Lázaro Garcia Vazquez
Engº Electrotécnico – I.S.T.
Ordem Engenheiros nº 10092
Especialista em Climatização

JORNADAS DE CLIMATIZAÇÃO
Comunicação sobre "Iluminação Racional em Salas de Aula"
conselhos para uma Iluminação eficiente

Table of Contents

1 Introdução

A iluminação é responsável por uma parte muito significativa da carga a remover pelos equipamentos de climatização e corresponde geralmente a uma percentagem elevada do consumo energético total dum edifício.

De entre os diversos aspectos associados aos consumos energéticos dos sistemas de iluminação, devemos salientar os seguintes:

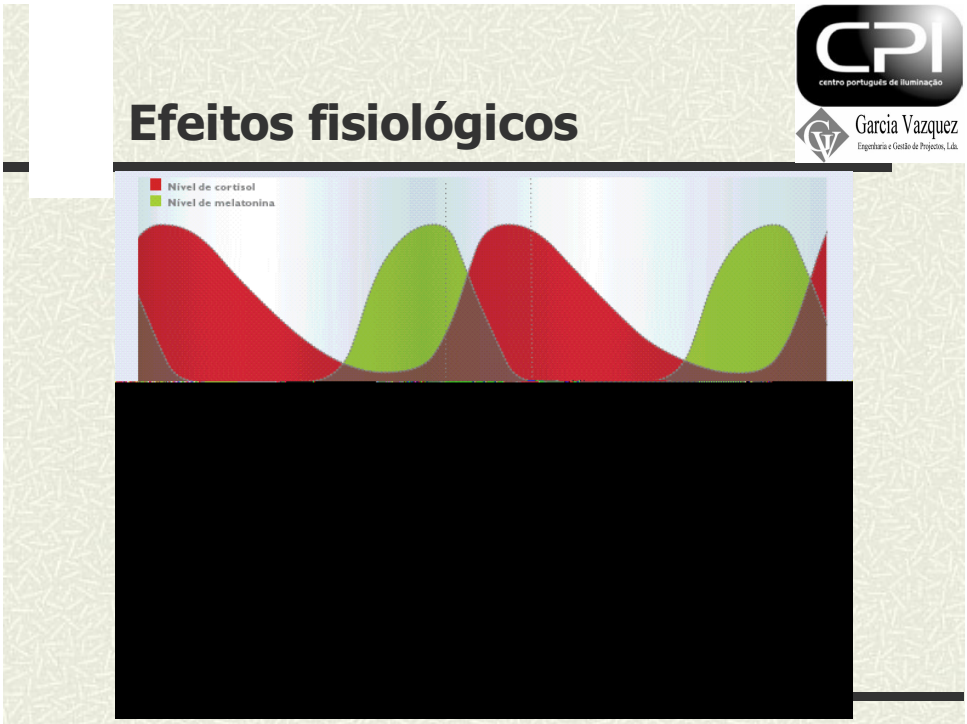
- o consumo eléctrico para iluminação, pode atingir 30% da energia eléctrica total consumida, sendo crítico nos edifícios de serviços, comerciais e similares;
- o comando não apropriado e independente das necessidades reais, é normalmente um dos grandes responsáveis pelo elevado consumo em iluminação eléctrica, uma vez que se mantêm acesos locais sem ocupação, e se menospreza o contributo da luz natural, mantendo acesa a luz artificial, mesmo quandos os níveis garantidos pela luz solar são suficientes;
- frequentemente por motivos estéticos ou por falta de aprofundamento no estudo, seleccionam-se lâmpadas de baixa eficiência (tais como lâmpadas incandescentes comuns ou de halogéneos), obrigando por isso à instalação de potências muito superiores às que se tornaria necessário se se escolhessem lâmpadas de maior eficiência (como as fluorescentes, por exemplo);
- o tipo de luminárias (ou aparelhos/ armaduras de iluminação) é por vezes seleccionado sem atender a aspectos luminotécnicos, com escolhas inadequadas ao local a que se destinam e com materiais de elevada depreciação, acarretando por isso eficiências relativas muito baixas, mais uma vez conducentes a maior consumo. Muitas vezes a redução de qualidade dos equipamentos a instalar é efectuada na fase de obra, por opção do Dono de Obra, no intuito de tentar controlar os custos do investimento incial, ou por proposta dos Empreiteiros, que apresentam por vezes “alternativas” de qualidade inferior.

Aproveitaremos ainda a oportunidade para salientar as vantagens inerentes à iluminação natural, embora para tirar partido da sua utilização seja necessário um estudo cuidadoso e interdisciplinar, envolvendo fundamentalmente Arquitectos, Paisagistas, Projectistas de Iluminação e de AVAC.

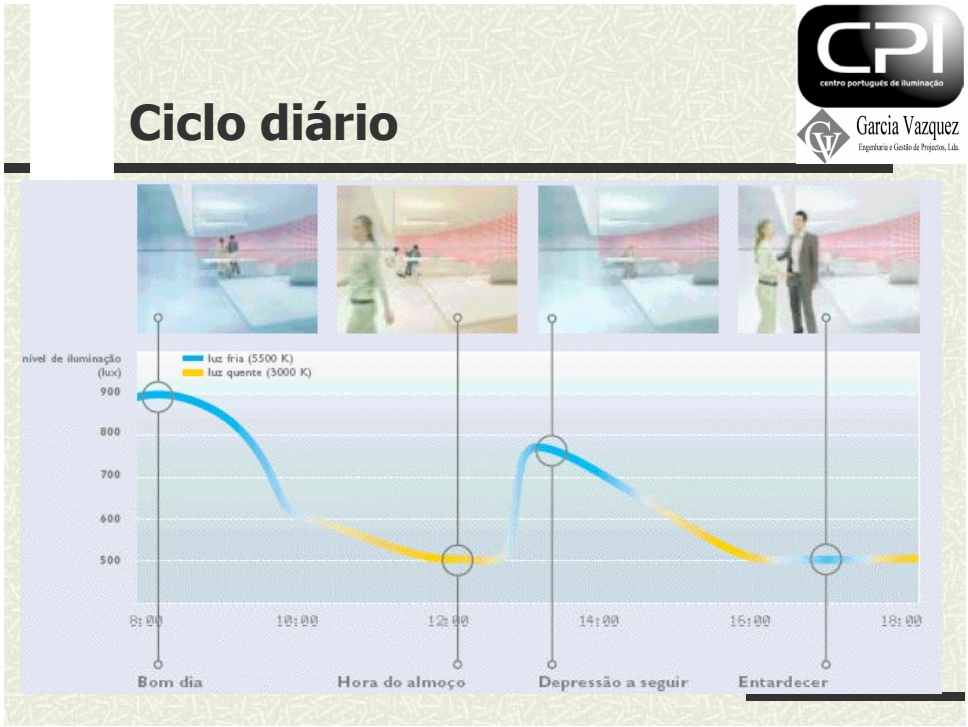
2 Luz Natural

2.1 Ciclo diário da luz natural

2.2 Efeitos fisiológicos



2.3 Comportamento humano



3 Aproveitamento da luz solar

Os níveis atingidos através de iluminação natural são normalmente muito superiores aos valores que é possível obter através de iluminação artificial, sendo geralmente necessário reduz a entrada de luz com estores ou fenestrações controladas de forma a garantir bons níveis de conforto luminoso e térmico.

