



# DESENHAR A LUZ

A LUZ NATURAL COMO MATÉRIA-PRIMA NA COMPOSIÇÃO ARQUITECTÓNICA

# DESENHAR A LUZ

A LUZ NATURAL COMO MATÉRIA-PRIMA NA COMPOSIÇÃO ARQUITECTÓNICA

Departamento de Arquitectura da  
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

**André Manuel dos Santos Rosas Oliveira** | Coimbra, Junho 2009  
Prova final de Licenciatura em Arquitectura  
Prova orientada pelo **Prof. Doutor Vítor Manuel Bairrada Murtinho**



*À Karina, com amor.  
Aos meus pais e irmãos, com carinho.*





# Agradecimentos

Ao Prof. Doutor Vítor Manuel Bairrada Murtinho, pela disponibilidade e orientação.

Ao Prof. Doutor Paulo Sérgio Scarazzato, da FAU-USP, pelo grande contributo e incentivo ao estudo da iluminação natural.

Ao escritório Franco & Fortes - Lighting Design (São Paulo), pela oportunidade e experiência profissional em iluminação artificial.

À Inês Leonor Nunes, pela sua disponibilidade e pelas revisões, comentários e sugestões.

Aos meus pais e irmãos, Eduardo, Antonieta, Marco e Miguel, pelo vosso apoio permanente, carinho e paciência.

Agradeço em especial à minha amada, pelo seu constante incentivo, dedicação e paciência pela espera do meu regresso a terras de Vera cruz. Eta Eta Eta...

E a todos aqueles, que directa ou indirectamente, contribuíram para que este trabalho fosse possível.

# Sumário

## Introdução

### Capítulo I

#### A importância da luz natural

17	Luz e o Homem	1.1
19	Luz e seus efeitos biológicos	1.1.1
23	Luz e seus efeitos psicológicos	1.1.2
27	Luz e seus efeitos no sistema visual	1.1.3
31	Luz e Arquitectura	1.2
33	Luz primitiva	1.2.1
37	Luz na Antiguidade	1.2.2
43	Luz na Idade Média	1.2.3
51	Luz na Idade Moderna	1.2.4
59	Luz na Idade Contemporânea	1.2.5

### Capítulo II

#### A luz natural e o projecto de arquitectura

77	Considerações chave na conceptualização arquitectónica	2.1
81	Luz / Espírito do lugar	2.1.1
87	Luz / Clima	2.1.2
91	Luz / Espaço / Forma	2.1.3
97	Estudo de caso: Centro Cultural Jean-Marie Tjibaou	2.1.4
105	Luz natural e o projecto arquitectónico	2.2
113	Estratégias de iluminação natural	2.2.1
129	Elementos de controlo da luz natural: sistemas convencionais	2.2.2
141	Elementos de controlo da luz natural: sistemas Inovadores	2.2.3
151	Estudo de caso: Convento de Sainte-Marie de la Tourette	2.2.4

**Considerações finais**

4 considerações finais.....167

**Fontes**

**Bibliográficas**

5 fontes bibliográficas.....173

**Fontes**

**Iconográficas**

6 fontes iconográficas.....183



# Introdução

*“Cuando un arquitecto descubre que la luz es el tema central de la arquitectura, es cuando empieza a ser un verdadero arquitecto.”*

BAEZA, Alberto Campos – **Light is much more**. Madrid: Tectónica, nº26 – iluminação (II), 2009, p.2.



## Introdução

A origem é por definição, um simples ponto. Desde o princípio dos tempos, o Sol, apareceu como a origem da luz natural no nosso mundo. A luz é a origem do brilho, do nascer, do claro, sereno, puro, alegre, aparecer, mostrar e mostrar-se, guiar, explicar, dos fenômenos, do dar a ver, esclarecer; é a origem dos oráculos, dos videntes e dos adivinhos. Pela luz chega a nós, o calor do sol, o brilho da lua, a história do universo. As sombras revelam-nos o espectro de luz, os buracos negros, as imperfeições dos planetas além da lua, o tamanho da terra e as horas do dia.

Relacionamo-nos com o sol de várias maneiras diferentes, mas sempre fisiologicamente e psicologicamente. Entre milhões de estrelas é, um símbolo fundamental da nossa existência, definindo não meramente o nosso planeta, mas como o conhecido universo. Não ilumina simplesmente o nosso mundo, ele alimenta a vida.

Por toda a história, o papel da luz natural não se limitava apenas à visão. O sol era também um símbolo de poder e significado religioso, bem como algo com muita utilidade. Nos tempos ancestrais, esta manifestou-se através da veneração a corpos celestiais como símbolo de divindade e poder, mas hoje a luz assume associações seculares mais com a vida, saúde e energia.

Quando se desenha um espaço, uma paisagem, uma cidade, o sol, é e sempre será a mais importante fonte a considerar. A luz emitida, a que designamos como luz natural, não só nos permite ver, mas define a planta, orientação, forma, materialidade do edifício e paisagem. Como uma fonte de energia, também nos permite iluminar o nosso mundo de uma maneira sustentável. Outras formas naturais de iluminar, ocorrem como a luz da lua, a luz das estrelas, o fogo, mas para este estudo só interessa a luz do sol.

A luz é assim o veículo transmissor que não só ilumina o nosso mundo mas também conecta arte, ciência, religião e filosofia através do tempo e espaço. Traça o plano de qualquer civilização e é a chave para deslindar o mistério do nosso universo, do espiritual e dimensão física do passado, presente e futuro da humanidade. A história da luz e o seu



impacto no nosso mundo é quase infinito, e através disso podemos traçar a origem da vida e civilização. É uma história que teve início no *Big Bang*, nos primórdios da física quântica.

Ao tomar consciência da importância da luz na arquitectura e seus efeitos no ser humano, a escolha do tema acabou surgindo naturalmente. Pois é, um elemento que me vinha despertando interesse, desde o início do meu percurso académico. Contudo, só viria a ganhar mais expressão com a minha experiência de intercâmbio académico e profissional (escritório de Lighting Design) por dois anos no Brasil, país, onde a luz chega a ser um elemento pouco desejado.

Desta forma, o objecto de estudo da presente prova final é, a luz natural e, pretende mostrar e apontar alguns caminhos de como se projectar com a luz natural e não á revelia desta. Parte do princípio de que a luz natural além de atender a uma procura funcionalista, pode e deve ser tratada como matéria-prima na composição da arquitectura em vez de um mero resultado acidental de uma qualquer forma, relegando à iluminação artificial o problema e que esta, o resolva e ilumine tudo. O início deste estudo, recorre a uma análise histórica, no sentido de uma melhor consciencialização da sua evolução e, perceber os factores que provocam as mudanças, passando ainda pelo estudo dos efeitos da luz no Homem.

Com esta reflexão, sinto cada vez mais a necessidade do estudo como suporte para a criação da arquitectura feita pelo homem para o Homem, tendo como aliada sempre a natureza.





# Capítulo I

## A importância da luz natural

*“The study of light, therefore, is something more than a mere investigation of illumination. Light and things belong together and every place has its light. The sky is the origin of light and the earth, it’s manifestation. Always the same and always different, light reveals what is”*

NORBERG-SCHULZ, Christian *apud* PLUMMER, Henry – **The poetics of light**, A + U, nº12 - extra edition, Tokyo 1987, p.5.



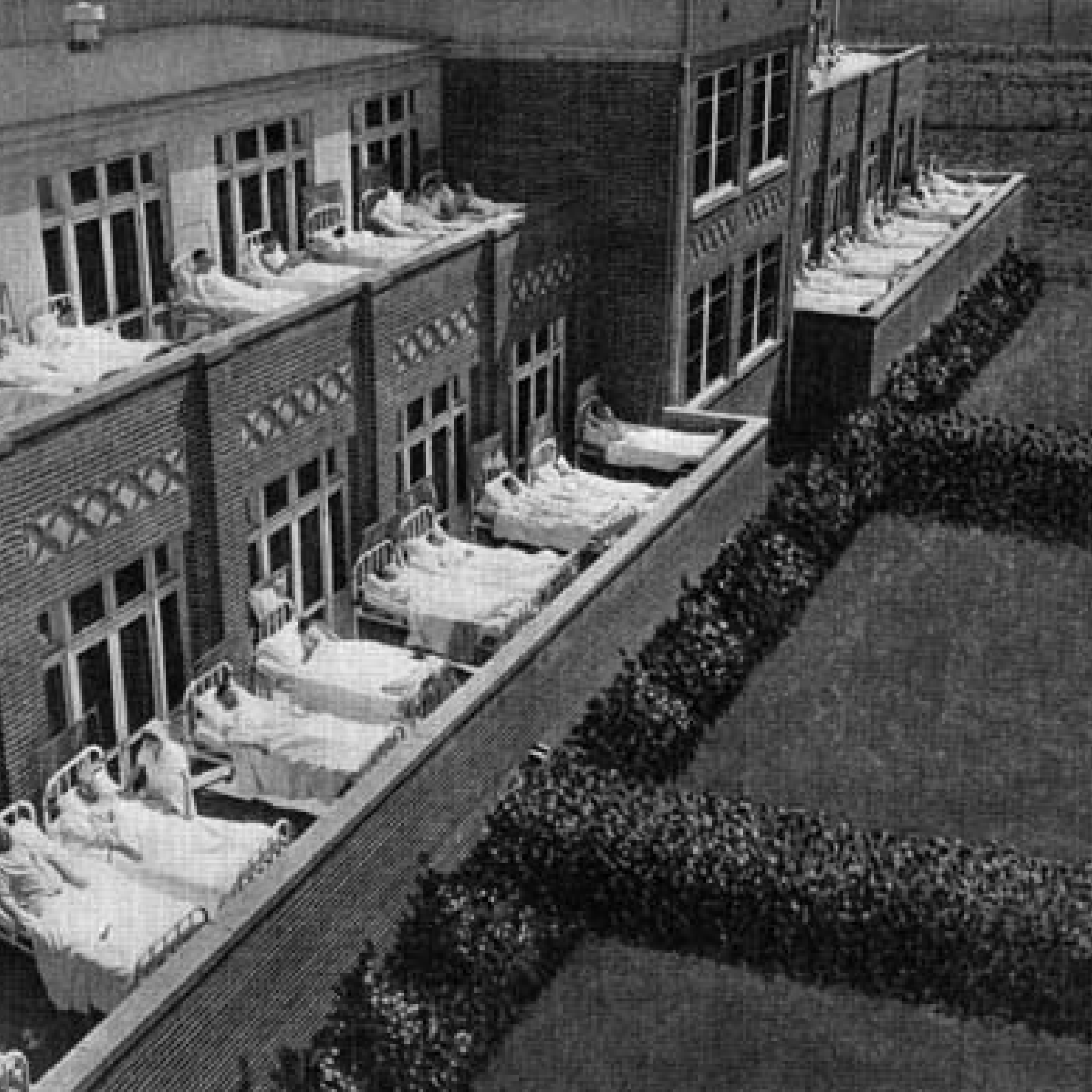
## Luz e o Homem

A luz manteve sempre uma relação muito estreita com o Homem e com toda a sua actividade, podendo assumir uma relação mais cognitiva ou mais poética. Se, por um lado, ilumina os espaços que percorremos, orientando a nossa actividade diária, por outro cativa, alimenta e inunda-nos de sensações. Henry Plummer,<sup>1</sup> afirma que o Homem é dotado de um lado psíquico maior que o intelectual e que as constantes variações de luminosidade podem produzir reacções e sensações muito variadas, repercutindo-se em toda a actividade humana.

O poder da luz na inspiração do mundo psíquico era também já bem conhecido dos nossos ancestrais, que o materializaram através de mitos e crenças religiosas. Raios de luz e elementos luminosos eram celebrados e trabalhados, sugerindo aparições do divino, representados por símbolos e ícones nas igrejas como se de actos milagrosos se tratasse. Todas as sensações que a luz nos provoca derivam da percepção visual do espaço, das formas, da matéria, sejam elas humanas ou naturais. A nossa percepção de um espaço nunca é feita isoladamente, mas sempre em função do contexto e das características anteriormente memorizadas.

A mente humana está programada para procurar sentido e significado em toda a informação sensorial que recebe. Isto está vinculado ao instinto de sobrevivência, dado que, desde sempre os sentidos e a mente estiveram orientados para a percepção de todas as alterações ao seu redor. Até os fenómenos puramente visuais ou auditivos recebem uma interpretação preliminar baseada na informação avaliadora que foi armazenada pela mente. Daí que tudo o que percebemos está baseado no que já sabemos.

<sup>1</sup> PLUMMER, Henry - **Light in architecture**. A D, vol.67 nº 3/4, Março/Abril, 1997, p.



## 1.1.1

### Luz e seus efeitos biológicos

Embora o efeito benéfico da luz natural seja amplamente conhecido desde a Antiguidade, uma vez que a Helioterapia<sup>2</sup> e a posterior utilização da Fototerapia<sup>3</sup> foram muito populares até o início do século XX, o desenvolvimento dos produtos farmacêuticos acelerou o esquecimento deste tipo de terapias. Mas graças aos avanços da investigação médica e biológica, hoje voltou-se a dar a devida importância ao benefício da luz (natural ou artificial) para a saúde e o bem-estar. No entanto, apesar desta consciência dos efeitos da luz que penetra através do olho humano (a denominada “luz ocular”), estes não têm sido suficientemente divulgados.

Após investigações recentes em fotobiologia,<sup>4</sup> ficou claro que a luz ocular actua de forma mediadora e controla numerosos processos fisiológicos e psicológicos do ser humano, onde os efeitos se agrupam e associam da seguinte forma: controle do relógio biológico, efeitos da luz sobre o sono, a cura de doenças e do estado de ânimo e influência sobre o rendimento das actividades das pessoas.

Estudos mostraram também que todos os organismos vivos, vegetais e animais, inclusive os seres humanos, obedecem a um ciclo de vinte e quatro horas chamado de ciclo circadiano,<sup>5</sup> durante o qual as funções vitais alternam entre um ritmo decrescente durante a noite e

<sup>2</sup> Consiste na utilização do Sol, em benefício da saúde, de uma forma natural.

<sup>3</sup> Modalidade terapêutica que utiliza a radiação ultravioleta isolada ou em associação com medicamentos foto sensibilizantes.

<sup>4</sup> Ramo do conhecimento que estuda os efeitos da luz sobre a vida.

<sup>5</sup> Do latim *circa* – cerca de, e *die* – dia. Relógio biológico.



crescente durante o dia.<sup>6</sup> Trata-se de uma espécie de sistema operacional que actua para representar fisiologicamente as condições de dia e de noite e informar ao corpo quais as funções a adoptar durante cada período. De acordo com Boyce,<sup>7</sup> essas funções vitais podem ser medidas por variáveis fisiológicas como a temperatura corporal interna, os níveis de melatonina<sup>8</sup>, a actividade do córtex cerebral e o estado de atenção.

Segundo Boyce, a exposição à luz é o mais poderoso estímulo para a sincronização do ritmo dia-noite em vinte e quatro horas.<sup>9</sup> Quando o estímulo luminoso recebido através da retina é transformado em estímulo nervoso e atinge o núcleo supracriasmático, este activa a glândula pineal<sup>10</sup> que produz o “hormônio” melatonina. A secreção da melatonina pela glândula pineal induz ao sono, modifica o humor e a agilidade mental e interfere no sistema reprodutivo. É seguida pela secreção do cortisol ou hidrocortisona,<sup>11</sup> também conhecido como o “hormônio” do stress, que afecta a quebra das moléculas de carboidratos, proteínas e gordura, o desenvolvimento de células brancas no sangue, a actividade do sistema nervoso e a pressão arterial.<sup>12</sup> Este “hormônio” é responsável pelo estado de alerta e atenção, pelo stress, pois aumenta a produção de adrenalina e hidrocortisona que por sua vez, produzem enzimas capazes de destruir o aminoácido triptofano,<sup>13</sup> inibindo a produção da melatonina e da serotonina.<sup>14</sup> Em suma, a luz

<sup>6</sup> GAETANO, Alfano, **Fondamenti di benessere termoigrometrico per la progettazione e la gestione de impianto di condizionamento**. 4ª ed., Napoles: CUEN, 2002, p.13.

<sup>7</sup> BOYCE, Peter – **Light, sight and photobiology**. Lighting Future, vol.2, n.3. Troy, New York: Lighting Research Center – Rensselaer Polytechnic Institute, 1998, p.2.

<sup>8</sup> Neuro - hormônio produzido pela glândula pineal e, acredita-se, apresenta como principal função regular o sono.

<sup>9</sup> BOYCE, Peter, **op cit.**, 1998, p.1.

<sup>10</sup> Glândula endócrina em forma de pinha.

<sup>11</sup> Hormônio esteroíde de cortex supra-renal.

<sup>12</sup> EDWARDS, L., TORCELLINI, P., **A literature review of the effects of natural light in buildings occupants**. Colorado: National Renewable Energy Laboratory – U.S. Department of Energy, 2002, p.6.

<sup>13</sup> Aminoácido essencial ao organismo, cristalino, que se pode considerar um derivado do indol.

<sup>14</sup> Substância presente no cérebro que regula o humor, a ansiedade, o apetite e o sono.

tem de facto, influência na regulação da química do corpo e do estado de ânimo da pessoa.

Entendido que a luz que atinge a retina é a grande responsável pelo bom funcionamento do relógio biológico, a questão seguinte é saber que quantidade de luz é necessária. Conforme Figueiro,<sup>15</sup> os níveis de iluminação para inibir a produção da melatonina são maiores do que os normalmente definidos para tarefas visuais em iluminação de interiores. A iluminação para tarefas visuais é fixada, pelas normas, geralmente em torno de 300 a 500 lux<sup>16</sup> no plano de trabalho. Mas o sistema circadiano só é levemente atingido por esses níveis. Por isso é preciso janelas que forneçam luz suficiente para ajustar o sistema circadiano das pessoas no interior dos edifícios.

Desta forma, a luz enquanto “marcador temporal” do nosso relógio biológico - estímulo que influencia o estado de ânimo, tanto do ponto de vista psicológico como fisiológico - faz que, mediante uma iluminação adequada, as pessoas sejam capazes de produzir mais e melhor, podendo aumentar o seu estado de alerta, melhorar o seu sono, ou seja, o seu bem-estar. Desta forma, as exigências e recomendações deveriam não só basear-se nas necessidades fisiológicas do ser humano mas também nas biológicas.

<sup>15</sup> FIGUEIRO, Mariana G. – **Daylight and productivity – a field study**. Washington DC: Teaming for Efficiency: ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings – American Council for an Energy-Efficient Economy, 2002, p.

<sup>16</sup> Unidade de iluminância no sistema internacional de medidas.



## 1.1.2

### Luz e seus efeitos psicológicos

A luz natural pode ajudar a evitar, em alguns indivíduos, uma condição conhecida como *Seasonal Affective Disorder* – SAD<sup>17</sup> – uma forma particular de depressão, que é uma das mais pesquisadas áreas de doenças influenciadas pela luz. Este tipo de doença verifica-se em pessoas que vivem diariamente em ambientes climatizados e iluminados artificialmente, que provocam mudanças sazonais no seu humor e comportamento. De ocorrência mais frequente nos países do hemisfério norte, está relacionada com a quantidade de luz disponível para o indivíduo e com a disponibilidade de luz natural externa no Inverno. Também conhecida como “depressão do Inverno”, pois durante essa época do ano, com noites mais longas e dias mais curtos, a ausência de luz provoca nas pessoas um aumento nos sentimentos de depressão, melancolia e redução do interesse na maioria das actividades quotidianas, assim como sintomas atípicos, sejam eles o aumento da necessidade de sono ou da irritabilidade, ou até o aumento de apetite, principalmente por carboidratos, com o conseqüente aumento de peso.<sup>18</sup>

As causas para a SAD ainda não foram devidamente comprovadas. Algumas explicações baseiam-se em distúrbios do sistema circadiano, concentração de melatonina e regulação do “hormônio” serotonina. Mas, como afirma Boyce,<sup>19</sup> embora com os seus mecanismos ainda não

<sup>17</sup> A luz natural pode ajudar a evitar fenómenos como a síndrome do edifício doente (Sick Building syndrome – SBS), associada a edifícios com ar condicionado e luz artificial – e mais especificamente da SAD (Seasonal affective disorder), ligada à carência de luz (Baker, 2002).

<sup>18</sup> EDWARDS, L., TORCELLINI, P., *op cit.*, 2002, p.8.

<sup>19</sup> BOYCE, Peter; HUNTER, Claudia; HOWLETT, Owen – **The benefits of daylight through windows**. New York: Lighting Research Center – Rensselaer Polytechnic Institute, 2003, p.48.

inteiramente desvendados, a SAD é uma forma de depressão sazonal que pode ter os seus sintomas aliviados com a exposição à luz intensa.

Outra forma de influência da luz sobre a saúde pode ser vista no ciclo do sono, durante o qual o corpo se recupera durante a noite para estar disposto e activo durante o dia. Durante o sono uma verdadeira operação de restabelecimento do corpo entra em acção com a diminuição da produção de hidrocortisona e adrenalina, com o objectivo de restaurar as moléculas de DNA danificadas.

Recentemente foi descoberta uma enzima chamada proteasoma que é activada pela presença da luz e inibe a produção de melatonina e seu efeito regenerador, causando a sensação de uma noite mal dormida.<sup>20</sup>

Estudos têm demonstrado que a exposição à luz intensa durante o dia pode ajudar a regular o ciclo do sono. Aparentemente, uma exposição de cerca de 10 000 lux imediatamente após o despertar ajuda aos que têm dificuldade em acordar e uma exposição à luz intensa de cerca de 4000 lux no final da tarde pode ajudar aos que têm a fase de dormir adiantada e, inclusive, melhorar a qualidade do seu sono.<sup>21</sup>

Estes estudos indicam que a luz natural, utilizada em horários e quantidades apropriadas, pode auxiliar no tratamento de desordens do sono porque fornece os altos níveis de iluminância necessários para manter o sistema circadiano em operação.

Todavia, quanto à luz natural, seus efeitos prejudiciais e benéficos estão ligados de forma inseparável; é difícil obter qualquer benefício do sol sem, ao mesmo tempo, se expor aos prejuízos que ele pode causar. Obviamente, o equilíbrio neste aspecto é relevante, e um projecto arquitectónico adequado pode ajudar a equacionar esta questão.

<sup>20</sup> BOYCE, Peter; HUNTER, Claudia; HOWLETT, Owen, *op cit.*, 2003, p.47-48.

<sup>21</sup> EDWARDS, L., TORCELLINI, P., *op cit.*, 2002, p.





## Luz e seus efeitos no sistema visual

A luz, é essencial para o processo de visão e fundamental para todos os processos de relacionamento dos mecanismos cerebrais com o meio ambiente. Em linhas gerais, o conforto visual entende-se como a existência de condições, num determinado ambiente, no qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de acuidade<sup>22</sup> e precisão visual, com o menor esforço, com o menor risco de prejuízos à vista e com reduzidos riscos de acidente.<sup>23</sup>

Desta forma, o ser humano terá um desempenho mais apurado quanto maior for o campo visual, maior o contraste de luminâncias,<sup>24</sup> maior diferenciação de cores, produzindo uma melhor imagem na retina e, quanto maior for a iluminação na retina, mais rápido e mais refinado será o desempenho do sistema visual. Condições precárias de iluminação em tarefas que requerem alto nível de desempenho visual são percebidas como desconfortáveis, assim como fontes de luz que levem à distração da tarefa, como por exemplo, ofuscamento ou pulsação intermitente.

O principal efeito das más condições de iluminação sobre a saúde do sistema visual é a fadiga visual. Os sintomas mais comuns são olhos congestionados, visão embaçada, lacrimejar constante, dificuldade de visão e dor de cabeça. Esses sintomas são temporários, mas se repetidos constantemente trazem perturbações à saúde e ao desempenho das pessoas. Esses sintomas podem ser causados por níveis inadequados de iluminação, tanto naturais como artificiais, pelas condições das tarefas a

<sup>22</sup> A capacidade do olho de reconhecer com nitidez e precisão os objectos – habilidade do olho ver detalhes.

<sup>23</sup> LAMBERTS, R., *Eficiência energética na arquitectura*. São Paulo: PW. 1997

<sup>24</sup> Medida da densidade da intensidade de uma luz reflectida numa dada direcção (brilho).



serem executadas e sua envolvente ambiental, e por problemas no sistema visual do indivíduo. Condições ou tarefas que requerem o olhar fixo por longos períodos podem afectar o sistema muscular que controla a fixação, a acomodação, a convergência e o tamanho da abertura da pupila.

Conforme relatam Çakir e Çakir,<sup>25</sup> durante quinze anos o *Ergonomic Institute of Berlin*, desenvolveu uma pesquisa com o objectivo de identificar a concepção mais favorável de iluminação para ambientes de trabalho em escritórios, levando em consideração também o design do espaço como um todo, pois seus autores acreditavam que um bom projecto de iluminação não poderia desconsiderar este item. Os pesquisadores identificaram também quais os itens ambientais que poderiam causar incómodos aos indivíduos e representar algum grau de stress e compararam aos que poderiam ser causados pelo sistema de iluminação. A intenção inicial dos autores foi verificar as condições de iluminação artificial de ambientes de trabalho, mas no decorrer da pesquisa ficou evidente a importância e a influência da iluminação natural, que, quando mal projectada, pode também ser uma fonte de incómodo para os utilizadores do espaço.

Outra demonstração dos dados da pesquisa é a influência do tamanho do ambiente, principalmente da sua profundidade, no desconforto causado aos indivíduos: quanto maior e mais profundo o ambiente, maior é a tendência a existir um grande número de postos de trabalho afastados das janelas e maiores são os danos causados à saúde dos indivíduos.

---

<sup>25</sup> ÇAKIR, Ahmet & ÇACIR, Gisela. **Light and health: the most comprehensive study on the impact of office lighting on humans**. Berlin: Ergonomic Institute for occupational and social Sciences Research Company Ltd., 1998, p.





## Luz e Arquitectura

*“A bicycle shed is a building; Lincoln Cathedral is a piece of Architecture.”*

Nikolaus Pevsner

Luz e Arquitectura, têm estado profundamente relacionadas desde o início dos tempos. Esta relação espelha claramente as preocupações de toda uma sociedade relativamente a este fenómeno. Esta ligação já era expressa nos templos egípcios, gregos ou romanos, permanecendo e evoluindo até às mais variadas qualidades formais, espaciais e materiais da arquitectura. As preocupações da luz e a exploração das suas qualidades, reflectiram-se na atenção dada a uma boa orientação solar e no uso da luz para iluminar determinada peça, procurando realçá-la. Este processo era movido pelas crenças religiosas que associavam à luz, um forte simbolismo de veneração e exaltação dos Deuses.

A luz é essencial para a criação da arquitectura. Todos os espaços de um edifício utilizam luz natural ou artificial, mesmo por questões funcionais ou decorativas (ou ambas), ainda que nem toda a iluminação faça arquitectura. Ela pode entrar através de uma janela ou brilhar de um *abat-jour* para iluminar papéis numa mesa, podendo assim ser vista como uma simples iluminação de uma tarefa visual ou ter a ver, ao mesmo tempo, com um acto criativo.

Num edifício ou numa paisagem, a luz é deliberadamente imaginada com o propósito de criar encantos – para reforçar uma ideia, criar emoções. No entanto, a boa orientação solar, o respeito pelo *genius loci*,<sup>26</sup> devem ser pontuados desde o início.

<sup>26</sup> *Genius Loci* é um conceito Romano. Os romanos acreditavam que existia um espírito do lugar – o *genius loci* (*genius* – espírito, *loci* – lugar), guardião para cada cidade.



## 1.2.1

### Luz primitiva

*“We step inside a dark cave. With no light in the cave, we cannot form any conception of it. Were you to describe the cave by running your hands over every inch of it, ceiling, floor and walls it would take several lifetimes to gain any senses of how the cave looks. But the moment you strike a light you see as a room, instantly perceiving it as a space. Space is a much more concept than form, and only much later in life do we learn to relate it.”*

Henning Larsen

A história da luz na Arquitectura começa aquando da história da Arquitectura pré-histórica, com os templos, santuários e túmulos das civilizações primitivas. Contudo, em muitas culturas, as construções eram erguidas como lugar de refúgio, abrigo para as pessoas que passavam a maior parte do dia fora destas. Desta forma, a luz passou para segundo plano na arquitectura vernacular puramente por razões práticas. Aberturas nas paredes ou coberturas eram utilizadas apenas por razões de acesso ou ventilação, em detrimento da iluminação natural. Isto acontecia, em parte, pela dificuldade de fazer aberturas, mas também por questões climáticas e de segurança.

A arquitectura rupestre foi a primeira a surgir. Porém, só teve início quando o homem passou a ter o corpo erecto. Há evidências singulares que demonstram que a inteligência do homem cresceu à medida da sua necessidade de gravar situações ocorridas, pintando cada vez mais o interior das cavernas nas quais viviam. Os desenhos representavam uma caçada, o modo como viviam, como faziam as



Fig.09 Formações naturais

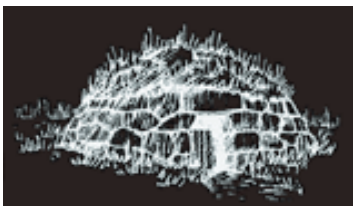


Fig.10 Estrutura primitiva de pedra

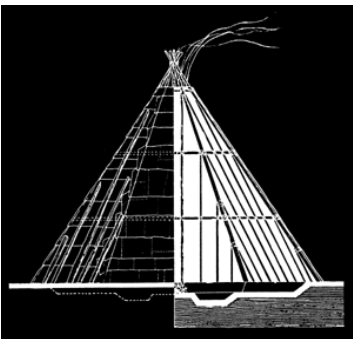


Fig.11 Estrutura primitiva esquelética

tarefas que precisavam, e também o fogo. Os materiais eram muitos: clorofila, sangue de animais e deles próprios, escavações nas pedras, etc.

As estruturas primitivas eram criadas em duas maneiras distintas: em blocos de terra enlameada ou de pedras empilhadas, ou sistemas de revestimento leve como palha ou peles que eram formados por cima de estruturas esqueléticas. Apesar de ambos os sistemas puderem ser facilmente adaptados para a entrada de luz nos espaços, o primeiro talvez fosse o mais prático antes da invenção do vidro como material de construção.

Criar aberturas para a luz penetrar nos espaços, deixaria no entanto entrar, inevitavelmente, as adversidades climáticas. Em climas quentes, o sol e o pó podiam comprometer o ambiente interno dos espaços, enquanto em climas frios a preocupação era o vento e a chuva. A luz em edifícios indígenas era por isso só permitida pela abertura da porta ou de um buraco na cobertura.

A arquitectura pré-histórica, porém, tem maior importância no período Neolítico, altura da construção do grande círculo de pedra em Stonehenge, no sul de Inglaterra, o mais bem preservado de entre os vários monumentos megalíticos. A estrutura, de objectivo religioso, é inteiramente voltada para o sol. Para eles, a "*arqui-tetura*" significava algo mais alto que a "*tetura*" convencional, ou seja, construção ou edificação.

Apesar de rudimentares, os monumentos megalíticos são considerados a primeira forma de arquitectura monumental realizada pelo Homem. A cultura megalítica, que se desenvolve entre 5000 e 3000 a.C., é a primeira expressão da vontade e da necessidade das sociedades conceberem e organizarem os espaços e os lugares, não só em termos físicos, como também em termos simbólicos. Como principais tipos de monumentos megalíticos temos o Menir, o Alinhamento, o Cromeleque e a Anta.



Fig.12 Stonehenge

Desta forma, o esforço necessário para permitir a luz entrar no interior de um edifício de forma simbólica ou atmosférica, parece ter começado com culturas antigas, que empregavam corpos celestiais como uma fonte de desenho. Esta aliou-se ao uso da luz para exprimir valores religiosos e culturais.





## 1.2.2

### Luz na Antiguidade

*“...he (the prisoner) once released from the cave will require to grow accustomed to the sight of the upper world. And first he will see the shadows best, next the reflections of men and other objects in the water, and then the objects themselves; then he will gaze upon the light of the moon and the stars and spangled heaven; and he will see the sky and the stars by night better than the sun or the light of the sun by day? Last of all he will be able to see the sun, and not mere reflections of him in the water, but he will see him in his own proper place, and not in another; and he will contemplate him as he is.”*

Platão

A arte da luz e Arquitectura, começou no berço da civilização, no Delta Eufrates, onde a prosperidade emergente, a ambição do sacerdócio e as regras das tribos autóctones se manifestaram nos edifícios, templos e túmulos.

Uma dessas primeiras civilizações, os Sumérios, construiu pirâmides em homenagem ao Sol e à Lua, próximo do ano 2000 a.C., como por exemplo, o templo de Ur-nammu em Ur, agora parte do Iraque. Mais tarde, a ascensão da Babilónia em 600 a.C., caracterizada pelas impressionantes entradas e muralhas, contrapondo-se à luz solar áspera da região. No entanto, é só com a construção do grandioso monumento, o Palácio de Persépolis no Irão (600 a.C.), pelos Persas, que vemos pela primeira vez o uso consciente da luz. Empregando pedra polida e acabamentos envidraçados para criar efeitos deslumbrantes, esta enorme estrutura foi altamente decorada e colorida.



Fig.15 Detalhe da riqueza decorativa

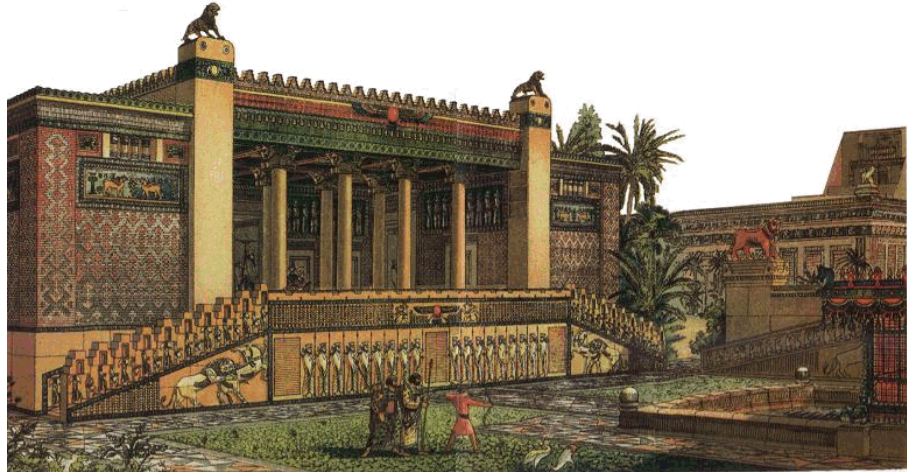


Fig.14 Representação do Palácio de Darius

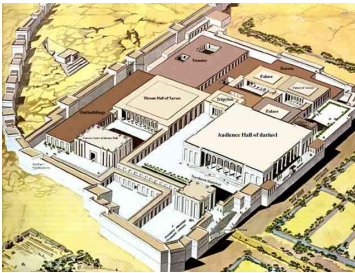


Fig.16 Vista aérea de Persépolis

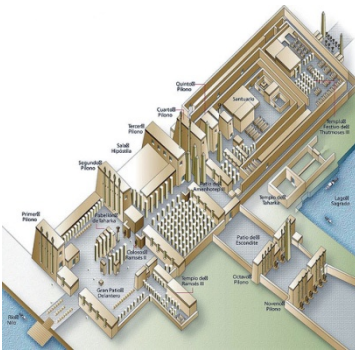


Fig.17 Vista explodida do Templo Karnak

Embora o uso de tais técnicas não indique uma preocupação específica com a luz, pensa-se que a arquitectura persa se tornou especial, pois a luz e a sombra revelaram as suas formas geométricas simples, acentuadas por baixo relevos, e intensificadas pela cor e o brilho dos seus acabamentos.

Mas os exemplos de maior referência na arquitectura, que desempenharam um papel significativo, situaram-se no antigo Egipto. Os templos eram geralmente orientados ao eixo principal do sol e as simulações da luz natural em reconstruções de lugares, como o Templo Kalabsha, demonstraram que, tanto o desenho como os materiais de tais edifícios, criaram efeitos dramáticos de luz e sombra que muito realçou o seu mistério.

Contudo, possivelmente o exemplo mais famoso pode ser encontrado no grande Templo de Amon em Karnak (1530-323 a.C.), que foi parte da cidade antiga de Tebas. Este edifício possuiu uma sala Hipostilo composta por 134 colunas em 16 linhas, sendo as duas linhas centrais mais altas do que as restantes. O espaço central foi iluminado do alto, por aberturas formadas entre os topos das colunas e as vigas da





Fig.19 Corte prospettico sala hipostilo



Fig.20 Interior da sala hipostilo



Fig.21 Templo do sol Korikancha



Fig.22 Pirâmide de Kukulkan

cobertura, permitindo assim que a luz no espaço principal criasse um grande efeito.

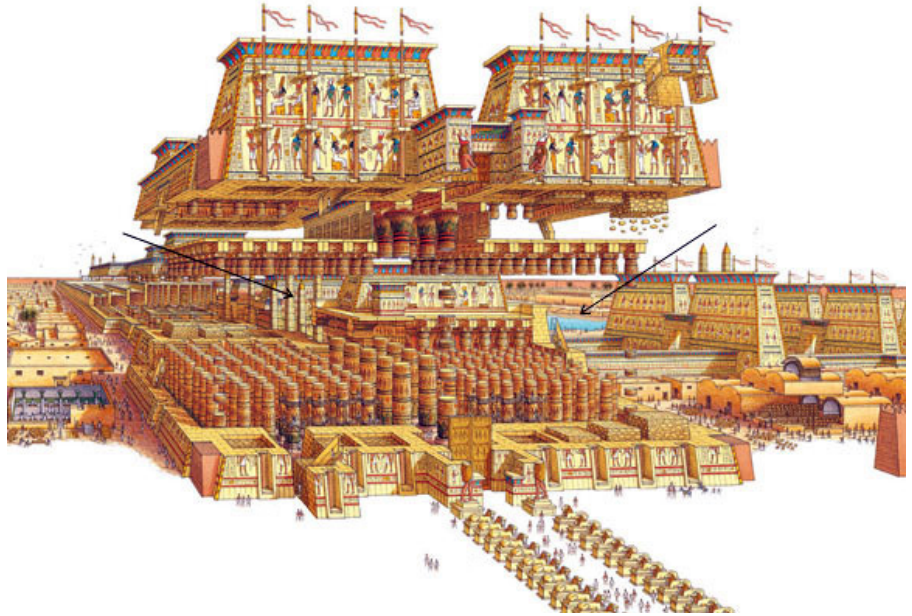


Fig.18 Representação explodida do Templo Amon

Isto introduz um tema que mais tarde domina o desenvolvimento de edifícios religiosos: a luz entrando através de clerestórios, ou janelas em níveis altos.

Remanescentes arqueológicos de culturas como os Maias, Astecas e Incas, todos testemunham também uma prática arquitectónica de adoração dos céus. Os templos de sol em Cuzco, os mais famosos dos Incas, são estruturas circulares de aproximadamente 400 metros de diâmetro e têm uma imagem do sol no seu centro. Concluídos antes do século X, pensa-se que tenham a sua origem mil anos antes.

A pirâmide de Kukulkan, Chichén Itzá (300 – 670 d.C.) na Península Yucatan demonstra o uso sofisticado da sombra por parte dos Maias. Durante o equinócio da Primavera e do Outono, o sol cria uma

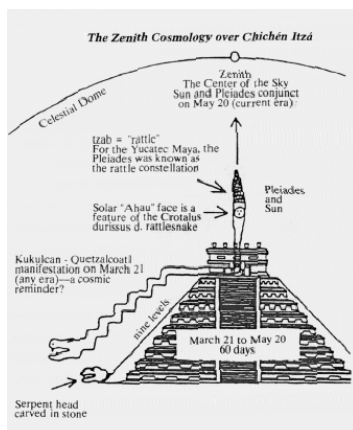


Fig.23 Estudo do sol nos equinócios



Fig.24 Caracol

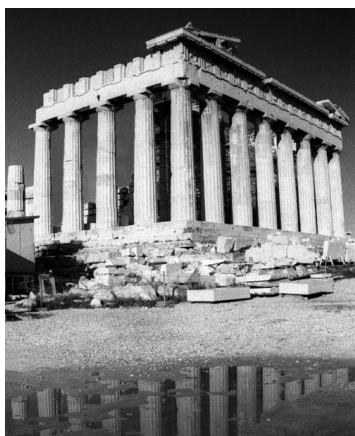


Fig.25 Partenón

sombra nos sete níveis da pirâmide sobre a balaustrada criando uma conexão de um corpo sinuoso entre a cabeça de pedra de uma serpente na terra com o rabo no topo.

Os Maias também usaram observatórios, como o *Caracol*, também em Chicken Itzá, para estudar o movimento das estrelas e dos planetas. Os templos astecas, como a *pirâmide do Sol*, em Teotihuacan (50 d.C.), também foram construídos para adoração do sol.

Na **arquitectura Clássica** da Grécia antiga, os edifícios eram cuidadosamente estudados para maximizar o efeito da luz, sombra e cor. Acredita-se que o Templo em Eleusis (525 d.C.), por exemplo, é axialmente orientado em direcção a Sírius como representatividade de ascensão num dia de importância religiosa.

Mas o monumento mais célebre da civilização da Grécia antiga é o Partenón na Acrópole de Atenas (447-438 a.C.). Aqui, a luz apenas consegue entrar pela porta principal do santuário, mas a estátua da deusa grega Atena, que foi totalmente dourada e colocada numa base sobre um espelho de água, subtilmente cria o aumento dos seus reflexos. O contraste entre o brilho do sol no exterior e a escuridão mística do interior, combinado, orchestra uma atmosfera mágica.

Enquanto os Gregos desenvolveram a arquitectura da grande beleza a ser vista na luz, os Romanos viram que a qualidade do espaço interno pode ser cenograficamente manipulada pelo manejo cuidadoso da luz. O foco do edifício no início do Império Romano esteve em grandes projectos de engenharia e estruturas como aquedutos, viadutos, palácios e teatros, em que a luz desempenhou um papel principalmente funcional. Contudo, desde o primeiro século da nossa era, a Arquitectura Romana responde de uma maneira diferente para iluminar, especialmente em edifícios cristãos (em particular a basílica), que evoluiu de um lugar de encontro para um edifício da prática do culto.

