C.3 - 17 HORAS – REPRESENTAÇÃO DO MODELO _2 EM CORTE VERTICAL, NO PERÍODO DE INVERNO, PARA VERIFICAR A ILUMINAÇÃO QUE RESULTA NO INTERIOR NO PERÍODO DAS 7 HORAS ÀS 17 HORAS.....	69
• ENSAIO_C.4 - 17 HORAS – REPRESENTAÇÃO DO MODELO _2 EM CORTE HORIZONTAL, NO PERÍODO DE INVERNO, PARA VERIFICAR A ILUMINAÇÃO QUE RESULTA NO INTERIOR NO PERÍODO DAS 7 HORAS ÀS 17 HORAS....	70
• ENSAIO_D.1 DAS 7 HORAS ÀS 17 HORAS – DEMOSNTRAÇÃO DE VIDEO COM O MODELO.....	70
• ENSAIO_D.2 DAS 7 HORAS ÀS 17 HORAS.....	71
3.6. CONCLUSÃO.....	71

CAPITULO IV - EVOLUÇÃO E LEVANTAMENTO DAS FASES DO PROJECTO

4.1. INTRODUÇÃO.....	73
4.2. TIPOS DE ESTUDOS DE INSOLAÇÃO.....	73
4.2.1. CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA INSOLAÇÃO.....	73
4.3. CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DO SOMBREAMENTO DE ILUMINAÇÃO.....	76
4.4. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA INSOLAÇÃO.....	76
4.4.1. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO.....	76
4.5. AVALIAÇÃO DAS DIFERENTES TÉCNICAS DE ESTUDOS DA INSOLAÇÃO.....	81
4.5.1. NECESSIDADE DE FORMAÇÃO PRÉVIA PARA O USO DA TÉCNICA.....	81
4.5.2. DISPONIBILIDADE DE MEIOS EM GERAL PARA APLICAR A TÉCNICA.....	81

4.5.3. TRABALHO EXIGIDO PARA APLICAR A TÉCNICA EM CADA SITUAÇÃO PARTICULAR A ANALISAR.....	82
4.5.4. APTIDÃO PARA CADA TIPO DE ESTUDO.....	83
4.6.FASES DO PROJECTO, CONDICIONAMENTOS DA INSOLAÇÃO, ESTUDOS A REALIZAR E TÉCNICAS A ADOPTAR.....	84
4.6.1. CLASSIFICAÇÃO E APLICAÇÃO DA LEGISLAÇÃO.....	84
4.6.1.1. PROGRAMA PRELIMINAR.....	84
4.6.1.2. PROGRAMA BASE.....	84
4.6.1.3. ENSAIO.....	86
▪ ENSAIO E.1 - COM ORIENTAÇÃO A NASCENTE DAS 7 HORAS ÀS 17 HORAS.....	86
▪ ENSAIO E.2: COM ORIENTAÇÃO A POENTE DAS 7 HORAS ÀS 17 HORAS.....	87
4.6.1.4. ESTUDO PRÉVIO.....	87
4.6.1.5. ANTE PROJECTO E PROJECTO DE EXECUÇÃO.....	88
4.7.CONCLUSÃO.....	88

CAPITULO V - CONCLUSÃO

5.1.AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DOS SIMULADORES NO ESTUDO.....	89
5.2.REFLEXÕES FINAIS.....	93
5.2.1. CONTRIBUTO DA INVESTIGAÇÃO PARA O CONHECIMENTO DO OBJECTO DE ESTUDO.....	94
5.2.2. LIMITES DA INVESTIGAÇÃO.....	95
5.3.BIBLIOGRAFIA.....	96

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO I - CONCEITOS E PRINCIPIOS TEORICOS

Figura1 - Esfera terrestre.....	11
Figura 2 - Posição da terra relativamente ao sol.....	12
Figura 3 - Latitude e radiação solar.....	13
Figura 4 - Altura e azimute de um corpo celeste.....	14
Figura 5 - Representação dos solstícios e equinócio.....	16
Figura 6 - Projecção estereográfica.....	16
Figura 7 - Carta Solar latitude 37° N, Faro.....	17
Figura 8 - Transferidor duplo; ângulos sombra, coordenadas horizontais.....	17
Figura 9 - Representação de um ponto sobre a carta solar.....	19
Figura 10 - Representação da projecção estereográfica de uma recta horizontal.....	19
Figura 11 - Diferenças do angulo e altura no percurso do sol.....	23
Figura 12 - Diferenças do angulo e altura no percurso do sol.....	23
Figura 13 - Demonstração dos raios solares no verão e inverno.....	23
Figura 14 - Superfície aparente	26
Figura 15 - Encandeamento directo ou por reflexão.....	26
Figura 16 - Demonstração da diminuição do aquecimento, utilização de elementos de protecção contra a radiação, método passivo. Edifício sem ar condicionado.....	30
Figura 17 - Protecção solar de paredes opacas.....	32

Figura 18 - Protecção externa – Ganhos de calor através de parede transparente.....	32
Figura 19 - Protecção interna – Ganhos de calor através de parede transparente.....	32
Figura 20 - Condução térmica e convecção.....	33
Figura 21 - Condução térmica e convecção.....	33
Figura 22 - Irradiação e colectores.....	34
Figura 23 - Irradiação e colectores.....	34
Figura 24 - Princípio do direccionamento da luz por reflexão.....	34
Figura 25 - Elementos prismáticos de direccionamento luminoso.....	35
Figura 26 - Projecto do tecto para direccionamento luminoso.....	35
Figura 27 - Direccionamento da luz.....	36
Figura 28 - Direccionamento da luz.....	36
Figura 29 - Direccionamento da luz directa.....	37
Figura 30 - Direccionamento da luz directa.....	37

CAPITULO II - TÉCNICAS DE ESTUDO COM BASE EM MODELOS FÍSICOS

Figura 1 - Simulador de prancheta e projector móveis do LNEC.....	40
Figura 2 - Simulador de prancheta e projector móveis do LNEC.....	40
Figura 3 - Simulador de prancheta e projector móveis.....	41
Figura 4 - Quadrante solar universal.....	42
Figura 5 - Quadrante solar local [Construido pela autora].....	42

Figura 6 - Transferidor (latitudes) do Laboratório de Conforto Ambiental da EESC/USP.....	43
Figura 7 - Perspectiva de heliodon de prancheta e projector móvel [Construído pela autora].....	44
Figura 8 - Heliodon para maqueta até 0,10 m.....	45
Figura 9 - Planta do 2º andar.....	47
Figura 10 - Corte vertical AA`.....	48
Figura 11 - Corte vertical BB`.....	48
Figura 12 - Simulador para maquetas até 0,10m.....	49
Figura 13 - Simulador para maquetas até 0,20 m.....	50
Figura 14 - Simulador para maquetas até 0,40 m.....	50
Figura 15 - Solução para o problema da altura da escala das datas. Solstício de Verão.....	52
Figura 16 - Solução para o problema da altura da escala das datas. Solstício de Inverno.....	52
Figura 17 - Solução para o problema da altura da escala das datas. Representação para os Equinócios.....	52
Figura 18 - Expressão do erro cometido quando se simula a incidência solar em cubo de 0,40 m de lado, com projector a 4,80 m de distância.....	53
Figura 19 - Proposta de variante inserida na sala 1.....	54
Figura 20 - Proposta de variante inserida na sala 2.....	54
Figura 21 - Proposta de variante inserida na sala 3.....	55

CAPITULO III - TECNICAS DE ESTUDOS COM BASE EM MODELOS MATEMÁTICOS

Ensaio_ A.1– Representação de um conjunto de volumes para visualizar o efeito das sombras produzidas no conjunto..... 66

Ensaio_ A.2– Representação de um modelo de forma cúbica, colocado numa superfície plana, nos equinócios e nos solstícios e Equinócios:

Figura 1 - Modelo 1 solstício de inverno 21 de Dezembro às 14h00..... 67

Figura 2 - Modelo 1 solstício de Verão, 21 de Junho às 14h00..... 67

Figura 3 - Modelo 1 Equinócio de Março 21, às 14h00..... 67

Figura 4 - Modelo 1 Equinocio de Setembro dia 21, às 14h00..... 67

Ensaio B.1 - Representação anual do Modelo_2 às 9 horas:

Figura 5 - Janeiro..... 67

Figura 6 - Fevereiro..... 67

Figura 7 - Março..... 67

Figura 8 - Abril..... 67

Figura 9 - Maio..... 67

Figura 10 - Junho..... 67

Figura 11 - Julho..... 67

Figura 12 - Agosto..... 67

Figura 13 - Setembro..... 67

Figura 14 - Outubro..... 67

Figura 15 - Novembro..... 67

Figura 16 - Dezembro..... 67

Ensaio_B.1 - Representação anual do Modelo_2 às 11 horas:

Figura 17 - Janeiro..... 68

Figura 18 - Fevereiro..... 68

Figura 19 - Março..... 68

Figura 20 - Abril..... 68

Figura 21 - Maio..... 68

Figura 22 - Junho..... 68

Figura 23 - Julho..... 68

Figura 24 - Agosto..... 68

Figura 25 - Setembro..... 68

Figura 26 - Outubro..... 68

Figura 27 - Novembro..... 68

Figura 28 - Dezembro..... 68

Ensaio_B.1 - Representação anual do Modelo_2 às 13 horas:

Figura 29 - Janeiro..... 68

Figura 30 - Fevereiro..... 68

Figura 31 - Março..... 68

Figura 32 - Abril..... 68

Figura 33 - Maio..... 68

Figura 34 - Junho.....	68
Figura 35 - Julho.....	68
Figura 36 - Agosto.....	68
Figura 37 - Setembro.....	68
Figura 38 - Outubro.....	68
Figura 39 - Novembro.....	68
Figura 40 - Dezembro.....	68
Ensaio_B.1 - Representação anual do Modelo_2 às 15 horas:	
Figura 41 - Janeiro.....	69
Figura 42 - Fevereiro.....	69
Figura 43 - Março.....	69
Figura 44 - Abril.....	69
Figura 45 - Maio.....	69
Figura 46 - Junho.....	69
Figura 47 - Julho.....	69
Figura 48 - Agosto.....	69
Figura 49 - Setembro.....	69
Figura 50 - Outubro.....	69
Figura 51 - Novembro.....	69
Figura 52 - Dezembro.....	69

Ensaio_B.1 - Representação anual do Modelo_ às 17 horas:

Figura 53 - Janeiro.....	69
Figura 54 - Fevereiro.....	69
Figura 55 - Março.....	69
Figura 56 - Abril.....	69
Figura 57 - Maio.....	69
Figura 58 - Junho.....	69
Figura 59 - Julho.....	69
Figura 60 - Agosto.....	69
Figura 61 - Setembro.....	69
Figura 62 - Outubro.....	69
Figura 63 - Novembro.....	69
Figura 64 - Dezembro.....	69

Ensaio_B.2 - Representação anual do Modelo_2 às 9 horas:

Figura 65 - Janeiro.....	70
Figura 66 - Fevereiro.....	70
Figura 67 - Março.....	70
Figura 68 - Abril.....	70
Figura 69 - Maio.....	70
Figura 70 - Junho.....	70
Figura 71 - Julho.....	70

Figura 72 - Agosto.....	70
Figura 73 - Setembro.....	70
Figura 74 - Outubro.....	70
Figura 75 - Novembro.....	70
Figura 76 - Dezembro.....	70

Ensaio_B.2 - Representação anual do Modelo_2 às 11 horas:

Figura 77 - Janeiro.....	70
Figura 78 - Fevereiro.....	70
Figura 79 - Março.....	70
Figura 80 - Abril.....	70
Figura 81 - Maio.....	70
Figura 82 - Junho.....	70
Figura 83 - Julho.....	70
Figura 84 - Agosto.....	70
Figura 85 - Setembro.....	70
Figura 86 - Outubro.....	70
Figura 87 - Novembro.....	70
Figura 88 - Dezembro.....	70

Ensaio_B.2 - Representação anual do Modelo_2 às 13 horas:

Figura 89 - Janeiro.....	71
--------------------------	----

Figura 90 - Fevereiro.....	71
Figura 91 - Março.....	71
Figura 92 - Abril.....	71
Figura 93 - Maio.....	71
Figura 94 - Junho.....	71
Figura 95 - Julho.....	71
Figura 96 - Agosto.....	71
Figura 97 - Setembro.....	71
Figura 98 - Outubro.....	71
Figura 99 - Novembro.....	71
Figura 100 - Dezembro.....	71
Ensaio_B.2 - Representação anual do Modelo_2 às 15 horas:	
Figura 101 - Janeiro.....	71
Figura 102 - Fevereiro.....	71
Figura 103 - Março.....	71
Figura 104 - Abril.....	71
Figura 105 - Maio.....	71
Figura 106 - Junho.....	71
Figura 107 - Julho.....	71
Figura 108 - Agosto.....	71
Figura 109 - Setembro.....	71

Figura 110 - Outubro.....	71
Figura 111 - Novembro.....	71
Figura 112 - Dezembro.....	71
Ensaio_B.2 - Representação anual do Modelo_2 às 17 horas:	
Figura 113 - Janeiro.....	72
Figura 114 - Fevereiro.....	72
Figura 115 - Março.....	72
Figura 116 - Abril.....	72
Figura 117 - Maio.....	72
Figura 118 - Junho.....	72
Figura 119 - Julho.....	72
Figura 120 - Agosto.....	72
Figura 121 -Setembro.....	72
Figura 122 - Outubro.....	72
Figura 123 - Novembro.....	72
Figura 124 - Dezembro.....	72
Ensaio_C.1 – Ensaio do Modelo_2, em corte vertical e horizontal	
Figura 125 - Janeiro.....	72
Figura 126 - Fevereiro.....	72
Figura 126 - Março.....	72

Figura 127 - Abril.....	72
Figura 128 - Maio.....	72
Figura 129 - Junho.....	72
Figura 130 - Julho.....	72
Figura 131 - Agosto.....	72
Figura 132 - Setembro.....	72
Figura 133 - Outubro.....	72
Figura 134 - Novembro.....	72
Figura 135 - Dezembro.....	72
Ensaio_C.2 – Ensaio das 7 horas às 17 horas:	
Figura 136 - Ensaio para as 7 horas.....	73
Figura 137 - Ensaio para as 8 horas	73
Figura 138 - Ensaio para as 9 horas	73
Figura 139 - Ensaio para as 10 horas	73
Figura 140 - Ensaio para as 11 horas	73
Figura 141 - Ensaio para as 12 horas	73
Figura 142 - Ensaio para as 13 horas	73
Figura 143 - Ensaio para as 14 horas	73
Figura 144 - Ensaio para as 15 horas	73
Figura 145 - Ensaio para as 16 horas.....	73
Figura 146 - Ensaio para as 17 horas	73

Ensaio_C.3 – Ensaio das 7 horas às 17 horas:

Figura 147	Ensaio para as 7 horas.....	73
Figura 148	Ensaio para as 8 horas	73
Figura 149	Ensaio para as 9 horas	73
Figura 150	Ensaio para as 10 horas	73
Figura 151	Ensaio para as 11 horas	73
Figura 152	Ensaio para as 12 horas	73
Figura 153	Ensaio para as 13 horas	73
Figura 154	Ensaio para as 14 horas	73
Figura 155	Ensaio para as 15 horas	73
Figura 156	Ensaio para as 16 horas.....	73
Figura 157	Ensaio para as 17 horas	73

Ensaio_C.4 – Ensaio das 7 horas às 17 horas:

Figura 158	- Ensaio para as 7 horas.....	74
Figura 159	- Ensaio para as 8 horas	74
Figura 160	- Ensaio para as 9 horas	74
Figura 161	- Ensaio para as 10 horas	74
Figura 162	- Ensaio para as 11 horas	74
Figura 163	- Ensaio para as 12 horas	74
Figura 164	- Ensaio para as 13 horas	74
Figura 165	- Ensaio para as 14 horas	74

Figura 166 - Ensaio para as 15 horas	74
Figura 167 - Ensaio para as 16 horas.....	74
Figura 168 - Ensaio para as 17 horas	74

Ensaio_D.1 das 7 horas às 17 horas:

Figura 169 - Ensaio camara _1	74
Figura 170 - Ensaio camara_2	74

Ensaio_D.2 das 7 horas às 17 horas:

Figura 171 - Ensaio camara _1	75
Figura 172 - Ensaio camara_2	75

CAPITULO IV - EVOLUÇÃO E LEVANTAMENTO DAS FASES DO PROJECTO

Figura 1 - Estudo de um conjunto de volumes	78
Figura 2 - Estudo da implantação de uma piscina	78
Figura 3 - Exemplo sem pala, 13h 21 de Junho	79
Figura 4 - Exemplo com pala, 13h 21 de Junho	79
Figura 5 - Exemplo sem pala, 13h 21 de Dezembro	79
Figura 6 - Exemplo com pala, 13h 21 de Dezembro	79
Figura 7 - Exemplo sem pala, 13h 21 de Março	79
Figura 8 - Exemplo com pala, 13h 21 de Março	79

Figura 9 - Exemplo sem pala, 13h 21 de Setembro	79
Figura 10 - Exemplo com pala, 13h 21 de Setembro	79
Figura 11 - Dispositivos de sombreamento	80
Figura 12 - Dispositivos de sombreamento	80
Figura 13 - Exigência de exposição à radiação solar 2 horas solares	83
Figura 14 - Esquema de representação de orientação das fachadas para garantir as 2 horas diárias de insolação	83
Ensaio E.1 - Com orientação a Nascente das 7 horas às 17 horas:	
Figura 15 - Ensaio para as 7 horas	90
Figura 16 - Ensaio para as 8 horas	90
Figura 17 - Ensaio para as 9 horas	90
Figura 18 - Ensaio para as 10 horas	90
Figura 19 - Ensaio para as 11 horas	90
Figura 20 - Ensaio para as 12 horas	90
Figura 21 - Ensaio para as 13 horas	90
Figura 22 - Ensaio para as 14 horas	90
Figura 23 - Ensaio para as 15 horas	90
Figura 24 - Ensaio para as 16 horas	90
Figura 25 - Ensaio para as 17 horas	90

Ensaio E.2: Apresenta o Modelo_2, orientado a Nascente e Poente, foi criado especificamente para verificar a aplicação do artigo 63º do RGE:

Figura 26 - Ensaio para as 7 horas 91

Figura 27 - Ensaio para as 8 horas 91

Figura 28 - Ensaio para as 9 horas 91

Figura 29 - Ensaio para as 10 horas 91

Figura 30 - Ensaio para as 11 horas 91

Figura 31 - Ensaio para as 12 horas 91

Figura 32 - Ensaio para as 13 horas 91

Figura 33 - Ensaio para as 14 horas 91

Figura 34 - Ensaio para as 15 horas 91

Figura 35 - Ensaio para as 16 horas 91

Figura 36 - Ensaio para as 17 horas 91

INDICE DE QUADROS

**CAPITULO III - TECNICAS DE ESTUDO COM BASE EM MODELOS
MATEMÁTICOS**

QUADRO_1- PROGRAMAS DISPONÍVEIS PARA O ESTUDO DA ILUMINAÇÃO 59

CAPITULO I

CONCEITOS E PRINCIPIOS TEORICOS

1.1.INTRODUÇÃO

1.1.1. ENQUADRAMENTO

O presente trabalho surge no âmbito do mestrado em arquitectura, do Instituto Manuel Teixeira gomes.

Pretendeu-se com este trabalho, a elaboração de um estudo pessoal, cujo principal objectivo passa pela estruturação de um projecto de investigação científica. Neste trabalho irá ser relatada a execução, funcionamento de teste de simulador físico de insolação e matemático.

Por motivos pessoais e académicos existiu a necessidade de compreender melhor alguns aspectos que são importantes relatar. Esses problemas estão relacionados as técnicas de estudo da insolação. O conhecimento dessas práticas facilitará a evolução e a elaboração do projecto.

Com a ideia de minimizar todos esses parâmetros, foi criado um simulador físico que simula o movimento solar, para que se possa identificar, os efeitos da incidência solar nas maquetas. Resultando assim que os projectos podem ser reestruturados de modo a impedir futuras falhas.

Este instrumento torna fácil a visualização da influência das diferentes posições tomadas pelo sol, conseqüentemente o resultado da iluminação e sombras resultantes.

O Heliodon tem diferentes configurações, em cada caso o instrumento relaciona-se geometricamente entre a escala da maquete e a representação do sol, permitindo que se ajuste para a declinação solar (estação), rotação da terra (hora), e posição do local (latitude).

A radiação solar é um dos aspectos mais importantes e contribuintes para o ganho térmico e a principal fonte de luz natural.

Para além da importante contribuição na redução dos consumos de energia e dos consequentes danos ambientais, a iluminação natural nos edifícios constitui também um dos principais factores condicionantes da qualidade ambiental no interior dos edifícios. A iluminação natural tem como principal objectivo proporcionar conforto visual e o bem-estar dos seus utilizadores, criando um ambiente visual interior adequado que assegure as condições de iluminação necessárias à realização de diferentes tarefas visuais com eficácia e precisão. À utilização da luz natural estão ainda associados os benefícios mais subjectivos para os ocupantes relativos à saúde e ao usufruto da visão para o exterior através dos vão envidraçados.

Neste contexto que a introdução a modelos físicos de estudo da insolação nos edifícios representa uma ferramenta para a utilização para o melhoramento na qualidade de iluminação no interior dos edifícios, contribuindo assim para a redução de alguns gastos em termos energéticos. Os modelos físicos de estudo de insolação têm como objectivo melhorar e otimizar a quantidade de luz natural nos espaços interiores do edifício.

A decisão da aplicação dos simuladores físicos e matemáticos deve ser analisada tendo em conta, algumas exigências do espaço, e a construção de um modelo experimental que permita avaliar a aplicação, justificando possíveis vantagens e inconvenientes. Desta forma é de alguma importância o estudo relativo à avaliação destes sistemas físicos e matemáticos.

O objectivo principal da dissertação consiste em avaliar as técnicas de simulação da insolação, para compreender a contribuição destas ferramentas de estudo da iluminação natural nos edifícios.

Com este objectivo procede-se numa primeira fase à pesquisa bibliográfica e classificação de alguns pressupostos da iluminação natural. Na segunda fase foi feita uma análise de alguns simuladores físicos e matemáticos em estudo.

Esta análise fundamenta-se na comparação e funcionalidades dos sistemas em estudo e um sistema criado como referência e ainda resultados de estudos elaborados por outros autores.

1.1.2. OBJECTIVOS

A dissertação aponta ao estudo das técnicas de análise de insolação na concepção e projecto arquitectónicos, através de modelos físicos e de modelos matemáticos.

Em relação às técnicas apropriadas a modelos físicos será concebido um simulador solar apropriado à utilização nas salas do ISMAT com os modelos correntemente executados pelos alunos nas disciplinas de Projecto ou outras.

O recurso a modelos matemáticos será feito através de programas informáticos disponíveis e que viabilizem a sua aplicação prática. Serão identificados um ou mais programas e analisado o modo como se processa a sua aplicação.

Complementarmente, o trabalho debruçar-se-á sobre o processo da concepção e do projecto arquitectónicos de modo a determinar em que fases, ao longo desse processo, se justifica desenvolver estudos de insolação e caracterizar os seus objectivos.

Como resultado final pretende-se uma avaliação crítica do modo como os estudos de insolação se devem inserir no processo da concepção e do projecto arquitectónico e as técnicas mais adequadas para os concretizar.

1.1.3. METODOLOGIA

A dissertação recorrerá à pesquisa e estudo da bibliografia que for possível dispor sobre a matéria.

No que respeita à concepção de um simulador solar importa atender às condicionantes existentes nas salas do ISMAT (pés direitos, distâncias máximas utilizáveis) e às dimensões habituais dos modelos construídos. A metodologia a seguir fará uso de um programa CAD, de modo a simular graficamente diferentes possibilidades e encontrar a solução mais adequada.

Para o estudo da insolação recorrendo a programas informáticos pesquisar-se-á, através da rede e por outras vias que se revelarem apropriadas, os programas disponíveis no mercado. Em particular, a AUTODESK faculta gratuitamente uma versão de demonstração cujo modo da aplicação será analisado.

O processo da concepção e projecto arquitectónicos será estudado por diferentes vias, a saber:

- Análise da legislação sobre projectos de obras públicas;
- Análise de outras fontes bibliográficas;

1.2. ESTRUTURA DO TRABALHO

1.2.1. ENQUADRAMENTO GERAL

A dissertação começará por apresentar os conceitos gerais da importância da iluminação natural, geometria solar e a importância da insolação/ iluminação na fase de projecto quer a nível urbanístico quer a nível de cada projecto, ou edifícios, ou ferramentas, que possam dar resposta a esse factor.

1.2.2. TÉCNICAS DE ESTUDOS COM BASE EM SIMULADORES FÍSICOS

Nesta fase, será elaborado uma pesquisa de informação sobre modelos físicos existentes, indicado o tipos de simuladores solares físicos, descrição das

características de funcionamento. De seguida a anotação de possíveis observações, informação e diversidade de certas condições.

Por fim o apontamento de opinião de problemas inerentes a este simulador e descrição das visualizações/ problemática.

1.2.3. TÉCNICAS DE ESTUDOS COM BASE EM SIMULADORES MATEMÁTICOS

Nesta fase, passar-se-á a uma recolha dos programas informáticos que permitam estudos de insolação, passando ao levantamento dos programas onde será escolhido um desses. Depois da escolha do respectivo programa, irá descrever-se as vantagens e limitações que este pode trazer para o estudo de insolação.

1.2.4. PROCESSO DA CONCEPÇÃO DE PROJECTOS ARQUITECTÓNICOS

Ultima fase, na pesquisa de legislação relativa as fases de projecto. Identifica-se em que fases do projecto será importante fazer estudos relacionados com a insolação e encontrar as melhores fases para uma intervenção. Juntamente uma descrição resumida dos resultados obtidos e observados durante as fases.

1.3. ANÁLISE DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

Serão apresentados e avaliados os resultados da análise. Com base nessa avaliação será elaborada uma análise critica.

1.4. GEOMETRIA SOLAR

1.4.1. INTRODUÇÃO

A geometria solar é importante para conhecer os factores que podem influenciar o projecto de arquitectura, tais como, a direcção e o percurso do Sol, em relação ao desempenho térmico e luminoso, ao longo dos dias e nas diferentes estações do ano. Permite criar um melhor entendimento, de como se pode aproveitar ou controlar os ganhos solares de um edifício.

Nas localidades onde o clima é predominantemente quente, deve-se evitar que a radiação solar seja directa, atinja as construções e atravesse excessivamente os ambientes, prevenindo-se assim, demasiados ganhos de calor. Para proteger a envolvente do edifício, seja com elementos construídos, seja com vegetação, é importante determinar a posição do Sol, visando o local da implantação, a época do ano em que se deseja impedir os raios directos.

Podemos concluir quanto é necessário e importante conhecer algumas noções básicas da Geometria da Insolação, para que se possa determinar, graficamente, os ângulos de incidência do Sol, em função da latitude, da hora e da época do ano.¹

1.4.2. MOVIMENTO APARENTE DO SOL

A luz diurna não é constante. O Sol é uma fonte primária. A inclinação do eixo terrestre é de 23.5° , a rotação diária da Terra é feita em torno do Sol variando de posição em função da época do ano e da hora do dia.

A posição é dada por dois ângulos, o azimute e a altura do sol. O azimute refere-se à projecção do sol em planta. A altura do Sol está ligada à projecção do Sol no plano vertical acima da linha do horizonte.

¹ FROTA, Anésia e SCHIFFER, Sueli – Manual de Conforto Térmico. 5ª Edição. Livraria Nobel S.A, 1987.

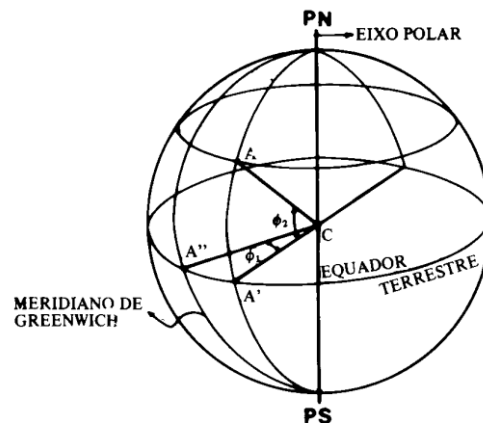


Figura 1: Esfera terrestre [Retirado de: SILVA, MALATO, João, 1969]

1.4.2.1. O SOL

A terra faz um caminho elíptico em torno do sol, que proporciona calor e radiação solar para o ambiente.

