



REQUISITOS PARA CERTIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS : UMA ANÁLISE COMPARATIVA BRASIL X PORTUGAL

MARIANA RODRIGUES BRAGA

dezembro de 2016

REQUISITOS PARA CERTIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA BRASIL X PORTUGAL

MARIANA RODRIGUES BRAGA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE GESTÃO DA CONSTRUÇÃO

Orientador: Prof. Me. José Manuel Martins Soares de Sousa

Co-Orientador: Profa. Me. Ana Lúcia da F. Bragança Pinheiro

DEZEMBRO DE 2016

ÍNDICE GERAL

Índice Geral	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas.....	xv
Abreviaturas	xix
Capítulo 1 Introdução	1
Capítulo 2 Revisão da Literatura.....	9
Capítulo 3 Materiais, Regulamentos e Métodos para Certificação de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais – Brasil e Portugal	23
Capítulo 4 Análise Comparativa.....	61
Capítulo 5 Simulação da Aplicação das Metodologias e Requisitos de Avaliação Energética (RTQ-C e RECS).....	67
Capítulo 6 Conclusão e Recomendações para Trabalhos Futuros.....	75
Referências Bibliográficas	79
Anexos	93

RESUMO

A construção civil é a atividade humana que mais demanda energia e recursos naturais. Atualmente, com aumento exponencial do consumo e dos custos mundiais de energia, degradação do meio ambiente e eventual esgotamento dos combustíveis fósseis, o setor de edificações se viu diante de um cenário onde há a necessidade de transformação dos métodos de construção, operação e manutenção das edificações visando redução no uso da energia, através de medidas de eficiência. Sendo que, é através do uso racional da energia e da incorporação de fontes renováveis que se pode alcançar uma maior sustentabilidade e desempenho energético. Outra ação que se deve ser implementada é o fornecimento de informações e treinamentos para os *stakeholders* sobre eficiência energética. Com foco nesse objetivo tem sido desenvolvido diversos estudos em torno da eficiência energética de edifícios, que visam otimizar os equipamentos e respectivas condições de funcionamento. Nesse contexto, visando medidas para racionalização do consumo energético, as certificações energéticas surgiram como alternativas para qualificar o desempenho energético das edificações. As certificações energéticas contam com o apoio dos regulamentos atuantes nos países utilizando requisitos limites com base em indicadores técnicos pertinentes focados na eficiência energética buscando a minimização dos impactos gerados pelos edifícios e potencialização da performance energética no seu ciclo de vida. No escopo desse trabalho foram analisados os certificados utilizados no Brasil e em Portugal (a etiqueta PBE Edifica e o Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior) e seus respectivos regulamentos, observando as divergências, similaridades e os requisitos técnicos de cada processo de certificação a fim obter uma análise comparativa das necessidades apontadas por cada país para obter o melhor desempenho energético possível das edificações comerciais. A estratégia adotada envolve os métodos de pesquisa bibliográfica, levantamento de dados e uma simulação da aplicação das metodologias. No final, foi concluído que ambos os países utilizam certificações com linhas parecidas de avaliação no âmbito da eficiência energética dos edifícios comerciais, apesar de Portugal obter atualizações mais regulares das legislações e maior fiscalização diante do assunto.

Palavras-chave: Eficiência Energética; Desempenho Energético; Certificações Energéticas; PBE Edifica. Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior.

ABSTRACT

The construction is the human activity that demands more energy and natural resources. Today, with the exponential increase in consumption and power global costs, environmental degradation and eventual depletion of fossil fuels, the building sector was faced with a scenario where there is the need for transformation of methods of construction, operation and maintenance of buildings aiming at reduction in energy use through efficiency measures. Knowing this is through the rational use of energy and use of renewable sources that can achieve greater sustainability and energy performance. Another action that should be implemented is the provision of information and training for stakeholders on energy efficiency. Focused on that goal it has been developed several studies around the energy efficiency of buildings, aimed at optimizing the equipment and the respective operating conditions. In this context, on measures to rationalize energy consumption, energy certifications have emerged as alternatives to describe the energy performance of buildings. Energy certifications have the support of active regulations in the countries using requirements limits based on relevant technical indicators focused on energy efficiency aiming to minimize impacts generated by buildings and enhancement of energy performance in its life cycle. In the scope of this study, we analyzed the certificates used in Brazil and in Portugal (PBE Edifica and the Energy Certification and Indoor Air Quality) and their respective regulations, noting the differences, similarities and technical requirements of each certification process order to obtain a comparative analysis of the needs identified by each country to get the best possible energy performance of commercial buildings. The strategy adopted involves the methods of literature review, data collection and a simulation of the application of methodologies. In the end, it was concluded that both countries use certifications with similar lines of assessment within the energy efficiency of commercial buildings even though Portugal has more regular updates of laws and increased enforcement on the matter.

Keywords: Energy Efficiency; Energy Performance. Energy certifications; PBE Edifica; Energy Certificate and the Indoor Air Quality.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família pelo amor, cuidado, confiança e oportunidades que me deram para poder chegar até aqui.

Aos meus orientadores Prof. Me. José Manuel de Sousa e Profa. Me. Ana Lúcia da F. Bragança Pinheiro, pelo conhecimento compartilhado, paciência, dedicação e apoio para poder concluir essa fase da minha vida, minha eterna gratidão.

Aos meus professores do Brasil e de Portugal, pela experiência e pelas palavras de incentivo.

Aos meus amigos, que sempre estiveram ao meu lado.

ÍNDICE DE TEXTO

1.1	Âmbito	1
1.2	Objetivos	3
1.2.1	Objetivo Geral.....	3
1.2.2	Objetivos Específicos	4
1.3	Enquadramento	4
1.4	Metadologia.....	6
1.5	Estrutura do Trabalho	6
2.1	Construções Sustentáveis	9
2.2	Consumo Energético de Edifícios Comerciais	10
2.3	Eficiência Energética De Edifícios Comerciais.....	14
2.4	Certificação Energética de Edifícios	16
2.4.1	Brasil - Enquadramento	17
2.4.2	Portugal – Enquadramento	19
3.1	PBE Edifica de Edifícios Comerciais - Brasil.....	23
3.1.1	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C)	25
3.2	Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior de Edifícios de Comércio e Serviços - Portugal.....	42
3.2.1	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS)	45
4.1	Comparativos Gerais entre o Método de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior e o PBE Edifica	61
4.1.1	Origem e entidades responsáveis	62
4.1.2	Enfoque.....	62

ÍNDICE DE TEXTO

4.1.3	Sistemas de classificação	63
4.1.4	Métodos.....	63
4.1.5	Avaliação de eficiência.....	64
4.1.6	Regulamento aplicável.....	65
4.1.7	Validação e concessão	65
4.2	Análise Comparativa entre o Rtq-c e o Recs	65
4.2.1	Envoltória.....	65
4.2.2	Sistemas de Iluminação	66
4.2.3	Sistemas de Climatização.....	66
5.1	Sistema de Iluminação	68
5.1.1	RTQ-C.....	68
5.1.2	RECS	70
5.2	Sistemas de Condicionamento de Ar	72
5.2.1	RTQ-C.....	73
5.2.2	RECS	73
6.1	Conclusão.....	75
6.2	Recomendações para Trabalhos Futuros.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Oferta de Energia Elétrica no Brasil em 2014 (BRASIL, 2015).....	5
Figura 2.1 – Consumo de energia final Portugal em 2013 (Adaptado do DGEG, 2015).....	11
Figura 2.2 – Consumo energético em edificações por uso final (BRASIL, 2014)	12
Figura 2.3 – Consumo energético em edificações por uso final – Clima temperado da Europa (Greening the Blue ,2007)	13
Figura 2.4 – Evolução legislativa no âmbito dos edifícios em Portugal	19
Figura 3.1 - Etiqueta de eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas (BRASIL, 2016c).....	25
Figura 3.2 – Zoneamento bioclimático brasileiro (ABNT,2003)	29
Figura 3.3 - Argamassa interna e externa, bloco cerâmico, poliestireno e placa de alumínio composto (BRASIL, 2013)	30
Figura 3.4 - Placa de gesso, lã de rocha e placa cimentícia (BRASIL, 2013)	30
Figura 3.5 - Laje pré-moldada, câmara de ar, telha metálica e poliuretano (BRASIL, 2013)	31
Figura 3.6 - Laje maciça, câmara de ar, telha metálica e poliuretano (BRASIL, 2013)	31
Figura 3.7 - Exemplo de condicionador de ar de janela eficiente e sua etiqueta de eficiência energética. (Eletrolux, 2016).....	38
Figura 3.8 - Exemplo de condicionadore de ar Split eficiente (Fijitsu-General, 2016).....	39
Figura 3.9 - Classe energética – modelo antigo e atual (ADENE, 2016).....	43
Figura 3.10 - Certificação energética de ar interior edifícios comércios e serviços (ADENE, 2016)	45
Figura 5.1 - Planta Escritório	67
Figura 5.2 - Modelo de ar condicionado slipt (LG, 2016)	73