Introduzido no início do segundo século, na Basílica de Trajano, em Roma (100-112 d.C.), esta forma tornou-se num dos fundamentos da

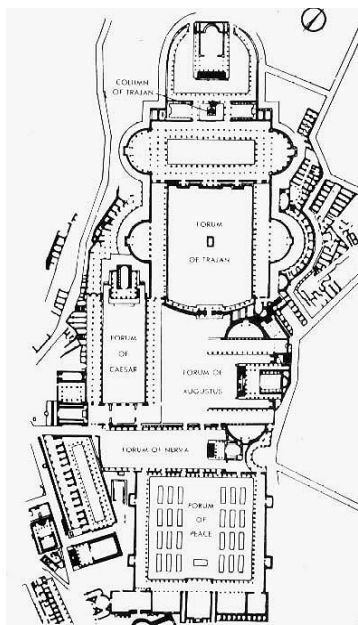


Fig.27 Fórum de Trajano

igreja cristã tradicional, que restabeleceu a luz através do clerestório, marco das civilizações antigas. A admissão da luz de uma posição alta dentro dos volumes, criada para iluminar o espaço com uma ênfase vertical pela gradação da luz através do corte do edifício, foi uma intervenção chave.

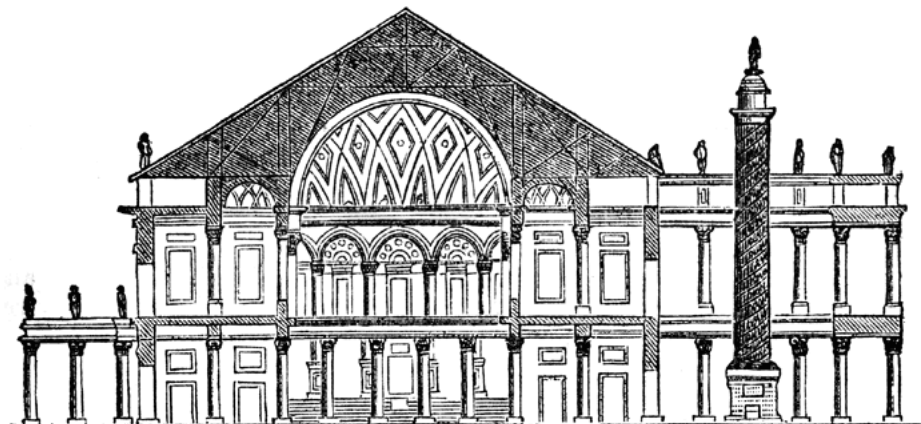


Fig.26 Corte da Basílica de Trajano



Fig.28 Corte da Basílica S. Apolinário

Santo Apolinário Novo, em Ravena (532-549 d.C.), desenvolve o tema além disso: a luz do clerestório cai em direcção a mosaicos de vidro que enfrentam paredes de pedra para produzir uma luz suave, mágica e brilhante, que trabalha em harmonia com o ritmo estrutural forte das suas colunas e arcos.

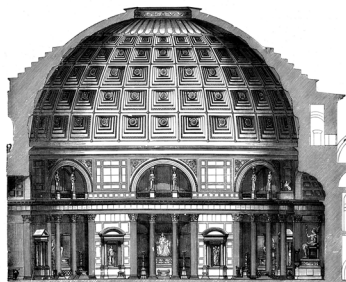


Fig.29 Corte do Panteão

Outro exemplo muito célebre, é o Panteão de Roma (118-128 d.C.). A grande sala cupulada deste antigo templo tem um óculo central pela qual a luz natural entra. À medida que o sol vai rodando ao longo do dia, raios de luz pintam paredes e andares de uma maneira espectacular, revelando o detalhe e a cor das superfícies internas do edifício e criando um espaço que é totalmente coberto e habitado por luz.



## Luz na Idade Média

*“A building singularly full of light and sunshine; you would declare that the place is not lighted by the sun from without, but that the rays are produced within itself, such an abundance of light is poured into this church.”*

Procopius of Caesarea

Cedo os edifícios cristãos, em particular na cultura oriental de Bizâncio,<sup>27</sup> continuaram a desenvolver a relação entre a arquitectura e a luz. Igrejas, como São Vital (540 d.C.), em Ravena, além disso, demonstram ainda o uso do mosaico e do ouro para criar uma luz interior notável. Isto é conseguido através da maneira como o mosaico foi produzido: construído a partir de pequenos cubos cerâmicos com uma camada fina de cor ou ouro e finalizado com uma camada de vidro. Cada cubo, por isso, reflecte e refracta a luz, tanto individualmente como em massa, criando um efeito brilhante que se modifica com o movimento do indivíduo dentro do espaço.

O exemplo mais espantoso é Santa Sofia, Constantinopla<sup>28</sup> (532-537), construída pelo imperador romano Justiniano. Penetrando o seu espaço central bem elevado, a luz cria uma atmosfera realmente espectacular. Em 562, num dos primeiros registos da criação de efeitos da luz artificial dentro de um edifício, Paulus, filho de Cyrius, desenvolve um sistema complexo de anéis de luz suspenso da cúpula, complementados por lâmpadas a óleo. O efeito geral foi considerado espantoso. Em muitos aspectos, Santa Sofia, foi o mais marcante de

<sup>27</sup> Cidade da Grécia Antiga, fundada por colonos gregos da cidade de Megara, em 667 a.C., que recebeu o nome de seu rei, Bizas ou Bizante. Os romanos latinizaram o nome para *Byzantium*.

<sup>28</sup> Actual Istambul na Turquia





Fig.31 Catedral de São Marcos



Fig.32 Cúpula da Rocha



Fig.33 Interior da cúpula da Rocha



Fig.34 Palácio e fortaleza Alhambra

todos os edifícios bizantinos, especialmente em relação à luz. Houve no entanto exemplos posteriores, como a Catedral de São Marcos, em Veneza (1063-73), com superfícies internas com acabamentos em mosaicos dourados iluminados pela série de cúpulas baixas com pequenas janelas.

Na Grécia, Arménia e Geórgia, também foram construídos muitos exemplos perfeitos de igrejas e mosteiros que mostraram outro aspecto da luz Bizantina. Muitos eram muito mais simples, estruturas mais escuras que também empregaram o mesmo mosaico dourado onde a luz da vela desempenhou um papel mais forte na criação do mistério e magia, até durante o dia.

Embora o legado Bizantino possa ser visto como a origem da luz arquitectónica, outras religiões e culturas não devem ser ignoradas, já que cada uma ajudou a formar atitudes contemporâneas com o propósito de iluminar.

Também a arquitectura Islâmica teve uma forte tradição de empregar a luz para criar tanto efeito como atmosfera. No Islão, a luz é um símbolo da unidade divina e dentro dos primeiros edifícios religiosos e culturais é empregada decorativamente para fazer modelos e embelezar a forma.

A cúpula da Rocha (ou Domo da Rocha), em Jerusalém (688-692), é especialmente notável pela forma pela qual a sua cúpula dourada capta a luz solar brilhante. A mesma luz, então, penetra no espaço central para iluminar os seus mármore e mosaicos originais.

Na grande Mesquita de Córdoba, a luz desce para destacar linhas de arcos de ferradura decorados. No entanto, possivelmente o exemplo mais célebre, é o Palácio e fortaleza Alhambra, em Granada (1338-90). Concebida como uma composição mágica, esta grande fortaleza sintetiza luz, arquitectura e paisagem numa unidade única. A aproximação à arquitectura Islâmica é bastante típica, onde o modelo da luz está fortemente relacionado com a geometria. Isto aplica-se à organização



Fig.35 Estupa Budista na Indochina



Fig.36 Pagoda em Horyo no Japão



Fig.37 Palácio Imperial de Quioto

estrutural, permitindo a formação de janelas, e através do modo como a luz passa por telas de filigrana,<sup>29</sup> lançando sombras delicadas.

A luz também desempenha um papel importante na arquitectura asiática, nomeadamente no Hinduísmo e no Budismo. Ainda que a luz possua um significado divino, não é explorado do mesmo modo, pois o clima quente, com grande exposição solar, mitiga contra a formação de grandes aberturas. Estupas indianas, Pagodas chinesas e os templos não têm geralmente janelas, embora os primeiros relicários indianos, esculpido em cavernas, muitas vezes tivessem aberturas em forma de ferradura para permitir que a luz penetrasse por cima da entrada. De resto, os templos tiveram interiores relativamente escuros.

Em templos Budistas, os devotos tinham de adaptar a sua visão à escuridão, para assim aumentarem a contemplação das estátuas e relíquias dentro desse espaço. Aqui, na revelação gradual do divino, a falta da luz desempenha um papel-chave, tanto em ritual como em desenho, análogo à progressão lenta em direcção à iluminação. O traçado dos edifícios é também importante para a maior parte da arquitectura indiana e do sudeste asiático.

Muitas dessas grandes estruturas, como o Templo Pagoda Bao'en, em Suzhou na China, e a torre de Angkor Wat, no Camboja, têm mais presença quando vistas contra o céu na forma de silhueta do que em condição normal.

Na arquitectura japonesa a resposta ao clima foi quase a mesma, com o beirado que pende profundamente em templos e palácios para proteger o interior do sol, criando espaços escuros e frescos. A luz reflectida e difundida desempenha um papel importante na arquitectura japonesa e continua a ser um tema relevante hoje. O uso de telas translúcidas permite que a luz reflectida do exterior penetre pelas

<sup>29</sup> Trabalho ornamental feito de fios finos aplicados em telas.



Fig.38 Oratório Gallarus na Irlanda



Fig.39 Interior do oratório

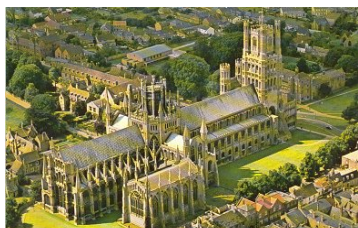


Fig.40 Catedral Ely



Fig.41 Interior da Catedral Ely

camadas do edifício até ao seu interior. Isto gera leves e suaves sombras internas, pálidas, nebulosas e talvez, formalmente mais aperfeiçoadas pela união de paisagem e arquitectura, como no Palácio de Quioto.

A **arquitectura Românica**, como a maioria das estruturas cristãs ocidentais dos primórdios, limitava a entrada de luz, devido aos métodos de construção e aos materiais. Os interiores eram, por isso, muitas vezes escuros e sombrios. Apesar disto, os efeitos da luz considerada podem ser encontrados na mais simples estrutura.

O oratório de Gallarus (séc. VIII), uma capela muito pequena, de pedra seca, que se situa na Península de Dingle, no sudoeste da Irlanda, demonstra como uma pequena quantidade de luz que penetra através da porta de entrada e de uma abertura única podem criar um sentido profundo de “*numinous*”<sup>30</sup> nas estruturas primitivas.

Durante o período Românico, as igrejas europeias deixaram as estruturas simples, que substituíram por outras mais pesadas e sofisticadas, empregando o arco de volta perfeita como um meio primário da construção. O uso de tais sistemas estruturais permitiu que as janelas fossem facilmente executadas, embora ainda relativamente pequenas, nas paredes grossas. Desta forma, as igrejas e catedrais românicas, gradualmente, desenvolveram o tema da luz difusa nos espaços através de clerestórios, especialmente em torres, lanternins e cúpulas com janelas em níveis superiores ao transepto. Combinando com a forte luz de leste através de janelas atrás do altar, esta intervenção secundária é um modelo que continua a ser empregue em edifícios cristãos até aos dias de hoje.

Mas isso foi o ponto de partida para a abóbada nervurada gótica que forneceu o ímpeto a uma das grandes celebrações da união entre a arquitectura e a luz. Os seus efeitos esplêndidos podem ser vistos nas grandes catedrais inglesas (entre o séc. XI e XII), como Ely (1083-1179),

<sup>30</sup> Adjectivo de ou relativo à divindade ou ao divino espírito; parecido com uma divindade espiritual.





Fig.42 Interior da Catedral Winchester



Fig.43 Interior da Catedral St. Étienne

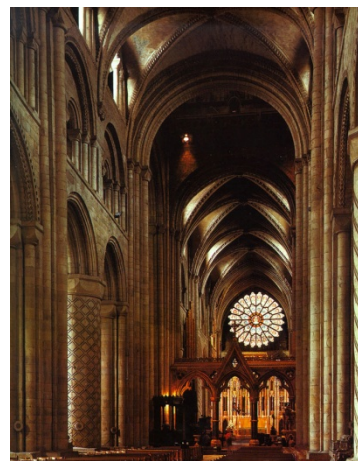


Fig.44 Interior da Catedral de Durham

Winchester (1075-1093) e Durham (1093-1133), e abadias francesas como Jumièges (1040-1067), St. Étienne (1060-1081) e Trinité (1062-1130) em Cannes. Em Duham, o tecto abobadado capta a luz do clerestório criando uma atmosfera dramática e acentuando a altura e o volume do espaço central. Por contraste, nas altas e estreitas igrejas francesas, que muitas vezes necessitavam de jogos de luz através de clerestórios altos e de grandes janelas orientadas a leste, o resultado era intensamente atmosférico.

No entanto, o período da história da arquitectura onde a luz é considerada o motor de todas as relações entre a arquitectura e a sociedade, é o **período Gótico**. Trata-se de uma época onde a influência da religião e da filosofia na concepção arquitectónica é notória. De acordo com os pensadores medievais, a luz era o princípio da ordem e do valor.

Segundo Otto von Simson,<sup>31</sup> no século XII e XIII, a luz era a fonte e essência de toda a beleza visual. A ela estavam atribuídas duas características importantes: consonância das partes ou proporção, e luminosidade. Esta preferência estética reflectia-se em todas as artes decorativas deste tempo, como no gosto óbvio por objectos cintilantes, materiais resplandecentes e superfícies polidas. A luz e os objectos luminosos conduziram a um conhecimento profundo da perfeição do cosmos e a uma antevisão do Criador.

Todos estes conceitos e pensamentos que originaram o período Gótico tiveram a sua aplicação prática mais representativa em edifícios de carácter religioso. As preocupações espaciais, de proporções e de luminosidade estavam orientadas para a simbolização e exaltação de Deus, que era a figura, a forma material das realidades espirituais. E

<sup>31</sup> SIMSON, Otto von - **Origens da arquitectura Gótica e o conceito medieval de ordem**. Editorial PRESENÇA, Lisboa, 1991.

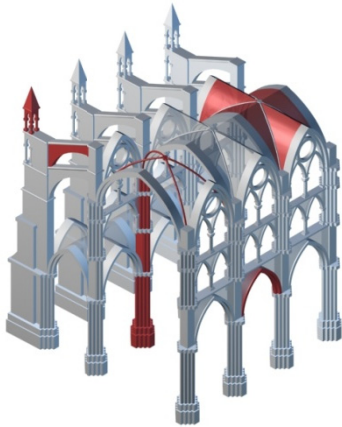


Fig.45 Esquema estrutural de uma catedral gótica

como afirma Simson,<sup>32</sup> em mais nenhuma outra época as “virtualidades” místicas da arquitectura religiosa cristã foram tão bem expressas.

Incorporando grandes vitrais e novos elementos estruturais na busca de uma luminosidade, detentora de grande poder espiritual, a luz é vista como geradora tanto de estrutura como de decoração. Armados apenas com simples ferramentas e relações geométricas, altos e pontiagudos arcos foram construídos e integrados a um sistema complexo de abóbadas ogivais, arcos botantes e contrafortes. Assim, as catedrais góticas atingem inacreditáveis alturas e junto com seus belos vitrais, tornaram-se num emblema da época. Consideradas verdadeiras obras-primas por apresentarem no seu interior um jogo de luz e sombra, as catedrais góticas podem ser consideradas como uma vitória da arquitectura sobre a gravidade.

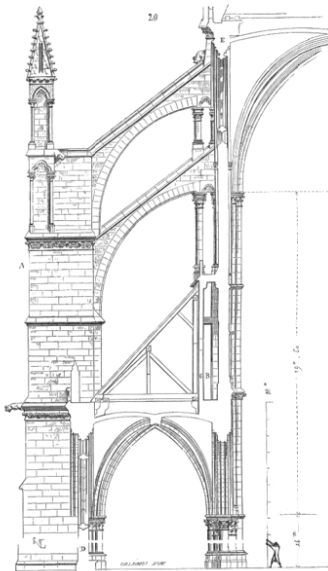


Fig.46 Corte pelos arcos botantes e contrafortes da Catedral Amiens

O abade francês Suger, a quem muitas vezes são atribuídas as primeiras obras de arquitectura gótica, contribuiu para uma teoria a que chamaram “*Lux Continua*”, baseada na natureza divina da luz. Isto conduziu directamente a um aumento do grau de transparência e a maiores aberturas, bem como ao uso externo do vitral. Como resultado, as grandes igrejas e catedrais da Europa foram construídas repletas de uma dramática, resplandecente e colorida luz.

Esta nova tendência formal começou na reedificação da Basílica Saint-Denis em Paris (1140-44), onde dois ambulatórios com capelas radiantes foram construídos sobre a planta original carolíngia. As paredes do ambulatório foram construídas com colunas delgadas de apoio que permitem grandes vãos de vidro colorido. A qualidade da luz presente em Saint-Denis, foi posteriormente refinada nas grandes catedrais do período gótico como Chartres (1194-1220), Reims (1211-1299) e no alto gótico de Amiens (1220-1270) e Beauvais (1220-1289).

<sup>32</sup> SIMSON, Otto von, *op cit.* 1991.



Fig.48 Ambulatório da Basílica de St. Denis com grandes vãos de vidro colorido.



Fig.49 Nave da Basílica de St. Denis

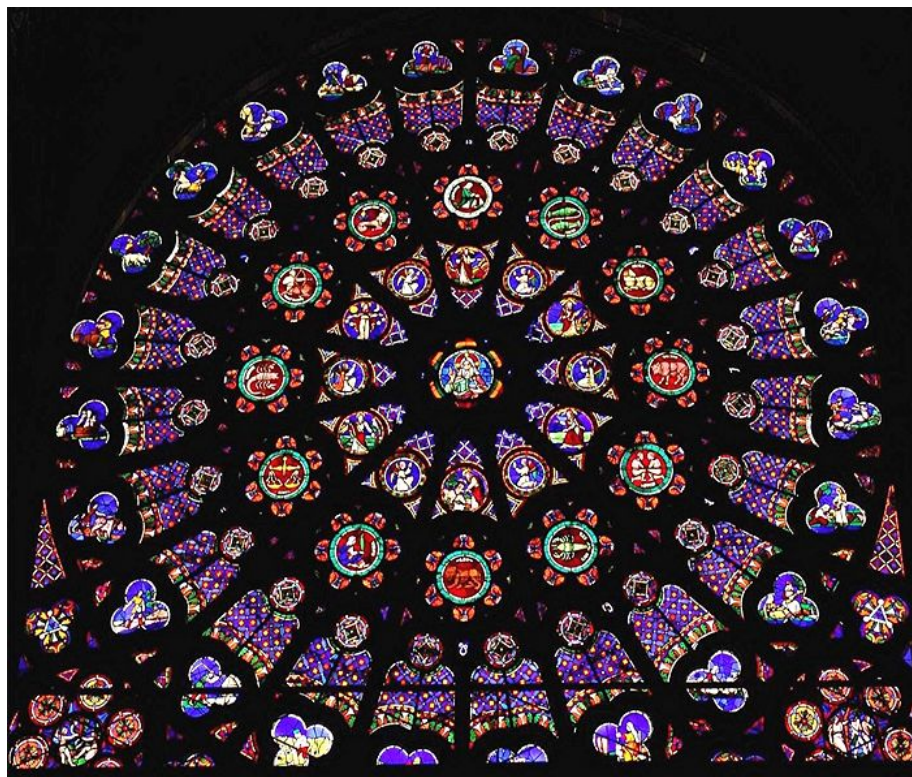


Fig.47 Rosácea no transepto do lado norte na Basílica de St. Denis.

Posteriormente a arquitectura gótica, com o uso de sistemas estruturais cada vez mais complexos, como abóbadas em leque e decoração cada vez mais exuberante, proporcionou o aumento da presença da luz dentro do corpo desses grandes edifícios religiosos.





## 1.2.4

### Luz na Idade Moderna

*“His buildings (Palladio) have the hallmark of elegance; the same ability a diamond has – to be cool, and simultaneously, to sparkle.”*

Patrick Nuttgens

O brotar do **Renascimento** no início do século XV foi acompanhado pela mudança significativa no tratamento da luz. O nascimento desta revolução deu-se em Itália, na região que, contrariamente à Europa do Norte, não conseguiu abraçar o estilo Gótico. Enquanto as arquitecturas Românica e Gótica tinham procurado activamente construir com a luz, a arquitectura do Renascimento estava mais preocupada com a interpretação da linguagem clássica da Antiga Grécia e Roma, do que com a celebração da luz interna, criando as fundações de grandes gerações nas arquitecturas seguintes.

Muita da arquitectura da Antiguidade que foi referência para os edifícios do Renascimento, não fizeram o uso considerado da luz, ainda que esta tivesse o seu lugar. A arquitectura deste período era muitas vezes concebida por artistas, e a luz era considerada essencialmente na revelação da beleza, proporção e harmonia. Do mesmo modo que um escultor emprega a luz para realçar a beleza da forma, os arquitectos do Renascimento revelavam as suas criações.

Os edifícios do início do período Renascentista como Hospital dos inocentes (1421) e Santa Maria Del Fiore (1436), ambos em Florença, da autoria de Filippo Brunelleschi, tornaram-se mais dramáticos quando vistos na luz forte toscana.

Durante o Renascimento, a celebração da realização humana foi o tema central, e com ela as novas visões da luz e da geometria. O Homem





Fig.51 Fachada de Sant' Andrea.



Fig.52 Interior da nave de Sant' Andrea, iluminada pela cúpula e as aberturas entre as capelas.

começou a entender a luz de novos modos, e deu origem a novas atitudes em direcção à luz em edifícios. Um arquitecto do Renascimento que se ocupou com este novo pensamento foi Leon Battista Alberti, que considerou a arquitectura como uma perseguição intelectual na qual a pintura e a matemática desempenhavam um papel central. O seu maior trabalho foi em Sant'Andrea de Mântua, em Roma, baseado na planta em cruz grega na qual o clerestório desaparece da nave, e a luz penetra através de uma série de janelas abobadadas entre as capelas laterais. Este dispositivo engenhoso dramatiza a luz, que cai de um nível alto, abaixo da cúpula, por cima do transepto, criando assim um sentido de contraste mais intensivo dentro do espaço.

A influência tanto de Brunelleschi como de Alberti, pode ser vista em Donato Bramante no Templo S. Pedro de Montorio, em Roma (1502). Considerado muitas vezes como o primeiro grande edifício do Alto Renascimento, ele emprega a forma circular do templo Romano como modelo, criando um volume no qual a luz calmamente contribui para a sua pureza e beleza. Este edifício criou as bases do que seria o edifício mais emblemático e inspirador do período, a Cúpula de S. Pedro, em Roma, projectada por Michellangelo. Aqui a introdução de dezasseis grandes aberturas, abaixo da cúpula, e do lanternim permitiu inundar a igreja com luz.

Como um dos grandes artistas e arquitecto de todos os tempos, Michellangelo, foi a ponte entre o Alto Renascimento e o Barroco, onde a luz uma vez mais se torna a questão central. A sua experiência como escultor, pintor e arquitecto, fê-lo consciente da importância da luz para revelar a forma, a superfície e a cor.

Também importante é Andrea Palladio, cujo regresso à natureza essencial do classicismo, por uma avaliação da geometria, harmonia e proporção, influenciou edifícios por todo o mundo nos 200 anos seguintes (em particular em Inglaterra, nos Estados Unidos e na Rússia). Embora o tratado de Palladio "*I quattro libri dell'architettura*", não trate directamente da questão da luz, a sua abordagem à ordem clássica, a

simplificação da forma e a redução da decoração, resultou numa maior abertura e sentido de calma, com a luz reflectida.

O período da Arquitectura conhecido como **Barroco**, viu a luz uma vez mais no coração dos seus princípios, desta vez pela evolução dos interiores que intensificaram a experiência teatral. Segundo Norberg Schulz,<sup>33</sup> a arquitectura Barroca adopta a organização sistemática da Renascença e o dinamismo maneirista. Ela absorve a qualidade transcendente da Idade Média e a presença antropomórfica da Antiguidade, exprime a segurança e a vitória, testemunha o restabelecimento de um equilíbrio existencial que se perdeu durante os primeiros decénios do “*cinquecento*”.

Este novo estado das coisas é expresso pelas propriedades essenciais do espaço barroco: centro dominante, extensão infinita e o domínio plástico persuasivo. Todas as obras barrocas comportam o centro dominante que representa os axiomas que dão significado ao sistema inteiro. As suas composições são ricas e complexas, e possuem um desenho global grandioso, que cativa e apela ao observador.

Os arquitectos daquela época eram excepcionalmente sensíveis aos efeitos das texturas, cor, luz, assim como da água e de outros elementos naturais. Segundo Franco Borsi,<sup>34</sup> a natureza é necessária à expressão do seu próprio significado, à representação emblemática da sua lógica, que mesmo sendo alegórica, subsiste irremediavelmente diferente da sua realização.

Pode dizer-se que a arquitectura Barroca é uma arquitectura de inclusão; inclusão esta que pode ser entendida como uma síntese de contrários: espaço e massa, movimento e calma, enclausura e extensão, proximidade e distância.

<sup>33</sup> NORBERG-SCHULZ, Christian - *La signification dans l'architecture occidentale*. Pierre Mardagn Editeur, Bruxelles, 1977

<sup>34</sup> BORSI, Franco - *Bernini*. Hazan editeur, Paris, 1984

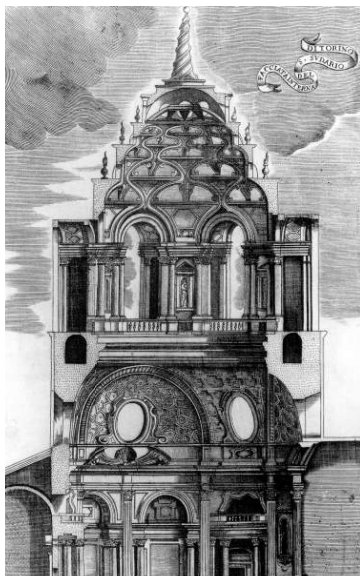


Fig.53 Cúpula da Santíssima Sindone.

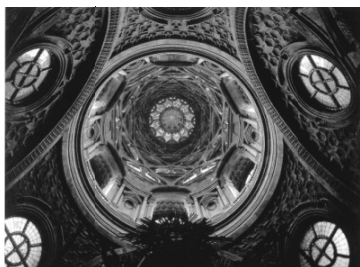


Fig.54 Vista interior da cúpula e lanternim.



Fig.55 Detalhe da entrada de luz pela cúpula.

Visto ainda como o estilo da Contra-Reforma, ele desenvolveu-se durante um período no qual a Igreja Católica reagia à subida do protestantismo e procurou empregar os serviços de arquitectos como Gianlorenzo Bernini, Francisco Borromini e Guarino Guarini, para prover tanto espectáculo como prazer. As suas igrejas respondem ao interesse crescente no mundo do teatro e da ópera, nos quais a luz desempenhou um papel chave. Em Roma, Bernini trabalha na Basílica de S. Pedro (1656) e Borromini em San Carlo Alle Quattro Fontane (1641), demonstrando uma nova tendência na decoração e desenho geométrico. Contudo, foi possivelmente o trabalho de Guarini que condensou o uso da luz no Barroco Italiano.

A capela do *Santissima Sindone*, na Catedral de Turin (1690), é uma viagem pela força do desenho estrutural que permite que a luz penetre o interior de cada parte da sua complexa cúpula e lanternim, criando um foco dramático em direcção às mais sagradas relíquias. O mármore monocromático, que cria uma gradação entre escuro e claro, aumenta os efeitos da luz.

Com artistas da arquitectura barroca a se expandirem por toda a Europa, a preocupação com a luz não se restringia apenas às igrejas, mas também a edifícios históricos, em particular os extravagantes palácios na Escandinávia e na Europa Central. Tanto o grau de decoração, como o de geometria complexa desses edifícios, pressagiou uma visão crescente dos edifícios como uma forma de dispositivo óptico, um tema que constantemente sublinhava a arquitectura Barroca. Na época, na qual Newton acabava de publicar a sua exploração da luz e no qual o telescópio e o microscópio também tinham sido aperfeiçoados, os arquitectos cada vez mais olhavam para a Ciência como um forte aliado na procura de soluções de controlo e distribuição da luz.

A cúpula Barroca e o lanternim eram muitas vezes comparados com o olho humano que imita a forma da íris, controlando o caminho da luz que entra no edifício. Sir Christopher Wren demonstra este fenómeno na Catedral de S. Paulo, em Londres (1710), onde a sua dupla



Fig.56 Sala dos espelhos no Amalienburg.



Fig.57 Interior da Basilika Vierzehnheiligen.



Fig.58 Interior da Abadia Ottobeuren.

cúpula faz a admissão da luz via lanternim e molda-a através de um óculo. As cúpulas por sua vez assentam num clerestório de tambor, com a sua forma interior cónica. Esta combinação com a forma da cúpula cria uma ilusão de óptica que exagera a altura do espaço pela falsa perspectiva, vazando a luz no espaço de uma maneira dramática e deliberadamente teatral.

Outros grandes fenómenos do Barroco tardio ou **Rococó**, também acentuam o uso da luz pela decoração exagerada. Uma combinação de superfícies brancas, douradas e espelhadas criam um jogo dramático de luz interna. Originalmente desenvolvido no tribunal francês de Louis XIV, este estilo encontrou a sua terra mais fértil no sul da Alemanha.

A sala dos espelhos no Amalienburg Pavilion, em Munique (1739), projectada por François Cuvilles, usou as paredes alinhadas com espelhos para aumentar o sentido do espaço e claridade, numa sala sumptuosamente decorada em folha dourada para que a forma interna parecesse dissolver-se e ficar inundada de luz.

Outra referência desta aproximação foi o arquitecto alemão Balthasar Neumann cuja Basilika Vierzehnheiligen, em Bamberg (1772), resume o efeito da luz no Barroco tardio e Rococó.

Contudo, com o desenvolvimento do estilo Rococó, as cores escuras do Barroco deram lugar a uma nova leveza, introduzida por arquitectos como Johann Fischer e Dominikus Zimmermann. Os interiores da Abadia Beneditina, em Ottobeuren (1724), de Fisher e a Weiskirche, em Steinhausen (1754), de Zimmermann, são predominantemente branco, dourado e inundado de luz.

Apesar de ter tido um curto período de vida e esta mais associada à decoração interior do que à arquitectura, o efeito da experimentação Rococó com a luz ainda hoje é sentida.

No entanto, entre meados e o final do século XVIII, os excessos do Barroco e do Rococó, foram gradualmente varridos por uma nova onda

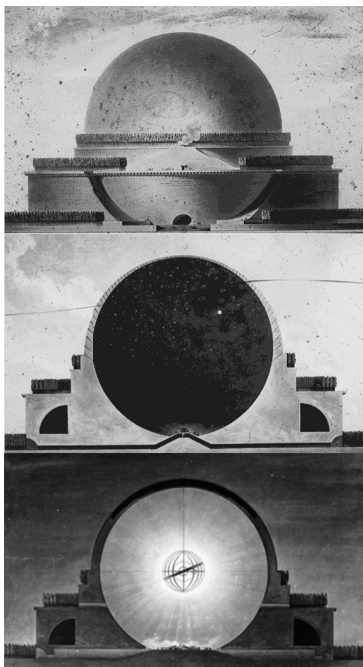


Fig.59 Projecto de Boullée do cenotáfio para Newton.

do Classicismo. Isto acontece particularmente em Inglaterra e nos recentes formados Estados Unidos da América. Em ambos os países um estilo **Neo-clássico** mais contido serviu aos melhores interesses, tanto da Igreja Protestante como da Arquitectura.

Com tais restrições vieram certas limitações na exploração da arte, da luz e da arquitectura, embora houvesse excepções. Em 1780, o arquitecto Francês Nicolas Le Camus De Meziere, escreveu um tratado chamado “*The genius of architecture; or, the analogy of the art with our sensations*”, onde cria a noção que os edifícios, e salas dentro dos edifícios, podem ter carácter.

Este tema influenciou o trabalho do visionário arquitecto Francês Ettiene Louis Boulée, que desenvolveu uma “*Poetry of Architecture*” na qual ele encara uma arquitectura baseada em sombras e onde o carácter, como as estações do ano, pode ser definido por diferenças de luz e sombra. Isto manifestou-se no seu trabalho pelos desenhos que ilustram projectos fantásticos que exploram o uso dramático da luz. O mais famoso é o seu desenho de um cenotáfio<sup>35</sup> para Newton (1784), que ainda é considerado como uma das tentativas não construídas mais notáveis de integrar a luz e a arquitectura. Uma esfera de 150 metros de diâmetro é furada por centenas de pequenas aberturas para criar o efeito de estrelas. No coração da esfera, uma fonte de luz bastante brilhante, que actuaria como o sol no centro do universo interno do monumento.

Mas a arte de Boullée é uma “arte conceptual”,<sup>36</sup> onde procura empregar as formas da natureza e a sua maneira de revelar a luz. Esta luz filtrada e indirecta, é uma luz trabalhada, que ao reproduzir os efeitos luminosos do dia, quase nunca é natural, mas artificial. O seu êxito está na aposta de reunir o que oferece a natureza, mas sem a copiar.

<sup>35</sup> Monumento sepulcral erguido em memória de um morto sepultado noutra parte.

<sup>36</sup> MADEC, Philippe - **Boullée**. Hazan Editeur, Paris, 1986

Boullée procurava obter "estruturas lógicas" resultantes da interação da luz com a substância material para transmitir o sentimento. Trata-se da "ciência ao serviço do mistério e da emoção"<sup>37</sup>. Pode-se então dizer que, para Boullée, a luz não era só um elemento estético e necessário, como é sobretudo um elemento ordenador, modelador e definidor de hierarquias espaciais.

Paralelamente, Claude Nicolas Ledoux é também um arquitecto que referencia a sua concepção arquitectónica nas formas da natureza, mas explorando os efeitos produzidos na cenografia natural e dando, do mesmo modo, resposta a todas as exigências arquitecturais do domínio público. Trata-se de uma arquitectura virada para o mundo, a apelar para a sociabilidade.

Ledoux, segundo Anthony Vidler,<sup>38</sup> atendendo a estes princípios, explicava a sua sociabilidade através de geometrias primitivas e nas suas formas ritualmente simbólicas, sem se referir a essa tradição omnipresente. "Era acima de tudo um anti-barroco, trabalhava contra a unidade e hierarquia orgânica; a sobriedade da geometria substitui, por momentos, o conceito de organização".<sup>39</sup> Ledoux jogou com as suas próprias regras, embebendo massas, unindo volumes, acumulando elementos diversos, explorando os caprichos da luz.

Outro proeminente arquitecto dos finais do século XVIII, distinguido por uma preocupação com a luz, foi o arquitecto inglês Sir John Soane. Este, que fora também influenciado pelas ideias de De Meziere sobre a criação de efeito e atmosfera na arquitectura, desenvolveu uma aproximação idiossincrásica, que é especialmente evidente na sua própria casa em Lincoln's Inn Fields, actualmente o *Sir John Soane's Museum*, em Londres (1812). A transformação das aberturas zenitais e o conseqüente ajuste do espaço interior permitiu que a luz penetrasse no coração do edifício de uma maneira verdadeira.

<sup>37</sup> MADEC, Philippe, *op cit.* 1986

<sup>38</sup> VIDLER, Anthony – **Ledoux**. Xarait Ediciones, Madrid, 1987

<sup>39</sup> TRULZSCH, Holger - **Claude Nicolas Ledoux, vu par**. Musée Carnavalet, Direction de Affaires Culturelles, Paris, 1985





## Luz na Idade Contemporânea

*“The lumière mysterieuse, so successfully practiced by French artists, is a most powerful agent in the hand of a man of genius, and its power cannot be too fully understood or too highly appreciated. It is, however, little attended in our architecture, and for this obvious reason, that we do not sufficiently feel the importance of character in our buildings, to which the mode of admitting light contributes in no small degree.”*

Sir John Soane

A partir de meados do século XVIII, a revolução industrial precipitou uma mudança drástica na prática da arquitetura que soltou a estrutura e a forma, e abriu caminho para novas relações com a luz. O desenvolvimento de estruturas de ferro leves significou o início de uma nova linguagem estrutural em ferro e vidro.

Este fenômeno foi visto pela primeira vez no início do **século XIX**, em edifícios comerciais, através de François Joseph Belanger, que cobriu o pátio central no Hall Du Blé (1813) com uma estrutura em ferro e cobertura em vidro, e em La Galerie d’Orléans (1829), de Pierre-François-Léonard Fontaine, ambas em Paris.

A principal modificação sucede em consequência das grandes realizações da engenharia em meados do século XIX. O desenvolvimento, tanto de estruturas autoportantes como de sistemas estruturais modulares e envidraçados, permitiu o levantamento de grandes estruturas rapidamente. Esses sistemas não só revolucionaram a escala dos espaços e os métodos de construção, mas também os interiores foram iluminados pela luz natural como nunca.



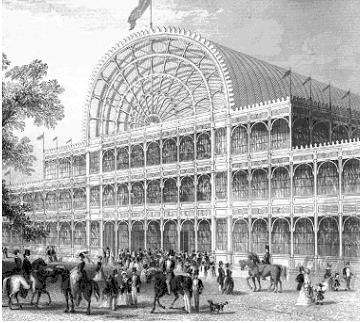


Fig.61 Exterior do Crystal Palace.



Fig.62 Interior do Crystal Palace.



Fig.63 Biblioteca Nacional de Paris.

Os exemplos mais célebres incluem o Crystal Palace de Joseph Paxton, criado para a Exposição Universal de 1851, e a série de envidraçados e diversos modelos de coberturas parcialmente envidraçadas que se foram desenvolvendo por toda a Europa para caminhos-de-ferro, como por exemplo, a cobertura monumental que Isambard Kingdom Brunel criou para a Paddington Station, em Londres (1854).

Tais estruturas mostraram um caminho sem precedentes, grandes volumes de luz natural e espaços internos, mas o mais importante: de uma maneira simples incorporaram a luz zenital, algo que só tinha sido, até essa altura, realizado em construções medievais de uma maneira complexa e muito elaborada através de clerestórios, cúpulas e lanternins. Foi só quando essa tecnologia começou a ser aplicada nouro tipo de edifícios que não exposições e estações de caminhos-de-ferro que a grande mudança se iniciou. O Benjamin Woodward's University Museum, em Oxford (1860), constituído por uma grande praça tribunal, exhibe uma dramática e elegante estrutura metálica coberta de vidro, apoiada por colunas em ferro fundido, dividindo o espaço em três alas. Contudo, houve uma pequena tentativa de controlar a luz do dia, além do enorme esforço no desenvolvimento da estrutura que apoia a cobertura.

Mas possivelmente um dos primeiros e melhores exemplos de iluminação natural controlada que usa novos materiais e tecnologia foi a Biblioteca Nacional de Paris (1868), de Henri Labrouste. O espaço mais notável é a sala de leitura, povoada por finas colunas com capitéis coríntios e cúpulas com clarabóias envidraçadas que, elevando-se a mais de nove metros do solo, são o meio difusor de luminosidade no interior da sala. Tal como a sala de leitura, a sala de reservas é outra realização notável ao nível da arquitectura, concebida inteiramente em vidro, provocando a penetração da luz difundida depois pelas aberturas no pavimento. O ferro aliado ao vidro concede a estes espaços um efeito notável. O uso de elementos arquitectónicos leves permitiu a filtragem

controlada da luz em todos os espaços, e não a criação de um simples “aquário” de vidro, que inunda o espaço interior. Desta forma, influenciou directamente arquitectos até ao fim do século XX.

No **Século XX** ocorreu uma rápida modificação na criação de tecnologia, combinada com um novo espírito de aventura. O caminho pelo qual os edifícios eram projectados e construídos modificou-se muito com o uso de armações de aço reforçado por betão. Isto ocasionou novos compromissos com a luz.

Ao mesmo tempo, a revolução eléctrica provocada por Joseph Swan e Thomas Edison introduziu outra inovação importante: a integração de sistemas de iluminação artificial em edifícios, totalmente industrializados. Um desses primeiros casos foi a iluminação feita por Richard Norman Shaw para a casa Cragside, em Rothbury (1880), para William Armstrong, um industrial abastado.

Apesar do sucesso de tais esquemas, a iluminação artificial só ganhou força quando o poder público se tornou um investidor na produção de energia, combatendo assim o poder privado, e substituindo a iluminação a gás que tinha dominado o século anterior. Contudo, a evidência era ainda pouca para que os arquitectos modificassem a forma do edifício em resposta à modificação na tecnologia da iluminação.

Embora os arquitectos explorassem activamente novos e disponíveis modos de tratar a luz natural, como a luz interna difusa filtrada no Österreichische Postsparkasse, na Áustria (1906) de Otto Wagner, o “*backlit*”<sup>40</sup> com ferro ornamental no Hotel Tassel, em Bruxelas (1895) de Victor Horta, ou o desenvolvimento altamente estilizado da luz, na Hill House, em Helensburgh (1903), de Charles Rennie Mackintosh, o novo século não viu a luz artificial ficar activa na expressão arquitectónica até à década de 1920.

<sup>40</sup> Painel translúcido retro-iluminado.



Fig.64 Exterior do Larkin Building.

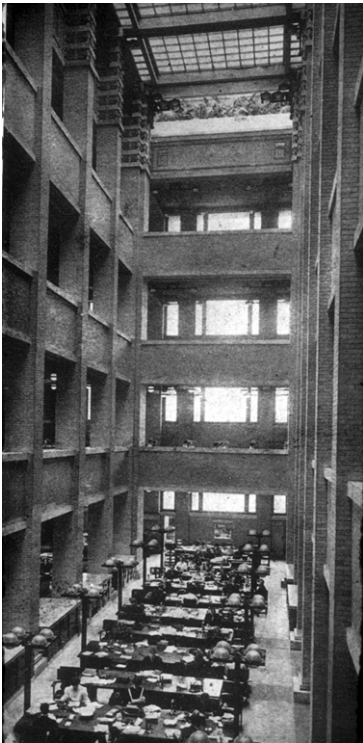


Fig.65 Átrio do Larkin Building.