O número de horas de luz solar que recebemos todos os dias é um resultado da inclinação do eixo da terra e da rotação anual em torno do sol. O solstício de Inverno para o hemisfério norte acontece a 22 de Dezembro, como na época que o Sol está directamente sobre o meio-dia na latitude 23,5 grau sul (Trópico de Capricórnio). O solstício de Verão acontece a 22 de Junho, quando o sol está directamente sobre o meio-dia na latitude 23,5 graus Norte (Trópico de Câncer).

É importante conhecer os ângulos dos raios solares para dar uma resposta adequada aos espaços interiores. A criação de janelas deve ser demarcada de modo a tirar partido da qualidade solar.

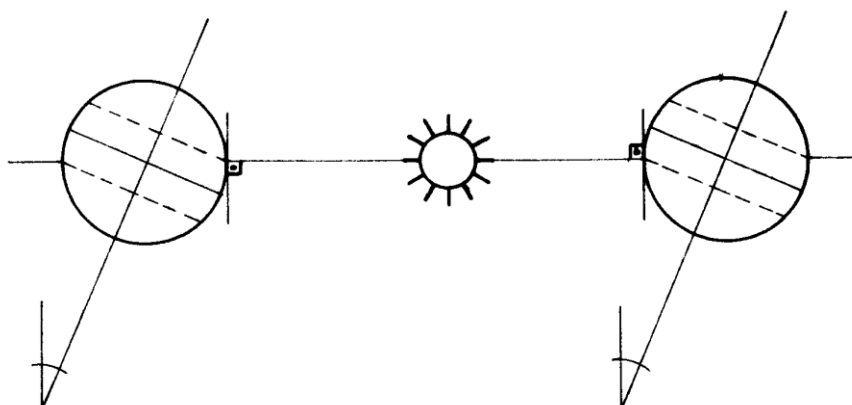


Figura 2: Posição da terra relativamente ao sol. [Retirado de: FROTA, Anésia e SCHIFFER, Sueli, 1987]

O movimento aparente do Sol é consequência dos movimentos de rotação e translação da Terra e é semelhante à de uma espiral. Na Terra, o percurso solar corresponde à zona situada entre os Trópicos de Câncer e de Capricórnio, demorando seis meses em cada direcção.

É descrito como uma série contínua de circunferências na esfera celeste, paralelas ao Equador celeste, com inclinações sobre o plano do horizonte e varia consoante a latitude do observador.

O movimento diário do Sol é observado na esfera celeste como uma circunferência e é denominado por trajectória aparente do Sol. Assim, pode-se determinar essa trajectória aparente do Sol para cada dia do ano, em função de cada latitude da Terra.

1.5. LATITUDE E LONGITUDE

1.5.1. LATITUDE

A latitude é medida a partir do Equador, imaginando que cada ponto da superfície da Terra esteja contido num semicírculo paralelo ao Equador e distante deste, segundo um ângulo definido pela altura do círculo. Mede-se a latitude de 0° a 90° e diz-se que é Norte, se estiver acima da linha do Equador, e Sul, se estiver abaixo.

“A altitude solar noutros momentos do dia depende do ângulo horário, H, que dá a rotação da Terra no intervalo do meio-dia de um determinado momento. Uma vez que a Terra gira 360 graus em 24 horas, o ângulo horário muda 0,25 graus em cada minuto.”²

1.5.2. LONGITUDE

A posição de uma determinada localidade sobre a Terra pode ser percebida a partir da sua latitude e da sua longitude.

A longitude é medida com relação ao Meridiano de Greenwich. Este meridiano é, por definição, o semicírculo que passa pelos pólos.

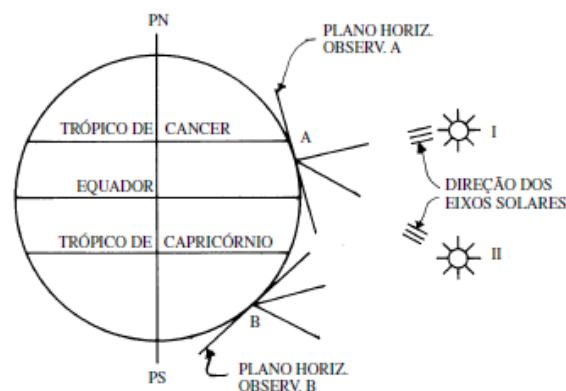


Figura 3: Latitude e radiação solar. [Retirado de: FROTA, Anésia e SCHIFFER, Sueli, 1987]

² The American institute of Architects, Reduce loads/ Demand First, Carbon Neutral Design Strategies - Solar Geometry - The American institute of Architects, Reduce loads/ Demand First, Carbon Neutral Design Strategies - Solar Geometry - http://www.architecture.uwaterloo.ca/faculty_projects/terri/carbon-aia/strategies1a.html Março 2011

1.6. ALTITUDE E AZIMUTE

1.6.1. ALTITUDE

Para um observador numa dada latitude da Terra, a posição de um corpo celeste em relação ao seu plano do horizonte pode ser perfeitamente determinada a partir de dois ângulos: a altura e o azimute. Assim, o ponto X localizado na esfera celeste como mostra a figura, passa um plano que contém o observador A e é perpendicular ao seu plano do horizonte. A linha AX' corresponde à projecção de AX no plano do horizonte do observador. A altura (h) do ponto é medida a partir do plano do horizonte, indicando assim, os graus acima do plano. O corpo celeste é visível ao observador (arco XX').³

1.6.2. AZIMUTE

O azimute (a) é medido no plano do horizonte, a partir da direcção norte (arco NX') e o plano perpendicular ao plano do horizonte, indicar-nos-á os respectivos graus.

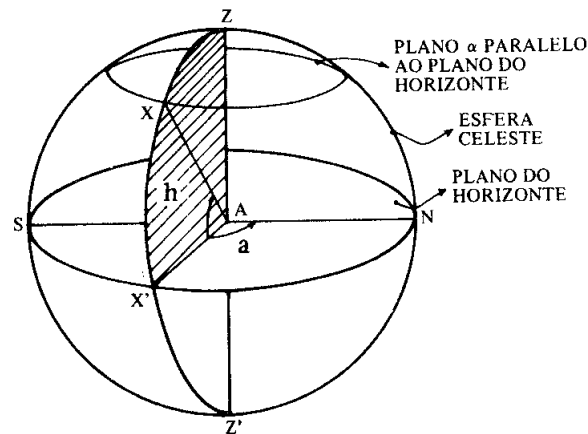


Figura 4: Altura e azimute de um corpo celeste. [Retirado de: FROTA, SCHIFFER, 1987]

³ FROTA, Anésia e SCHIFFER, Sueli – Manual de Conforto Térmico. 5ª Edição. Livraria Nobel S.A, 1987.

1.7. RADIAÇÃO SOLAR

O efeito da radiação solar nos edifícios é complexo, uma vez que a energia é altamente variável com a latitude, época do ano, hora do dia, condições meteorológicas, arredores, orientação de recepção de superfícies e áreas, transmissão e absorção. A intensidade da radiação solar fora da atmosfera da Terra, modifica-se com a época do ano, bem como a distância do Sol.

A radiação solar é um factor a considerar na concepção do edifício. É importante receber a energia para aquecer o ambiente interno e organizando o sistema do edificado envolvente, é possível evitar 'ganho de calor' se este não for desejado.

Radiação é um mecanismo de troca de calor entre dois corpos, que guardam entre si uma distância e têm a capacidade de emitir e de absorver energia térmica.⁴

1.7.1. EQUINÓCIOS E SOLSTÍCIOS

O eixo da Terra, como já foi referido anteriormente, diz respeito à relação da linha normal do plano de translação da terra. Esse eixo tem uma inclinação de $23,5^{\circ}$, ou seja, num determinado tempo, um dos hemisférios está voltado para o Sol e seis meses depois está o hemisfério oposto.

Os solstícios possuem posições intermédias que têm o nome de equinócios. Isso quer dizer que, um dia tem as mesmas horas que a noite e os hemisférios estão simétricos em relação ao Sol.

Em Portugal, no solstício de verão (21 Junho), o Sol nasce a nordeste e põe-se a noroeste. No solstício de inverno (21 Dezembro) o Sol nasce a sudeste e

⁴ FROTA, Anésia e SCHIFFER, Sueli – Manual de Conforto Térmico. 5ª Edição. Livraria Nobel S.A, 1987.

põe-se a sudoeste. No equinócio (21 de Março e 21 de Setembro), o Sol nasce na posição Este e põe-se na orientação Oeste.⁵

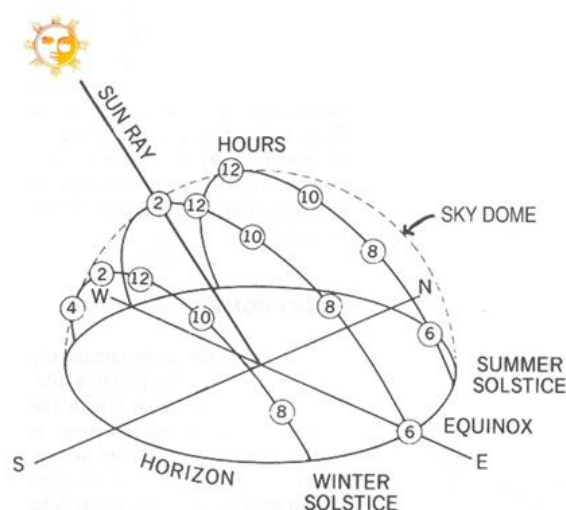


Figura 5: Representação dos solstícios e equinócio. [Retirado de: The American institute of Architects, Reduce loads/ Demand First, Carbon Neutral Design Strategies - Solar Geometry - http://www.architecture.uwaterloo.ca/faculty_projects/terri/carbon-aia/strategies1a.html]

1.8. CARTAS SOLARES

As cartas solares servem para determinar o ângulo de incidência solar de uma superfície específica. Consiste na representação gráfica da trajetória aparente do Sol, projectado no plano do horizonte do observador.

⁵ GONÇALVES, Helder e GRAÇA, João, Conceitos Bioclimáticos para os edifícios em Portugal, 2011

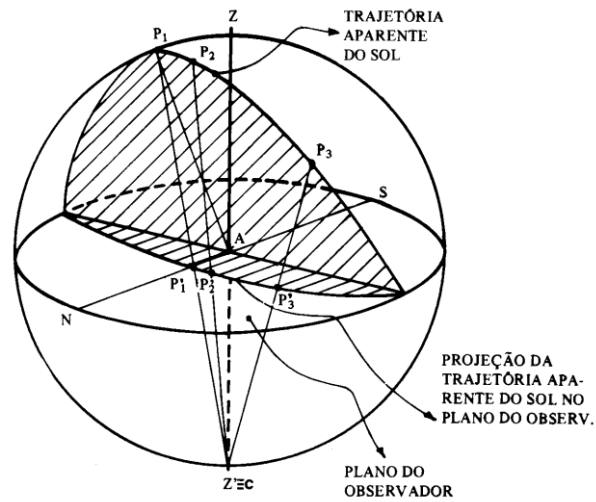


Figura 6: Projecção estereográfica. [Retirado de: FROTA, SCHIFFER, 1987, pág. 87]

1.8.1. APRESENTAÇÃO DA CARTA SOLAR PARA PORTUGAL

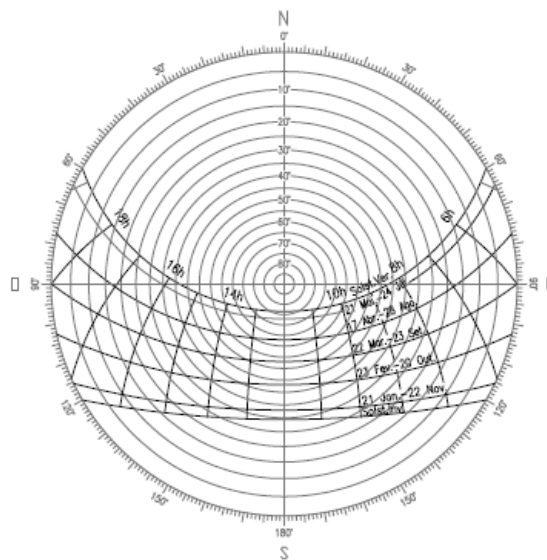


Figura 7: Carta Solar latitude 37° N, Faro [Retirado de: CARVALHO, Licínio, 2011]

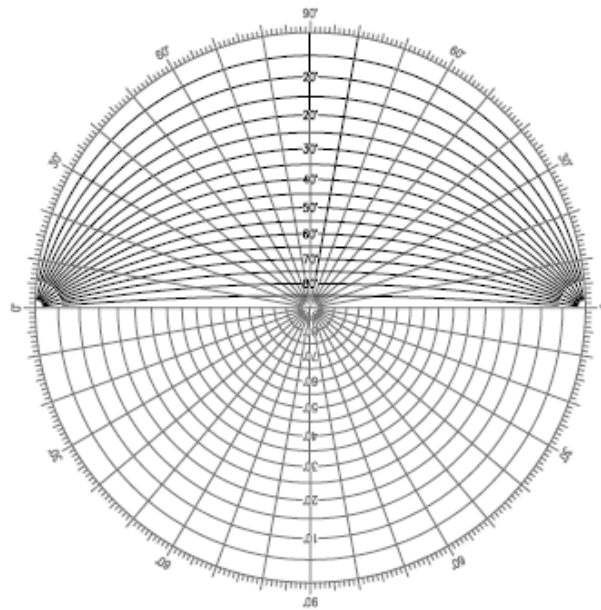


Figura 8: Transferidor duplo; ângulos sombra, coordenadas horizontais. [Retirado de: CARVALHO, Licínio, 2011]

As cartas solares e os transferidores são utilizados para representar as trajectórias solares. A representação em projecções estereográficas pode ser realizada para várias latitudes do país.

A representação das trajectórias solares em projecções estereográficas tem o nome de carta solar. Os problemas relacionados com a geometria solar necessitam da carta solar para a latitude do lugar em estudo, bem como os transferidores para os ângulos sombra. Estes permitem medir a altura e azimute.

Os transferidores de ângulos sombra representam as projecções estereográficas de planos inclinados. Deriva para a determinação das sombras produzidas por obstáculos.

A utilização das cartas solares consiste na elaboração repetida de dois tipos de operações.

As representações podem ser de:

- Pontos e rectas com diferentes orientações no espaço;
- Representação de planos com base nos desenhos de projecto, exemplo, plantas, cortes e alçados.

Normalmente elaboram-se estudos para representar obstruções; insolação das janelas ou fachadas; escolha de local para implantar uma piscina, etc.; para visualizar o efeito do edifício sobre a zona envolvente.

Representação de aberturas, caracterizam a insolação em zonas específicas no interior do edifício. E por fim pode-se delimitar as direcções da incidência solar, analisam-se as condições de entrada solar pelas aberturas, estudam-se tipos de dispositivos de protecção solar.

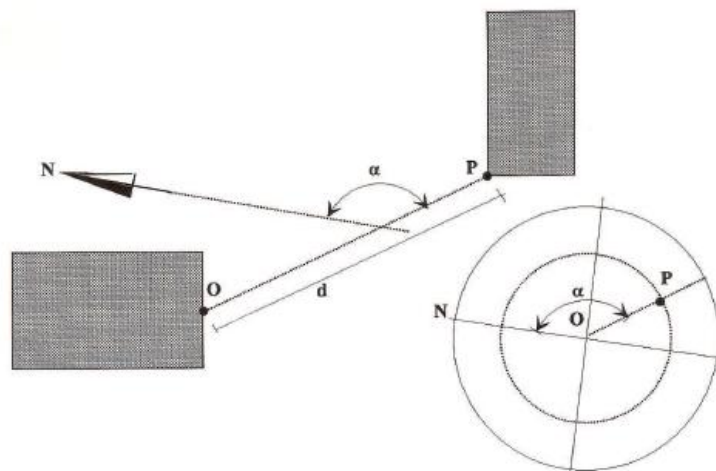


Figura 9: Representação de um ponto sobre a carta solar. [Retirado de: CARVALHO, Licínio, 2011]

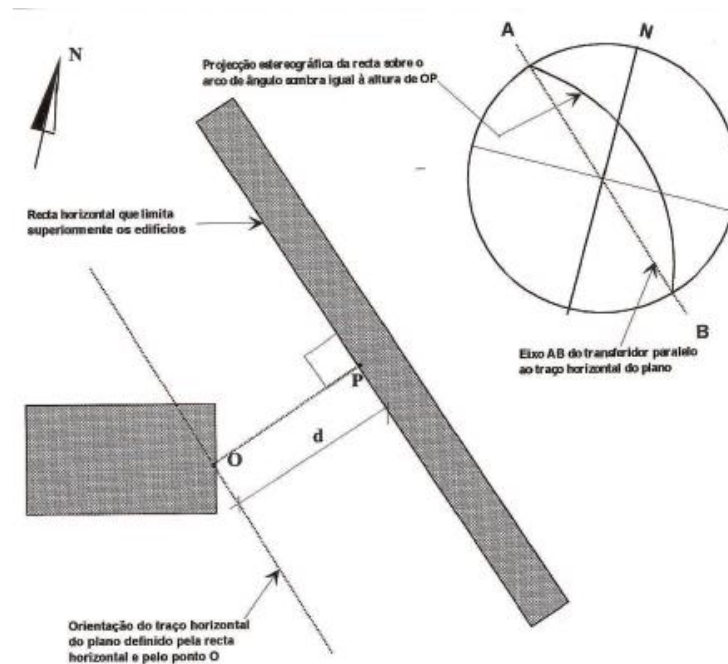


Figura 10: Representação da projecção estereográfica de uma recta horizontal. [Retirado de: CARVALHO, Licínio, 2011]

1.9. ILUMINAÇÃO NATURAL

Nesta fase, pretende-se com o estudo conhecer-se alguns aspectos sobre o tema: Iluminação natural, no que diz respeito, ao seu aproveitamento e limitações. Alguns autores referem que a utilização da iluminação natural nos edifícios possibilita espaços confortáveis e aumenta a satisfação do ser humano. A utilização da iluminação natural como estratégia significa redução nos custos energéticos e provoca aos utilizadores ganhos de produtividade.

O aproveitamento de iluminação natural deve estar relacionado com a distribuição da iluminação artificial, capaz de promover o máximo de eficiência energética, e que deverá ser pensado durante a fase de concepção do projecto de arquitectura, bem como, na articulação desta para um melhor aproveitamento da iluminação natural diminuindo os custos.

“...A iluminação é definida pela radiação solar térmica responsável pelo calor apresentando diferentes importâncias, nestes dois aspectos a obstrução da vizinhança também pode ajudar ou não o acesso à insolação.⁶

É a pensar no bem-estar dos utilizadores que se deve ter em atenção todos os factores inerentes à iluminação.

1.9.1. APROVEITAMENTO

O aproveitamento da luz natural pode melhorar a quantidade e qualidade da iluminação que resulta no interior do edifício. É importante referir que a iluminação está relacionada com o conforto térmico e o consumo energético dos edifícios, exemplo, ganhos e perdas térmicas através dos vãos.

O papel da iluminação natural consiste em proporcionar no interior, um ambiente visual adequado e, no exterior, uma harmonia entre volumes. O ambiente luminoso é adequado quando nos permite assegurar as necessidades de conforto visual.

Os espaços interiores estão ligados com a qualidade e quantidade de iluminação. As aberturas correctamente traçadas, protegidas da radiação solar directa e mantidas em boas condições, são fontes de luz eficientes e económicas.

A iluminação deve fazer parte do processo criativo do projecto, ou seja, deve projectar espaços pensando no efeito da luz, sem esquecer que esta modifica o ambiente, produzindo um diferente efeito visual. Todos estes aspectos fazem parte da linguagem da arquitectura.

“...As estratégias de iluminação passam por aspectos de orientação e forma do edifício.”⁷

⁶ SCALCO, Veridiana; PEREIRA, Fernando; RIGATTI, Decio, "Método para a avaliação da iluminação natural e insolação em estudos de impacto de vizinhança...", 2010.

1.9.2. EFICIÊNCIA DA LUZ NATURAL

Um sistema para a luz natural é uma adaptação de uma janela/abertura zenital, que tem como objectivo melhorar/optimizar a distribuição da quantidade de luz natural no espaço. Os sistemas de luz natural utilizam a luz do zênite e do céu de maneira eficiente, direccionando-a com mais profundidade e uniformidade para o interior dos ambientes. Podem ter o mesmo efeito de uma protecção solar que habitualmente consegue-se com dispositivos de sombreamento externo, reduzindo as temperaturas internas e/ou os custos de ar condicionado, devido à diminuição da carga térmica.

Além disso, estes sistemas de protecção solar podem reduzir a ocorrência de ofuscamento causado pelo sol ou pela luz difusa.

Os sistemas para a luz natural podem ser elementos fixos ou móveis por exemplo, prateleiras de luz fixas e outros elementos de redireccionamento da luz.⁸

1.10. CONDICIONANTES DO PROJECTO

Seguem-se alguns aspectos do projecto de arquitectura que podem condicionar a aquisição da iluminação natural.

1.10.1. ORIENTAÇÃO

O desenho dos edifícios é um aspecto fundamental. A Norte, a iluminação é estável comparativamente às outras orientações, devido ao facto de assegurar a não entrada directa da luz. O pé direito favorece o aproveitamento de iluminação natural, possibilita aberturas que iluminam melhor as zonas afastadas das fachadas, originando um aumento da profundidade dos espaços,

⁷ SANTOS, Sara, D. P (2009) – Sistemas Avançados de Iluminação Natural: Estudo Comparativo de Vidros Prismáticos, Laser-Cut Panels e Channel Panels.

⁸ PALHINHA, Milene – Sistemas de sombreamento em arquitectura: proposta de um novo método de concepção e dimensionamento, 2010.

como por exemplo, dos vãos envidraçados. Há que ter especial atenção e entender como estes irão ser colocados.

É necessário perceber o funcionamento de todos os aspectos anteriormente referidos, mesmo quando se quer proteger o edifício, por exemplo; protecções solares ou estratégias a nível da fachada.

A forma da edificação deve respeitar a orientação solar mais favorável ao local. Antes de projectar os espaços do edifício, deve-se analisar as condições da orientação solar do terreno, conforme análises qualitativas e quantitativas dos lotes. Dessa forma, deve ser observado qual é a orientação solar de cada face limite do terreno.

As condições de habitabilidade da edificação dependem da iluminação e ventilação naturais, disponíveis em cada ambiente. A adequada orientação solar segue princípios do movimento do sol, observando que o nascer do sol ocorre no leste e o pôr-do-sol acontece na orientação oeste. O horário mais quente do dia é logo após o meio-dia, por isso as fachadas orientadas para oeste tendem a ser mais quentes do que as fachadas orientadas para o leste.⁹

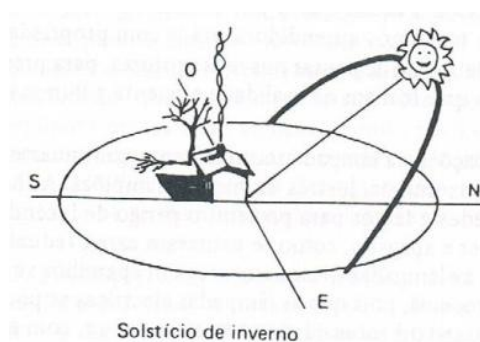


Figura 11: Diferenças do ângulo e altura no percurso do sol. [Retirado de: MOIA, José Luís, 2004. Pág. 111]

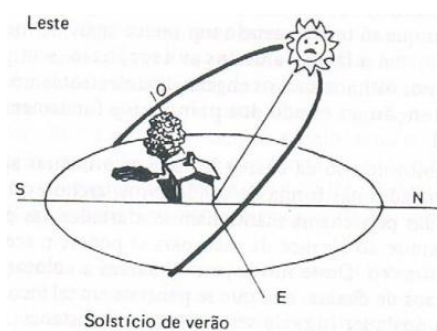


Figura 12: Diferenças do ângulo e altura no percurso do sol. [Retirado de: MOIA, José Luís, 2004. Pág. 111]

⁹ Conforto ambiental nas edificações, <http://www2.videolivrraria.com.br/pdfs/14633.pdf>, Janeiro 2012

Procura-se perceber a necessidade do sol no inverno e não no verão, com o aproveitamento das diferenças de angulo ou altura que se verificam nas diferentes estações. Posto isto, procura-se a melhor orientação para o edificio relativamente à posição do sol ao meio dia, no hemisfério norte e sul. No verão, recebe-se menos horas de sol do que no inverno. O angulo de incidência torna-se menor, como mostra a figura anterior os raios solares são mais verticais durante as horas de maior intensidade. Pode-se optar por soluções ou construções de alpendres, saliências, palas horizontais, etc. No inverno, o sol faz um percurso inferior, os raios solares conseguem entrar no interior mesmo com as soluções anteriormente referidas.¹⁰

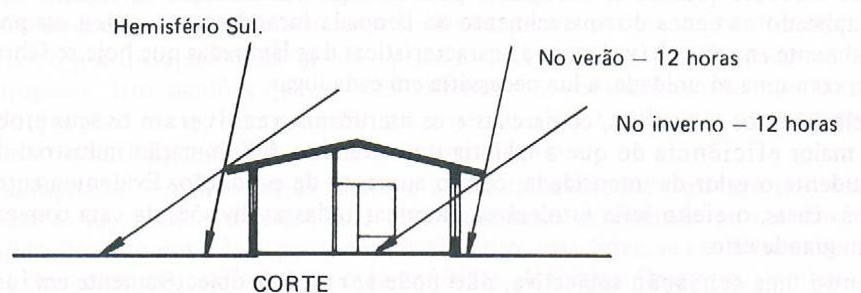


Figura 13: Demonstração dos raios solares no verão e inverno. [Retirado de: MOIA, José Luis, 2004]

1.10.2. ENVOLVENTE

A envolvente pode comprometer muito os edifícios. Para alterar este facto, é necessário analisar as condições solares nas diferentes estações do ano, possibilitando assim a escolha de elementos que dêem resposta às necessidades climáticas, aumentando a resistência térmica.

Exemplo:

A nível interior, a envolvente opaca (paredes, coberturas e pavimentos) para aumentar a resistência, apresenta algumas alternativas: colocação de materiais de isolamento como a cortiça, poliestireno expandido e lã mineral.

¹⁰ MOIA, JOSÉ LUIS – Projectar uma vivenda, 6ª edição, editorial presença, 2004.

Na envolvente envidraçada, estes elementos devem apresentar valores de resistência térmica mais elevados, como a utilização de vidros duplos.

A nível exterior, a luz pode ser reflectida pelos edifícios vizinhos e pelo pavimento, sendo um factor importante na iluminação, especificamente nas orientações da envolventes e nas alturas do dia em que o sol não incide na fachada. A utilização de sistemas de sombreamento também pode influenciar na incidência da luz directa.¹¹

1.10.3. CONCEPÇÃO

Na fase de concepção do projecto, é importante que, nas tomadas de decisões, as soluções adoptadas possam influenciar na iluminação e no desempenho.

As escolhas feitas nesta fase podem trazer gastos futuros, no que diz respeito, às necessidades de iluminação e conforto térmico.

Quando são tomadas estratégias bioclimáticas, o edifício torna-se mais eficiente, tem melhores condições de conforto e diminui o consumo energético. É importante também ter atenção aos factores climáticos para cada lugar, resultando assim em soluções adequadas a adoptar na fase concepção de projecto.

