

Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra
Institute of Systems Engineering and Computers
INESC - Coimbra

António Manuel Almeida

António Gomes Martins

Iluminação eficiente em edifícios: a grande lacuna regulatória

No. 16

2009

ISSN: 1645-2631

Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra

INESC - Coimbra

Rua Antero de Quental, 199; 3000-033 Coimbra; Portugal

www.inescc.pt

Iluminação eficiente em edifícios: a grande lacuna regulatória

António Manuel Almeida ^(1,2)

António Gomes Martins ^(1,3)

⁽¹⁾ INESC Coimbra, Rua Antero de Quental, 199; 3000-033 Coimbra; Portugal

⁽²⁾ Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Rua Pedro Nunes, Quinta da Nora;
3030-199 Coimbra; Portugal

⁽³⁾ Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Pólo II da Universidade
de Coimbra; 3030-290 Coimbra; Portugal

e-mails: aalmeida@isec.pt , amartins@deec.uc.pt

Abstract

The behavior of buildings designers is conditioned by the existing legislation and regulations in the national context in which they operate. One case of this is the designers concern with increasing levels of insulation on the exterior walls of buildings to limit thermal exchange with the outside surroundings, and thereby fulfill the requirements of regulation designed to ensure thermal comfort in buildings. However, in the Portuguese legislation there are no rules concerning the use of daylight and, therefore, designers are not stimulated to adopt solutions that make use of the existing potential of sunlight availability. In the same way, it is difficult to understand the lack of specific regulation, with quantified targets, limiting power density of artificial lighting installed inside the spaces of buildings. Thus, the visual comfort of buildings occupants and demand reduction of lighting energy consumption are not present, in a satisfactory way, in the legislation that regulates the construction of Portuguese buildings.

In this research report the authors present some proposals for future legislation that will have as central purpose the utilization of efficient lighting systems and the promotion of architectural solutions that optimize the use of daylighting.

1. Introdução

O comportamento dos responsáveis por projectar edifícios é condicionado pela legislação existente no ambiente nacional em que actuam. Disso é manifestação evidente a preocupação em aumentar os níveis de isolamento da envolvente, de forma a limitar as trocas térmicas com o exterior, e assim cumprir as exigências da regulamentação que visa garantir condições de conforto térmico dos edifícios. No entanto, relativamente à vertente da iluminação, é quase inexistente a legislação portuguesa que de alguma forma condicione o modo como os projectistas garantem o aproveitamento da luz natural e fazem uso do potencial energético que a luz solar disponibiliza. De igual forma, torna-se difícil de compreender a falta de concretização em regulamentação específica de metas quantificadas para a limitação de potência eléctrica instalada por unidade de área dos espaços dos edifícios. Assim, o conforto visual dos ocupantes dos edifícios e a diminuição das necessidades de consumo energético em iluminação artificial não estão presentes de uma forma satisfatória na legislação sobre construção de edifícios em Portugal.

2. Estado actual

2.1. Disponibilidade de dados actualizados

A importância dos consumos energéticos nacionais no sector dos edifícios está reflectida nos valores apresentados pela Direcção Geral de Energia e Geologia (DGEG) para o consumo de energia eléctrica neste sector. Segundo esses indicadores, 62% dos consumos em energia eléctrica ocorreram, no ano de 2007, para o conjunto da área residencial e da área dos serviços. O valor anterior é apresentado seguindo a mesma interpretação que foi utilizada pela então designada Direcção Geral de Energia na sua publicação “Eficiência Energética nos Edifícios” que relacionava directamente os referidos consumos com consumos de electricidade nos edifícios, apresentando, para o ano de 1999, 58% dos consumos a nível nacional [DGE, 2002]. Uma breve análise de tendências para os anos anteriores a 2007 mostra um aumento permanente, ao longo do tempo, da quota-parte do consumo de energia eléctrica nas áreas residencial e serviços se comparado com o consumo total de energia eléctrica no nosso país.

Para melhor compreender a relevância da iluminação para os consumos energéticos, seria útil ter disponíveis dados concretos de valores de consumos reais para os vários tipos de consumos de energia eléctrica nos edifícios. Ora, tal torna-se quase impossível pela falta de

estudos estatísticos publicados que tenham tido por base esta preocupação. A informação disponível, com base em sistemas de recolha de dados que partem de categorizações de consumos envelhecidas, torna muito deficiente o exercício de extrapolação para a obtenção de resultados verosímeis. Esta realidade conduz ao aparecimento de referências estatísticas, em publicações e textos do domínio público, que primam pela falta de clareza no modo como os dados são interpretados, deduzidos e apresentados. Com esta preocupação presente, e de forma a ilustrar numericamente a importância da iluminação para os consumos energéticos, foi possível encontrar um valor para a taxa de consumo em iluminação relativamente ao consumo total de energia eléctrica nos edifícios de serviços a partir dos dados publicados no relatório síntese “Caracterização Energética do Sector de Serviços” [DGE, 1994]. Assim, o consumo em iluminação pôde ser estimado em 29% do total da energia eléctrica consumida nos edifícios da área dos serviços, para o ano de 1991. Apresenta-se este valor, embora com relutância pela sua antiguidade, com o propósito ilustrativo da dificuldade em fazer uma caracterização informada com dados mais recentes como seria desejável.

2.2. Referência da União Europeia

Com este pano de fundo, tomando como referências os dados anteriores, é mesmo assim possível perceber a relevância do consumo de energia para iluminação em edifícios e, desta forma, o potencial de conservação energética disponível.

Neste contexto, a alteração dos padrões de consumo em iluminação no sector dos edifícios, deveria ser uma preocupação dos legisladores levando-os a colocar em lei a necessária regulamentação que promova as correctas práticas de projecto e construção dos edifícios, tanto no sector residencial como no dos serviços, de forma a poderem fazer um melhor aproveitamento da luz natural, sem esquecer ou prejudicar as características térmicas dos edifícios.