As vantagens da iluminação são várias, destacando-se as economias de energia que possibilitam, os elevados níveis de iluminação que permitem atingir, qualidade da própria luz, e finalmente aspectos psicológicos relacionados com a permanência em ambientes com iluminação natural.

No entanto, não devemos perder de vista muitos dos aspectos negativos que energeticamente podem ser invocados contra a iluminação natural uma vez que para aumentar a iluminação natural somos geralmente conduzidos a aumentar os vãos para o exterior e este aumento acarreta geralmente maiores necessidades em energia para climatização.

A posição dos envidraçados deverá sempre ser tal que não se traduzam num ofuscamento incompatível com os níveis normais de ocupação. Deve ser tido especial cuidado na orientação das jabelas e *layout* dos espaços de trabalho em edifícios de escritórios, para evitar as reflexões nos écrans de computadores ou televisores.

Para controlar a incidência directa, um sistema de controlo centralizado com comando directo sobre eventuais estores de ensombramento poderá reduzir consideravelmente o uso de iluminação artificial

Luz natural

- Níveis de iluminação a partir das entradas de luz natural;
- Níveis de ofuscamento pela entrada de luz natural;
- Variação da iluminação entrada pelas janelas.

Luz natural

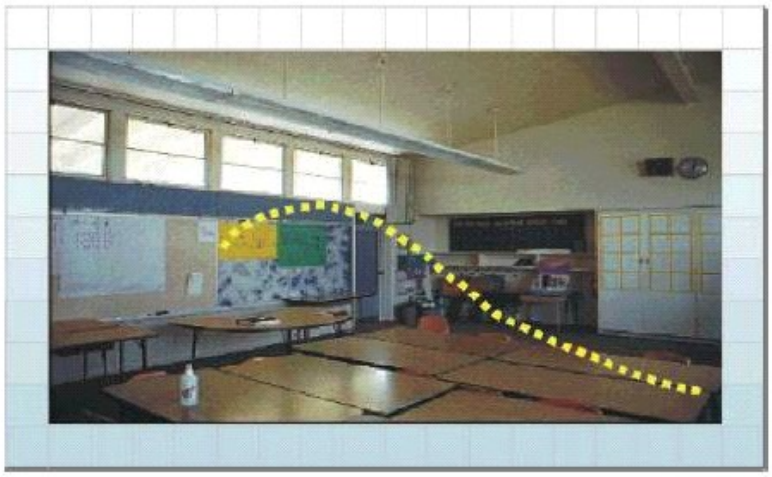
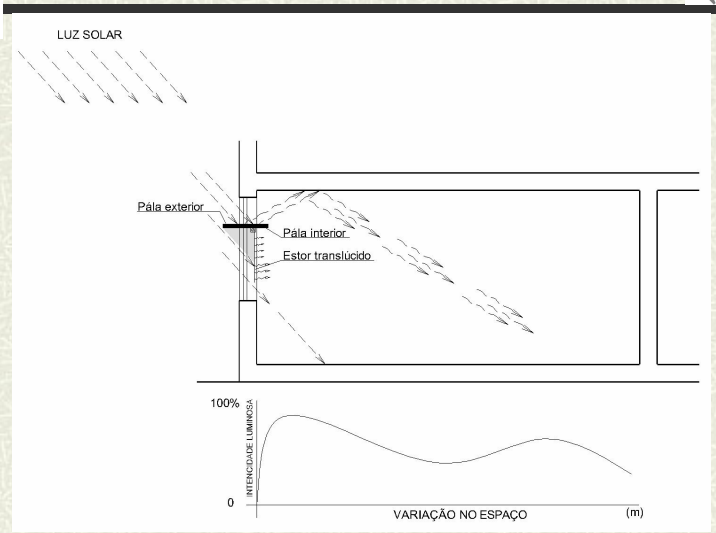
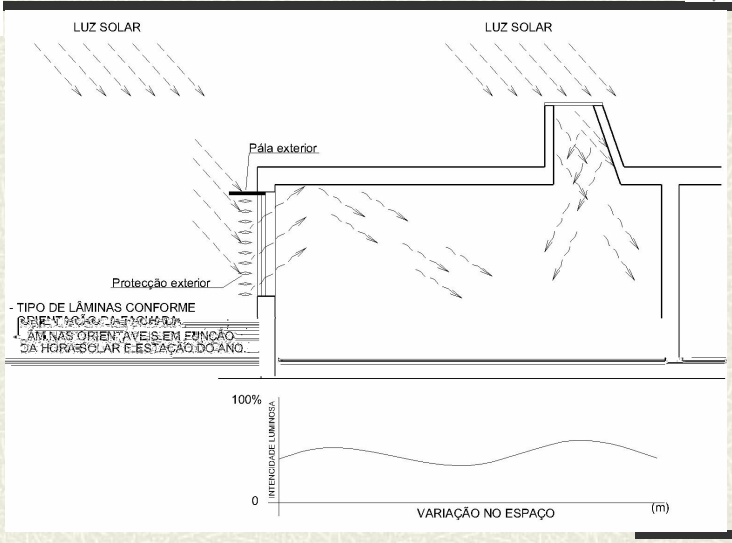


Figure 8-19 – Daylight Distribution in a Classroom

Protecções exteriores I



Protecções exteriores II



Luz solar – factos I

- Ninguém pode competir com o sol, sobretudo no nosso país;
- Os níveis de iluminação ao meio-dia solar são tão altos que ninguém pode ler um livro com uma luz solar incidente sobre as paginas sem risco quase indiscutível de deslocação de retina ou outras lesões ainda mais graves;

Luz solar – factos II

- Se medirmos o nível de iluminação sobre uma mesa colocada dentro duma tenda branca estes são na maioria das vezes perfeitamente incomportáveis obrigando a duplos panos ou filtros;
- Ler nas esplanadas de praia com as costas para o sol tem sido uma fonte de lesões, infelizmente muito frequentes durante a época de férias.