1.11. FACTORES QUE CONDICIONAM A ENTRADA DA ILUMINAÇÃO

1.11.1. ILUMINÂNCIA

A iluminância consiste na densidade do fluxo luminoso do céu e da luz do sol, que vai incidir sobre uma superfície (unidade de área), situada a uma certa distância da fonte, ou seja, é a quantidade de luz que chega a um ponto. A iluminância pode ser medida através de um luxímetro, em lux, mas não é

¹¹ SANTOS, Antonio J. e LNEC – Caracterização das condições ambientais de iluminação natural nos edifícios com base na avaliação “in situ”: Tese de Mestrado LNEC, Lisboa,2003.

observável a olho nu. Apenas são visíveis as diferenças na reflexão da luz. A iluminância é também conhecida como nível de Iluminação, variando consoante a actividade a decorrer no espaço.¹²

1.11.2. LUMINÂNCIA

A luminância está dependente da iluminância, pois consiste na quantidade de fluxo luminoso que é recebido numa determinada superfície e modificado pela sua reflectividade e, por isso, é a medida física que produz a sensação de brilho. Este factor é medido em candelas por metro quadrado (cd/m²).¹³

A luminância é a intensidade luminosa que resulta de uma superfície. A que se consegue ver, pode ser recebida através de janelas, tecto, paredes, piso, superfície de trabalho ou ainda qualquer outro elemento presente que receba e reflecta a intensidade luminosa directamente para o campo visual.

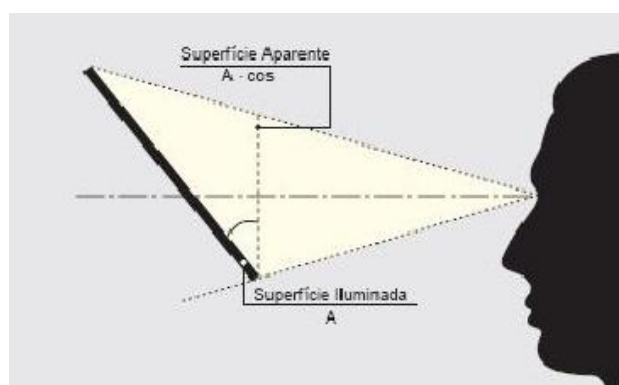


Figura 144: Superfície aparente. [Retirado de: GODOY, Rodrigo - Eficiência do Sistema de Iluminação em uma Linha de Produção Industrial: Um Estudo de Caso, <http://pt.scribd.com/doc/57160462/24/%E2%80%93Uniformidade>, 2009]

¹² PALHINHA, Milene – Sistemas de sombreamento em arquitectura: proposta de um novo método de concepção e dimensionamento, 2009.

¹³ Iluminação e ambiente cromático, <http://www.prof2000.pt/users/eta/Iluminacao.htm>, Setembro, 2011.

1.11.3. ENCANDEAMENTO

O encandeamento proporciona desconforto visual ou uma redução na capacidade de ver objectos. Resulta no excesso de luminância na direcção da visão. Pode ser considerado directo, quando o ofuscamento ocorre através da luminária/lâmpada, ou indirecto, quando a luz reflectida em determinadas superfícies retornam aos olhos dos usuários desse ambiente. O ofuscamento directo pode ser eliminado, utilizando-se acessórios nas luminárias. Para o ofuscamento indirecto, deve-se redimensionar o projecto luminotécnico, pois é causado pelo excesso de luz no ambiente.¹⁴

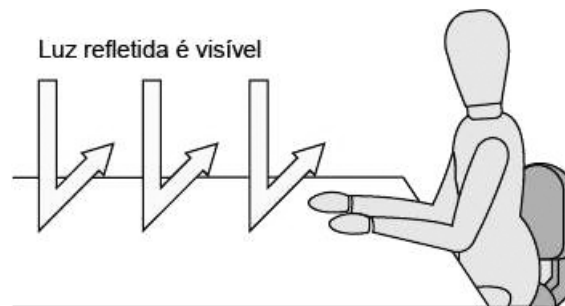


Figura 155: Encandeamento directo ou por reflexão. [Retirado de: PALHINHA, Milene – Sistemas de sombreamento em arquitectura: proposta de um novo método de concepção e dimensionamento, 2009.]

1.11.4. UNIFORMIDADE

A uniformidade de uma iluminação é medida pela relação entre a iluminância mínima e a média, obtida na área iluminada. Uma boa uniformidade na iluminação é necessária a fim de evitar sombras acentuadas e assegurar o conforto e a segurança para a prática da actividade exercida na área. O espaçamento entre as luminárias e o distanciamento delas em relação às paredes tem contribuição directa no resultado da uniformidade da iluminação.¹⁵

¹⁵ GODOY, Rodrigo - Eficiência do Sistema de Iluminação em uma Linha de Produção Industrial: Um Estudo de Caso, <http://pt.scribd.com/doc/57160462/24/%E2%80%93-Uniformidade>, 2009.

“A uniformidade e contraste são aspectos que na avaliação da qualidade do espaço a nível de iluminação e do sombreamento, ressaltam. A pouca uniformidade na iluminação pode ser uma forte causa da fadiga visual, devido às grandes diferenças entre as luminâncias dos diferentes planos, embora um certo de grau de contraste favoreça também a visibilidade. A luz do céu propicia uma iluminação relativamente uniforme, enquanto a luz solar proporciona uma iluminação mais concentrada.”¹⁶

1.11.5. REFLECTÂNCIA

A reflectância depende do tipo de material e cor utilizada na envolvente dos objectos do espaço e isso vai influenciar as características luminosas.

1.12. ESTRATÉGIA

O objectivo do uso da iluminação natural é permitir que se possa tirar maior partido da luz solar no interior do edifício, para uma eficiência e conforto visual, satisfação estética e também considerando o comportamento térmico dos edifícios.

Reduzir os ganhos sem alterar as perdas, substituindo, quando possível, a cor de sua superfície externa por uma mais clara e reduzindo o coeficiente de absorção da radiação solar, reduzir os ganhos reduzindo a área de superfícies envidraçadas ou instalando-as nas fachadas com menores problemas de insolação.

Ao aumentar a resistência térmica de um elemento, substituindo o material ou acrescentando material isolante térmico; resultará numa redução de perdas.

Aumentar as perdas de calor, utilizando a ventilação e utilizando simultaneamente protecções solares mais adequadas.¹⁷

¹⁶ PALHINHA, Milene – Sistemas de sombreamento em arquitectura: proposta de um novo método de concepção e dimensionamento, 2009.

¹⁷ FROTA, Anésia e SCHIFFER, Sueli, Sueli – Manual de Conforto Térmico. 5ª Edição. Livraria Nobel S.A,1987.

Esta estratégia tem a vantagem da redução ou eliminação da iluminação eléctrica, contribuindo para uma redução significativa dos consumos energéticos e nos consequentes impactos negativos ambientais.

As protecções solares são consideradas como um sistema que tem a finalidade de controlar e proteger adequadamente a radiação solar.

A radiação solar pode ser considerada como o principal motivo para causar desconforto térmico ao edifício.

Na arquitectura moderna houve um enorme desenvolvimento na construção, tornando-se estruturalmente leve e aberta. Resultando na necessidade de proteger o interior dos raios solares.

As protecções solares são muito importantes para a concepção do pensamento arquitectónico, a características, forma e cor, são elementos que podem dar expressão e carácter a imagem global do edifício. Podendo também interferir nas condições internas do espaço, com a utilização de elementos opacos. Estes limitam a comunicação visual com o exterior, o acesso a iluminação, ventilação, limpeza e estética.

1.12.1. PROTECÇÕES SOLARES

As protecções solares podem ser:

- Exteriores ou interiores
- Fixas ou moveis

No que diz respeito às protecções exteriores, estas podem ser colocadas na face externa do edifício, o que vai permitir que parte da radiação se reflecta e outra seja absorvida.

As protecções internas admitem que a radiação seja absorvida pelo vidro, passando até à protecção solar, onde vai repartir em radiação absorvida e reflectida. A radiação absorvida transforma-se em calor que fica no interior.

As protecções externas têm maior eficiência do que as protecções internas.

Na aplicação destas há que ter a preocupação com os factores de reflexão dos elementos, cor e texturas dos materiais, são aspectos que vão e podem influenciar o conforto térmico no interior.

As protecções móveis permitem que sejam, adaptadas e controladas consoante as necessidades, podendo ser toldos ou persianas.

As protecções fixas não podem ser reguladas, ou seja, a sua finalidade estende-se para todo o ano. Quer dizer que esta tem de ser colocada e dimensionada de modo a permitir menos gastos e uma leitura estética mais agradável. Deve respeitar e ser dimensionada de modo a responder à utilização a que se destina o edifício.

Seguem-se alguns exemplos de utilização de sistemas de protecção para assegurar um ambiente interno confortável.

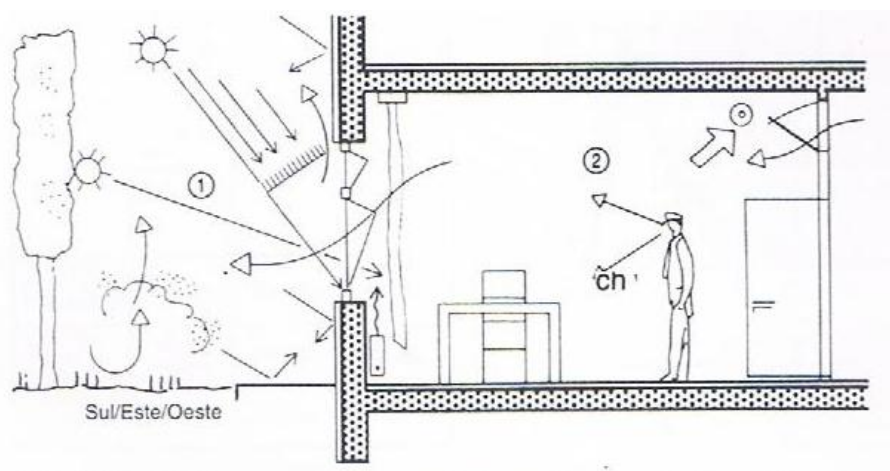


Figura 16: Demonstração da diminuição do aquecimento, utilização de elementos de protecção contra a radiação, método passivo. Edifício sem ar condicionado. [Retirado de: NEUFERT, Peter; GRAF, Planungs – Arte de projectar em arquitectura, 17ª edição, GG, 2004, p. 164]

Na figura 16, foi utilizado um sistema solar passivo que diz respeito a uma utilização de características do edifício e da envolvente para resolver o problema de arrefecimento.

Na zona exterior e fachada, é notável a utilização de sombreamento e arrefecimento através de vegetação, (arvores, arbustos, etc.), pavimento de cor clara, uma “brise” móvel para protecção solar contra ofuscamento, avanço de 90cm em relação à fachada, onde são aplicadas cores claras para reflectir (cores patéis) e janelas de tamanhos adequados com vidros isolantes para a entrada de luz e calor e caixilhos interiores brancos.

Na zona interior, os métodos mais eficazes para responder à problemática foram: pavimentos claros, combinação do aquecimento do ar com os radiadores à água, cortinas claras, funcionando como barreira contra o ofuscamento por incidência directa do Sol, transformando em luz difusa, o mobiliário de cores claras naturais não brilhantes e utilização de ventilação cruzada com sistema de janelas basculantes.

O controlo da insolação é feita através de elementos de protecção solar, “brise-soleil” e representa um importante dispositivo para o projecto no que diz respeito ao ambiente térmico.

A protecção pode ser utilizada tanto para a protecção de paredes transparentes ou translúcidas como para o caso de paredes opacas leves.¹⁸

Nos últimos anos, a combinação da maximização da luz natural com a iluminação de elevado rendimento, permite poupanças ate metade do habitual.

A iluminação interior está associada a factores, como a localização e orientação, geometria dos espaços, forma e dimensão dos vãos, a existência e geometria de sistemas de sombreamento, os materiais utilizados, devendo responder aos requisitos inerentes às actividades a decorrer no espaço, período de utilização, tipo de utilizadores e a necessidade de privacidade.¹⁹

Seguem-se alguns exemplos utilizados para melhorar as condições interiores, sistemas que podem ser reguláveis ou então estrategicamente pensados para responder da melhor forma às características do clima.

¹⁸ FROTA, Anésia e SCHIFFER, Sueli – Manual de Conforto Térmico. 5ª Edição. Livraria Nobel S.A,1987, pág., 44

¹⁹ PALHINHA, Milene – Sistemas de sombreamento em arquitectura: Proposta de um novo método de concepção e dimensionamento. Pág.37, 2009.

1.12.2. ESTRATÉGIAS DE ABERTURAS E ELEMENTOS DE CONTROLO DA ILUMINAÇÃO NATURAL

Para controlar a quantidade de entrada de iluminação e calor, sombrear as aberturas é uma boa solução. Os sistemas de sombreamento podem ser executados no exterior ou no interior, contudo os sistemas interiores poderão não conseguir evitar a entrada de calor.

Estes sistemas podem funcionar como elemento de controlo para a incidência solar no interior. Se estes forem bem trabalhados, podem contribuir para um eficaz aproveitamento da iluminação.

Seguem-se alguns exemplos de sistemas de protecção solar.

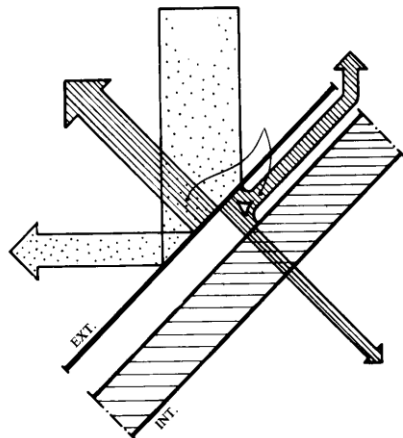


Figura 167: Protecção solar de paredes opacas. [Retirado de: FROTA, SCHIFFER, 1987]

A figura 17 mostra que foi utilizado uma protecção “brise” sobre uma superfície opaca.

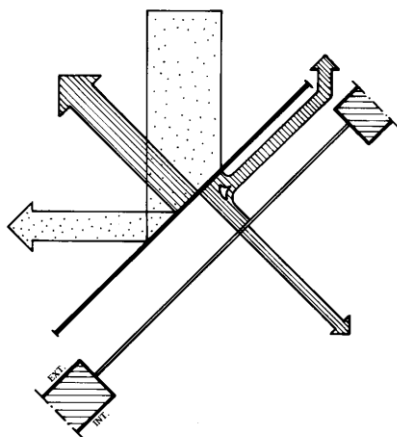


Figura 178: Protecção externa – Ganhos de calor através de parede transparente (supondo transparência 100% e protecção opaca 100%), com protecção externa. [Retirado de: FROTA, SCHIFFER]

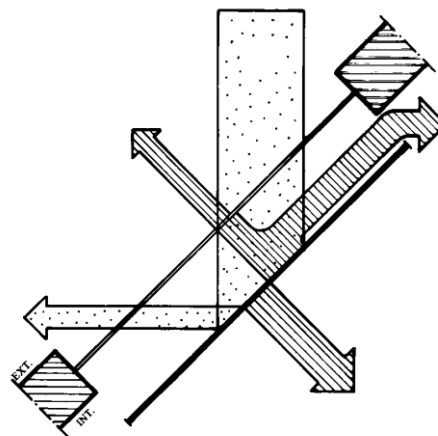


Figura 19: Protecção interna – Ganhos de calor através de parede transparente (supondo transparência 100% e protecção opaca 100%), com protecção interna. [Retirado de: FROTA, SCHIFFER]

Exemplo de protecção solar, colocada no exterior o que vai resultar, que grande parte da radiação vai ser reflectida e outra transformada em ventilação.

Nas figuras 18 e 19, foi adoptada uma solução que causa um efeito de estufa, que resulta, numa maior transmissão de calor no interior. Vai existir sempre uma parte de radiação solar que resulta em radiação reflectida mas grande parte será dissipada para o interior.²⁰

O sombreamento tem como principal objectivo, a protecção solar e funciona como estratégia de arrefecimento. Dependendo do tipo de sistema, pode também funcionar como um elemento que evita a saída de ar quente, contribuindo assim, para uma estratégia de aquecimento, ou ainda garantir melhores condições de luz natural. Torna-se assim uma estratégia de iluminação natural.

²⁰ FROTA, Anésia e SCHIFFER, Sueli – Manual de Conforto Térmico. 5ª Edição. Livraria Nobel S.A,1987, p.47

Pode-se também falar no desenho solar passivo²¹, que está associado a três factores que criam as necessidades energéticas: aquecimento, arrefecimento e iluminação. São factores que articulados com as prioridades técnicas (processos construtivos), funcionais e estéticas de projecto, contribuem para o conforto interior e minimiza o consumo de energia.

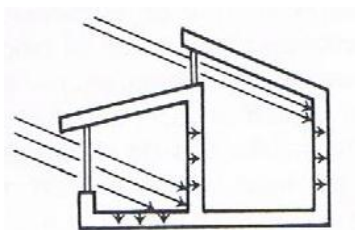


Figura 180: Condução térmica e convecção
[Retirado de: NEUFERT, Peter; GRAF, Planungs]

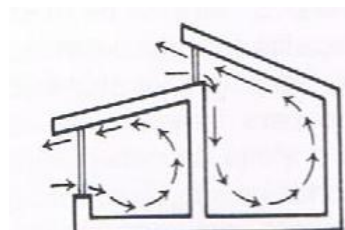


Figura 191: Condução térmica e convecção
[Retirado de: NEUFERT, Peter; GRAF, Planungs]

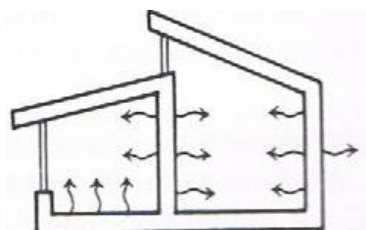


Figura 202: Irradiação e colectores. [Retirado de:
NEUFERT, GRAF, 2004, p. 164]

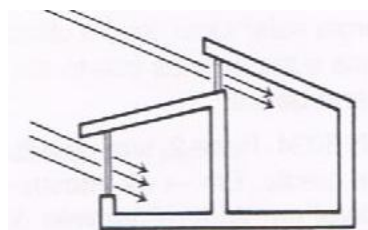


Figura 213: Irradiação e colectores. [Retirado de:
NEUFERT, GRAF, 2004, p. 164]

Estes aspectos estão relacionados com a orientação, condições ambientais exteriores e geometria do edificado. Estes são os princípios necessários para dar resposta a esses parâmetros naturais. A exposição solar das fachadas com maior importância a nível dos espaços e actividades, procura proporcionar um ambiente mais adequado, minimizando as necessidades de aquecimento durante o período frio e de arrefecimento durante o período quente, consequentemente diminuindo o uso da iluminação artificial.²²

²¹ **Solar passivo** sistema que utiliza a energia solar directa, onde através da forma do edifício, materiais utilizados, forma construtiva e detalhes, transforma a radiação solar incidente em energia, que é armazenada e devolvida para uso. Ob.cit., NEUFERT, Peter; GRAF, Planungs – **Arte de projectar em arquitectura**, 17ª edição, GG, 2004, pag. 164

²² OLGAY, Victor (1998) – “Arquitectura y Clima: Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas”, 1ª Edição, Barcelona, Editorial Gustavo Gini, S.A.

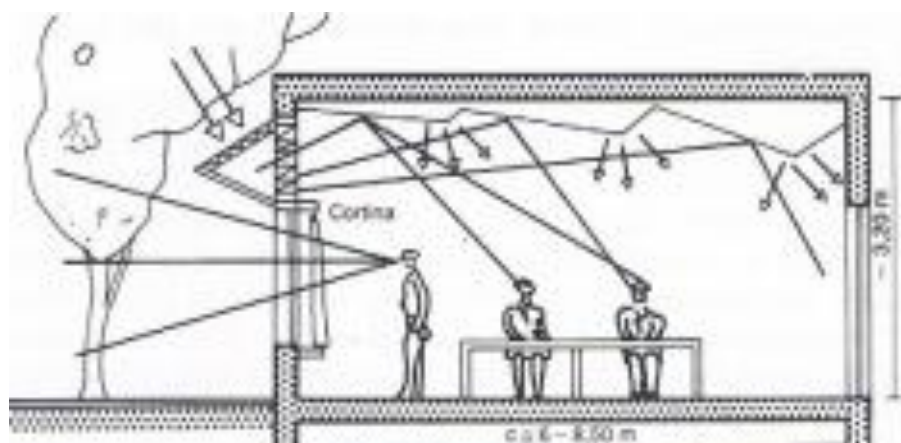


Figura 224: Princípio do direccionamento da luz por reflexão. [Retirado: NEUFERT, Peter; GRAF, Planungs – Arte de projectar em arquitectura, 2004, p. 163]

O direccionamento da luz baseia-se no princípio do ângulo de incidência = ângulo de reflexão e tem como estratégias: a distribuição uniforme da luz, a melhoria da iluminação em pontos extremos do ambiente, impedindo o ofuscamento, beneficiando da insolação no inverno. Árvores seriam uma possível protecção solar adicional a utilizar.

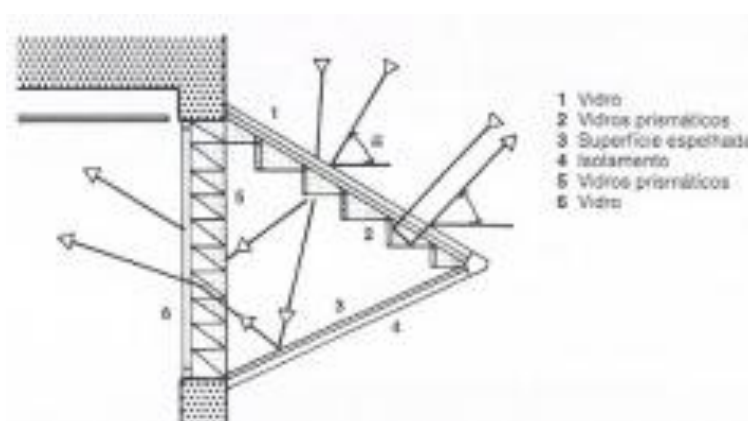


Figura 235: Elementos prismáticos de direccionamento luminoso [Retirado: NEUFERT, Peter; GRAF, Planungs – Arte de projectar em arquitectura, 2004]

Os elementos prismáticos podem originar dois tipos de utilização: direcção desejada, como também o controlo da reflexão dos raios luminosos.²³

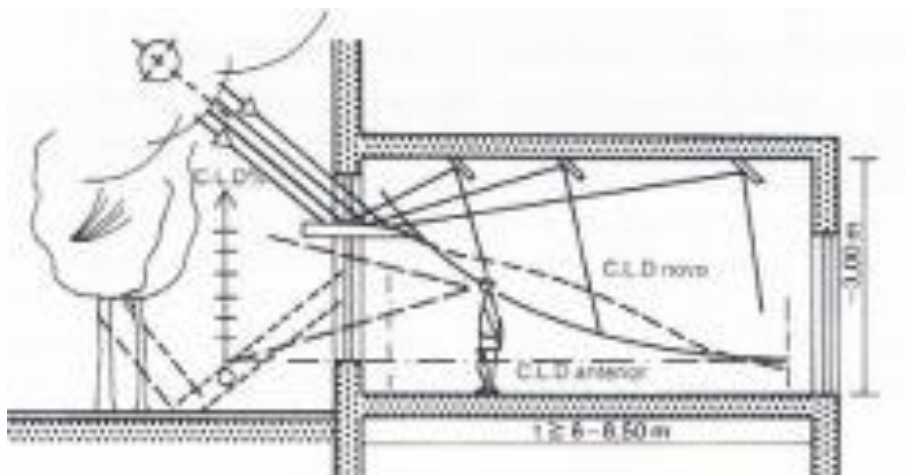


Figura 246: Projecto do tecto para direcção luminosa [Retirado: NEUFERT, Peter; GRAF, Planungs – Arte de projectar em arquitectura, 2004]

Este exemplo está relacionado com uma relação visual com o exterior direccionando a luz. A iluminação é tratada como meio de direcção da luz, colocação de placas reflectoras no tecto, permitindo assim, uma iluminação no interior sem ofuscar o individuo.²⁴

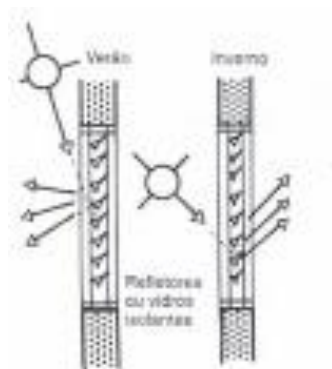


Figura 257: Direcção da luz [Retirado: NEUFERT, Peter; GRAF, Planungs – Arte de projectar em arquitectura, 2004]

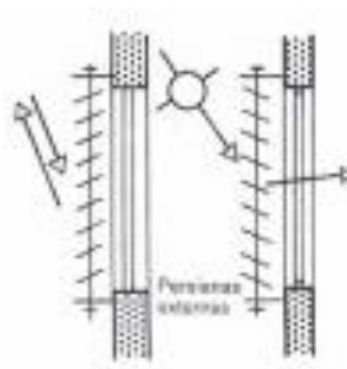


Figura 268: Direcção da luz [Retirado: NEUFERT, Peter; GRAF, Planungs – Arte de projectar em arquitectura, 2004]

²³ NEUFERT, Peter; GRAF, Planungs – Arte de projectar em arquitectura, 17ª edição, GG, 2004

²⁴ NEUFERT, Peter; GRAF, Planungs – Arte de projectar em arquitectura, 2004.

Este exemplo mostra um sistema de direcção da luz que, no verão, é indesejável e desejável no inverno. Possibilita um reajuste em ambas as estações do ano. Vai promover maior conforto no ambiente interior.

Este exemplo mostra um sistema de persianas externo reguláveis e que direccionam os raios luminosos. Como é possível ver na imagem, no primeiro exemplo as grelhas estão orientadas de modo a não permitir a entrada da luz. No segundo exemplo, as grelhas são posicionadas de modo a que a iluminação entre, proporcionando mais conforto no ambiente interior.

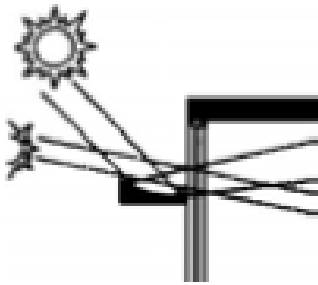


Figura29: Direcção da luz directa
[Retirado: NEUFERT, Peter; GRAF, Planungs –
Arte de projectar em arquitectura, 2004]

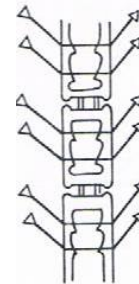


Figura 270: Direcção da luz directa.
[Retirado: NEUFERT, Peter; GRAF, Planungs –
Arte de projectar em arquitectura, 2004]

Estes casos funcionam maioritariamente para todos os tipos de climas com céu claro. Aqueles funcionam como protecção solar, contra o ofuscamento e permitem vista externa, excepto em casos de aberturas zenitais que são também soluções de condução da luz para o ambiente interior.

É muito importante que a utilização de sistemas de protecção solar não esteja dissociada do sistema de iluminação artificial, para que resulte numa notável economia energética.

Estes são alguns exemplos que podem ser seguidos nas tomadas de certas decisões que se prendem com a concepção do projecto arquitectónico.

Conclui-se que existem vários componentes a serem utilizados como estratégias, tanto em novos edifícios como nas reabilitações. Podem também ser combinados com outras estratégias, como a ventilação natural.

1.13. CONCLUSÃO

Nesta análise nota-se como um conjunto de atitudes multidisciplinares no processo de concepção de um projecto, na procura de organizar e pensar os seus diferentes espaços e recursos, contribuem para concretizar um edifício confortável e eficiente.

Esta importância prende-se com o facto de que a arquitectura não dever apenas responder a factores estéticos, sendo necessário conhecer também os aspectos mais sensíveis, comuns e lógicos, que permitem, aproveitar os espaços de forma espontânea. A principal função da iluminação natural passa pela criação de novos espaços internos e externos mais adequados e confortáveis.

Como se sabe as condições ambientais exteriores influenciam directamente a condição resultante no espaço interior. Quando se fala em resistência e conforto térmico, diz respeito, ao arrefecimento, aquecimento e iluminação. Torna-se fundamental tirar o máximo partido das condições climáticas existentes.

Tal como demonstrado nesta análise torna-se fundamental conhecer todos os pressupostos inerentes à iluminação natural, para que futuramente haja uma combinação mutua. É também de realçar o papel que a insolação tem no desempenho da iluminação natural, é preciso reflectir antes da inicialização de qualquer tipo de estratégia a adoptar no que diz respeito, às condicionantes presentes no local, a realizar-se qualquer tipo de estudo arquitectónico. Os tipos de análises estão relacionados com as técnicas de estudo da insolação, que representam para esta trabalho um instrumento de destaque.