Os Estados Unidos e a Alemanha foram pioneiros nesta modificação. O primeiro foi o berço da iluminação comercial, o que se manifestou no ambiente construído a todos os níveis. Em muitos casos foi puramente funcional, como a iluminação artificial das novas torres de Chicago por arquitectos como Dankman Adler e Louis Sullivan. Aqui, a iluminação artificial foi activamente considerada como parte integrante do desenho do edifício e foi incorporada desde o início. Esta aproximação foi materializada por Sullivan no Auditorium Building, em Chicago (1890), que integrou 3500 lâmpadas incandescentes nas frentes do balcão e da galeria.

Frank Loyd Wright, que trabalhou com Sullivan no interior do *Auditorium Building*, continuou avidamente atraído pelas novas tecnologias, inventando até uma larga variedade de dispositivos e acessórios, como “lay-lights” e sancas, nos quais a luz era pensada para criar efeitos decorativos. No entanto, Larkin Building, em Buffalo (1904), foi o precursor do átrio moderno iluminado através da cobertura. O seu alto pé direito de quatro pisos permitiu que a luz natural penetrasse no espaço central, iluminando-o, e transmitindo também luz natural aos pisos abertos para o pátio, permitindo fazer a iluminação natural periférica do edifício. Interessante contudo foi Wright introduzir uma série de postes de iluminação de rua, adaptados para o piso térreo, que forneceu a iluminação de tarefa às escrivaninhas. Este modelo de interior de edifício de escritórios é ainda hoje bastante conhecido. Também revolucionário foi a noção que Wright desenvolveu, onde a luz artificial pode criar efeitos diferentes dentro dos edifícios.

Enquanto os Estados Unidos desenhavam a sua própria revolução interna na área da engenharia eléctrica, a ascensão do expressionismo na Alemanha ocasionou um diferente, mas não menos importante, compromisso com a luz artificial. O poeta Paul Scheerbart, o arquitecto Bruno Taut e um grupo de amigos com a mesma ideologia, conhecidos por “Glass chain”, desenvolviam ideias utópicas de um futuro dominado

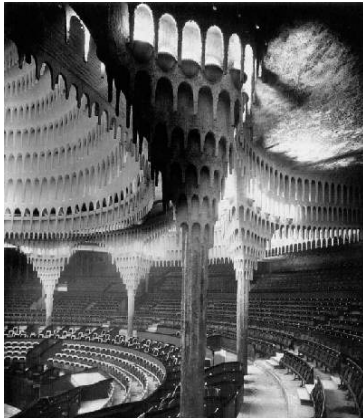


Fig.66 Teatro Grosses Schauspielhaus.



Fig.67 Coluna do Grosses Schauspielhaus.

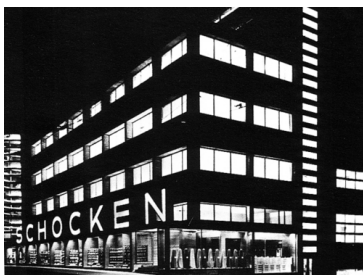


Fig.68 Fachada da loja Schocken.

pela luz e o vidro, nas quais os edifícios se tornavam em estruturas cristalinas que filtravam a luz solar até ao seu interior, durante o dia, e se tornavam em lanternas incandescentes depois de anoitecer. Essas ideias foram materializadas na construção do Taut Glass Pavillion, para a Werkbund Exhibition de 1914, em Colónia.

O manifesto de Scheerbart, “Glasarchitektur”, um ano antes já tinha aludido a muitos dispositivos de iluminação artificial, inclusive colunas incandescentes, que não só tinham uma função estrutural como de iluminação. Essa luz iluminava ruas e parques, como um projector, e, mais importante ainda, foi o início do uso de luz artificial colorida. Scheerbart identificou também que o uso incontroado da iluminação artificial até então, se tinha tornado um problema, portanto propôs o uso de filtros coloridos para subjugar a luz e manifestar uma qualidade mais fantasmagórica.

Embora Scheerbart fosse um visionário, arquitectos como Hans Poezig e Eric Mendelsohn, estiveram entre os primeiros a integrar a luz artificial no programa de edifícios. O Teatro Grosses Schauspielhaus, em Berlim (1919) de Poelzig, por exemplo, utilizou lâmpadas e espelhos parabólicos a coroar as colunas estruturais do *foyer* com elegantes capitéis de luz. No auditório principal, onde a cúpula e os pilares foram decorados com ornamentos pendentes, semelhantes a estalactites, ele coloca pequenas lâmpadas nas suas extremidades, formando padrões de constelações e torna o tecto abobadado num outro conceito: o céu nocturno.

As primeiras experiências de Mendelsohn com a iluminação artificial sucederam com o desenvolvimento de lojas, inicialmente em C.A. Herpich and Sons, em Berlim (1929), onde publicidade e iluminação indirecta das fenestraçãoes foram integradas na fachada. Mais tarde, na Schocken department store, em Estugarda (1928), a iluminação interna da frente da loja e escadas, em conjunto, fazem a marcação interna, invertendo a forma moderna de ver o edifício depois de anoitecer.

Esta técnica de conceber a iluminação como parte do tratamento da fachada foi posteriormente adoptada por Joseph Emberton no edifício Simpsons of Piccadilly, em Londres (1936), onde um esquema de iluminação totalmente integrado na fachada foi concebido como parte do desenho do edifício original.

Atitudes em relação à luz artificial - foram calorosamente discutidas numa reunião da Deutcher Werkbund e publicada na revista “Die Form” - viriam a provocar reflexos no trabalho de arquitectos como o francês August Perret na Igreja de Notre Dame, em Raincy (1923), e no funcionalismo holandês de Johannes Brikman e Van Der Vlugt na Van Nelle Factory, em Roterdão (1931).

Mas foi a era da Bahaus em Dessau que ocasionou, além disso, a modificação. Parte do programa da escola incluía o desenvolvimento de uma variedade de protótipos para produção industrial pelo arquitecto suíço Hannes Meyer, mas foi o trabalho de arquitectos, designers e artistas como Walter Gropious, Ludvig Mies Van Der Rohe e Laslo Moholy-Nagy, que teve, indirectamente, um impacto enorme na relação entre luz e arquitectura.

O trabalho experimental de Moholy na produção do “*Light-Space Modulator*”, sustentou-se em quase uma década de pesquisa, na qual analisou como os efeitos da luz artificial poderiam ser regulados com o objectivo de produzir exposições cinéticas de iluminação. Explorando o movimento e o uso teatral da luz, Moholy viu isto como a reinvenção dos elementos criativos que tinham formado o Barroco. Ele também tentou encontrar modos de eliminar a forma sólida pelo uso inteligente da luz.

Com o crescimento do potencial da luz artificial, a abordagem da luz natural em edifícios também se modificava. A revolução na construção de edifícios, cada vez mais leves e transparentes, permitiu a entrada de generosas quantidades de luz natural e a divisão entre o espaço interno e externo foi decomposta.

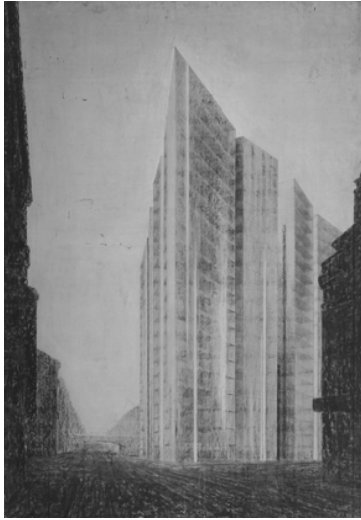


Fig.69 Friedrichstrasse Office Building.



Fig.70 Pavilhão de Barcelona.



Fig.71 Villa Savoie.

Mies estava 'obcecado' pela ideia que o vidro podia ser transformado pela luz. Para o concurso de Friedrichstrasse Office Building, em Berlim (1921), projectou uma torre de vidro na qual criou uma forma parecida com um prisma. Assim, os alçados das fachadas criam um jogo de reflexões e não um jogo de luz e sombras como é visto em edifícios comuns.

Este interesse, tanto na transparência como na reflexão, foi posteriormente evidenciado no seu trabalho do pavilhão da Alemanha na Feira Mundial, em Barcelona (1929), que não é só importante para a sua autopromoção, mas também é um ensaio de luz. O uso de pedra polida colorida, de cromados, de água e de vidro espelhado, criou um jogo complexo de reflexões e inter-reflexões que desmaterializa o espaço e cria ilusões de óptica. Mas mais notável foi a parede de vidro, que projectou pela qual a luz, suavemente difundida, é dissimulada das fontes de luz artificial. Esta noção de uma superfície de parede se tornar numa fonte emissora de luz, mostrou-se extremamente avançada para a época.

Outra parte integrante do pensamento era ver os edifícios como formas esculturais reveladas pela integração da luz e sombra. No polémico escrito "*Vers une Architecture*" (1923), o arquitecto suíço Le Corbusier enumerou uma série de ideias simples sobre as formas primárias da arquitectura (cubo, cone, esfera e cilindro) e as superfícies dos edifícios, as mesmas evidenciadas nos seus primeiros trabalhos, primeiro num pavilhão de demonstração *ArtDeco*, em Paris (1925), e mais tarde na *Villa Savoye*, em Poissy (1930). A reinterpretação da casa de campo de Palladio e a essencial ligação entre a luz e a nova preocupação com a vida saudável trouxe uma nova abordagem da casa e, conseqüentemente, o aparecimento do telhado-jardim aberto à luz do dia e o uso do branco na arquitectura.

Esta ligação à saúde foi também evidente no trabalho de arquitectos escandinavos como Alvar Aalto. A sua visão da luz era orgânica, desenhada pela natureza, por contraste com a arquitectura de

vidro e aberta dos contemporâneos alemães. Aalto desenvolveu métodos de criar luz suave e indirecta através de clarabóias, reduzindo o brilho, mas continuando a fornecer bastante luz natural. Mais interessante é a forma como ele emprega fontes artificiais para criar efeitos semelhantes depois de anoitecer. O Paimio Sanitorium (1933) e a Viipuri Library (1935), que poeticamente empregam tais técnicas para criar interiores tranquilos e luminosos, são exemplos disso.

Ao mesmo tempo que esta revolução de modernistas se realizava, a luz eléctrica era empregada dinamicamente e de forma vibrante na era *ArtDeco*. Entre os finais dos anos 1920 e o início dos anos 1930, as superfícies altamente polidas, os espelhos e as formas geométricas fortes, eram muitas vezes realçadas pelo uso gráfico da luz, em particular pelo néon. Embora a iluminação fosse muitas vezes caprichosa, a importância deste estilo decorado na evolução de iluminação artificial não deve ser subestimada. Como referência podemos citar William Van Alen, que projectou a iluminação artificial do Chrysler Building (1930), onde incorporou, no topo do edifício, uma iluminação que se tornou uma referência após o anoitecer. Desta forma, este edifício tornou-se uma arquitectura feita de luz e um símbolo global da cidade de *New York*.

A *ArtDeco* foi também o estilo adaptado pelo novo meio de comunicação emergente: o cinema. A cadeia de cinemas *Odeon* construiu em volta das Ilhas Britânicas trabalhos de fantasia nos quais as qualidades teatrais da luz foram empregues dentro e fora, gerando grandes efeitos através da revelação da forma de edifícios, da iluminação de blocos geométricos de luz e de letras iluminadas interiormente.

Nos 50 anos seguintes, a luz arquitectónica continua-se a desenvolver, apesar da tecnologia, que rapidamente se impunha. Nos Estados Unidos, os trabalhos finais de Frank Lloyd Wright como o edifício Johnson Wax Administration, em Racine (1939), e o Solomon R.



Fig.72 Johnson Wax Administration.



Fig.73 Museu Solomon R. Guggenheim.



Fig.74 Fransworth House.

Guggenheim Museum, em New York (1959), demonstram o seu interesse na compatibilização da luz artificial e natural. No primeiro, Wright emprega uma densa camada de tubos de pyrex para criar uma pele prismática translúcida que permite uma abundante entrada de luz natural e dá um sentido do ambiente externo, conservando a privacidade. No Guggenheim, a iluminação indirecta das paredes que cercam a famosa rampa que se desenvolve em espiral, permite que a obra de arte seja examinada sem a distração consciente do ambiente externo. Em ambos os edifícios, os familiares globos de iluminação de Wright, tão presentes nas suas primeiras obras, foram substituídas pela iluminação oculta incorporada no tecido do edifício.

Similarmente, Le Corbusier realizou as primeiras teorias sobre a luz no seu trabalho na igreja Notre-Dame-du-Haut, em Ronchamp (1955), e no Convento Sainte-Marie de la Tourette, em Eveux (1960). Ambas as obras têm uma qualidade poética intensa na qual a luz desempenha o papel principal. Em Ronchamp, a luz não só revela e transforma o espaço, mas cria também movimento, cor e textura de um modo altamente dramático. A luz atravessa o edifício através de aberturas profundas, caindo de lanternins ocultos, desmaterializando o tecto das paredes. Em La Tourette, Le Corbusier introduziu um dispositivo que chamou “*cannons à lumière*”, uma forma de ducto de luz que estava dirigido directamente ao sol. Abriu também três clarabóias ovais coloridas por cima da cripta para que a luz suave pudesse penetrar o espaço em baixo.

Mies também continuou a explorar a sua relação com a transparência e a reflexão através de projectos como a Fransworth House, em Illinois (1950), onde a sua evocação da luz, estrutura e paisagem é realizada através de uma flutuante estrutura de vidro branca e de mármore que suavemente se integra na paisagem.

A aproximação escandinava, de iluminar o que se tinha desenvolvido fora da tradição de Asplund e Aalto também continuou





Fig.75 Exterior da Kresge Chapel MIT.



Fig.76 Interior da Kresge Chapel MIT.

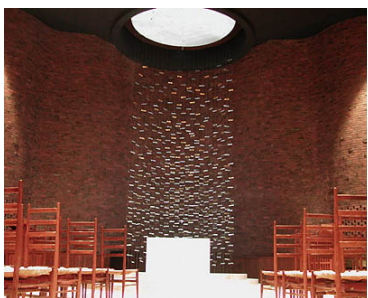


Fig.77 Óculo de luz sobre o altar.

através de arquitectos como Johnn Ultzon. A Bagrvaerd Church (1976) possui uma brancura difusa criada exclusivamente pela luz indirecta.

Outros arquitectos que trabalham nessa época nos Estados Unidos como Louis Kahn e o finlandês Eero Saarien criaram respostas esculturais à luz natural mais remisscentes à cultura europeia. Os edifícios de Saarien, em particular as suas igrejas, demonstram um espírito inventivo notável com a luz natural indirecta. Na Kresge Chapel, no MIT, em Cambridge (1955), permitiu que um óculo de luz caísse directamente acima do altar, onde ela embate numa tela brilhante composta por pequenos pedaços de metal brilhante, criando um foco forte mas poético ao centro da adoração. Ele também faz realçar a luz suave dentro do espaço através de uma abertura no piso, junto a parede de tijolos, para prover um efeito altamente texturizado.

Paralelamente, o Kimbell Art Museum, em Fort Worth (1972) de Louis Kahn, é considerado uma verdadeira obra-prima pela forma como a luz é trabalhada. As galerias são iluminadas pela luz natural reflectida através de uma série de clarabóias lineares com reflectores curvos perfurados que aparentemente flutuam. O efeito da luz do dia na laje de betão curva muitas vezes é descrito como parecendo uma folha de metal iluminado.

Em meados do século XX, a celebração da iluminação artificial testemunhada na década de 1920 e 1930, era agora manifestamente ausente. No entanto, apesar de parte dessa ausência poder ser atribuída aos efeitos da Grande Depressão e da Segunda Guerra Mundial, ela também marcou uma mudança temporária do uso da luz artificial como um aspecto de expressão arquitectónica. Naturalmente houve excepções a isto, em particular nos Estados Unidos, onde a paixão por iluminar edifícios de grande importância continua aumentando, apoiada por uma indústria de iluminação com ânsia de crescer. Arquitectos como Louis Kahn, Mies Van der Rohe e, mais tarde, Philip Johnson começaram a

trabalhar em conjunto com uma nova geração de profissionais que se auto-denominaram como “Lighting Designers”.

Embora os arquitectos tivessem colaborado com engenheiros eléctricos e de iluminação até então, pela primeira vez, foram “artistas” que foram muito além de dar simplesmente concelhos de tecnologia e iluminação. Agora os engenheiros trabalham estreitamente com arquitectos desde o início do desenho, como parte da equipa criativa. Esta modificação forneceu o ímpeto de um interesse renovado na “Luz Arquitectónica”.

*“You know you can’t work with light as though it were a real or solid material. It’s a transitory element. You only learn about the possibilities of light by working with it. You do something and something happens, but then a bit later something else happens. Some people find my architecture too open, too transparent, too light saturated. As far as I am concerned there can never be enough light. That’s just impossible... In architecture, light reinforces certain structural ideas in a building. I don’t see light as having a structure of its own, certainly not artificial light. The task which light has to perform is to support, accentuate and open up existing things, surfaces and spaces.”*

Richard Meier

As décadas de 1980 e 1990 testemunharam desenvolvimentos consideráveis na tecnologia da iluminação artificial. Esses foram combinados por um interesse crescente do uso da luz artificial como um instrumento arquitectónico fundamental que ecoou nas décadas de 1920 e 1930. Enquanto o compromisso com a luz arquitectónica se tornou quase universal neste período, alguns arquitectos exploraram o diálogo entre a luz natural e artificial de uma maneira sem precedentes.



Fig.78 High Museum of Art, Atlanta.



Fig.79 Stansted Airport.

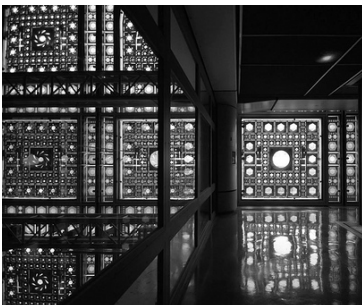


Fig.80 L'Institut du Monde Arabe.

Nos seus edifícios, tanto a aparência diurna como nocturna e a função interna e externa foram consideradas de uma forma holística.

A arquitectura branca com rigor no detalhe de Richard Meier, consegue sempre um jogo notável de luz e sombra durante as horas de luz natural, mas conscientemente inverte-se depois de anoitecer para que o edifício se torne numa lanterna; um bom exemplo é o seu High Museum of Art, em Atlanta (1983).

De forma semelhante, os trabalhos de Norman Foster foram integrando tanto a luz natural como a artificial a um nível fundamental. O Stansted Airport, em Londres (1991), emprega uma cobertura modulada de base quadrada e forma abobadada, com aberturas no topo permitindo a entrada da luz natural e do ar, que posteriormente é filtrada e reflectida no plano da cobertura para dar uma qualidade de luz e ar ao espaço. Esses mesmos filtros fazem também parte de um sistema no qual, à noite, projectores fornecem uma luz suave e indirecta. A cobertura torna-se assim numa grande fonte de luz que se ajusta durante o curso do dia.

Por outro lado, Jean Nouvel introduziu a noção de fachada reactiva com um dispositivo de sombreamento solar elegante e dinâmico no L'Institut du Monde Árabe, em Paris (1988). Este incorporou um painel composto por uma série de diafragmas móveis para controlar os níveis da luz natural, mas também reaviva a forma das telas tradicionais islâmicas e os seus associados jogos de sombra. À noite o edifício ilumina de um modo incandescente e convidativo, revelando o modelo de filigrana como uma silhueta.

Nos finais do século XX, o foco começou a ir na direcção da arquitectura nocturna. Os edifícios foram cada vez mais pensados enquanto imagens da noite, uma técnica que já não se via desde a década de 1930. Isto aconteceu em parte devido à melhoria de técnicas computacionais como os “renders”, mas também ao crescimento da



Fig.81 Piazza D'Italia, New Orleans.



Fig.82 Embankment Place.

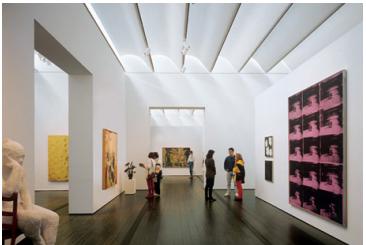


Fig.83 Menil Gallery.



Fig.84 Chapel of St. Ignatius.

noção que a imagem do edifício depois de anoitecer é tão importante como durante o dia.

Mas o aumento do interesse na iluminação artificial já vinha sendo sentido pelo novo fulgor do pós-modernismo que cresceu com “*Complexity and Contradiction in Architecture*” de Robert Venturi. Aqui a luz ganha uma vez mais expressão através de cores extravagantes, acabamentos dos materiais e ornamentos, personificados pelo trabalho de Terry Farrell, Michael Graves e os últimos trabalhos de James Stirling.

A influente Piazza D'Italia, em New Orleans (1978) de Charles Moore, estabeleceu o padrão com o seu extravagante e caprichoso jogo de néon e cor. Isto foi rapidamente seguido por explosões de esquemas que empregam uma larga variedade de técnicas para iluminar e fornecer uma identidade distinta, tanto de dia como de noite.

A iluminação foi também aplicada numa escala urbana maior; o pioneiro esquema para Embankment Place, em Londres (1990) de Terry Farrell tornou-se num marco notável e uma referência à noite. A escala ilusória do volume deste edifício foi decomposta para que a luz só acentue elementos chave da sua forma.

O pós-modernismo soltou a luz do seu papel meramente funcional e, assim, abriu caminho para a introdução de tecnologias de iluminação, que empregam técnicas teatrais como o uso de cores. Mas a jovialidade do pós-modernismo foi contraposta pela aplicação mais séria da luz arquitectónica na Menil Gallery, em Houston (1986), pelo arquitecto Renzo Piano, que criou uma cobertura que filtra indirectamente a luz nas galerias de uma forma que conserva a integridade funcional mas poética entre a forma da arquitectura e a luz.

Steven Holl na Chapel of St. Ignatius, em Seattle (1997), concebeu a capela como sete frascos de luz contidos dentro de uma caixa de pedra, onde cada frasco tem relação com uma área diferente de adoração. Ele explorou o uso da luz e cor, surgindo esta das fontes escondidas através de reflectores coloridos. Isto é contrastado com a luz directa filtrada através das lentes coloridas.





Fig.85 Kirin Plaza.

*"I know two different kinds of light from my own experience. One is a space of light in darkness, into which the dim light emerges, the other is a light that cuts sharply through the darkness as if manifesting its existence in strong contrast with the darkness."*

Tadao Ando

No Japão, possivelmente o país mais influente na exploração contemporânea da luz arquitectónica, o trabalho contrastante de arquitectos como Shin Takamatsu, Tadao Ando e Toyo Ito, simultaneamente reflecte o passado e aponta para o futuro.

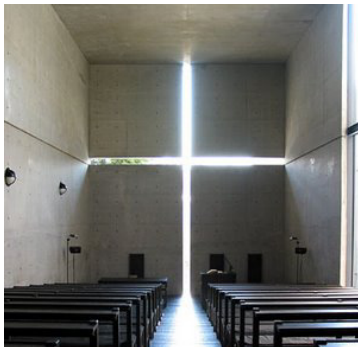


Fig.86 Igreja da luz.

A *Kirin Plaza*, em Osaka (1987) de Takamatsu, destaca-se no mundo extravagantemente iluminado por néon de Dotomburi,<sup>41</sup> coroando o edifício de granito preto com quatro torres de vidro monumentais, relembrando o trabalho dos expressionistas alemães. O comercialismo frágil de Takamatsu contrasta bruscamente como o trabalho de Ando, em particular como os seus templos e igrejas que reinterpretam a longa tradição da luz natural espiritual associada aos primeiros edifícios religiosos. Para Ando, o uso simples de iluminação brilhante cria o foco, o drama e a tranquilidade do espaço. A Igreja da luz, em Osaka (1989), manifestou uma imagem elementar poderosa da luz na forma de uma janela cruciforme.



Fig.87 Tower of the winds.

O trabalho de Ito, volta a ser diferente, sublinhado por uma tendência mais europeia de criar edifícios que trabalham com a luz natural e artificial num progressivo caminho abstracto. The Tower of the Winds, em Yokahama (1986) e mais tarde, Egg of the Winds, em Tokyo (1991), foram formas simples construídas em alumínio perfurado que, quando expostas à luz pelo exterior, dão uma aparência de sólido e,

<sup>41</sup> Dotombori é um símbolo da área Minami, conhecida como a Meca da cultura alimentar kuidaore ("comer até cair") em Osaka e também pelos seus espaços de diversão nocturna exageradamente iluminados por néon.

quando pelo interior, tornam-se transparentes. Ito também emprega iluminação cinética ou exposições de vídeo que atraem o espectador a um nível abstracto, fornecendo assim um vislumbre do próximo século, utilizando as visões pioneiras de Maholy-Nagy.



## Capítulo II

# A luz natural e o projecto de arquitectura

*“Space and light and order. Those are the things that men need just as much as they need bread or a place to sleep.”*

Le Corbusier





## Considerações chave na conceptualização arquitectónica

*“O processo criativo em arquitectura, obedece a uma serie de factores intervenientes que agem como “estímulos”, como agentes catalisadores de acontecimentos científico-artísticos chamados de “ideias”. Estas, por sua vez, são representações mentais de um objecto que se materializa através das imagens projectadas. Todo esse processo depende do conhecimento acumulado e previamente assimilado, enfim, da cultura geral do arquitecto.”<sup>42</sup>*

Paulo Marcos Barnabé

À medida que aumenta a complexidade das relações e referências na conceptualização arquitectónica, cresce também o número de decisões a ser tomadas. Os recursos disponíveis para as análises referem-se a conhecimentos específicos que intervêm cada qual com um determinado peso e são dependentes do arbítrio do arquitecto. Esse facto confere um carácter subjectivo às decisões, justificando o facto de não existirem dois projectos iguais. Por mais semelhantes que sejam os métodos e os parâmetros adoptados, as soluções tomadas pelos arquitectos, são actos pessoais que reflectem a sua leitura, e a valorização de algumas premissas em detrimento de outras.

Nesse sentido, o processo de concepção em arquitectura depende fundamentalmente da opção por parâmetros que orientam o projecto. Um desses parâmetros é a luz natural, e de uma forma geral, todos os

<sup>42</sup> BARNABÉ, Paulo Marcos - **A luz natural como diretriz de projeto para a concepção do espaço e da forma na obra dos arquitectos modernos brasileiros – 1930/60**. Tese de doutorado, São Paulo: FAU-USP, 2005, p.4.

arquitectos consideram-na no processo de concepção arquitectónica, mas nem todos conseguem torna-la na geratriz de elementos formais e espaciais que agreguem “valor” ao objecto construído e limitam-se ao simples acaso de jogos de luz e sombra. Há ainda que referir todas as possibilidades funcionais, estéticas, poéticas e simbólicas do uso da luz natural, tão bem evidenciadas em arquitecturas notáveis como as de Le Corbusier, Alvar Alto e Louis Kahn; sem o qual não poderia existir arquitectura.<sup>43</sup>

Desta forma, a luz natural sendo um elemento fundamental no processo criativo do projecto arquitectónico, é impossível desconsidera-la. Usa-la como matéria-prima na conceptualização arquitectónica, para definir relações formais, espaciais e perceptivas, tendo-a como orientação dos elementos construídos, resultará certamente na melhoria do ambiente construído. O sentido final sobreporá aos aspectos apenas visuais, ajudando a modificar os hábitos de perceber as coisas isoladamente no espaço, para passar a identifica-las como parte de um acontecimento que absorve o mundo tecnológico, mas também dá prioridade ao mundo perceptivo em que outros sentidos participam. Resgata-se assim, as relações pessoais no vivenciar da arquitectura e do seu contexto físico-cultural.

Sabe-se portanto, que não existe qualquer objecto arquitectónico desvinculado da luz natural, pois todo volume projecta sombra sob a luz. Mas a questão que aqui se quer enfatizar, é defender a valorização arquitectónica através do uso consciente da luz natural como directriz de projecto, mesmo que outros parâmetros, façam parte das premissas que definem a sua concepção.

Mas adoptar a luz como orientação de projecto, não implica desconsiderar outros importantes parâmetros fundamentais ao desenvolvimento do projecto, como alguns aspectos ligados ao local e sua envolvente, às necessidades programáticas, aos sistemas

<sup>43</sup> KAHN, Louis apud NORBERG-SHULZ, Cristian – **Louis Kahn: Idea e imagem**. Madrid: Xarait, 1981, p.12.

construtivos, e aos elementos que propiciam o conforto ambiental. Utilizar a luz natural como matéria-prima implica, antes de mais, tornar esse elemento num gerador de propostas, tendo a consciência que isso, envolverá uma serie de outras tantas condicionantes directamente relacionadas a este tema como, por exemplo, as considerações climáticas do lugar; a mutabilidade das características luminosas do edifício – aberturas, filtros, materiais, texturas e cores; o diálogo entre interior e exterior, entre as áreas iluminadas e sombrias, etc. Assim, iluminar não significa somente dar a justa medida de luz a um ambiente, mas a possibilidade de modificar e controlar a luz.

Neste contexto, este capítulo delinea considerações a ter em conta no processo conceptual do projecto arquitectónico, abordando a importância da relação entre luz, lugar, clima e forma, mostrando as vantagens da integração da luz natural nos ambientes do edifício, contribuindo para o conforto e a aceitação do ocupante.



## 2.1.1

### Luz / Espírito do lugar

O espírito de um lugar, o *genius loci*, pode ser caracterizado sensitivamente pela sua luz. Pois, cada lugar tem a sua, e é diferenciada pelas suas características geográfica, o que torna cada lugar memorável quanto à sua qualidade de luz. Mas só alguns arquitectos, conseguem captar essa essência e são hábeis na evocação de um lugar pela sua luz.

Interligado á relação entre luz e espírito de um lugar está sempre a relação entre luz e cultura. Como exemplo, Junichiro Tanizaki explora a conexão entre luz e cultura no seu livro Elogio da sombra, no qual, explica a preferência tradicional do povo japonês por sombras e escuridão.

*“De facto, a beleza de uma divisão japonesa, produzida unicamente por um jogo sobre o grau de opacidade da sombra, dispensa quaisquer acessórios. O ocidental, vendo isso, fica surpreendido com este despojamento e julga tratar-se apenas de paredes cinzentas desprovidas de qualquer ornamento, interpretação perfeitamente legítima do seu ponto de vista, mas que prova que ele não conseguiu desvendar o enigma da sombra.*

*Quanto a nós, não contentes com isto, no exterior dessas divisões onde os raios de sol já penetram com muita dificuldade, projectámos um grande beiral, fixámos uma varanda para afastar ainda mais a luz solar. E por fim, no interior da divisão, os shôji deixam apenas entrar um reflexo filtrado da luz devolvida pelo jardim.*

*Ora, é precisamente nessa luz indirecta e difusa que se encontra o factor essencial da beleza das nossas residências.”<sup>44</sup>*

As portas painel de papel de arroz, conhecidas como *shoji*, são somente uma peça num complexo conjunto de partes da casa tradicional japonesa, à qual, foi desenhada para criar conforto na mais difícil época - o quente e húmido verão. No exterior, o telhado pende da casa, protegendo o interior da exposição directa do sol, luz e calor. Jogos de *shoji* formam o perímetro, e alternadamente abertos e fechados esses painéis, fazem a ventilação cruzada das brisas de verão, ou protegem contra os ventos frios do inverno. Mas o *shoji*, transmite também uma leve e mutável luz que cria as sombras interiores descritas por Tanizaki. Painéis interiores de correr chamados *fusuma* - cobertos com várias camadas de papel denso que transmitem menos luz - são usados em locais onde a transmissão de luz não é tão importante.

Mas, o *shoji*, não melhora todas as condições, pois não bloqueia o som. Quando há necessidade de privacidade, existe distinção psicológica entre áreas separadas por essas partes que servem como uma regra diária de convívio. Esta barreira psicológica é expressa na palavra *Kekkai*, à qual era originalmente uma repartição do perímetro, semelhante a um portão que separava a área de visitantes do santuário nos templos. É um objecto físico que representa uma barreira psicológica. Desta forma, o *shoji* é também uma barreira psicológica para a transmissão de sons, e se não se pode escutar algo, então não se escuta, como afirma Tanizaki.

No inverno, os painéis exteriores somente exercem a função de protecção mínima do frio, pois devido à fragilidade do papel de arroz, os *shoji*, necessitam de ser reparados duas vezes por ano, tradicionalmente na Primavera e no Outono. Com todos esses rituais associados, os *shoji*

<sup>44</sup> TANIZAKI, Junichiro – **Elogio da sombra**. Lisboa: Relógio D'Água Editores, 1999, p. 31-32

estão ligados à cultura e às condições térmicas, como também à qualidade da luz. Os *shoji*, podem ainda não ser compreendidos como um simples elemento que controla a qualidade de luz, mas podem ser compreendidos na sua totalidade de padrões numa casa tradicional japonesa.

Contudo, cada lugar tem uma luz própria e esta que caracteriza o lugar, acompanha dois aspectos distintos: o lugar por si só, com as suas particularidades físicas e as características que determinam como ele difere num dado momento em relação a outro lugar; e o conjunto particular de mudanças que ocorrem durante o tempo, criando padrões distintos diurnos e mudanças sazonais. Em particular quando vivemos num lugar, sabemos os ciclos de luz e escuridão, céu limpo e encoberto, e céu claro e sombrio.

As condições particulares de céu, são repetidas ao redor do mundo mas em diferentes períodos do dia e ano. Por exemplo, um dia de verão com o céu limpo em Londres pode ter a mesma aparência que um visto em Lisboa, no inverno. Desta forma, o acompanhamento de determinadas condições de céu, compõem os modelos típicos da luz do sol e céu que esperamos em cada lugar. Mas além dos modelos regionais das condições de céu típico, estes lugares conservam a sua própria identidade dentro da região em questão. Por exemplo, pessoas que vivam no lado leste de uma montanha presenciam a experiência do nascer do sol mais cedo, mas conseqüentemente um pôr-do-sol também mais cedo, enquanto moradores do lado oeste, experimentam amanheceres mais tarde, bem como o respectivo pôr-do-sol; Ou pessoas que vivam em vales experimentam um período mais curto de luz directa do que aqueles que moram no pico das montanhas; Ou ainda moradores de uma costa leste de um continente assistem ao nascer do sol olhando o oceano, enquanto moradores da costa oeste com o mesmo cenário vêem o pôr-do-sol. Essas diferenças e algumas mais podem incentivar os



hábitos e rituais estabelecendo um ritmo diário como, por exemplo, assistir ao pôr-do-sol no oeste e ao nascer no leste.

Desta forma, cada lugar e cada perspectiva de um lugar, são assim definidos unicamente por inúmeras combinações que se revelam pela luz. Essa luz modela a perspectiva de uma edificação e também a luz que entre nela.





## 2.1.2 Luz / Clima

A mãe natureza fornece ao homem, alimentos, água, oxigênio e todos os bens essenciais para a vida na Terra. Contudo, isso não basta para assegurar a sua sobrevivência. As condições climatéricas, nas mais distintas regiões do mundo, podem variar muito e serem bastante severas para os seres humanos. O próprio corpo humano, tem desenvolvido as suas estratégias (como a pigmentação), para estar bem preparado na luta pela sobrevivência. Mas a protecção mais importante contra condições externas desfavoráveis, ainda são as roupas e as habitações.

Por todo mundo, as habitações têm de cumprir as mesmas necessidades básicas: protecção e conforto. No entanto, as formas e elementos tipológicos dos edifícios variam de uma região para a outra e dependem ainda dos materiais locais disponíveis e das condições climáticas predominantes. Não foi por acaso que homens de diferentes continentes e culturas, diante de situações climáticas similares, chegaram separadamente a soluções idênticas, todavia, desenvolvendo formas de construção específicas para cada região.

Desta forma, o clima actuando sobre o homem e os edifícios, é um dos elementos mais importantes do conjunto de factores que compõem um lugar. Conforme Ferreira, “o clima é o conjunto dos elementos que, na sua sucessão habitual, no curso de um determinado período, caracterizam a atmosfera e concorrem para dar a cada ponto da Terra sua individualidade.”<sup>45</sup>

<sup>45</sup> FERREIRA apud MACIEL, A – **Projecto bioclimático em Brasília: Estudo de caso em edifícios de escritórios**. Dissertação de Mestrado, UFSC, 2002. p. 8. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/publicacoes/dissertacoes.php>>. Acesso em Abril de 2009.

No entanto, o clima influencia também a iluminação natural, e a interacção entre luz e clima é multidimensional, pois o clima, afecta as pessoas, os seus hábitos e rituais. Tem a ver com o espírito do lugar, com o conforto térmico e também com a cultura. O carácter da luz, ritmos e cores, é um dos grandes contributos do *genius loci*.<sup>46</sup> Por isso, a luz desempenha um papel duplo no aperfeiçoamento das condições térmicas num edifício. Primeiro, a luz pode criar um contraponto visual a ele, atenuando a dura realidade de difíceis circunstâncias ambientais como o calor ou o frio, mas também a maneira como a luz penetra no edifício, produzindo uma reacção psicológica.

Geralmente, a luz é evitada em climas quentes enquanto é bem-vinda em climas frios. Mas onde se torna extremamente frio, é criada uma batalha entre a dupla necessidade de excluir o frio e admitir a luz. Em climas temperados, há poucas restrições térmicas e a interacção entre o interior e o exterior é geralmente maximizado. Por outro lado, altitudes altas reflectem distintos verões e invernos; a variação sazonal de luz natural, também é menos aparente em baixas altitudes. Daí, a estratégia adoptada por arquitectos em altas altitudes, onde a luz natural no Inverno é baixo, passa por maximizam a entrada de luz natural nos edifícios, redireccionando a luz natural nos edifícios através de regiões do céu que disponibilizam mais luz. Por contraste, nos trópicos onde o nível de luz natural é alta durante o ano todo, a estratégia passa normalmente pela prevenção do aquecimento, restringindo as aberturas de luz natural no edifício.

Essa luta entre o aspecto térmico e a admissão de luz das janelas, já foi outrora resumida por Le Corbusier numa discussão que ele chamou de, *Les problèmes du soleil*, onde afirma, “a história da janela é também arquitectura... pelo menos uma das características da história da arquitectura.”<sup>47</sup>

<sup>46</sup> HESCHONG, Lisa See – *Thermal delight in architecture*. Cambridge, Massachusetts: The M.I.T. Press, 1979, p. 50-72.

<sup>47</sup> BOESIGER, Willy (ed.) – *Le Corbusier: Oeuvre complete, 1938-1946*. Zurich: Les Editions d'Architecture, 1946, p. 103.

Assim, a identificação de condições climatéricas sazonais, condições de clima prevaletentes, especialmente temperaturas ambientes e probabilidade de luz solar, são o primeiro passo. Estudar o clima e a disponibilidade de luz natural no local de intervenção, é a chave para entender as condições operacionais da fachada de um edifício. No entanto, como a disponibilidade de luz natural depende fortemente da latitude, e a orientação do edifício também influencia fortemente, cada fachada requer um estudo diferente. Desta forma, o desenho da solução da fachada deve reflectir-se no resultado de todas estas questões devidamente estudadas.

Contudo, há ainda vários aspectos térmicos ligados à introdução da luz nos edifícios a considerar. Áreas envidraçadas, por exemplo, oferecem pouca resistência ao calor e ao frio, além de gerar perdas de calor para o exterior principalmente em climas frios e durante o inverno. Mas vidro também admite calor junto com a luz solar directa e então conserva-o no interior – o chamado “efeito estufa.” Fontes de luz como o fogo, gás ou luz artificial também introduzem calor no interior de edifícios. Ou seja, admitir calor no interior destes, traduz-se naturalmente num aumento da carga térmica e numa necessidade de refrigeração adicional, principalmente em climas quentes e nos períodos de verão. Mas refrigeração pode ser também necessária no inverno em edificações onde existem grandes cargas térmicas internas devido a concentração de pessoas, equipamentos geradores de calor e luz artificial.

Desta forma, é da responsabilidade do arquitecto saber criar um equilíbrio, tanto visual como psicológico entre estes factores, e o estudo de arquitectura vernacular e casos de edifícios bem sucedidos, é assim uma boa maneira para entender a relação entre clima e o desenho do edifício.



## 2.1.3 Luz / Espaço / Forma

*“Our eyes are constructed to enable us to see forms in light”<sup>48</sup>*

Le Corbusier

Uma vez que a arquitectura trabalha com formas, a percepção destas será revelada pela luz, esculpindo-a. A relação entre cada parte no todo, é importante para informar à nossa percepção a construção visual do lugar, estabelecendo relações entre a luz e os elementos arquitectónicos envolvidos. Jogos de planos, ondulações, depressões, relevos, texturas e materiais resultam em superfícies que se acentuam e se diferenciam através de gradientes de luminosidade.

Para Tadao Ando,<sup>49</sup> forma e espaço são dois elementos fundamentais na arquitectura. A forma é concreta e procurar o seu fascínio, significa procurar o que é visivelmente interessante ou satisfatório. No entanto, o interesse visual limita-se ao estímulo da retina e raramente inspira o coração. O espaço, ao contrário da forma, está relacionado não apenas à visão, à audição ou a outro dos nossos cinco sentidos, mas também a sensações subjectivas. O espaço é domínio privado de expressão da arquitectura.

A definição do espaço arquitectónico iluminado poderá ser compreendida sob diversos aspectos. Por exemplo, a luz pode definir diferenças entre interior e exterior, enfatizar ligação ou separação, indicar orientação, definir áreas com tarefas diferentes e poderá sugerir movimento. “A arquitectura não pode evocar a nossa reacção emocional

<sup>48</sup> CORBUSIER, Le *apud* ETCHELLS, Frederick – **Towards: A new architecture**. New York: Praeger Publishers, 1974, p.8.