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 - Níveis de eficiência energética definidos no RQT-C (BRASIL, 2010).....	24
Tabela 3.2 – Classificação Geral (Adaptado do RTQ-C) (BRASIL, 2010).....	27
Tabela 3.3- Combinações de métodos de avaliação para obtenção da classificação geral (Adaptado do RTQ-C) (BRASIL, 2010).....	28
Tabela 3.4 - Absortância de diferentes superfícies, para radiação solar baixa $\alpha < 0,50$ do espectro solar (ondas curtas) (Adaptado da ABNT, 2003).....	32
Tabela 3.5 - Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) para o nível de eficiência A - Método da área do edifício (Adaptado do RTQ-C) (BRASIL, 2010)	34
Tabela 3.6 - Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) para o nível A de eficiência– Método das atividades do edifício (Adaptado do RTQ-C) (BRASIL, 2010).....	35
Tabela 3.7 - Espessura mínima (cm) de isolamento de tubulações para sistemas de aquecimento - as espessuras são baseadas apenas em considerações de eficiência energética (Adaptado do RTQ-C) (BRASIL, 2010)	37
Tabela 3.8 - Espessura mínima (cm) de isolamento de tubulações para sistemas de refrigeração - as espessuras são baseadas apenas em considerações de eficiência energética (Adaptado do RTQ-C) (BRASIL, 2010)	37
Tabela 3.9 - Eficiência mínima de condicionadores de ar para classificação nos níveis A e B (Adaptado do RTQ-C) (BRASIL, 2010).....	39
Tabela 3.10 - Eficiência mínima de condicionadores de ar do tipo VRF que operam em refrigeração e aquecimento (ciclo reverso) para classificação no nível A (Adaptado do RTQ-C) (BRASIL, 2010).....	41
Tabela 3.11 - Consumos a considerar no IEEs e IEET, de acordo com o RECS (Adaptado do RECS) (PORTUGAL, 2013b)	47
Tabela 3.12 - Intervalos de valor de RIEE para a determinação da classe energética em pré-certificados e certificados SCE (Adaptado do Decreto 118/2013) (PORTUGAL, 2013a)	48
Tabela 3.13 - Tipo de método usado por edifício (Adaptado do RECS) (PORTUGAL, 2013b)	50

Tabela 3.14 - Elementos mínimos a considerar no levantamento e/ou caracterização do edifício para efeitos de aplicação do método de simulação dinâmica multizona (Adaptado do RECS) (PORTUGAL, 2013b)	51
Tabela 3.15 - Elementos mínimos a considerar no levantamento e/ou caracterização do edifício para efeitos de aplicação do método de cálculo dinâmico simplificado (Adaptado do RECS) (PORTUGAL, 2013b)	52
Tabela 3.16 - Valores do coeficiente de transmissão térmica máximo admissível para a envolvente opaca exterior de edifícios de comércio e serviços ($W/m^2 \cdot ^\circ C$) (Adaptado do RECS) (PORTUGAL, 2013b) .	54
Tabela 3.17 - Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados de edifícios de comércio e serviços, gT máx. (Adaptado do RECS) (PORTUGAL, 2013b).....	54
Tabela 3.18 - Classificação do desempenho de unidades split, multissplit, VRF e compactas, com permuta ar-ar (Adaptado do RECS) (PORTUGAL, 2013b).....	55
Tabela 3.19 - Classificação do desempenho de unidades split, multissplit e compactas, com permuta ar-água (Adaptado do RECS) (PORTUGAL, 2013b)	55
Tabela 3.20 - Classificação do desempenho de unidades do tipo Rooftop (Adaptado do RECS) (PORTUGAL, 2013b)	55
Tabela 3.21 - Classificação do desempenho de unidades do tipo chiller bomba de calor de compressão (Adaptado do RECS) (PORTUGAL, 2013b)	55
Tabela 3.22 - Espessuras mínimas de isolamento de tubagens (mm) (Adaptado do RECS) (PORTUGAL, 2013b)	56
Tabela 3.23 - Valores máximos de densidade de potência de iluminação (DPI) (Adaptado do RECS) (PORTUGAL, 2013b)	57
Tabela 3.24 - Funções mínimas a adotar em sistemas de iluminação a instalar em edifícios novos e em edifícios sujeitos a grande intervenção (Adaptado do RECS) (PORTUGAL, 2013b)	59
Tabela 4.1 - Requisitos de certificação da eficiência energética de edifícios Brasil x Portugal	61
Tabela 5.1 -DPI limite para cada ambiente e nível de eficiência pretendido	69
Tabela 5.2 - Potência limite para cada ambiente e nível de eficiência pretendido	69
Tabela 5.3 - Potência de iluminação instalada de cada ambiente e total.....	70
Tabela 5.4 - Valores de densidade de potência de iluminação de cada ambiente e máximos.....	71
Tabela 5.5 - Valores DPI limite (RTQ-C) e DPI calculado (RECS)	72

Tabela 5.6 - Capacidade e eficiência dos equipamentos de condicionamento de ar 73

ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADENE	Agência para energia
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
AQS	Água quente sanitária
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
AVAC	Aquecimento, ventilação e ar condicionado
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
CE	Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior
DCR	Declaração de Conformidade Regulamentar
DGEG	Direção-Geral de Energia e Geologia
DPI	Densidade de Potência de Iluminação
EER	Índice de Eficiência Energética
EIA	Energy International Agency
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EPBD	Energy Performance of Buildings Directive
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
IEE	Indicador de Eficiência Energética
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério Minas e de Energia
NZEB	Nearly Zero Energy Buildings

ABREVIATURAS

PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RAC	Requisitos para avaliação da Conformidade
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
REH	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
SCE	Sistema Certificação Energética dos Edifícios

1 INTRODUÇÃO

1.1 ÂMBITO

Ao longo dos anos, o consumo energético a nível mundial vem aumentando. Com o crescimento e evolução da humanidade, a sociedade se tornou mais urbana, passando a maior parte de seus dias no interior de edifícios. Em busca de suprir suas novas necessidades e conforto, a relação da população com o consumo de energia elétrica desencadeou um aumento de demanda, causando degradação do meio ambiente e exaustão dos recursos naturais.

A exigência progressiva de energia intensificou a busca por novas fontes de energia na construção civil. Impactos visíveis no meio ambiente, crises energéticas sucessivas e esgotamento dos combustíveis fósseis, principal fonte de energia utilizada no mundo, impulsionaram para que houvesse uma nova conscientização sustentável em relação ao consumo energético.

Para se adequar ao cenário atual, baseada nos principais aspectos da sustentabilidade (ambiental, econômico e social), foram desenvolvidas novas tecnologias de construção que fornecem informações e alternativas para utilização responsável e eficiente da energia elétrica. Edificações energeticamente mais eficientes se desenvolvem através de projetos construtivos inteligentes com soluções passivas de climatização, uso racional de energia na iluminação, equipamentos e aquecimento de água, junto à incorporação de fontes renováveis de energia.

Considerando a localização do edifício e as condições climáticas envolventes, o uso de sistemas de climatização passivos e de captação de energias renováveis integrados na construção civil quando bem dimensionadas são consideravelmente mais econômicas e viáveis para vida útil de um edifício.

Nesse contexto, para melhorar o desempenho energético dos edifícios surgiram certificados energéticos que promovem o uso racional da energia elétrica, incentivando o uso eficaz e eficiente dos recursos naturais, minimizando os desperdícios e os impactos no meio ambiente. Numa ótica da eficiência energética, a certificação representa uma importante ferramenta de informação que tem como objetivo promover a conscientização de todos os envolvidos no processo do desenvolvimento de uma edificação, desde o início do projeto, passando pela construção, até o usuário final, abrangendo

soluções que reduzam o consumo energético, promovendo conforto e qualidade para o usuário. Além disso, representa uma ação importante na sensibilização do cidadão para a questão da emissão de gases que contribuem para o efeito de estufa e para as alterações climáticas. Segundo Abreu (2014), reduzir as emissões de gases com efeito de estufa é uma obrigação, no sentido de mitigar um problema, se caso não houver mudanças imediatas, o modo de vida e as condições de habitabilidade do nosso planeta serão afetados drasticamente.

Atualmente, diversos países no mundo já têm adotado normas e certificações energéticas com ações que contribuem para o aumento da eficiência energética nos edifícios, reduzindo o custo da operação, estimulando o uso de soluções sustentáveis, desenvolvimento de hábitos e conhecimento sobre o consumo eficiente.

No Brasil, se destaca o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), criado em 1985 e coordenado de forma conjunta pelo Ministério de Minas e Energia e executado pela Eletrobrás que promove o uso eficiente de energia elétrica e minimização de seu desperdício. Em 1993, o Selo PROCEL foi criado, com o objetivo influenciar produção de equipamentos que apresentam melhores níveis de eficiência energética e orientar o consumidor sobre sua economia. Em 2001, a Lei nº 10.295 (BRASIL, 2001a), também conhecida como Lei de Eficiência Energética foi instituída no país. Essa Lei determina níveis mínimos de eficiência energética (ou máximos de consumo específico de energia) de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no país, bem como de edificações construídas, com base em indicadores técnicos pertinentes e de forma compulsória. Mais especificamente voltado para edificações, em 2003 foi instituído o PROCEL EDIFICA, com objetivo de racionalizar o consumo de energia nas edificações brasileiras, que em conjunto com o Programa Brasileiro de Etiquetagem criaram a etiqueta PBE Edifica. O PBE Edifica promove o uso racional da energia elétrica em edificações desde sua fundação, com ações organizadas com o objetivo de incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais (água, luz, ventilação etc.) nas edificações, voltadas para contenção desperdícios, minimização de impactos sobre o meio ambiente, economia de custos e incentivo ao desenvolvimento tecnológico.