4 Luz artificial como complemento da luz natural

Os sistemas de iluminação artificial podem ser classificados funcionalmente em vários grupos, que podemos resumir da seguinte forma:

4.1 Geral ambiente

Trata-se da iluminação geral dos espaços onde as pessoas se movimentam, substituindo a luz natural nos períodos nocturnos ou em espaços sem fenestração. Permite a circulação e permanência das pessoas, não tendo o objectivo de garantir níveis para para tarefas que necessitem grande minúcia ou sejam de duração prolongada. No entanto deverá garantir níveis mínimos em todos os pontos do espaço, embora seja aceitável algum contraste, que tem muitas vezes vantagens decorativas.

4.2 Pontual, Cénica ou de Observação

Neste capítulo englobamos iluminações dirigidas sobre peças de arte, quadros informativos, posicionamento especial de móveis sobre os quais se quer atrair a atenção e iluminação de montras.

Este tipo de iluminação concentra uma dissipação de calor acentuada, devendo os técnicos de climatização, sempre que possível, evitar que esse calor se espalhe pelo ambiente a climatizar.

4.3 Iluminação de trabalho

Até há relativamente pouco tempo, era dado especial interesse em conseguir iluminações de trabalho em conjunto com a iluminação geral do ambiente.

Mais recentemente, tem vindo a ser dada especial atenção a uma separação clara entre a iluminação sobre o plano de trabalho e a iluminação geral do ambiente, preterindo a uniformidade e recorrendo ao claro reforço sobre as zonas de trabalho.

A qualidade deste tipo de iluminação é de vital importância, em especial o nível, a uniformidade, cor e inexistência de ofuscamento.

4.4 Iluminações de emergência e segurança

Trata-se da iluminação projectada para entrar em funcionamento quando a iluminação normal falha, em geral por interrupção da rede pública.

Pode ser constituída por aparelhos de iluminação convencionais alimentados a partir de um grupo gerador de emergência ou de UPS. Nestes casos é normal que esta iluminação seja também usada em utilização corrente, em princípio como parte da Iluminação Geral.

A iluminação de segurança é aquela que se destina a garantir a evacuação rápida e segura das pessoas, em situação de falha de rede, em casos que podem envolver sinistros. Os aparelhos mais comuns para esta função são blocos autónomos, que integram lâmpadas, baterias e electrónica auxiliar.

Nos períodos de emergência, não são relevantes as dissipações dos sistemas de iluminação, dado que as potências envolvidas são uma fracção dos valores nominais e ainda dado o carácter excepcional e limitado no tempo. Por outro lado, é preciso relembrar que só em situações muito especiais se mantém os aparelhos de climatização em funcionamento quando em situação de emergência.

4.5 Iluminação de vigília

Designa-se por iluminação de vigília o tipo de iluminação que permite a circulação, efectuando marcações de obstáculos e mobilizando quantidades energéticas extremamente reduzidas, e sem perturbar os ocupantes dos locais.

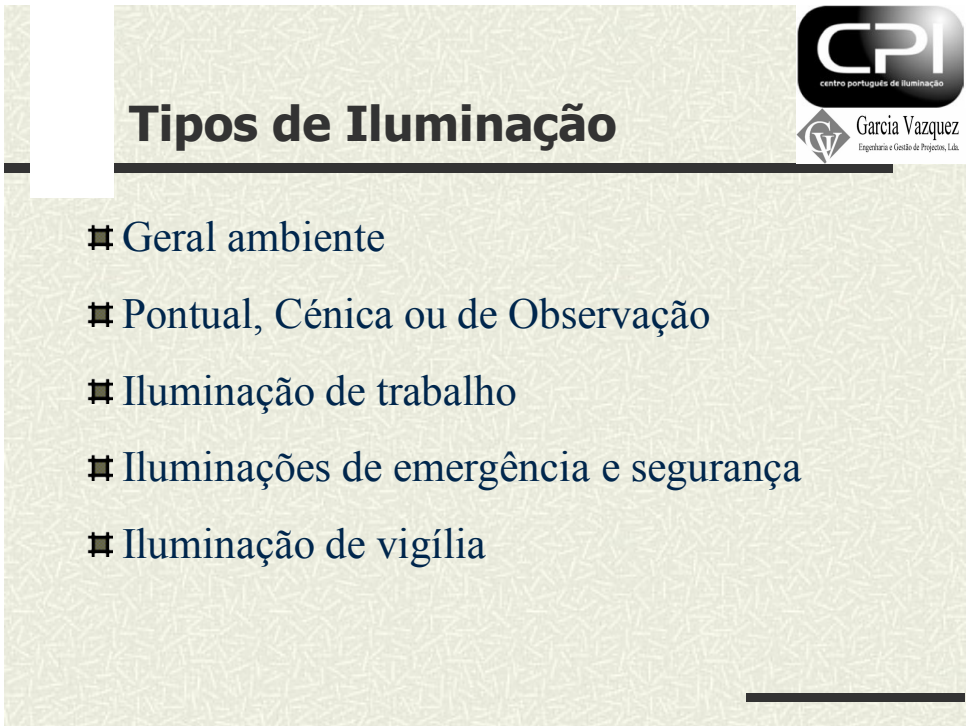
A iluminação de vigília é corrente em clínicas, hospitais e lares de terceira idade, sendo também usada em quartos de bebés. É igualmente corrente encontrá-la em locais públicos para marcação de degraus ou outros obstáculos semelhantes.

O comando deste tipo de circuitos deverá ser independente do utilizador local, umas vezes por imposição regulamentar outras por conveniência de utilização, mas quando abrange vários compartimentos as armaduras seleccionadas deverão poder ser desligadas sempre que o compartimento não está a ser utilizado.