<sup>49</sup> ANDO, Tadao *apud* FURUYAMA, Masao – **Tadao Ando**. 4ª ed. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, SA, 2000, p.12.



valendo-se apenas da consistência lógica. Para que a geometria desperte emoção, é necessário um tipo de dinamismo que possa destruir a consistência lógica, exigindo o drama da diversidade e do conflito. (...) É você quem sente uma reação interna crescer lentamente quando uma ordem geométrica estática adquire uma presença dinâmica na sua consciência. Despertar emoções é um resultado da arquitectura.”<sup>50</sup>

Segundo Bruno Zevi,<sup>51</sup> “a arquitectura bela será, a arquitectura que tenha um espaço interno que nos atraia, nos eleve, nos subjugue espiritualmente; já a arquitectura feia, será aquela que tenha um espaço interno que nos enfatize e nos repele. Mas o mais importante é estabelecer que tudo o que não tem espaço não é arquitectura.” Assim, pode-se dizer que o espaço interno é o espaço que se põe, que se cria ou se encaixa na forma e, somente nela, encontra a sua expressão e medida.

Mas, quando se pensa em espaço interior, também espera-se que ele sirva de abrigo da claridade ofuscante do sol e da escuridão da noite, fornecendo uma experiência diferente do exterior. Os elementos climáticos tais como calor, frio, chuva, neve, e vento, precisam ser excluídos do ambiente interior para deixá-lo confortável para a habitação humana, mas por outro lado, a luz é desejada. Criar uma clausura que forneça luminosidade suficiente e ao mesmo tempo, condições térmicas que satisfaçam o clima da região, será sempre um desafio.

Contudo, a luz pode definir diferentes espaços dentro de uma grande área. A hierarquia de ambos os tipos de luz – natural e artificial – e a organização da iluminação acentuam a identificação de tarefas distintas. Fenómenos naturais, como a luz, surgindo dentro de espaços que apresentam simplicidade das formas, estimulam e inspiram nossa consciência. Essa luz transforma o espaço uniforme em espaço

<sup>50</sup> *Ibidem*, p.10.

<sup>51</sup> ZEVI, Bruno – **Saber ver a arquitectura**. São Paulo: Martins Fontes, 1998, p.28.

dramático, onde “luz e sombra concedem movimento, diminuindo a tensão e injectam corporalidade no espaço geométrico.”<sup>52</sup>

Dentro de um edifício, as salas podem ser separadas uma das outras fisicamente, e também podem ser conectadas pela luz através de divisórias envidraçadas e iluminação zenital. Esse aproveitamento da luz natural reduzirá a necessidade de luz artificial e, conseqüentemente, contribuirá com a conservação de energia.

Assim, todos os modos de expressar o espaço através da luz, seja definido o limite entre o interior e o exterior, revelando estruturas, definindo áreas ou induzindo movimento, criam experiências ricas visuais e revelam formas que não seriam percebidas com a ausência da luz. A criação de ritmos e movimentos é possível de ser acentuada quando se estabelece uma relação entre luz e forma, claro e escuro, enfatizando e revelando a riqueza dos elementos arquitectónicos, criando dramaticidade.

A modulação das estruturas induz ao movimento através da alternância entre luz natural e sombras, entre claro e escuro, criando uma experiência rica de percepção visual. As variações de luz ou de tom são meios pelos quais se distingue opticamente a complexidade da informação visual do ambiente. Já dizia Louis Kahn sobre estruturas na arquitectura: “(...) a estrutura é quem molda a luz. Quando se tem uma ordem de estrutura formada por coluna junto à coluna, estas apresentarão um ritmo de luz, não luz, luz, não luz.”<sup>53</sup>

Um outro modo de compreender espaços pela luz seria através da direccionalidade, isto é, a luz que dirige o olhar do observador de um ponto ao outro, induzindo um caminho ou uma direcção. Muitas vezes, ela também auxiliará trazendo mais dinamismo a espaços que tenham simplesmente a função de passagem. Quando manipulamos a luz, manipulamos também nossa percepção do espaço arquitectónico. O espaço é o resultado da totalidade do sistema de percepção. Uma

<sup>52</sup> ANDO, Tadao *apud* FURUYAMA, Masao – *op.cit.*, 200, p.12.

<sup>53</sup> LOBELL, John – *Between silence and light*. Boston: Shambhala, 2000, p.34.

mudança nas condições de iluminação de um ambiente significa uma mudança na nossa percepção.

Uma vez entendido o processo de compreensão do espaço, daqui procede à forma. Louis Kahn,<sup>54</sup> considera que a forma não é a conformação visual. A conformação é uma questão de desenho, que por sua vez dá sentido ao que a forma sugere. Esta é revelada como a natureza de algo e o desenho, num determinado ponto, recorre aos elementos da natureza, fazendo entrar em acção a luz, para a pôr em evidência. Este recorrer à matéria, “que é o fazer, esta criação de presenças,”<sup>55</sup> é o elemento que introduz o mensurável nas diferentes obras de arquitectura.

Contudo, as diversas experiências durante as gerações passadas, encontradas em tipos de edifícios diferentes, resultaram numa tipologia da forma do edifício e num esquema de desenho, em consonância com os seus diferentes usos. Esses esquemas, geralmente continham estratégias de luz natural, na qual, os arquitectos aprendiam com os erros do passado.

O desenho da luz natural e o desenho do edifício, podem emergir em diferentes graus. Em alguns edifícios como as igrejas, a estratégia de desenho da luz natural e edifício são quase idênticas; em edifícios onde a organização de áreas é complexa, a luz natural deve ser tratada como um organizador de outros aspectos. Desta maneira, quanto mais a luz natural for um factor de geração de desenho, mais a estratégia de luz natural é uma estratégia arquitectónica.

Segundo a IEA, um dos primeiros passos no planeamento da luz natural, deverá ser a criação de uma lista das áreas estabelecidas no programa e determinar as suas necessidades. O nível de iluminação

<sup>54</sup> KAHN, Louis *apud* NORBERG-SCHULZ, Christian – *Idea y imagen*. Madrid: Xarait Ediciones, 1990, p. 78.

<sup>55</sup> KAHN, Louis *apud* LATOUR, Alessandra – *Writings, lecture, interviews*. New York: Rizzeli, 1991, p. 252.

natural necessário e o grau de controlo do ambiente visual, são dos critérios mais importantes.<sup>56</sup>

Os parâmetros de desempenho são normalmente critérios de desenho objectivos; contudo, a qualidade dos espaços não pode ser expressa em termos puramente qualitativos. O trabalho de arquitectos como Alvar Aalto, Le Corbusier e Louis Kahn, mostra como usar características de desenho arquitectónico para criar espaços impressionantes com a luz natural.

Desta forma, o aspecto final do desenho do edifício determina estratégias de iluminação natural e o potencial da luz natural em todas as áreas do edifício; por isso, os parâmetros de desempenho devem ser verificados durante a fase de conceptualização inicial. Suposições incorrectas sobre a distribuição da luz natural dentro de um espaço, resultarão num desempenho fraco de iluminação natural.

<sup>56</sup> INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA) – **Daylight in buildings. A source book on daylighting systems and components**. Washington, 2000. 2º cap., p. 4.



## Estudo de caso: Centro Cultural Jean-Marie Tjibaou Nouméa - Nova Caledónia, 1991-1998, Renzo Piano

*"In the quest for identity, you must always look forwards,  
never backwards... our identity lies ahead of us"*<sup>57</sup>

Jean-Marie Tjibaou

Jean-Marie Tjibaou acreditava no futuro e suas possibilidades. Ele incitou o seu povo a abraça-lo e encontrar o seu sentido, num equilíbrio perfeito entre a historia do povo Kanak e os caminhos do mundo moderno.

Isto, contudo não foi uma simples proposição e possivelmente nunca será. O povo Kanak, entende a vida em harmonia com a terra, vento e céu, a sua cultura é principalmente expressa pelos trabalhos da natureza,<sup>58</sup> ainda que eles quisessem ser reconhecidos como uma cultura contemporânea. Embora, esperando ensinar ao mundo as suas tradições, crenças e arte, o povo Kanak quis um centro cultural para que o mundo encontre um lugar, tanto fundado nas suas raízes como ao mesmo tempo achar o seu lugar num mundo moderno, como Jean-Marie Tjibaou tinha sonhado.

Num projecto destinado a homenagear a cultura tradicional *Kanak*, com uma linguagem contemporânea, Renzo Piano desenvolveu uma verdadeira investigação antropológica e de procura do *genius loci*. Foi o escolhido e ganhou o direito de conciliar a natureza e a tecnologia.

<sup>57</sup> FIRTH, Melitta – **Between remembering and forgetting**. Disponível em: <<http://www.artwrite.cofa.unsw.edu.au/9918/firth.html>>. Acesso em Abril 2009.

<sup>58</sup> BLASER, Werner – **Renzo Piano: Centre Kanak**. Basel: Birkhäuser, 2001, p.97.



Fig.93 Ritual da civilização Kanak.



Fig.94 Modelos de construção Kanak.



Fig.95 Vista aérea do promontório.

Ele sentiu, que podia realizar esta obra encontrando a personalidade do lugar, o seu contexto através de uma profunda compreensão da cultura local, edifícios e natureza. E em vez de introduzir padrões de edifícios universais, ele quis produzir uma relação simbiótica com o vernáculo. Portanto ele propôs que, a universalidade verdadeira na arquitectura pudesse ser alcançada só pela relação com as raízes, gratidão pelo passado e o respeito pelo *genius loci*.

Desta forma, criar uma arquitectura que genuinamente se exprima entre a afirmação dos velhos valores, e a exploração do novo espírito do tempo,<sup>59</sup> é o seu objectivo. Contudo, a falta de conhecimento e experiencia acerca do povo Kanak, poderia ter sido um problema, mas foi a charneira no projecto, pois ele sentiu-se como uma ardósia limpa sem qualquer veio, livre de influências políticas, ou de conceitos de desenho pré-determinado, como ele afirma. Então, entender como a cultura nasceu, porque seguiu determinada direcção, e que filosofia de vida tomou,<sup>60</sup> ajudou a criar um lugar que representa os Kanak perante os seus visitantes e transmitirá a sua memória às gerações vindouras.<sup>61</sup>

*“Men, places, programs are diverse, so why should architectures be all the same?”<sup>62</sup>*

Renzo Piano

Do estudo de fotos e desenhos, fica evidente o respeito pelo lugar e o povo Kanak. Primeiro que, o acesso ao complexo é feito por trilhos pelo lado norte e através de uma serie de jardins, permitindo assim uma apresentação da cultura Kanak aos visitantes pela natureza, principalmente a vegetação específica da região. Formado por dez espaços de dimensões e funções diversas, o conjunto agrupa-se como as casas de um povoado com trilhos, integrado na linha natural do

<sup>59</sup> *Ibidem*, p.21.

<sup>60</sup> PIANO, Renzo – *Logbook*. New York: The Monacelli Press, 1997, p.174

<sup>61</sup> *Ibidem*.

<sup>62</sup> PIANO, Renzo – *Sustainable architectures*. Barcelona: GG, 2002, p.58.





Fig.97 Vista da entrada através de trilhos



Fig.98 Circulação exterior do auditório.



Fig.99 Biblioteca.



Fig.100 Sala de exposições.

promontório, com espaços verdes comuns e um constante diálogo com o Oceano Pacífico.



Fig.96 Representação gráfica do "povoado," com a divisão das vilas.

O próprio centro cultural é dividido em três grandes espaços que são considerados vilas que organizam o "povoado," sendo ainda subdivididas em três grupos, invocando a organização de uma aldeia tradicional no desenho dos elementos principais do programa. O primeiro, foi organizado com uma sala de exposição permanente sobre a cultura Kanak, um espaço para exposições temporárias, um auditório e um anfiteatro ao ar-livre; o segundo, composto por laboratórios de investigação, sala de conferências e uma biblioteca; e a terceira, tem espaços para actividades artísticas como musica, dança, escultura e pintura. As dez construções dialogam constantemente com a vegetação de árvores e arbustos, orientadas com as costas viradas para o mar para aproveitar a brisa na ventilação e favorecer a coesão do conjunto no exterior.



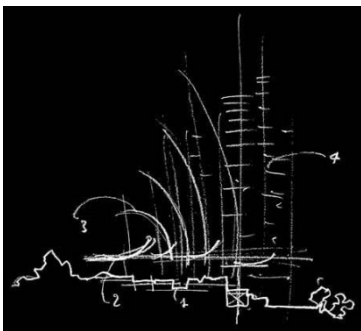


Fig.102 Estudo da forma em concha.

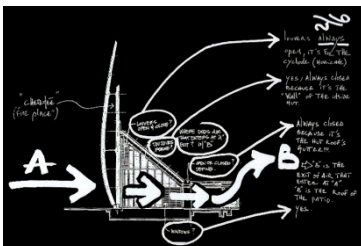


Fig.103 Princípio da ventilação natural.

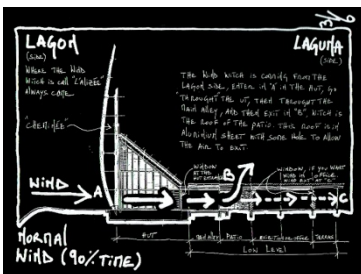


Fig.104 Ventilação com ventos frequentes.

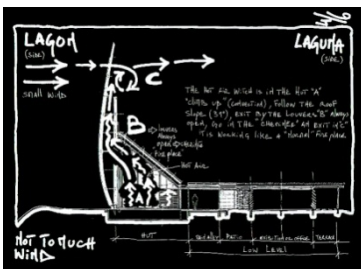


Fig.105 Ventilação com pouco vento.

As fachadas exteriores e a forma principal em palma dos edifícios, evocam de forma intencional imagens das tradicionais cabanas de fibras naturais, bem como as fundações que parecem estar enraizadas no solo. O ripado, sugere uma estrutura leve que paira por cima da terra, dando a sensação de tocar o céu. Mas essencialmente, a fachada é uma pele dupla que fornece um grande espaço de ar entre a estrutura de madeira exterior e os panos de vidro das galerias, formando o “efeito de pilha”. Durante o dia, o ar quente aumenta no exterior enquanto o ar fresco vindo do mar, foi pensado para renovar. O ar fresco desce e passa a espaços adjacentes em superfícies baixas, consequentemente trazendo a brisa para a lagoa.

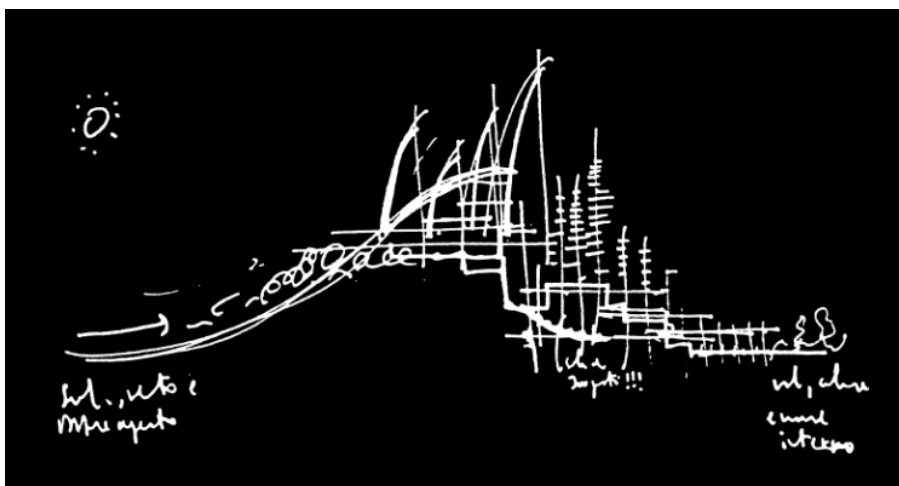


Fig.101 Representação esquemática da relação dos ventos predominantes com o promontório/forma do edifício.

Mas, provavelmente o atributo mais forte do Centro Cultural Tjibaou, foi a clara articulação e manipulação da tipologia bio-climática da região, para realizar um alto nível do conforto humano. Reconhecida a necessidade de arrefecimento passivo, o programa inteiro fica ditado pela orientação do sol e vento, e a forma das fachadas onde é criada não uma máscara estética, mas um sistema passivo que funciona. O estudo

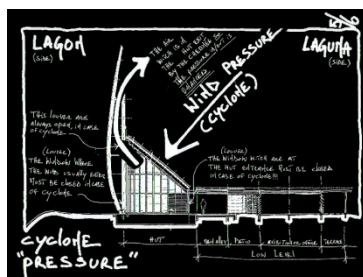


Fig.106 Ventilação ventos alta pressão.

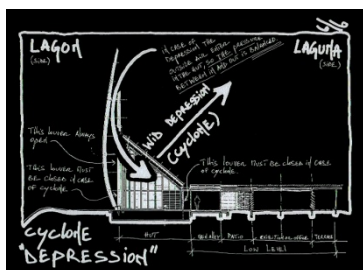


Fig.107 Ventilação ventos baixa pressão.



Fig.108 Cobertura com pele dupla.

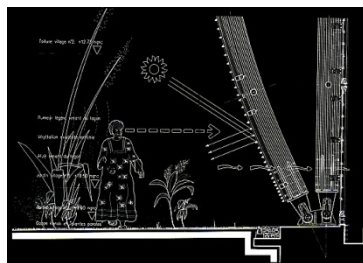


Fig.109 Concha funciona como pele

de tempestades das monções sazonais num túnel de vento, determinou que a curva parecia a uma concha, fosse a melhor solução para resistir a forças de 240Km/h e criou uma “voz” ao edifício.

As texturas e a ideia de uma pele de fibras naturais, são também interpretadas por Renzo através de persianas horizontais e verticais. Isto é uma imitação convincente dos telhados de palma cobertos com palha.

O telhado da estrutura curvada, também actua como um pele dupla, onde o ar pode circular livremente. As aberturas numa das conchas foi desenhada para explorar os ventos de monção que vem do mar ou induzir as correntes de convecção desejadas.<sup>63</sup> Dependendo da força do vento, de uma brisa leve ou uma tempestade forte, as clarabóias abrem-se ou fecham conseqüentemente, mantendo assim a pressão da área equilibrada. Essencialmente o edifício trabalha para encontrar continuamente um equilíbrio com a natureza. O sombreamento é também um factor importante na capacidade do desenho em arrefecer os espaços, principalmente pelo uso de varandas e ajardinamento dos caminhos, saguões e jardins que mantém fresco e confortável o ambiente. Tudo parece ajustar-se em conjunto, produzindo um projecto harmonioso que exprime a história da cultura Kanak num formato contemporâneo.

Numa escala mais vasta, os princípios gerais usados no Centro Cultural Jean-Marie Tjibaou, são comuns a muitos outros arquitectos e adaptáveis a diversos climas. Contudo, sem a determinação particular dos ventos oceânicos omnipresentes neste caso, o êxito deste sistema, seria praticamente nulo. Desta forma, os princípios básicos do arrefecimento passivo, protecção solar adequada e sombreamento vegetativo, que são práticas em qualquer zona climática onde o arrefecimento de espaços interiores é uma preocupação, deverão ser sempre as directrizes fundamentais de projecto.

<sup>63</sup> Renzo Piano Building Workshop, disponível em: <[http://rpbw.org/frame\\_works.html](http://rpbw.org/frame_works.html)>. Acesso em Abril de 2009.



Fig.110 Implantação.

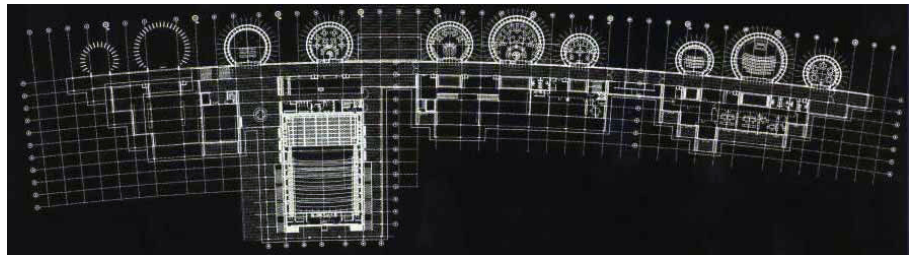


Fig.111 Planta térrea do "povoado."

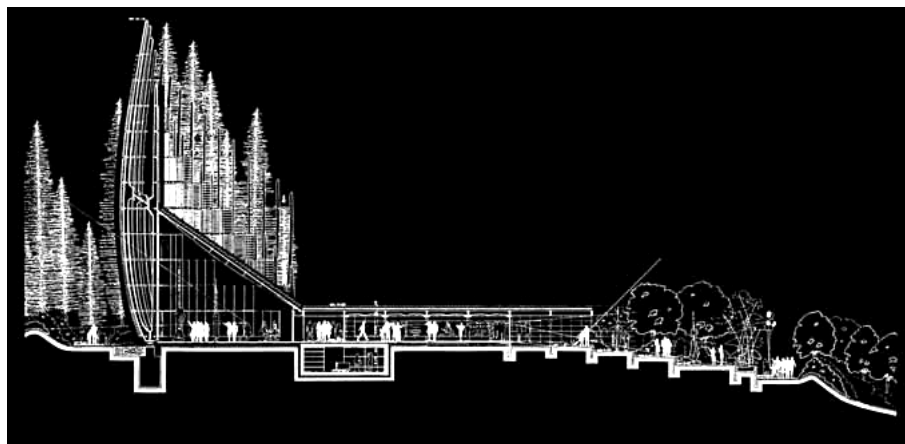


Fig.112 Corte transversal pela sala de exposições, mostrando a relação edifício/natureza.

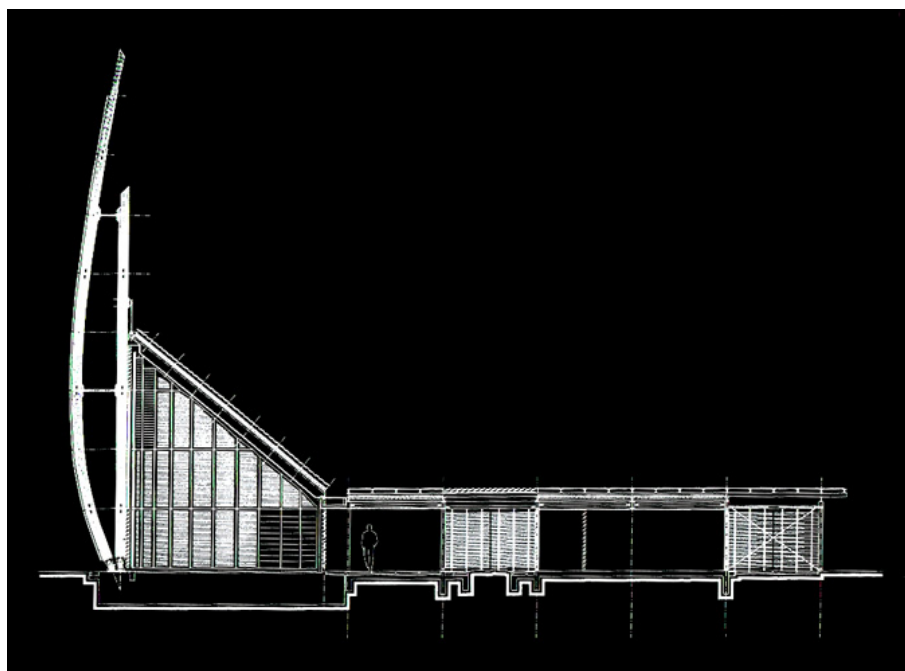
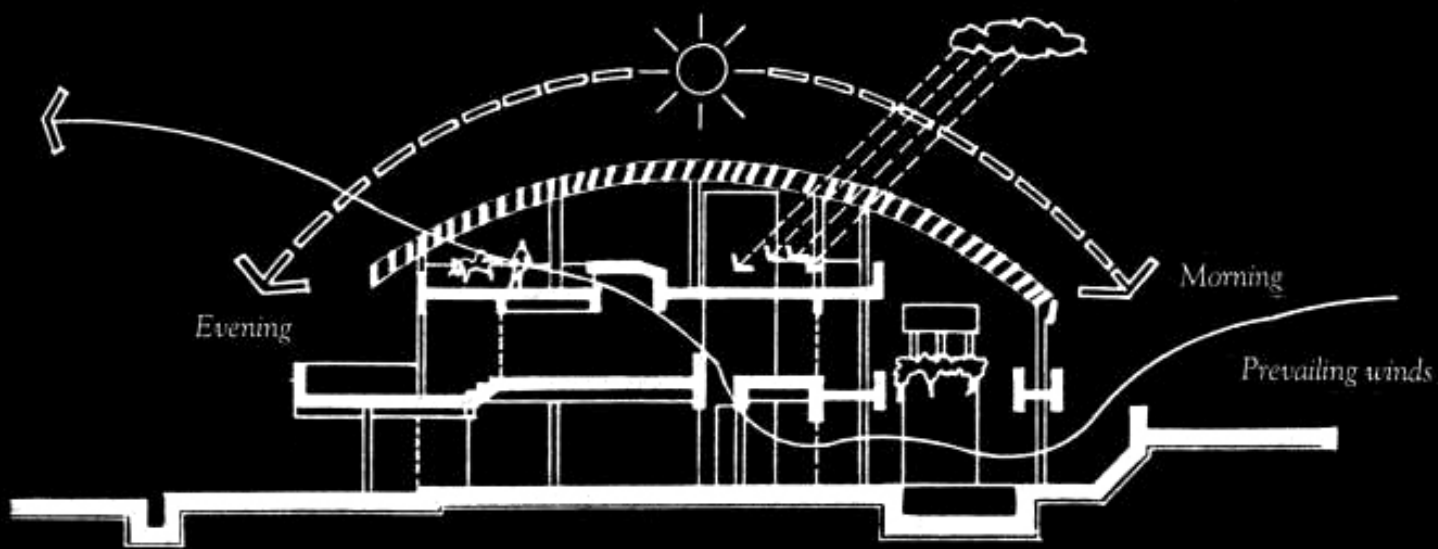


Fig.113 Corte transversal pelos espaços destinados a actividades artísticas, mostrando a relação espaço Interior/Saigão/varanda, como elemento de controlo térmico.



## Luz natural e o projecto arquitectónico

A luz natural proveniente do sol, é um elemento climático que precisa ser trabalhado através de soluções arquitectónicas do edifício, para que, a sua presença no interior não se torne incómoda. Um bom projecto de iluminação natural usufrui e controla a luz disponível, maximizando as vantagens e reduzindo as desvantagens. Assim, as principais decisões a ser tomadas a este respeito, devem ser tomadas nas etapas iniciais do projecto arquitectónico.

De acordo com a International Energy Agency (IEA),<sup>64</sup> o projecto arquitectónico e as estratégias de iluminação natural são inseparáveis e, o projecto de luz natural, tem início na identificação da melhor localização do edifício e continua até à sua ocupação. Este planeamento tem diferentes objectivos em cada etapa do projecto do edifício e pode ser dividido nas seguintes fases distintas:

**Fase conceptual:** desde a criação do estudo preliminar, o projecto da luz natural influencia ou é influenciado pelas decisões básicas da forma, proporções e aberturas do edifício, bem como sobre a integração e o papel dos sistemas construtivos.

**Fase de projecto:** ao longo do desenvolvimento do projecto do edifício, estratégias de luz natural vão sendo concebidas para as diferentes partes do edifício. As fachadas e acabamentos de interiores assim como a selecção e integração dos diversos sistemas a serem implantados,

<sup>64</sup> INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA) – **Daylight in buildings. A source book on daylighting systems and components.** Washington, 2000. 2ª cap., p. 2.

incluindo a iluminação artificial, estão relacionados ao projecto de luz natural.

**Uso e pós-ocupação:** uma vez implantados e afinados os sistemas de luz natural, deve ser iniciado o processo de formação dos ocupantes e a respectiva garantia de manutenção desses sistemas.

Este planeamento, influenciará também de forma determinante o projecto de iluminação artificial pois, evitará soluções de projecto que utilizem a luz artificial de uma forma excessiva. Deste modo, a procura de habitabilidade e conforto nos ambientes, além da economia de energia, exigem a concepção conjunta do projecto de iluminação (natural e artificial) com o projecto arquitectónico.

Desta forma, para se tirar proveito das vantagens e benefícios oferecidos pela iluminação natural, é necessário ter uma maior compreensão do comportamento da luz. Sendo assim, é importante analisar os instrumentos disponíveis aos arquitectos utilizados para o aproveitamento da luz natural. A intensidade e a distribuição da luz no ambiente interno, dependem de um conjunto de factores, tais como: disponibilidade de luz natural; obstruções externas; posição e detalhes do projecto das aberturas (verticais e/ou horizontais); características dos envidraçados; tamanho e geometria do ambiente; e da capacidade reflectiva das superfícies internas. Entre os principais factores determinantes da disponibilidade da luz natural, vale destacar a latitude, o clima, a orientação e, as condições morfológicas da envolvente.

A **latitude**, vai determinar os ângulos de incidência do sol e o período da sua permanência acima do horizonte do lugar. Quanto mais alta for, menor os níveis de luz natural disponível, sobretudo no inverno. Nas altas latitudes, as variações sazonais do nível de luz são acentuadas,

enquanto nas baixas latitudes são menos aparentes. Nesses locais, no inverno quando o nível de luz natural é baixo, a estratégia usada pelos arquitectos é maximizar a penetração de luz natural nos edifícios, por meio do redireccionamento da luz natural vinda das regiões mais brilhantes do céu.

As **condições climáticas** do local irão determinar a configuração básica das condições de céu<sup>65</sup> predominante. Para efeito de estimativa de cálculo da disponibilidade da luz natural em planos horizontais e verticais externos, a IEA<sup>66</sup> estabelece três tipos básicos de céu: céu claro, parcialmente encoberto e encoberto. A caracterização das condições de céu é estimada visualmente pela observação do montante de cobertura de nuvens no céu, conforme descrito a seguir:

**Céu claro** – condição na qual, dada a inexistência de nuvens e baixa nebulosidade, as reduzidas dimensões das partículas de água fazem com que apenas os baixos comprimentos de onda, ou seja a porção azul do espectro, manifestem-se em direcção a superfície da terra, conferindo a cor azul, característica do céu. Concentração da cobertura de nuvens de 0 a 35%.

**Céu parcialmente encoberto** – condição de céu na qual a luminância de um dado elemento será definida para uma dada posição do sol sob uma condição climática intermédia, que ocorre entre os céus padronizados como céu claro e encoberto. Concentração da cobertura de nuvens de 35% a 75%.

<sup>65</sup> É a aparência da abobada celeste quando vista por um observador posicionado na superfície terrestre, que está relacionada com a distribuição espacial da sua emissão de luz.

<sup>66</sup> IEA - *op.cit.*, 2002, 2º cap., p. 2.





Fig.115 Privilegiar a orientação norte/sul.

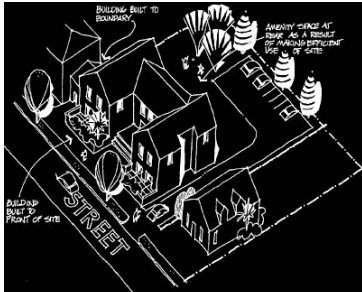


Fig.116 Respeito pelo *genius loci*.

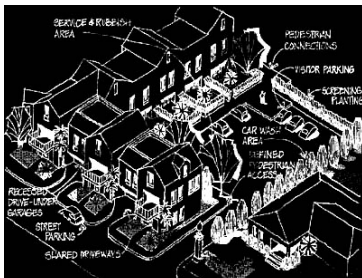


Fig.117 Evitar criar obstruções.



Fig.118 Usar vegetação.

**Céu encoberto** – condição de céu na qual as nuvens preenchem toda a superfície da abobada celeste. Concentração da cobertura de nuvens de 75% a 100%.

Contudo, apesar de as condições do céu poder ser infinitamente variáveis, é útil entender a luz natural nas condições extremas: céu encoberto e céu claro com luz solar directa. Na maior parte dos climas já dias suficientes com estas duas condições de céu, mas para que resulte é necessário projectar para ambas. Por outro lado, um projecto de iluminação natural que funcione em ambas condições, funcionam também nas restantes condições atmosféricas.

A **orientação** dos planos verticais da fachada, tem um efeito decisivo na disponibilidade de luz natural. Quando direccionadas para a região do céu onde o sol faz a sua trajectória, estarão submetidas a maiores níveis de intensidade luminosa, durante períodos mais extensos dos dias. No hemisfério norte, corresponde à fachada voltada para a orientação sul e no hemisfério sul à fachada voltada para norte. Esta situação acentua-se à medida que se afasta do equador. Próximo ao equador, a latitude 0, as orientações norte e sul recebem a mesma quantidade de radiação solar.

Analisando o caso particular do hemisfério norte, devido à utilidade da luz solar directa, normalmente a orientação sul é a melhor em iluminação natural. A fachada sul de um edifício recebe luz solar com bastante regularidade ao longo de todo o dia e do ano. Esta luz solar adicional é especialmente bem recebida no inverno, quando se tenta aproveitar o calor que ela fornece. Os mecanismos de controlo solar são também mais efectivos nesta orientação. A orientação seguinte mais adequada é a norte, pela luz ser constante. Apesar de que a quantidade de luz do norte é bastante baixa, a sua qualidade é alta, sempre que a luz branca e fria seja aceitável. Além disso não provoca muitos problemas de brilho através da luz solar directa. Em climas muito

quentes, a orientação norte é inclusive preferível ao sul. As piores orientações são a Este e Oeste, pois recebem luz solar directa durante metade do dia, e além de que, a luz solar é mais forte no verão do que no inverno. Apesar que o pior inconveniente é a baixa altura do sol quando nasce e ao se por, que cria problemas de brilho e dificuldades para se proteger dele.

As **condições morfológicas** do lugar de construção de um edifício, é geralmente obstruído por edifícios vizinhos, vegetação e outros elementos. Essas obstruções podem alterar, significativamente a disponibilidade da luz natural no interior do edifício. Desse modo, é prioritário escolher a situação de implantação urbana que garanta o acesso à luz natural de acordo com a orientação da forma urbana e da arquitectura, visando a criação de condições mais favoráveis e de controlo da luz natural, desde a definição da malha urbana, aos perfis de ruas, praças e do tipo de relação de vegetação com a arquitectura.<sup>67</sup>

Desta forma, estudar as obstruções no lugar de implantação, fornece ao arquitecto o potencial das fachadas do edifício bem como da melhor forma, para maximizar as vantagens da luz natural. Em muitos casos os edifícios auto-obstruem-se, então, o desenho arquitectónico e o estudo de obstrução estão inter-relacionados. Nas estratégias de iluminação natural, o arquitecto, deve ainda ter em conta, o grau de obstrução que a nova construção irá provocar na envolvente, reduzindo assim o nível de acesso à luz natural, e/ou às reflexões que o sol poderá provocar, criando ofuscamento nas ruas e até aumentar a temperatura nos edifícios vizinhos.

De acordo com a IEA,<sup>68</sup> alguns métodos e ferramentas estão disponíveis para o arquitecto analisar as obstruções, sendo as mais importantes as seguintes:

<sup>67</sup> KNOWLES, Ralph L. – **Sun rhythm form**. Cambridge, Massachusetts: The M.I.T. Press, 1981

<sup>68</sup> IEA - *op.cit.*, 2002, 2º cap., p. 4.

Estudo de obstruções de um ponto de vista específico, desenhando o percurso do sol ou um diagrama de disponibilidade de luz do dia na representação no lugar do edifício.

Registrar a quantidade de incidência de luz natural e radiação, em posições específicas e orientações no lugar de estudo.

Fazer a projecção de sombras na fachada e/ou no solo quando o sol está em posições específicas, dará uma aproximação da disponibilidade de luz solar no lugar de estudo.

Importante também, é referir que para fachadas demasiadamente obstruídas, os sistemas redireccionáveis da luz natural, podem melhorar a distribuição da luz nos espaços interiores. Os prismas de vidro foram usados para este propósito durante mais de cem anos; hoje uma variedade de sistemas pode ser usada, inclusive elementos hológráficos e painéis *laser cut*, que será à frente objecto de estudo.





### Estratégias de iluminação natural

O bom aproveitamento da luz natural, além de diminuir as cargas térmicas, evita problemas de ofuscamento e contrastes, fornece níveis de iluminação mais satisfatórios que a iluminação artificial, assim como efeitos estimulantes, devido à variação de cor ao longo do dia. Como consequência, propicia bem-estar aos ocupantes do ambiente, contribuindo assim numa melhor qualidade de vida dos mesmos.

Neste âmbito, visando melhorar a distribuição da iluminação natural nas zonas periféricas e procurando uma boa penetração da luz natural nos espaços interiores, Serra e Coch,<sup>69</sup> classificam os componentes de iluminação natural em componentes de condução e componentes de passagem. Os componentes de condução têm a função de conduzir e distribuir a iluminação natural do exterior para o interior do edifício, estando em muito casos interligados, formando espaços contínuos. Esses podem ser espaços de luz intermediários, como por exemplo, galerias, ou espaços de luz interiores, como os pátios internos. Por sua vez os componentes de passagem, consistem em elementos que permitem a passagem de luz natural de um ambiente a outro, classificando-se em componentes de passagem lateral, centrais e globais. Entre os exemplos pode-se citar a janela, as clarabóias e as superfícies transparentes ou translúcidas que fecham totalmente ou parcialmente um espaço, respectivamente.

Segundo os autores citados, aos componentes de passagem devem ser acrescentados elementos de controlo, a fim de equacionar a questão do equilíbrio entra radiação solar, luz e calor, mantendo a vista para o exterior e a ventilação.

<sup>69</sup> SERRA, R. Florensa; COSH, H. Roura – **Arquitectura y energia natural**. Barcelona: Ediciones UPC, 1995.

Desta forma, para se obter as vantagens e benefícios oferecidos pela iluminação natural é necessário ter uma maior compreensão do comportamento da luz e conhecer algumas estratégias. Sendo assim, é importante analisar os instrumentos disponíveis aos arquitectos utilizados para o aproveitamento da luz natural, denominados por Baker<sup>70</sup> de componentes arquitectónicos. Entre os componentes arquitectónicos classificados por Baker, serão descritos as diferenças entre três sistemas de passagem básicos da iluminação natural: a iluminação lateral, iluminação zenital e iluminação através de pátios.

### **Iluminação lateral**

Para compreender as estratégias de iluminação lateral, examinaremos primeiro a iluminação natural através de uma janela convencional. Esta por definição, é uma abertura num elemento arquitectónico, que possibilita a ventilação e insolação dos ambientes internos. Foram desenvolvidas antes da introdução do vidro, e deste modo, eram abertas à atmosfera exterior ou preenchidas com algum material que encerrava a abertura de modo a minimizar as perdas de calor à noite. Mas a velha definição de uma janela como uma abertura, já não é estritamente aplicável nos dias de hoje, pois inovações como estruturas envidraçadas e fachadas de pele dupla, desafiam esta definição. No entanto, esta análise incidirá sobre a definição clássica de janela para analisar estratégias de iluminação natural.

Uma das funções chave da janela, é fornecer uma visão ao exterior que desempenha um papel importante na avaliação do ocupante no ambiente interior mesmo que o ambiente exterior não seja especialmente interessante. O tamanho, posição, caixilho e outros elementos de fachada têm de ser considerados cuidadosamente em relação ao nível da linha de visão do ocupante, pois os sistemas de

<sup>70</sup> BAKER, N., FANCHIOTTI, A., STEEMERS, K. – *Daylighting in Architecture. A European Reference Book*. London: James & James Editors, 1993.

iluminação natural podem afectar a visão para o exterior. Se uma vista do exterior for a prioridade no desenho da luz natural, então o contacto visual com o exterior tem de ser mantido num nível de prioridade abaixo, da lista das condições operacionais da fachada. Estratégias de luz natural, muitas vezes partilham funções diferentes para áreas diferentes da fachada ou diferentes fachadas. Então, janelas para visão podem ser conservadas sem ser comprometidas por outras funções.

A luz natural que atravessa uma janela pode vir de diversas fontes: luz solar directa, céu claro, céu parcialmente encoberto, céu encoberto, luz reflectida do solo, vegetação e edifícios. Dependendo da sua fonte, a luz varia não só em quantidade e carga térmica mas também em qualidade como cor, difusão e eficácia.

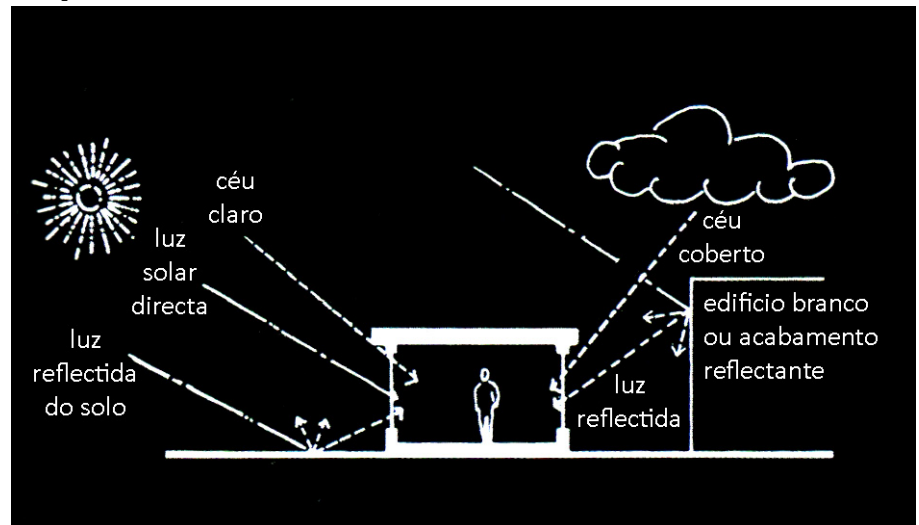


Fig.120 As diversas fontes de luz natural.

No entanto, de acordo com Viana e Gonçalves<sup>71</sup>, uma das características mais marcantes da iluminação lateral é a sua desuniformidade em termos de distribuição de luz pelo local. Nos

<sup>71</sup> VIANNA, Nelson Solano, GONÇALVES, Joana Carla – **Iluminação e arquitectura**. São Paulo: Virtus, 2001.



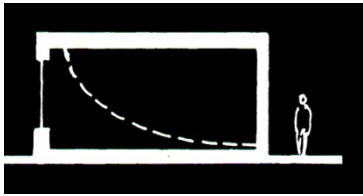


Fig.121 Nível de iluminação num espaço interior com uma janela convencional, onde a concentração é máxima junto à janela e depois desce rapidamente.