Esta preocupação está bem estabelecida na directiva europeia 2002/91/CE de 16 de Dezembro de 2002 relativa ao desempenho energético dos edifícios, onde se refere que a quantidade de energia consumida nos edifícios, quando calculada, deve ter em conta “a concepção e a localização em relação aos aspectos climáticos, a orientação e a influência das estruturas vizinhas”. A mesma directiva em anexo estabelece que “a metodologia de cálculo do desempenho energético dos edifícios integrará pelo menos os seguintes aspectos: (...); f) Posição e orientação dos edifícios, (...); g) Sistemas solares passivos e protecção solar;”. No

mesmo anexo está estabelecido que para o referido cálculo “deve ser tido em conta, quando for caso disso, a influência positiva dos seguintes aspectos: (...); d) Iluminação natural.”.

2.3. A legislação portuguesa

Como se percebe por esta directiva, as características de implantação e construção dos edifícios são muito importantes para o seu desempenho energético, sendo por esta razão um campo de actuação que os poderes instituídos não deveriam esquecer. No entanto, na vertente iluminação natural e a nível nacional, não é isto que acontece. Nota-se uma indefinição quase completa de regulamentação sobre o projecto e construção de edifícios que tenha em vista a maximização do aproveitamento da luz natural e o aumento do conforto visual dos ocupantes.

Veja-se o caso da legislação mais recente, publicada em Abril de 2006, sobre a temática dos consumos energéticos em edifícios. No conjunto dessa regulamentação não se consegue seleccionar uma determinação concreta para a promoção do aproveitamento da luz natural. No Decreto-Lei nº 79/2006, que aprova o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), embora no seu artigo 1º se estabeleça “A observância dos princípios da utilização racional da energia e da utilização de materiais e tecnologias adequados em todos os sistemas energéticos do edifício, na óptica da sustentabilidade ambiental” na verdade sobre iluminação não se faz referência a uma única medida quantificada para a limitação dos consumos energéticos [RSECE, 2006]. Ou seja, não se promove a diminuição das necessidades de consumo em iluminação artificial pelo aproveitamento da luz natural nem se dá orientações precisas sobre a utilização de sistemas de iluminação artificial eficientes. Mesmo nas tabelas do Anexo XV do mesmo Regulamento sempre que são referidas densidades para iluminação verifica-se a ausência de qualquer valor. Relativamente aos restantes Decretos-Lei, publicados na mesma data e sobre a temática dos edifícios, a iluminação está completamente ausente.

Esta dificuldade em encontrar referências à iluminação na legislação não é um fenómeno recente. Já no Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU), Decreto-Lei nº 38382/1951 e revisões seguintes, a promoção da utilização da iluminação natural é limitada às boas intenções. Isso vê-se no preâmbulo a esse Decreto-lei quando se refere que apesar de não se julgar “conveniente que os municípios,..., se arreiguem à ideia de dispor as construções sempre alinhadas ao longo das ruas, porquanto é indiscutível a vantagem de as orientar convenientemente em relação ao Sol” no entanto se abstém de apresentar qualquer disposição sobre esta matéria [RGEU, 1951]. No mesmo preâmbulo podem encontrar-se outras ideias igualmente valiosas mas sem consequências no articulado, por exemplo: “as vantagens de tirar

partido das condições naturais” e o “regulamento interessa (...) aos técnicos (...) pela respectiva consulta para aplicação dos preceitos que estatui, os habilita a dotar a construção projectada com os requisitos necessários ao fim em vista: conveniente insolação e iluminação das dependências de habitação ou de trabalho...”. Infelizmente a legislação concreta não tem um papel orientador nestes propósitos. No seu artigo 58º é de novo recomendado que “A construção ou reconstrução de qualquer edifício deve executar-se por forma que fiquem assegurados o arejamento, iluminação natural e a exposição prolongada à acção directa dos raios solares, ...”, no entanto para além de algumas disposições sobre obstáculos à iluminação natural causados por outras construções a única medida concreta que fomenta a utilização da iluminação natural é a apresentação de um mínimo para o rácio área de janela por área do compartimento (conhecido habitualmente por WFR – Window to Floor Ratio). No artigo 71º estabelece-se que “Os compartimentos das habitações (...) serão sempre iluminados e ventilados por um ou mais vãos praticados nas paredes, em comunicação directa com o exterior e cuja área total não será inferior a um décimo da área do compartimento com o mínimo de 1,08 m² medidos no tosco”. Assim, a única disposição que promove o aproveitamento da luz natural na legislação sobre construção de edifícios é uma obrigatoriedade de, na maior parte dos espaços exceptuando vestíbulos, instalações sanitárias, arrumos e pequenos corredores, se projectar aberturas para o exterior com um WFR de pelo menos 10%. Este valor para o referido rácio é muito pequeno o que leva a um muito pobre aproveitamento da luz natural [Littlefair, 1999]. Facilmente se concluiu pela pouca ambição estabelecida no RGEU para a utilização eficiente da iluminação natural nos edifícios portugueses.