CAPÍTULO II

TÉCNICAS DE ESTUDO COM BASE EM MODELOS FÍSICOS

2.1. INTRODUÇÃO

O objectivo deste capítulo é descrever os instrumentos que permitem a resolução de problemas relacionados com a insolação quando se usam maquetas. Exemplificar o seu modo de funcionamento, e analisar as condições da sua utilização no ISMAT.

Existem dois tipos de instrumentos:

- Os simuladores solares: que reproduzem a posição do Sol em relação à maqueta, através de um projector que simula o Sol e de uma prancheta onde é colocada a maqueta.
- Os quadrantes solares: que, devidamente posicionados junto à maqueta, permitem conhecer a que data e hora corresponde a incidência solar, simulada por um projector ou pelo próprio Sol.

Descrevem-se a seguir, na generalidade, ambos os tipos de instrumentos acima referidos. Apresenta-se ainda, para um simulador solar específico, uma descrição mais pormenorizada do seu modo de funcionamento. Por fim, analisa-se a utilização do simulador descrito nas salas do ISMAT e faz-se uma proposta de uma variante de simulador mais apropriada para esse fim.

2.2. SIMULADORES SOLARES

Tal como se referiu acima, os simuladores solares são constituídos por um projector luminoso que simula o Sol e por uma prancheta que representa o lugar de implantação, onde estão assinalados os pontos cardiais e é colocada a maqueta a observar.

As posições da prancheta e do projector podem ser ajustadas conforme as latitudes e a evolução diária dos raios solares nos diferentes dias do ano.

Os simuladores podem ser de prancheta fixa e projector móvel, de prancheta móvel e projector fixo ou de prancheta e projector móveis (ver figuras 1 e 2).

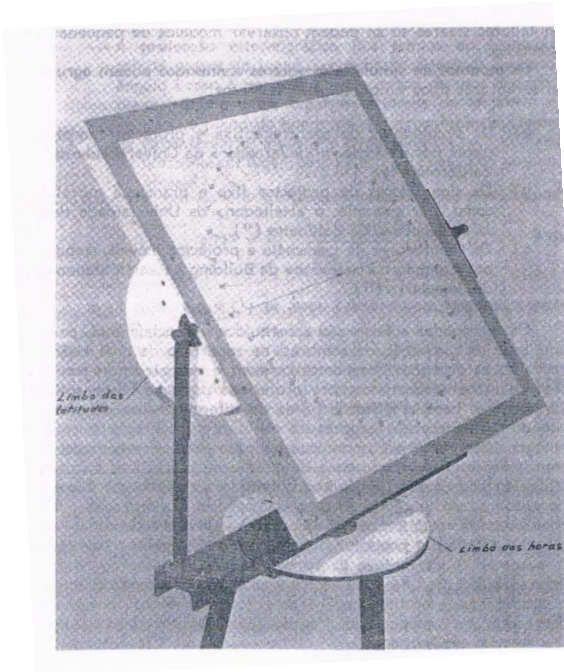


Figura 1: Simulador de prancheta e projector móveis do LNEC [Retirado de: SILVA, e MALATO, 1969]

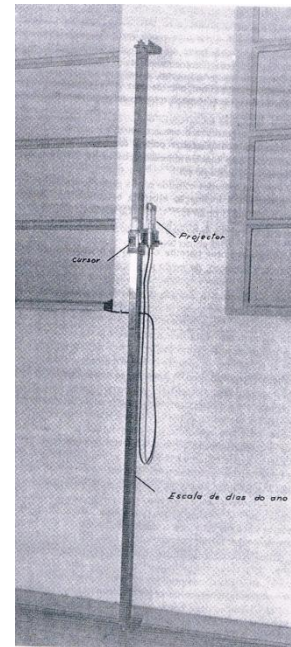


Figura 2: Simulador de prancheta e projector móveis do LNEC [Retirado de: SILVA, e MALATO, 1969]

Os simuladores solares são, por vezes, designados *heliodon*. *Heliodon* é um nome que provém do termo grego que significa “Máquina solar”. Os *heliodon* são ferramentas para o estudo da trajectória e incidência solares, que podem ser utilizados nos cursos de arquitectura de forma multidisciplinar, nas disciplinas de paisagismo, urbanismo e projecto, entre outras.



Figura 3: Simulador de prancheta e projector móveis [Retirado de: CHVATAL; REGOLÃO, 2010]

2.3. QUADRANTES SOLARES

Os quadrantes solares indicam a data e hora que corresponde a determinada direcção de incidência da luz solar.

São constituídos por uma haste que está assente sobre uma base. Exposta ao Sol, a haste projecta a sua sombra sobre a base. Nesta estão marcadas linhas que indicam a data e a hora.

Os quadrantes solares podem ser locais ou universais. Na figura 4 está representado um quadrante solar universal, assim chamado por se tratar de um instrumento capaz de ser regulado para várias latitudes.

Os chamados quadrantes solares “locais” não são reguláveis e correspondem apenas a uma determinada latitude. Podem ser facilmente construídos a partir de uma planificação da base facultada por SILVA e MALATO, 1969.

Na figura 5 apresenta-se um quadrante solar construído pela autora, recorrendo a essa planificação.

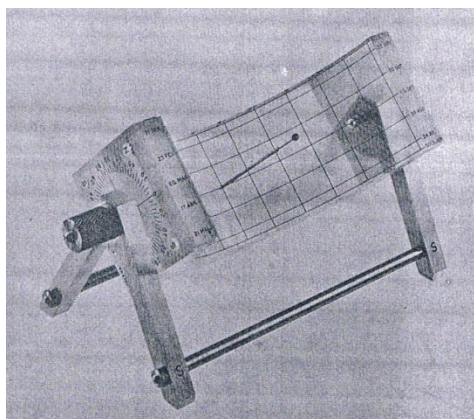


Figura 4: Quadrante solar universal [Retirado de: SILVA, MALATO,1969. P. 36]

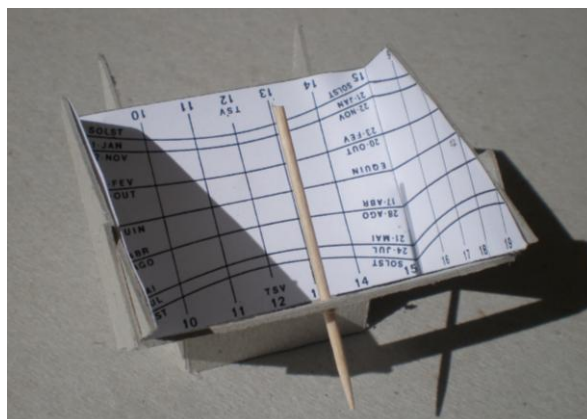


Figura 5: Quadrante solar local. [Construído pela autora]

Nos estudos de insolação os quadrantes solares são usados com maquetas. Maqueta e quadrante devem poder ser movimentados conjuntamente, de modo a ocupar diferentes posições em relação ao Sol.

O quadrante deve ter a mesma orientação da maqueta. Rodando ou inclinando o suporte conjunto é possível simular diferentes datas e horas que são indicadas na base do quadrante pela sombra da extremidade da haste.

2.4. HELIODON DE PRANCHETA E PROJECTOR MÓVEIS

2.4.1. DESCRIÇÃO

O *heliodon* de prancheta e projectores móveis é composto por uma barra ou régua que suporta o projector e representa os meses e dias do ano e por uma base (prancheta), que serve de suporte à maquete. Esta deve poder rodar em torno de dois eixos: um eixo horizontal que serve para regular a latitude do lugar e outro vertical que permite definir a hora. A rotação em torno de cada eixo é lida em transferidores convenientemente graduados. A figura 6 ilustra com destaque o transferidor das latitudes.

Sendo a representação do Sol através de uma lâmpada, não será possível simular de forma muito rigorosa os raios luminosos, que terão sempre alguma divergência. No *heliodon* do LNEC o projector, posicionado nos equinócios, dista 2,40 m do centro da prancheta, o que permite para maquetas até 0,10 m não ultrapassar uma divergência dos raios luminosos de cerca de 2,5°.



Figura 6: Transferidor (latitudes) do Laboratório de Conforto Ambiental da EESC/USP [Retirado de: CHVATAL; REGULÃO, 2010]

A figura 7, apresenta duas perspectivas de um *heliodon* de prancheta e projector móveis, construído pela autora.

Inicialmente foi colocado um banco, serve de suporte a duas pranchetas, que podem rodar conjuntamente em torno do mesmo eixo vertical. Esta rotação

permite definir a hora. A prancheta superior pode rodar em torno de um eixo horizontal de modo a colocar a maquete de acordo com a latitude do lugar. A régua de suporte da lâmpada é graduada relativamente ao centro da prancheta (base do modelo) e representa neste caso apenas os solstícios e os equinócios, pois o objectivo era apenas de exploração pessoal.

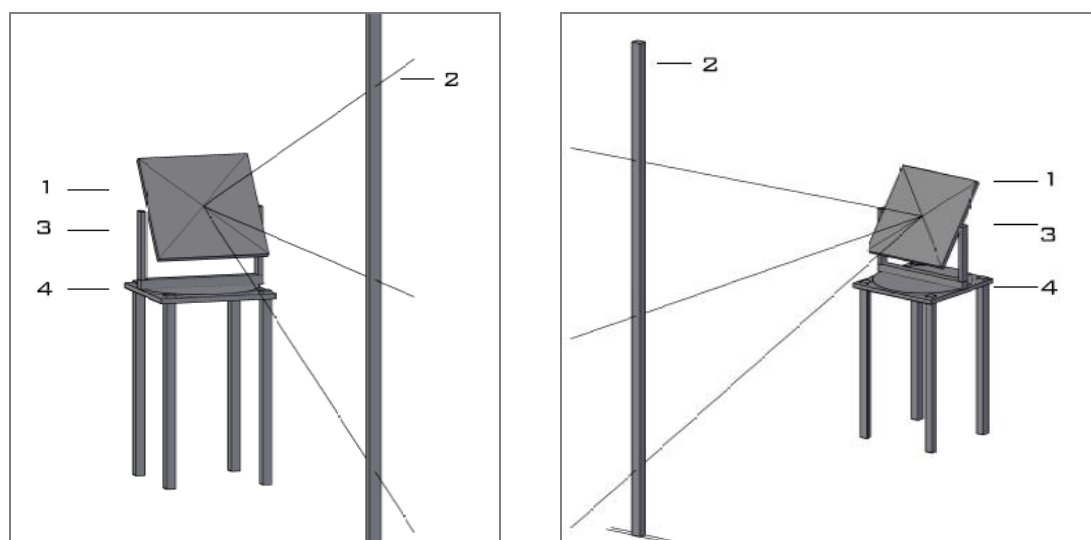


Figura 7: Perspectiva de heliodon de prancheta e projector móvel [Construído pela autora]

Legenda:

- 1- Prancheta (base do modelo)
- 2- Régua do projector
- 3- Transferidor (latitudes)
- 4- Prancheta de ajuste das horas

2.4.2. MODO DE FUNCIONAMENTO

Para usar o *heliodon* é necessário dispor de uma maquete a escala adequada do objecto de estudo ver figura 8.

Começa-se por posicionar a maquete no centro da prancheta do *heliodon* com a orientação correcta. Depois ajusta-se para a latitude do local onde se

pretende realizar o estudo. Seguidamente deve-se regular a posição da lâmpada e a base da prancheta onde está assente o modelo para, respectivamente, o dia e a hora pretendidos. A simples rotação da prancheta em torno do eixo vertical permite simular todo o período diário. O registo da visualização quer com fotografias quer com vídeo deve ser feita sempre do mesmo ponto de observação, para facilitar a comparação entre diferentes horas ou épocas do ano.

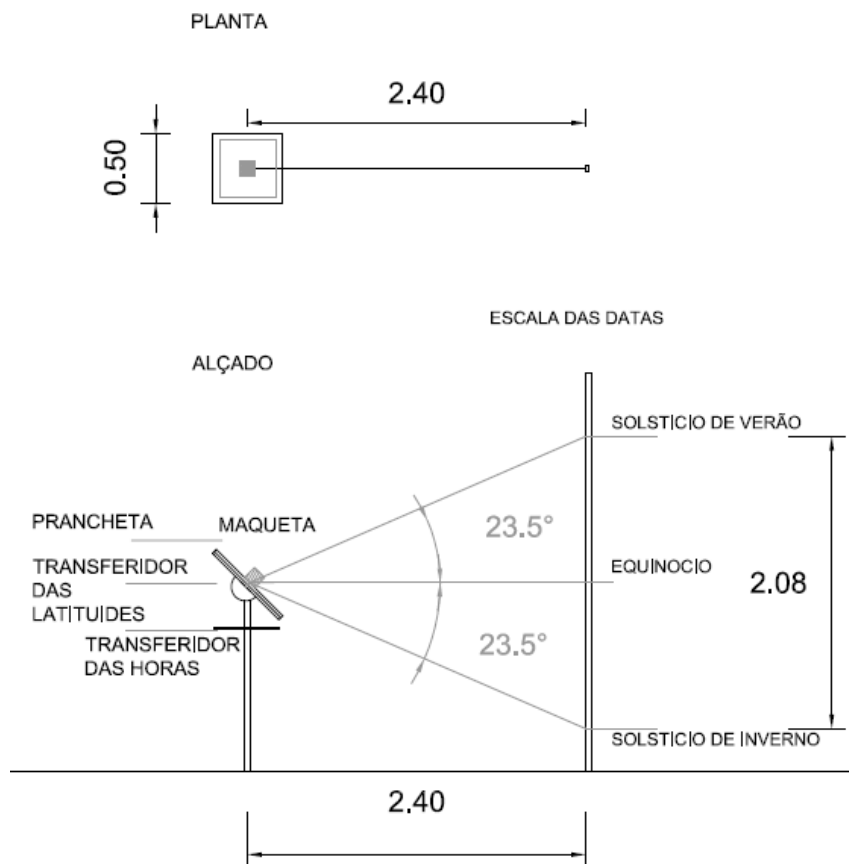


Figura 8: Heliodon para maqueta até 0,10 m

2.4.3. VANTAGENS E LIMITAÇÕES

Com o uso dos simuladores solares foi possível tomar consciência de algumas das suas vantagens e limitações.

Para os estudantes de arquitectura permite, usando as suas maquetas, realizar facilmente estudos de insolação e dar-lhes uma melhor percepção da geometria da insolação.

Os simuladores permitem testar diversas soluções como, por exemplo, a solução de uma pala que permita a entrada de luz às horas pretendidas, ou ainda verificar se a insolação será afectada por um edifício da envolvente.

O estudo com o simulador solar é uma forma simples de serem detectados erros, possibilitando assim alterações ao modelo. Permite também avaliar o projecto relativamente à implantação, orientação e volumes dos edifícios propostos; efectuar possíveis correcções de projecto; avaliar soluções específicas de iluminação natural e insolação; fazer o pré-dimensionamento de janelas, aberturas zenitais e protecções.

Observam-se resultados mais fiáveis sobre modelos mais reduzidos, ou em alternativa, num simulador adequado a uma escala maior. Quanto menor for a relação entre as dimensões do modelo e a distância a que este está do projector, maior será o rigor da visualização, reduzindo assim a margem de erro.

Apesar de serem bastante úteis, os simuladores têm algumas restrições que podem influenciar o modo de obtenção dos resultados.

No interior, não é fácil a visualização dos resultados, visto os ensaios serem realizados em maquetas de dimensões reduzidas. Uma das maiores restrições dos simuladores solares prende-se com as dimensões do modelo e correspondente divergência dos raios solares.

Este aspecto relaciona-se com as condições da sala em que irão ser realizados os estudos com o simulador. Simuladores apropriados a maquetas maiores obrigam também a salas maiores como se explica em pormenor no número seguinte.

2.5. PROPOSTA DE SIMULADOR PARA O USO NAS SALAS DO ISMAT

2.5.1. ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO NO ISMAT

Pretende-se avaliar como pode ser usado o *heliodon* anteriormente descrito, nas salas habitualmente ocupadas pelos alunos do curso de Arquitectura, para estudo da insolação nas maquetas por eles construídas.

Os principais factores condicionantes dessa utilização são as dimensões das salas e as dimensões das maquetas, que se passam a descrever.

As salas do ISMAT apresentam características e dimensões bastante diferentes entre si.

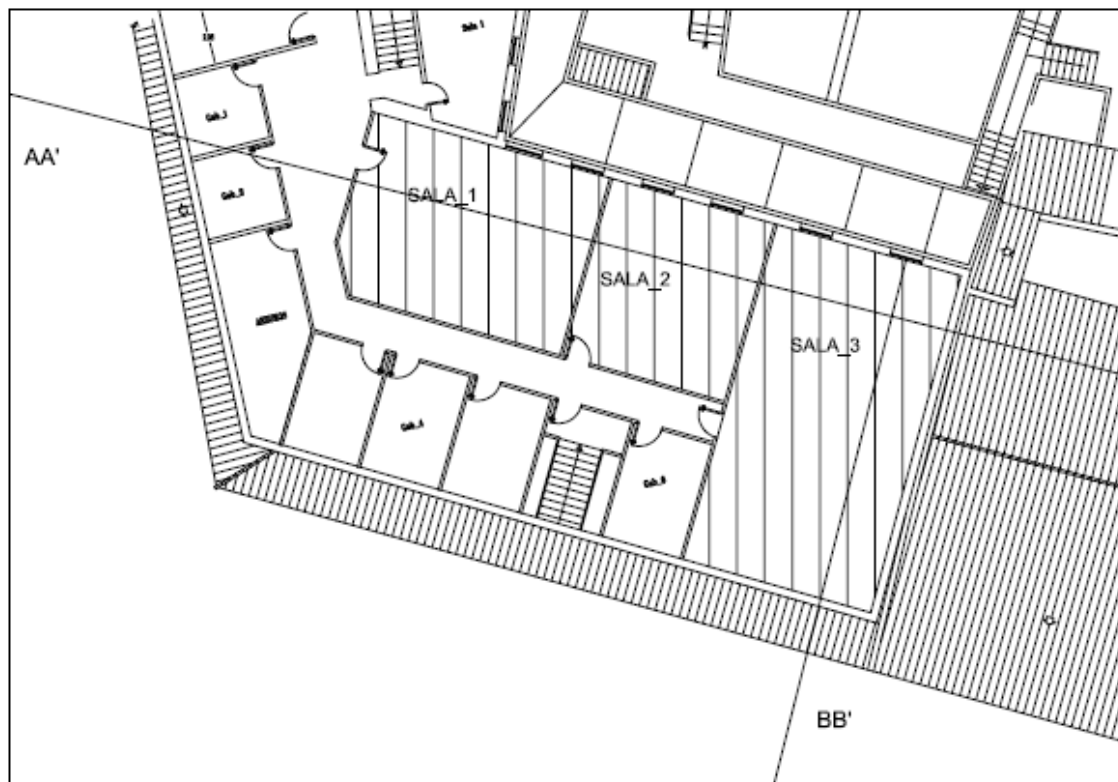


Figura 9: Planta do 2º andar – Instituto Superior Manuel Teixeira Gomes

Na figura são identificadas com uma trama as salas mais utilizadas no curso de arquitectura. As dimensões em planta das salas são:

Sala 1 – 8,86 m X 6,67 m; com a respectiva área de 58.10 m², pé direito entre 3 m e 4 m.

Sala 2 – 6,10 m X 6,67 m; com a respectiva área de 40.69 m² pé direito de 3 m.

Sala 3 – 6,95 m X 12,63 m; com a respectiva área de 88.27 m² pé direito entre 1,50m e 3 m.

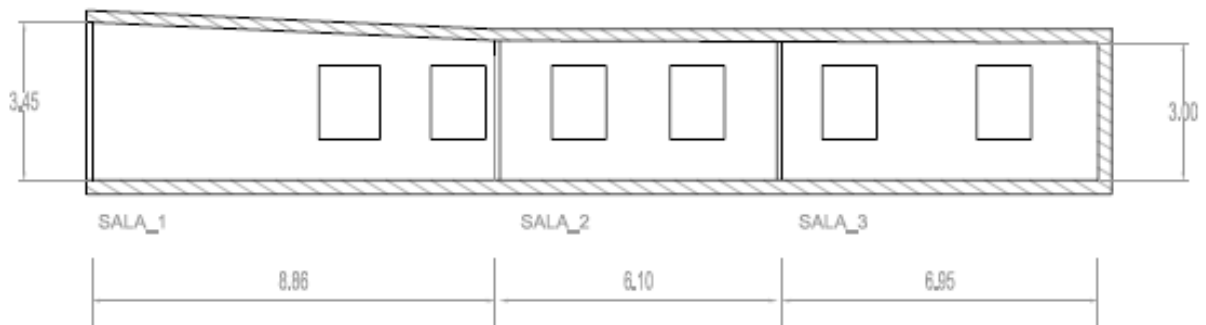


Figura 10: Corte vertical AA'

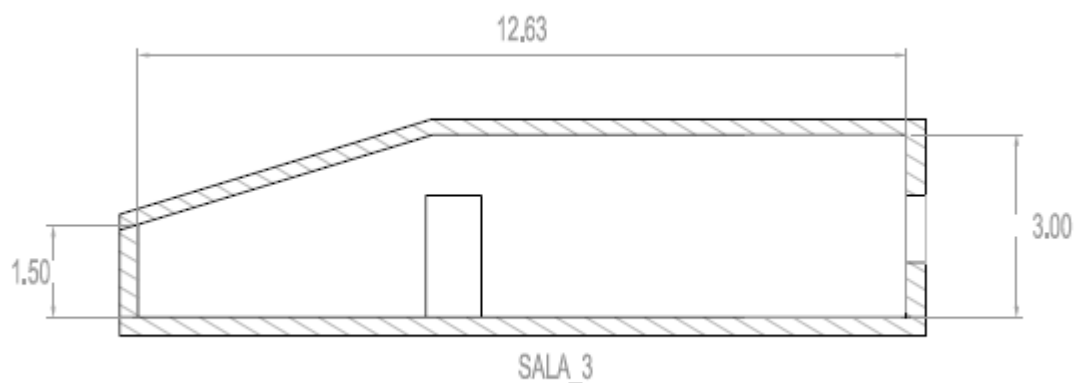


Figura 11: Corte vertical BB'

As maquetas construídas pelos alunos apresentam dimensões muito variadas que, em regra, não ultrapassam 0,40 m, no caso de maquetas de edifícios, podendo ser mais elevadas nos modelos de espaços urbanos, etc.

Estas dimensões ultrapassam muito a dimensão máxima recomendada de 0,10 m para o uso com o *heliodon* descrito atrás. Porém, nem todas as maquetas atingem as dimensões máximas e, mesmo nessas, é possível delimitar, com frequência, uma zona de interesse com dimensões menores. Na análise que se

segue adopta-se como referência a dimensão máxima da maqueta ou da zona a observar de 0,40 m.

Sendo do 0,40 m a dimensão da área a iluminar com o projector, este deveria distar da prancheta $4 \times 2,40 \text{ m} = 9,60 \text{ m}$, para manter a mesma divergência máxima dos raios luminosos de cerca de $2,5^\circ$, que o *heliodon* do LNEC assegura. O aumento de quatro vezes desta distância obrigaria a que também a altura da escala das datas viesse multiplicada pelo mesmo valor, ultrapassando os 9.60 m.

Como se viu atrás as salas do ISMAT não têm dimensões que permitam usar um *heliodon* nestas condições. Nas figuras seguintes ilustram-se as dimensões necessárias para maquetas de 0,20 m e 0,40 m, nas condições de iluminação com projector que têm vindo a ser consideradas.

O número seguinte apresenta-se uma proposta de variante ao *heliodon* descrito que visa ultrapassar as limitações acima apontadas.

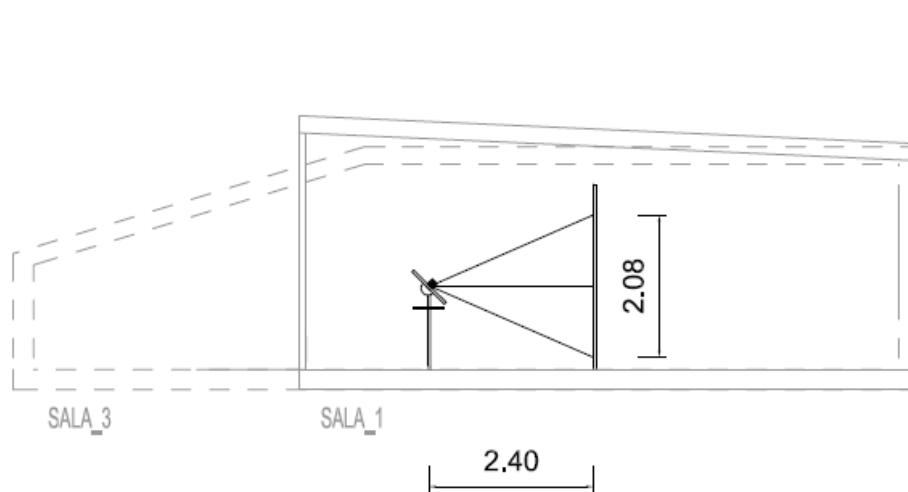


Figura 12: Simulador para maquetas até 0,10 m

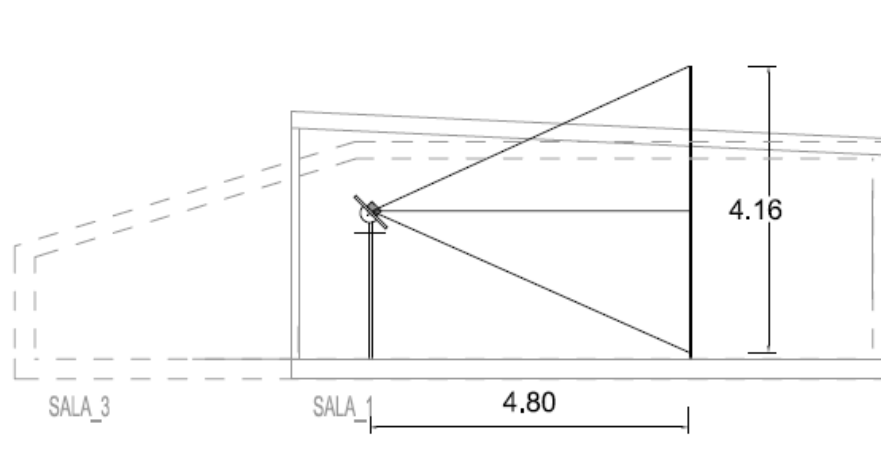


Figura 13: Simulador para maquetas até 0,20 m. A escala das datas ultrapassa a altura das salas.

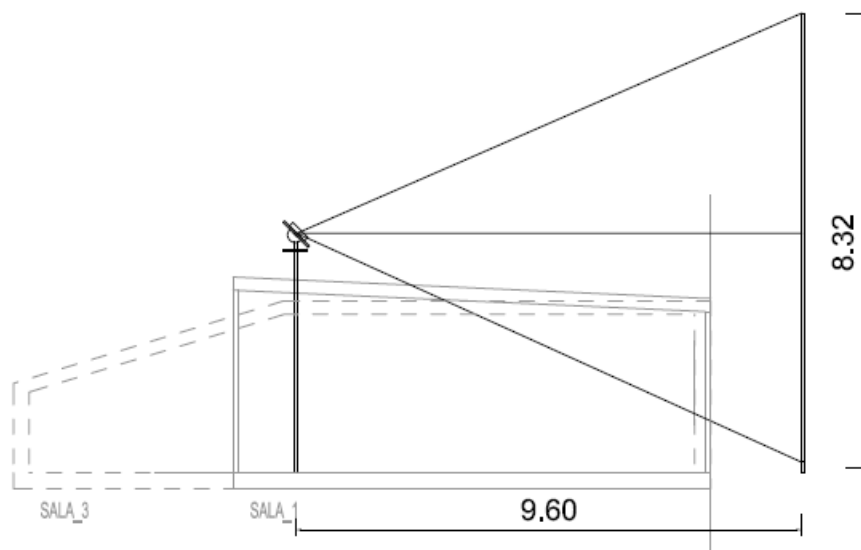


Figura 14: Simulador para maquetas até 0,40 m. As dimensões ultrapassam a altura das salas

2.5.2. PROPOSTA DE VARIANTE

Identificaram-se atrás duas dimensões que são excessivas, quando se perspectiva usar um *heliodon* nas salas do ISMAT, nas condições descritas e com maquetas até 0,40 m.