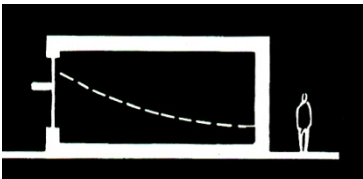


Fig.122 Com o recurso a prateleiras, podemos uniformizar a distribuição da luz no espaço e evitar grandes contrastes.

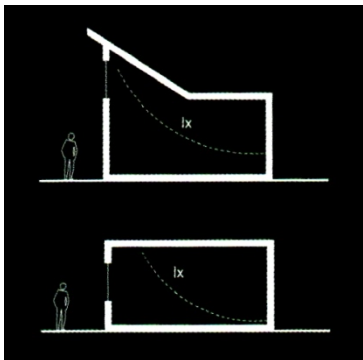


Fig.123 A entrada de luz natural aumenta com a altura da janela, consequentemente o nível de iluminação também aumenta.

ambientes iluminados lateralmente, a iluminação é máxima justamente no interior da janela e desce rapidamente para níveis demasiado baixo para a realização de uma tarefa visual à medida que nos afastamos dela.

Contudo, a visão do céu é com frequência fonte de brilho e, a luz solar que entra pela janela produz contrastes de claridade excessivos (manchas de sol), e sobreaquecimento no verão. Segundo Lechner,<sup>72</sup> para eliminar esses inconvenientes das janelas convencionais, devemos ter em conta as seguintes estratégias:

Posicionar as janelas elevadas, distribuídas com abundância, tanto em número como em tamanho.

A penetração da luz natural num espaço aumentará com a altura que a janela tem, pois a profundidade de eficiência da penetração da luz é aproximadamente 1,5 a 2 vezes, a distancia compreendida entre o piso e o limite superior da janela.<sup>73</sup> Sempre que possível, a altura do tecto deverá aumentar-se para permitir janelas mais altas. No entanto, a iluminação natural estará mais uniformemente distribuída no espaço se as janelas forem horizontais em vez de verticais, e se estiverem separadas em vez de agrupadas. Por esse motivo, arquitectos como Le Corbusier usavam muitas vezes as janelas corridas. Contudo, a área da janela não deverá exceder 20% da área do solo, pois poderá criar sobreaquecimento no verão e perdas de calor no inverno.<sup>74</sup> Janelas de pequenas dimensões, podem captar também uma grande quantidade de luz natural, se forem auxiliadas por reflectores. Em climas muito nebulosos ou frios, sistemas de *brise-soleil*, carpintarias e envidraçados de altas prestações, permitem aumentar a área confortável da janela.

<sup>72</sup> LECHNER, Norbert – **Iluminación natural**. Madrid: Tectónica, nº26 – iluminação (II), 2009, p.10.

<sup>73</sup> HOPKINSON, R. G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J. – **Iluminação natural**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1975.

<sup>74</sup> *ibidem*.

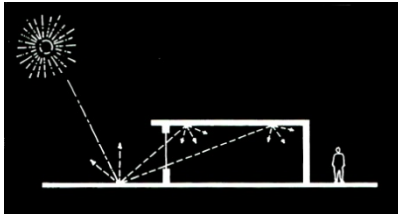


Fig.124 Pavimentos claros ajudam a reflectir a luz para dentro dos espaços.

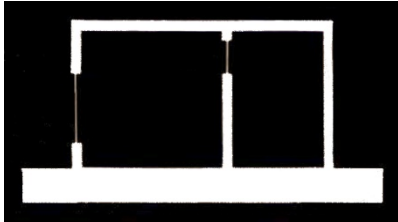


Fig.125 Aberturas em paredes interiores, permitem iluminar outros espaços.

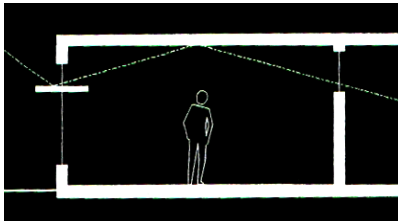


Fig.126 O uso de prateleiras aumenta o nível de iluminação e reduz o ofuscamento.

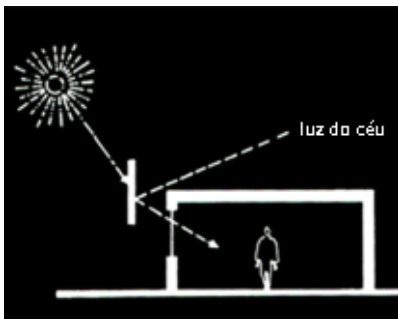


Fig.127 Brise vertical bloqueia a luz solar directa e reflecte a luz difusa do céu.

Colocar janelas em mais de uma parede sempre que possível. A utilização de iluminação bilateral permite uma melhor distribuição da luz no espaço. As janelas em paredes contíguas são especialmente eficazes para reduzir o ofuscamento, já que as aberturas de cada pano, ilumina a parede adjacente correspondente, diminuindo assim o contraste.

Colocar janelas em paredes contíguas às paredes interiores. Desta maneira as paredes interiores perpendiculares ou contíguas às janelas, actuam como reflectoras que atenuam a claridade e reduzem a entrada directa de luz natural. Também se reduz o ofuscamento da janela, ao se reduzir o contraste entre a claridade da janela e a parede adjacente correspondente, ao reflectir parte da luz recebida.

Chanfrar a abertura da janela para reduzir o contraste entre esta e a parede. A janela deixa passar menos luz quando uma parede não é obscurecida pelo contraste. As janelas chanfradas, criam um espaço de transição da claridade que as fazem mais confortáveis à visão.

Filtrar a luz natural. A luz solar pode-se filtrar e suavizar mediante a plantação de árvores e outros mecanismos, como vegetação ou telas. No entanto, outros componentes como o vidro translúcido ou estores podem suavizar os reflexos directos e, apesar de difundirem a luz directa do sol, muitas vezes tornam-se fontes de luz muito brilhantes.

Proteger as janelas do excesso de luz solar no verão. Num cenário perfeito, no verão permite-se a entrada de uma pequena quantidade de luz solar através das janelas; no inverno permite-se o máximo de luz solar; e nas restantes épocas do ano, a luz deverá poder difundir-se por reflexão no tecto. Perante a impossibilidade desse cenário, na situação que requer mais atenção, no verão, deve-se colocar elementos de protecção à entrada da luz. O *brise-soleil* sobre as janelas orientadas a sul, podem ser um elemento

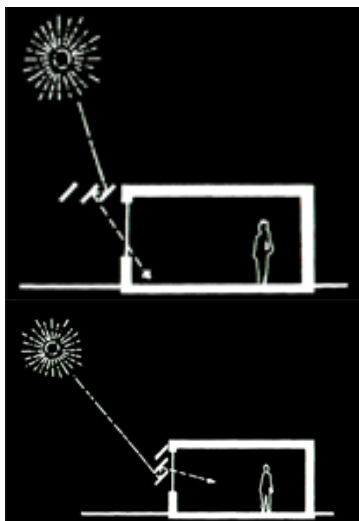


Fig.128 Para fachadas Sul, brise de lâminas protege mais e permite a luz difusa.

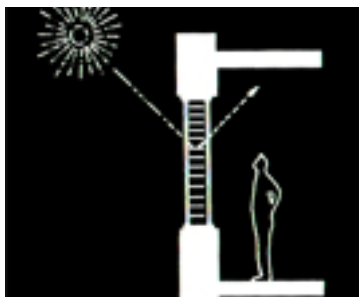


Fig.129 Sistemas de lâminas são bastante eficazes para direccionar a luz para o tecto.

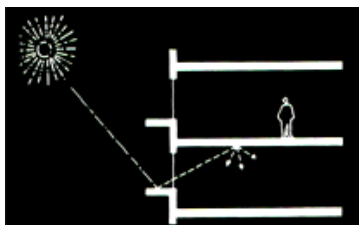


Fig.130 Prateleiras de grandes dimensões, podem ser óptimos reflectores.

efectivo de controlo sazonal da luz. Além disso, estes elementos também podem eliminar a incidência solar directa, reduzir o ofuscamento e inclusive suavizar o contraste entre níveis de claridade dentro do espaço. No caso de a solução partir para uma pequena laje maciça saliente horizontal (como em marquises), a sua superfície inferior deverá pintar-se de branco para reflectir a luz do solo. Um sistema de controlo da luz solar de tons claros e sobretudo com lâminas, reduzirá antes de mais o contraste de claridade do céu. Lâminas verticais e horizontais pintadas de cores claras são outro elemento muito útil porque bloqueia a luz solar directa e reflectem a indirecta. Outra solução, poderá ser inserir uma placa maciça vertical situado na frente da janela para bloquear a luz solar directa e reflectir a luz difusa do céu na janela.

Utilizar brises móveis. Um ambiente dinâmico necessita de respostas dinâmicas. A variação de iluminação natural é especialmente relevante nas orientações Este e Oeste, que recebem luz difusa durante metade do dia e luz solar directa durante a outra metade. *Brises* móveis, persianas e cortinas podem ser a resposta que requerem estas condições tão diferentes. Contudo, para reduzir o aumento térmico, poderá se recorrer a elementos de protecção interior que devem ser bastante reflectantes. Apesar de a protecção interior ser mais simples, a exterior é mais eficaz. As persianas exteriores podem resistir ao vento, neve e gelo, e são geralmente em alumínio para reflectir o sol.

No entanto, o desafio de levar a iluminação natural que entra pelas janelas, e fazer o interior do edifício conservar a sua qualidade, pode-se também alcançar através do reflexo da luz no tecto. Em edifícios de um piso, as varandas, passeios e pátios de tons claros podem reflectir uma quantidade significativa de luz no tecto. Em edifícios de vários pavimentos, alguns elementos construtivos podem utilizar-se para

reflectir a luz no interior. Deste modo, uma estratégia eficiente que pode contribuir na redução da iluminação excessiva proveniente da abobada celeste e do sol, bem como o calor por estes emitidos é o uso de elementos de controlo (como prateleiras, persianas, vidros prismáticos) aplicados sozinhos ou em conjunto.

As prateleiras de luz, surgiram pela primeira vez por Hopkison nos anos de 1950, com o propósito de controlo, distribuição da luz difusa e redução do ofuscamento. O recente interesse nestes componentes é devido á sua aptidão nestas duas funções e também no direccionamento da luz directa no ambiente, quando desejado.<sup>75</sup> Uma prateleira de luz normalmente é posicionada horizontalmente acima do nível do observador numa janela, dividindo-a numa parte superior e numa inferior. Protege as zonas internas próximas à abertura da luz solar directa e redirecciona a luz que cai na superfície superior para o tecto, melhorando a distribuição de luz interna. A superfície superior da prateleira pode ter acabamento em material reflector, como espelho, alumínio ou outros, as dimensões dependem dos ângulos solares da região. As prateleiras de luz podem ser internas, externas ou mistas, rectas ou curvas. Podem ser usadas também debaixo de elementos zenitais, melhorando a distribuição de luz e/ou protegendo da radiação directa.

Contudo, uma das estratégias mais eficazes para reflectir a luz no tecto, é a persiana interior, ou um sistema similar de lâminas no exterior. Estas, são mais eficazes que as interiores porque evitam o aumento térmico e adicionam textura à fachada. No entanto, o principal inconveniente das persianas, é a acumulação de sujidade, mas pode-se evitar se forem colocadas entre vidros. Os sistemas dinâmicos, como as persianas, são mais eficazes que os convencionais estáticos, porque podem responder melhor as variações das condições da luz natural e solar.

<sup>75</sup> BAKER, N., FANCHIOTTI, A., STEEMERS, K. - *op.cit.*, 1993.

## Iluminação zenital

As principais vantagens deste tipo de iluminação, é possibilitar uma maior uniformidade de distribuição da luz natural - em relação à iluminação lateral - e o seu potencial para iluminar com qualidade e quantidade. Contudo, apresenta também sérios inconvenientes. Não é uma estratégia que funcione em edifícios de várias plantas e, como não satisfaz as necessidades de vistas e de orientação deveria complementar, mais que substituir as janelas.

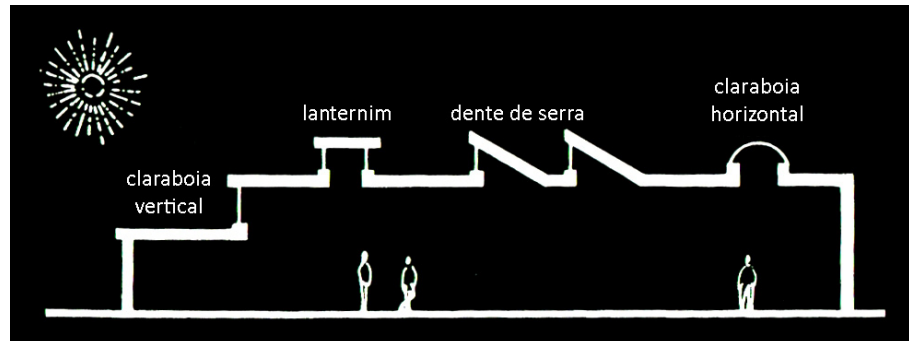


Fig.131 Tipos de aberturas para iluminação Zenital.

A iluminação zenital pode produzir ofuscamento e reflexos que incomodam. Os reflexos evitam-se mantendo as fontes de luz fora das zonas críticas. Isto só é possível, quando a localização de tarefas visuais é estabelecida e para as aberturas serem situadas na cobertura. Regra geral, a melhor solução é difundir cuidadosamente a luz, de forma que não haja fontes brilhantes causando reflexos, quer reflectindo luz no teto ou utilizando telas para proteger e espalhar as fontes de luz. Estas estratégias resolvem antes de mais o problema do ofuscamento directo e a incidência da luz solar nas superfícies de trabalho. Deve-se ainda ressaltar, que este tipo de iluminação possui uma enorme capacidade em captar a radiação luminosa, quer do sol, quer da abobada celeste. É adequada e apresenta grande funcionalidade ao ser utilizada em espaços com grande profundidade como em edifícios de escritórios, bancos, museus, bibliotecas e centros comerciais.

Contudo, torna-se necessário que a iluminação zenital seja controlada, sendo importante considerar factores como: clima local, as condições de céu, o índice de nebulosidade, a luminância,<sup>76</sup> a iluminância<sup>77</sup> e a tipologia e formato do zenital. Segundo Viana e Gonçalves,<sup>78</sup> para evitar um aumento indesejável da carga térmica no edifício, a área útil do zenital não deve ultrapassar 10% da área do piso. Isto no entanto, é uma recomendação genérica que deve ser observada individualmente para cada tipologia de zenital como também os materiais empregues nas superfícies.

A seguir, relacionam-se as tipologias mais convencionais, das diferentes tipologias de aberturas zenitais, entre elas, podem ser considerados aspectos referentes ao nível de iluminância, uniformidade de iluminação fornecida, vantagens e desvantagens.

As **clarabóias horizontais e os *domus***, abrem-se directamente para o céu sem obstruções, pelo que, transmitem níveis de luminância muito altos. Como os raios solares directos não são desejáveis nas tarefas visuais, a luz natural que penetra deve difundir-se de alguma maneira. Nas clarabóias, ao contrário das janelas, a abertura pode ser de material transparente ou translúcido apropriado já que não há vistas, e o ofuscamento directo pode evitar-se em grande parte.

Estratégias para clarabóias, podem ser projectadas para céu claro ou nublado, contudo, a característica mais significativa dessa estratégia é como elas respondem à luz solar directa. A protecção solar é sempre uma questão de iluminação natural, excepto em fachadas norte (hemisfério norte), e se esta for de menor importância devido à sua orientação ou obstruções, um sistema de protecção contra o

<sup>76</sup> **Luminância** é a quantidade de luz irradiada ou reflectida por um objecto.

<sup>77</sup> **Iluminância** é a grandeza utilizada para avaliar a quantidade de luz existente num dado local.

<sup>78</sup> VIANNA, Nelson Solano, GONÇALVES, Joana Carla – **Iluminação e arquitectura**. São Paulo: Virtus, 2001.

ofuscamento pode ser usado como protector solar também. Contudo, a protecção solar e a protecção contra o ofuscamento são funções diferentes que necessitam uma abordagem de desenho individual; enquanto a primeira tem uma função térmica, protege principalmente da luz solar directa; a segunda tem uma função visual que modera a alta luminancia do campo visual.

Além disso, as clarabóias horizontais oferecem duas vantagens importantes: primeiro proporcionam uma iluminação muito uniforme em grandes áreas no interior, enquanto, que a iluminação natural obtida por janelas se limita a uns poucos metros de profundidade. Em segundo lugar, as aberturas num plano horizontal recebem muito mais luz que os verticais. No entanto existe sempre um se, e as clarabóias apresentam também dois inconvenientes importantes: a intensidade de luz é maior no verão que no inverno, justamente o contrário do que se pretende, além de que, é difícil proteger da luz solar nas aberturas no plano horizontal. Por isso, em coberturas planas resulta melhor fazer aberturas no plano vertical como clarabóias verticais e lanternins.

Segundo Lechner,<sup>79</sup> para eliminar esses inconvenientes, devemos ter em conta algumas considerações básicas para a aplicação de clarabóias ou *domus*, a seguir enumeradas:

Distribuir de forma regular as clarabóias para conseguir uma iluminação uniforme. Se existem janelas, as clarabóias podem-se afastar mais longe do perímetro.

Chanfrar a abertura interior para aumentar o tamanho aparente da clarabóia. Esta solução proporciona uma melhor distribuição de luz e um menor ofuscamento.

Posicionar a clarabóia na zona mais alta da cobertura. Assim permite que a luz se difunda antes de alcançar o piso. Evita-se também em grande parte o ofuscamento directo, porque a alta

<sup>79</sup> LECHNER, Norbert - *op.cit.*, 2009, p.18.

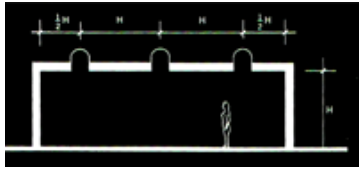


Fig.132 Relação das distâncias entre clarabóias com a altura do espaço.

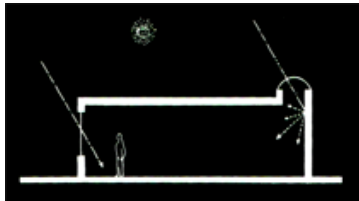


Fig.133 Clarabóias junto a paredes a norte, são óptimos difusores.

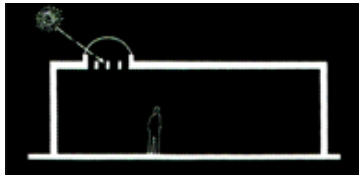


Fig.134 Para evitar ofuscamento através de clarabóias, utilizar lâminas difusoras.

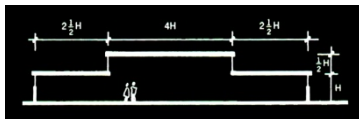


Fig.135 Proporções habituais em clarabóias verticais.

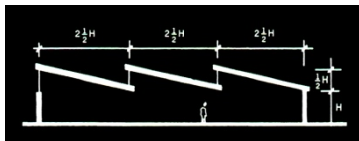


Fig.136 Proporções habituais em aberturas dente de serra.

claridade da clarabóia situa-se no limite ou além do campo de visão do observador.

Posicionar as clarabóias ou domus próximo às paredes. Especialmente das paredes orientadas a norte, que podem utilizar-se como reflector da luz que atravessa a clarabóia. Esta parede fará que esse espaço pareça mais amplo e agradável. Contudo, há que evitar a incidência da luz solar directa na parte baixa das paredes.

Utilizar reflectores interiores para difundir a luz solar. Uma clarabóia pode fornecer luz uniforme e difusa se aplicar um reflector por baixo da abertura para dirigir a luz para o tecto.

Utilizar telas e reflectores externos para melhorar o equilíbrio verão/inverno. Colocar telas sobre a clarabóia para proteger no verão e utilizar reflectores para aumentar a luz no inverno. Os mecanismos móveis podem ser mais eficazes.

Posicionar as clarabóias num plano inclinado para melhorar o equilíbrio verão/inverno. Clarabóias posicionadas num plano inclinado orientadas a norte ou sul, fornecem luz mais uniforme ao longo de todo o ano. Quando se aumenta a inclinação, as clarabóias se transformam em lanternins ou clarabóias verticais, descritas a seguir.

As **clarabóias verticais, lanternins e aberturas dente de serra**, são elementos elevados sobre a cobertura para proporcionar luz ao espaço interior. A grande diferença entre eles é que, o lanternim geralmente está aberto a mais de uma orientação e são utilizados em arquitectura há mais de 4000 anos, para fornecer luz natural a uma zona central de grandes espaços. As salas hipostilas egípcias tinham colunas mais altas no centro para elevar a cobertura, criando um lanternim de iluminação e ventilação.<sup>80</sup> O lanternim, caracteriza-se por ter duas faces

<sup>80</sup> LECHNER, Norbert - *op.cit.*, 2009, p.19.



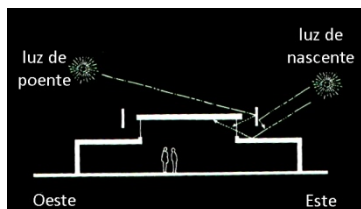


Fig.137 Deflectores podem melhorar o desempenho das clarabóias a Este e Oeste.

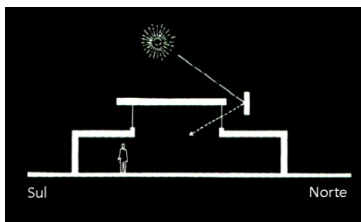


Fig.138 Deflector numa abertura a norte pode melhorar o nível de iluminação em dias de pouca luz.

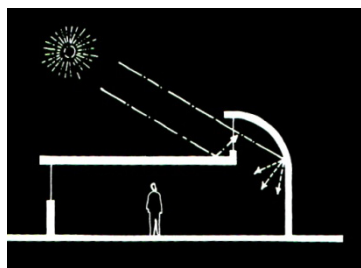


Fig.139 Reflexão da luz através de uma parede curva. Funcionam melhor orientados a Sul.

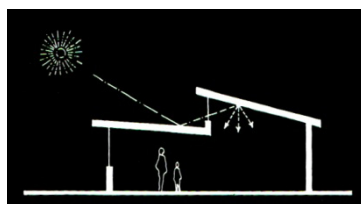


Fig.140 Coberturas com acabamentos reflectantes ajudam a difundir a luz para o interior.

opostas iluminantes. Os cuidados ao projectar um lanternim devem ser os mesmos ao se utilizar uma abertura lateral (a face voltada para Sul merece tratamento da insolação), geralmente a laje de cobertura é executada com “abas” prolongadas com o intuito de proteger contra a penetração directa do sol. A melhor orientação para o hemisfério norte deve ser o eixo Sul-Norte. Já as aberturas dente de serra, apresentam melhor desempenho quando orientado a norte, pois seguindo esta orientação, a parte envidraçada, recebe na maior parte do dia a entrada de luz difusa. Porém, deve-se estar atento aos raios solares com menor inclinação (principalmente ao final da tarde) que podem provocar ofuscamento.

As características da clarabóia vertical, assemelham-se mais a uma janela do que uma clarabóia devido à sua posição vertical. Quando estão orientadas a sul, consegue captar mais luz solar no inverno, além de poderem proteger com facilidade da luz solar directa no verão. As aberturas a norte proporcionam uma fonte de luz baixa constante com pouco ofuscamento. As aberturas a Este e Oeste, devem-se evitar devido a dificuldade de proteger dos raios baixos do sol e por receber mais sol no verão que no inverno.

Outra vantagem das clarabóias verticais é a natureza difusa da luz, pois, devido à grande parte da luz reflectida no tecto, a luz pode difundir-se facilmente no interior, e o envidraçado pode ser transparente. Como sucede com as clarabóias horizontais, o ofuscamento directo e os reflexos podem ser importantes. A seguir descreve-se algumas das estratégias mais comuns para clarabóias verticais e lanternins e aberturas dente de serra, segundo Lechner:<sup>81</sup>

Orientação. Para obter a melhor iluminação ao longo do ano, e também proporcionar conforto térmico no inverno, as aberturas devem ser orientadas a sul, contudo, o desenho deverá ser

<sup>81</sup> LECHNER, Norbert - *op.cit.*, 2009, p.19.

estudado para evitar problemas de luz solar directa. Em climas extremamente quentes, com pouca duração do período de inverno, é preferível as clarabóias verticais serem orientadas a norte, enquanto, que em climas quentes com invernos curtos uma combinação de aberturas a norte e sul.

Coberturas reflectantes. Utilizar uma cobertura com materiais claros, permite reflectir mais luz em direcção á clarabóia. Para maximizar a captação no inverno, pode-se instalar na cobertura um reflector especular próximo ao envidraçado, acompanhado de telas ou um tecto branco de alta reflectancia no interior, para a luz deve ser difundida.

Reflectir a luz em paredes interiores. As paredes podem actuar como difusores de baixa claridade, além de que, pode evitar-se completamente o ofuscamento por visão directa do céu.

Controlos quantitativos. Em espaços que requerem ajuste do nível de iluminação natural, pode-se aplicar persianas estores e cortinas.

O **átrio** de edifícios contemporâneos, é por definição um espaço envolto lateralmente por um edifício e coberto com materiais que permitem a passagem de luz natural, com uma temperatura próxima do interior. É projectado para aproveitar a luz natural nos espaços adjacentes a ele e, é muito utilizado como estratégia de iluminação para captação de luz em edifícios com múltiplos andares.<sup>82</sup> Proporciona um nível de iluminação reduzido e de menor contraste com os espaços que se relaciona, pelo que, tem um pequeno impacto na iluminação com luz natural. Contudo, a quantidade de luz disponível na base do átrio depende de vários factores: da transparência da cobertura do átrio, da reflectância dos seus acabamentos e da geometria do espaço (proporção profundidade/largura). As suas dimensões podem variar dependendo

<sup>82</sup> BAKER, N., FANCHIOTTI, A., STEEMERS, K. - *op.cit.*, 1993.

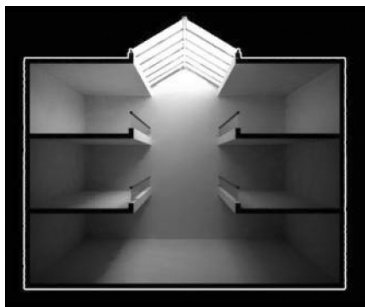


Fig.141 Distribuição da luz natural através de uma abertura central.

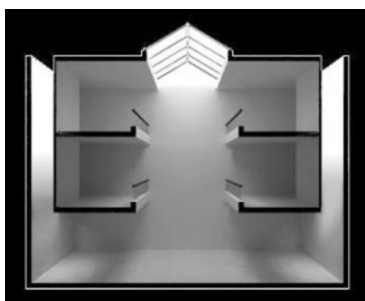


Fig.142 Distribuição da luz natural através de uma abertura central, em conjunto com ductos.

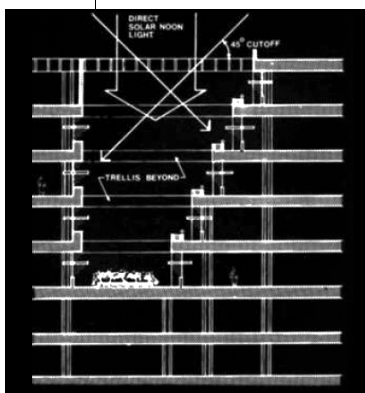


Fig.143 Modelo de distribuição da luz natural para vários pisos.

do tamanho do edifício, normalmente ocupa a altura total do edifício. Os acabamentos interiores devem ter uma elevada reflectância para assegurar uma boa penetração da luz natural.

Segundo Baker,<sup>83</sup> existem algumas considerações a ter em conta sob a forma de vantagens e desvantagens a seguir enumeradas:

#### *Vantagens*

Admite luz em espaços profundos que ao contrário estariam desprovidos de uma janela.

Podem introduzir um elemento de espacialidade num espaço interior, com vistas internas atractivas, particularmente quando tem ornamentos de vegetação.

Proporciona orientação visual e uma direcção para a circulação, ajudando aos ocupantes a reter um sentido de orientação.

São elementos potenciais de poupança de energia, pois reduzem as perdas de calor comparado com as paredes de um pátio aberto.

As superfícies interiores estão protegidas de intempéries, de modo que as paredes e as janelas que formam o átrio não necessitam ser herméticas. Isto proporciona oportunidades para absorção acústica e tratamento decorativo.

#### *Desvantagens*

Ocupam espaço em planta em diversos pisos que de outra maneira poderia ser ocupado. Alternativamente, a área da planta do edifício poderia ser reduzida.

Apesar de a cobertura transparente do átrio admitir luz natural abundante, não penetra em espaços adjacentes a menos que o

<sup>83</sup> *ibidem*

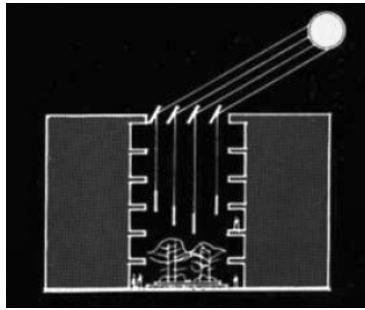


Fig.144 Distribuição da luz natural através de uma abertura central, com recurso a lâminas difusoras.

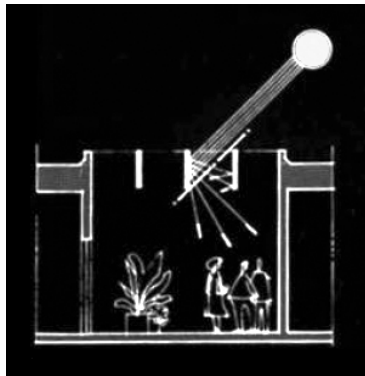


Fig.145 Redução do ofuscamento, com recurso a lâminas verticais e consequente difusão da luz natural.

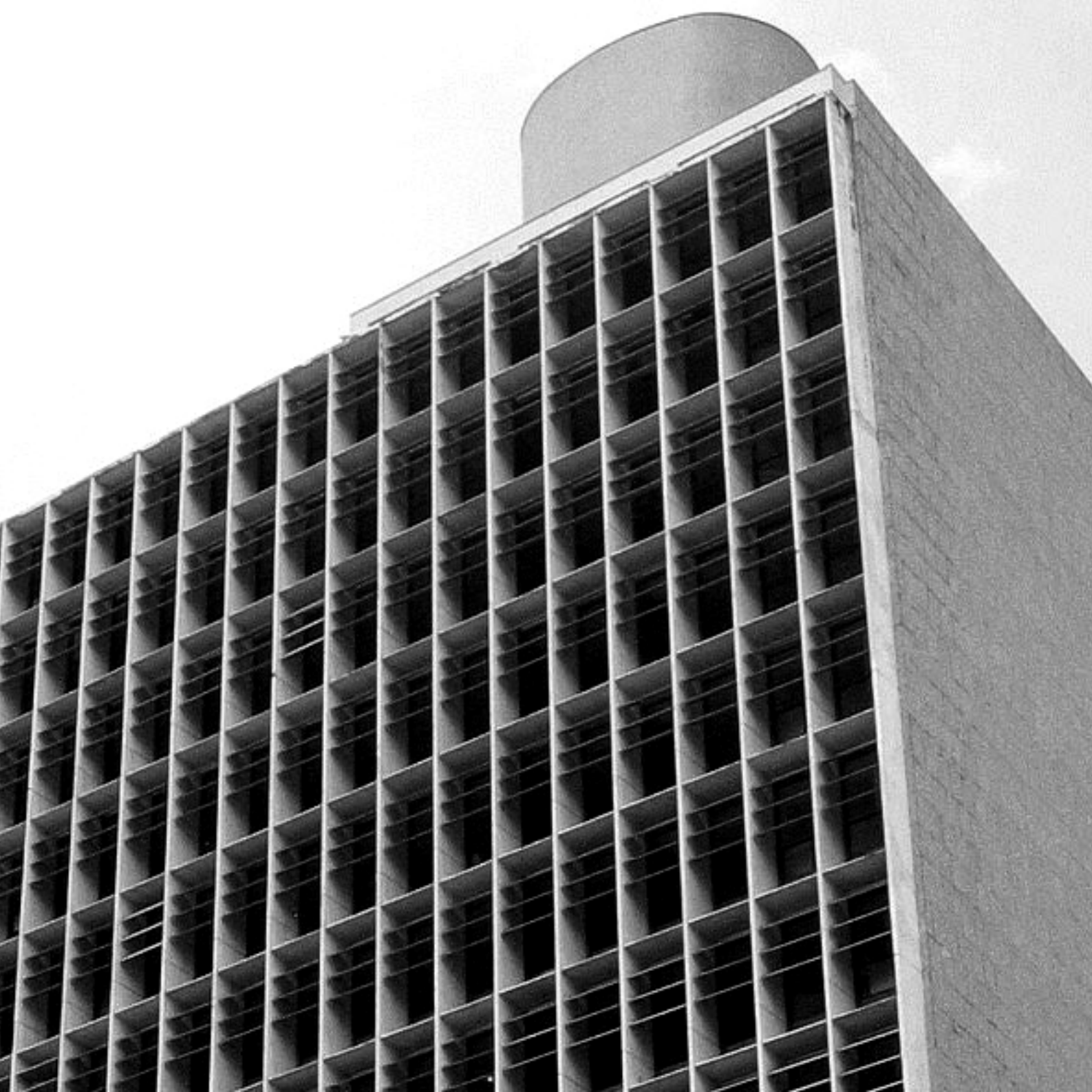
átrio esteja articulado, em planta e corte, para dar aos interiores circundantes uma vista do céu.

### **Iluminação através de pátios**

Um pátio é um espaço encerrado por paredes de um ou vários edifícios e está aberto pela sua parte superior e às vezes numa direcção. Os pátios têm propriedades luminosas similares ao espaço exterior, mas podem ser utilizados para admitir luz natural e criar amenidades climáticas controladas. Ambientes voltado para pátios, são normalmente menos expostos ao céu como fonte de luz quando comparados a ambientes voltados para o exterior desimpedido; janelas maiores podem compensar a menor visão do céu, além de poder propiciar boas condições de ventilação. Servem muito bem como controlo de temperaturas extremas, reduzindo problemas térmicos que podem estar associados a janelas amplas.

A penetração da luz natural e a redução do ofuscamento pode ser obtida nos pátios mediante a utilização de cores claras nas superfícies interiores e nas fenestracões; a necessidade de insolação e os meios para o seu controlo também são importantes no projecto de pátios e de qualquer ambiente adjacente que receba luz por seu intermédio; as janelas do piso térreo podem ser mais amplas que as dos pavimentos superiores.

Resultam mais eficazmente, quando aumenta a relação entre altura e profundidade porque reduz o número de reflexões, absorvendo menos luz.



## 2.2.2

### **Elementos de controlo da luz natural: sistemas convencionais**

A iluminação natural, quando correctamente aproveitada proporciona melhores condições nos ambientes internos e reduz o consumo energético, entre muitos outros benefícios. Neste contexto, este tópico aborda os sistemas convencionais utilizados para a optimização da luz natural.

Os elementos de controlo da luz solar têm como função, controlar a passagem de radiação solar melhorando as condições térmicas, luminosas e visuais no interior dos edifícios, podendo estes, ser externos ou internos. No primeiro caso, a radiação solar é absorvida antes de penetrar no ambiente, resultando assim numa pequena quantidade de calor recebida. Já no segundo, a radiação solar atravessa o vidro, e segue em direcção ao elemento de controlo interno, para em parte ser absorvida e reflectida no ambiente. Segundo Frota, a percentagem de radiação reflectida mantém-se com o mesmo comprimento de onda que a radiação incidente, passando através do vidro novamente. A radiação absorvida, por sua vez, converte-se em calor ficando quase a totalidade dentro do local.<sup>84</sup>

Nesse sentido, perante a necessidade de controlar a quantidade e distribuição da luz natural que entra num espaço, temos de ter em consideração três aspectos: em primeiro lugar, o tamanho e a posição das aberturas das janelas na fachada, que determina a maior parte do potencial, para utilizar a luz natural; em segundo lugar, as características de transmissão do vidro que determinam o fluxo máximo

<sup>84</sup> FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos – **Manual do conforto térmico**. São Paulo: Nobel, 2000, p.47.

da luz natural; e em terceiro lugar, os sistemas de controlo, que podem ir dos elementos estáticos simples (*brise* horizontal laminado) aos dinâmicos (persianas, cortinas) e até à combinação de ambos. Numa situação perfeita, a solução deve partir sempre pelo uso de sistemas estáticos e só posteriormente, o recurso a elementos dinâmicos nas situações que o exigem.

Assim, dentro dos múltiplos sistemas de controlo da luz natural, é conveniente ressaltar aqui os mais importantes. Dessa forma, e seguindo a classificação de Frota,<sup>85</sup> os elementos de controlo solar são classificados da seguinte forma: alpendre (varanda no Brasil); marquise; varanda (sacada no Brasil); *brise-soleil* (*brise-soleil* vertical, *brise-soleil* horizontal, *brise-soleil* mistos (composição de placas verticais e horizontais)); elementos vazados; toldos; telas especiais, persianas e cortinas; e pérgulas. Segundo ainda Dans,<sup>86</sup> a vegetação também é um elemento de controlo, dessa forma será considerado.

### **Alpendre**

O alpendre, é normalmente entendido como o espaço da casa que estabelece a transição entre os espaços internos e externos (como o jardim), mas também é usado para convívio social. Caracteriza-se como um espaço semi-encoberto, que permite a entrada de luz natural aos espaços directamente ligados a este, e protege da incidência directa da radiação solar e da chuva. Tradicionalmente, é visto sob o beiral do telhado que cobre a casa ou, como um corredor envolto de um lado por uma parede e do outro por uma arcada (de forma semelhante a um claustro) ou ainda por uma sequência de pilares ou colunas. É por isso, considerado um elemento típico da arquitectura vernacular de regiões quentes, em particular regiões tropicais. Geralmente, um alpendre tem o equivalente em altura ao correspondente em planta, mas por vezes pode chegar ao

<sup>85</sup> FROTA, Anésia Barros – **Geometria da insolação**. São Paulo: Geros, 2004, p.164.

<sup>86</sup> DANS, Ernest – **La arquitectura y el sol – proteccion de los edificios**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1967.

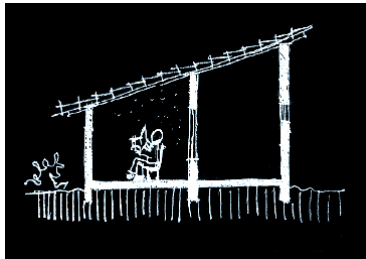


Fig.147 Alpendre.

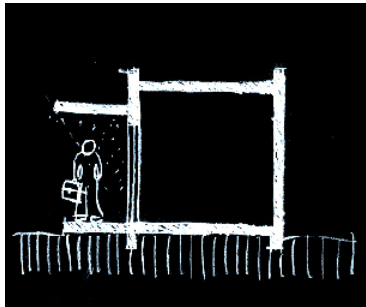


Fig.148 Marquise.



Fig.149 Varanda.

dobro. Dependendo da profundidade, pode criar escurecimento dos ambientes internos.

### **Marquise**

A marquise, é geralmente um elemento agregado ao corpo do edifício, constituído por uma laje de betão armado, que funciona como protecção contra a chuva, no entanto, pode ser também construída com outros materiais, mas uma revelam-se soluções menos eficiente. Pode apresentar como inconvenientes, o contacto directo com o corpo da construção, conduzindo o calor ganho; e dificultar a circulação do ar, a ascensão, por ser barreira física. São bastante comuns em espaços comerciais e acessos a edifícios destinados a grande público.

### **Varanda**

A varanda (ou sacada), é uma plataforma saliente da fachada de um edifício, limitada por grades ou balaústres, e são utilizadas em edifícios de apartamentos. Geralmente, a varanda do pavimento imediatamente superior funciona como protecção à sua parente inferior, mas por vezes, com o objectivo de proporcionar um lugar ao sol, isso não acontece. Neste tipo de dispositivo de protecção, podem ser observados os mesmos problemas que nas marquises.

No entanto, cada vez mais as varandas estão a transformar-se em terraços devido ao novo uso que lhe é atribuído, seja como circulação, seja como espaço de estar, e a tendência é a de ampliação desses espaços, com o aumento da área, constituindo-se um lugar exposto ao ar livre como área de lazer.

### **Brise-soleil**

O *brise-soleil*, é um elemento de controlo arquitectónico cuja função é sombrear e minimizar a incidência do sol sobre uma construção, ou sobre espaços exteriores, fornecendo melhores condições de temperatura e controlo de incidência da luz solar directa. Por serem exemplos de protectores solares externos, apresentam-se



como os mais eficientes, visto que conseguem impedir o calor antes que ele entre no ambiente. Este dispositivo apresenta o melhor resultado de redução de ganho solar entre os sistemas de controlo solar em uso, variando de 75% a 90%.<sup>87</sup> Dessa forma, evita-se problemas de iluminação, contrastes e ofuscamentos, e de sobreaquecimento, além de representar um importante recurso para o controlo dos ganhos térmicos, com redução nos sistemas de ar condicionado e portanto, conservação de energia.<sup>88</sup> Para isso, o primeiro passo é fazer um estudo de insolação de acordo com as horas e dias do ano que apresentam as temperaturas indesejadas, baseando-se nas zonas de conforto, para então sobrepor à carta solar, referente à latitude desejada,<sup>89</sup> pois a aplicação do *brise-soleil* varia conforme a latitude, a orientação da fachada, e a presença de elementos externos que funcionem como sombreadores. Em seguida, determina-se a máscara condizente com as orientações que possuem as fachadas a serem protegidas, e com o auxílio do transferidor auxiliar é possível determinar o melhor *brise-soleil* quanto à posição e dimensão, com os ângulos necessários.

Deve-se ainda, ter em atenção os materiais que os *brises* utilizam, pois eles devem ser executados com materiais que absorvam pouca radiação, reflectindo uma percentagem maior do mesmo, e de preferência devem ser pintados em cor clara para contribuir na melhoria das condições térmicas e na distribuição homogênea da luz natural no interior. Segundo Frota,<sup>90</sup> os materiais mais utilizados, são placas de betão armado, placas de betão celular, chapas de aço e perfis de alumínio.