Curiosamente, em legislação conexas como são os regulamentos sobre higiene e segurança no trabalho é possível encontrar uma preocupação mais consistente com a problemática do aproveitamento da luz natural. Nesse caso a preocupação primordial não é a poupança energética, mas sim o conforto dos trabalhadores. Por exemplo, no Regulamento Geral de Higiene e Segurança do Trabalho nos Estabelecimentos Comerciais de Escritório e Serviços (Decreto-Lei nº 243/86) estão estabelecidos valores do rácio WFR que permitem uma maior contribuição de luz natural que o próprio RGEU. No seu artigo 14º pode-se encontrar a seguinte disposição: “A superfície dos meios transparentes nas aberturas destinadas à iluminação natural não deve ser inferior a um terço da área do pavimento a iluminar e nalguns casos poderá atingir um meio, se a entidade fiscalizadora o reconhecer necessário”. Ou seja, o rácio WFR deverá ter valores entre 33% e 50%. No entanto, estes valores podem já ser elevados se tivermos em consideração o aumento da carga térmica que podem gerar, já que aquilo que se pouparia em iluminação artificial pode não chegar para compensar o aumento dos

consumos em climatização. De realçar também no referido regulamento o artigo 16º que estabelece que “A tonalidade das paredes e tectos deve ser de modo a não absorver demasiada luz”. A preocupação com os índices de reflexão das superfícies interiores é muito importante na eficiência da iluminação e isso está bem patente nesta recomendação. No entanto, estas disposições continuam a ser em reduzido número, desgarradas e sem uma perspectiva integrada entre iluminação natural e iluminação artificial.

No que concerne à iluminação artificial, a preocupação em reduzir a densidade de potência instalada manifesta-se, no concreto, por processos de intenções ou recomendações pouco ambiciosas. É muito difícil encontrar referências regulamentares quantificadas que tenham como objecto esta característica, sabendo-se contudo como ela é fundamental para se conseguir obter a diminuição dos consumos em iluminação. As menções mais relevantes sobre densidade de potência podem ser encontradas no “Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética” (PNAEE) e nas normas europeias “EN15193: Energy performance of buildings – Energy requirements for lighting”.

Considerando o primeiro caso, o PNAEE, publicado em Diário da República em 20 de Maio de 2008 através da Resolução do Conselho de Ministros nº 80/2008 e que visa, através de um plano agregador, estabelecer medidas de eficiência energética em diversos sectores, tem no seu programa 5 sobre sistemas de eficiência energética nos edifícios, para o caso particular dos edifícios dos serviços, uma afirmação onde é apresentado o objectivo de concretizar “Regulamentação sobre iluminação com máximo de W/m^2 consoante as utilizações” [PNAEE, 2008] sem fazer alusão a qualquer tipo de medida ou programa onde se vislumbrem actividades que conduzam a essa concretização. Em segundo lugar e quanto às normas europeias, publicadas em Setembro de 2007 e de adopção obrigatória também em Portugal, estas têm como principal objectivo a definição de um *standard* para a especificação da metodologia de cálculo para a avaliação da quantidade de energia consumida em iluminação artificial no interior dos edifícios [EN15193, 2007]. As normas apresentam, ainda, alguns esquemas de referência para os objectivos a atingir nos consumos em iluminação por definição de referências de boas práticas para as necessidades de consumo energético em iluminação, de onde se realça a quantificação de objectivos para a densidade de potência, instalada em equipamento de iluminação, relativos a tipos específicos de edifícios. Os valores apresentados, a título informativo e não obrigatório, têm como particularidade a sua falta de ambição já que, na sua maioria, poderiam facilmente ser atingidos através da instalação de sistemas de iluminação artificiais com base em tecnologias convencionais, reconhecidas pelo seu fraco desempenho e caracterizadas pela sua ineficiência ao nível energético.

Os dois exemplos apresentados anteriormente, únicas referências à densidade de potência em documentos oficiais sobre regulamentação, mostram como são por enquanto insuficientes as normas de carácter obrigatório sobre limitação da potência eléctrica instalada em sistemas de iluminação artificial que, sem prejuízo do conforto dos ocupantes dos edifícios, possa contribuir para a diminuição da parcela dos consumos energéticos em iluminação.

Embora a legislação existente em Portugal, nesta área da iluminação, não seja um factor de promoção das boas práticas de projecto e construção de edifícios, isso não tem impedido que alguns projectistas nacionais as incorporem nos seus projectos. Essencialmente, tal deve-se ao voluntarismo desses projectistas e não a uma visão de progresso e desenvolvimento sustentável expressa na lei. Pode-se argumentar que a legislação tem até um efeito negativo pois, ao negligenciar a iluminação, pode transmitir a ideia de irrelevância que obviamente é completamente falsa. Assim, para que este estado de espírito possa ser contrariado, mais importante é o desenvolvimento de orientações publicadas em lei com o intuito de tornar os novos edifícios a construir menos consumidores de energia para iluminação.

3. Comparação com o que se passa na vertente climatização

Desde o princípio dos anos noventa, com a primeira versão do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), que se preconiza uma melhoria significativa do comportamento térmico da maioria dos edifícios, essencialmente ao nível das trocas de calor pela envolvente. A utilização de isolamento térmico nas paredes exteriores permite que haja uma redução das perdas de calor no Inverno e dos ganhos de calor no Verão. Desta forma, consegue-se reduzir o consumo energético em climatização necessário para garantir condições de conforto aos ocupantes dos edifícios.

A exigência de qualidade térmica dos edifícios, expressa no RCCTE, obrigou a grande maioria dos projectistas a integrarem, nos seus projectos de envolventes, materiais com baixa condutividade térmica de forma a limitar as trocas de calor com o exterior. Esta obrigatoriedade conduziu a uma relativa mudança de atitude dos responsáveis que estão envolvidos no projecto de edifícios.

Assim, a utilização de isolamento térmico é hoje em dia uma prática muito frequente tornando-se um elemento incontornável em construção de edifícios. No entanto, nem sempre estes elementos construtivos foram instalados de uma forma correcta, o que provocou em alguns casos investimentos sem as devidas contrapartidas na melhoria do comportamento

térmico dos edifícios. Esses casos negativos não são suficientes para invalidar os efeitos positivos sentidos no universo de edifícios construídos em Portugal.