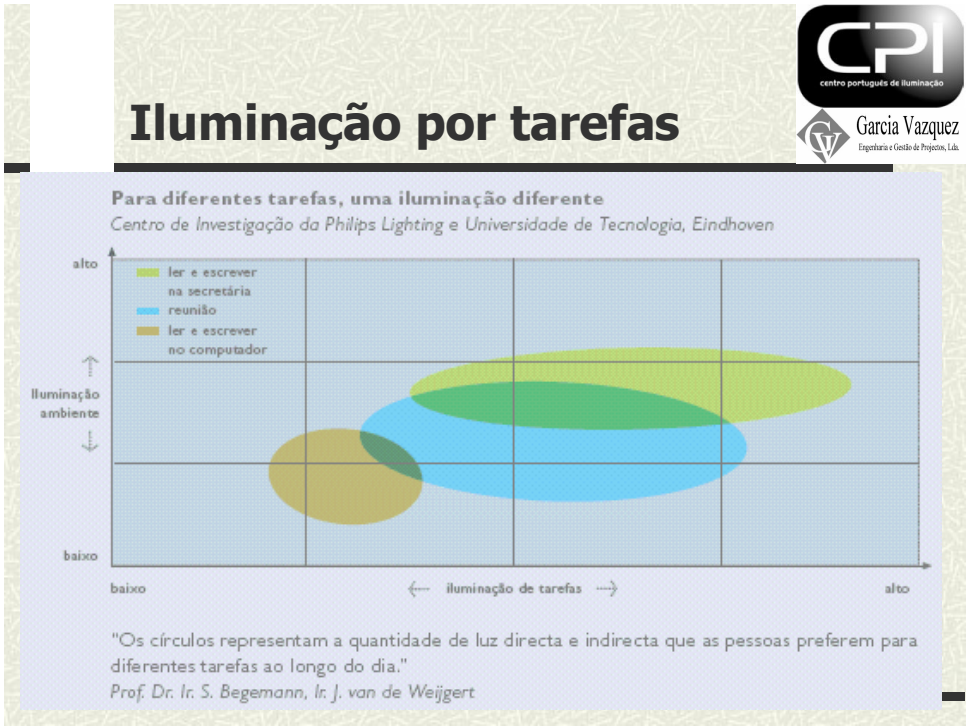
É importante recomendar a utilização de lâmpadas de longa duração e que não dissipem uma quantidade de calor tal que deforme as armaduras e marque a parede na zona em que se encontram instaladas.

Como salientámos logo no início, este tipo de iluminação mobiliza quantidades energéticas muito pequenas, não tendo grande influência sobre o sistema de climatização. Contudo, a sua existência permite minimizar o consumo na iluminação geral ambiente, que poderá permanecer desligada durante largos períodos

É recomendável que a iluminação de vigília seja tratada, em termos de alimentação, como iluminação de emergência .



4.6 Iluminação por tarefas



5 Principais grandezas

5.1 Objectivos de uma iluminação de qualidade

Para além dos fundamentais aspectos estéticos e de adequação ao tipo de local e utilização, os aspectos técnicos mais relevantes na concepção de uma iluminação de qualidade são os seguintes:

- Luminância (L) ou Iluminação (E);
- Aparência de cor (F);
- Reprodução de cor;
- Ofuscamento.

5.2 Nível de iluminação

De uma forma simples e embora com significados físicos diferentes, os parâmetros Luminância (L) e Iluminação (E), permitem quantificar uma mesma percepção fundamental em iluminação: o nível de iluminação.

A grandeza mais comummente utilizada é a Iluminação (E), a qual é medida em lux. Para ter uma ideia do significado desta medida, pode ver-se a tabela seguinte, onde se indicam algumas ordens de grandeza:

Situação	Iluminação [lux]
Noite de lua cheia	0,2
Nível mínimo para distinguir faces humanas	20
Nível para trabalho em escritórios	300
Nível para trabalho de grande precisão	500-1.000
Local interior não exposto a radiação solar directa, às 12h, Verão, Lisboa	5.000
Local exterior, exposto ao sol, às 12h, Verão, Lisboa	100.000

A concepção de sistemas de iluminação tem que compatibilizar de forma harmoniosa os aspectos técnicos e regulamentares, com a eficiência energética e com aspectos estéticos. Sem pretender uma apresentação exaustiva, julgamos fundamental algumas considerações:
Em primeiro lugar, os níveis de iluminação considerados aceitáveis para cada local são muito influenciados por factores psicológicos, pelo que os valores que se tomam como base de dimensionamento resultam de estudos estatísticos e da ponderação que é necessário fazer entre os níveis adequados e os consumos energéticos.
Os níveis garantidos pela luz solar são incomparavelmente superiores aos obtidos com luz artificial convencional.
Conceitos estéticos e o tipo de actividade que se desenvolve num determinado edifício são muito importantes para os níveis de iluminação garantidos. Num escritório não é aceitável que as pessoas tenham níveis insuficientes no seu posto de trabalho, mas num restaurante pode ter um bom resultado criar zonas praticamente na penumbra em contraste com outras muito iluminadas.

Para ambientes de trabalho, uma tendência recente e que tem bons resultados em termos de economias de energia, consiste na criação de um ambiente geral com níveis mais baixos que o normal (100-200lux), reforçando a iluminação sobre os postos de trabalho, com aparelhos suspensos ou mesmo de pé (amovíveis). Um ambiente agradável pode ser obtido com iluminação indirecta com aparelhos do tipo *uplight*, que evita também incidências directas sobre os omnipresentes monitores de computadores.

Quando localmente se justificam efeitos específicos como seja em expositores, mesas de trabalho, zona com iluminação cénica ou outros é prudente avaliar o nível de iluminação de forma particularmente atenta não aceitando improvisações e seleccionando sempre aparelhos e lâmpadas compatíveis com o objectivo.

A iluminação que geralmente nos interessa quantificar refere-se ao plano horizontal ou aos planos verticais, terá origem nas luminárias de iluminação geral ou em luminárias individualizadas e apontadas directamente ao local ou objecto que pretendemos iluminar.

Pensamos ser de especial importância chamar a atenção para os seguintes aspectos:

- O diagrama de emissão dependente directamente do tipo e potência da lâmpada, do reflector incorporado na armadura e do eventual difusor de protecção da lâmpada;

- Sendo a iluminação uma grandeza linear escalar, o resultado em cada ponto é sempre a adição das contribuições de todas as armaduras que contribuam para a iluminação do ponto, e ainda das imagens das armaduras que corresponderá à iluminação que atinge o ponto depois de reflectida;

- Quando a influência provém das reflexões, é evidentemente reduzido pois corresponde por um lado ao afastamento da fonte, por outro só parte da luz se reflecte. O factor de reflexão (fr) dá conta dessa atenuação, sendo um número entre 0 e 1;

- Quando um plano reflector estiver coberto por um móvel, tapeçaria ou for uma janela, os factores de reflexão serão muito baixos, pelo que a quantidade de luz que chega ao plano objectivo será muito reduzida e acarretando a necessidade de mais energia para um mesmo resultado.