<sup>87</sup> MARAGNO, Gogliardo V. – **Eficiência e forma do brise-soleil na arquitetura de Campo Grande**. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, São Paulo, 2001. **Anais**, São Paulo: ENCAC, 2001.

<sup>88</sup> FROTA, Anésia Barros – *op.cit.*, 2004, p.163.

<sup>89</sup> EVANS, Martin; SCHILLER, Silvia – **Diseño bioambiental y arquitectura solar**. 2ª ed. Buenos Aires: Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, 1991.

<sup>90</sup> FROTA, Anésia Barros – *op.cit.*, 2004, p.166.

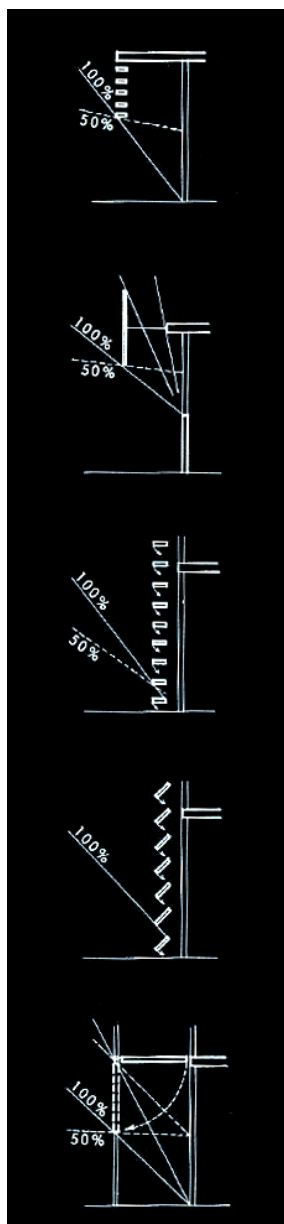


Fig.150 Corte de modelos brises horizontais.

A paternidade deste sistema é de Le Corbusier, e deve-se principalmente à sua atitude em relação à superfície epidérmica dos seus edifícios, pois ela mudou quando encontrou problemas nos anos de 1920, para construir membranas de pouca espessura com grandes áreas envidraçadas. Muitos edifícios, incluindo a sua vivenda, sobreaqueciam no verão e enfrentavam no inverno perdas térmicas excessivas. A questão agravou-se principalmente em países quentes, mas a solução não tardou e finalmente deu-se o nascimento do *brise-soleil*, que fora aplicada pela primeira vez no edifício do Ministério da Educação no Rio de Janeiro (1936/45) e a seguir no arranha-céus de Argel (1938/42). Com o fim da guerra, este sistema entra em pleno uso e começa a ser aplicado em diferentes edifícios, como por exemplo, o Palácio de Justiça de Chandigarh (1956), o Convento de La Tourette (1957/60), o Centro de Artes Visuais de Cambridge – Massachusetts (1961/64) e o edifício Millowners, Ahmedabad – Índia (1954).

Com a propagação do *brise-soleil*, desenvolveram-se vários formatos e combinações, apresentando várias classificações. Uma delas, diz respeito à posição que ocupa nas fachadas que, segundo Olgyay e Olgyay, apresenta três tipos: horizontais, verticais e combinados.<sup>91</sup> Segundo Frota,<sup>92</sup> os últimos podem ser denominados como *brises* mistos de composição de placas horizontais e verticais (figura...). Por vezes, os *brises* (verticais, horizontais ou mistos), apresentam também a função de suporte, constituindo a própria estrutura do edifício.<sup>93</sup>

O sistema de ***brise-soleil horizontal*** é composto por placas horizontais cujos eixos, estão paralelos à fachada e também ao plano horizontal, protegendo as zonas próximas a aberturas dos edifícios, obstruindo a radiação solar directa, principalmente dos ângulos solares mais altos. Já o sistema de ***brise-soleil vertical*** é composto por placas verticais fixas perpendicularmente ao plano horizontal, sendo mais

<sup>91</sup> DANS, Ernest – *op.cit.*, 1967.

<sup>92</sup> FROTA, Anésia Barros – *op.cit.*, 2004, p.164.

<sup>93</sup> DANS, Ernest – *op.cit.*, 1967.

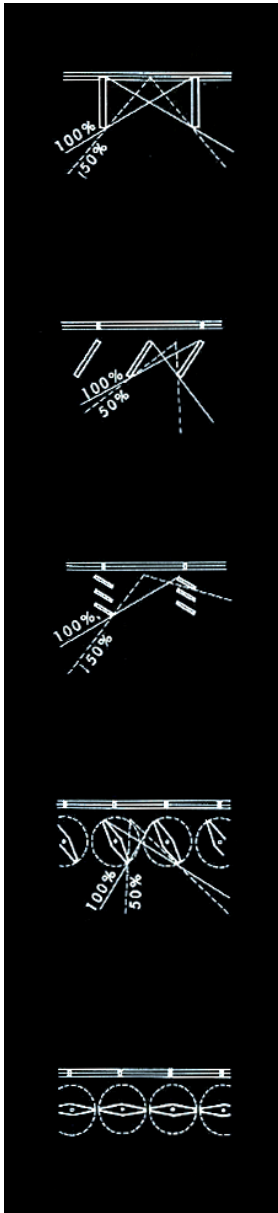


Fig.151 Corte de modelos brises verticais.

adequadas para as fachadas onde a maior parte de incidência solar se afasta da perpendicular da mesma. Existem também, soluções com elementos verticais paralelos ao plano da fachada, na qual podem ser constituído de materiais que permitem uma certa visibilidade para o exterior, como telas, vidro, chapa perfurada e policarbonato. Nestes casos, é importante manter uma certa distancia entre a protecção solar e o plano da fachada, pois permite a formação de uma corrente de ar nesse espaço, permitindo a ventilação natural. Por fim, o sistema de **brise-soleil mistos**, associam os elementos dos dois tipos anteriores, sendo esta forma, os mais indicados visto que, os elementos constituintes se complementam eficientemente.<sup>94</sup>

Quanto à mobilidade, segundo Riviero, os fixos – por estarem ligados rigidamente ao edifício sem a possibilidade de regulação – apresentam uma eficiência que depende exclusivamente da dimensão e disposição dos seus elementos, estendendo a sua influência ao longo do ano. Já os móveis, são os que permitem maior possibilidade de regulação, de acordo com a necessidade do controlo solar. Apesar da flexibilidade, apresentam alto custo de manutenção comparado com os fixos. Mas isso deve-se principalmente à fragilidade dos mecanismos, que muitas vezes ficam danificados pelo uso inadequado por parte dos usuários, que não recebem formação sobre o funcionamento correcto.<sup>95</sup>

Existe ainda uma classificação para os brises de finito e infinito, e diz respeito à dimensão, e conforme Frota,<sup>96</sup> os finitos possuem comprimento, vertical ou horizontal, finito, ou seja limitado, enquanto que, os infinitos apresentam comprimento teoricamente infinito, onde o observador situado na borda debaixo dessa abertura, não visualizará uma parte do céu sobre a sua cabeça, a partir do limite do ângulo de sombra vertical. Actualmente, com a propagação da pele de vidro, o

<sup>94</sup> BITTENCOURT, Leonardo – **Uso das cartas solares-diretrizes para arquitectos**.Maceió: EDUFAL, 2000.

<sup>95</sup> RIVIERO, Roberto – **Arquitectura e clima: acondicionamento térmico natural**. 2ª ed., Porto Alegre: D.C.Luzzatto Editores, 1986.

<sup>96</sup> FROTA, Anésia Barros – **op.cit.**, 2004, p.164.

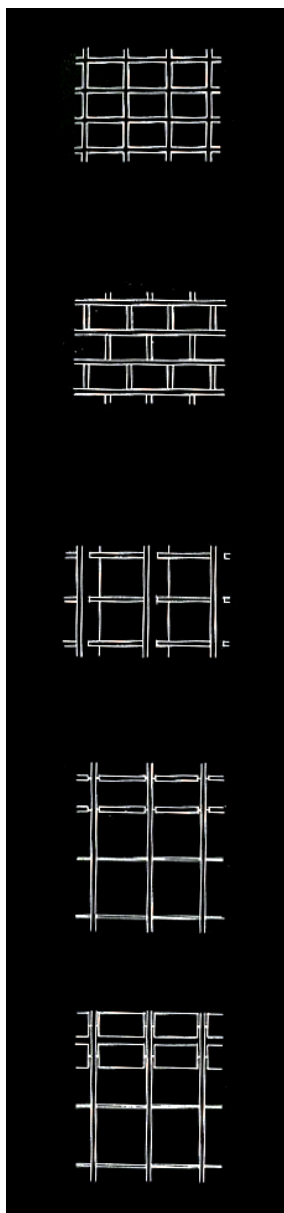


Fig.152 Alçados de modelos brises mistos.

*brise* finito tem pouca aplicabilidade, uma vez que toda a fachada deve ser protegida.

Portanto, uma vez que os elementos de protecção solar externo funcionam como uma pele para a radiação solar, e a determinação do tipo de *brise-soleil*, depende de diversos factores para se obter a maior eficiência, Frota<sup>97</sup> defende que:

*“- Seja guardada uma certa distância entre o sistema de sombreamento e o corpo da edificação (pelo menos 30 cm), o que amenizará o efeito da radiação do infravermelho longo e também proporcionará a ventilação desse espaço; quanto menor o contato do brise-soleil com o corpo do edifício, menor será o calor transmitido por condução;*

*- Tenha acabamento superficial externo, na face exposta ao sol, de cor clara, para evitar maior sobreaquecimento dessa superfície, isto é interessante não só para o edifício mas também para seu entorno;*

*- Se o material do brise-soleil for isolante térmico, o desempenho do sistema de protecção será melhor, posto que menos calor chegará a face voltada para o edifício, resultando em temperatura superficial menor;*

*- Se essa face tiver acabamento superficial de baixa emissividade térmica – superfícies metálicas de alto brilho, mesmo aquecidas, emitem pouca radiação térmica – menos calor será emitido para a superfície externa do corpo da edificação.”*

Desta forma, destaca-se a importância do posicionamento do *brise-soleil* em relação ao alinhamento da fachada e das características dos materiais que os compõem.

<sup>97</sup> *Ibidem*

### **Elementos vazados**

Os elementos vazados, funcionam como sombreadores e são geralmente compostos por elementos horizontais e verticais, e às vezes, com parte ou até totalmente oblíquos. São considerados por Bittencourt como *brise-soleil* mistos em escala reduzida,<sup>98</sup> pois filtram o excesso de luz, mas também permitem uma ventilação constante.

### **Toldos**

Os toldos, são elementos de controlo de luz feitos de um material flexível opaco ou difusor, suportados por estruturas metálicas no exterior, para obstruir ou difundir a radiação solar directa, funcionando da mesma forma que as marquises, mas podem ser fixos ou móveis. Proporciona uma iluminação de baixo contraste na zona próxima ao toldo e uma sombra parcial ou total para a abertura quando assim é necessário. O seu modo de proteger da luz solar permite evitar a penetração directa sem impedir a visão do exterior. No caso de serem móveis, podem ser regulados manualmente ou electricamente.

### **Telas especiais, Persianas e Cortinas**

As **telas especiais** para sombreamento, tem como objectivo principal obstruir ou difundir a radiação solar directa, e proporcionar uma iluminação de baixo contraste. São produzidas em poliéster ou PVC, com tratamento especial contra raios ultravioleta e intempéries, permitindo a aplicação no exterior do edifício e dispõem de mecanismos eléctricos de controlo.

As **persianas**, são elementos exteriores ou interiores que se aplicam nas janelas para controlar a entrada de luz solar directa. Existem, dos mais variados modelos aos mais variados materiais,

<sup>98</sup> BITTENCOURT, Leonardo – *op.cit.*, 2000.



Fig.153 Telas especiais de sombreamento.

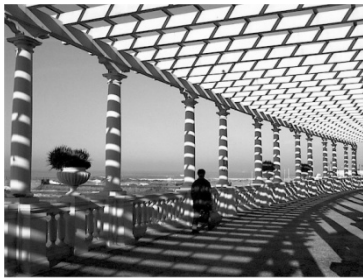


Fig.154 Pérgula de sombreamento.

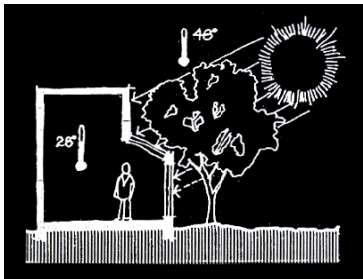


Fig.155 Influencia vegetação no verão.

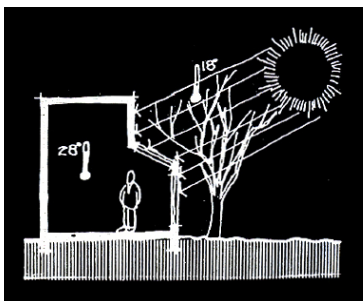


Fig.156 Influencia vegetação no

principalmente para uso interno. Existe inclusive, persianas entre dois vidros, muito utilizadas em hospitais, para evitar pó nas superfícies. As persianas, permitem também regular as lâminas quanto à sua posição, variando cerca de 180 graus: as horizontais, podem ficar desde completamente na vertical, voltadas para baixo até completamente voltadas para cima, passando pela posição em que as lâminas ficam na horizontal, quando se tem a maior abertura; para as verticais, basta fazer o mesmo raciocínio.

As **cortinas**, são elementos geralmente muito utilizados como objectos de decoração e privacidade, mas o seu papel principal é proteger as zonas interiores próximas a aberturas, obstruindo total ou parcialmente a luz e difundindo a radiação solar. Produzidas de materiais flexíveis ou rígidos, podem ser desde transparentes até opacas, de claras a escuras, chegando ao limite dos materiais que proporcionam o *black-out*.

### Pérgulas

As pérgulas, são uma solução composta por uma série de vigas, dispostas, paralelamente ao plano da fachada, delimitando um espaço semi-externo. Devem ser dimensionadas de modo a proteger adequadamente a construção da incidência solar directa, proporcionando uma luz controlada, permitindo ainda a ventilação desse espaço externo. Pode ainda funcionar como suporte para vegetação e formar também um espaço onde pode ser cultivado plantas que precisam de luz controlada, criando assim um micro-clima.

### Vegetação

A vegetação por sua vez, se bem especificada, actua como filtro de calor e da luz no verão, e no Inverno, permite a passagem de calor, devido à queda das folhas. O rendimento depende da altura das árvores,

da forma da coroa, da distância e da situação do edifício.<sup>99</sup> Segundo Riviero,<sup>100</sup> a vegetação absorve 90% da radiação visível e 60% dos raios infravermelhos, reflectindo ou transmitindo através das folhas o restante do espectro da radiação.

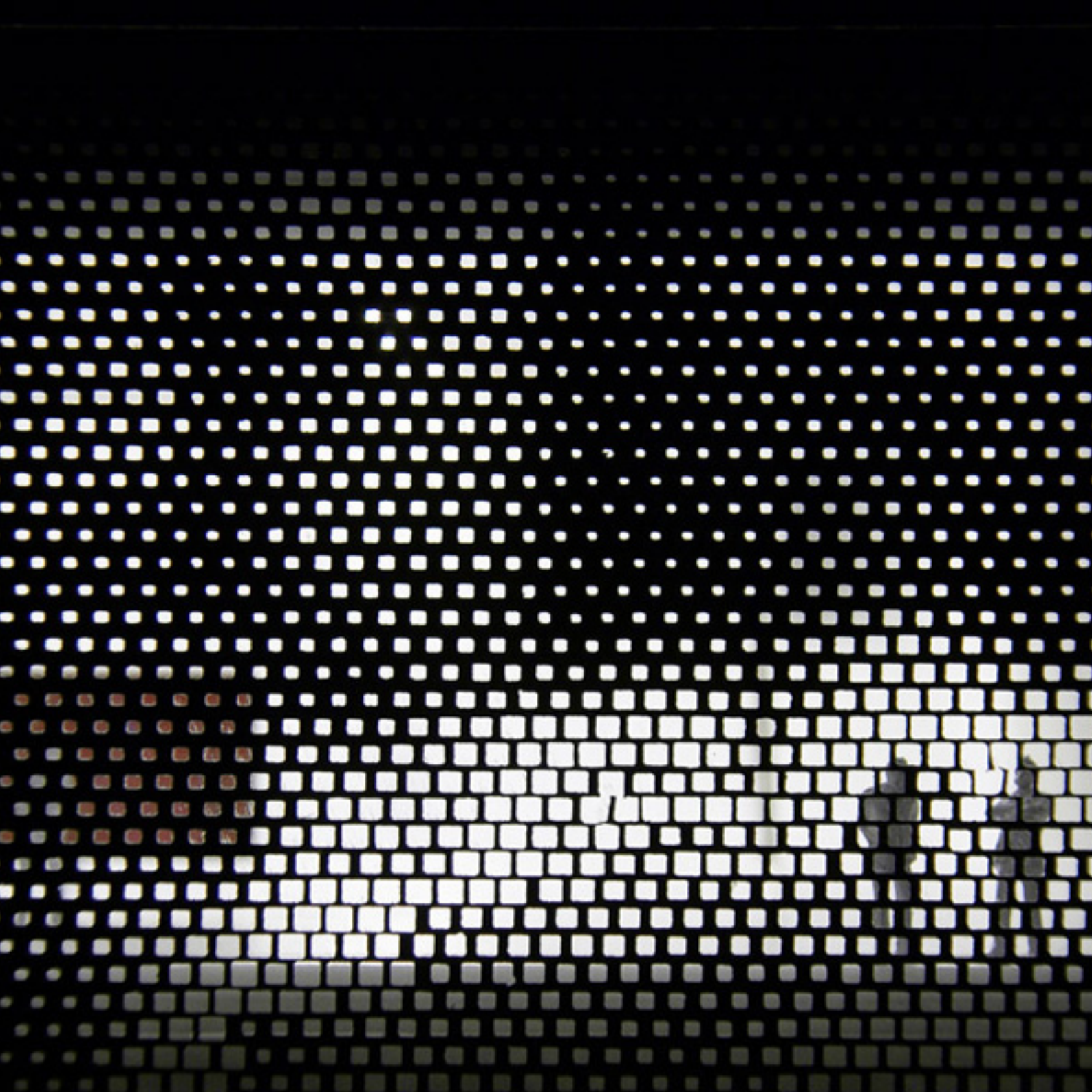
Resumindo, existem elementos estáticos e dinâmicos para o controlo da luz, e por sua vez, estes elementos podem ser interiores ou exteriores. A posição e o desenho dos elementos fixos, que formam o sistema de controlo da luz natural, tal como o *brise-soleil*, baseiam-se na trajectória solar, sendo a orientação e os obstáculos da fachada, parâmetros importantes.

<sup>99</sup> DANS, Ernest – *op. Cit.*, 1967, p.13.

<sup>100</sup> RIVIERO, Roberto – *op.cit.*, 1986, p.157.







### **Elementos de controlo da luz natural: sistemas inovadores**

Em arquitectura, as peles translúcidas surgiram com o propósito de permitir a iluminação natural do espaço interno e estabelecer uma relação visual como o exterior. A produção arquitectónica contemporânea, tirou partido disso e utilizou em massa o uso de grandes fachadas envidraçadas, desconsiderando as peculiaridades e o contexto climático onde o edifício é inserido.

Evidentemente, que o uso indiscriminado dessas peles translúcidas, causa recorrentemente o aquecimento dos espaços internos, devido ao ganho térmico associado à incidência da radiação solar. Dessa sobrecarga térmica, duas consequências são imediatas: o desconforto dos ocupantes e o aumento do consumo energético para o condicionamento artificial do ambiente.

A constatação de tais problemas, gerou a necessidade do desenvolvimento de novas tecnologias de produção de componentes translúcidos (vidros, policarbonatos, etc), que basicamente procuram o desempenho perfeito: alta transmissão luminosa; baixa transmissão de calor (raios infravermelho) e a baixa transmissão de raios ultravioleta.

Surgiu então, os componentes inovadores de alta tecnologia para o uso da luz natural, que são uma adaptação para a janela ou abertura zenital, que tem como objectivo melhorar a quantidade e a distribuição de luz natural num espaço. Os componentes, utilizam a luz solar directa e a luz difusa do céu de maneira eficiente, guiando-a com maior profundidade e uniformidade para o interior dos ambientes.

De acordo com Amorim,<sup>101</sup> estas adaptações podem ter o mesmo efeito de protecção solar que normalmente se consegue com dispositivos de sombreamento externo, reduzindo as temperaturas internas, mas sem grande impacto nas fachadas. Além disso, podem ser elementos fixos ou móveis e reduzem a ocorrência de ofuscamento causado pela luz solar directa ou pela luz difusa. Quando móveis, são controlados por sistema manual ou automático, e há a possibilidade de o controlo ser baseado na disponibilidade de luz natural, porém, é necessário que a utilização desses sistemas seja planeada juntamente com o sistema de iluminação artificial, para se obter uma maior economia energética.

Como resultado do aparecimento destes sistemas, a *International Energy Agency* (IEA),<sup>102</sup> criou uma classificação para os componentes inovadores de alta tecnologia para o uso otimizado da luz natural em edifícios (traduzida por Amorim).<sup>103</sup> Essa classificação, abrange sistemas com e sem protecção solar, com a selecção entre os existentes, daqueles que são passíveis de utilização em aberturas laterais ou zenitais.

Nesta classificação encontram-se também, informações sobre a categoria na qual o componente está inserido, sua nomenclatura, o clima no qual pode ser inserido, a localização para fixação (lateral ou zenital) e os critérios de selecção, ou seja, as suas principais características e funções (se o componente controla o ofuscamento, se redirecciona a luz, se controla os ganhos solares, etc.).

A partir desta classificação, foram seleccionados para este estudo, entre os componentes inovadores de alta tecnologia, os *painéis prismáticos* e o *Laser Cut Panel*, que representam um exemplo do

<sup>101</sup> AMORIM, C. N. D. – **Iluminação natural e eficiência energética – parte II. Sistemas inovadores para a luz natural**. Brasília: Fau Unb, 2002. Disponível em: <[http://www.unb.br/fau/pos\\_graduacao/paranoa/edicao2002/sistemas\\_inovadores.pdf](http://www.unb.br/fau/pos_graduacao/paranoa/edicao2002/sistemas_inovadores.pdf)> Acesso em Maio 2009.

<sup>102</sup> INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA) – **Daylight in buildings. A source book on daylighting systems and components**. Washington, 2000. 4º cap., p. 5 - 9.

<sup>103</sup> AMORIM, C. N. D. – *op.cit.*, 2002.

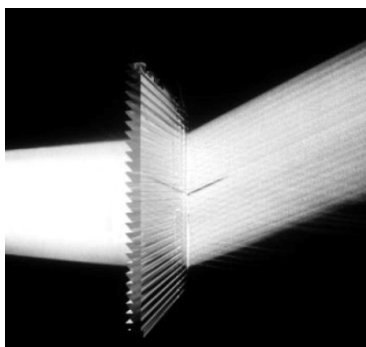


Fig.158 Corte de elemento prismático com simulação da difusão da luz.

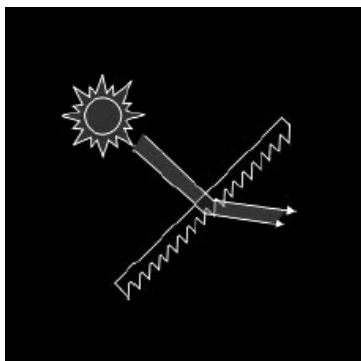


Fig.159 Difusão da luz com radiação directa.

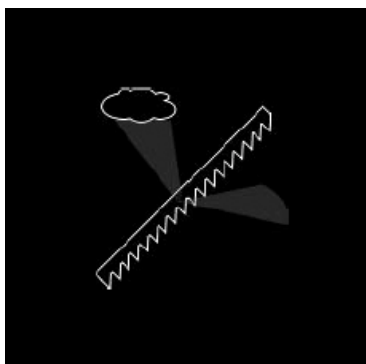


Fig.160 Difusão da luz com luz do céu.

sistema de protecção solar com passagem de luz difusa, e do sistema que direcciona a luz solar directa sem protecção, respectivamente.

### ***Painéis Prismáticos***

Os painéis prismáticos são placas finas de acrílico transparente que controlam a luz transmitida por meio de refração<sup>104</sup>. O processo de controlo baseia-se na estruturação em duas faces, sendo uma delas lisa e a outra recortada em ziguezague, que redireccionam a direcção da luz segundo a passagem pelo prisma ou vidro recortado de forma triangular. Normalmente o sistema prismático que redirecciona a luz para o tecto consiste em duas folhas de prisma com as faces recortadas viradas para dentro, o que também evita o acumulo de poeira. Quando usada para o sombreamento, refracciona a luz solar directa e transmitem a difusa.<sup>105</sup>

Estes painéis consistem numa sequência de prismas acrílicos, onde existem dois ângulos que provocam a refração, sendo muitas vezes inseridos entre dois vidros para eliminar a manutenção. Podem ser aplicados de diferentes maneiras: fixos ou móveis, nas aberturas laterais ou zenitais. São transparentes, porem distorce a visão do exterior.

Os prismas, são elementos de controlo, utilizados como componentes de passagem da luz natural,<sup>106</sup> e foram utilizados pela primeira vez em Berlim, no inicio do século passado. Então chamados de “prismas de Luxfer”, eram empregues em cidades densamente povoadas, em edificios com muitas obstruções, de forma a guiar a luz solar para o fundo dos ambientes que de outra forma, não teriam a possibilidade de receber a luz natural. A partir desta primeira ideia surgiram basicamente dois diferentes tipos de sistemas prismáticos

<sup>104</sup> Refracção é a passagem da luz de um meio para outro, através de um elemento transparente.

<sup>105</sup> IEA - *op.cit.*, 2002, 4º cap., p.38.

<sup>106</sup> BAKER, N., FANCHIOTTI, A., STEEMERS, K. – *Daylighting in Architecture. A European Reference Book*. London: James & James Editors, 1993.

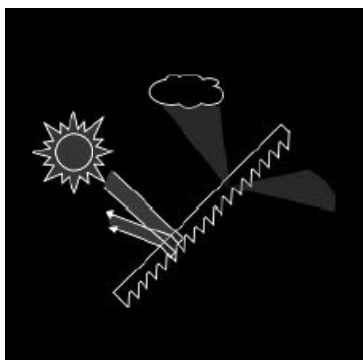


Fig.161 Prisma com sistema fixo.

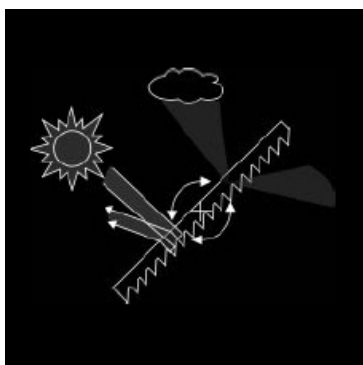


Fig.162 Prisma com sistema móvel.

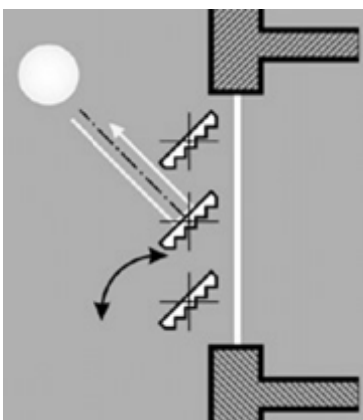


Fig.163 Prisma usados como brises.

segundo Baker<sup>107</sup>: os que redireccionam a luz solar e os que excluem a luz solar. O primeiro, foi desenvolvido nos anos de 1970, tendo por ideia inicial um painel prismático fixo colocado entre duas placas de vidro, acima da altura do olho. No entanto, esta aplicação tendia a desviar a luz para baixo quando esta provinha de alturas solares maiores. Como solução para este problema, foi testado um painel móvel, ajustável de acordo com a estação do ano. Já o segundo, foi desenvolvido nos anos de 1980, com o objectivo de rejeitar a luz solar directa e admitir a entrada de luz do céu (difusa) próxima ao zénite. Estes sistemas utilizam princípios de reflexão e refacção, que permitem a protecção solar, controlo e distribuição da luz difusa.

Como principais vantagens, os elementos prismáticos são translúcidos, ainda que o exterior não possa ser visto, é pelo menos perceptível o que não altera demasiadamente a aparência das janelas vistas pelo interior. Além disso, possibilitam a redução do ofuscamento causado pela visão da abobada celeste, o que resulta numa melhoria significativa do conforto visual, especialmente em ambientes de trabalho com uso de computadores.<sup>108</sup>

No entanto, os elementos prismáticos também apresentam desvantagens por serem um sistema fixo deixando obscurecer permanentemente a visão para o exterior. Também, no caso particular do painel prismático inseridos entre vidros, necessitam de uma caixa-de-ar maior para inserir o prisma, tornando assim também o seu custo mais elevado. Porém, a economia associada a este sistema é importante, pois permite, eliminar o uso de *brises-soleils*, requer um menor uso de luz artificial durante o dia e com isso, um menor consumo energético.

Como exemplo, no projecto de requalificação do Billingsgate Fishmarket, em Londres (1990), do arquitecto Richard Rogers, foram

<sup>107</sup> BAKER, N., FANCHIOTTI, A., STEEMERS, K- *op.cit.*, 1993.

<sup>108</sup> *Ibidem.*



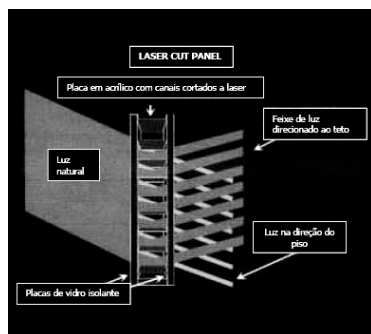


Fig.164 Funcionamento do LCP.

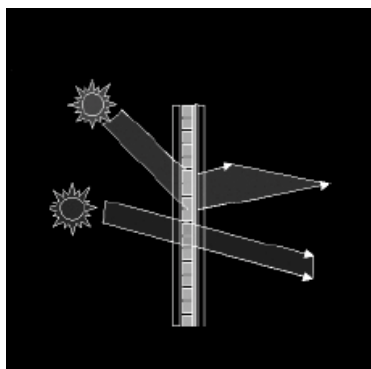


Fig.165 Simulação para luz solar directa no verão e inverno.

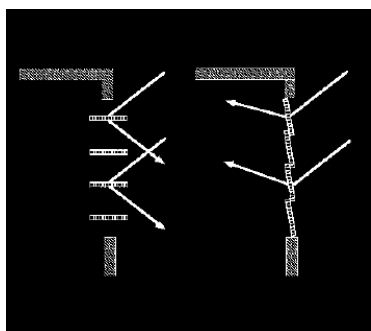


Fig.166 LCP usado como brise.

usados painéis prismáticos fixos na cobertura, de forma a possibilitar a entrada de luz natural difusa, de forma homogénea.

### ***Laser Cut Panel (LCP)***

O *Laser Cut Panel*, partilha dos mesmos princípios de refração da luz incidente, mas direccionando-a para o tecto do ambiente. Consiste numa placa de acrílico cortada a laser internamente, colocada dentro de dois vidros. A superfície de cada corte funciona como um pequeno espelho interno que deflete a luz que passa através do painel.

De acordo com a IEA, as suas principais características são alta proporção da luz reflectida pelo ângulo obtuso ( $> 120$  graus), visibilidade através do painel, e quando o *LCP* é disposto na vertical (em janelas por exemplo) reflecte o raio de luz incidente com inclinações superiores a 30 graus, enquanto transmite a luz próxima à normal incidente com um pequeno distúrbio, mas mantendo a visão. Esse painel possui um brilho muito baixo porque a luz reflectida é direccionada para cima (para o tecto) enquanto a luz transmitida permanece no mesmo sentido (descendente) do raio de luz incidente.<sup>109</sup>

Desta forma, a luz é reflectida quando incide no meio do acrílico pelo princípio da refração, depois é reflectida internamente e na saída reflectida novamente. Como toda a luz reflectida está na mesma direcção, a reflexão é muito eficiente. Assim, uma fracção de luz alta é reflectida pelo painel em direcção ao tecto, agindo como uma fonte secundária de luz reflectida difusa, similar ao funcionamento da prateleira de luz.

Na maioria das vezes, os painéis de acrílico são fixos entre folhas de vidro, mas também podem ser utilizados sozinhos em áreas externas se os cortes a laser possuírem protecção por meio das laminas. Podem ainda ser empregues em aberturas como sistema fixo ou móvel.

<sup>109</sup> IEA - *op.cit.*, 2002, 4º cap., p.49.

Segundo Laar, apesar do LCP ser transparente, distorce um pouco a visão do exterior devendo ser empregue mais nas aberturas cuja função é a entrada de luz e não a visão externa. Os painéis redireccionam a luz que vem de cima para baixo na direcção de baixo para cima. Isso pode criar brilho, portanto recomenda-se a sua instalação na altura acima dos olhos. Pode ser usado ainda nas aberturas zenitais, devendo estar combinado com outros elementos de protecção solar, a exemplo de prateleiras de luz que dependem da sua fixação em relação ao seu ângulo de inclinação, pois possibilitam a eliminação do problema do brilho.<sup>110</sup>

Os painéis podem ser ainda instalados também em forma de *brise* móvel com funcionamento ajustável durante os estações do ano. Por exemplo, no inverno na posição vertical, para admitir luz, ou no verão na posição horizontal para reflectir a luz.

Apesar de não funcionar como protecção solar, pois não exclui os raios directos, o *LCP* apresenta a vantagem de possuir uma transparência muito maior do que os sistemas prismáticos, permitindo a visão externa. Desta forma, deve ser utilizado com critério, evitando fachadas muito expostas. Pode ser usado também em aberturas zenitais, combinado com outros elementos de protecção.

O uso de sistemas inovadores para a luz natural, e especialmente os sistemas de protecção solar com passagem da luz difusa e os que direccionam a luz directa - ambos agem como elementos de controlo - estão ligados a uma serie de pontos, que devem ser cuidadosamente verificados durante o projecto, de forma a definir as vantagens e o custo/benefício da utilização de cada um deles.<sup>111</sup>

<sup>110</sup> LAAR, M. – **Daylighting systems for the tropics the example of laser cut panels (Australia) and Plexiglas daylight (Germany)**. In: Seventh International IBPSA Conference. **Anais**. Rio de Janeiro, 2001. p. 1329-1333.

<sup>111</sup> BAKER, N., FANCHIOTTI, A., STEEMERS, K. - *op.cit.*, 1993.

Tabela 01:

AL- abertura

lateral;

ALA- abertura

lateral alta;

AZ- abertura

zenital;


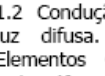






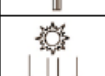

S- sim;

D- depende;

N- não;

FT- fase de testes;

FD – em fase de desenvolvimento;

CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS PARA A LUZ NATURAL – I												
Categoria	Sistema		Clima	Localização	Critérios para Seleção							
	Tipo/Nome	Desenho			Proteção Solar	Proteção do Ofuscamento	Vista externa	Condução da luz p/ o fundo do ambiente	Uniformidade Iluminação	Economia Luz artificial	Disponibilidade	Produtor, desenvolvedor
1. Sistemas para Passagem da Luz Difusa	1.1 Prateleira de Luz		Climas Temperados, céu encoberto	AL	D	D	S	D	D	D	S	1 2
	1.2 Condução da luz difusa. c/ Elementos Óticos Holográficos		Climas Temperados, céu encoberto	AL AZ	N		S	S	S	S	S	3 4 5
	1.3 Forro Anidólico		Climas Temperados, céu encoberto	ALA	S		S	S	S	S	FT	8
2. Sistemas de Proteção Solar com Passagem da Luz Difusa	2.1 Painéis Prismáticos		Todos os climas	AL AZ	S	D	D	D	D	D	S	6
	2.2 Lamelas Prismáticas Aluminizadas		Climas Temperados	AL	S	S	D	S	S	S	S	6 7
	2.3 Grelha MicroLamela Reflexivas c/ proteção solar		Climas Temperados	AZ	S	S	N	N	S	S	S	6
	2.4 Abertura zenital Anidólica		Climas Temperados	AZ	S	S	N	N	S	S	FT	8
	2.5 Proteção Solar c/ Guia de Luz		Climas quentes, céu claro	AL	S	S	S	D	D	D		10
	2.6 Concentração Elem. Holográficos Óticos		Todos os climas	AL AZ	S	D	S	N	D	S	FT	3,4, 9
	2.7 Reflexão Total c/ Elem. óticos holográficos		Climas Temperados	AL AZ	S	D	S	N	S	S	S	3,4, 5,9



CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS PARA A LUZ NATURAL - II













Categoria	Sistema		Clima	Localização	Critérios para Seleção							
	Tipo/Nome	Desenho			Proteção Solar	Proteção do Ofuscamento	Vista externa	Condução da luz p/ o fundo do ambiente	Uniformidade Iluminação	Economia Luz artificial	Disponibilidade	Produtor, desenvolvedor
3. Sistemas que Direcionam a Luz Solar Direta (sem Proteção)	3.1 Laser Cut Panel		Todos os climas	AL AZ	S	D	D	D	D	D	S	10
	3.2 Vidro para Condução da Luz		Climas Temperados	AL AZ		S	D	S	S	S	S	3 4
	3.3 Prateleira de luz p/ redirecionar luz direta		Todos os climas	AL	D	D	S	S	S	S	S	1 2
	3.4 Lamelas Giratórias		Climas temperados	AL AZ	S	S/D	D	S	S/D	S	S	2 9 11 12
	3.5 Persianas p/ Condução da Luz		Todos os climas	AL	S	S	S	D	D	D		10
	3.6 Concent. de Luz c/ Elem. Óticos Holográficos		Todos os climas	AZ		S	S	S	S	S	S	3 4 5
	3.7 Heliostato		Todos os climas, céu claro					S		S	S	15
4. Transporte de Luz	4.1 Condutos de Luz		Todos os climas, céu claro					S	S	S	S	16
	4.2 Fibras óticas		Todos os climas, céu claro					S	S	S	S	17
	4.3 Forro Condutor de Luz							S	S	S	FD	18
	4.3 Zenital c/ Laser Cut Panel		Climas quentes, céu claro, baixas latitudes	AL AZ	D	D		S	S	S	D	10
5. Sistema p/ Distribuição de Luz		Todos os climas	AL AZ		N	N	S	S	S	S	4,5, 13,20, 21,22	

Tabela 02:  
**AL-** abertura lateral;  
**ALA-** abertura lateral alta;  
**AZ-** abertura zenital;  
**S-** sim;  
**D-** depende;  
**N-** não;  
**FT-** fase de testes;  
**FD** – em fase de desenvolvimento;





## 2.2.4

### Estudo de caso: Convento de Sainte-Marie de La Tourette Eveux-sur-l'Arbreste - Lyon, 1957-1960, Le Corbusier

*"The key is light, and light illuminates shapes and shapes have an emotional power."*<sup>112</sup>

Le Corbusier

A arquitetura de Le Corbusier, focou-se na composição de massas com a luz, na procura e geração de uma resposta emocional. Através da organização e composição física de massas e iluminação controlada, ele criou uma linguagem arquitectónica dinâmica. Para ele a relação entre o material e a luz, estabelece os elementos fundamentais necessários para a percepção e relação no ambiente. *"Space, light and order. Those are the things that men need just as much as they need bread or a place to sleep."*<sup>113</sup> Com este conceito de compreensão, ele articulou a sua arquitetura de uma maneira que modificou a luz pela sua interação com texturas de superfícies e cor.

O seu trabalho em La Tourette, representa uma compreensão complexa do jogo entre luz, cor e forma. Para o desenho do complexo, Corbusier necessitou de um conhecimento da prática dos ocupantes, elaborado a partir dos seus conceitos e de como podiam ser representados na forma. O contexto religioso é de uma ordem de monges dominicanos que cumprem os seus deveres monásticos, combinando estudo privado e devoção com serviço para a comunidade. Eles foram descritos como frades que vivem em obediência, castidade e

<sup>112</sup> PETIT, Jean (ed.) – **Le Corbusier: texts and sketches for Ronchamp**. Switzerland: Association Oeuvre de Nôtre-Dame du Haut, Ronchamp, 1989.

<sup>113</sup> ETCHELLS, Frederick (trad.) – **Towards a new architecture**. New York: Praeger Publishers, 1974, p.202.



Fig.168 Contexto físico do convento.



Fig.169 Fachada Norte e Oeste.



Fig.170 Fachada Oeste e Sul.

pobreza, a vida deles é caracterizada por exclusão do mundo, inviolabilidade da vida religiosa e estudo. Não sendo um crente praticante no sentido estrito, Corbusier interpretou a estrutura de crença dos Dominicanos para manter a sua estrutura religiosa no mundo enquanto a sua arquitectura comunica com o mundo.

O contexto físico do Convento Dominicano de La Tourette, é um local com um forte declive perto da aldeia de Eveux-sur-l'Arbreste a Oeste de Lyon em França. O convento desfruta de uma visão panorâmica por cima do vale, onde os fachadas a Sul e Oeste abrem-se para um campo inclinado, totalmente exposto á luz e ao clima, enquanto o lado norte emerge das arvores que são o limite oriental do lado Este. O complexo é composto por duas partes distintas; o edifício da comunidade e a igreja. O primeiro, integra as celas dos professores e alunos nos dois pisos superiores e a escola Dominicana composta por salas de estudo, salas de trabalho, salas de convívio, biblioteca, oratório e refeitório no nível da entrada e inferior. Por fim, as circulações que articulam todos esses espaços, e mais particularmente, as que de outra forma substituem o claustro tradicional impossibilitado pelo declive, conduzem á igreja em forma de cruz.