Pela aplicação do RCCTE a grande maioria das fracções autónomas de edifícios não pode exceder um valor máximo admissível de necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e para arrefecimento, tendo em conta a sua arquitectura e elementos constituintes, bem como todo o aproveitamento em ganhos solares, ganhos internos e produção de energia por meios renováveis. No caso dos edifícios de habitação unifamiliar, estes devem demonstrar a satisfação de um conjunto de características mínimas de referência, como é o caso dos coeficientes de transmissão térmica dos elementos da envolvente, da área e do factor solar dos vãos envidraçados, da inércia térmica interior e da protecção solar das coberturas.

O novo regulamento resultante da revisão do RCCTE, publicado em Abril de 2006 entre outras determinações, institui “maiores exigências de qualidade térmica da envolvente dos edifícios” e promove “mecanismos mais efectivos de comprovação da conformidade regulamentar” [RCCTE, 2006]. A fase de aferição do bom comportamento térmico dos edifícios é assim reforçada e, em conjunto com a nova regulamentação sobre o Sistema de Certificação Energética de Edifícios (SCE), vai permitir que as más práticas construtivas sejam abandonadas por conduzirem a níveis de consumo energético superiores aos regulamentares [SCE, 2006].

Este significativo sucesso de aplicação da legislação na área dos edifícios em matéria energética na vertente térmica, podendo ainda ser substancialmente alargado, mostra que é possível alterar os padrões de consumo energético, diminuindo sem prejudicar, pelo contrário até aumentando, os níveis de conforto dos ocupantes dos edifícios. Assim, por mecanismos legislativos foi, e continuará a ser, possível limitar e mesmo reduzir os consumos energéticos do conjunto dos edifícios construídos e a construir.

O mesmo caminho pode ser seguido pela vertente iluminação desde que seja traçado o processo de sensibilização que se consegue por instituir em lei directivas claras sobre a necessidade de limitar os respectivos consumos energéticos, que são em parte inevitáveis, garantindo condições de conforto visual aos ocupantes dos edifícios.

4. A situação em outros países

4.1. Abordagem genérica

Percebida a situação vivida em Portugal a nível da legislação que enforma os conceitos regulamentares a serem utilizados no projecto de edifícios pretende-se, de seguida, apresentar uma perspectiva sumária de parte das práticas utilizadas em outros países para a inclusão, nas respectivas legislações, de regulamentos que promovam a utilização da iluminação natural e de sistemas de iluminação artificial eficientes.

Na verdade, a nível internacional, durante muito tempo não foi prática muito frequente instituir medidas de melhoria do parque construído num determinado país com o objectivo de maximizar o aproveitamento da luz natural nos seus edifícios.

Tradicionalmente, alguns países determinaram nas suas legislações um valor mínimo de área de aberturas nas fachadas exteriores, tipicamente 10% da área de pavimento do espaço respectivo, como no caso português, essencialmente em edifícios residenciais do tipo moradia. No entanto, a preocupação fundamental que originou esta medida foi aumentar os níveis de salubridade desses edifícios e, em menor grau, permitir a entrada de luz proveniente do exterior. O referido valor de 10% é insuficiente se tivermos como objectivo substituir parcialmente a necessidade de iluminação artificial, com o propósito de diminuir a factura energética em electricidade utilizada em iluminação.

A definição única de um valor mínimo para a área de aberturas para o exterior abriu caminho a que muitos edifícios fossem projectados com um sobredimensionamento das suas áreas envidraçadas, provocando graves problemas de sobreaquecimento resultantes de ganhos térmicos excessivos. Nestes casos, a possível diminuição de consumo energético em iluminação foi contrariada pelo aumento substancial das necessidades de consumo energético em arrefecimento.

O resultado negativo na racionalização de consumos, que se verificou com o referido excesso de áreas envidraçadas, conduziu à definição, na legislação de alguns países, de valores máximos para a área de aberturas para o exterior. O índice fundamental utilizado nessa definição foi o rácio área de aberturas por área de fachadas (WWR – Window to Wall Ratio) que, através de limites máximos, permite restringir a possibilidade de uma irracional diminuição da área opaca das fachadas, construídas com base em massa térmica associada a sistemas de isolamento em vez de superfícies mais permeáveis à entrada de energia térmica nos espaços.

Esta nova perspectiva, que se afasta numa primeira abordagem da preocupação com a iluminação natural, não invalida que seja incentivada a concretização na envolvente dos edifícios de aberturas para o exterior com áreas que correspondam a um compromisso entre os necessários ganhos em luz natural e a limitação das trocas térmicas pela envolvente.

Relativamente à instalação de iluminação artificial, é usual encontrar em legislação tradução escrita da preocupação em limitar a potência eléctrica instalada nos espaços dos edifícios, especialmente pela definição de tabelas com valores máximos para a densidade de potência a instalar (em W/m^2), de acordo com o tipo de utilização dos espaços.

Outra forma de restringir um consumo excessivo de energia eléctrica em iluminação concretiza-se pela definição de valores de referência para a eficácia luminosa dos sistemas de iluminação (em lúmen/Watt) que têm que ser atingidos em cada caso concreto de edifício, o que obriga, em fase de projecto, à escolha de equipamentos de geração de luz artificial com uma boa relação entre o fluxo luminoso emitido e a potência eléctrica instalada.

A utilização racional de energia nos sistemas de iluminação artificial instalados nos edifícios, tendo por base a densidade de potência ou mesmo o rendimento luminoso, pode estar relacionada com a iluminação natural através da definição de factores de ajustamento que incentivam o seu aproveitamento. Por exemplo, a utilização de sistemas de controlo que incluem a monitorização das condições de iluminação dos espaços com aberturas para o exterior pode fazer variar os valores limite permitidos para os consumos em energia eléctrica num determinado espaço do edifício em concreto. Assim se institui e incentiva de uma forma indirecta a promoção das boas práticas de aproveitamento da iluminação natural na construção de edifícios.