A partir de 2014, a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) se tornou obrigatória em reformas e novas obras de edifícios públicos federais através da publicação no Diário Oficial da União pela Secretaria de Logística e Tecnologia da normativa IN02/2014 (BRASIL, 2014c), sendo obrigatória à obtenção da ENCE Geral de Projeto Classe **A**, ou seja, mais eficiente em uma classificação de **A** a **E**. Segundo o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e a Eletrobrás, “a Etiqueta PBE Edifica faz parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) e foi desenvolvida em parceria entre o Inmetro e a Eletrobrás/PROCEL Edifica.” (BRASIL, 2016c).

Para reduzir o consumo energético dos edifícios em Portugal, e em todos outros Estados-membros da União Europeia, surgiu a Diretiva 2002/91/CE (PARLAMENTO EUROPEU; CONSELHO EUROPEU, 2002) relativa ao desempenho energético dos edifícios (EPBD) que estabelece que seja implementado nos edifícios novos e reabilitados, um sistema de certificação energética, onde em Portugal a ADENE (Agência para a Energia) é responsável pela gestão desse sistema. Esta diretiva foi transposta para a legislação portuguesa em 2006, através do Decreto-Lei 80/2006 (PORTUGAL, 2006b). Em 2010 a Diretiva Europeia (Diretiva 2010/31/UE) (PARLAMENTO EUROPEU; CONSELHO EUROPEU, 2010) sobre desempenho energético dos edifícios é revista, aumentando as exigências de renovações. Esta diretiva determina parâmetros para as metodologias de cálculo e aplicação de requisitos mínimos do desempenho energético dos edifícios, planos nacionais para elevar a quantidade de edifícios com necessidades de energia quase nulas (*net zero-energy buildings*), certificação energética e inspeção das instalações de aquecimento e ar condicionado.

Portugal transpõe a Diretiva 2010/31/UE (PARLAMENTO EUROPEU; CONSELHO EUROPEU, 2010) aprovando em 2013 o Decreto-Lei 118/2013 (PORTUGAL, 2013a), assegurando e promovendo melhoria do desempenho energético dos edifícios através do Sistema Certificação Energética dos Edifícios (SCE), que integra o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), sendo obrigatório a partir de então qualquer imóvel que esteja à venda ou para alugar tenha o certificado energético.

Desse modo, este trabalho busca analisar os princípios significativos a serem considerados no desenvolvimento de uma construção sustentável que visem ampliar o uso de energias de baixo impacto agregando benefícios em escala global, diminuindo o consumo de energia elétrica, sem comprometer a eficácia e eficiência dos processos, e o aumento do desempenho energético das edificações no Brasil e em Portugal. Para isso, propõe-se comparação entre os requisitos exigidos pela Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior (Portugal) e pelo PBE Edifica (Brasil), com ênfase na dimensão de energia, concentrando nas soluções dos regulamentos que visam alcançar o melhor desempenho energético das edificações.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar a contribuição da certificação brasileira PBE Edifica para o desempenho energético de edifícios comerciais, comparativamente à Certificação Energética de Edifícios adotada em Portugal.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Analisar o disposto na Certificação Energética de Edifícios, adotada em Portugal, e no PBE Edifica, adotado no Brasil;
- b) Identificar e comparar os critérios e os padrões relacionados à eficiência energética para a obtenção das certificações em construções comerciais.

1.3 ENQUADRAMENTO

Há uma grande dependência tanto dos países desenvolvidos quanto dos países em desenvolvimento de utilização dos combustíveis naturais, principalmente os fósseis. Aliado ao crescimento demográfico e econômico, esse consumo leva a uma produção elevada de gases de efeito estufa e outros efluentes, o que impacta o meio ambiente contribuindo diretamente nas alterações climáticas, poluição, escassez de fontes naturais e na qualidade de vida das futuras gerações.

Segundo Energy International Agency (EIA) (2013 *apud* BALBINO, 2014, p. 25), o consumo mundial de energia tende a aumentar de 56% no período entre 2010-2040, passando de 13 205 Mtep para 20 664 Mtep (mega toneladas equivalente de petróleo). Esta projeção foi prevista a partir do crescimento econômico estudado para os países em desenvolvimento.

Ao longo dos anos, o consumo de energia tem vindo a aumentar, o que torna a sua utilização cada vez mais dependente do abastecimento de petróleo e gás do exterior. Os compromissos assumidos com a assinatura do Protocolo de Quioto - redução das emissões de gases de efeito de estufa para 8 % abaixo dos níveis de 1990 até 2008-2012 – exigem que se utilize menos petróleo, menos gás e menos carvão. (PEDROSA, 2009, p.2).

No Brasil a produção de energia é principalmente gerada pelas hidrelétricas (Figura 1.1) que, apesar de ser considerada uma energia limpa, afeta consideravelmente a fauna, flora e a população local, além de que as usinas hidrelétricas existentes não poderem surtir a demanda crescente de energia no país. Esse fato contribui também com a necessidade de utilizar usinas termelétricas onde as reservas de combustíveis estão reduzindo cada vez mais com tempo e os impactos no meio ambiente como poluição do ar, chuva ácida e efeito estufa vem aumentando.

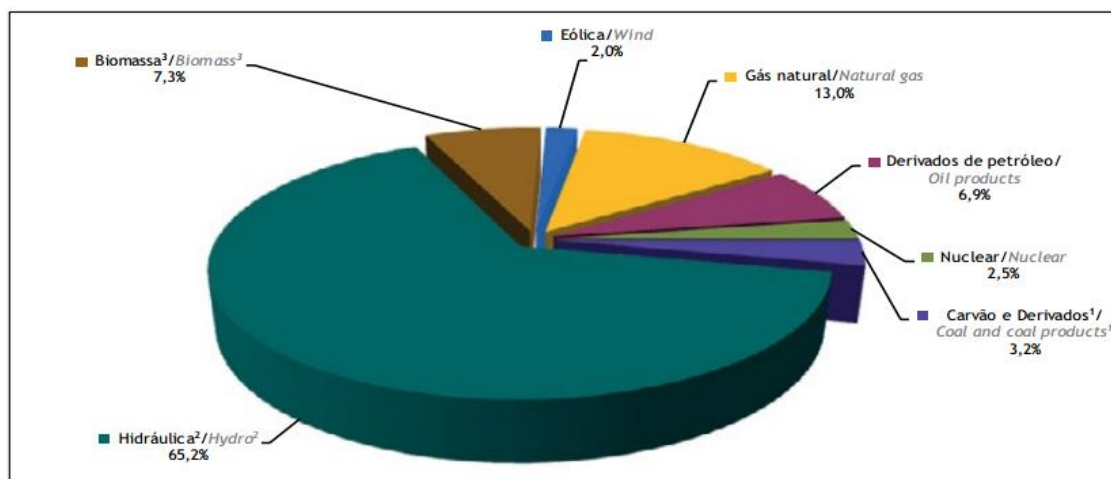


Figura 1.1 – Oferta de Energia Elétrica no Brasil em 2014 (BRASIL, 2015)

Portugal, segundo Faustino (2012), também é dependente de recurso energético de origem fóssil, cerca de 76,1% da energia primária nacional é consumida precisamente sob essas fontes de energia (petróleo, carvão e gás natural).

Como afirma Feitosa (2016), o ano de 2015 ficou marcado por eventos climáticos extremos em todo o mundo. Sua pesquisa informa que segundo a NASA (agência espacial dos EUA) e a NOAA (Administração Nacional de Oceanos e Atmosfera dos EUA), o ano de 2015 teve uma média de temperatura 0,13°C mais alta do que 2014, sendo que uma das principais causas dessas mudanças climáticas globais é o acúmulo de gases de efeito estufa na atmosfera. A tendência é que essas alterações climáticas continuem se não houver uma intervenção e diminuir as emissões de gases de efeito estufa. Portanto, é evidente a necessidade de conservação e utilização de energias alternativas.

A construção civil é responsável por grande parte do consumo de recursos e de energia nos países. Mundialmente, os edifícios somam aproximadamente 40% do consumo anual de energia e até 30% de todas as emissões de gases de efeito estufa (GEE) relacionadas com energia, segundo o United Nations Environment Programme (UNEP) (UNITED NATIONS, 2009). Em edifícios a maior parte do consumo energético é devido à iluminação e sistema de climatização.

Deparando com a situação atual de exaustão, escassez ou inconveniência dos recursos principais das energias primárias que são utilizados, é necessária uma intervenção a modo de favorecer o processo de conservação da energia. Novas tecnologias de construção devem ser desenvolvidas para compensar a demanda, utilizando energias alternativas, com soluções bioclimáticas e um novo método de consumo consciente, tanto na fase de projeto ou na fase de construção e ocupação do edifício, considerando que a energia é indispensável para a sobrevivência e conforto da espécie humana.

1.4 METODOLOGIA

Esse trabalho foi desenvolvido por meio de pesquisa bibliográfica, levantamento de informações, análises comparativas e simulações com a aplicação das metodologias estudadas. Desde modo, a pesquisa bibliográfica fornecerá dados que procura justificar o aparecimento dessa temática, demonstrando sua relevância ao nível ambiental na atualidade e aos estudos posteriormente realizados.