5.3 Aparência de cor

A aparência de cor (F) das fontes luminosas é está relacionada com a temperatura de cor e pode ser dividida em 3 grandes famílias:

Luz quente (*Warm color* - ww) - genericamente < 3300ºK. Esta cor é tida como a mais agradável com níveis de iluminação até 1000 lux, embora se torne pouco natural para iluminações superiores a 3000 lux.

Luz fria (tw) - genericamente > 5000ºK. Só se torna agradável para iluminação superior a 3000 lux resultando muito fria abaixo dos 500 lux.

Luz intermediaria (nw) - genericamente compreendida entre os 3300ºK e os 5000ºK resulta neutra nos níveis da ordem dos 500 lux tornando-se agradável para níveis da ordem dos 1000 lux.

5.4 Reprodução de cor

Reprodução de cor é o termo usado para descrever a semelhança que a cor de um objecto ou superfície sob iluminação artificial tem com a cor "normal" do mesmo quando iluminado pela luz solar. É um parâmetro de qualidade muito importante.

O índice de reprodução de cor (Ra) exprime a soma das diferenças medidas para diversas cores, comparando diversas fontes luminosas com uma determinada fonte de referência. Este valor varia entre 0 e 100, sendo 100 o valor ideal.

No quadro seguinte sintetizamos as recomendações CIE e DIN.

Classificação	Classe de reprodução de cor	Índice de reprodução de cor Ra [%]
Muito bom	1A	Ra>=90
	1B	80<= Ra<90
Bom	2A	70<=Ra<80
	2B	60<=Ra<70
Suficiente	3	40<=Ra<60
	4	20<=Ra<40

Classe de reprodução de cor		1A	1B	2A	2B	3	4
Índice de reprodução de cor Ra [%]		>90	80 a 90	70 a 80	60 a 70	40 a 60	20 a 40
Lâmpadas	Incandescentes	X	X				
	Fluorescentes compactas	X	X				
	Fluorescentes tubulares	X	X	X	X	X	
	Mercúrio alta pressão				X	X	X
	Halogéneos	X	X	X	X		
	LED's		(X)			X	X

Na concepção é fundamental a consulta dos catálogos de características das lâmpadas, devendo o projectista seleccionar de forma muito clara os tipos e potências das lâmpadas. Os balastros ou reactâncias necessários deverão ser também seleccionados, uma vez que têm grande influência na duração e rendimento das lâmpadas.

Os aspectos mais relevantes são o fluxo, a duração média, a cor e a capacidade de restituição cromática.

5.5 Ofuscamento

Ofuscamento é o termo usado para caracterizar uma determinada distribuição de luminância ou de contrastes de luminância no campo de visão de um observador, causando incomodidade ou dificuldades de visão.

No estudo luminotécnico os maiores cuidados são dados ao ofuscamento directo, ou seja, causado directamente pelas fontes de luz.

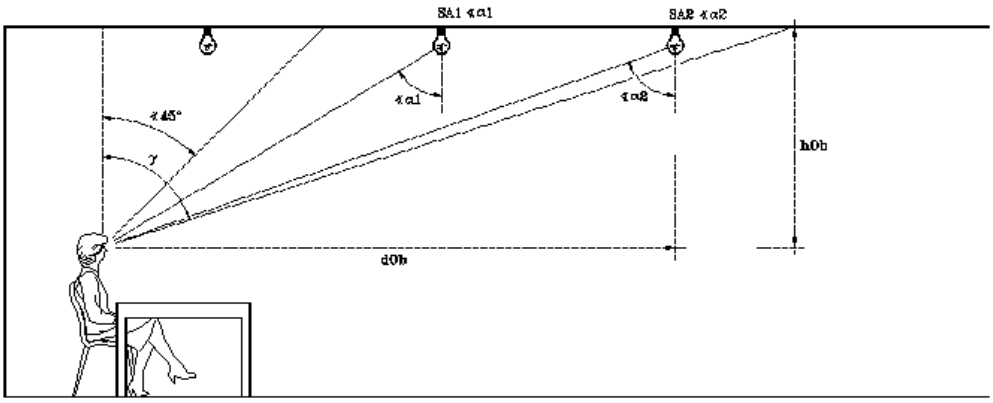
Existem vários métodos para a sua determinação, mas é recomendável o uso do método Europeu desenvolvido pela CIE. Este método estabelece índices máximos de brilho consoante os níveis de iluminação, avaliados pela iluminação que atinge o observador segundo ângulos entre os 45º e os 85º estabelecendo o valor máximo de cd/m^2 que pode atingir o campo de visão e baseando-se numa maioria simples de observadores satisfeitos.

O grau de ofuscamento em qualquer dos métodos traduzi-se-á em desconforto dependente de:

- Luminância das fontes de luz;
- Número e tamanho aparente das fontes de luz;
- Luminância geral do ambiente;
- Posição das fontes no campo da visão.

Como referência poderemos indicar que, duma forma geral, o grau de satisfação é bom se, com 500 a 200 lux sobre o plano de trabalho, se considerarem 100 cd/m^2 como luminância óptima para as paredes.

Se razoavelmente colocadas encaram-se como luminâncias admissíveis para as armaduras correntes 1.000 a 10.000cd/m^2, desde que o valor máximo se encontre já na zona quase oculta (45º) – ver figura.



5.6 Sistemas auxiliares de cálculo

Os métodos actualmente mais usados são métodos de cálculo por pontos tomando a totalidade das armaduras e suas imagens desde que a influência se verifique com significado no valor total para cada ponto.

Existem neste momento diversos programas informáticos para auxiliar na realização destes cálculos. Há ferramentas produzidas por ou para fabricantes específicos, que têm normalmente a limitação de apenas permitirem a utilização das bases de dados próprias. Outros produtos comerciais possibilitam a ligação ou importação de bibliotecas de aparelhos de iluminação de várias marcas.

Nestes programas há que definir de alguma forma o espaço a tratar, introduzindo a volumetria do mesmo. Podem ser acrescentados elementos interiores, tais como divisórias ou mobiliário. Os mais recentes permitem ainda definir áreas de janela (fr≈0) de forma directa.

Para cada superfície, define-se o tipo de material, ou em opção dá-se numericamente o factor de reflexão.

Em seguida escolhem-se os aparelhos de iluminação a utilizar e colocam-se os mesmos nas posições e com as orientações pretendidas.

Finalmente solicita-se que seja realizado o cálculo automático. Os resultados podem ser analisados de várias formas, sendo comum as representações em plano de linhas isolux (mesma iluminação) ou de áreas coloridas representando intervalos de iluminação. É também útil, por vezes, a indicação do valor numérico numa grelha de pontos do espaço.