De forma a ilustrar estas matérias, apresentam-se algumas das soluções concretizadas em regulamentação e encontradas numa consulta e revisão efectuada às legislações de diversos países, incluindo Espanha, França, Reino Unido (RU), Estados Unidos da América (EUA) e Austrália. Estes casos foram especialmente escolhidos por serem paradigmáticos nas soluções em descrição e terem como objectivo explícito a necessidade de dotar os edifícios de características que os tornem energeticamente eficientes no que concerne à vertente iluminação. Para organização da informação as medidas foram subdivididas em três conjuntos: medidas para iluminação natural, medidas para iluminação artificial e medidas de articulação entre iluminação natural e artificial.

4.2. Medidas para iluminação natural

No primeiro conjunto de medidas, medidas para iluminação natural, estão envolvidas, como elementos fundamentais, orientações para uma boa definição das aberturas na envolvente dos edifícios. Como já foi referido anteriormente, é preocupação dominante nas legislações de muitos países a necessidade de limitar a área de fenestração na envolvente, como se pode ver

nos casos do RU e EUA em que se limita o WWR a 40% e no caso espanhol a 60%. No entanto, também pode ser encontrada a preocupação de permitir a entrada de luz natural com níveis superiores aos tradicionais 10% de WFR, como se vê no caso francês com a definição de um WFR mínimo de 1/6 da área de fachada, aproximadamente 17%. Na mesma perspectiva, as limitações máximas de WWR não excluem a possibilidade de se limitar também em termos mínimos, como é o caso do RU em que um espaço só é considerado iluminado naturalmente se tiver um mínimo de 20% de WWR. De facto, a preocupação com o aproveitamento da luz natural tem uma maior tradução concreta na legislação quando se associa à definição dos sistemas de iluminação artificial, essencialmente por ajustes nos valores a utilizar em processos de verificação dos consumos energéticos, matéria a tratar no terceiro conjunto de medidas.

4.3. Medidas para iluminação artificial

Relativamente às medidas do segundo conjunto, as que têm como objecto os sistemas de iluminação artificial e que envolvem a procura da aplicação de sistemas de iluminação eficientes nos edifícios, são compostas por indicações geradas a partir de duas abordagens distintas com finalidades comuns. Uma primeira que utiliza como elemento de referência a densidade de potência e que consiste em comparar a potência por unidade de área, instalada no edifício em equipamentos de iluminação, com valores para a densidade, escolhidos em função do tipo de utilização dos espaços, conhecidos *a priori* e devidamente tabelados. Entre os países que escolheram esta abordagem podem ser encontrados a Espanha, França, EUA e Austrália. De uma forma mais concreta, no caso espanhol é definido um conjunto de valores para a densidade de potência por cada 100 lux e por tipo de utilização (exemplo para escritório: 3,5 W/m² por cada 100 lux), que são utilizados como referência máxima para comparação com a densidade de potência, ponderada pelo nível de iluminância, instalada por espaço do edifício. No caso francês os valores para referência são independentes do nível de iluminância ao nível do plano de trabalho até aos 600 lux e a comparação faz-se directamente com os valores de densidade de potência máximos definidos a partir do tipo de edifício (exemplo para edifício de serviços: 12 W/m²). Nos EUA existem procedimentos diferentes conforme os estados. No entanto tanto o departamento federal para a energia como a maioria dos estados utilizam como requerimento para conformidade regulamentar a não ultrapassagem pelo valor efectivo da potência instalada dos valores de referência para a potência máxima instalada, calculados pelo produto da área dos espaços por densidades de potência de referência (exemplo para edifícios com utilização do tipo escritório: 11 W/m²). Na Austrália adoptou-se um método equivalente

ao do caso americano, ou seja, compara-se a potência instalada com uma potência de referência, calculada a partir de um valor de referência para a densidade de potência encontrado em função do tipo de utilização dos espaços que se encontram em tabelas (exemplo para escritório: 10 W/m²). Numa segunda abordagem, escolhida por exemplo pelo RU, a conformidade regulamentar é avaliada através da comparação entre a eficácia luminosa do sistema de iluminação artificial a instalar no edifício e valores de referência para essa eficácia em função do tipo de edifício (exemplo para edifício de serviços: 45 lúmen/Watt).

4.4. Articulação entre iluminação natural e artificial

No terceiro conjunto de medidas, designadas anteriormente como medidas de articulação, podem ser encontrados os métodos de ajustamento aplicados aos valores utilizados em comparações, ao nível de valores de referência ou de valores de consumo, e que resultam da existência nos sistemas de iluminação artificial de soluções de controlo que fazem uso de informação sobre a quantidade de luz natural existente nos espaços. Estas soluções partem do conhecimento comum de que o aproveitamento da luz natural conduz à diminuição dos consumos em energia eléctrica para iluminação se acompanhado da introdução, nos processos de controlo de tecnologia de ligação, de regulação e deslastre com base em informação que é adquirida por monitorização de iluminâncias nos espaços. A modificação dos valores utilizados em comparações para verificação regulamentar, via aproveitamento da iluminação natural e também via informação sobre ocupação dos espaços, está presente por exemplo nas regulamentações do RU, EUA e Austrália. Concretizando, no RU são definidos os designados factores de controlo (*control factors*), que são constantes numéricas inferiores à unidade e que, quando aplicados numa operação de divisão entre a eficácia do sistema de iluminação a instalar e o próprio factor de controlo, resultam no aumento da eficácia instalada utilizada na comparação com o valor de referência (exemplo para edifício de serviços com aproveitamento de luz natural: 0,8). Nos EUA por vezes são utilizados factores de ajustamento da potência (*power adjust factors*) que funcionam como créditos de potência para iluminação, ou seja, o valor efectivo da potência instalada é reduzido de uma determinada percentagem por existir controlo automático dos sistemas de geração de luz artificial a partir de informação de existência de luz natural (exemplo para edifício federal com controlo por regulação contínua do fluxo luminoso: 0,3, redução de 30%). Por fim, na Austrália estão definidos factores de ajustamento da densidade de potência (*power density adjust factors*) que são utilizados para aumentar a densidade de potência permitida num determinado espaço do edifício em função do