Procurando esclarecer as questões relacionadas ao tema proposto mostrando quais são os maiores problemas que proporcionam o grande consumo de energia nos edifícios comerciais no Brasil e em Portugal, sua ligação com a forma de produção e consumo de energia, foram analisados os tipos de certificações energéticas utilizadas nos países (Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior e PBE Edifica) e os benefícios dessas etiquetas. Além disso, foram analisadas as soluções e requisitos limites fundamentais para obtenção da eficiência energética de edifícios comerciais e os regulamentos vigentes em seus respectivos países.

Foi desenvolvida uma análise comparativa entre as certificações e regulamentos do Brasil e Portugal, indicando as lacunas e as similaridades do ponto de vista da eficiência energética de edifícios comerciais. Além disso, foi feita uma simulação da aplicação das metodologias e requisitos de avaliação encontrados nos regulamentos dos dois países no sistema de iluminação e de condicionamento de ar de um escritório, afim de ampliar o entendimento sobre o assunto.

Tendo como base os dados analisados, os resultados adquiridos servem para indentificar quais são as estratégias devem ser implementadas para suprir a demanda de energia dos edifícios comerciais de forma sustentável, considerando as condições bioclimáticas locais e a necessidade de maior eficiência energética.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O conteúdo dessa dissertação será dividido em seis capítulos.

O primeiro capítulo se refere à introdução ao tema abordado, objetivo da pesquisa, justificativa quanto a escolha do tema e metodologia.

O segundo capítulo será focado na apresentação da revisão da literatura, contendo os fundamentos teóricos adotados para o desenvolvimento da pesquisa, focado no consumo energético e eficiência energética de edifícios comerciais, em Portugal e no Brasil. Esse capítulo também é responsável por exibir algumas normas e legislações existentes, e seu histórico, relacionadas à eficiência energética em edificações dos países no âmbito da certificação a fim de proporcionar maior amplitude no processo de compreensão do trabalho.

O terceiro capítulo apresenta as análises das etiquetagens, métodos, requisitos e regulamentos utilizados para certificação de eficiência energética de edifícios comerciais no Brasil e em Portugal.

O quarto capítulo apresentará uma análise comparativa dos resultados obtidos pelas análises dos regulamentos e certificados energéticos.

O capítulo cinco contém uma simulação da aplicação da metodologia e requisitos dos regulamentos utilizados no Brasil e em Portugal, para uma avaliação energética de sistemas de iluminação e de condicionamento de ar.

O sexto capítulo contempla a conclusão do trabalho e indica sugestões para pesquisas futuras.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A seguir são apresentadas considerações sobre construções sustentáveis, consumo energético e eficiência energética de edifícios comerciais, e análises sobre as certificações energéticas desses edifícios, adotadas no Brasil e em Portugal.

2.1 CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS

Com o desenvolvimento econômico mundial, a percepção de mudanças no meio ambiente começou a ficar mais aparente. Segundo Passos (2009), é inegável que ainda se vive uma intensa crise ambiental após a Revolução Industrial, decorrente do modelo de desenvolvimento adotado pela sociedade contemporânea, aliando uma exploração incontrolada de recursos naturais com crescimento urbano.

Visto a necessidade de mudança, diversos estudos foram desenvolvidos para encontrar soluções aos principais problemas ambientais envolvidos tanto na construção dos edifícios quanto na sua vida útil. Nesse sentido, busca-se evoluir as legislações, inovar tecnologias e métodos de construção, modificar o modo de consumo e atender todas as necessidades de seus usuários.

De acordo com Araújo (2008), para o Comitê Técnico da International Organization for Standardization (ISO/TC 59/ SC3 N 459) a edificação sustentável tende a melhorar a qualidade de vida dos usuários, harmonizando com o clima, tradição, cultura e o ambiente da região onde se encontra. Ao mesmo tempo, conserva energia e recursos naturais, recicla materiais e reduz as substâncias nocivas dentro da capacidade dos ecossistemas locais de absorvê-las, ao longo do ciclo de vida do edifício.

Segundo Ministério do Meio Ambiente (MMA) (BRASIL, 2016a):

Os desafios para o setor da construção são diversos, porém, em síntese, consistem na redução e otimização do consumo de materiais e energia, na redução dos resíduos gerados, na preservação do ambiente natural e na melhoria da qualidade do ambiente construído. Para tanto, recomenda-se:

- a) Mudança dos conceitos da arquitetura convencional na direção de projetos flexíveis com possibilidade de readequação para futuras mudanças de uso e atendimento de novas necessidades, reduzindo as demolições;

- b) Busca de soluções que potencializem o uso racional de energia ou de energias renováveis;
- c) Gestão ecológica da água;
- d) Redução do uso de materiais com alto impacto ambiental;
- e) Redução dos resíduos da construção com modulação de componentes para diminuir perdas e especificações que permitam a reutilização de materiais.

Com isso, a concepção de um edifício sustentável deverá contemplar diversas ações, quer ativas ou passivas, se adaptando às necessidades da sociedade, sem negligenciar o meio ambiente e a economia.

2.2 CONSUMO ENERGÉTICO DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS

Uma das maiores preocupações no setor de edificações é a energia, sendo ele responsável pelo maior consumo energético final no mundo. O aumento da demanda energética refletiu nas mudanças de hábitos da população, melhoria da qualidade de vida e aquecimento econômico, mas possui aspectos negativos visíveis, como o aumento da emissão de CO₂ que afeta diretamente o meio ambiente. Segundo Oliveira (2015), em consequência do avanço tecnológico o consumo de energia elétrica das edificações aumentou significativamente no decorrer dos anos, tanto pelo aumento da área construtiva quanto pela crescente adição de equipamentos eletrônicos.

A expansão do consumo de energia causou a necessidade de aumentar a produção, repercutindo no aumento do seu custo, esgotamento dos recursos utilizados e no impacto causado no meio ambiente. Segundo o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) (BRASIL, 2014a), como a maioria das emissões antropogênicas são provenientes da geração de energia, a eficiência de edificações é relevante e deve ser considerada prioridade. Para a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (BRASIL, 2016d), uma das maneiras mais modernas e utilizadas no mundo para conter a expansão do consumo energético sem comprometer qualidade de vida e desenvolvimento econômico é o estímulo ao uso eficiente.

Segundo o Balanço Energético Nacional feito pela Empresa de Pesquisa Energética (BRASIL, 2015), os setores residencial, comercial e público são responsáveis por 42,5% do consumo energia elétrica no Brasil, sendo 21,2% referente ao setor residencial, 14,5% comercial e 6,8% referente ao setor público. Em 2014, os setores público, agropecuário, comercial e de transportes, quando analisados em bloco, apresentaram aumento de 7,0% do consumo de energia elétrica em relação ao ano de 2013. A geração elétrica a partir de energias não renováveis representou 26,9% do total nacional, contra 23,3% em 2013. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (BRASIL, 2016b), em 2015 a classe comercial consumiu 90.415.600 MWh de energia elétrica na rede, 575.141 MWh a mais do que no ano anterior.

De acordo com a Agência para a Energia (ADENE) (2016), o setor da construção civil é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% da energia final na Europa. Segundo Gonçalves (2010), o setor, em Portugal, responde por quase 30% do consumo energético do país, o que equivale a 5,8 Mtep (milhões de toneladas equivalente de petróleo), 60% do consumo elétrico, e é o segundo setor em termos de emissões de CO₂ (Figura 2.1).

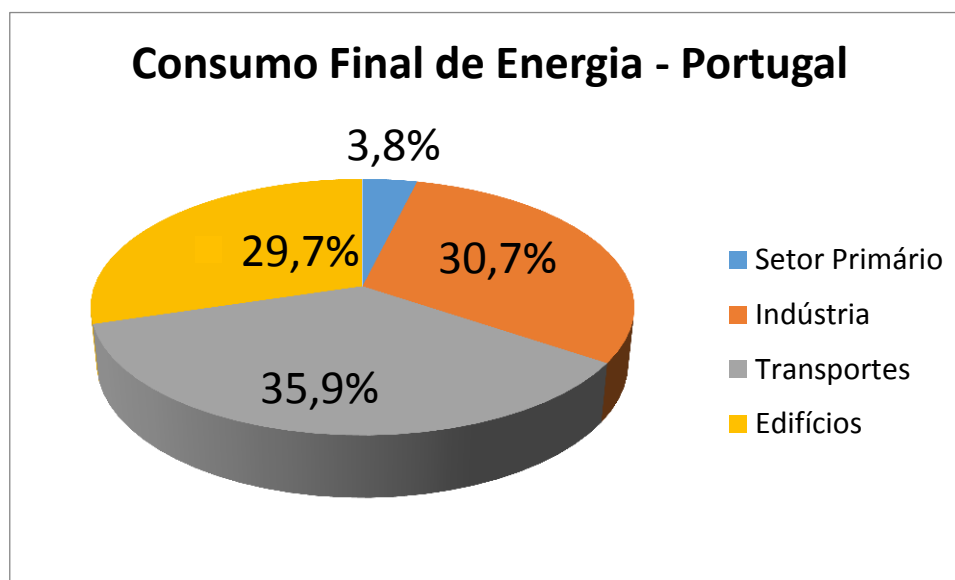


Figura 2.1 – Consumo de energia final Portugal em 2013 (Adaptado do DGEG, 2015)

Nos setores residenciais e comerciais de Portugal, de acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA, 2016), 51% da demanda total de energia é proveniente da energia elétrica, 20,5% do petróleo, 16,7% de biocombustíveis e resíduos, 9,7% do gás natural e 2,1% de pequenas quantidades de calor, solar e geotérmica. Porém, na década passada, a demanda de energia vinda da eletricidade, do calor e do gás natural aumentou, diminuindo as resultantes do uso de petróleo, biocombustíveis e resíduos.