Conforme já se disse anteriormente, a análise dos níveis de iluminação é feita normalmente pelo parâmetro E, medido em lux, sendo os planos a analisar o tecto, chão, paredes e plano de trabalho. Este é usualmente definido a 0,8m de altura, ou seja a altura de uma secretária.

Estes programas permitem ainda analisar de forma rápida os consumos máximos por unidade de área ou os índices de ofuscamento (ver à frente).

Como última nota, de salientar que actualmente praticamente todos os pacotes de software permitem perpectivas a 3D dos locais, nos quais se pode ter uma ideia dos níveis de iluminação relativos no interior do espaço. São imagens muito úteis como auxiliares de concepção e como base para diálogo com Arquitectos ou Clientes, mas de interesse técnico algo limitado. A sua maior utilidade é na concepção decorativa da luminotecnia.

6 Implementação das soluções

6.1 Fontes disponíveis

Na pratica e embora sejam inúmeras as fostes de luz as lâmpadas disponíveis para aplicar nas salas de aulas não são assim tão variadas pelo que geralmente os projectistas seleccionam lâmpadas fluorescentes com cor ambientes compatíveis com a luz natural e com boa restituição das cores com elevada duração e fáceis de adquirir .

6.2 Ópticas, reflectores e difusores

Na escolha dos aparelhos assume especial importância a sua boa qualidade com depreciação reduzida robustos quanto baste para resistir nos estabelecimentos de ensino e compatíveis com as soluções Arquitectónicas.
Um dos enormes problemas que temos registado provêm de existirem aparelhos aparentemente iguais mas com diagramas de emissão completamente diferentes quebras de rendimento muito mais acentuadas ao fim de pouco tempo com acessórios tais como balastros inadequados e com electrificações que passado algum tempo trazem problemas
Este ponto leva a recomendar que sejam sempre solicitadas homologações de todos os aparelhos e não se decida a escolha apenas pela potencia e preço apresentado.
E sabido que usar luz indirecta quando necessário pode ser uma boa solução mas a luz directa será sobre os planos de trabalho sempre conseguida com menor consumo.
Obs: globalmente e se atendermos que cada vez mais iluminar não pode ser encarado como colocar simplesmente luz sobre o plano de trabalho mas que se trata de criar ambientes capazes de garantir o bem estar e o desempenho dos alunos e professores sem excesso de cansaço a escolha dos equipamentos para iluminação deve ser um trabalho de equipe com intervenção pluridisciplinar.

6.3 Comando e controlo da iluminação artificial

Ao longo dos pontos anteriores, temos vindo a enumerar a necessidade de comandar e controlar convenientemente a iluminação. É contudo de todo o interesse energético poder obter a luz necessária e suficiente sempre que se deseja, mas só enquanto se deseja.

Quando pensamos no comando da iluminação, assume especial importância a complementaridade entre a luz natural e a luz artificial, sendo facilmente perceptível que são largos os períodos para os quais a luz do dia permite reduzir ou mesmo anular a necessidade de luz artificial.

Deve ter-se em atenção que, sendo a luminosidade exterior muito variável consoante a hora do dia e o estado do tempo, a boa utilização da luz do dia obriga a uma adaptação arquitectónica e, se possível, um comando de estores capazes de reduzir ou ampliar a entrada de luz.

Para que seja possível a complementaridade da luz natural, é necessário que os comandos da iluminação permitam seleccionar quais os aparelhos que se pretende acender. Assim, a solução mais simples consiste na separação dos aparelhos mais próximos das janelas dos restantes. Uma solução mais avançada implica a instalação de sensores de luminosidade que permitam controlar o fluxo das lâmpadas, garantindo níveis de iluminação constantes ao longo do dia. Trata-se contudo de uma solução mais dispendiosa.

Outro ponto também extremamente corrente, sobretudo em edifícios de serviços, é que por falta de incentivo ou por vezes até de informação, os utentes acendem a luz, mesmo sem precisarem, e nem sequer a apagam quando se vão embora.

Para a concepção de sistemas de iluminação funcionais e que permitam uma exploração económica, recomendamos:

1. A separação clara dos circuitos das armaduras periféricas das armaduras interiores.
2. O recurso sistemático a comutação de lustre, sempre que as armaduras tenham mais do que uma lâmpada.
3. O recurso a balastros electrónicos e a regulação contínua de fluxo luminoso, sobretudo nos grandes espaços, onde a complementaridade se torna mais acentuada.
4. O uso de regulação contínua do fluxo luminoso quando no mesmo espaço coexistem diferentes usos, permitindo assim o fluxo máximo sempre que as tarefas exigem grande equidade e o fluxo mínimo quando tal não se verifica.
5. O uso de detectores de presença em circulações e outros locais de permanência curta ou esporádica.
6. Utilização de sondas crepusculares associadas a programação horária para comando de iluminação exterior ou periférica.
7. Uso de sensores de luminosidade para controlar os regulares de fluxo e garantir níveis constantes de iluminação.

Observação: Encontram-se hoje no mercado vários sistemas de comando de iluminação que permitem grandes flexibilidades, uma vez que fazem o comando com identificação precisa da lâmpada a comandar, associando a cada lâmpada um endereço, e tornando deste modo possível, nesses sistemas, sobrepor comandos locais com programações específicas. Nestes casos, os comandos serão independentes da organização dos circuitos eléctricos, pelo que se podem definir diferentes cenários, eventualmente dependentes da organização dos layouts interiores. queremos chamar a atenção para a sua existência, sendo evidente que contribuem para a redução de consumo energético na iluminação.

Objectivos do controlo de iluminação I

- Dar satisfação adequada em cada momento ás necessidades de iluminação garantindo a boa saúde dos utilizadores maximizando a produtividade e o conforto e sem prejuízo induzir comportamentos adequados para cada caso de utilização;
- Reduzir o consumo de energia eléctrica para iluminação;
- Reduzir o pico de potência solicitada à rede;

Objectivos do controlo de iluminação II

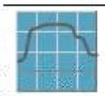
- Diminuir a capacidade dos equipamentos de AVAC;
- Reduzir os custos de operação dos sistemas de AVAC;
- Manter os custos de manutenção baixos e não diminuir a fiabilidade das instalações.