A igreja e o edifício da comunidade, contrastam um com o outro não só em planta, mas em alçado, em corte e em significado e experiencia. A planta lembra uma ferradura sendo atraída por uma barra de íman – pois a forma como é organizada o edifício da comunidade em U, aproximam este da igreja – e as paredes exteriores são na maior parte envidraçadas, tanto no perímetro interior como exterior, enquanto as da igreja são em betão espesso com poucas aberturas. Como mostra a imagem do complexo do lado Oeste, as fachadas articuladas do edificio comunitário, expõem padrões de luz e sombra através das formas das janelas, enquanto a fachada da igreja é uma parede sem expressão com uma bolsa do órgão anexo que sobressai no meio. Em corte, o edifício comunitário não é mais do que camadas de volumes, uma sanduíche nos quais chão e planos de tecto

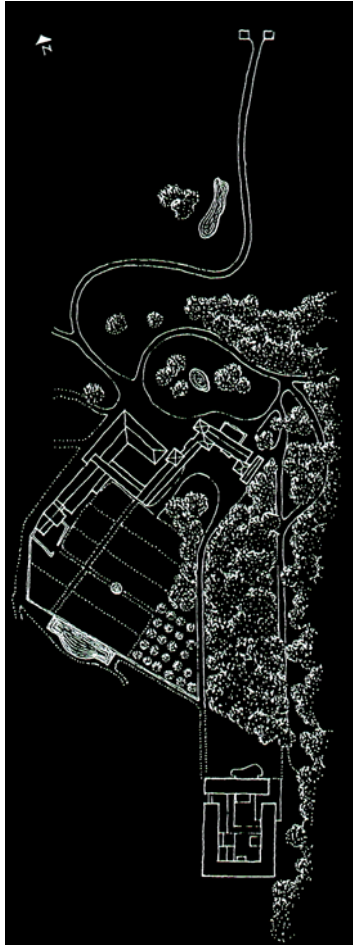


Fig. 172 Implantação.



Fig.173 Corte longitudinal.

são definidos, enquanto permitem o espaço aparente continuar através dos envidraçados. Por outro lado, a igreja expõe o volume monolítico do espaço esmagado entre paredes espessas e altas, com poucas aberturas e sem visão através delas.

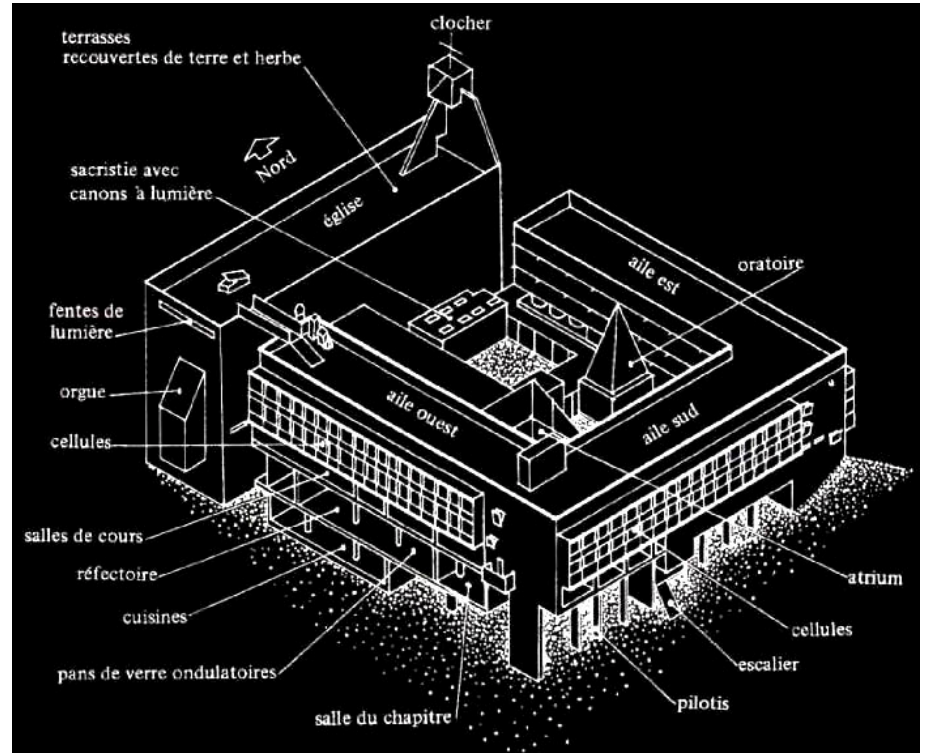


Fig.171 Axonometria descritiva do edifício.

Segundo William Curtis, *“The meaning of the order of building also has much to do with the duality of the individual and the collective: the individual devotion of each brother, and the collective life that they lead together.”*<sup>114</sup> Desta forma, a experiência de cada uma dessas partes é distinta, pois cada experiência é definida pela luz.

<sup>114</sup> CURTIS, William J. R. - **Le Corbusier: Ideas and forms.** Oxford: Phaidon, 1986, p.181.

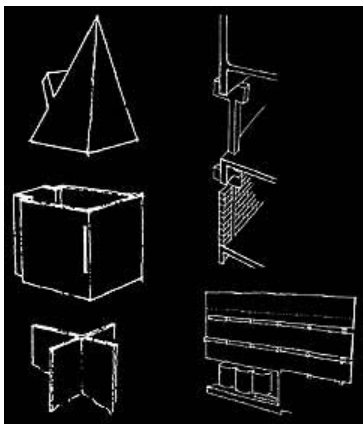


Fig.174 Decomposição da forma do oratório e da estrutura.



Fig.175 Ondulatórios do átrio.

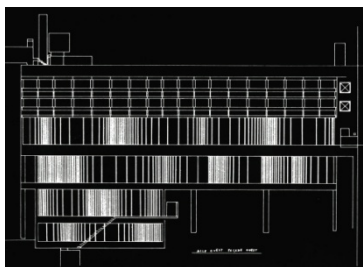


Fig.176 Estudo do ritmo dos ondulatórios na fachada Oeste.

Corbusier, sabendo que a experiência da luz resulta da forma – devido aos diversos registos da luz em cidades e monumentos antigos durante as suas primeiras viagens - conduziu o processo de desenho que moldou a forma do edifício através dela. Segundo, a sua publicação em 1923, *“Architecture is the skillful, accurate and magnificent play of masses seen in light; and contours are also and exclusively the skillful, accurate and magnificent play of volumes seen in light.”*<sup>115</sup> E ele aplica toda a sua experiência nesta obra e usa diferentes formas para revelar a luz, e a luz para revelar a forma.

Cada parte do convento, é definida de acordo com o tempo da sua luz. As celas privadas dos monges são orientadas a Sul, Este e Oeste, para que cada bloco de celas receba luz solar, ou veja a paisagem iluminada pelo sol, durante o dia. O refeitório recebe luz tanto de manhã como à tarde, como ao nascer ou ao por do sol. As passagens que unem as diferentes partes do convento e o claustro, são adornadas com padrões extensos de luz e sombra através dos “ondulatórios”. A luz enfim é o ornamento às formas do edifício, enquanto dá vida ao ritual diário do convento.

Nas circulações, que são os espaços mais comuns e activos dos espaços sociais, planos de tecto e chão – se inclinam frequentemente - contrastando com as vistas abertas para o exterior através dos “ondulatórios”. Estes, são lâminas de betão da altura dos respectivos pés-direitos, que fixam o vidro entre elas, e criam uma vista no exterior de uma ondulação provocada pelo seu ritmo de larguras e afastamentos. Segundo Xenakis (colaborador de Le Corbusier), *“The horizontal spacing of the concrete members was determined by according to musical intervals with the underlying idea that density of the chiaroscuro<sup>116</sup> is similar to the density of sound in music.”*<sup>117</sup> Subsequente, os padrões de

<sup>115</sup> ETCHELLS, Frederick - *op. cit.*, 1974, p.202.

<sup>116</sup> O *chiaroscuro* define-se pelo contraste entre luz e sombra na representação de um objecto.

<sup>117</sup> XENAKIS, Lannis – The monastery of La Tourette, *apud* BROOKS, H. Allen (ed.) – **Le Corbusier**. Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1987, p.146.



Fig.177 Ondulatórios no refeitório.

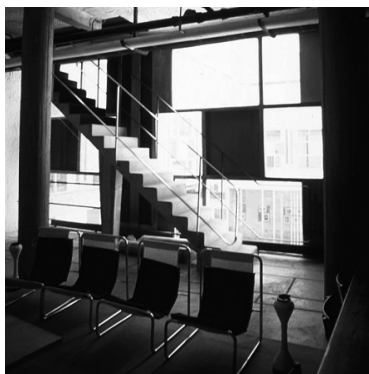


Fig.178 Interior da sala dos seminaristas.



Fig.179 Oratório.

luz e sombra, tem uma semelhança com a composição musical, especialmente na fachada Oeste onde tem três níveis sucessivos de “ondulatórios”.

No refeitório, os “ondulatórios” com pouco espaçamento na fachada exterior, actuam como limitador do céu e da visão exterior, e por sua vez, os painéis de vidro largos revela-os. No lado oposto, painéis com formas geométricos criam um modelo forte no perímetro interior do edifício, onde a luz solar directa pode penetrar tanto durante as horas da manhã como da tarde. A sensação de estar no meio, entre o interior do claustro e o mundo exterior fora do convento, é claro.

Na sala dos seminaristas, na biblioteca e no oratório a luz é mais dominada, pois nos primeiros só é envidraçado no lado interior do claustro, com um padrão tipo tabuleiro de xadrez de painéis envidraçados e opacos. As variações geométricas foram determinadas pelas proporções do *Modulor* e são uma referência ao trabalho do pintor Piet Mondrian. A principal razão da escolha segundo Corbusier é funcional, pois diferentes usos precisam diferentes fachadas. A luz é tranquila, e modelada pelas superfícies do claustro. Começa então a desenhar-se um sentido de refúgio, de clausura, onde a exposição á luz é opcional em vez de obrigatório. O oratório por sua vez, um lugar para oração privada no meio dos espaços de estudo, está separado e isolado, tendo apenas três aberturas de luz natural. A primeira, é uma grande abertura no lado sul da passagem que faz a ligação entre os dois espaços; a segunda, são as finas aberturas verticais nos cantos norte e sul do volume, que começam a meia altura e vão ate ao ponto onde o pano de parede quebra para formar a pirâmide; e o terceiro, é um feixe de luz angular, que sobressai para fora do lado Este do tecto piramidal e lança o brilho difuso da luz através da clarabóia. Desta forma, o ocupante fica completamente isolado das vistas do mosteiro, mas a luz natural lava as superfícies de betão áspero e revela o altar. Com isto o oratório, não é uma sala escura mas um espaço isolado. O fluxo de luz natural e a visão na passagem entre os espaços parece simbólica, como





Fig.180 Corredor das celas com aberturas horizontal e a “flor de betão” no final.



Fig.181 Vista exterior da “flor de betão” localizada no final do corredor.



Fig.182 Vista da cela para o exterior.

se o visitante que a atravessa quebra-se a ligação com o mundo exterior quando entra, e restabelece de novo esse contacto quando regressa. É uma tonalidade sombria, sendo que a luz na sua maioria é passiva, enquanto revela as superfícies.

As celas individuais para os monges, ocupam os últimos dois pisos e formam os lados Este, Sul e Oeste do edifício comunitário. Os corredores que conduzem e ligam as celas, ficam no lado interior do claustro. Estes são iluminados por uma fina abertura horizontal, interrompida apenas por blocos de betão que formam a estrutura, ao nível do olhar humano ao longo dos corredores. Aqui a ligação visual, para e da comunidade é regulada, onde os níveis de iluminação natural baixam criando assim um efeito sombrio e de tranquilidade. No entanto uma janela convencional, define cada extremidade dos corredores, sendo distinta pela protecção à luz solar directa e bloquear a vista através do *brise-soleil* em betão a que Corbusier chamou de “flores de betão”, enfatizando assim o carácter destes corredores.

Por sua vez, as celas definidas por um volume longo e estreito são abertas para a paisagem exterior. O espaço do volume organiza-se pelos diversos usos, onde após a entrada neste, surge a zona de armazenamento e lavagem, em obscuridade relativa e isolamento absoluto. De seguida vem a área de dormida que é separada da área anterior por um armário. O espaço do volume interno é rematado com uma escrivaninha de estudo junto a janela onde a luz é abundante para ler e escrever. Por fim a varanda que se abre para a paisagem, mas funciona como um elemento de controlo de luz solar, limita a passagem desta mas também permite a ventilação através de elementos furados colocados como guarda corpo. Assim todas as varandas são desenhadas para receber luz, ar e paisagem mas também permite uma ligação entre o mundo exterior e o mundo interior mais privado. Mas este modelo de celas, não é mais do que uma versão comprimida da experiencia da unidade de habitação de Marselha, pois condensam a experiencia do



Fig.183 Entrada na igreja pelo claustro.

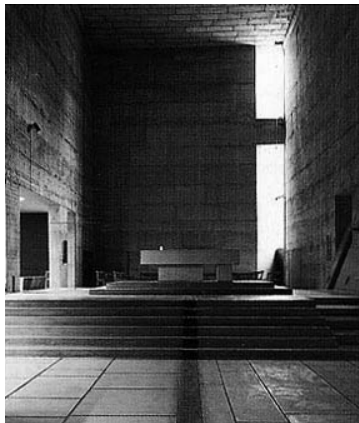


Fig.184 Vista para a entrada pública.



Fig.185 Vista da igreja do lado Oeste.

movimento entre escuridão e a luz em espaços longos e estreitos onde a escuridão define a entrada e a luz um sinal do mundo exterior.

No entanto, a dialéctica da luz no convento de La Tourette, tem como ponto central a grande porta de entrada dos monges. Nesse ponto, escuridão e luz, sagrado e profano, são claramente justapostos. Para entrar na igreja, os monges descem pela passagem envidraçada do claustro, onde os “ondulatórios” criam um efeito rítmico de luz que marcam o pavimento, e passam de um corredor com vista para o mundo exterior e cheio de luz, para a estreita e escura igreja sem visão para o exterior. Corbusier, define a igreja como um espaço, “*d’une pauvreté totale*,”<sup>118</sup> onde esta austeridade, esse vazio, e essa escuridão não distraem, não fornece imagens bonitas, e não exalta, mas incentiva à introspecção pessoal, para uma possível ligação com Deus.

Na entrada pública no lado Este da igreja, a escuridão é acentuada por várias aberturas: uma grande fenda de luz se abre do piso ate ao tecto; três canhões de luz posicionados sobre a cobertura que formam o altar norte, a capela do Santo Sacramento, e os altares em baixo; duas fendas verticais que separam a capela norte em forma de piano do corpo principal da igreja; e três pequenos furos ao redor do confessionário. Mas a fenda na ligação da parede do Sul com a do Este, é descrita por Xenakis ter sido acrescentada por Corbusier mais tarde no processo de desenho para impulsionar o nível de iluminação, como era a abertura horizontal entre a parede Oeste e o tecto.<sup>119</sup>

O irromper da luz dos três canhões por cima da capela do Santo Sacramento é perceptualmente a parte mais brilhante da igreja. O altar norte com o tabernáculo que se situa por baixo do canhão de luz branco é como uma caverna onde um raio de luz penetra, e a escuridão torna-se mais profunda em contraste com essa luz forte. Sobre os quatro altares laterais em desnível, onde os monges fazem a celebração individual, os

<sup>118</sup> BOESIGER, Willy (ed.) – *Le Corbusier: Oeuvre complete, 1957-1965*. Zurich: Les Editions d’Architecture, 1965, p. 49.

<sup>119</sup> XENAKIS, Lannis - *op. Cit.*, 1987. p.146.



Fig.186 Canhões de luz sobre as capelas.

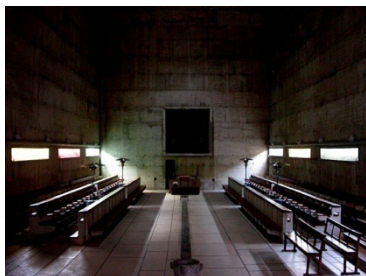


Fig.187 Coro iluminado por aberturas.

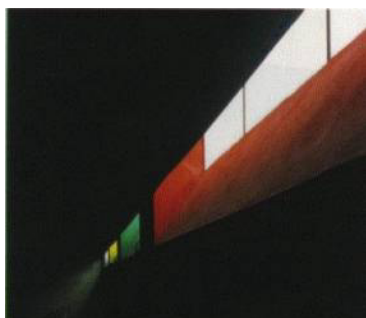


Fig.188 Aberturas horizontais coloridas.



Fig.189 Vista da igreja sobre o altar.

canhões de luz em ângulos diferentes, sublinham o carácter subterrâneo das capelas. Essa luz misteriosa que provoca uma atmosfera mística semelhante á usada na primeira parte da Idade Media, enfatizando a distancia entre a porta de acesso e o altar sagrado centrado em sombra.

A parede alta do lado Oeste da igreja emerge das sombras, iluminada por uma clarabóia angular por cima do coro, que capta a luz do céu do lado Este, e durante a manha, revela um feixe de luz na parede. No entanto, foi necessário recorrer a uma fina abertura horizontal no topo da parede junto ao tecto inclinado, para assinalar o limite superior da parede e a presença do tecto, caso contrário seria escondido pela escuridão.

Os monges sentam-se em bancos de igreja no coro somente na parte baixa da igreja e por cima deles, tem pequenas aberturas horizontais coloridas que formam um ângulo através da espessa parede de betão. Apenas é visíveis as superfícies coloridas iluminadas, mas não o exterior. As superfícies inclinadas coloridas das aberturas pintam a luz do dia que introduz o coro. O foco da luz profunda colorida por cima dos monges é destinado unicamente à tarefa de leitura sem revelar o lado oposto.<sup>120</sup>

O altar no meio, é realçado pela superfície de pedra branca em contraste com o pavimento em ardósia, destacando-se da escuridão. Ele divide a congregação – lavado pela luz que cai da capela do Santo Sacramento – da fraca luz colorida proveniente do coro. A clausura da igreja perde-se na escuridão de esquinas indiscerníveis e o perímetro perdido pela vista. Isto, cria um sentido até mesmo na luz do dia de que a escuridão do santuário é impenetrável. As diversas partes da igreja estão dispostas pela luz, mas de uma maneira que torna a percepção sequencial, como na observação de uma pintura. Não é possível adquirir um sentido do total de uma vez só. Nesse sentido, a igreja é semelhante

<sup>120</sup> *ibidem*.

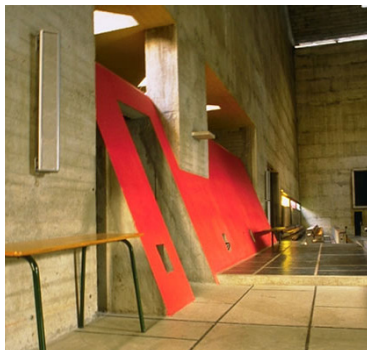


Fig. 190 Vista da sacristia pela igreja.

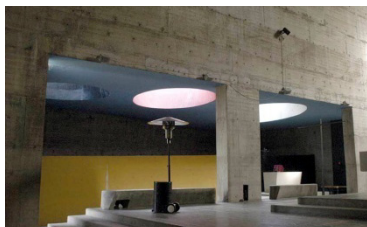


Fig.191 Vista da capela norte.



Fig. 192 Capela norte e sacristia formam o transepto tradicional.



Fig. 193 Ronchamp.

às catedrais Góticas com a sua percepção sequencial dos espaços, embora a igreja pareça ser um volume simples.

A sacristia, por sua vez é definida pela sua forma, ligeiramente inclinada e de cor vermelha, revelada pela luz de sete aberturas geométricas arrojadas orientadas a sul para permitir a luz solar directa na nave ao meio dia nos equinócios, de forma a juntar a igreja *“to the cosmos like the pyramids and other sacred edifices.”*<sup>121</sup> As paredes não tocam o tecto e curvam-se para dentro, sugerindo um volume escultural separado que é independente do tecto. Por fim, a luz dos dois lados da nave – a sacristia a sul e a capela a norte – formam o tradicional transepto em justaposição com a longa e escura nave definida por um feixe de luz no seu termino.

A igreja apresenta-se, então, como um grande e alto espaço prismático em forma de paralelepípedo com rasgos de luz, onde a penumbra predomina e a reduzida luz vem canalizada por pontos focais estratégicos, enfatizado pelo uso de cores primárias.

Assim como já havia ocorrido em Ronchamp (1950), La Tourette demonstrou a evolução do pensamento moderno de Corbusier que retomou a ideia histórica da luz e sombra, dos cheios e vazios, dos “buracos” na parede. O objectivo geral proposto por ele, expressou a dualidade de uma comunidade que vive entre os estudos e os serviços comunitários, através de diferentes experiencias ora em espaços iluminados, ora em penumbra. As formas e a luz de La Tourette, demonstram ser uma composição dialéctica que revelam o eterno conflito entre o sagrado e o profano. Corbusier viu claramente a luta entre espírito e matéria, e expressou-a onde a experiência essencial do sagrado é revelada pela luz e pela matéria bruta.

<sup>121</sup> *Ibidem*, p.146.

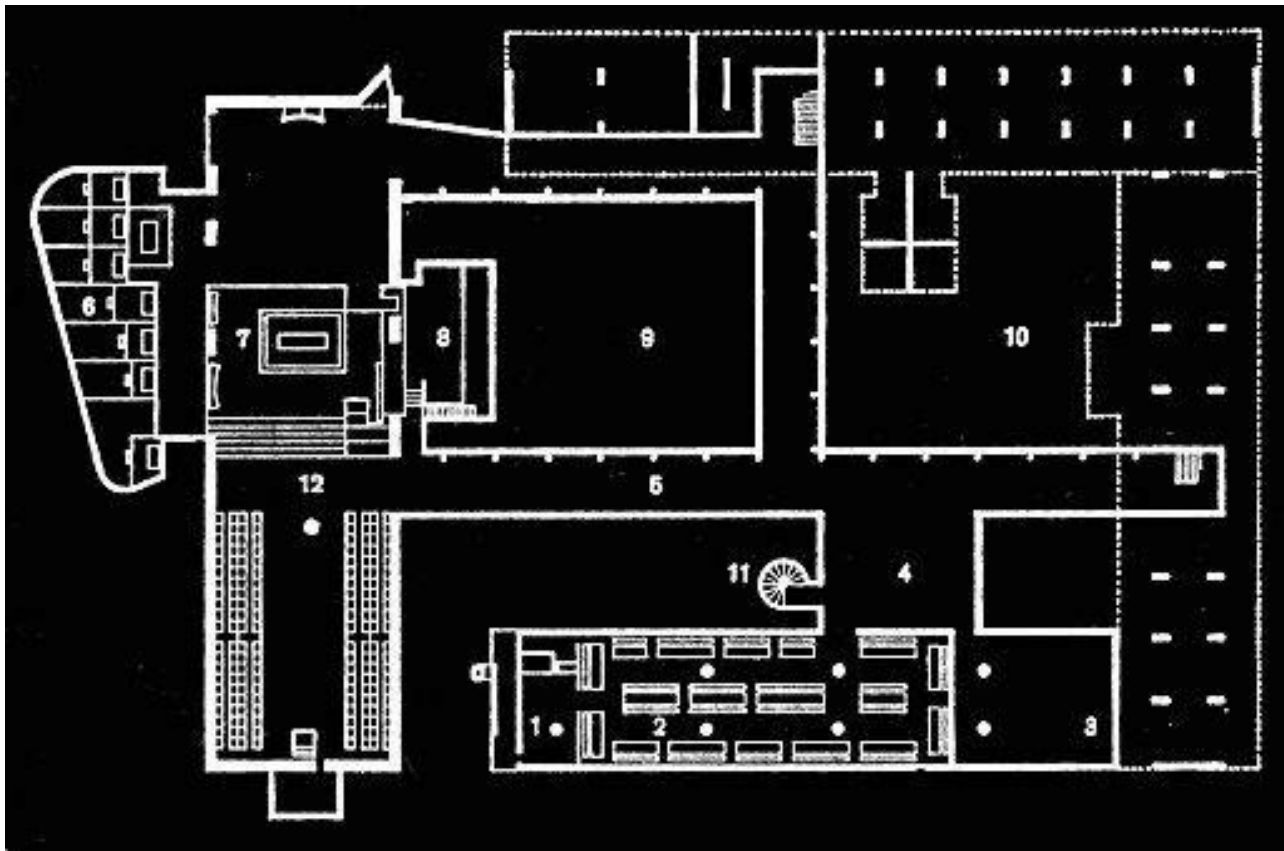


Fig.194 Planta nível refeitório. 1- Copa, 2- Refeitório, 3- sala do capitulo, 4- Átrio, 5- circulação do claustro, 6- pequenas capelas, 7- Altar, 8- Sacristia, 9 e 10- Claustro, 11- escada em caracol, 12- Igreja.

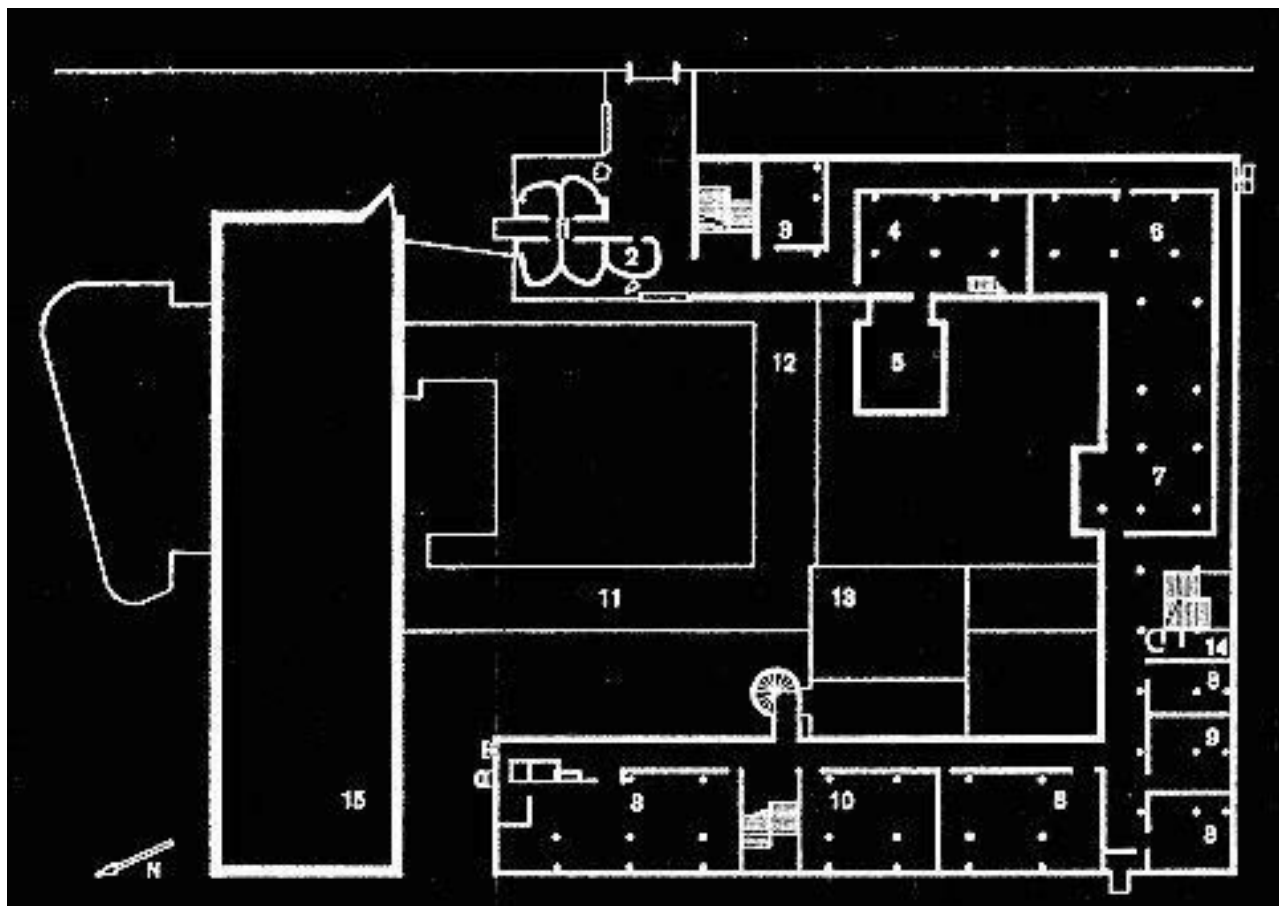


Fig.195 Planta nível entrada. 1- Sala de visita, 2- Portaria, 3- sala para os monges, 4- sala comum para os estudantes, 5- oratório 6- sala de estudo, 7- Biblioteca, 8- sala de leitura, 9- sala comum dos estudantes, 10- sala comum para os monges, 11 e 12- cobertura das circulações do claustro, 13- cobertura do átrio, 14- wc, 15- Igreja.

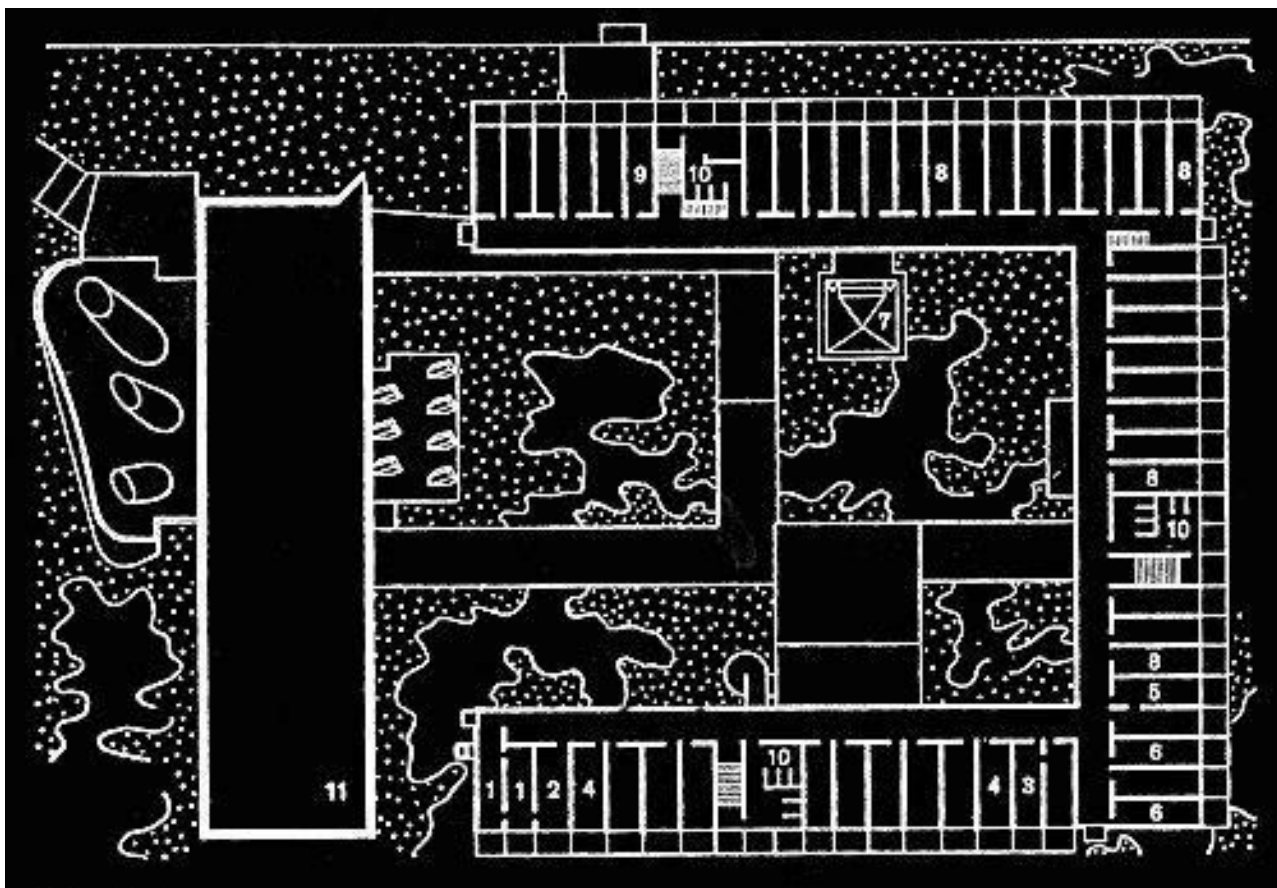


Fig. 196 Planta nível celas. 1- Sala de atendimento médico, 2- enfermaria, 3- celas para visitas, 4- celas dos monges, 5- cela para o monge responsável pelos estudantes, 6- cela para estudante a padre, 7- cobertura do oratório, 8- celas para estudantes, 9- cela do monge director, 10- sanitários, 11- Igreja.





Fig.197 Corte transversal Este/Oeste, próximo à entrada da igreja.



Fig. 198 Corte transversal Este/Oeste, junto à entrada do convento.





Considerações  
Finais



## Considerações finais

*“Architecture is the skillful, accurate and magnificent play of masses seen in light; and contours are also and exclusively the skillful, accurate and magnificent play of volumes seen in light.”<sup>122</sup>*

Le Corbusier

Pode-se deduzir daí, a importância da luz natural na concepção arquitectónica, e concluir que nesse processo interagem múltiplas relações e elementos que definem aspectos específicos do objecto construído. Pois entre tantas possibilidades que se podem citar, a luz pode: revelar ou desmaterializar formas, espaços e superfícies; relacionar a obra com o seu contexto físico-cultural, clima e orientação; condicionar a escolha de uma pele, de uma matéria, pois os mesmos reforçam o carácter táctil, visual e natural com cores e texturas diversa, além de interferir no grau de transparência e opacidade; ligar ou separar o interior do exterior – as interferências feitas na fachada (tipos de aberturas, filtros e vãos) serão decisivas na forma como a luz entrará nos espaços interiores e na maneira como o jogo de luz e sombra modificará a articulação volumétrica; unir, distinguir, ligar ambientes; bem como dirigir e orientar, estabelecendo pontos focais, hierarquias e movimentos; enfatizar o espaço de verticalidade ou horizontalidade; modificar as proporções visuais do edifício e seus detalhes, criando efeitos de leveza ou massa – como também reforçar volumes e perfis, marcar acessos, articular superfícies; criar atmosferas, podendo simbolizar ou representar uma ideia, um conceito, um valor como o

<sup>122</sup> ETCHELLS, Frederick - *op. cit.*, 1974, p.202.

cosmos, a vida, a morte, o sagrado e o profano; bem como criar associações, podendo expressar sentimentos.

Enfim, uma boa iluminação molda e modifica a realidade, condicionando o estado de ânimo das pessoas e a sua percepção geral dos ambientes que vivem.





Fontes  
Bibliográficas





## Livros – 5.1

BAKER, N., FANCHIOTTI, A., STEEMERS, K. – **Daylighting in Architecture. A European Reference Book.** London: James & James Editors, 1993.

BELLINELLI, Luca - **Louis Kahn: The construction of the Kimbell Art Museum.** Milão: Skira Editore, 1999.

BITTENCOURT, Leonardo – **Uso das cartas solares – diretrizes para arquitetos.** 4ª ed. Maceió, Alagoas: Edufal, 2000.

BLASER, Werner – **Renzo Piano: Centre Kanak.** Basel: Birkhäuser, 2001

BORSI, Franco – **Bernini.** Paris: Hazan Editeur, 1984.

BOESIGER, Willy – **Le Corbusier: Oeuvre complete, 1938-1946.** Zurich: Les Editions d'Architecture, 1946.

BOESIGER, Willy – **Le Corbusier: Oeuvre complete, 1957-1965.** Zurich: Les Editions d'Architecture, 1965.

BROOKS, H. Allen – **Le Corbusier.** Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1987.

BUTTIKER, Urs – **Louis I. Kahn: Light and Space.** Berlin: Birkhauser, 1993.

CURTIS, William J. R. - **Le Corbusier: Ideas and forms.** Oxford: Phaidon, 1986, p.181.

DANS, Ernest – **La arquitectura y el sol – proteccion de los edificios.** Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1967.

ETCHELLS, Frederick – **Towards: A new architecture.** New York: Praeger Publishers, 1974

EVANS, Martin; SCHILLER, Silvia – **Diseño bioambiental y arquitectura solar.** 2ª ed. Bueno Aires: Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, 1991.

- FONTOYNONT, M. (ed.) – **Daylighting performance in buildings**. London: James & James, 1998.
- FRAMPTON, Kenneth – **História crítica de la arquitectura moderna**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1993.
- FROTA, Anésia Barros – **Geometria da insolação**. São Paulo: Geros, 2004.
- FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos – **Manual do conforto térmico**. São Paulo: Nobel, 2000
- FURUYAMA, Masao – **Tadao Ando**. 4ª ed. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, SA, 2000,
- GAETANO, Alfano, **Fondamenti di benessere termoigrometrico per la progettazione e la gestione de impianto di condizionamento**. 4ª ed. Napoles: CUEN, 2002.
- GRODECKI, Louis – **Arquitectura Gótica**. Madrid: Aguilar Ediciones, 1977.
- PLUMMER, Henry – **The Architecture of Natural Light**. New York: The Monacelli Press, 2009.
- HESCHONG, Lisa See – **Thermal delight in architecture**. Cambridge, Massachusetts: The M.I.T. Press, 1979.
- HOPKINSON, R. G., PETHERBRIDGE, P., LONGMORE, J. – **Iluminação Natural**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1975.
- JOHNSON, Nel – **Light is the theme: Louis Kahn and the Kimbell Art Museum**. Fort Worth, Texas: Kimbell Art Foundation, 1975.
- KNOWLES, Ralph L. – **Sun rhythm form**. Cambridge, Massachusetts: The M.I.T. Press, 1981
- LABS-EHLERT, Brigitte – **Peter Zumthor Atmosferas**. Barcelona: Editorial Gustavo Gilli, 2006.
- LAM, William C. – **Sunlighting as formgivers for architecture**. New York: Van Nostrand Reibhold, 1985.
- LAM, William C. – **Perception and lighting as formgivers for architecture**. New York: McGraw Hill Book Company, 1997.

LAAR, M. – **Daylighting systems for the tropics the example of laser cut panels (Australia) and Plexiglas daylight (Germany)**. In: Seventh International IBPSA Conference. **Anais**. Rio de Janeiro, 2001.

LATOUR, Alessandra – **Writings, lecture, interviews**. New York: Rizzeli, 1991

LOBELL, John – **Between silence and light**. Boston: Shambhala, 2000

MADEC, Philippe – **Boullée**. Paris: Hazan Editeur, 1986.

MARAGNO, Gogliardo V. – **Eficiência e forma do brise-soleil na arquitetura de Campo Grande**. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, São Paulo, 2001. **Anais**, São Paulo: ENCAC, 2001.

MICHEL, Lou – **Light: the shape of space, designing with shape and light**. New York: John Wiley and Sons Company, 1996.

MILLET, Marieta – **Lighting revealing architecture**. New York: John Wiley and Sons Company, 1996.

MOORE, Fuller – **Concept and practice of architectural daylighting**. New York: Van Nostrand Reibhold Company, 1985.

NORBERG-SCHULZ, Christian – **La signification dans l'architecture occidentale**. Bruxelas: Pierre Mardagn Editeur, 1977.

NORBERG-SCHULZ, Christian – **Louis Kahn: Idea e Image**. Madrid: Xarait Ediciones, 1996.

PETIT, Jean (ed.) – **Le Corbusier: texts and sketches for Ronchamp**. Switzerland: Association Oeuvre de Nôtre-Dame du Haut, Ronchamp, 1989.

PIANO, Renzo – **Logbook**. New York: The Monacelli Press, 1997

PIANO, Renzo – **Sustainable architectures**. Barcelona: GG, 2002

PORTOGHESI, Paolo – **Francesco Barromini**. 2<sup>o</sup> ed. Milão: Electra Editrice, 1984.

RIVIERO, Roberto – **Arquitectura e clima: acondicionamento térmico natural**. 2ª ed., Porto Alegre: D.C.Luzzatto Editores, 1986.

ROBBINS, Claude L. – **Daylighting design and analysis**. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1986.

ROGORA, A. – **Luce naturale e progetto**. Rimini, Itália: Maggioli Editore, 1997.

RUUSUVUORI, Aarno – **Alvar Aalto**. Lisboa: Editado pela Fundação Calouste Gulbenkian, 1983.

SERRA, R. Florensa; COSH, H. Roura – **Arquitectura y energia natural**. Barcelona: Ediciones UPC, 1995.

SIMSON, Otto von – **Origens da arquitectura gótica e o conceito medieval de ordem**. Lisboa: Presença, 1991.

TANIZAKI, Junichiro – **Elogio da sombra**. Lisboa: Relógio D'Água Editores, 1999

TORRICELLI, M. C., SALA, M., SECCHI, S. – **Daylight: la luce del giorno. Tecnologie e strumenti per la progettazione**. Firenze: Alinea Editrice, 1995

TRULZSCH, Holger – **Claude-Nicolas Ledoux vu par Holger Trulzsch**. Paris: Musée Carnavalet, Direction des Affaires Culturelles, 1985.

VIANNA, Nelson Solano, GONÇALVES, Joana Carla – **Iluminação e arquitectura**. São Paulo: Virtus, 2001.

VIDLER, Anthony – **Ledoux**. Madrid: Xarait Ediciones, 1987.

ZEVI, Bruno – **Saber ver a arquitectura**. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

## Revistas - 5.2

### Números Monográficos - 5.2.1

**Light & Space, Modern Architecture.** G.A., vols. 1 e 2, Tokyo 1994.

### Artigos - 5.2.2

LECHNER, Norbert - **Iluminación natural.** Tectónica, nº26 - iluminação (II), 2009.

PLUMMER, Henry - **Light in architecture.** A D, vol.67 nº 3/4, Março/Abril, 1997.

PLUMMER, Henry - **Light in Japanese architecture.** A + U, extra edition, Tokyo 1995.

PLUMMER, Henry - **Master of light.** A + U, extra edition, Tokyo 2003.

NORBERG-SCHULZ, Christian - **Poetics of light.** A + U, nº12 - extra edition, Tokyo 1987.

## Artigos Internet – 5.3

AMORIM, Claudia N. D. – **Iluminação Natural e Eficiência Energética – Parte II Sistemas Inovadores para a Luz Natural**. Brasília: Faculdade Arquitetura e Urbanismo da Universidade Brasília, 2002. Disponível em: <[http://www.unb.br/fau/pos\\_graduacao/paranoa/paranoa.htm](http://www.unb.br/fau/pos_graduacao/paranoa/paranoa.htm)> vol.4, 2002. Acesso em Abril, 2009.