De acordo com o Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável (BCSD) (PORTUGAL, 2007), 84% do total de energia em um edifício é consumida durante a fase de utilização.

O consumo de energia em edificações está relacionado aos ganhos ou perdas de calor pelo envoltório da edificação que, associados à carga interna gerada pela ocupação, pelo uso de equipamentos e pela iluminação artificial, resultam no consumo dos sistemas de condicionamento de ar, além dos próprios sistemas de iluminação e equipamentos. (CARLO, 2008, p. 3).

As edificações comerciais e de serviços são caracterizadas por não possuir finalidade residencial ou industrial. As principais causas do seu consumo de energia é o sistema de iluminação, sistema de climatização e equipamentos de escritório. De acordo com o Plano Nacional de Energia 2030 (BRASIL,

2008), o consumo médio de um prédio comercial está em torno de 18 kWh/m²/mês. O Plano Nacional de Energia 2030 (BRASIL, 2008) também cita a diversidade no uso da energia elétrica nos prédios comerciais, variando com o projeto arquitetônico, a utilização do prédio, os equipamentos instalados, a faixa econômica dos usuários e o clima da região. Nas Figuras 2.2 e 2.3, podem ser observados os consumos energéticos em edificações por uso final, no Brasil e em Portugal (clima temperado), respectivamente.

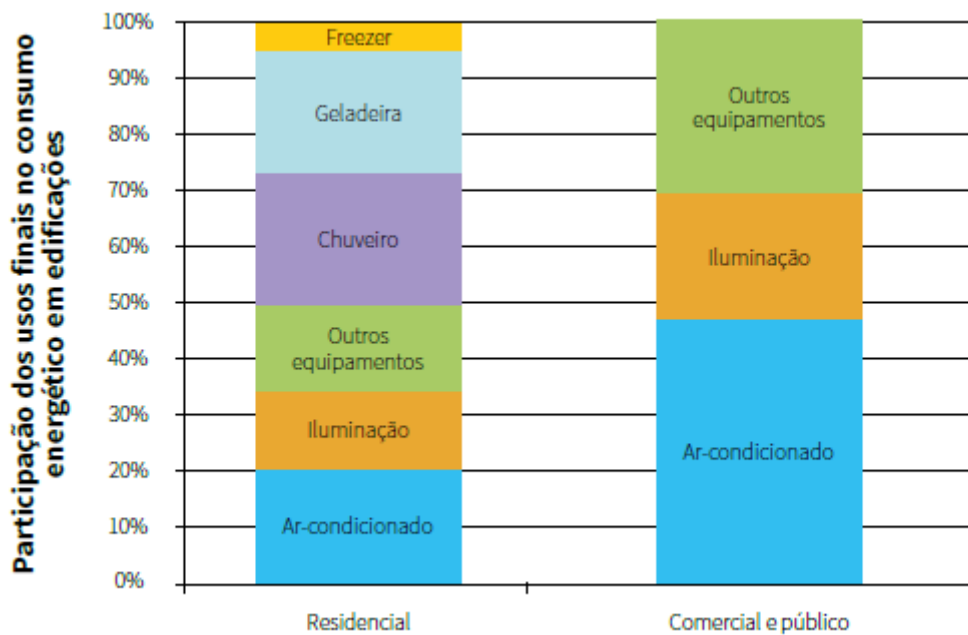


Figura 2.2 – Consumo energético em edificações por uso final (BRASIL, 2014)

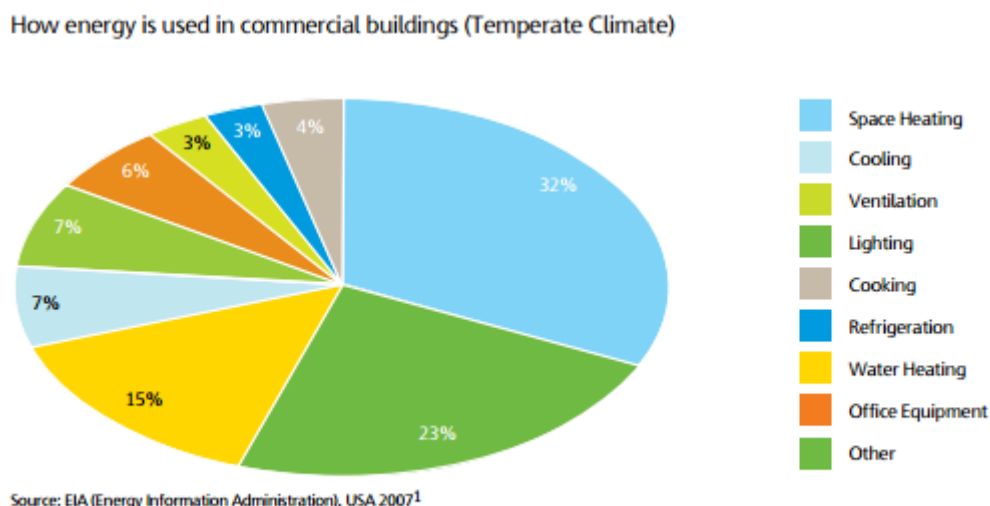


Figura 2.3 – Consumo energético em edificações por uso final – Clima temperado da Europa (Greening the Blue ,2007)

Nos setores comercial e público, o consumo de energia é fortemente influenciado pela grande quantidade de calor gerado no interior do edifício. Diferente da edificação residencial, edifícios comerciais e públicos contam com maior densidade de usuários, equipamentos e lâmpadas, tendendo ao superaquecimento dos ambientes, mesmo em situações onde o clima exterior indica conforto térmico (GOULART, 2007, p. 9).

Segundo o Ministério de Minas e Energia (MME) (BRASIL, 2011), do ponto de vista do consumo de energia em uma edificação, existem três aspectos que devem ser considerados:

- a) a energia que será consumida na fase da construção do prédio (produção, transporte de materiais e sua manipulação no canteiro de obras);
- b) a energia que será utilizada pelas atividades desenvolvidas no prédio e no uso de equipamentos;
- c) a energia consumida destinada ao conforto necessário para os usuários referentes às habitabilidades.

Segundo o Plano Nacional de Eficiência Energética do MME (BRASIL, 2011), diversos países estão mais atentos quanto à adoção de medidas de eficiência energética em prédios públicos, seja pela redução dos impactos no clima do planeta quanto pelo papel tecnológico que desempenham nas empresas. Por exemplo, em Portugal eles possuem o Programa P3E (Programa para Eficiência Energética em Edifícios), que tem como responsabilidade contribuir para a concepção, promoção e avaliação das políticas referentes à energia e aos recursos geológicos. O objetivo do P3E é a melhoria da eficiência energética dos edifícios em Portugal. Foi estabelecido um conjunto de atividades estratégicas a fim de moderar a

tendência atual do crescimento do consumo de energia nos edifícios e o nível das emissões dos Gases de Efeito Estufa.

2.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS

Está se tornando cada vez mais claro que a eficiência energética deve ser central nas políticas de energia ao redor do mundo, visto que eficiência energética é uma forma de gerir e restringir o crescimento no consumo de energia. Segundo a IEA(2016), todos os fundamentos da política energética, como redução do consumo energético, diminuição dos gases do efeito estufa e poluição do ar, segurança energética e acesso à energia, são feitas com maior eficácia se liderados por uma forte política de eficiência energética. Enquanto o mundo faz a transição para a energia limpa, a eficiência pode fazer a transição para ser mais econômica, rápida e benéfica em todos os setores da economia.

O conceito de eficiência energética pode ser definido como a otimização dos consumos de energia através da implementação de estratégias e medidas para reduzir o desperdício de energia, na produção, transporte e utilização final. Para atingir este fim é necessário recorrer a materiais e métodos de construção inovadores e com elevados desempenhos térmicos, equipamentos mais eficientes, sistemas de gestão centralizada de energia, utilização de sistemas de produção de energia elétrica centralizada e/ou descentralizada com base em energias renováveis, bem como novos e melhores métodos de conversão, transporte e armazenamento de energia. (CORREIA, 2015, p. 9).

Sendo que as edificações são responsáveis por grande parte do consumo da energia produzida mundialmente, para obter a eficiência energética nas edificações deve ser considerado o clima, ocupação, forma e posicionamento da construção como aspectos importantes na concepção do projeto, utilizando sistemas artificiais apenas de maneira complementar. Segundo Beraldo (2006), a edificação mais eficiente será aquela que conseguir atingir ou as condições de conforto térmico e luminoso, apresentando necessidades mínimas energéticas de aquecimento e refrigeração, utilizando-se apenas do seu desenho, das técnicas construtivas e dos materiais. Através de estudos é possível levantar dados sobre de quais estratégias deveriam ser exploradas para obter o adequado aproveitamento das condições bioclimáticas, com o intuito de promover maior conforto aos usuários e obter maior economia, de operação e manutenção do edifício.