tipo de utilização e da estratégia de controlo a implementar, ou seja, a densidade de potência para uma situação concreta vai ser dividida pelo factor de ajustamento correspondente (exemplo para controlo dinâmico com base em informação sobre a existência de luz natural: 0,5).

Na verdade, a dimensão das aberturas nas envolventes e a potência dos sistemas de iluminação artificial não são as únicas preocupações que estão referenciadas nas legislações dos vários países em análise. Em todas estas legislações podem-se encontrar referências a recomendações e directivas para a utilização de boas práticas em construção de edifícios, tendo como preocupação fundamental a vertente iluminação.

4.5. Casos em estudo

Na legislação espanhola, através do seu “Código Técnico de la Edificación, DB-HE: Ahorro de Energia” [CTE, 2009], são explícitos os propósitos de que nos edifícios sejam instalados sistemas de iluminação caracterizados pela sua eficiência energética acompanhados de sistemas de regulação que optimizem o aproveitamento da luz natural existente nos espaços.

No caso francês, a partir da sua “Réglementation Thermique 2005” [RT2005, 2006], tem-se como objectivo a limitação do consumo energético com os sistemas de iluminação artificial não só pela utilização de dispositivos de controlo que sejam influenciados pela presença de luz natural mas, também, pela promoção da entrada de luz natural através da escolha das suas aberturas pela orientação e posição do edifício.

No RU, a legislação aprovada, “The Building Regulations 2000, AD L2 Conservation of fuel and power in buildings other than dwellings” [BR2000, 2002], teve na sua génese, como princípio fundamental, a aplicação de sistemas de iluminação artificial eficientes complementados com o aproveitamento da luz natural, o qual seria promovido pela conjugação de aberturas definidas em função da orientação com valores de transmitância superiores a 70% para os envidraçados. Na última versão desta regulamentação, de 2006, existem alterações de forma importantes que incluem a subdivisão do documento em duas partes, para edifícios novos e edifícios existentes mantendo, no entanto, a preocupação com a eficiência energética em iluminação.

A legislação sobre construção de edifícios nos EUA é profícua e toda ela engloba preocupações sobre eficiência energética em iluminação, seja pelo uso de sistemas de iluminação artificial de alta eficiência, seja por projectos de construção em que a orientação certa, definição correcta de aberturas, boas características dos materiais, entre outras, estão

presentes. Neste estudo foram analisados, essencialmente, o “ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007, Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings” [ASHRAE90.1, 2007] e o “Federal Register, 10 CFR Part 434, Energy Code for New Federal Commercial and Multi-Family High Rise Residential Buildings” [FR10CFR434, 2000]. De notar, igualmente, o propósito inscrito na legislação de que, se existir um aproveitamento de iluminação natural, o consumo de energia eléctrica para iluminação seja reduzido em pelo menos 50%. Finalmente, o caso americano é muito interessante pois é fácil encontrar e utilizar ferramentas informáticas em formato executável, ou *Web-based*, para verificação regulamentar.

Na Austrália, a legislação mais recente, “Building Code of Australia 2009, Building Regulations” [BCA2009, 2009], segue a tradição da regulamentação australiana ao definir um espaço utilizável como aquele em que existem aberturas para o exterior de forma a permitir a admissão de luz natural. Outra das preocupações fundamentais corresponde à procura da eficiência energética em iluminação, a ser atingida por utilização de equipamentos eficientes em conjugação com processos e estratégias de controlo aplicados a esses equipamentos de forma a reduzir consumos sem prejudicar os níveis de conforto dos ocupantes. Está já anunciada para a nova revisão de 2010 uma melhoria nos requisitos de eficiência incluindo a vertente iluminação.

Como facilmente se depreende desta análise sucinta de alguns casos de legislação e regulamentação estabilizada em outros países, a situação desses países é muito diferente do caso português quando se pensa em exigências quantificadas para a promoção do aproveitamento da iluminação natural, para a procura da eficiência dos sistemas de iluminação artificial e para a dinamização da correcta articulação entre luz natural e luz artificial dentro dos espaços dos edifícios.

5. Legislação, caminhos possíveis

5.1. Iluminação artificial eficiente

Do conjunto dos resultados da análise da situação nacional com os ensinamentos retirados do estudo das soluções existentes na legislação de outros países, pode-se concluir que é possível e desejável juntar à legislação portuguesa algumas das determinações e directivas que são imprescindíveis para garantir um melhor parque de edifícios construídos no nosso país, caracterizados pelo seu óptimo desempenho ao nível da disponibilidade de luz, natural e artificial, e da eficiência energética para iluminação. São apresentadas de seguida algumas

propostas de mecanismos a incluir na legislação dedicada aos edifícios de serviços, podendo no futuro e com as devidas adaptações ser alargada aos restantes tipos de edifícios. Todas as propostas quantificadas resultam da análise de boas práticas presentes nas soluções das várias legislações em estudo.