- A distância entre projector e prancheta de 9,60 m

- A dimensão da escala das datas de 8,32 m.

Apresenta-se uma proposta de simulador que permite resolver o problema da dimensão da escala das datas.

Discute-se, depois a possibilidade e a necessidade de assegurar a distância de 9,60 m.

2.5.2.1. PROPOSTA PARA RESOLVER O PROBLEMA DA ESCALA DAS DATAS

Como se viu atrás, quando se aumenta a distância entre a maquete e a escala das datas, a altura desta escala tem que aumentar na mesma proporção.

A proposta para resolver este problema da dimensão da escala das datas passa por criar um eixo que suporta a maquete e tem a capacidade de se inclinar, o que permite manter a lâmpada fixa.

É possível visualizar a solução na figura 15 e 16, que mostra o modo como é inclinado o eixo de suporte e de rotação da prancheta nos solstícios. Com esta solução as datas passam a ser lidas num transferidor que mede a inclinação do eixo de rotação da prancheta.

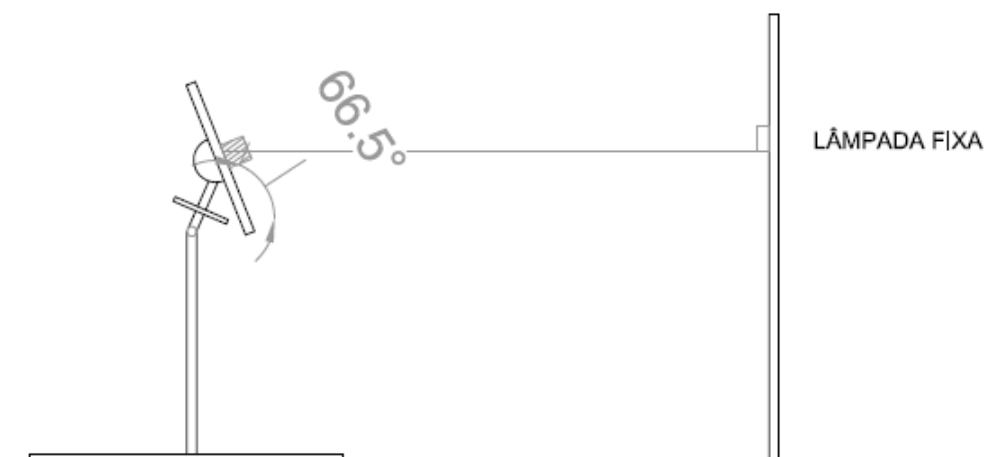


Figura 15: Solução para o problema da altura da escala das datas. Solstício de Verão

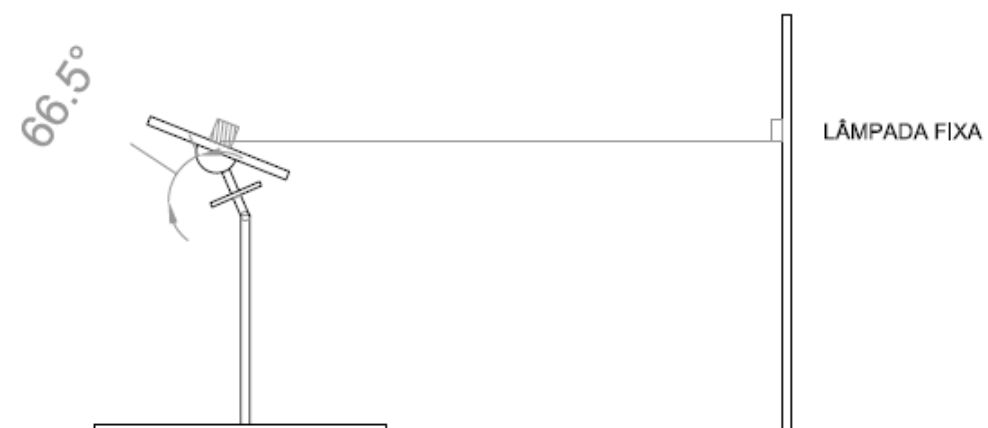


Figura 16: Solução para o problema da altura da escala das datas. Solstício de Inverno

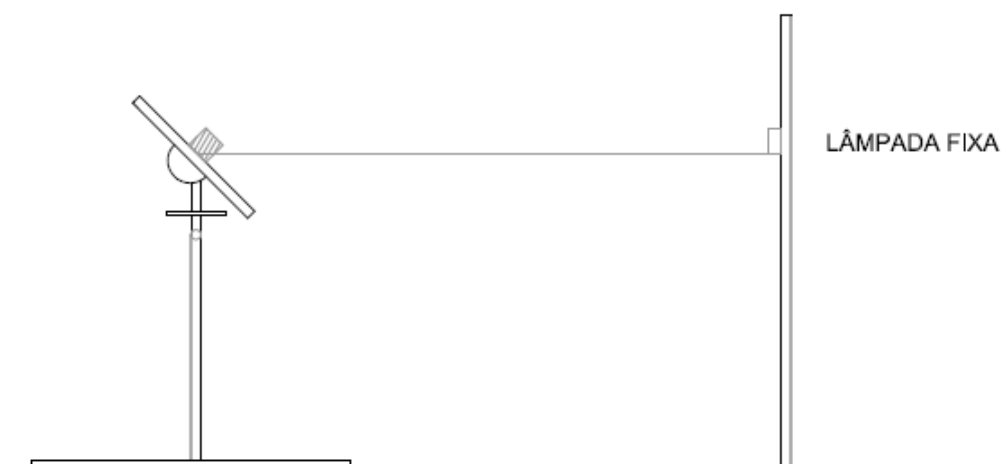


Figura 17: Solução para o problema da altura da escala das datas. Representação para os Equinócios.

2.5.2.2. DISCUSSÃO DA DISTÂNCIA A ASSEGURAR ENTRE O PROJECTOR E A MAQUETA

A solução apresentada anteriormente permite resolver o problema da escala das datas, mas mantém a necessidade de assegurar um certo afastamento entre a lâmpada e a maqueta.

Para modelos até 0,10 m deverá haver um afastamento de 2,40 m, para modelos até 0,20 m um afastamento de 4,60 m e para modelos até 0,40 m um afastamento de 9,60 m. Estes valores são os necessários para garantir uma divergência dos raios luminosos não superior a 2,5°.

Para modelos de 0,40 m a distância de 9,60 m consegue-se garantir apenas na sala nº3 do ISMAT. Nas salas nº1 e nº2 admite-se ser na mesma possível o uso de modelos até 0,40 m, mas considerando uma divergência dos raios luminosos até 5°. Para permitir avaliar a importância do erro quando a divergência é de 5°, concebeu-se a figura 18, em que a sombra projectada pelo cubo dá uma ideia do erro cometido, que se considera ser ainda aceitável.

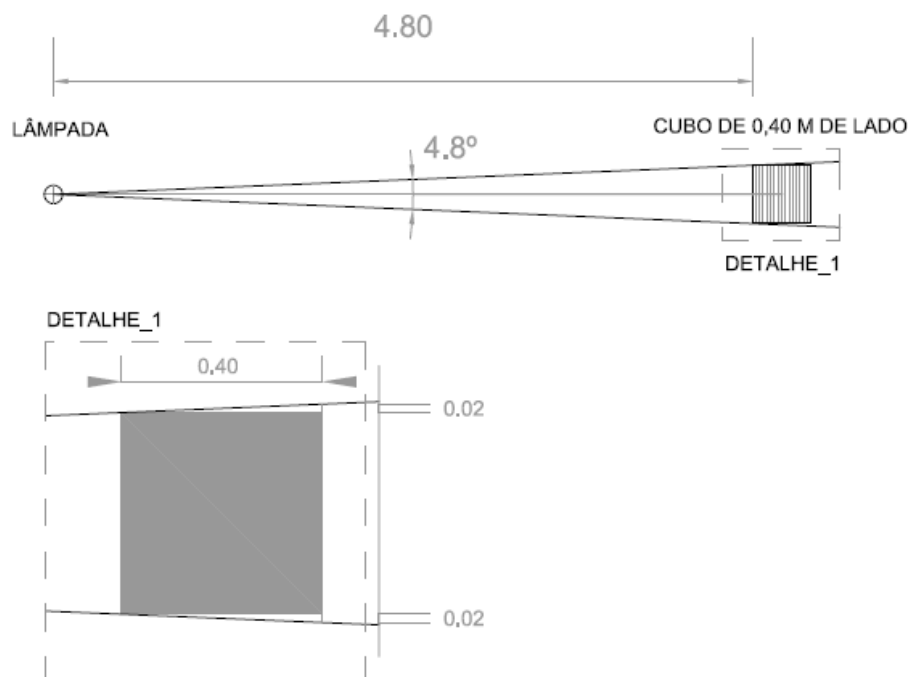


Figura 18: Expressão do erro cometido quando se simula a incidência solar em cubo de 0,40 m de lado, com projector a 4,80 m de distância.

As figuras seguintes ilustram a colocação da proposta nas três salas do ISMAT consideradas.

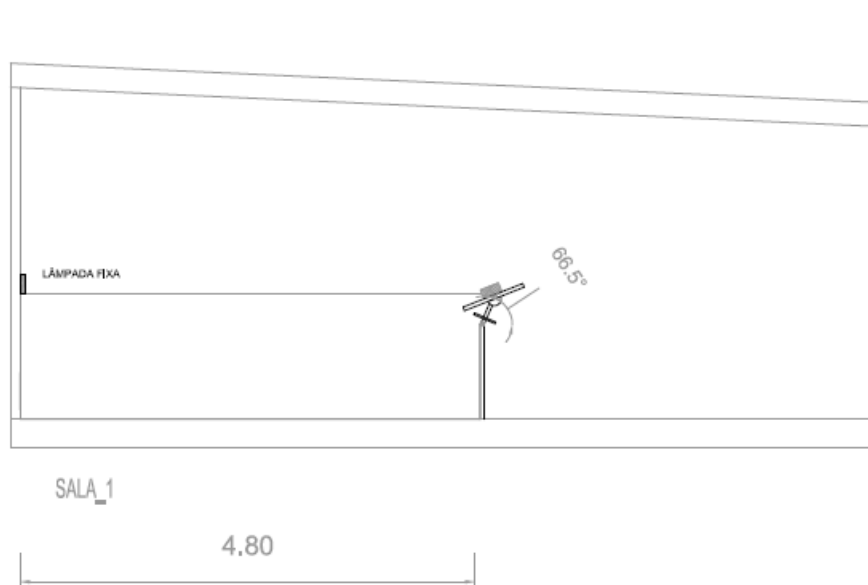


Figura 19: Proposta de variante inserida na sala 1

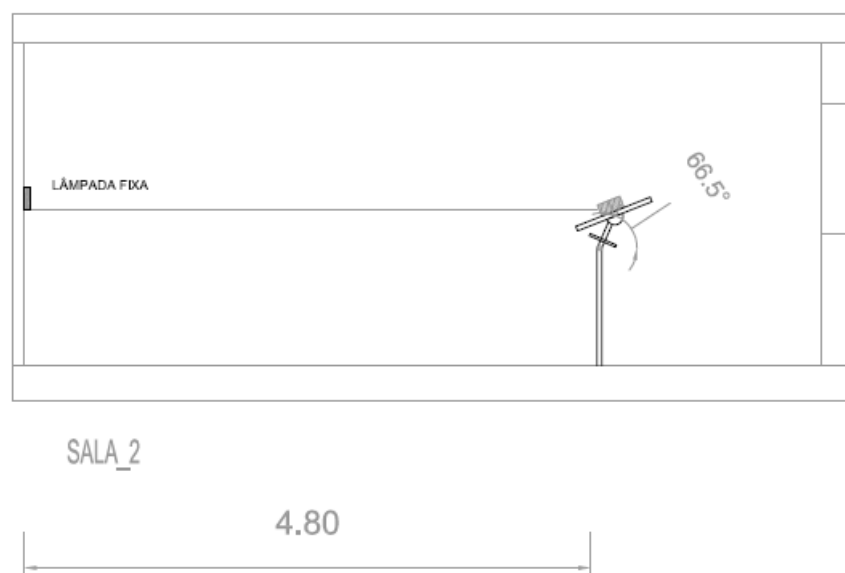


Figura 20: Proposta de variante inserida na sala 2

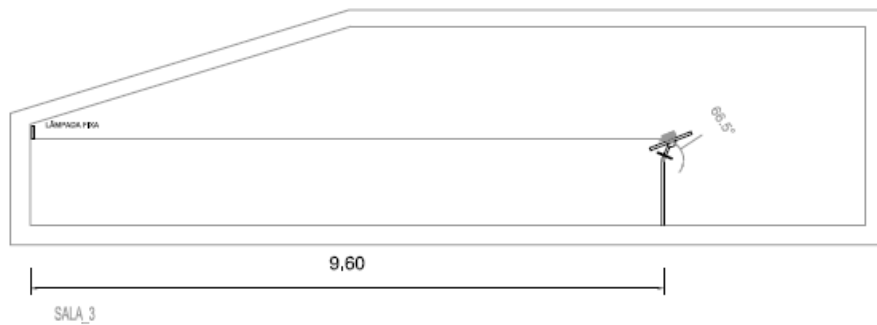


Figura 21: Proposta de variante inserida na sala 3

2.6. CONCLUSÃO

Neste capítulo descreveu-se um simulador de uso corrente, também utilizado pelo LNEC. Foram expostas as principais vantagens e limitações do uso de simuladores físicos.

Apresentou-se uma proposta de variante para dar resposta às condições das salas, e permitir a realização de estudos da insolação. Para maquetas de grandes dimensões, pode-se realizar os estudos ao Sol, utilizando ao quadrantes solares para ajustar a latitude pretendida.

CAPITULO III

TECNICAS DE ESTUDO COM BASE EM MODELOS MATEMÁTICOS

3.1. INTRODUÇÃO

O principal objectivo deste capítulo é descrever os instrumentos matemáticos que permitem a resolução de problemas relacionados com a insolação.

Actualmente existem programas de simulação da iluminação disponíveis no mercado, sendo alguns destes, disponibilizados gratuitamente. A simulação da iluminação natural proporciona a visualização dos efeitos da entrada de luz no interior do edifício ao longo do dia, nas várias estações do ano. É um processo rápido que permite a verificação da adequação dimensionamento e localização dos vãos, distribuição de luz nos diferentes espaços, bem como efeitos do uso dos materiais, ao nível das texturas e cores utilizadas.

Motivado por um crescimento exponencial da utilização do computador, nasce a aplicação de estratégias de iluminação integrada (natural mais artificial), o que torna primordial a utilização de informações fotométricas e de softwares adequados aos respectivos processos.

Este capítulo pretende demonstrar a forma como alguns softwares simulam a iluminação, apoiado no desenvolvimento e aperfeiçoamento do projecto de arquitectura.

O objectivo deste estudo é melhorar a compreensão destas ferramentas informáticas, e demonstrar de que forma a sua utilização pode contribuir para a concepção e desenvolvimento do projecto.

Os softwares contém várias características funcionais, contudo no contexto do presente trabalho serão utilizados exclusivamente para estudos de insolação, não existindo a pretensão de produzir imagens fotorrealistas, que serão mais úteis para a representação das fases finais do projecto.

3.2. SIMULADORES MATEMÁTICOS

Nos dias de hoje os fabricantes de luminárias¹, disponibilizam arquivos fotométricos dos diversos equipamentos que fabricam, criando flexibilidade na avaliação e consequente especificação dos produtos. Existem softwares para todas as necessidades de aplicação. Alguns apresentam os resultados em linhas isolux ou mapas de iluminâncias, outros fazem análises económicas de alternativas, elaboram listas de materiais, e ainda podem produzir renderizações fotorrealistas de alta qualidade.

3.2.1. MODO DE FUNCIONAMENTO

Estes softwares contêm algoritmos matemáticos com a definição da geometria solar, e permitem a modelação ou importação de volumetrias tridimensionais. Possibilitam a definição de contextos específicos, tais como, as coordenadas da localização, a orientação a Norte, o dia do ano e a hora local, e como resultado produzem simulações de iluminação correspondentes aos parâmetros e volumetrias introduzidas.

A maioria deste softwares são utilizados também como ferramenta de desenho nos projectos de arquitectura. Alguns encontram-se mais evoluídos do que outros, no que diz respeito, à qualidade de representação do desenho.

3.2.2. VANTAGENS E LIMITAÇÕES

Neste trabalho com o uso dos simuladores matemáticos foi possível apontar algumas das suas vantagens e limitações.

Este softwares apresentam-se como uma ferramenta bastante útil e de fácil manipulação, permitindo aos arquitectos utilizar as suas maquetas virtuais e realizar estudos de insolação.

¹**Luminárias**, lâmpada, lanterna, iluminação. Fonte:<http://www.infopedia.pt/lingua-portuguesa>

De modo geral todos estes softwares abordados serão capazes de responder às necessidades de cada estudo, introduzindo-se valores correspondentes às latitudes e horas pretendidas, automaticamente o software produz o resultado da caracterização da insolação.

Os simuladores matemáticos permitem testar diversas soluções como, por exemplo, a solução de um volume com ou sem pala que permita a entrada de luz às horas pretendidas, ou ainda verificar se a insolação de um edifício será afectada pela sombra de um edifício da envolvente.

Facilitam a visualização da insolação e desta forma permitem detectar erros nos modelos ou até mesmo nas decisões tomadas ao nível do conceito do projecto. Pode-se observar a maquete virtual a diferentes escalas o que vai diminuir a probabilidade de existir erros de concepção dos modelos, visto o software trabalhar à escala real.

No interior dos modelos tridimensionais consegue-se visualizar facilmente os espaços interiores bem como a iluminação resultante. É também possível alterar os pontos de vista com facilidade proporcionando uma boa observação do protótipo, quer a nível interior quer a nível exterior.

3.3. SOFTWARES ESPECÍFICOS

Existem dois géneros diferentes de softwares específicos para produzir simulações da iluminação solar. Estes dividem-se em dois campos:

- Os específicos para o cálculo da insolação, capazes de reproduzir os resultados em linhas ou mapas.
- E outros que têm a facilidade de representar os resultados sobre os modelos tridimensionais virtuais, o que se vai traduzir numa fácil visualização para o observador.

3.3.1. SOFTWARES DE CÁLCULO DE INSOLAÇÃO

O quadro 1 mostra a existência de softwares disponíveis gratuitamente para a análise da iluminação. Alguns programas efectuem uma análise independente de cada um dos seguintes parâmetros: iluminação interna, iluminação externa e iluminação pública. Outros softwares são capazes de realizar uma análise integrada destes parâmetros em conjunto com a iluminação natural.

3.3.1.1. PROGRAMAS DISPONÍVEIS PARA O ESTUDO DA ILUMINAÇÃO

softwares	marca	aplicação	site disponível
DESKTOP RADIANCE	LBL	Integra o RADIANCE com o AUTOCAD	http://radsite.lbl.gov/deskrad/download.htm
RELUX	Relux	Iluminação interna, externa e pública	http://www.relux.biz/index.php?option=com_content&view=article&id=217&Itemid=200&lang=en
DIALUX	DIAL	Iluminação interna, externa e pública	http://www.dial.de/DIAL/en/home.html
LUZ DO SOL	Prof.Roriz (UFSCAR)	Radiação solar	http://www.labee.ufsc.br/downloads/softwares/luz-do-sol

Quadro 1: Softwares de simulação da iluminação. [Retirado: WILSON TEIXEIRA]

3.3.2. SOFTWARES DE ARQUITECTURA DE REFERÊNCIA

Os softwares de Arquitectura de referência presentes no mercado português e europeu são o:

- AUTOCAD, produzido pela Autodesk;
- ARCHICAD, produzido pela Graphisoft;
- 3D STUDIO MAX, produzido pela Autodesk;
- REVIT, produzido pela Autodesk;
- SKETCHUP, produzido pela Google.

3.3.2.1. AUTOCAD

O AUTOCAD é composto de um conjunto complexo de capacidades de desenho e edição.

É um programa que desenvolve e suporta os desenhos e modelos do projecto, elabora estudos de insolação e comportamentos entre modelos urbanos. É um instrumento de apoio ao projecto, realiza estudos de iluminação.

O tipo de iluminação é um comando que pode ser activado ou desactivado conforme pretendido. A representação do Sol é definida pela localização geográfica a data e a hora do dia. Pode-se alterar a intensidade do sol e a cor da luz solar.²

3.3.2.2. ARCHICAD

O ARCHICAD é um software essencialmente para modelar tridimensionalmente. É composto por uma serie ferramentas paramétricas dedicadas à arquitectura, vocacionado para a produção de elementos gráficos como desenhos, perspectivas, etc. O software cria automaticamente cortes, plantas de executivo, renderes e animações. Realiza estudos de insolações em modelos tridimensionais.

3.3.2.3. 3D STUDIO MAX / VIZ

É um software que permite modelação tridimensional, a animação e a renderização de imagens. Oferece conjuntos de ferramentas especializadas para diferentes funções, usado para produção de filmes de animação, criação de personagens de jogos em 3D, anúncios televisivos, é utilizado também por

² OBERMEYER, Thomas L..Manual AutoCAD para Desenho de Arquitetura. São Paulo: McGraw-Hill, 1990.

arquitectos, designers e engenheiros.³ Faz estudos de insolações em modelos tridimensionais.

3.3.2.4. REVIT

O Revit é um software para Arquitectura criado dentro do conceito de modelação paramétrica de edifícios tendo especial focus nas informações de apoio à construção. Actualmente permite a utilização de modelação paramétrica de elementos construtivos, sendo essencialmente um modelador tridimensional paramétrico dedicado à arquitectura, vocacionado para a gestão do projecto e obra, dando especial atenção à produção de elementos desenhados e mapas de quantidades e orçamentos.⁴ Este software realiza estudos de insolações.

3.3.2.5. SEKTCHUP

O SketchUp é um software para criar modelos em tridimensionais de forma acessível. Genericamente a utilização desta ferramenta é fácil e intuitiva, permite a qualquer pessoa modelar em 3D com alguma rapidez. Podem ser tomadas decisões precisas, tais como, comunicar pormenores do projecto e partilhar ideias com colegas e clientes para alcançar um objectivo.⁵ É capaz de realizar estudos solares.

³ AUTODESK, Autocad 3ds Max Products, Brochure - <http://usa.autodesk.com/3ds-max/>, Junho 2011

⁴ AUTODESK, Autocad, Revit for Architectural Design, Brochure -

<http://usa.autodesk.com/revit/architectural-design-software/>, Março 2011

⁵ Sketchup, Brochure - <http://www.sketchup.com/intl/en/product/gsup.html>, Fevereiro 2011

3.4. SOFTWARES ESCOLHIDOS

Os softwares escolhidos para análise no presente trabalho foram o AUTOCAD e o 3D STUDIO MAX, tendo como objectivo a sua análise generica.

Estes softwares são considerados como sendo os mais utilizados pelos alunos de arquitectura, sendo também aqueles com maior representação a nível profissional. Do ponto de vista pessoal são também aqueles com os quais a autora se encontra mais familiarizada.

Seguidamente serão apresentadas as características especificas de cada um destes softwares.

3.4.1. AUTOCAD

O AUTOCAD foi o software escolhido por ser a ferramenta mais utilizada pelos alunos de arquitectura. Este software serviu para a elaboração das imagens estáticas.

3.4.2. 3D STUDIO MAX

O motivo da escolha do 3D STUDIO MAX foi por este apresentar-se como um software de fácil utilização na realização de animações, pelo que foi software foi escolhido para a realização de vídeos.

3.5. EXPERIMENTAÇÃO DOS SOFTWARES ESCOLHIDOS

A experimentação dos softwares escolhidos tem como objectivo de demonstrar e exemplificar algumas formas de utilização do software.

Serão aplicadas e demonstradas, num pequeno estudo, as funcionalidades dos softwares escolhidos, tornando possível uma análise critica.

3.5.1. OBJECTIVO DA EXPERIÊNCIA

O objectivo do ensaio é a realização de um estudo com modelo tridimensional, que possa permitir a visualização da iluminação que incidente e da sombra resultante no modelo, assim como o manuseamento específico do software.

3.5.2. ESTRATÉGIA DA EXPERIENCIA

A estratégia inicia-se com um modelo que servirá para compreender o funcionamento do software. Procura-se uma composição fácil para o estudo da insolação. O exemplo estudado serve somente para testar o software, e procura dar resposta ao modo de funcionamento do software.

O primeiro aspecto que pode influenciar a insolação é a localização geográfica. Considera-se como um contributo útil para a definição da geometria solar. Permitirá a visualização das sombras produzidas que possam afectar o edifício em estudo.

Os modelos de estudo nesta dissertação tem uma localização fixa e sempre constante ao longo das várias experiências, assumindo as coordenadas geográficas de Portimão.

Latitude- 37°1´ Norte

Longitude- 8°5´ Oeste

Dada a localização anteriormente referida, este estudo apresenta dois modelos diferentes. O primeiro modelo é um cubo e o segundo modelo é um exemplo de um compartimento.

Os modelos apresentados servirão para elaborar um conjunto de ensaios, seguidamente apresentados, de modo a tornar possível a elaboração de diversas alternativas/opções para o modelo em si e facilitar o uso do software.

3.5.2.1. CARACTERÍSTICAS DOS MODELOS EM ESTUDO:

O Modelo_1 apresenta-se com uma forma cúbica simples. Este Modelo servirá para testar a utilização do software e suas principais funções para a simulação da insolação.

Dimensões do Modelo_1: 4,00 m X 5,50 m

O Modelo_2 apresenta-se com base no Modelo_1 de forma rectangular e subtracção de vão. O modelo servirá para a realização de ensaios mais específicos, como, visualizar a insolação resultante nos solstícios e equinócios, no interior do modelo a diferentes horas e dias do ano.

Dimensões do Modelo_2: 4,00 m X 5,50 m

com o pé direito de 3,00 m, sendo a abertura do vão de 2,40 m x 2,00 m.

Todas as figuras apresentam o alçado com a abertura de um vão, sendo este orientado a Sul.

3.5.2.2. ENSAIO_A:

O Ensaio_A foi produzido com o objectivo de demonstrar uma “situação urbana”, de modo, a ser possível de visualizar o resultado das sombras num conjunto.

Realizou-se simulação com o Modelo_2 para representar os equinócios e solstícios.

Ensaio_A.1 – Representação de um conjunto de volumes para visualizar o efeito das sombras produzidas no conjunto.

Ensaio_A.2 – Representação de um modelo de forma cúbica, colocado numa superfície plana, nos Equinócios e nos Solstícios.

3.5.2.3. ENSAIO_B:

O Ensaio_B apresenta o Modelo_2 para duas orientações. O objectivo deste ensaio é para mostrar as alterações das sombras para todos os meses do ano a diferentes horas do dia.

Ensaio_B.1 - Representação anual do Modelo_2 orientado a SE, para observar as diferenciação ao longo dos meses do ano, para as 9h; 11h; 13h; 15h; 17h, esta tem um intervalo de duas horas entre si.

Ensaio_B.2 - Representação anual do Modelo_2 orientado a SO, para observar as diferenciação ao longo dos meses do ano, para as 9h; 11h; 13h; 15h; 17h, esta tem um intervalo de duas horas entre si.

3.5.2.4. ENSAIO_C:

O ensaio_C - Apresenta o Modelo_2, em corte vertical e horizontal. Produzido igualmente para uma visualização anual da iluminação resultante no interior do modelo a diferentes horas.

Ensaio_C.1 – Representação do Modelo_2 em corte vertical, no período de Verão, para verificar a iluminação que resulta no interior no período de maior incidência solar ao longo do ano.

Ensaio_C.2 – Representação do Modelo _2 em corte horizontal, no período de Verão, para verificar a iluminação que resulta no interior no período de maior incidência solar ao longo do ano.

Ensaio_C.3 – Representação do Modelo_2 em corte vertical, no período de Inverno, para verificar a iluminação que resulta no interior no período de maior incidência solar ao longo do ano.