A arquitetura bioclimática defende diretrizes de projeto que orientam a concepção do edifício considerando as condições climáticas locais voltadas para o conforto ambiental e a eficiência energética nas edificações. Essas diretrizes abrangem questões relacionadas a orientação da edificação (ventos e incidência solar), sombreamento das aberturas e técnicas construtivas. (BRASIL, 2016a).

Os projetos das edificações devem ser pensados de forma a obter maior eficiência energética, usando equipamentos com tecnologias avançadas, com alterações em características construtivas da edificação, proteções solares, aberturas para ventilação, entre outros. Depois de construídas, as alterações físicas nos edifícios se tornam mais desafiadoras, porém com manutenções periódicas nos equipamentos, alterações de hábitos de consumo de energia e algumas reformas restritas ainda podem trazer benefícios de qualidade, eficiência energética e econômica aos edifícios.

Os desafios para construção de edifícios visando a sua eficiência decorrem de princípios básicos que devem ser respeitados, dentre eles estão:

- a) a envoltória e a superfície ocupada pela edificação são fundamentais para o seu ciclo de vida, adaptabilidade e eficiência energética;
- b) melhoria das características construtivas, com o uso de materiais construção de qualidade e melhor isolamento;
- c) é necessário procurar meios de otimizar a eficiência dos sistemas de iluminação, condicionamento de ar e utilizar energias renováveis.

O uso eficiente da energia e a utilização de fontes de energia renováveis nos edifícios são as soluções principais para enfrentar o problema do consumo energético, mas dependem muito do envolvimento direto e ativo dos consumidores. No entanto, são necessários investimentos para que as informações referentes ao consumo energético, tecnologias e equipamentos com melhor desempenho energético cheguem até os *stakeholders*.

De forma a substituir o consumo de energia fóssil por energias renováveis, existem agora facilidades no acesso a tecnologias de geração de energia elétrica e de aquecimento solar de águas quentes sanitárias. O Brasil, assim como Portugal, possui muita exposição solar ao longo do ano, sendo possível assegurar grande parte da necessidade energética dos edifícios.

Nos edifícios comerciais, a iluminação artificial é essencial para o funcionamento dos edifícios. Segundo o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e a Eletrobrás (BRASIL, 2016c), em locais distantes da fachada e horários em que a luz natural não atinge os níveis de iluminação adequada, a iluminação artificial ainda é necessária para garantir os níveis corretos de iluminação dentro dos ambientes e permitir o desempenho das tarefas dos usuários em condições de conforto. Entretanto, os sistemas de iluminação consome eletricidade pela iluminação artificial e gera carga térmica, onde essa carga deve ser retirada do ambiente pelo sistema de condicionamento de ar, influenciando no aumento do consumo geral da edificação. Assim, um edifício com sistema eficiente de iluminação admite níveis adequados de iluminância com o menor consumo, implementando simples ações como aproveitamento de luz natural, uso de lâmpadas, reatores e luminárias eficientes, como por

exemplo, a troca de lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes que usam menos energia para produzir a mesma quantidade de luz, e utilização de dispositivos para o controle da iluminação.

No caso da climatização dos edifícios comerciais, frequentemente são utilizados sistemas de climatização artificial, sendo este o maior consumo desse tipo de edificação. Apesar de que no Brasil normalmente os sistemas são usados para retirar o excesso de calor dos ambientes, em Portugal que tem o inverno mais evidente a climatização é focada para o aquecimento também. Segundo Goulart (2007), para garantir o conforto térmico dos usuários através dos sistemas de climatização é necessária a estanqueidade dos ambientes para evitar a infiltração do ar exterior, optar por aparelhos mais eficientes, utilizar isolamento térmico nos fechamentos, adoção de vidros duplos nas aberturas e também construindo paredes com baixa condutividade térmica. No caso de edifícios com vários ambientes a serem condicionados, é sugerido à adoção de sistemas de aquecimento central.

De acordo com o Manual de Prédios Eficientes em Energia Elétrica (PROCEL/ELETRONBRAS/IBAM, 2002), referente à climatização, em termos de decisões de projetos a escolha deve recair sobre:

- a) O estudo da volumetria da edificação: quanto mais compacta a zona climatizada, tanto menores serão suas superfícies de troca com o exterior, tanto mais eficiente energeticamente será o condicionamento mecânico do ar;
- b) A proteção do envelope construtivo quanto à incidência de raios solares no caso dos climas quentes, seu uso cuidadoso nos de clima frio e o isolamento constante de vidro e fachadas opacas quanto à perda de temperatura, pela troca de temperatura exterior. Ou seja, sombreamento externo, isolamentos de fachadas e coberturas, escolha cuidadosa da orientação das aberturas;
- c) Uma vez protegidas, e dependendo do uso específico, as fachadas devem se projetadas como captadoras de luz natural em quantidade suficiente para uma boa penetração nos ambientes limítrofes;
- d) Esta decisão, associada a um projeto de interiores que veja cores claras para o teto e as paredes, permitirá um maior aproveitamento interno da fonte natural de iluminação, permitindo que o sistema artificial de iluminação possa ser projetado em circuitos paralelos à fachada e proporcionando uma manipulação energeticamente eficiente por parte do usuário.

2.4 CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS

As preocupações com os impactos ambientais relacionados com os edifícios têm aumentado ao longo dos últimos anos, sendo viável o crescimento da implementação da construção sustentável e o desenvolvimento de metodologias de avaliação da sustentabilidade para analisar a eficiência dos edifícios. Segundo Ganhão (2011), a função da avaliação da sustentabilidade é reunir indicadores que servirão de base aos processos de decisão que decorrem durante as diversas fases do ciclo de vida de um edifício.

As metodologias de certificação da sustentabilidade são compostas por categorias e indicadores que permitem fazer a avaliação e ponderação de cada ponto que se considera relevante para a avaliação da

sustentabilidade da construção dos edifícios, como aspectos construtivos, climáticos e ambientais. Segundo Vieira e Barros Filho (2009), as edificações são analisadas por meio de *checklists*, metodologias de cálculo e *softwares* específicos para adquirir informações gerais da edificação, tais como: projeto, local, orientação e configuração, energia e atmosfera, materiais e recursos, fachadas dos edifícios, ventilação, água, iluminação, sistemas mecânicos, qualidade ambiental interna, dentre outras. Depois dos dados serem recolhidos, tratados e sistematizados, é possível obter uma classificação final para o desempenho do edifício.

Nesse contexto, a certificação de eficiência energética de uma edificação, inclui-se na avaliação sustentável. Utilizar a certificação energética é consideravelmente proveitoso no ponto de vista do desenvolvimento dos projetos de edifícios com melhores níveis de desempenho energético, através da análise de materiais, processos e sistemas, que proporciona ao usuário a obtenção de conforto satisfatório com menor consumo energético e com a diminuição do impacto ambiental.

Muitos países já utilizam medidas relacionadas com a preservação do ambiente e a sustentabilidade na construção através de organismos não governamentais, bem como com normas e legislação própria. Atualmente existem vários sistemas de certificação energética como o Breeam (UK), o Leed (USA), o Casbee (Japão), o Nabers (Austrália), entre outros. Estes sistemas apresentam diferenças entre si, sendo cada um mais adaptado às condições do seu país de origem.

2.4.1 Brasil - Enquadramento

Em 30 de dezembro de 1985, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) juntamente com o Ministério de Minas e Energia e da Indústria e Comércio, criou o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) com a finalidade de contribuir para a racionalização de energia no seu uso no Brasil e o combate do desperdício. O PROCEL deu início ao desenvolvimento do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), que tem como objetivo informar os consumidores sobre a eficiência energética de produtos e serviços incentivando o consumo eficiente. Em 18 de julho de 1991, o PROCEL foi transformado em Programa de Governo tendo suas responsabilidades ampliadas. O Selo Procel de Economia de Energia foi instituído por meio de decreto em 1993, com o objetivo de orientar o consumidor na escolha de produtos e estimular fabricantes para que comercializem aparelhos energeticamente mais eficientes. Segundo o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e a Eletrobrás (BRASIL, 2016c), por meio das ações do programa em sua área de atuação, desde sua criação até 2015 o PROCEL já contribuiu para economia de mais de 80 bilhões de kWh de energia elétrica. Somente em 2015, a Eletrobrás (2016) afirma que o programa colaborou para uma economia de 11,7 bilhões de quilowatts-hora (kWh).

CAPÍTULO 2

A Lei 10.295 (BRASIL, 2001), conhecida como Lei da Eficiência Energética, dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia visa a alocação eficiente de recursos energéticos e a preservação do meio ambiente. Essa Lei, dentre outras medidas, estabelece os níveis máximos do consumo de energia e mínimos de eficiência energética de produtos fabricados ou comercializados no Brasil e determina que o Poder Executivo é responsável por desenvolver mecanismos que promovam a eficiência energética nas edificações construídas no país. De acordo com o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e a Eletrobrás (BRASIL, 2016c), a etiquetagem e a fiscalização dos edifícios foram definidas como métodos de avaliação da conformidade para classificação do nível de eficiência energética após a publicação da Lei 10.295.