BOYCE, Peter – **Light, sight and photobiology**. Lighting Future, vol.2, n.3. Troy, New York: Lighting Research Center – Rensselaer Polytechnic Institute, 1998. Disponível em: <<http://www.lrc.rpi.edu/programs/Futures/LF-Photobiology/index.asp>>. Acesso em Outubro, 2008

BOYCE, Peter; HUNTER, Claudia; HOWLETT, Owen – **The benefits of daylight through windows**. New York: Lighting Research Center – Rensselaer Polytechnic Institute, 2003. Disponível em: <<http://www.lrc.rpi.edu/programs/daylightdividend/pdf/DaylightBenefits.pdf>>. Acesso em Outubro, 2008.

BRYAN, Harvey – **Seeing the light**. Progressive Architecture, 1982. Disponível em: <<http://www.arch.ced.Berkeley.edu/courses/arch245>>. Acesso em Novembro, 2008

ÇAKIR, Ahemt, ÇAKIR, Gisela – **Light and health: the most comprehensive study on the impact of office lighting on humans**. Berlin: Ergonomic Institute for Occupational and Social Sciences Research Company Ltd., 1998. Disponível em: <<http://www.healthylight.de/>>. Acesso em Novembro, 2008.

EDWARDS, L., TORCELLINI, P. – **A literature review of the effects of natural light on buildings occupants**. Colorado: National Renewable Energy Laboratory – U.S. Department of energy, 2002. Disponível em <<http://nrel.gov/buildings/highperformance/dfs/30769.pdf>>. Acesso em Novembro, 2008

FIGUEIRO, Mariana G. – **Daylight and productivity – a field study**. Washington DC: Teaming for Efficiency: ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings – American Council for an Energy-Efficient Economy, 2002. Disponível em: <<http://www.lrc.rpi.edu/programs/lightHealth/overview.asp>>. Acesso em Novembro, 2008.

FIRTH, Melitta – **Between remembering and forgetting**. Disponível em: <<http://www.artwrite.cofa.unsw.edu.au/9918/firth.html>>. Acesso em Abril 2009.

## Teses e outras provas acadêmicas – 5.4

BARNABÉ, Paulo Marcos - **A luz natural como diretriz de projeto para a concepção do espaço e da forma na obra dos arquitectos modernos brasileiros – 1930/60.** Tese de doutorado, São Paulo: FAU-USP, 2005

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme – **Daylighting in buildings: a source book on daylighting systems and components.** Berkeley: Lawrence Berkeley National Laboratory, 2000.

MACIEL, Alessandra – **Projecto bioclimático em Brasília: Estudo de caso em edifícios de escritórios.** Dissertação de Mestrado, UFSC, 2002. p. 8. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/publicacoes/dissertacoes.php>>. Acesso em Abril de 2009.

## Videos –5.5

### Filmes – 5.5.1

AGRESTI, Alejandro (dir.) – **The lake house.** USA: Warner Brothers, 2006

### Documentários – 5.5.2

DE BLAS, Juan M. Martin (dir.) – **Elogio de la Luz.** Espanha: TVE, 2003

COPANS, Richard – **Architectures, vol. 3 - Le couvent de la Tourette.** France: Arte Vidéo Editeur, 2003

KAHN, Nathaniel (dir.) - **MY ARCHITECT: a son's journey.** New York: New Yorker Films, 2003





Fontes

Iconográficas



- Fig. 01 Luz/Sombra (capa)  
(<http://flickr.com/photos/joaornelas/663735009/>)
- Fig. 02 Introdução  
(<http://certosmomentos.blogs.sapo.pt/arquivo/sunshine.jpg>)
- Fig. 03 Luz e o Homem (capítulo 1.1)  
(<http://www.flickr.com/photos/haglerphotography/3303566487/>)
- Fig. 04 Luz e seus efeitos biológicos (capítulo 1.1.1)  
(<http://library.du.edu/specoll/beck/ph462.cfm>)
- Fig. 05 Luz e seus efeitos psicológicos (capítulo 1.1.2)  
([http://olhares.aeiou.pt/meditando\\_a\\_beira\\_mar\\_foto1329781.html](http://olhares.aeiou.pt/meditando_a_beira_mar_foto1329781.html))
- Fig. 06 Luz e seus efeitos no sistema visual (capítulo 1.1.3)  
(<http://www.genrecookshop.com/vision1b.jpg>)
- Fig. 07 Luz e Arquitectura (capítulo 1.2)  
(<http://www.flickr.com/photos/kinsalephoto/3512958886/sizes/l/>)
- Fig. 08 Luz primitiva (capítulo 1.2.1)  
(<http://blog.smithsonianchannel.com/wp-content/uploads/2008/07/blogging-from-stonehenge1.jpg>)
- Fig. 09 Formações naturais  
([http://www.cdnarchitect.com/asf/principles\\_of\\_enclosure/enclosure\\_typologies/images/wigwam.gif](http://www.cdnarchitect.com/asf/principles_of_enclosure/enclosure_typologies/images/wigwam.gif))
- Fig. 10 Estrutura primitiva de pedra  
([http://www.cdnarchitect.com/asf/principles\\_of\\_enclosure/enclosure\\_typologies/images/wigwam.gif](http://www.cdnarchitect.com/asf/principles_of_enclosure/enclosure_typologies/images/wigwam.gif))
- Fig. 11 Estrutura primitiva esquelética  
([http://www.cdnarchitect.com/asf/principles\\_of\\_enclosure/enclosure\\_typologies/images/wigwam.gif](http://www.cdnarchitect.com/asf/principles_of_enclosure/enclosure_typologies/images/wigwam.gif))
- Fig. 12 Stonehenge  
(<http://www.aboutstonehenge.info/images/education/stonehenge-wallpaper-4.jpg>)
- Fig. 13 Luz na Antiguidade (capítulo 1.2.2)  
(<http://www.flickr.com/photos/joanot/2245440203>)
- Fig. 14 Representação do Palácio de Darius  
(<http://sv.wikipedia.org/wiki/Persepolis>)

- Fig. 15 Detalhe da riqueza decorativa  
(<http://sv.wikipedia.org/wiki/Persepolis>)
- Fig. 16 Vista aérea do Palácio de Persépolis  
([http://www.caiss-soas.com/CAIS/Images2/Achaemenid/Persepolis/Persepolis\\_Recon\\_Drawing.jpg](http://www.caiss-soas.com/CAIS/Images2/Achaemenid/Persepolis/Persepolis_Recon_Drawing.jpg))
- Fig. 17 Vista explodida do Templo Karnak  
([http://farm4.static.flickr.com/3607/3469032982\\_ec54959ee4.jpg](http://farm4.static.flickr.com/3607/3469032982_ec54959ee4.jpg))
- Fig. 18 Representação explodida do Templo Amon  
([http://fds.oup.com/www.oup.co.uk/images/oxed/children/egypt/egypt\\_temple2.jpg](http://fds.oup.com/www.oup.co.uk/images/oxed/children/egypt/egypt_temple2.jpg))
- Fig. 19 Corte prespectico sala hipostilo  
(<http://www.1st-art-gallery.com/thumbnail/225054/1/A-Reconstruction-Of-Part-Of-The-Hypostyle-Hall.jpg>)
- Fig. 20 Interior da sala hipostilo  
(<http://www.panoramio.com/photos/original/7272166.jpg>)
- Fig. 21 Templo do sol Korikancha  
(<http://www.e-peru-tours.com/peru-pictures/cusco-moray-terracing.jpg>)
- Fig. 22 Pirâmide de Kukulcan  
(<http://www.flickr.com/photos/daquellamanera/3590371263/>)
- Fig. 23 Estudo do sol nos equinócios  
([http://www.world-mysteries.com/kuk\\_zenith.gif](http://www.world-mysteries.com/kuk_zenith.gif))
- Fig. 24 Caracol  
([http://farm4.static.flickr.com/3552/3401745621\\_Obe806392c.jpg?v=0](http://farm4.static.flickr.com/3552/3401745621_Obe806392c.jpg?v=0))
- Fig. 25 Partenon  
(<http://www.trekearth.com/gallery/Europe/Greece/Attica/Attiki/Athens/photo312575.htm>)
- Fig. 26 Corte da Basílica de Trajano  
([http://etc.usf.edu/clipart/27400/27407/trajan\\_basil\\_27407\\_lg.gif](http://etc.usf.edu/clipart/27400/27407/trajan_basil_27407_lg.gif))
- Fig. 27 Fórum de Trajano  
(<http://www.pitt.edu/~tokerism/0040/images2/210.jpg>)
- Fig. 28 Corte da Basílica S. Apolinário  
([http://www.dezenovevinte.net/obras/igreja\\_sp\\_files/img05.jpg](http://www.dezenovevinte.net/obras/igreja_sp_files/img05.jpg))
- Fig. 29 Corte do Panteão  
(<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7b/Pantheon.drawing.jpg>)
- Fig. 30 Luz na Idade Media (capitulo 1.2.3)  
([http://image.dashofer.hu/upload/epitinfo/2\\_hagia\\_sofia\\_belulrol.jpg](http://image.dashofer.hu/upload/epitinfo/2_hagia_sofia_belulrol.jpg))
- Fig. 31 Catedral de São Marcos  
([http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Venice\\_-\\_St.\\_Marc%27s\\_Basilica\\_02.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Venice_-_St._Marc%27s_Basilica_02.jpg))

- Fig. 32 Cúpula da Rocha  
([http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Dome\\_of\\_the\\_Rock1.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Dome_of_the_Rock1.jpg))
- Fig. 33 Interior da cúpula da Rocha  
(<http://www.geocities.com/Athens/Agora/3836/domo.jpg>)
- Fig. 34 Palácio e fortaleza Alhambra  
(<http://www.ugr.es/~schmitt/alhambra.jpg>)
- Fig. 35 Estupa Budista na Indochina  
([http://jeremy29.smugmug.com/popular/11/39370512\\_mqrQF#39370512\\_mqrQF-A-LB](http://jeremy29.smugmug.com/popular/11/39370512_mqrQF#39370512_mqrQF-A-LB))
- Fig. 36 Pagoda em Horyo no Japão  
(<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Horyu-ji09s3200.jpg>)
- Fig. 37 Palácio Imperial de Quioto  
(<http://img398.imageshack.us/i/img3668szi8.jpg/>)
- Fig. 38 Oratório Gallarus na Irlanda  
(<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Gallarusoratory.jpg>)
- Fig. 39 Interior do oratório  
([http://www.sacred-destinations.com/ireland/gallarus-oratory-photos/350d\\_211.jpg](http://www.sacred-destinations.com/ireland/gallarus-oratory-photos/350d_211.jpg))
- Fig. 40 Catedral Ely  
(<http://www.goodshepherdlex.org/Portals/2/images/Choir/Ely%20Cathedral%203.jpg>)
- Fig. 41 Interior da Catedral Ely  
([http://www.bbc.co.uk/england/sevenwonders/east/images/ely\\_cath302.jpg](http://www.bbc.co.uk/england/sevenwonders/east/images/ely_cath302.jpg))
- Fig. 42 Interior da Catedral Winchester  
([https://eee.uci.edu/programs/humcore/Student/Fall2008/bath\\_images/bath\\_winchester\\_interior.jpg](https://eee.uci.edu/programs/humcore/Student/Fall2008/bath_images/bath_winchester_interior.jpg))
- Fig. 43 Interior da Catedral St. Etienne  
(<http://www.panoramio.com/photos/original/8749274.jpg>)
- Fig. 44 Interior da Catedral Durham  
(<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=322929>)
- Fig. 45 Esquema estrutural de uma catedral gótica  
(<http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Gotic3d2.jpg>)
- Fig. 46 Corte pelos arcos botantes e contrafortes da Catedral Amiens  
(<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Coupe.cathedrale.Amiens.png>)
- Fig. 47 Rosácea no transepto do lado norte na Basílica de St. Denis  
([http://en.wikipedia.org/wiki/File:St\\_Denis\\_North\\_a.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:St_Denis_North_a.jpg))
- Fig. 48 Ambulatório da Basílica de St. Denis com grandes vãos de vidro colorido  
([http://en.wikipedia.org/wiki/File:StDenis\\_Chorumgang.JPG](http://en.wikipedia.org/wiki/File:StDenis_Chorumgang.JPG))

- Fig. 49 Nave da Basílica de St. Denis  
([http://en.wikipedia.org/wiki/File:St\\_denis\\_nave.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:St_denis_nave.jpg))
- Fig. 50 Luz na Idade Moderna (capítulo 1.2.4)  
(<http://andysupertramp.blogspot.com/2008/03/memrias-de-roma-1.html>)
- Fig. 51 Fachada de Sant'Andrea  
(<http://en.wikipedia.org/wiki/File:SanAndrea.jpg>)
- Fig. 52 Interior da nave de Sant'Andrea  
([http://en.wikipedia.org/wiki/File:Lombardia\\_Mantova5\\_tango7174.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Lombardia_Mantova5_tango7174.jpg))
- Fig. 53 Cúpula da Santíssima Sindone  
(<http://www.italian-architecture.info/TU/006-Sindone07.jpg>)
- Fig. 54 Vista interior da cúpula e lanternim  
(<http://www.italian-architecture.info/TU/006-Sindone02b.jpg>)
- Fig. 55 Detalhe da entrada de luz pela cúpula  
(<http://www.italian-architecture.info/TU/006-Sindone03.jpg>)
- Fig. 56 Sala dos espelhos no Amalienburg  
(<http://i35.photobucket.com/albums/d164/padawansguide/Europe2006/Nymphenburg-edited/amalienburg20.jpg>)
- Fig. 57 Interior da Basílica Vierzehnheiligen  
(<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/50/Vierzehnheiligen-Basilika3-Asio.JPG>)
- Fig. 58 Interior da Abadia Ottobeuren  
(<http://www.saber.cultural.nom.br/template/especiais/fotos/IgrejasSeculares2Foto02.jpg>)
- Fig. 59 Projecto de Boulée do cenotáfio para Newton  
(<http://img151.imageshack.us/i/newtoncenotaph2sx3.jpg/>)
- Fig. 60 Luz na Idade contemporânea (capítulo 1.2.5)  
([http://image10.webshots.com/10/9/92/57/1820992570ObOst\\_fs.jpg](http://image10.webshots.com/10/9/92/57/1820992570ObOst_fs.jpg))
- Fig. 61 Exterior do Crystal Palace  
([http://thebarrowboy.files.wordpress.com/2008/10/crystal\\_palace.png?w=476&h=341](http://thebarrowboy.files.wordpress.com/2008/10/crystal_palace.png?w=476&h=341))
- Fig. 62 Interior do Crystal Palace  
(<http://www.architecture.com/HowWeBuiltBritain/Images/Victorian/VictorianLeisurePleasure/Crystal%20Palace.jpg>)
- Fig. 63 Biblioteca Nacional de Paris  
(<http://www.lefigaro.fr/medias/2009/05/07/20090507PHOWWW00225.jpg>)
- Fig. 64 Exterior do Larkin Building  
(<http://www.buffalohistoryworks.com/photograph/photographs/flw-larkin.jpg>)
- Fig. 65 Átrio do Larkin Building  
(<http://www.columbia.edu/cu/gsap/BT/EEI/INTRO/larkin3.jpg>)

- Fig. 66 Teatro Grosses Schauspielhaus  
(<http://images.artnet.com/WebServices/picture.aspx?date=20011129&catalog=14927&gallery=111629&lot=01370&filetype=2>)
- Fig. 67 Coluna do Grosses Schauspielhaus  
(<http://images.artnet.com/WebServices/picture.aspx?date=20011129&catalog=14927&gallery=111629&lot=01371&filetype=2>)
- Fig. 68 Fachada da loja Schocken  
([http://greaterbuffalo.blogs.com/photos/jn\\_adamamas/schocken\\_stuttgart.jpg](http://greaterbuffalo.blogs.com/photos/jn_adamamas/schocken_stuttgart.jpg))
- Fig. 69 Friedrichstrasse Office Building  
([http://media2.moma.org/collection\\_images/resized/099/w500h420/CRI\\_11099.jpg](http://media2.moma.org/collection_images/resized/099/w500h420/CRI_11099.jpg))
- Fig. 70 Pavilhão de Barcelona  
([http://2.bp.blogspot.com/\\_sMuJLwlf94/R87E3B5xYil/AAAAAAAAACU/nX5JntXkIck/S760/DSCN1556+copy+1.JPG](http://2.bp.blogspot.com/_sMuJLwlf94/R87E3B5xYil/AAAAAAAAACU/nX5JntXkIck/S760/DSCN1556+copy+1.JPG))
- Fig. 71 Villa Savoie  
([http://legraue.files.wordpress.com/2008/06/villa\\_savoie\\_il435.jpg](http://legraue.files.wordpress.com/2008/06/villa_savoie_il435.jpg))
- Fig. 72 Johnson Wax Administration  
(<http://visionandpsychosis.net/images/OfDesign/JohnWax.jpg>)
- Fig. 73 Museu Solomon R. Guggenheim  
([http://obit-mag.com/media/image/4001020131525285\\_z.jpg](http://obit-mag.com/media/image/4001020131525285_z.jpg))
- Fig. 74 Fransworth House  
([http://www.e-architect.co.uk/chicago/jpgs/farnsworth\\_house\\_gmad06\\_8.jpg](http://www.e-architect.co.uk/chicago/jpgs/farnsworth_house_gmad06_8.jpg))
- Fig. 75 Exterior da Kresge Chapel MIT  
([http://farm4.static.flickr.com/3104/2553627207\\_a7c6a44c8f.jpg](http://farm4.static.flickr.com/3104/2553627207_a7c6a44c8f.jpg))
- Fig. 76 Interior da Kresge Chapel MIT  
([http://farm1.static.flickr.com/162/422654059\\_cf2d1f1b42.jpg?v=0](http://farm1.static.flickr.com/162/422654059_cf2d1f1b42.jpg?v=0))
- Fig. 77 Óculo de luz sobre o altar  
(<http://www.galinsky.com/buildings/mitchapel/altar2.jpg>)
- Fig. 78 High Museum of Art, Atlanta  
([http://www.iguzzini.com/photos/Project\\_03/A\\_U3G7683.jpg](http://www.iguzzini.com/photos/Project_03/A_U3G7683.jpg))
- Fig. 79 Stansted Airport  
(<http://www.fosterandpartners.com/content/projects/0300/4740.jpg>)
- Fig. 80 L'institut du Monde Arabe  
([http://farm4.static.flickr.com/3333/3483843742\\_f8f07e4ef9.jpg](http://farm4.static.flickr.com/3333/3483843742_f8f07e4ef9.jpg))
- Fig. 81 Piazza D'Italia, New Orleans  
([http://photos.igougo.com/images/p355010-New\\_Orleans-Piazza\\_dItalia.jpg](http://photos.igougo.com/images/p355010-New_Orleans-Piazza_dItalia.jpg))
- Fig. 82 Embankment Place  
([http://www.terryfarrell.co.uk/projects/projects\\_images/EmbankmentD.jpg](http://www.terryfarrell.co.uk/projects/projects_images/EmbankmentD.jpg))



- Fig. 83 Menil Gallery  
([http://www.menil.org/images/visit/vistor\\_guidelines\\_gallery.jpg](http://www.menil.org/images/visit/vistor_guidelines_gallery.jpg))
- Fig. 84 Chapel of St. Ignatius  
([http://farm1.static.flickr.com/55/121666253\\_3f9026bd83.jpg](http://farm1.static.flickr.com/55/121666253_3f9026bd83.jpg))
- Fig. 85 Kirin Plaza  
([http://farm3.static.flickr.com/2115/1893595229\\_0a0bb4355e.jpg](http://farm3.static.flickr.com/2115/1893595229_0a0bb4355e.jpg))
- Fig. 86 Igreja da luz  
([http://4.bp.blogspot.com/\\_REjQQ5OAUrM/SAeLbTi94JI/AAAAAAAAA54/N3YvaAGXPTQ/s400/tadao+ando+by+liao+yusheng.jpg](http://4.bp.blogspot.com/_REjQQ5OAUrM/SAeLbTi94JI/AAAAAAAAA54/N3YvaAGXPTQ/s400/tadao+ando+by+liao+yusheng.jpg))
- Fig. 87 Tower of the winds  
([http://www.floornature.com/worldaround/img\\_magazine/mag559\\_01\\_popup.jpg](http://www.floornature.com/worldaround/img_magazine/mag559_01_popup.jpg))
- Fig. 88 Luz natural e o projecto de arquitectura (capitulo 2.1)  
(<http://vamoscorrendo.files.wordpress.com/2009/05/idea.jpg>)
- Fig. 89 Espírito do lugar (capitulo 2.1.1)  
([http://fotocache01.stormap.sapo.pt/fotostore02/fotos//68/31/4e/14027\\_000543kg.jpg](http://fotocache01.stormap.sapo.pt/fotostore02/fotos//68/31/4e/14027_000543kg.jpg))
- Fig. 90 Luz / Clima (capitulo 2.1.2)  
(<http://nobrecaminho.blogspot.com/2009/01/no-olho-do-furaco.html>)
- Fig. 91 Luz / Espaço / Forma (capitulo 2.1.3)  
([http://farm1.static.flickr.com/88/254743981\\_78f1ba85ba.jpg](http://farm1.static.flickr.com/88/254743981_78f1ba85ba.jpg))
- Fig. 92 Centro Cultural Jean-Marie Tjibaou (capitulo 2.1.4)  
(<http://www.panoramio.com/photos/original/3432151.jpg>)
- Fig. 93 Ritual da civilização Kanak  
([http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq063/arq063\\_01.asp](http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq063/arq063_01.asp))
- Fig. 94 Modelos de construção Kanak  
([http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq063/arq063\\_01.asp](http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq063/arq063_01.asp))
- Fig. 95 Vista aérea do promontório  
(<http://rpbw.r.ui-pro.com/>)
- Fig. 96 Representação gráfica do “povoado”  
([http://www.adck.nc/html\\_en/centre\\_tjibaou/images/monument/plan\\_tjibaou.jpg](http://www.adck.nc/html_en/centre_tjibaou/images/monument/plan_tjibaou.jpg))
- Fig. 97 Vista da entrada através de trilhos  
([www.panoramio.com/photo3432151](http://www.panoramio.com/photo3432151))
- Fig. 98 Circulação exterior do auditório  
(<http://rpbw.r.ui-pro.com/>)
- Fig. 99 Biblioteca  
(<http://rpbw.r.ui-pro.com/>)

- Fig. 100 Sala de exposições  
(<http://rpbw.r.ui-pro.com/>)
- Fig. 101 Representação esquemática da relação dos ventos predominantes  
(<http://rpbw.r.ui-pro.com/>)
- Fig. 102 Estudo da forma em concha  
(BLASER, Werner – Renzo Piano: *Centre Kanak*. Basel: Birkhäuser, 2001, p.33)
- Fig. 103 Princípio da ventilação natural  
(BLASER, Werner – Renzo Piano: *Centre Kanak*. Basel: Birkhäuser, 2001, p.69)
- Fig. 104 Ventilação com ventos frequentes  
(BLASER, Werner – Renzo Piano: *Centre Kanak*. Basel: Birkhäuser, 2001, p.70)
- Fig. 105 Ventilação com pouco vento  
(BLASER, Werner – Renzo Piano: *Centre Kanak*. Basel: Birkhäuser, 2001, p.70)
- Fig. 106 Ventilação ventos alta pressão  
(BLASER, Werner – Renzo Piano: *Centre Kanak*. Basel: Birkhäuser, 2001, p.71)
- Fig. 107 Ventilação ventos baixa pressão  
(BLASER, Werner – Renzo Piano: *Centre Kanak*. Basel: Birkhäuser, 2001, p.71)
- Fig. 108 Cobertura com pele dupla  
([http://www4.architektur.tu-darmstadt.de/powerhouse/db/248,filter\\_j,s\\_Projects.fb15](http://www4.architektur.tu-darmstadt.de/powerhouse/db/248,filter_j,s_Projects.fb15))
- Fig. 109 Concha funciona como pele dupla  
([http://www4.architektur.tu-darmstadt.de/powerhouse/db/248,filter\\_j,s\\_Projects.fb15](http://www4.architektur.tu-darmstadt.de/powerhouse/db/248,filter_j,s_Projects.fb15))
- Fig. 110 Implantação  
(BLASER, Werner – Renzo Piano: *Centre Kanak*. Basel: Birkhäuser, 2001, p.26)
- Fig. 111 Planta térrea do “povoado”  
(<http://architectook.net/jean-marie-tjibaou-cultural-center/>)
- Fig. 112 Corte transversal pela sala de exposições  
(BLASER, Werner – Renzo Piano: *Centre Kanak*. Basel: Birkhäuser, 2001, p.29)
- Fig. 113 Corte transversal pelos espaços destinados a actividades artísticas  
(BLASER, Werner – Renzo Piano: *Centre Kanak*. Basel: Birkhäuser, 2001, p.32)
- Fig. 114 Luz natural e o projecto de arquitectura (capítulo 2.2)  
(<http://www2.hawaii.edu/~kbda/1995-009/thm2.gif>)
- Fig. 115 Privilegiar a orientação norte/sul  
(<http://www.aucklandcity.govt.nz/council/documents/growthstrategy/images/buildingenvelope.jpg>)
- Fig. 116 Respeito pelo *genius loci*  
(<http://www.aucklandcity.govt.nz/council/documents/growthstrategy/images/buildingenvelope.jpg>)

- Fig. 117 Evitar criar obstruções  
(<http://www.aucklandcity.govt.nz/council/documents/growthstrategy/images/buildingenvelope.jpg>)
- Fig. 118 Usar vegetação  
(<http://www.aucklandcity.govt.nz/council/documents/growthstrategy/images/buildingenvelope.jpg>)
- Fig. 119 Estratégias de iluminação natural (capítulo 2.2.1)  
([http://farm4.static.flickr.com/3085/2886816288\\_f14ab9d3ca.jpg?v=0](http://farm4.static.flickr.com/3085/2886816288_f14ab9d3ca.jpg?v=0))
- Fig. 120 As diversas fontes de luz natural  
(LECHNER, Norbert – *Iluminación natural. Tectónica, nº26 – iluminação (II), 2009*)
- Fig. 121 Nível de iluminação num espaço interior com uma janela convencional  
(LECHNER, Norbert – *Iluminación natural. Tectónica, nº26 – iluminação (II), 2009*)
- Fig. 122 Com o recurso a prateleiras  
(LECHNER, Norbert – *Iluminación natural. Tectónica, nº26 – iluminação (II), 2009*)
- Fig. 123 A entrada de luz natural aumenta com a altura da janela  
(LECHNER, Norbert – *Iluminación natural. Tectónica, nº26 – iluminação (II), 2009*)
- Fig. 124 Pavimentos claros ajudam a reflectir a luz para dentro dos espaços  
(LECHNER, Norbert – *Iluminación natural. Tectónica, nº26 – iluminação (II), 2009*)
- Fig. 125 Aberturas em paredes interiores, permitem iluminar outros espaços  
(LECHNER, Norbert – *Iluminación natural. Tectónica, nº26 – iluminação (II), 2009*)
- Fig. 126 O uso de prateleiras aumenta o nível de iluminação e reduz o ofuscamento  
(LECHNER, Norbert – *Iluminación natural. Tectónica, nº26 – iluminação (II), 2009*)
- Fig. 127 Brise vertical bloqueia a luz solar directa e reflecte a luz difusa do céu  
(LECHNER, Norbert – *Iluminación natural. Tectónica, nº26 – iluminação (II), 2009*)
- Fig. 128 Para fachadas Sul, brise de lâminas protege mais e permite a luz difusa  
(LECHNER, Norbert – *Iluminación natural. Tectónica, nº26 – iluminação (II), 2009*)
- Fig. 129 Sistemas de lâminas são bastante eficazes para direccionar a luz para o tecto  
(LECHNER, Norbert – *Iluminación natural. Tectónica, nº26 – iluminação (II), 2009*)
- Fig. 130 Prateleiras de grandes dimensões, podem ser óptimos reflectores  
(LECHNER, Norbert – *Iluminación natural. Tectónica, nº26 – iluminação (II), 2009*)
- Fig. 131 Tipos de aberturas para iluminação Zenital  
(LECHNER, Norbert – *Iluminación natural. Tectónica, nº26 – iluminação (II), 2009*)
- Fig. 132 Relação das distâncias entre clarabóias com a altura do espaço  
(LECHNER, Norbert – *Iluminación natural. Tectónica, nº26 – iluminação (II), 2009*)
- Fig. 133 Clarabóias junto a paredes a norte, são óptimos difusores  
(LECHNER, Norbert – *Iluminación natural. Tectónica, nº26 – iluminação (II), 2009*)

- Fig. 134 Para evitar ofuscamento através de clarabóias, utilizar lâminas difusoras  
(LECHNER, Norbert – *Iluminación natural. Tectónica, nº26 – iluminação (II)*, 2009)
- Fig. 135 Proporções habituais em clarabóias verticais  
(LECHNER, Norbert – *Iluminación natural. Tectónica, nº26 – iluminação (II)*, 2009)
- Fig. 136 Proporções habituais em aberturas dente de serra  
(LECHNER, Norbert – *Iluminación natural. Tectónica, nº26 – iluminação (II)*, 2009)
- Fig. 137 Deflectores podem melhorar o desempenho das clarabóias a Este e Oeste  
(LECHNER, Norbert – *Iluminación natural. Tectónica, nº26 – iluminação (II)*, 2009)
- Fig. 138 Deflector numa abertura a norte pode melhorar o nível de iluminação em dias de pouca luz  
(LECHNER, Norbert – *Iluminación natural. Tectónica, nº26 – iluminação (II)*, 2009)
- Fig. 139 Reflexão da luz através de uma parede curva. Funcionam melhor orientados a Sul  
(LECHNER, Norbert – *Iluminación natural. Tectónica, nº26 – iluminação (II)*, 2009)
- Fig. 140 Coberturas com acabamentos reflectantes ajudam a difundir a luz para o interior  
(LECHNER, Norbert – *Iluminación natural. Tectónica, nº26 – iluminação (II)*, 2009)
- Fig. 141 Distribuição da luz natural através de uma abertura central  
(<http://>)
- Fig. 142 Distribuição da luz natural através de uma abertura central, em conjunto com ductos  
(<http://>)
- Fig. 143 Modelo de distribuição da luz natural para vários pisos  
(LAM, William C. – *Sunlighting as formgivers for architecture. New York: Van Nostrand Reibhold, 1985*)
- Fig. 144 Distribuição da luz natural através de uma abertura central, com recurso a lâminas difusoras  
(LAM, William C. – *Sunlighting as formgivers for architecture. New York: Van Nostrand Reibhold, 1985*)
- Fig. 145 Redução do ofuscamento, com recurso a lâminas verticais e consequente difusão da luz natural  
(LAM, William C. – *Sunlighting as formgivers for architecture. New York: Van Nostrand Reibhold, 1985*)
- Fig. 146 Elementos de controlo da luz natural: sistemas convencionais (capítulo 2.2.2)  
(<http://emplastrocubas.files.wordpress.com/2008/11/minis.jpg>)
- Fig. 147 Alpendre  
(MASCARÓ, Lucia – *Iluminação e arquitectura, sua evolução através do tempo. São Paulo: Ed. Projeto, 2005*)
- Fig. 148 Marquise  
(MASCARÓ, Lucia – *Iluminação e arquitectura, sua evolução através do tempo. São Paulo: Ed. Projeto, 2005*)
- Fig. 149 Varanda  
(MASCARÓ, Lucia – *Iluminação e arquitectura, sua evolução através do tempo. São Paulo: Ed. Projeto, 2005*)

- Fig. 150 Corte de modelos brises horizontais  
(MASCARÓ, Lucia – *Iluminação e arquitetura, sua evolução através do tempo*. São Paulo: Ed. Projeto, 2005)
- Fig. 151 Corte de modelos brises verticais  
(MASCARÓ, Lucia – *Iluminação e arquitetura, sua evolução através do tempo*. São Paulo: Ed. Projeto, 2005)
- Fig. 152 Alçados de modelos brises mistos  
(MASCARÓ, Lucia – *Iluminação e arquitetura, sua evolução através do tempo*. São Paulo: Ed. Projeto, 2005)
- Fig. 153 Telas especiais de sombreamento  
(<http://www.sunshinesombreamentos.com.br/servicos/img/fotos/15.jpg>)
- Fig. 154 Pérgula de sombreamento  
(<http://fotos.afasoft.net/porto/pergula1.jpg>)
- Fig. 155 Influencia vegetação no verão  
(MASCARÓ, Lucia – *Iluminação e arquitetura, sua evolução através do tempo*. São Paulo: Ed. Projeto, 2005)
- Fig. 156 Influencia vegetação no inverno  
(MASCARÓ, Lucia – *Iluminação e arquitetura, sua evolução através do tempo*. São Paulo: Ed. Projeto, 2005)
- Fig. 157 Elementos de controlo da luz natural: sistemas inovadores (capitulo 2.2.3)  
([http://concursosdeprojeto.files.wordpress.com/2009/05/tamayo\\_museum\\_06x.jpg](http://concursosdeprojeto.files.wordpress.com/2009/05/tamayo_museum_06x.jpg))
- Fig. 158 Corte de elemento prismático com simulação da difusão da luz  
(AMORIM, Claudia N. D. – *Iluminação Natural e Eficiência Energética – Parte II Sistemas Inovadores para a Luz Natural*. Brasília: FAU Unib, 2002)
- Fig. 159 Difusão da luz com radiação directa  
(AMORIM, Claudia N. D. – *Iluminação Natural e Eficiência Energética – Parte II Sistemas Inovadores para a Luz Natural*. Brasília: FAU Unib, 2002)
- Fig. 160 Difusão da luz com luz do céu  
(AMORIM, Claudia N. D. – *Iluminação Natural e Eficiência Energética – Parte II Sistemas Inovadores para a Luz Natural*. Brasília: FAU Unib, 2002)
- Fig. 161 Prisma com sistema fixo  
(AMORIM, Claudia N. D. – *Iluminação Natural e Eficiência Energética – Parte II Sistemas Inovadores para a Luz Natural*. Brasília: FAU Unib, 2002)
- Fig. 162 Prisma com sistema móvel  
(AMORIM, Claudia N. D. – *Iluminação Natural e Eficiência Energética – Parte II Sistemas Inovadores para a Luz Natural*. Brasília: FAU Unib, 2002)
- Fig. 163 Prisma usados como brises  
(AMORIM, Claudia N. D. – *Iluminação Natural e Eficiência Energética – Parte II Sistemas Inovadores para a Luz Natural*. Brasília: FAU Unib, 2002)

- Fig. 164 Funcionamento do LCP  
(AMORIM, Claudia N. D. – *Iluminação Natural e Eficiência Energética – Parte II Sistemas Inovadores para a Luz Natural*. Brasília: FAU UniB, 2002)
- Fig. 165 Simulação para luz solar directa no verão e inverno  
(AMORIM, Claudia N. D. – *Iluminação Natural e Eficiência Energética – Parte II Sistemas Inovadores para a Luz Natural*. Brasília: FAU UniB, 2002)
- Fig. 166 LCP usado como brise  
(AMORIM, Claudia N. D. – *Iluminação Natural e Eficiência Energética – Parte II Sistemas Inovadores para a Luz Natural*. Brasília: FAU UniB, 2002)
- Fig. 167 Convento de Sainte-Marie de La Tourette (capítulo 2.2.4)  
(<http://img5.travelblog.org/Photos/44882/205483/f/1544074-The-Crypt-of-la-Tourette-0.jpg>)
- Fig. 168 Contexto físico do convento  
([http://4.bp.blogspot.com/\\_8X27PMGhLQk/RfVhXwetIpl/AAAAAAAAAEc/bCnOajuOfO4/s400/tourette.jpg](http://4.bp.blogspot.com/_8X27PMGhLQk/RfVhXwetIpl/AAAAAAAAAEc/bCnOajuOfO4/s400/tourette.jpg))
- Fig. 169 Fachada Norte e Oeste  
([http://4.bp.blogspot.com/\\_8X27PMGhLQk/RfVhXwetIpl/AAAAAAAAAEc/bCnOajuOfO4/s400/tourette.jpg](http://4.bp.blogspot.com/_8X27PMGhLQk/RfVhXwetIpl/AAAAAAAAAEc/bCnOajuOfO4/s400/tourette.jpg))
- Fig. 170 Fachada Oeste e Sul  
(<http://www.geocities.com/arquique/lecorbu/grandes/lcct14.jpg>)
- Fig. 171 Axonometria descritiva do edifício  
(<http://www.geocities.com/arquique/lecorbu/grandes/lcct02.jpg>)
- Fig. 172 Implantação  
(MILLET, Marieta – *Lighting revealing architecture*. New York: John Wiley and Sons Company, 1996, p.82)
- Fig. 173 Corte longitudinal  
(MILLET, Marieta – *Lighting revealing architecture*. New York: John Wiley and Sons Company, 1996, p.83)
- Fig. 174 Decomposição da forma do oratório e da estrutura  
(<http://www.arcoweb.com.br/debate/fotos/88/convento.jpg>)
- Fig. 175 Ondulatórios do átrio  
([http://desfontaines.blog.lemonde.fr/files/la\\_tourette\\_grand\\_atrium\\_1.JPG](http://desfontaines.blog.lemonde.fr/files/la_tourette_grand_atrium_1.JPG))
- Fig. 176 Estudo do ritmo dos ondulatórios na fachada Oeste  
(<http://www.iannis-xenakis.org/images/archi/tourette%20ondulatoire.JPG>)
- Fig. 177 Ondulatórios no refeitório  
(<http://www.geocities.com/arquique/lecorbu/grandes/lcct90.jpg>)
- Fig. 178 Interior da sala dos seminaristas  
(<http://www.geocities.com/arquique/lecorbu/grandes/lcct07.jpg>)

- Fig. 179 Oratório  
(MILLET, Marieta – *Lighting revealing architecture*. New York: John Wiley and Sons Company, 1996, p.87)
- Fig. 180 Corredor das celas com aberturas horizontal e a “flor de betão” no final  
(MILLET, Marieta – *Lighting revealing architecture*. New York: John Wiley and Sons Company, 1996, p.87)
- Fig. 181 Vista exterior da “flor de betão” localizada no final do corredor  
(MILLET, Marieta – *Lighting revealing architecture*. New York: John Wiley and Sons Company, 1996, p.87)
- Fig. 182 Vista da cela para o exterior  
(MILLET, Marieta – *Lighting revealing architecture*. New York: John Wiley and Sons Company, 1996, p.88)
- Fig. 183 Entrada na igreja pelo claustro  
(<http://www.geocities.com/arquique/lecorbu/grandes/lcct43.jpg>)
- Fig. 184 Vista para a entrada pública  
(<http://www.geocities.com/arquique/lecorbu/grandes/lcct06.jpg>)
- Fig. 185 Vista da igreja do lado Oeste  
([http://www.dominicains.fr/var/ezwebin\\_site/storage/images/media/images/tourette/plan\\_de\\_la\\_tourette/8536-1-fre-FR/plan\\_de\\_la\\_tourette.jpg](http://www.dominicains.fr/var/ezwebin_site/storage/images/media/images/tourette/plan_de_la_tourette/8536-1-fre-FR/plan_de_la_tourette.jpg))
- Fig. 186 Canhões de luz sobre as capelas  
([http://www.roslynnoxley9.com.au/images/galleries/Seidler\\_Harry/019.jpg](http://www.roslynnoxley9.com.au/images/galleries/Seidler_Harry/019.jpg))
- Fig. 187 Coro iluminado por aberturas  
(<http://www.geocities.com/arquique/lecorbu/grandes/lcct95.jpg>)
- Fig. 188 Aberturas horizontais coloridas  
(MILLET, Marieta – *Lighting revealing architecture*. New York: John Wiley and Sons Company, 1996, p.89)
- Fig. 189 Vista da igreja sobre o altar  
([http://www.dominicains.fr/var/ezwebin\\_site/storage/images/media/images/tourette/plan\\_de\\_la\\_tourette/8536-1-fre-FR/plan\\_de\\_la\\_tourette.jpg](http://www.dominicains.fr/var/ezwebin_site/storage/images/media/images/tourette/plan_de_la_tourette/8536-1-fre-FR/plan_de_la_tourette.jpg))
- Fig. 190 Vista da sacristia pela igreja  
(<http://www.geocities.com/arquique/lecorbu/grandes/lcct04.jpg>)
- Fig. 191 Vista da capela norte  
(<http://www.geocities.com/arquique/lecorbu/grandes/lcct46.jpg>)
- Fig. 192 Capela norte e sacristia formam o transepto tradicional  
(<http://www.geocities.com/arquique/lecorbu/grandes/lcct06.jpg>)
- Fig. 193 Ronchamp  
(<http://lebbeuswoods.files.wordpress.com/2008/01/ineff-corb1-copy-a.jpg>)
- Fig. 194 Planta nível refeitório  
([http://www.greatbuildings.com/cgi-bin/gbc-drawing.cgi/Convent\\_of\\_La\\_Tourette.html/La\\_Tourette\\_Plan\\_1.jpg](http://www.greatbuildings.com/cgi-bin/gbc-drawing.cgi/Convent_of_La_Tourette.html/La_Tourette_Plan_1.jpg))

Fig. 195 Planta nível entrada

*([http://www.greatbuildings.com/cgi-bin/gbc-drawing.cgi/Convent\\_of\\_La\\_Tourette.html/La\\_Tourette\\_Plan\\_2.jpg](http://www.greatbuildings.com/cgi-bin/gbc-drawing.cgi/Convent_of_La_Tourette.html/La_Tourette_Plan_2.jpg))*

Fig. 196 Planta nível celas

*([http://www.greatbuildings.com/cgi-bin/gbc-drawing.cgi/Convent\\_of\\_La\\_Tourette.html/La\\_Tourette\\_Plan\\_3.jpg](http://www.greatbuildings.com/cgi-bin/gbc-drawing.cgi/Convent_of_La_Tourette.html/La_Tourette_Plan_3.jpg))*

Fig. 197 Corte transversal Este/Oeste, próximo à entrada da igreja

*(<http://www.alvaraalto.fi/conferences/universal/finalpapers/jv3.jp>)*

Fig. 198 Corte transversal Este/Oeste, junto à entrada do convento

*(<http://www.alvaraalto.fi/conferences/universal/finalpapers/jv3.jp>)*