Ao contrário do que acontece hoje em Portugal, na regulamentação sobre projecto de edifícios deve haver um procedimento de verificação regulamentar acerca da viabilidade de um edifício no que concerne aos níveis de consumo energético para iluminação. Das duas hipóteses encontradas anteriormente para elementos de base para a comparação, a densidade de potência ou a eficácia luminosa, parece-nos que aquele que garante uma diminuição efectiva no consumo de energia eléctrica por utilização de equipamentos de alta eficiência é a densidade de potência, em função de valores de densidade escolhidos em consonância com as soluções de melhor desempenho existentes no mercado. A eficácia luminosa por si só não consegue garantir a redução dos consumos pois fica dependente dos níveis de iluminância, possivelmente excessivos, ao nível do plano de trabalho. Pelo contrário, a densidade fica só dependente da área dos espaços o que a torna no elemento fundamental para a verificação. Para tal é necessário definir um conjunto de valores de referência que, como referido anteriormente, devem conduzir à necessidade da utilização de equipamentos de iluminação artificial, incluindo os dispositivos de controlo e regulação, que funcionem com base em tecnologias com o melhor desempenho energético. Na actualidade pode-se tomar como referência, para uma situação típica de edifícios de serviços para actividades com exigências médias de iluminância, o valor de 10 W/m^2 . Para actividades mais exigentes o valor deve ser aumentado e para actividades menos exigentes deve ser diminuído.

5.2. Tipos de verificação de conformidade

O processo de verificação regulamentar deve poder ser executado através de um de dois métodos diferentes. Em ambos se vai calcular a potência do sistema de iluminação artificial instalada no edifício para comparação com valores de referência para a potência máxima instalada. A diferença entre os dois está relacionada com a forma de calcular essas potências de referência. Num primeiro método, menos trabalhoso, aplica-se a verificação utilizando-se uma referência média para todo o edifício calculada pelo produto da área dos espaços a iluminar pela densidade de potência de referência para o tipo de edifício, definido pela função primordial para que vai ser utilizado. Num segundo método o valor de referência para a potência resulta do somatório das potências de referência dos vários espaços do edifício,

calculadas pelo produto das áreas dos vários espaços por valores de referência para a densidade de potência em função do tipo de actividade típica a desempenhar em cada um desses espaços. O projecto do sistema de iluminação artificial só pode ser aprovado se o valor da potência eléctrica a instalar não exceder o valor da potência de referência calculada por um dos dois métodos referidos.

5.3. Tipos de condicionamento do projecto

Relativamente à promoção do aproveitamento da iluminação natural, como em outros países, podem-se seguir duas estratégias diferentes. A estratégia directa abarca todas as medidas de projecto ao nível da arquitectura. Numa estratégia indirecta são incluídas as medidas que visam promover o uso da luz natural por ajustamento das potências de referência permitidas no processo de verificação do sistema artificial.

A maneira mais óbvia de permitir a entrada de luz natural nos espaços corresponde à definição em projecto de aberturas na envolvente do edifício. No entanto, como já foi referido, a fenestração tem implicações não só em termos de iluminação mas também ao nível térmico. Não se pode aumentar a área das aberturas de uma forma muito significativa pois isso implicaria um aumento muito considerável dos ganhos térmicos que seriam indesejáveis em períodos temporais alargados ao longo do ano. No entanto, valores de WWR entre 20% e 40% corresponderiam a um compromisso vantajoso entre a entrada de luz natural e a limitação dos ganhos térmicos pelas aberturas. Na nossa legislação seria possível colocar sobre forma de determinação regulamentar a existência de aberturas nas envolventes com WWR de pelo menos 20%, sem prejuízo da definição de situações particulares em que tal não fosse obrigatório. Embora sem justificação apoiada no aproveitamento da luz natural, deveria limitar-se o WWR a valores inferiores a, por exemplo, 40%. Para além das aberturas laterais deveria haver na legislação indicações para a definição, quando possível, de aberturas zenitais do tipo clarabóia que, no entanto, não deverão exceder 5% da área de tecto. Outras indicações poderiam abarcar a definição de um valor mínimo para a transmitância dos envidraçados, por exemplo por volta de 70%, e a recomendação para a utilização de revestimentos interiores em paredes e tectos com coeficientes de reflexão de valores elevados, por exemplo superiores a 75%. Finalmente, deve ser incentivado o projecto de edifícios com um formato que permita alargar as fachadas viradas a Sul, pelo aumento do eixo Este-Oeste.

Pode-se ainda promover a iluminação natural premiando os projectos que têm nos seus sistemas de iluminação artificial estratégias de controlo por regulação a partir da existência e

monitorização da luz natural. Este estímulo pode-se materializar pela variação em termos limitados dos valores de referência para a potência máxima a instalar nos edifícios. Por exemplo: se um sistema de iluminação artificial com regulação de fluxo luminoso pode fazer diminuir o consumo de energia eléctrica em níveis muito significativos, chegando sem grande dificuldade aos 50%, então é possível promover a sua existência e, indirectamente, o aproveitamento da luz natural, se se aumentar o valor permitido para a potência a instalar. Se o controlo dinâmico por diminuição do fluxo luminoso artificial complementado por luz natural for acompanhado de uma estratégia de controlo por conhecimento da ocupação dos espaços, pode-se mesmo definir um coeficiente do tipo factor de controlo (FC) que aumente a potência máxima a instalar em 25%. Concretamente, o valor da potência de referência máxima inicial será dividido por um FC, no caso 0,8, de forma a atingir um novo valor máximo para a potência de referência, no caso superior em 25%. Para além do FC igual a 0,8 na situação de controlo por *dimming* e ocupação, podem ser definidos outros factores de controlo para outras combinações de estratégias de controlo a implementar.