A partir do Selo Procel para equipamentos, foi instituído, em 2003, o Procel Edifica (Plano de Ação para Eficiência Energética em Edificações) que tem o objetivo de construir os princípios necessários para racionalizar o consumo de energia nas edificações no Brasil e obter classificação do nível energético dessas edificações, através de projetos de pesquisa e estímulo à aplicação de conceitos de eficiência energética. As soluções eficientes devem ser providas desde a fase do projeto arquitetônico, passando pela construção, até a utilização final. Segundo Lamberts *et al.* (2006), o Procel Edifica possui seis vertentes de ação: arquitetura bioclimática, parâmetros de referência inovadores e eficientes para serem adotados pelas edificações, certificação da eficiência energética de materiais e equipamentos, regulamentação e legislação, remoção de barreiras em direção ao desenvolvimento e investimento para conservação de energia e, por fim, educação.

O Procel Edifica em parceria com o Programa Brasileiro de Etiquetagem (Eletrobrás e INMETRO) desenvolveu a avaliação que promove a etiquetagem da classificação do nível de eficiência energética das edificações, resultando no Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica). Essa etiquetagem é uma Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). A Etiqueta PBE Edifica indica o atendimento quanto requisitos de desempenho estabelecidos em normas e regulamentos técnicos (RTQ's). Segundo o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e a Eletrobrás (BRASIL, 2016c), edificações que disponibilizam da etiqueta do PBE Edifica possuem as informações do nível de eficiência energética e o potencial de economia da edificação na etapa do projeto ou da edificação construída, se tornando uma ferramenta importante de comparação para os consumidores na hora de comprar um imóvel.

Segundo Ludvich (2015), os benefícios do PBE Edifica são:

- a) Conscientização e controle do consumo de energia;
- b) Classificação mais alta de níveis de eficiência energética das edificações;
- c) Economia nos custos com energia elétrica;

- d) Conforto térmico aos ocupantes;
- e) Valorização do empreendimento;
- f) Incentivos financeiros como redução da taxa de juros e prazo de pagamento diferenciado financiado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

Segundo Plano Nacional de Eficiência Energética do Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2011), a obrigatoriedade do processo de etiquetagem de edifícios deverá ser aplicada para edificações públicas até 2020, comerciais e de serviços até 2025 e residenciais até 2030. Para as edificações públicas federais a etiquetagem de edificações já é compulsória para novas construções e reformas. No Brasil, 25 prédios públicos possuem a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). De acordo com o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e a Eletrobrás (BRASIL, 2016c), estudos observaram que a etiquetagem de edifícios resulta em ganhos de consumo de até 50%, no caso de edificações novas, e de até 30%, para as edificações existentes reformadas.

2.4.2 Portugal – Enquadramento

Em Portugal, nos anos de 1980, de acordo com Beraldo (2006), o conceito de um regulamento energético de edifícios ocorreu como uma iniciativa para elaborar um regulamento específico para adquirir a avaliação termoenergética das construções, levando em conta a condição climática do país, sua tradição construtiva e o tipo de edificação. Ao longo dos anos houve uma evolução legislativa nacional onde foram criados regulamentos, métodos, instrumentos e sistemas para o avanço da eficiência energética em edifícios (Figura 2.4).

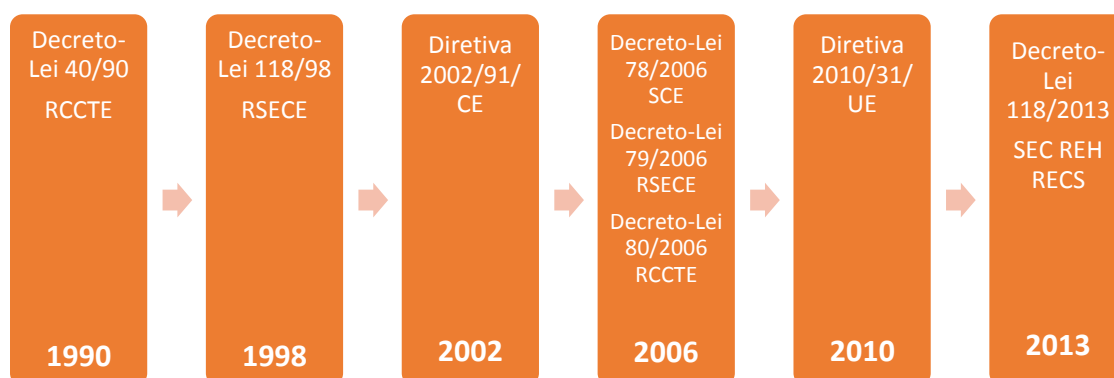


Figura 2.4 – Evolução legislativa no âmbito dos edifícios em Portugal

Em 4 de Janeiro de 2003, foi publicada a Diretiva 2002/91/CE (PARLAMENTO EUROPEU; CONSELHO EUROPEU, 2002). Nesse documento são definidas as linhas orientadoras para a implantação do processo de melhoria do desempenho energético de edifícios (EPDB) em cada um dos Estados Membros da União

CAPÍTULO 2

Europeia. Esse documento tem como âmbito promover a utilização eficiente de energia dos edifícios tendo atenção às condições climáticas, atendendo as exigências de conforto dos usuários nos edifícios e satisfazendo os critérios de rentabilidade econômica. Além dos outros requisitos, a EPDB mandata os Estados Membros a aplicar o sistema de Certificação Energética aos seus edifícios. Os requisitos estabelecidos pela norma são:

- a) enquadramento geral para uma metodologia de cálculo do desempenho energético integrado dos edifícios;
- b) aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos novos edifícios;
- c) aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos grandes edifícios existentes que sejam sujeitos a obras de renovação importantes;
- d) certificação Energética de Edifícios;
- e) inspeção regular de caldeiras e de instalações de ar condicionado nos edifícios;
- f) formação e aprovação de peritos.

A Diretiva 2002/91/CE (EPDB) (PARLAMENTO EUROPEU; CONSELHO EUROPEU, 2002) foi transposta em 2006 para a legislação portuguesa através de três Decretos-Lei (PORTUGAL, 2006):

- a) Decreto-Lei 78/2006 – Cria o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), supervisionado pela DGEG (Direção-Geral de Energia e Geologia) e gerido pela ADENE (Agência para a Energia), que assegura:
 - Melhoria do desempenho energético e da qualidade do ar interior dos edifícios de acordo com os requisitos contidos no Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e no Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE);
 - Certificação o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios.
- b) Decreto-Lei 79/2006 – Versão revista do RSECE (Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios) que se aplica a grandes edifícios de serviços ou a pequenos edifícios de serviços ou de habitação que disponham de sistemas de climatização;
- c) Decreto-Lei 80/2006 – Versão revista do RCCTE (Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios) que se aplica a edifícios de habitação ou a pequenos edifícios de serviços sem sistemas de climatização.

Segundo a ADENE (2016), a Diretiva 2002/91/CE (PARLAMENTO EUROPEU; CONSELHO EUROPEU, 2002) foi reformulada em 2010 como a Diretiva 2010/31/CE (PARLAMENTO EUROPEU; CONSELHO EUROPEU,

2010). Essa nova Diretiva relativa ao desempenho energético (EPDB) traz um conjunto de novos desafios, parte deles alavancados com o Certificado Energético. Seguindo o procedimento habitual, a Diretiva 2010/31/EU (PARLAMENTO EUROPEU; CONSELHO EUROPEU, 2010) foi transposta para a legislação nacional, pelo Decreto-Lei 118/2013 (PORTUGAL, 2013a), atualmente em vigor, possibilitando o adequamento e melhoria da regulamentação anterior com base nas falhas verificadas ao longo da sua aplicação. Ainda assim, seguindo em conformidade com as legislações antecedentes, segundo Balbino (2014) o novo decreto continua a promoção da importância da eficiência energética e da utilização de fontes de energia renovável, destacando o aproveitamento do recurso solar, incentiva a utilização de sistemas ou soluções passivas nos edifícios, bem como a otimização do desempenho dos sistemas de climatização.

O Decreto-Lei 118/2013 (PORTUGAL, 2013a) inclui os seguintes documentos:

- a) Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE);
- b) Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e;
- c) Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS).

Esses regulamentos transpõem : Decreto-Lei n.º 78/2006 (Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios); Decreto-Lei n.º 79/2006 (Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios – RSECE); e Decreto-Lei n.º 80/2006 (Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios – RCCTE).(PORTUGAL, 2006)

Segundo o Decreto-Lei 118/2013 (PORTUGAL, 2013a), a revisão da atualização da legislação nacional destaca em primeiro lugar as modificações estruturais e de sistematização. Os regulamentos impostos pela nova legislação são agregados em apenas um diploma visando à reorganização do conteúdo para obter harmonização e maior facilidade de interpretação do documento por parte dos destinatários da norma. No documento também se destaca a separação clara de regulamentos de desempenho energético específicos para cada tipo de edifício, o regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) passa a incidir exclusivamente sobre os edifícios de habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) sobre edifícios de comércio e serviços. Essa modificação facilita o tratamento técnico, avaliação dos edifícios e a gestão dos processos, ao mesmo tempo em que reconhece as especificidades de cada tipo de edifício naquilo que é mais significativo para a caracterização e progresso do desempenho energético.

Outra novidade que surge a partir do atual EPDB, é o conceito de edifício com necessidades quase nulas de energia (NZEB - Nearly Zero Energy Buildings), onde todos os edifícios novos deverão ser altamente eficientes e ter um balanço energético próximo do zero. O conceito já existe, mas vai passar a ser obrigatório a partir de 2020. Este padrão de edifícios investe na redução da demanda energética, na

maior extensão possível e suportada numa lógica de custo/benefício, com o abastecimento energético através do recurso a energia de origem renovável.