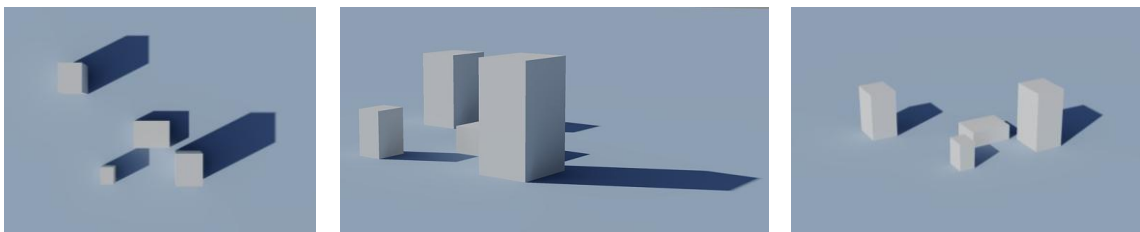
Ensaio_C.4 – Representação do Modelo _2 em corte horizontal, no período de Inverno, para verificar a iluminação que resulta no interior no período de maior incidência solar ao longo do ano.

3.5.2.5. ENSAIO_D:

Ensaio_D – Vídeo com Modelo_2 por forma a visualizar as alterações ao longo de um dia das 7 horas às 17 horas. Para este ensaio será demonstrado um vídeo para os dias 21 de Junho e 21 de Dezembro.

3.5.3. RESULTADOS DA EXPERIÊNCIA DOS ENSAIOS REALIZADOS

Ensaio_ A.1– Representação de um conjunto de volumes para visualizar o efeito das sombras produzidas no conjunto.



Ensaio_ A.2– Representação de um modelo de forma cúbica, colocado numa superfície plana, nos equinócios e nos solstícios e Equinócios.

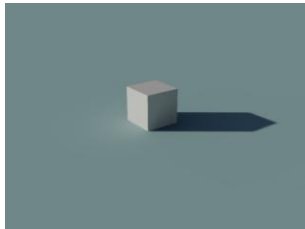


Figura 1: Modelo 1 solstício de inverno 21 de Dezembro às 14h00

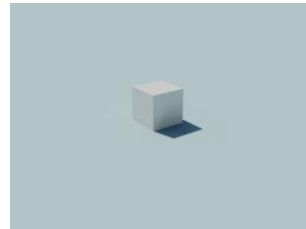


Figura 2: Modelo 1 solstício de Verão, 21 de Junho às 14h00

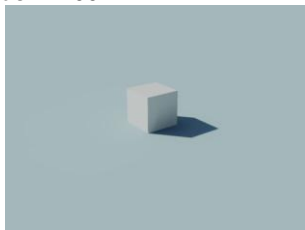


Figura 3: Modelo 1 Equinócio de Março 21, às 14h00

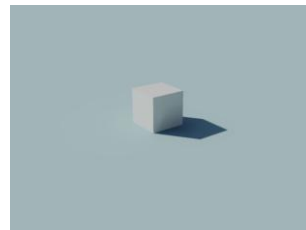


Figura 4: Modelo 1 Equinocio de Setembro dia 21, às 14h00

Ensaio B.1 - 9 horas – Representação anual do Modelo_2 orientado a SE, para observar as diferenciação ao longo do ano, para as 9 horas.

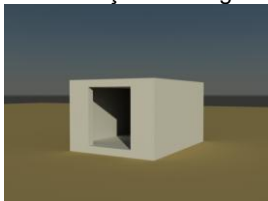


Figura 5: Janeiro

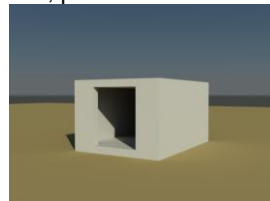


Figura 6: Fevereiro

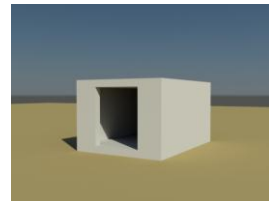


Figura 7: Março

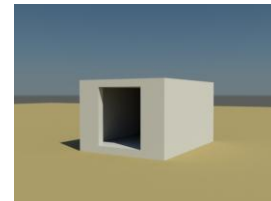


Figura 8: Abril



Figura 9: Maio

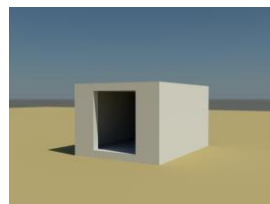


Figura 10: Junho

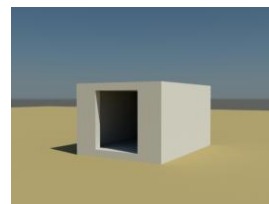


Figura 11: Julho



Figura 12: Agosto

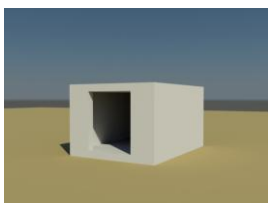


Figura 13: Setembro

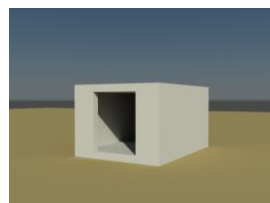


Figura 14: Outubro

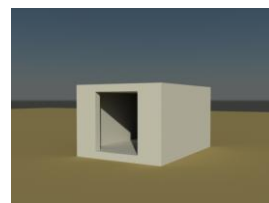


Figura 15: Novembro

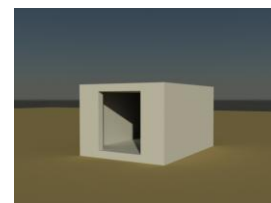


Figura 16: Dezembro

Ensaio_B.1 - 11 horas – Representação anual do Modelo_2 orientado a SE, para observar as diferenciação ao longo do ano, para as 11 horas.

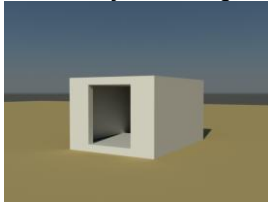


Figura 17: Janeiro

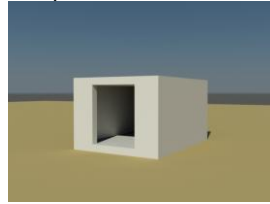


Figura 18: Fevereiro

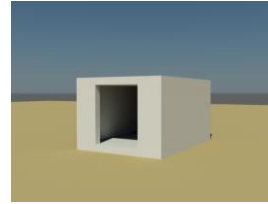


Figura 19: Março

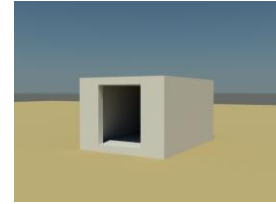


Figura 20: Abril

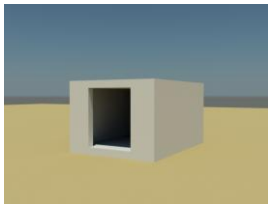


Figura 21: Maio

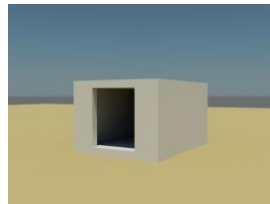


Figura 22: Junho

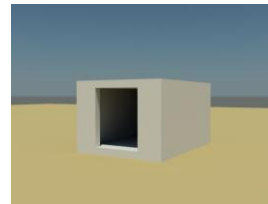


Figura 23: Julho

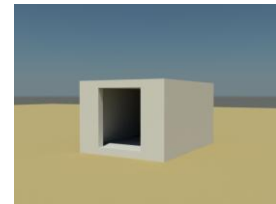


Figura 24: Agosto

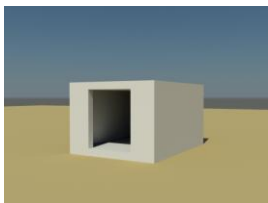


Figura 25: Setembro



Figura 26: Outubro

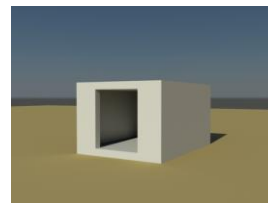


Figura 27: Novembro

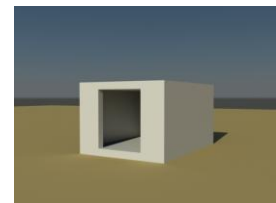


Figura 28: Dezembro

Ensaio_B.1 - 13 horas – Representação anual do Modelo_2 orientado a SE, para observar as diferenciação ao longo do ano, para as 13 horas.

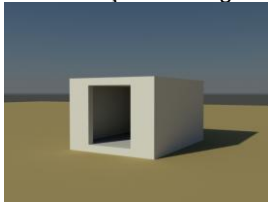


Figura 29: Janeiro

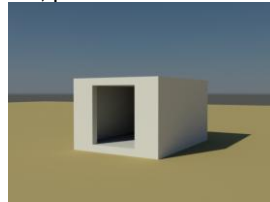


Figura 30: Fevereiro

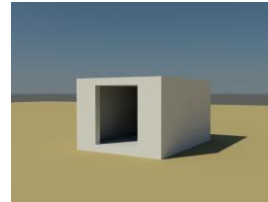


Figura 31: Março

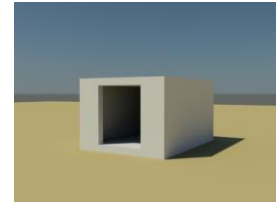


Figura 32: Abril

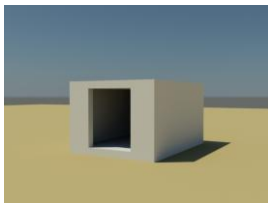


Figura 33: Maio

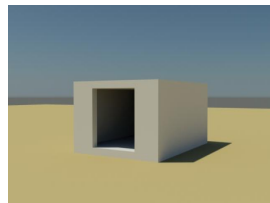


Figura 34: Junho

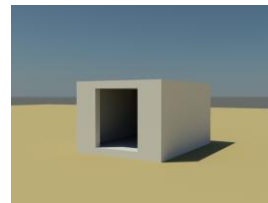


Figura 35: Julho

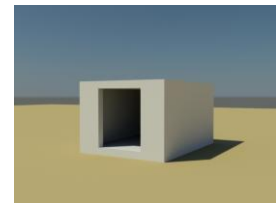


Figura 36: Agosto

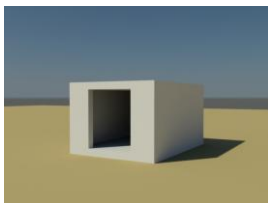


Figura 37: Setembro

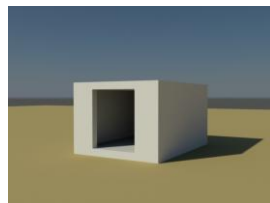


Figura 38: Outubro

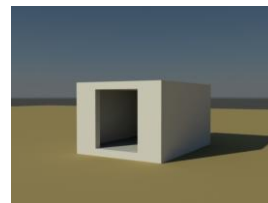


Figura 39: Novembro

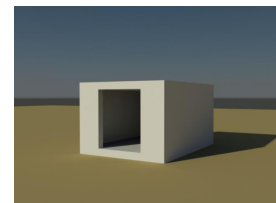


Figura 40: Dezembro

Ensaio_B.1 - 15 horas – Representação anual do Modelo_2 orientado a SE, para observar as diferenciação ao longo do ano, para as 15 horas.

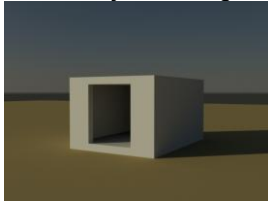


Figura 41: Janeiro

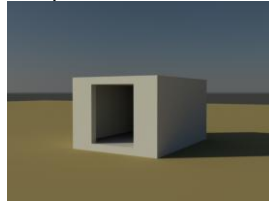


Figura 42: Fevereiro

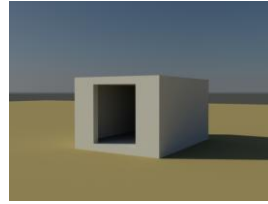


Figura 43: Março

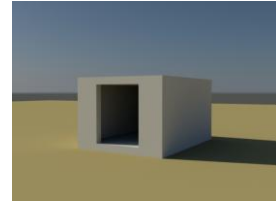


Figura 44: Abril

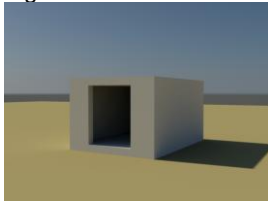


Figura 45: Maio

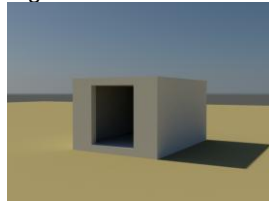


Figura 46: Junho

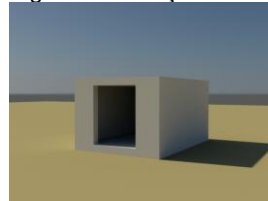


Figura 47: Julho

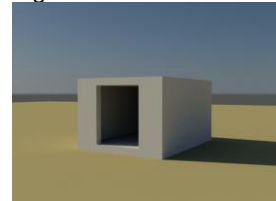


Figura 48: Agosto



Figura 49: Setembro

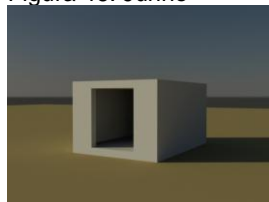


Figura 50: Outubro

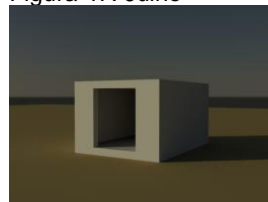


Figura 51: Novembro

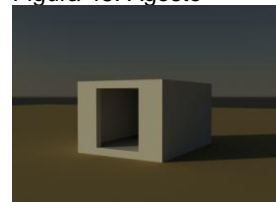


Figura 52: Dezembro

Ensaio_B.1 - 17 horas – Representação anual do Modelo_2 orientado a SE, para observar as diferenciação ao longo do ano, para as 17 horas.



Figura 53: Janeiro



Figura 54: Fevereiro

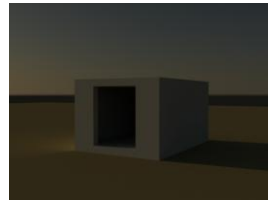


Figura 55: Março

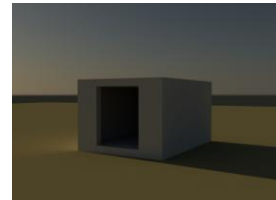


Figura 56: Abril

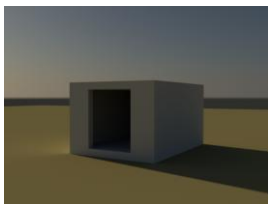


Figura 57: Maio

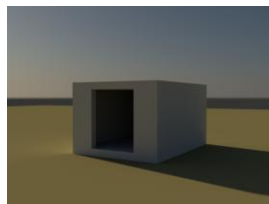


Figura 58: Junho

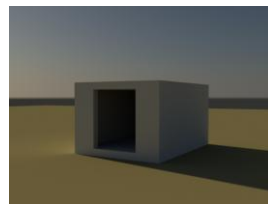


Figura 59: Julho

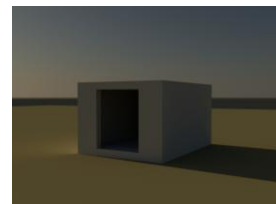


Figura 60: Agosto

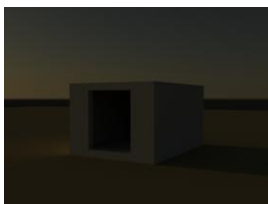


Figura 61: Setembro



Figura 62: Outubro



Figura 63: Novembro



Figura 64: Dezembro

Ensaio_B.2 - 9 horas - Representação anual do Modelo_2 orientado a SO, para observar as diferenciação ao longo do ano, para as 9 horas.

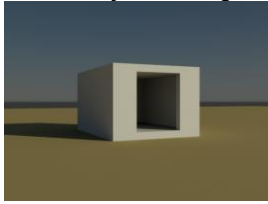


Figura 65: Janeiro

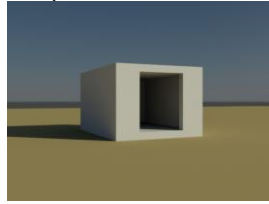


Figura 66: Fevereiro

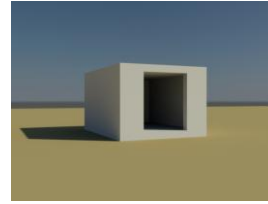


Figura 67: Março

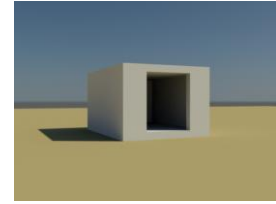


Figura 68: Abril

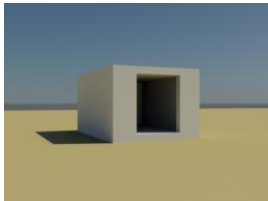


Figura 69: Maio

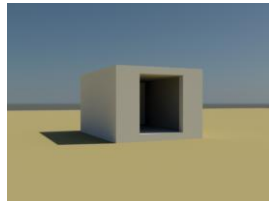


Figura 70: Junho

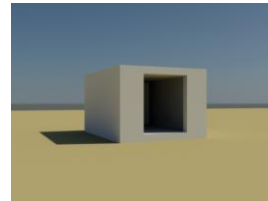


Figura 71: Julho

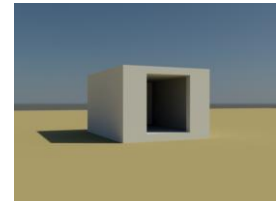


Figura 72: Agosto

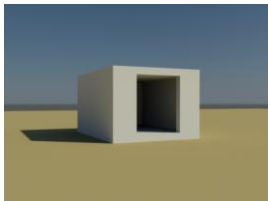


Figura 73: Setembro

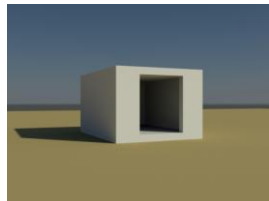


Figura 74: Outubro

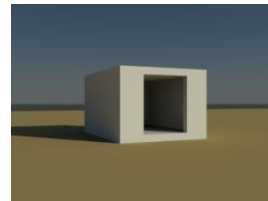


Figura 75: Novembro

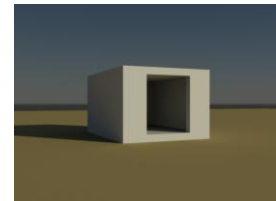


Figura 76: Dezembro

Ensaio_B.2 - 11 horas - Representação anual do Modelo_2 orientado a SO, para observar as diferenciação ao longo do ano, para as 11 horas.

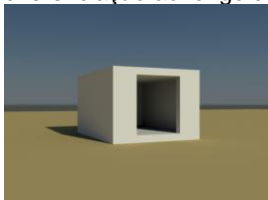


Figura 77: Janeiro

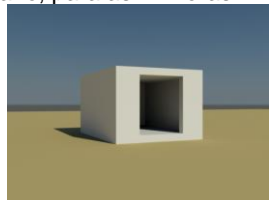


Figura 78: Fevereiro

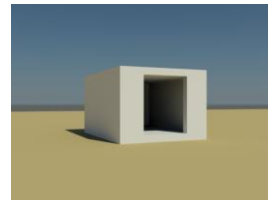


Figura 79: Março



Figura 80: Abril



Figura 81: Maio



Figura 82: Junho



Figura 83: Julho



Figura 84: Agosto



Figura 85: Setembro



Figura 86: Outubro

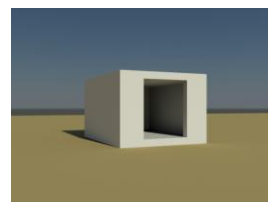


Figura 87: Novembro

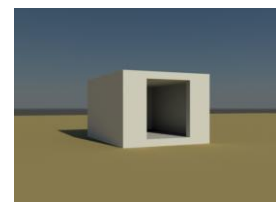


Figura 88: Dezembro

Ensaio_B.2 - 13 horas - Representação anual do Modelo_2 orientado a SO, para observar as diferenciação ao longo do ano, para as 13 horas.

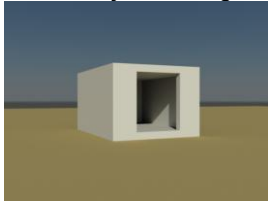


Figura 89: Janeiro

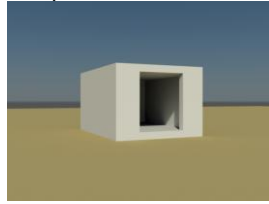


Figura 90: Fevereiro

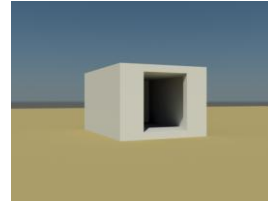


Figura 91: Março

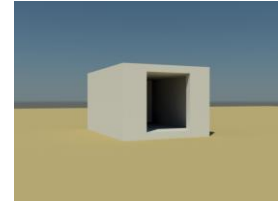


Figura 92: Abril

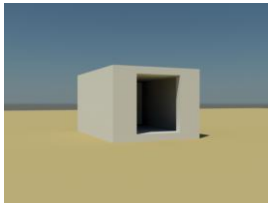


Figura 93: Maio

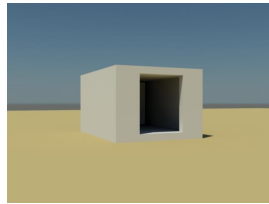


Figura 94: Junho

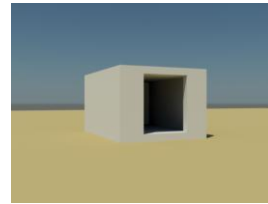


Figura 95: Julho

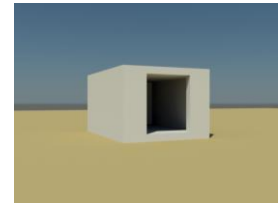


Figura 96: Agosto

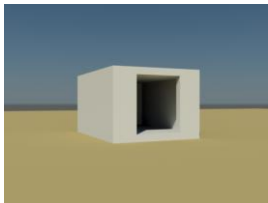


Figura 97: Setembro

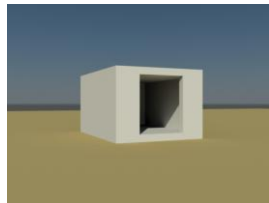


Figura 98: Outubro

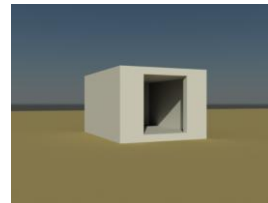


Figura 99: Novembro

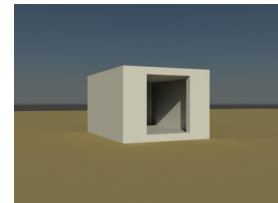


Figura 100: Dezembro

Ensaio_B.2 - 15 horas - Representação anual do Modelo_2 orientado a SO, para observar as diferenciação ao longo do ano, para as 15 horas.

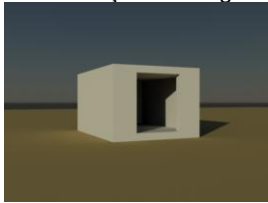


Figura 101: Janeiro

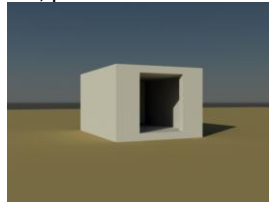


Figura 102: Fevereiro

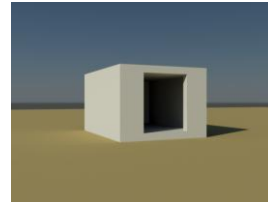


Figura 103: Março

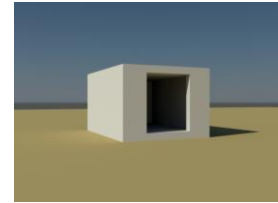


Figura 104: Abril

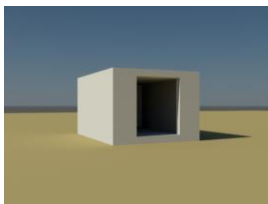


Figura 105: Maio

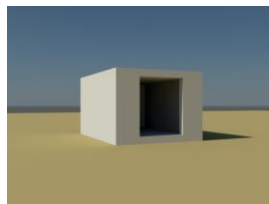


Figura 106: Junho

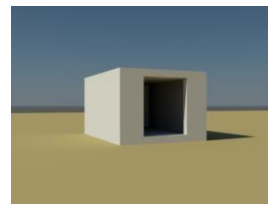


Figura 107: Julho



Figura 108: Agosto

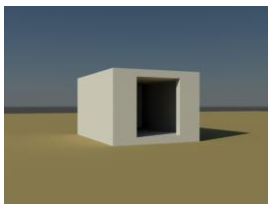


Figura 109: Setembro

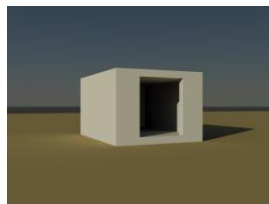


Figura 110: Outubro



Figura 111: Novembro

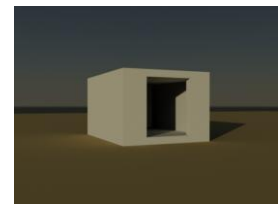


Figura 112: Dezembro

Ensaio_B.2 - 17 horas - Representação anual do Modelo_2 orientado a SO, para observar as diferenciação ao longo do ano, para as 17 horas.



Figura 113: Janeiro



Figura 114: Fevereiro

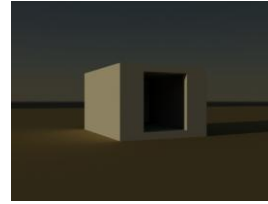


Figura 115: Março

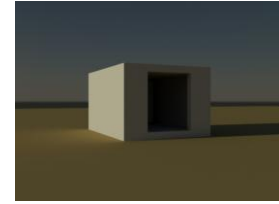


Figura 116: Abril

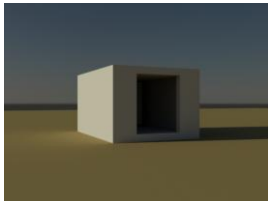


Figura 117: Maio

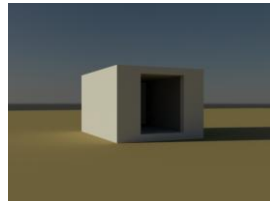


Figura 118: Junho

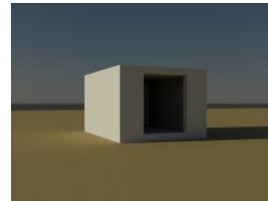


Figura 119: Julho

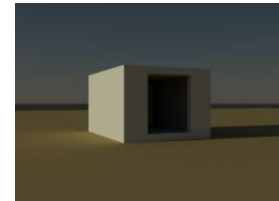


Figura 120: Agosto

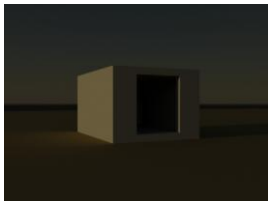


Figura 121: Setembro



Figura 122: Outubro



Figura 123: Novembro



Figura 124: Dezembro

Ensaio_C.1 - 17 horas – Representação do Modelo _2 em corte vertical, no período de Verão, para verificar a iluminação que resulta no interior no período das 7 horas às 17 horas.