Opções estratégicas

- Comando de ligar desligar versus regulação contínua - “Switching vs. Dimming”
- Comandos manuais versus automático “Manual vs. Automatic Control”

Dispositivos de controlo

Table 8-2 – Selecting Control Devices Based on Expected Lighting Load Profile

Lighting Use Profile		Selection	Devices
	Typical work hours 9 to 5 with limited weekend use	Select controls that reduce peak demand	Occupancy sensors and photosensors for tenant spaces Time clock devices for public areas
	Extended hours	Select controls that reduce unpredictable use	Occupancy sensors Manual dimming/multilevel switching for adaptive compensation
	24-hour	Select controls that reduce lighting day and night	Photosensors Manual dimming/multilevel switching for adaptive compensation
	Event-oriented operation	Manual controls work best	Manual dimming Multilevel switching

Recomendações para controlo

Ask this about the application:	If YES, consider this device:
Is space use unpredictable? (e.g., unpredictably unoccupied for over 30% of the time; warehouse aisles, hospitality)	Occupancy sensors Timers
Is space use predictable and not a 24-hour, 7-day operation?	Time clock devices
Is exterior lighting used for facades, signage or parking areas?	Photoswitch Time clock devices
Is daylight available from windows or skylights?	Photosensors Photoswitches Multilevel switching
Is there a need to vary light levels during day or after hours?	Manual dimmers Multilevel switching

Comandos horários

- Interruptores com horários programáveis permitem em muitos casos conjugar o uso com a economia de energia eléctrica solicitada.
- Nada interessa manter a iluminação ligada fora das horas de utilização devendo em certos casos manter-se mesmo quando não se encontram ocupantes nos locais.

Sondas de luminosidade

- O comando em função da luminosidade no próprio local, conjugada com a luminosidade exterior, contribui quando em situações de comando automatizado, para a melhoria do conforto e para uma efectiva redução nos consumos energéticos.
- Este tipo de sensores, quando compatibilizado com variação do fluxo luminoso, oferece um enorme leque de opções que para serem realmente úteis obrigam geralmente a sistemas programáveis.

Sensores de presença

Energy Savings Potential for Occupancy Sensors

In 1997, researchers (Maniccia et al. 2000) examined the energy savings potential for occupancy sensors in buildings distributed across 24 states representing a typical cross section of commercial building stock. Occupancy and lighting ON hours were measured in 158 rooms: 42 restrooms, 37 private offices, 35 classrooms, 33 conference rooms and 11 break rooms. Each room was measured for about two weeks (between February and September 1997). The occupancy sensors installed did not actually switch the lights ON and OFF according to occupancy. Rather they simply logged when the rooms were occupied and whether or not the lights were (manually) switched ON.

The data collected is the first detailed reported study of when different space types are occupied throughout the day and when those spaces are lighted.

The table below gives the savings potential for occupancy sensors in the five space types during normal hours and after hours.

Space Type	Savings Potential All Hours	Savings Potential Normal Hours	Savings Potential After Hours
Restroom	60%	18%	42%
Conference Room	50%	27%	23%
Private Office	38%	25%	13%
Break Room	29%	14%	15%
Classroom	58%	23%	35%

The figures on the next page show the percentage of time that the different spaces were lighted during occupied and unoccupied periods for the weekdays.

Iluminação diária

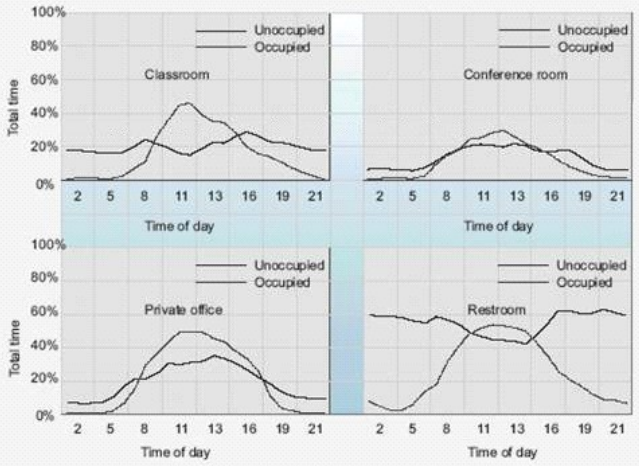


Figure 8-12 – Average Hourly Lighting Condition Profile

Average weekday lighting profile for occupied and unoccupied periods

Controlo por tipo de edifício

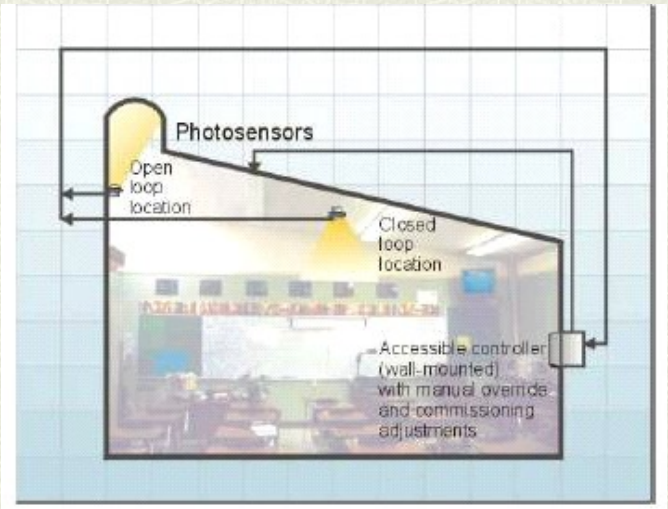
Strategy	Scheduling					Daylighting and Tuning				
Space Type	Wallbox Occ. Sensor	Ceiling/Wall Occ. Sensor	Personal Occ. Sensor	Timer	Time Clock Device	Multilevel Switching	Manual Wallbox Dimmer	Wireless Remote Dimmer	Photoswitch	Photosensor
Assembly & Light Manufacturing			O		●	O			O	●
Auditoriums		●				O	●	●		
Classrooms		●				●	●	●	O	●
Concourses, Lobbies, Malls					●	●			●	●
Conference Rooms	O	●		O		O	●	●		●
Exterior Lighting		O			●	O			●	
File/Storage Rooms		●		●						
Grocery/Supermarket		●		O	●	●			O	O
Gymnasiums		●				O			O	
Hallways		●			●				●	O
Laboratories		●	O			O	●			●
Library Reading Areas		●			O	O				●
Library Stacks		●		●	O	O				
Locker Rooms		●			O	O				
Lunch/Break Rooms	O	●		O		O			O	
Medical Suite/Exam Rooms	O	●				●	●			
Museums		O				●	●		O	●
Open Offices		O	●		●	●	●			●
Private offices	O	●	●		●	●	●	●		●
Restaurants					O	●	●	O		O
Restrooms	O	●		O		O				
Retail Sales Area					O		O		O	O
Warehouse		●		O	●	●			O	O