Todas estas propostas não são incompatíveis com os regulamentos já existentes, sendo pelo contrário propostas complementares que tornam o panorama legislativo nacional mais rico e valioso e que assim deixa de esquecer a iluminação como uma área muito importante no contexto de funcionamento dos edifícios. Se a maioria destas propostas for transcrita para a lei será então possível reduzir a factura energética da vertente iluminação e consequentemente fazer diminuir a parcela, muito relevante, dos consumos em energia eléctrica do sector dos edifícios.

6. Conclusões

A iluminação nos edifícios tem uma relevância que, para além de ser intuitiva, pode ser reconhecida nos poucos dados conhecidos sobre a parcela de que é responsável nos consumos energéticos. Na nossa opinião essa importância não é acompanhada pela existência de disposições regulamentares adequadas. As poucas alusões à iluminação são, na maior parte das vezes, indicações de boas intenções sem concretização efectiva. Essa lacuna não é um traço comum em outros países.

Como se pode perceber na breve análise da legislação sobre edifícios de outros países apresentada neste documento, a iluminação está bem presente não só em termos de objectivos mas com metas obrigatórias e determinações quantificadas tanto na sua vertente natural como na sua vertente artificial. Essas determinações manifestam-se, essencialmente, pela limitação

dos consumos em energia eléctrica para iluminação e pelo incentivo ao aproveitamento da iluminação natural. No primeiro caso, através da definição de limites máximos para o consumo de energia condicionados por valores de densidade de potência que promovem a utilização de equipamentos eficientes e de sistemas de iluminação conservativos. No segundo, pelo fomento da colocação, em projecto de arquitectura, de aberturas na envolvente dos edifícios que permitam a entrada de luz natural, sendo depois complementada com luz artificial através de estratégias de controlo optimizadas, de forma a reduzir a necessidade de consumo de energia eléctrica.

Consideramos essencial que na legislação portuguesa se percorra um caminho similar. A iluminação deve passar a ter na legislação uma relevância que já tem na factura energética. Este objectivo não é difícil de atingir dado que as propostas que apresentamos são facilmente integráveis na regulamentação existente, pois correspondem a complementos que melhoram o todo e não factores de conflito com o que já existe. Para além disso estão em consonância com o que está previsto no PNAEE, estando assim aberto o caminho para uma concretização com a brevidade desejável. Este documento foi elaborado com a perspectiva de servir como um contributo para a melhoria do panorama legislativo nacional que possa conduzir a um futuro diferente, menos dependente do consumo de energia em iluminação nos edifícios.

7. Referências

- [ASHRAE90.1, 2007] American National Standards Institute, “*ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007, Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*”, American Standard prepared by ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Estados Unidos da América, 2007, ISSN: 1041-2336
- [BCA2009, 2009] Department of Innovation, Industry, Science and Research, “*Building Code of Australia 2009, Building Regulations*”, Legislation prepared by the Australian Building Codes Board, Austrália, 1 de Maio de 2009.
- [BR2000, 2002] The Stationery Office, “*The Building Regulations 2000, AD L2 Conservation of fuel and power in buildings other than dwellings*”, Approved Document, Reino Unido, 1 de Abril 2002.
- [CTE, 2009] Ministerio de Vivienda, “*Código Técnico de la Edificación, DB-HE: Ahorro de Energia*”, Legislação Espanhola, Espanha, Setembro de 2009.
- [DGE, 2002] Direcção Geral de Energia - Ministério da Economia, “*Eficiência Energética nos Edifícios*”, Brochura de Divulgação no âmbito do Programa E4 - Eficiência Energética e Energias Endógenas, Lisboa, Fevereiro de 2002, ISBN: 972-8268-25-4.
- [DGE, 1994] Direcção Geral de Energia - Ministério da Economia, “*Caracterização Energética do Sector de Serviços*”, Relatório de Síntese, Lisboa, Outubro de 1994, ISBN: 972-9030-77-4.
- [EN15193, 2007] CEN – European Committee for Standardization, “*EN15193: Energy performance of buildings – Energy requirements for lighting*”, European Standard Ref. N° EN 15193:2007, Bruxelas, Bélgica, Setembro de 2007.
- [FR10CFR434, 2000] Department of Energy, “*Federal Register, 10 CFR Part 434, Energy Code for New Federal Commercial and Multi-Family High Rise Residential Buildings*”, Final Rule by the Office of Energy Efficiency and Renewable Energy – DOE, Estados Unidos da América, 6 de Outubro de 2000.
- [Littlefair, 1999] Littlefair, Paul, “*Daylighting and Solar Control in the Building Regulations*”, Relatório preparado para o BRE – Building Research Establishment, Watford, Reino Unido, Junho de 1999.
- [PNAEE, 2008] Presidência do Conselho de Ministros, “*Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética – Portugal Eficiência 2015*”, Resolução do Conselho de Ministros nº 80/2008, Diário da República nº 97: 2824-2865 - I Série-A de 20 de Maio de 2008.

- [RCCTE, 2006] Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, “*Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)*”, Decreto-Lei nº 80/2006, Diário da República nº 67: 2468-2513 - I Série-A de 4 de Abril de 2006.
- [RGEU, 1951] Ministério das Obras Públicas, “*Regulamento Geral das Edificações Urbanas*”, Decreto-Lei nº 38382/51 de 7 de Agosto de 1951.
- [RSECE, 2006] Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, “*Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE)*”, Decreto-Lei nº 79/2006, Diário da República nº 67: 2416-2468 - I Série-A de 4 de Abril de 2006.
- [RT2005, 2006] Ministère de L’Emploi, de la Cohésion Sociale et du Logement, “*Réglementation Thermique 2005 – Arrêté relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments*”, Journal Officiel de La République Française, França, 25 de Maio de 2006.
- [SCE, 2006] Ministério da Economia e da Inovação, “*Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios*”, Decreto-Lei nº 78/2006, Diário da República nº 67: 2411-2415 - I Série-A de 4 de Abril de 2006.