Figura 125: 7h



Figura 126: 8h

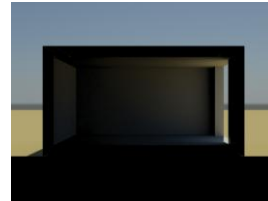


Figura 127: 9h

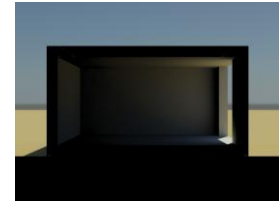


Figura 128: 10h

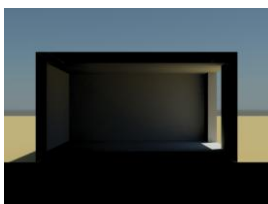


Figura 129: 11h

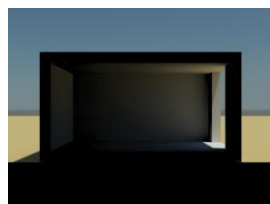


Figura 130: 12h



Figura 131: 13h

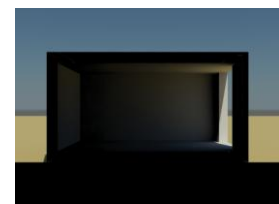


Figura 132: 14h

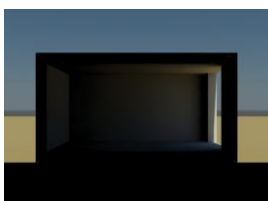


Figura 133: 15h

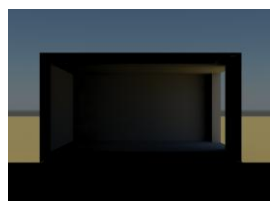


Figura 134: 16h



Figura 135: 17h

Ensaio_C.2 - 17 horas – Representação do Modelo _2 em corte horizontal, no período de Verão, para verificar a iluminação que resulta no interior no período das 7 horas às 17 horas.



Figura 136: 7h

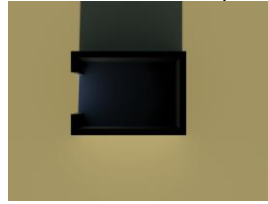


Figura 137: 8h

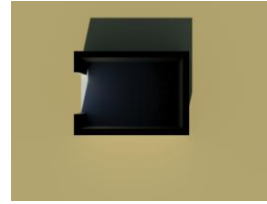


Figura 138: 9h



Figura 139: 10h



Figura 140: 11h



Figura 141: 12h

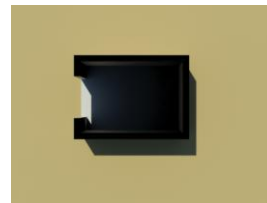


Figura 142: 13h



Figura 143: 14h



Figura 144: 15h



Figura 145: 16h



Figura 146: 17h

Ensaio_C.3 - 17 horas – Representação do Modelo _2 em corte vertical, no período de Inverno, para verificar a iluminação que resulta no interior no período das 7 horas às 17 horas.



Figura 147: 7h



Figura 148: 8h



Figura 149: 9h

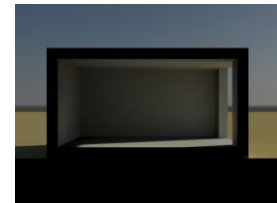


Figura 150: 10h



Figura 151: 11h



Figura 152: 12h



Figura 153: 13h



Figura 154: 14h



Figura 155: 15h

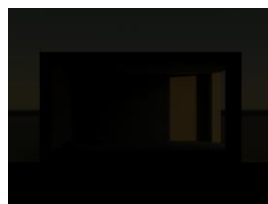


Figura 156: 16h

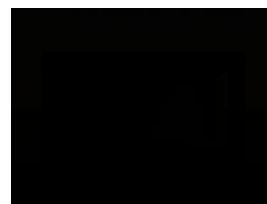


Figura 157: 17h

Ensaio_C.4 - 17 horas – Representação do Modelo _2 em corte horizontal, no período de Inverno, para verificar a iluminação que resulta no interior no período das 7 horas às 17 horas.



Figura 158: 7h



Figura 159: 8h

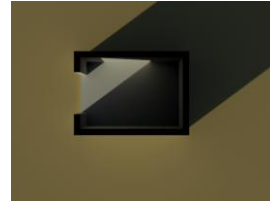


Figura 160: 9h

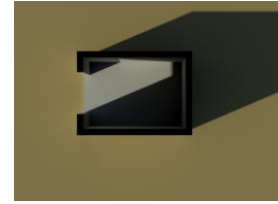


Figura 161: 10h

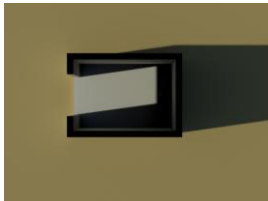


Figura 162: 11h

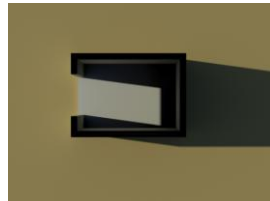


Figura 163: 12h

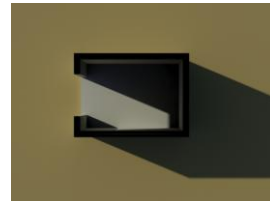


Figura 164: 13h

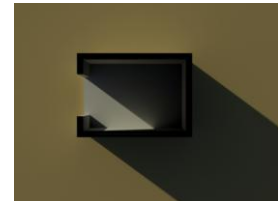


Figura 165: 14h

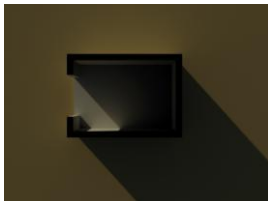


Figura 166: 15h

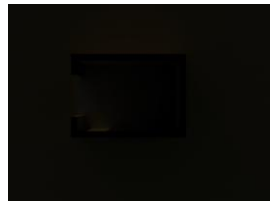


Figura 167: 16h



Figura 168: 17h

Ensaio_D.1 das 7 horas às 17 horas – Demonstração de vídeo com o Modelo _2 para visualizar os factores de iluminação. Este Ensaio D.1 foi reproduzido na data 2012.06.21 das 7 horas às 17 horas.

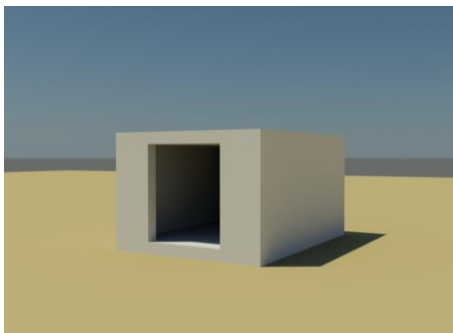


Figura 169: Camera_1

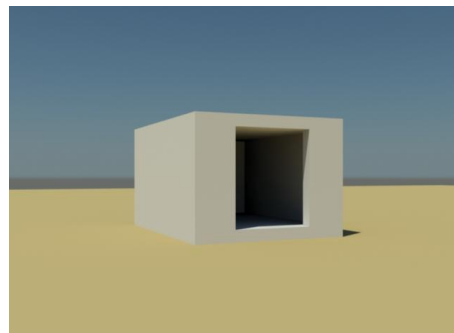


Figura 170: Camera_2

(Para visualizar o vídeo, ver o cd que acompanha o trabalho)

Ensaio_D.2 das 7 horas às 17 horas – Demonstração de vídeo com o Modelo _2 para visualizar os factores de iluminação. Este Ensaio D.2 foi reproduzido na data 2012.12.21 das 7 horas às 17 horas.

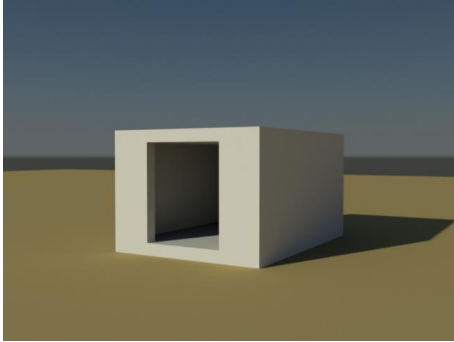


Figura 171: Camera_1

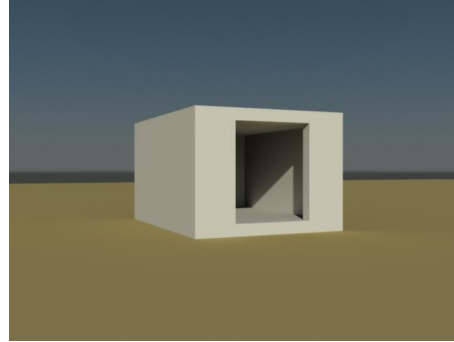


Figura 172: Camera_2

(Para visualizar o vídeo, ver o cd que acompanha o trabalho)

3.6. CONCLUSÃO

Neste capítulo realizou-se um levantamento dos softwares existentes do mercado e descreveu-se um simulador matemático de uso corrente.

Foram efectuados ensaios com um dos software escolhido, o principal objectivo destas experiências é testar a utilidade/funcionamento da ferramenta e elaborar estudos de insolação com modelos tridimensionais.

Os professores de arquitectura e ecologia urbana cada vez mais procuram instrumentos para dar a compreender aos alunos formas de e avaliar/simular os desenhos/modelos.

Nos últimos anos foi reconhecido o valor dos computadores como ferramentas de apoio à realização dos projectos e construção das respectivas obras. A evolução deste método de análise, que permite fazer modificações directas nos modelos, resultou numa facilidade de simulação do edifício, torna também mais rápido o processo de modificação do projecto.

Com este foi possível comprovar que estes softwares são cada vez mais importantes para os alunos de arquitectura. Os testes com modelos tridimensionais podem ser realizados nos computadores pessoais de cada indivíduo ao contrário do que acontece com os simuladores físicos que necessitam de condições específicas para cada maquete a ser estudada.

Concluindo, os simuladores matemáticos, podem ser utilizados em qualquer altura do projecto, desde a fase de conceito e até à finalização do projecto. Quando o indivíduo está familiarizado com estes softwares torna-se mais fácil a execução de testes com os simuladores matemáticos.

CAPITULO IV

EVOLUÇÃO E LEVANTAMENTO DAS FASES DO PROJECTO

4.1. INTRODUÇÃO

O processo de concepção do objecto arquitectónico pode ser definido como um tema bastante abrangente, para além do desenho técnico, existem diversos caminhos a percorrer, que passam pela pesquisa, introspecção e exploração teórica.

O objectivo deste capítulo é identificar os tipos de estudo da insolação, os critérios para avaliar as condições da insolação e as etapas referentes à legislação existente.

Serão identificadas as melhores fases para utilização das técnicas de estudo da insolação e apontados alguns exemplos da utilização dessas técnicas, de forma a aumentara eficácia das estratégias a utilizar no projecto de arquitectura.

4.2. TIPOS DE ESTUDOS DE INSOLAÇÃO

4.2.1. CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA INSOLAÇÃO:

- De sítios para a construção; diz respeito ao local onde irá ser implantado o edifício e às características morfológicas que este apresenta.
- De fachadas e outras partes da envolvente; consideram-se partes do edificio, fachadas juntamente com os prédios que circundam, como mostra a figura seguinte.

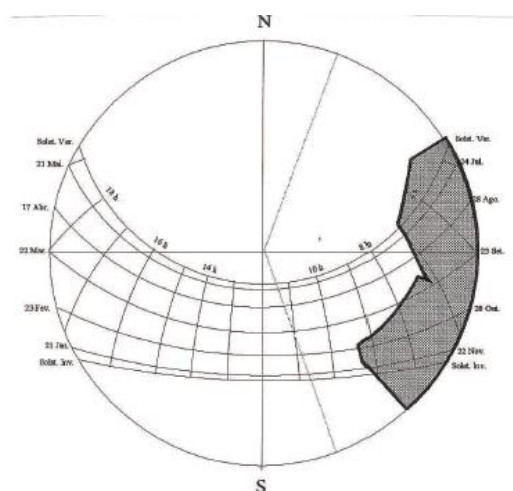


Figura 1: Estudo de um conjunto de volumes.
[Retirado de: CARVALHO, Licínio, 2011]

- De espaços exteriores delimitados por um nova construção; relaciona-se com o impacto que um edificio novo numa área de um espaço exterior. O exemplo mostra um estudo da localização de uma piscina de modo a assegurar as condições de insolação pretendidas.

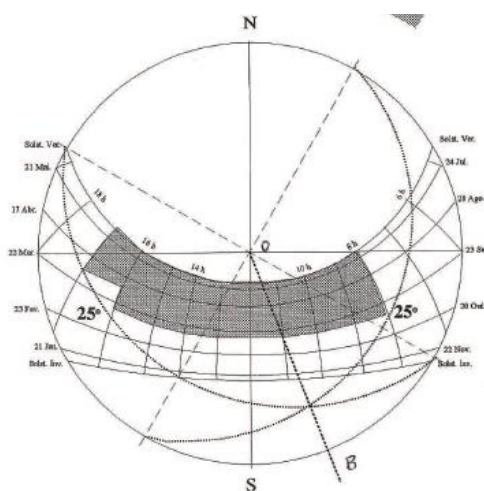


Figura 2: Estudo da implantação de uma piscina.
[Retirado de: CARVALHO, Licínio, 2011]

- De espaços interiores; edificios vizinhos ou obstáculos nos vãos de iluminação podem transmitir ausências de iluminação no interior.

Demonstração de exemplo de um modelo com e sem pala nos solstícios.

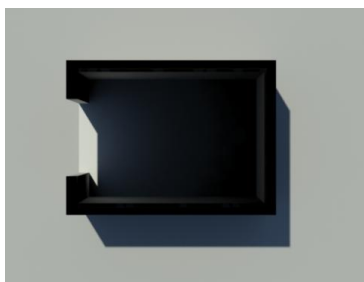


Figura 3: Exemplo sem pala, 13h 21 de Junho



Figura 4: Exemplo com pala, 13h 21 de Junho

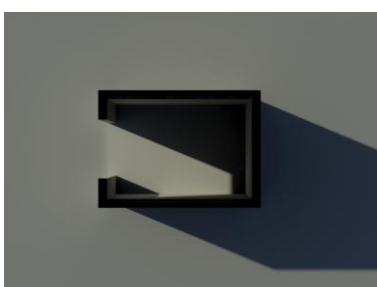


Figura 5: Exemplo sem pala, 13h 21 de Dezembro

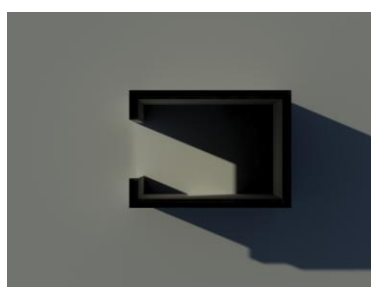


Figura 6: Exemplo com pala, 13h 21 de Dezembro

Demonstração de exemplo de um modelo com e sem pala nos equinócios.



Figura 7: Exemplo sem pala, 13h 21 de Março

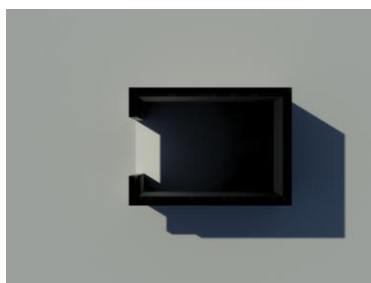


Figura 8: Exemplo com pala, 13h 21 de Março

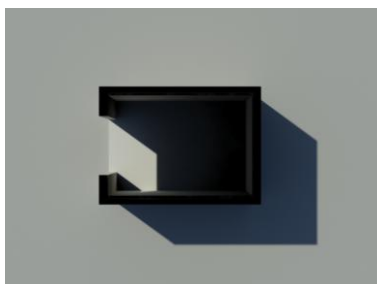


Figura 9: Exemplo sem pala, 13h 21 de Setembro

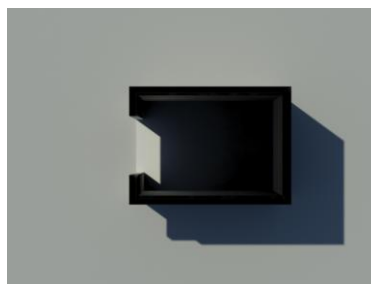


Figura 10: Exemplo com pala, 13h 21 de Setembro

4.3. CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DO SOMBREAMENTO DE VÃOS DE ILUMINAÇÃO:

- Palas, sistemas de palas e saliências na construção; consiste num estudo para conhecer as consequências em termos de sombreamento dessas obstruções exteriores nos vãos de iluminação.

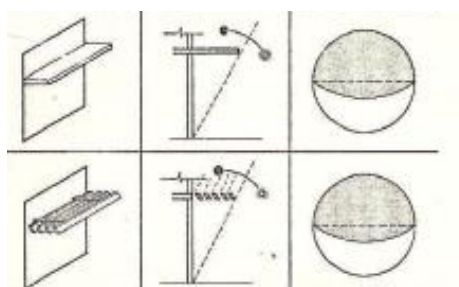


Figura 11: Dispositivos de sombreamento. [Retirado de: CARVALHO, Licínio, 2011]

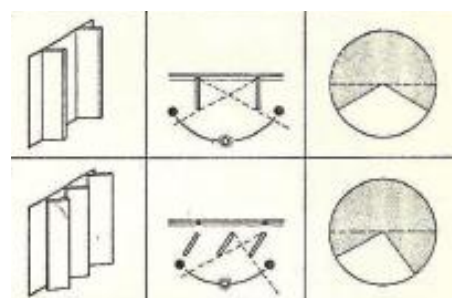


Figura 12: Dispositivos de sombreamento. [Retirado de: CARVALHO, Licínio, 2011]

- Obstáculos exteriores; trata-se de avaliar o efeito de obstruções exteriores, como edifícios e árvores em vãos de iluminação.

4.4. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA INSOLAÇÃO

Seguidamente serão sistematizados os critérios para avaliar as condições da insolação. Aponta-se critérios para habitação retirados de um projecto de revisão do RGEU.

4.4.1. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

A insolação é desejável no Inverno e imprópria no Verão. Para tal é normalmente adequado, considerar favorável o sombreamento nos meses de Junho, Julho, Agosto e Setembro e favorável a insolação nos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro.

Na maior parte dos casos de aplicação prática é muito mais condicionante impor uma duração mínima de insolação do solstício de Inverno (Dezembro) do

que no mês de Fevereiro em que as trajectórias solares já são bastante mais altas. Com efeito, num ambiente urbano em que os edifícios se obstruem mutuamente, as trajectórias solares mais baixas produzem sombras mais extensas que afectam mais tempo as fachadas e o solo. O critério referido no parágrafo seguinte deve entender-se, neste contexto, como uma solução de compromisso entre o que seria desejável - estabelecer as exigências de insolação para o mês do solstício de Inverno - e a necessidade de não impor critérios excessivamente condicionantes.

Interessa perceber três situações:

- A insolação no Inverno é desejável sem restrições particulares; os corredores, átrios e outras zonas de circulação espaços onde os utentes não ocupem lugares fixos e não existam materiais que interesse proteger da incidência solar.

- A insolação no Inverno é desejável, mas deve ser controlável; escritórios, gabinetes, salas de aulas onde os ocupantes ocupem lugares fixos. O movimento do Sol cria situações diversas e a opção de projecto deve ser, a de facultar aos utentes, em cada momento, a possibilidade de escolha da situação que mais lhes agrade, ou seja a de lhes facultar o uso de dispositivos de controlo reguláveis - estores, cortinas. Interessa que estes dispositivos difundam a luz solar de modo a permitir o seu aproveitamento para a iluminação natural.

- A insolação é indesejável mesmo no Inverno; diz respeito aos espaços onde exista equipamento sensíveis à radiação solar directa. A preocupação é de procurar eliminar a insolação, orientando os vãos a Norte ou sombreando-os através da adopção de soluções de sombreamento fixas.

O RGE é ainda um projecto de revisão do RGEU, não tendo por isso "força" legal, contém um artigo 63º que se refere à insolação nos edifícios de habitação e estabelece algumas indicações importantes para o evoluir da ideia.

No que se refere a edifícios de habitação:

A sala deve receber insolação suficiente; em casos excepcionais em que tal não seja possível, essa insolação deve ser garantida, pelo menos, num dos outros compartimentos habitáveis;

Nos fogos T3 ou de tipologia superior deverão existir, no mínimo, dois compartimentos habitáveis nessas condições. O período de tempo durante ao qual as superfícies envidraçadas dos compartimentos que estão expostos à radiação solar não deve ser inferior a duas horas diárias, contadas nos dias 21 de Fevereiro ou 21 de Outubro. A contagem desse período deve ser feita: entre as 7 e as 17 horas solares; quando os raios solares que incidem no envidraçado estejam contidos no diedro vertical de 140° cujo plano bissector inclua o eixo desse envidraçado.

Nos casos em que existam edifícios vizinhos que constituam obstruções o RGE obriga à representação de um estudo que cumpra o requisito ajustado.

Na revisão do RGEU, a sala deverá ser insolada pelo menos 2 horas por dia, em 21 de Fevereiro ou 21 de Outubro, datas estas em que as trajectórias solares são praticamente coincidentes. Estas 2 horas de insolação, ou de exposição à radiação solar directa, devem ser entendidas como as horas de insolação num dia de céu limpo. Devem ser contadas no período das 7 às 17 horas solares, o que significa que se impõe uma altura mínima do Sol da ordem do 5° . Limitam-se também os azimutes do Sol a valores que não se afastem mais do que 70° do azimute da normal à janela.¹

¹CARVALHO, Licínio - APONTAMENTOS DE EDIFICAÇÕES II, Parte A, GEOMETRIA DA INSOLAÇÃO, (Extracto do Curso sobre Insolação e Iluminação Natural dos Edifícios, realizado em 1996 na UALG/EST), Faro.



Figura 13: Exigência de exposição à radiação solar 2 horas solares. [Retirado: CARVALHO, Licínio, 2011]

Nos casos com mais de três tipologias é requerido que para além da sala, exista outro compartimento que apresente as 2 horas de insolação. Caso não seja possível assegurar as 2 horas diárias de insolação, a orientação deve ser desviada de norte para Este ou Oeste cerca de 60° , figura 2.

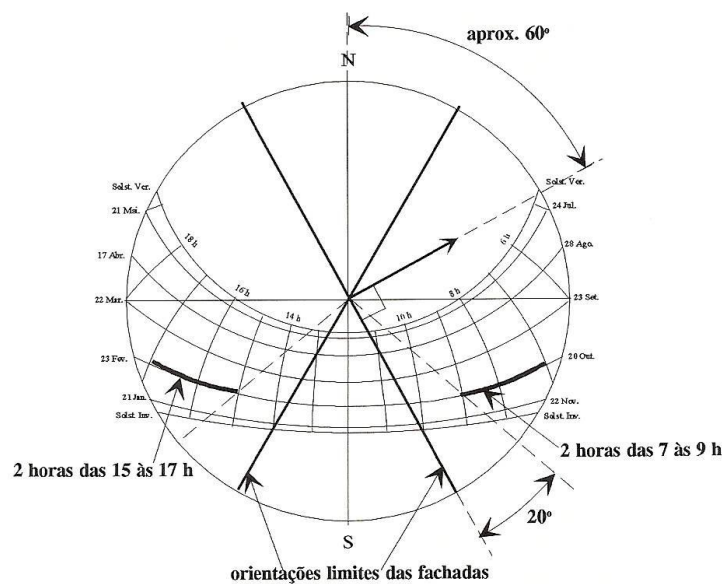


Figura 14: Esquema de representação de orientação das fachadas para garantir as 2 horas diárias de insolação. [Retirado: CARVALHO, Licínio, 2011]

Para além destes factos importantes é necessário descrever ainda outros aspectos. Existem estudos que defendem que inicialmente deverá ser

identificado o tipo de utilização do edifício, para posteriormente poder identificar as várias necessidades dos ocupantes.

Considerando o facto da preferência por luz solar no inverno e o oposto no verão, é assim necessário ter em atenção a localização do edifício, a sua correcta orientação, bem como a colocação espacial deste juntamente com o a envolvente analisando o impacto causado pelos edifícios vizinhos.

Outro aspecto é conseguir garantir aos espaços como salas de estar e quartos, um máximo de horas de insolação, para que haja conforto no interior. (luz possível de ser recebida nas janelas na Primavera e no Outono e por implicação no verão).

Para casos que no verão se tornem conflituosos podem existir, palas de sombreamento ou ate saliências na fachada, ou uma situação com varanda pode resultar numa boa solução de sombreamento nos meses mais quentes.

Anteriormente foram referidos parâmetros genéricos que preocupam o arquitecto, no que diz respeito, ao tipo de utilização de edifícios habitacionais, escritórios e até hospitais, existem parâmetros que podem ser apontados com preferências específicas para cada um destes casos.

No caso de ser edifícios habitacionais e hospitalares são locais de permanecia. Quartos e salas de estar podem ser orientados de forma a captar mais iluminação para o interior. No caso dos edifícios de escritórios pode ser confortável a admissão da luz solar, mas em alguns casos pode tornar-se desconfortável, para isso os edifícios deverão ser capazes de responder a essas necessidades através de um sistema de sombreamento.

4.5.AVALIAÇÃO DAS DIFERENTES TÉCNICAS DE ESTUDOS DA INSOLAÇÃO

As técnicas de estudo da insolação servem para apoiar o desenvolvimento do projecto de arquitectura. Neste trabalho foram tratadas três técnicas:

- Cartas Solares;
- Simuladores físicos;
- Simuladores matemáticos.

Para cada uma destas técnicas vão ser consideradas quatro perspectivas para as avaliar:

- Necessidade de formação prévia para o uso da técnica;
- Disponibilidade de meios em geral para aplicar a técnica;
- Trabalho exigido para aplicar a técnica em cada situação particular a analisar;
- Aptidão para cada tipo de estudo.

4.5.1. NECESSIDADE DE FORMAÇÃO PRÉVIA PARA O USO DA TÉCNICA

É necessário bastante formação para o uso das cartas solares.

Para a utilização de simuladores físicos é preciso compreender a geometria solar.

Para os simuladores matemáticos também é necessário formação, quer ao nível de conhecimentos da geometria solar quer ao nível da criação de modelos tridimensionais.

4.5.2. DISPONIBILIDADE DE MEIOS EM GERAL PARA APLICAR A TÉCNICA

Com as cartas solares é necessário papel e régua para realizar o estudo.

Para simuladores físicos a disponibilidade de meios para aplicar a técnica é essencial, sendo imprescindível dispor de um simulador e de uma maquete para visualizar o efeito da luz.

No simulador matemático é necessário que esteja disponível o programa CAD 3D sendo também necessário elaborar o modelo tridimensional do projecto, para que seja possível efectuar os estudos. Esta situação é cada vez mais corrente nos trabalhos de arquitectura.

4.5.3. TRABALHO EXIGIDO PARA APLICAR A TÉCNICA EM CADA SITUAÇÃO PARTICULAR A ANALISAR

Na utilização das cartas solares o trabalho exigido para a aplicação da técnica pode, nalguns casos, ser simples, como por exemplo para a obtenção dos resultados de insolação sobre um vão envidraçado. Noutros casos ser complicado, como por exemplo no estudo de espaços interiores, onde a representação das manchas do Sol nos paramentos interiores dos edifícios, ao longo do dia e do ano, pode ser um trabalho bastante moroso.

Com os simuladores físicos é fundamental que exista o simulador disponível e a maquete do projecto. O trabalho exigido será o de colocar a maquete na base do simulador, ajustar a geometria deste e realizar a visualização, a qual deverá ser registada através de fotografia.

Tal como nos simuladores físicos, para os simuladores matemáticos também é necessário dispor do modelo virtual do projecto, ter alguns conhecimentos de geometria solar e ainda saber alterar as coordenadas geográficas, a data e a hora no software utilizado. A simulação será processada automaticamente pelo software, podendo os resultados serem registados em imagens digitais ou vídeo.

4.5.4. APTIDÃO PARA CADA TIPO DE ESTUDO

As ferramentas anteriormente mencionadas apresentam diversas possibilidades de utilização, sendo cada uma delas independente no que diz respeito ao tipo de estudo a realizar.

As cartas solares tornam-se úteis e capazes de reproduzir um resultado síntese, genérico. Por vezes não se consegue visualizar o modelo, este é representado em planta ou alçado.

Os simuladores físicos são favoráveis para visualizar os resultados das sombras produzidas na maqueta, mas torna-se desfavorável na deslocação/ajuste do modelo, por exemplo adaptação de uma pala, ou até observar o ambiente interior do modelo.

Os simuladores matemáticos conseguem reproduzir as condições de insolação tanto no exterior do modelo como no interior deste. O que possibilita um estudo global capaz de responder a todas as necessidades de visualização, tendo assim o observador uma visão mais completa.