● = good application O = limited application

Economias por aplicação e tipo de controlo

Space Type	Controls Type	Maximum Expected Yearly Energy Savings
Private Office	Occupancy sensor	45%
	Sidelighting w/photosensor	35%
	Manual dimming or multilevel switching	30%
Open Office	Sidelighting w/photosensor	40%
	Occupancy sensor	35%
Classroom	Multilevel switching	15%
	Sidelighting w/photosensor	40%
	Occupancy sensor	25%
Grocery Store	Adaptive compensation	15%
	Toplighting w/photosensor	40%
Big Box Retail	Toplighting w/photosensor	60%
	Bilevel switching	10%

Regulação automática Aplicação típica



7 Consumos Energéticos

1. Consumo energético

- **Reconhecimento da posição do consumo energético para a iluminação**
  - **RSECE** *(Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização de Edifícios), Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril*
    - **Os equipamentos de iluminação são reconhecidos como um dos principais consumidores energéticos.**
    - **Terão forçosamente que ser tomados em linha de conta na determinação do IEE (Índice de Eficiência Energética)**

1. Consumo energético

- Passaram a existir **valores limites** de consumo globais específicos **(IEE)** dos edifícios de serviços, **novos ou existentes**,
- Tornou-se **obrigatório transformar a energia eléctrica consumida pela iluminação em kg equivalentes de petróleo** aplicando o mix nacional.
- De momento a conversão corresponde a **0,290 kgep/kWhora.**

1. Consumo energético

- **Não considera para cálculo do IEE nominal** o estabelecimento **de comandos programados e conciliáveis com a iluminação natural** fazendo apenas apelo a um funcionamento da iluminação consoante as ocupações, devendo ser esses os valores a introduzir no **programa de simulação energética baseado fundamentalmente nos sistemas de AVAC.**

- **O RSECE apresenta também a necessidade de determinar o IEE real** e para esse será do maior interesse existirem métodos **simples de simulação dos consumos atendendo a horários realistas e ás formas de comando escalonáveis e com capacidade de se adaptarem em cada momento ás necessidades.**

Garcia Vazquez

Engenharia e Gestão de Projectos, Lda.

ESTABELECIMENTO DE ENSINO DADOS IEE

8 Perfis de utilização determinação de consumos

Garcia Vazquez
Engenharia e Gestão de Projectos, Lda.

ILUMINAÇÃO ESTABELECIMENTO DE ENSINO CENARIO SIMULAÇÃO NOMINAL RSECE

		% DE ILUMINAÇÃO		
HORAS		SEGUNDA A SEXTA	SABADO	DOM. FER.
TOTAL DIAS ANO				
TOTAL HORAS ANO PLENA CARGA			2322	

Garcia Vazquez
Engenharia e Gestão de Projectos, Lda.

ILUMINAÇÃO ESTABELECIMENTO DE ENSINO CENARIO COMANDO ESCALONADO

		% DE ILUMINAÇÃO					
HORAS		SEGUNDA A SEXTA			Du FERIAS	SABADO	DOM. FER.
		DIAS CLAROS	DIAS MEDIOS	DIAS ESCUROS			
TOTAL DIAS ANO							
TOTAL HORAS ANO PLENA CARGA						1052	
TOTAL HORAS ANO PLENA CARGA CEN NOMINAL RESECE						2322	
ECONOMIA PROVAVEL						1270	

sem ponderação

Garcia Vazquez
Engenharia e Gestão de Projectos, Lda.

ILUMINAÇÃO SALAS DE AULAS
CENARIO NOMINAL RSECE

		% DE ILUMINAÇÃO			
HORAS		SEGUNDA A SEXTA	Du FERIAS	SABADO	DOM. FER.
TOTAL DIAS ANO					
TOTAL HORAS ANO PLENA CARGA só retirando ferias				1848	
TOTAL HORAS ANO PLENA CARGA sem considerar ferias				2083	

ajustando apenas o numero de dias

sem ponderaçã

ILUMINAÇÃO SALA DE AULA CENARIO COMANDO ESCALONADO

		% DE ILUMINAÇÃO					
HORAS		SEGUNDA A SEXTA			Du FERIAS	SABADO	DOM. FER.
		DIAS CLAROS	DIAS MEDIOS	DIAS ESCUROS			
TOTAL DIAS ANO							
TOTAL HORAS ANO PLENA CARGA cmando escalonado e cnsiderand ferias						944	

9 Papel dos técnicos projectistas de iluminação

3. Papel do Técnico de Projecto de Iluminação

- **Escolha do tipo de acessórios**
  - Tal como com as lâmpadas, é notável a evolução tecnológica de todos os acessórios, nomeadamente balastros e transformadores, tornando-se corrente (muito em breve obrigatório) o uso de acessórios electrónicos que aumentam a eficiência reduzindo o consumo, acumulando ainda um elevado grau de flexibilidade nas formas de comando e controlo da iluminação.

3. Papel do Técnico de Projecto de Iluminação

- **Tipos de comando de iluminação**
  - É de todo o interesse energético poder obter a luz necessária e suficiente sempre que se deseja, mas só enquanto se deseja.
  - Quando pensamos no comando da iluminação, assume especial importância a complementaridade entre a luz natural e a luz artificial, sendo facilmente perceptível que são largos os períodos para os quais a luz do dia permite reduzir, ou mesmo anular, a necessidade de luz artificial.
  - Deve ter-se em atenção que, sendo a luminosidade exterior muito variável, consoante a hora do dia e o estado do tempo, a boa utilização da luz do dia obriga a uma adaptação arquitectónica e, se possível, um comando de estores capazes de reduzir ou ampliar a entrada de luz..

3. Papel do Técnico de Projecto de Iluminação

- **Tipos de comando de iluminação**
  - Para que seja possível a complementaridade da luz natural, é necessário que os comandos da iluminação permitam seleccionar quais os aparelhos que se pretende acender.
  - Como grande opção estratégica salientamos que deverão os técnicos ter sempre presente:
    - Comando de ligar desligar versus regulação contínua "Switching vs. Dimming"
    - Comandos manuais versus automático "Manual vs. Automatic Control".
- Outro ponto também extremamente corrente, sobretudo em edifícios de serviços, é que, por falta de incentivo ou por vezes até de informação, os utentes acendem a luz, mesmo sem precisarem, e nem sequer a apagam quando se vão embora.