Concluindo a utilização de cada uma destas ferramentas possa ser útil em diferentes alturas do projecto. Na fase inicial do processo de projecto, tendo apenas disponível uma ideia inicial ou um pequeno desenho, é vantajoso elaborar um estudo de insolação directamente sobre uma carta solar conseguindo assim facilmente observar o resultado obtido, posteriormente, as maquetas do projecto poderão ser verificadas com simulador físico, e nas fases mais pormenorizadas do trabalho os simuladores matemáticos poderão ajudar a estudar opções de sombreamento/insolação através da simulação dos modelos virtuais do projecto.

4.6.FASES DO PROJECTO, CONDICIONAMENTOS DA INSOLAÇÃO, ESTUDOS A REALIZAR E TÉCNICAS A ADOPTAR

4.6.1. CLASSIFICAÇÃO E APLICAÇÃO DA LEGISLAÇÃO

4.6.1.1. PROGRAMA PRELIMINAR

”Articulação de ordens das áreas e volumes, necessidades gerais, condições de ambiente, isolamento térmico, renovação de ar, condições de iluminação e incidência solar.”²

A fase de concepção é considerada como uma das mais importantes num projecto de arquitectura. É nesse ponto que são tomadas certas decisões que podem influenciar a vida/duração do plano.

O programa preliminar corresponde à apresentação dos requisitos pretendidos por parte do cliente, ou do dono da obra, onde será proposto um plano. Nesta fase é escolhida a melhor orientação do edifício para o verão e inverno, visto ser a altura do ano que se necessita de um maior consumo energético com o auxílio de equipamentos.

Os compartimentos devem estar estrategicamente bem orientados, de modo a que a duração solar deva ser a mais adaptada à actividade dos ocupantes. É importante perceber quais as orientações que apresentam melhores condições para usufruto do individuo, tentando conciliar com a ideia conceptual.

4.6.1.2. PROGRAMA BASE

“Descrição e avaliação das condições de utilização, segurança, conforto. Exigências de ambiente e de conforto.”³

Nesta fase são elaboradas as configurações em planta, organizam-se espaços interiores, para produzir uma melhor percepção com o lugar. Podem ser feitas

²Diário da República - MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES, 1.ª série, N.º 145, 29 de Julho de 2008 5106- (37), Portaria n.º 701-H/2008.

³ Idem

algumas análises em termos das condições de insolação a que o edifício está exposto.

Nos locais destinados ao uso frequente por parte dos ocupantes é benéfica uma maior exposição solar, como por exemplo, a incidência solar nas fachadas dos edifícios nas zonas dos quartos de dormir e salas de estar, tornando-se assim evidente que estas preocupações estão intimamente ligadas ao uso a que se destina o edifício.

Para esta fase, podem ser utilizadas as seguintes ferramentas; cartas solares, onde se realizam ensaios para visualizar a incidência solar nas fachadas, e a análise com o *heliodon* (simulador físico), que permite testar as situações de insolação a partir de um pequeno modelo de volumes.

A resolução de problemas de geometria da insolação de edifícios isolados, ou integrados em arranjos urbanísticos, pode realizar-se a partir de desenhos, plantas e cortes, desde que se conheçam, para o lugar de implantação, as coordenadas horizontais do sol a diversas horas de diferentes dias do ano.⁴

Podem realizar-se ainda alguns ensaios pontuais para testar determinadas regras específicas do local, ou da legislação regional em vigor.

Apresenta-se um ensaio para verificar a exigência de exposição à radiação solar a 2 horas solares.

Apresentação do modelo: forma rectangular com vão.

Dimensões do modelo: 4 m X 5,50 m X 3 m

Dimensões do vão: 2,40 m X 2 m

Neste ensaio o modelo apresenta o alçado do vão orientado a Nascente e a Poente.

⁴SILVA, Armando e MALATO, João – Geometria da insolação de edifícios, Lisboa, Laboratório nacional de Engenharia civil, 1969. Pág. 15

4.6.1.3. ENSAIO

O ensaio_E apresenta o Modelo_2, orientado a Nascente e Poente, foi criado especificamente para verificar a aplicação do artigo 63º do RGE.

Produzido para a visualização da aplicação do artigo 63º, que se refere à insolação nos edifícios de habitação esta norma do RGE obriga à representação de um estudo que cumpra o requisito. O estudo realiza-se no mês de Fevereiro para duas orientações das 7 horas às 17 horas.

Ensaio E.1 - Com orientação a Nascente das 7 horas às 17 horas.



Figura 15



Figura 16



Figura 17

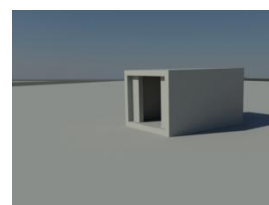


Figura 18



Figura 19



Figura 20



Figura 21

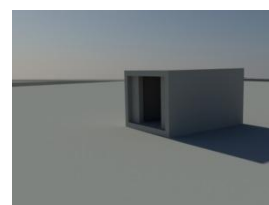


Figura 22

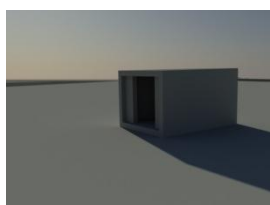


Figura 23

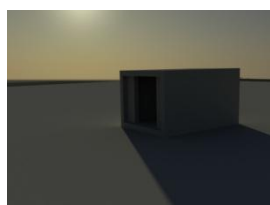


Figura 24



Figura 25

Ensaio E.2: Com orientação a Poente das 7 horas às 17 horas.

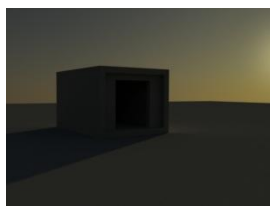


Figura 26

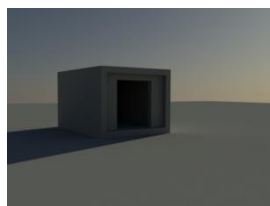


Figura 27

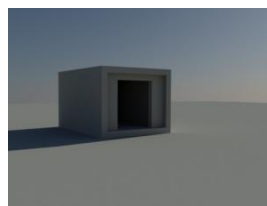


Figura 28

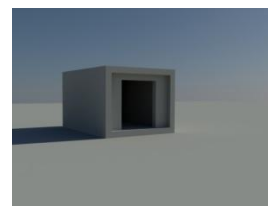


Figura 29



Figura 30



Figura 31

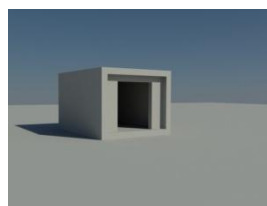


Figura 32

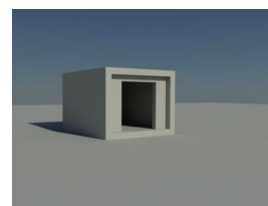


Figura 33

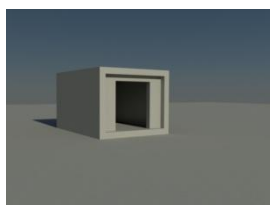


Figura 34

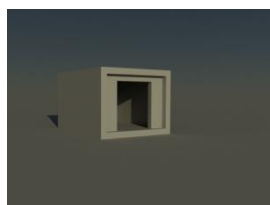


Figura 35



Figura 36

4.6.1.4. ESTUDO PRÉVIO

“Implantação do edifício; Integração urbana e paisagística do edifício; Características morfológicas dominantes dos edifícios; Organização dos espaços e a interdependências conjunto do edifício.”⁵

Esta etapa é já considerada uma das mais rigorosas, onde são testadas as decisões tomadas na fase anterior.

Verifica-se a articulação dos elementos de sombreamento, com palas, sistema arbóreo envolvente e ou dispositivos de protecção da fachada. São também apresentadas decisões sobre geometria da fachada do edifício, nomeadamente em relação à combinação dos envidraçados e cores utilizadas.

⁵Diário da República - MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES, 1.ª série, N.º 145, 29 de Julho de 2008 5106- (37), Portaria n.º 701-H/2008.

A ferramenta preferencial a utilizar nesta fase deverá ser o simulador matemático, visto tratar-se de uma etapa que carece de maior rigor, o qual será mais fácil de obter através dos modelos virtuais, permitindo assim a obtenção de resultados mais aproximados do real.

4.6.1.5. ANTE PROJECTO E PROJECTO DE EXECUÇÃO

Nestas duas fases considera-se que as questões do projecto, pertinentes para o estudo da insolação, já se encontraram resolvidas, depreendo-se que esta é uma etapa de concretização e detalhe do projecto, pelo que a utilização destas ferramentas de estudo da insolação será mais pontual, podendo no entanto ter ainda um contributo relevante nos estudos de sombreamento e de arranjos exteriores.

4.7. CONCLUSÃO

Neste capítulo foram sistematizados os tipos de estudo da insolação e avaliados os critérios das suas condições de utilização, tendo por objectivo perceber em que fases do projecto poderão ser utilizadas.

Foi realizado um levantamento da legislação existente no que diz respeito às fases do projecto, de modo a ser possível elaborar uma descrição da aptidão de cada técnica à respectiva fase.

Apresentou-se um pequeno estudo para demonstrar o tipo de análise que se pode pretender numa das fases de projecto.

CAPITULO V

CONCLUSÃO

5.1. AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DOS SIMULADORES NO ESTUDO

Neste capítulo são apresentados os resultados das de análises realizadas nos capítulos anteriores. Será elaborada uma avaliação crítica do modo como os estudos de insolação devem inserir no processo da concepção e projecto arquitectónicos, juntamente com a utilização das técnicas mais adequadas para os concretizar.

O desenvolvimento deste trabalho teve como principal objectivo contribuir para uma maior apreensão e interesse pelos fenómenos relacionados com a geometria da insolação, bem como, a avaliação das técnicas de simulação no estudo da iluminação, que constitui um factor importante que não deve ser menos prezado.

A hipótese da experimentação faz parte integrante do processo de ensino aprendizagem, e os instrumentos são fundamentais para que se possa aliar a valorização da descoberta, da tentativa e do erro no processo educativo.

As técnicas abordadas neste trabalho são muito úteis para os alunos de arquitectura, possibilitando a visualização e compreensão dos fenómenos da insolação nas fases do projecto, e facilitando a avaliação de cada opção no estudo da insolação.

Com a utilização dos simuladores os edifícios podem ser pensados de forma a aumentar o uso de energia solar e reduzir os seus efeitos indesejados. As soluções de sombreamento funcionam quer, num conjunto da linguagem estética quer funcional. Estas técnicas são também importantes para desenvolver uma visão espacial e melhorar a aprendizagem dos alunos de arquitectura, e oferecem a possibilidade de práticas experimentais na elaboração de projectos.

O Capítulo I apresenta uma breve abordagem sobre a geometria da insolação, conceitos e princípios teóricos. Considerou fundamental analisar algumas noções básicas sobre o tema, de modo a proporcionar uma melhor consciência das técnicas de estudo da insolação.

No Capítulo II descreveram-se as técnicas de estudos com base em simuladores físicos. O objectivo foi conhecer o funcionamento destes para adquirir conhecimento práticos e teórico para a conseguir trabalhar este tipo de equipamentos. Foi elaborada uma proposta de um simulador para o uso nas salas do ISMAT, considerando para o efeito as condicionantes físicas associadas aos edifícios que alberga a escola.

Os simuladores físicos são instrumentos que apoiam a realização de estudos de insolação no desenvolvimento dos projectos de arquitectura, sendo possível testar as maquetas e visualizar o efeito da luz e sombra. São assim instrumentos úteis para o estudo da insolação, com os quais os alunos de arquitectura poderiam testar os vários modelos que usualmente produzem para os seus projectos. No entender da autora este tipo de equipamento pode ser uma mais-valia para os alunos de arquitectura uma vez que lhes possibilitaria explorar as suas ideias e testar os seus próprios modelos, e desta forma obterem as suas próprias conclusões.

A dificuldade desta utilização prende-se com o facto do simulador dever estar bem ajustado às condições da sala, para minimizar a margem de erro e consequentemente não alterar significativamente a simulação de insolação do modelo no momento da visualização. Estas representações têm também alguma dificuldade em proporcionar uma compreensão espacial alargada no tempo, dado serem uma representação estática e por predefinirem um ponto de visualização.

Os simuladores permitem otimizar o estudo da insolação e explorar os tipos de protecções solares a serem aplicadas, bem como, beneficiar de uma visualização global da maqueta.

O Capítulo III refere-se aos simuladores matemáticos. Actualmente sabe-se que os softwares de simulação tridimensional são os mais utilizados, quer pelos estudantes de arquitectura, quer pelos profissionais da área. Os professores de arquitectura e ecologia urbana cada vez mais procuram instrumentos para dar a compreender aos alunos formas de e avaliar e simular os projectos e modelos.

“Os objectivos principais são dar a conhecer aos alunos as ferramentas que estão disponíveis, e para torná-los sabedores da pressuposição ambiental. Não é algo que é feito no final de um projecto, mas sim algo que é iniciado no processo de concepção. Deverá analisar o espaço em termos de utilização de iluminação natural e energética.”¹

Nos últimos anos foi reconhecido o valor dos computadores como ferramentas de apoio à realização dos projectos e construção das respectivas obras. A evolução deste método de análise, com recurso aos simuladores matemáticos, veio facilitar a realização do projecto do edifício, tornando mais rápido o processo iterativo, por exemplo através do ensaio de alternativas de sombreamento directamente nos modelos virtuais, sendo fácil de visualizar as trajectórias solares

As imagens reproduzidas neste capítulo, foram realizadas com o software AUTOCAD, de forma a demonstrar que o software é apto para o efeito.

É possível deslocar o objecto para várias orientações, aplicar materiais e cores aos diversos elementos do modelo. Os testes com modelos tridimensionais podem ser realizados nos computadores pessoais de cada individuo ao contrário do que acontece com os simuladores físicos que é necessário condições específicas para cada maquete a ser estudada.

Esta ferramenta é importante na concepção do projecto, em especial para o estudo da insolação, dado que permite visualizar o ambiente exterior e interior do edifício antes da execução da obra.

¹ROBERTS, Andrew; MARSH, Andrew. – ECOTECH: Enviromental prediction in Architectural education, 2001.

Permite variações da definição de quantidade de imagens por hora, o observador pode ser colocado em lugares de difícil acesso, é possível regular o ângulo de visão e variar o ângulo da orientação do projecto, visualizar o impacto do movimento do sol no interior, exterior assim como analisar o impacto da envolvente no edifício.

Para concluir, os simuladores matemáticos, podem ser utilizados em qualquer altura do projecto, desde a fase de conceito e até à finalização do projecto.

Na fase final do projecto será possível mostrar ao cliente uma sequência de imagens, de algumas vistas, demonstrando o percurso do sol, com o objectivo de permitir ao cliente uma visualização mais próxima do real.

No Capítulo IV foram analisados os diferentes tipos de estudo da insolação, nomeadamente no que respeita à caracterização e critérios para avaliação das condições da insolação, e foram identificadas nas várias fases do projecto de arquitectura quais as possibilidades de contributos das diferentes técnicas de estudo da insolação.

Os projectos de arquitectura têm diversas fases, nas quais é necessário realizar diferentes tarefas, pelo que se torna importante conhecer as etapas de modo a poder definir em que fases do projecto poderão ser utilizadas os simuladores físicos ou matemáticos.

Conclui-se que na fase inicial torna-se mais pratico a utilização das cartas solares para ser elaborado um esboço, devido ao resultado desta aplicação ser mais sintetizado, o que se torna útil para perceber a evolução nesta fase.

A fase de programa base e estudo prévio é uma etapa onde são testadas várias hipóteses ou alternativas de projecto, na qual ambos os simuladores, físicos ou matemáticos, comprovaram ser úteis, pelo que a opção de utilização de uns ou de outros poderá depender mais da formação específica de cada arquitecto.

Na fase de ante projecto e projecto de execução conclui-se que a utilização de simuladores será já pontual, reservada apenas ao estudo de questões de

pormenor, podendo eventualmente nesta fase os simuladores serem ainda úteis para a realização de estudos de sombreamento em arranjos exteriores.

Conclui-se que o uso de simuladores físicos ou matemáticos, enquanto ferramentas de ensaio podem ser considerados fundamentais para o desenvolvimento dos projectos de arquitectura, de modo a que as soluções escolhidas sejam da melhor forma adaptadas, proporcionando ao edifício um aproveitamento energético.

5.2. REFLEXÕES FINAIS

Com este trabalho pretendeu-se deixar claro que o papel das técnicas de estudo da insolação. O arquitecto deve ter especial atenção a esses aspectos, para o desenvolvimento do projecto.

O desenvolvimento procura articular as técnicas com as necessidades, respondendo com soluções que contribuem para uma eficiência do edifício.

Através de uma pesquisa das técnicas de sombreamento, serão consideradas e destacadas, por forma, ao uso e desempenho das ferramentas de estudo da insolação, que estão relacionados com a geometria solar e iluminação natural.

O objectivo foi conhecer o modo de funcionamento das técnicas de estudo da insolação, e de que forma estas podem contribuir para responder às necessidades inerentes do projecto de arquitectura, nomeadamente as condições de implantação do edifício, e os pressupostos designados cliente ou dono de obra, assim como outras regras específicas mencionadas neste estudo.

5.2.1. CONTRIBUTO DA INVESTIGAÇÃO PARA O CONHECIMENTO DO OBJECTO DE ESTUDO

Esta investigação desenvolveu-se na busca de compreensão, de como podem, as ferramentas estudadas potenciar o desenvolvimento do projecto de arquitectura.

Como foi possível perceber, as ferramentas de estudo da insolação proporcionam uma vastidão de análises e interpretações sobre novas formas de aprendizagem, sobre as analogias da geometria da insolação e iluminação natural, mas não existem respostas definitivas em relação a estes temas, apenas sendo possível abrir alguns caminhos de estudo.

Mais importante que encontrar uma resposta é problematizar, discutir sobre as vias pertinentes, propor um debate para uma melhor compreensão da natureza e implicação da mesma.

No mundo moderno ocorrem grandes e constantes alterações, que geram algumas inquietações, pelo que se procurou caracterizar as técnicas de estudo da insolação e da iluminação natural, dentro deste contexto.

Nesse sentido, reflectiu-se sobre os conceitos chave da geometria solar, conceitos de iluminação natural, e sobretudo, as preocupações de articulação a ter num projecto de arquitectura, no intuito de melhorar as condições de conforto para o individuo.

A geometria solar exige um pensamento complexo para a capacidade de compreensão dos factores que apresenta, perante a velocidade de regras que interferem o processo de desenvolvimento.

Destacou-se a importância do estudo da insolação e apresentou-se os principais modos de análise utilizados actualmente - cartas solares, simuladores físicos e simuladores matemáticos - que actualmente se tornam incontornáveis ferramentas de trabalho, de estudo do tema, e de pesquisa de novas soluções em arquitectura.

Em conjunto com análise das funcionalidades das ferramentas utilizadas, proporcionou-se a obtenção de dados e a compreensão do seu funcionamento. Tornando assim possível analisar em particular a relevância destas no processo de concepção do projecto arquitectónico.

Neste trabalho de investigação as questões identificadas, os ensaios realizados e os dados apresentados, ainda que de forma limitada e contextualizada, contribuem para compreensão do tema abrindo perspectivas para um repensar das atitudes projectais existentes.

5.2.2. LIMITES DA INVESTIGAÇÃO

Toda e qualquer investigação têm a sua singularidade própria. A singularidade do conteúdo e da forma deste trabalho está associada aos seus objectivos. É apenas uma interpretação possível do objecto de estudo e só de forma contextualizada pode contribuir para o seu conhecimento, sendo que este é sempre um conhecimento limitado a avaliação das técnicas de simulação da insolação para a contribuição no estudo da luz.

Esta investigação contribuiu para sistematizar algumas reflexões sobre as técnicas de estudos da insolação. Essa temática articula o pensamento de autores, juntamente com a utilização das técnicas.

Contudo, no que respeita à pesquisa de autores, apesar de se ter procurado efectuar uma pesquisa tão completa quanto possível, poder-se-ia certamente não só ter aprofundado melhor o seu pensamento.

A concluir este trabalho fica a sensação de que é necessário de muito mais tempo para estudar e discutir melhor o pensamento de certos autores, para melhor aprofundar os temas a que se deu destaque, de avaliar e aplicar melhor, as teorias dos autores, para contribuir o melhor possível para a vida de um edifício.

BIBLIOGRAFIA**1. LIVROS**

OLGYAY, Victor – **Arquitectura y Clima: Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas**, 1ª Edição, Barcelona, Editorial Gustavo Gini, S.A, 1998.

SILVA, Armando e MALATO, João – **Geometria da insolação de edifícios**, Lisboa, Laboratório nacional de Engenharia civil, 1969.

BROTAS, L. e WILSON, M. – **Iluminação Natural no Espaço Urbano**, in proceedings of XI Congresso Ibérico e VI Congresso Ibero-Americano de Energia Solar, Vilamoura, Portugal, 29 Setembro, 2002.

VIANNA, Nelson Solano e GONÇALVES, Joana Carla S. – **“Iluminação e Arquitectura”**. 2ª Edição. São Paulo, Geros, 2004.

SANTIAGO, Pedro - **Fachadas inteligentes e bioclimática. Metáfora orgânica**, faculdade de ciência e Tecnologia.

FROTA, Anésia e SCHIFFER, Sueli – **Manual de Conforto Térmico**. 5ª Edição. Livraria Nobel S.A,1987.

NEUFERT, Peter e GRAF, Planungs – **Arte de projectar em arquitectura**, 17ª edição, GG, 2004.

MOIA, JOSÉ LUIS – **Projectar uma vivenda**, 6ª edição, editorial presença, 2004, 2012.

2. DISSERTAÇÕES

SANTOS, Sara – **Sistemas Avançados de Iluminação Natural: Estudo Comparativo de Vidros Prismáticos, Laser-Cut Panels e Channel Panels**, 2009.

PALHINHA, Milene – **Sistemas de sombreamento em arquitectura: proposta de um novo método de concepção e dimensionamento**, 2009.

CUNHA, Márcio Manuel – **Vãos envidraçados geometria de insolação – otimização do dimensionamento de elementos de protecção solar**, 2005.

TAVARES, Silvia – **Simulação computacional para projecto de iluminação em arquitectura**, Universidade federal do rio grande do sul, 2007.

SANTOS, António J. C. – **Desenvolvimento de uma metodologia de caracterização das condições de iluminação natural nos edifícios baseada na avaliação “in situ”**. Tese de Mestrado LNEC, Lisboa, 2003.

MATOS, Michele – **Uso de ferramenta computacional para análise de sistemas de iluminação natural: Estudo de caso no prédio da engenharia civil**, UFSC, 2004.

CHVATAL, Karin Maria Soares; REGOLÃO, Rosilene – **Estudo do potencial de utilização do heliodon em projectos arquitectónicos**, IV Conferência latino americana de energia solar (IV ISES_CLA) y XVII Simpósio Peruano de energia solar (XVII-SPES), curso, 1-5.11.2010, 2012.

SCALCO, Veridiana; PEREIRA, Fernando; RIGATTI, Decio – **Impacto de novas edificações na vizinhança: proposta de método para a análise das condições de iluminação natural e de insolação**, Programa de Pós-Graduação em Engenharia civil, Brasil, 2010. 2011.

OBERMEYER, Thomas L..Manual AutoCAD para Desenho de Arquitectura. São Paulo: McGraw-Hill, 1990.

3. ARTIGOS E REVISTAS

ROBERTS, Andrew; MARSH, Andrew – ECOTECH: Environmental prediction in Architectural education, 2001.

CUNHA, Eduardo - A tecnologia no processo de concepção arquitectónica contemporânea: análise de três obras de Norman Foster.Vol.4, Arquitectura revista, 2008.

INSTITUTION, British Standards – Draft for development Basic data for the design of buildings: sunlight. Parte 2,1992.

4. SITES DE CONSULTA

The Passive-On project has been promoted and coordinated by the end-use Efficiency Research Group of Politecnico di Milano http://www.passive-on.org/pt/planning_package.php. Janeiro 2011

Laboratório de Eficiência energética em edificações, Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima, Trindade - Florianópolis - Santa Catarina – Brasil:

<http://www.labeee.ufsc.br/search/node/efici%C3%Aancia%20energ%C3%A9tica%20na%20arquitectura>. Março 2011

MACIEL, Alexandra - Integração de conceitos bioclimáticos ao projecto arquitectónico:

http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/teses/TESE_Alexandra_Albuquerque_Maciel. Abril 2011

GUGEL, Eloir e WESTPHAL, Fernando - Estudo Comparativo entre sistemas de Iluminação -

http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_pesquisa/RP_estudo_luminarias.pdf. Abril 2011

LAMBERTS, Roberto, DUTRA, Luciano, PEREIRA, Fernando O.R. (1997) “Eficiência Energética na Arquitectura”:

http://www.labeee.ufsc.br/furnas/projeto_2005-2007.html. Abril 2011

Laboratório de Eficiência energética em edificações, Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima, Trindade - Florianópolis - Santa Catarina – Brasil, Desempenho Térmico de edificação:

<http://www.labcon.ufsc.br/anexosg/148.pdf>. Setembro 2011

TIRONE, Lívia, Sombreamentos Exteriores -

<http://www.construcaosustentavel.pt/index.php?/O-Livro-||-Construcao-Sustentavel/Eficiencia-Energetica/Sombreamentos-Exteriores>. Agosto 2011

SIMÕES, Fausto, Introdução à arquitectura bioclimática -

http://arquitecologia.org/OABioclimatica_Mar2010_Part12.pdf. Setembro 2011

The American institute of Architects, Reduce loads/ Demand First, Carbon Neutral Design Strategies - Solar Geometry -

http://www.architecture.uwaterloo.ca/faculty_projects/terri/carbon-aia/strategies1a.html, Maio 2011

CLARO Anderson, VIVEIROS Elvira e PEREIRA Fernando, Laboratório de Conforto Ambiental, www.labcon.ufsc.br/anexosg/193.doc

GOGOY, Rodrigo – Eficiência do sistema de iluminação em uma Linha de Produção Industrial: Um estudo de Caso:

<http://pt.scribd.com/doc/57160462/24/%E2%80%93-Uniformidade>. Abril 2011

RELUX, Light simulation tools, Brochure:
http://www.relux.biz/index.php?option=com_content&view=article&id=217&Itemid=200&lang=en. Junho 2011

VIANNA, Humberto Dias; LIMA, Leonardo; POUEY, Maria Tereza – XV Congresso de Iniciação Científica, VIII Encontro de Pós-Graduação:
http://www.ufpel.edu.br/cic/2006/resumo_expandido/EN/EN_01703.pdf. Julho 2011

VIANNA, Humberto Dias; POUEY, Maria Tereza - XV Congresso de Iniciação Científica, VIII Encontro de Pós-Graduação:
http://www.ufpel.edu.br/cic/2006/resumo_expandido/EN/EN_01701.pdf. Junho 2011

SCALCO, Veridiana Atanasio; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay; RIGATTI, Decio - Impacto de novas edificações na vizinhança: proposta de método para a análise das condições de iluminação natural e de insolação:
<http://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/12107>

NETO, Tomaz Nunes (2008) "Curso de Eficientização Energética", Disponível em: <http://www.dee.ufc.br/>

Saint-Gobain-Glass - "Informações Técnicas: Vidro e Radiação Solar", Disponível em: http://www.saint-gobain-glass.com/ptv2/upload/files/3.1.4_o_vidro_e_a_radiao_solar.pdf. Maio 2011

Engenharia audiovisual, Unidades de medida da luz -
<http://www.eav.eng.br/tech/fisica/Unidadesdemedidadaluz.html>. Novembro, 2012.

Autocad 3ds Max Products, Brochure - <http://usa.autodesk.com/3ds-max/>, Junho 2011

Autocad, Revit for Architectural Design, Brochura -

<http://usa.autodesk.com/revit/architectural-design-software/>, Março 2011

Saint Gobain glass, brochure, O vidro e a radiação solar - http://pt.saint-gobain-glass.com/upload/files/3.1.4_o_vidro_e_a_radiao_solar.pdf. Março 2011

Sketchup, Brochura - <http://www.sketchup.com/intl/en/product/gsup.html>,
Fevereiro 2011

Conforto ambiental nas edificações,
<http://www2.videolivrraria.com.br/pdfs/14633.pdf>, Janeiro 2012

Iluminação e ambiente cromático,
<http://www.prof2000.pt/users/eta/Iluminacao.htm>, Setembro, 2011.