Segundo Florindo (2014), a partir dessas legislações, é determinado que todos os novos edifícios devem possuir um certificado energético onde o edifício ou fração (unidade mínima de um edifício, com saída própria para uma parte de uso comum ou para a via pública, independentemente da constituição de propriedade horizontal) é classificado em termos de classe de desempenho energético, também designada por etiqueta de eficiência energética. A certificação energética permite obter informação sobre os consumos de energia potenciais, no caso dos novos edifícios ou no caso de edifícios existentes sujeitos a grandes intervenções de reabilitação, dos seus consumos reais ou para padrões de utilização típicos. Os critérios de consumos e custos energéticos, durante o funcionamento do edifício, passam a integrar o conjunto dos demais aspectos importantes para a caracterização de um edifício.

Devido às legislações desde 2009 em Portugal para comercialização de edifícios e frações é obrigatório que estes possuam certificado de eficiência energética. Em 2013, com o Decreto-Lei 118/2013 (PORTUGAL, 2013a), os certificados passam a ser igualmente mandatórios anúncios de qualquer imóvel para aluguel ou venda, podendo o interessado verificar a qualidade da eficiência energética, do ar interior e as emissões de CO₂.

De acordo com o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética 2016 (PNAEE) (PORTUGAL, 2013c), o progresso verificado na eficiência energética dos edifícios equivale da continuidade na emissão de certificados energéticos e declarações de conformidade regulamentar no SCE e uma reavaliação da poupança energética por edifício. Até 2010 a economia de energia primária foi de 81.170 tep (toneladas equivalentes de petróleo) em edifícios residenciais e de serviços graças a esse sistema de eficiência energética nos edifícios, o que representa 50% da meta estabelecida de poupança energética para 2016.

Por fim, há várias vantagens do surgimento e introdução do Certificado Energético (CE) em Portugal, dentre elas estão o desenvolvimento da eficiência energética dos edifícios, desenvolvimento econômico nacional, promoção imobiliária, benefícios fiscais e redução de gases de efeito estufa no país.

3 MATERIAIS, REGULAMENTOS E MÉTODOS PARA CERTIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS – BRASIL E PORTUGAL

A partir deste capítulo é apresentado o descritivo dos materiais, regulamentos e métodos operacionais, relacionados aos aspectos de eficiência energética de edifícios comerciais do Brasil e de Portugal, que foram aplicados no desenvolvimento deste trabalho.

Foram especificadas as preliminares relacionadas às certificações de cada país, PBE Edifica e Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior.

A análise do processo de certificação de edifícios comerciais, contemplou as características das etiquetagens, contextualização do processo de regulamentação e seus requisitos mandatórios e o estudo da metodologia simplificada de cálculo adotada. As informações foram extraídas das legislações de cada certificação.

Foram utilizados como referencia as Portarias nº 372/2010, nº 17/2012 e nº 299/2013, referente ao Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C) (BRASIL, 2010) para a avaliação brasileira e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) disposto na Portaria n.º 349-D/2013 (PORTUGAL, 2013b) para avaliação portuguesa, entres outras legislações de apoio.

3.1 PBE EDIFICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS - BRASIL

A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) de edifícios comerciais é obtida por meio de mecanismos de avaliação da edificação a partir dos requisitos encontrados no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C), e segundo as regras determinadas nos Requisitos para avaliação da Conformidade (RAC) e suas portarias complementares.

O Regulamento Técnico especifica os requisitos necessários para a avaliação, traz as equações para os cálculos de eficiência energética, assim como os métodos para a classificação do edifício.

O RTQ-C define edifício comercial e de serviço como sendo aquele que não tem o uso residencial ou industrial. No caso de edifícios de atividade mista (residencial e comercial) é possível classificar a eficiência da parte comercial da edificação contanto que esta área seja superior a 500 m² ou com tensão de abastecimento superior ou igual a 2,3 kW.

De acordo com o RTQ-C, para obter a etiqueta certificadora, o procedimento se divide na avaliação e determinação da eficiência energética de três categorias:

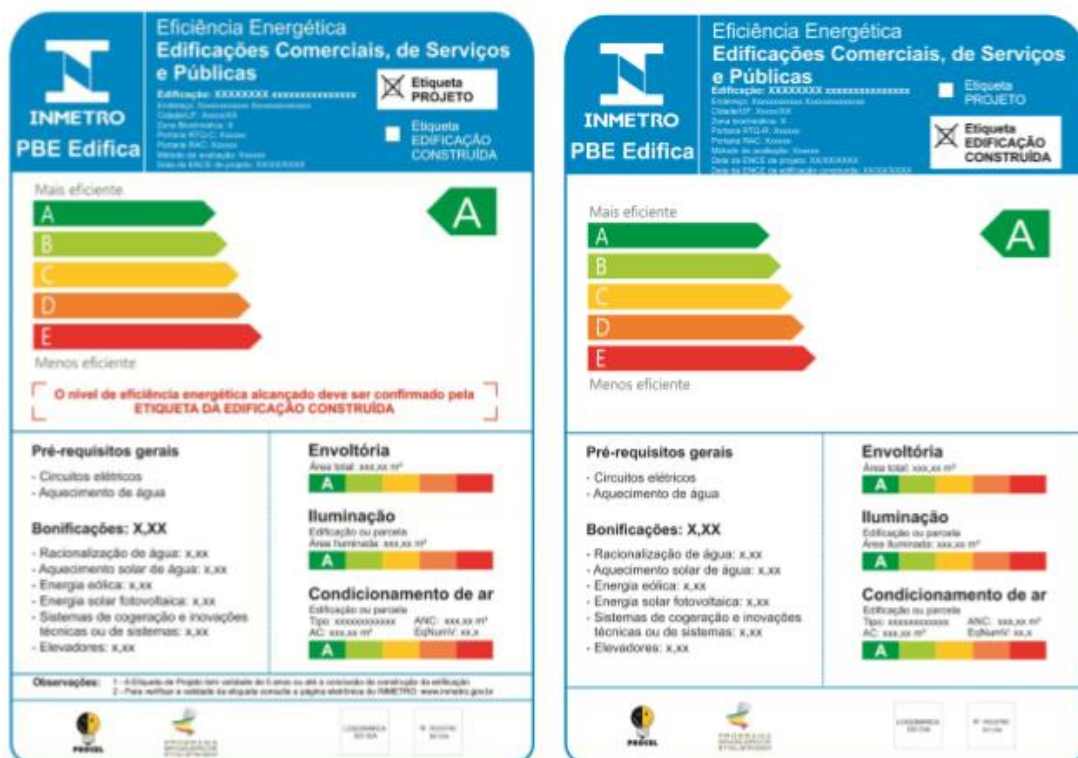
- a) Envoltória - Planos externos da edificação, compostos por fachadas, empenas, cobertura, brises, marquises, aberturas, assim como quaisquer elementos que os compõem;
- b) Sistema de iluminação;
- c) Sistema de condicionamento de ar.

O nível de eficiência dos sistemas varia de **A** (mais eficiente) a **E** (menos eficiente). A pontuação segue um sistema de pré-requisitos juntamente com uma avaliação numérica de eficiência energética de cada categoria (EqNum) (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 - Níveis de eficiência energética definidos no RQT-C (BRASIL, 2010)

Nível de Eficiência	EqNum
A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

Segundo o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e a Eletrobrás (BRASIL, 2016c), para edifícios novos, a etiquetagem contempla duas etapas, nas quais são emitidas a Etiqueta de Projeto e a Etiqueta do Edifício Construído. A etiqueta de projeto é válida até a conclusão da construção ou no máximo até cinco anos. Após esse prazo, o edifício deve se submeter a uma nova inspeção na sua fase construída, para poder emitir sua etiqueta final, de edifício construído. Já para edificações existentes, é emitida somente a etiqueta da edificação construída (Figura 3.1).



a) Etiqueta Projeto

(b) Etiqueta Edificação Construída

Figura 3.1 - Etiqueta de eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas (BRASIL, 2016c).

A etiqueta PBE Edifica de edifícios comerciais contém a classificação geral de eficiência energética do edifício, as categorias avaliadas e suas respectivas classificações parciais, os pré-requisitos gerais para obter avaliação do edifício e a pontuação de bonificação. A ENCE pode ser fornecida tanto para classificação geral (ENCE Geral) do edifício quanto para classificação parcial dos sistemas (ENCE Parcial). A ENCE Parcial fornecida para os edifícios pode demonstrar a avaliação dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar realizado para apenas uma parcela do edifício, mas a edificação não receberá uma etiqueta que indica o desempenho do seu conjunto de sistemas, apenas do sistema avaliado isoladamente.

3.1.1 Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C)

O Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C), determina que o cálculo do desempenho dos sistemas de Envoltória, Iluminação e de Condicionamento de Ar, em conjunto com as bonificações, devem ser inseridos na

equação de classificação geral do nível de eficiência do edifício, com o objetivo de definir a pontuação total alcançada pela edificação (Equação 3.1).

$$PT = \text{PesoEnv} \left\{ \left(\text{EqNumEnv} \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 0,5 + \frac{ANC}{AU} \cdot \text{EqNumV} \right) \right\} + \text{PesoIllum}(\text{EqnumDPI} + \text{PesoCA} \left\{ \left(\text{EqNumCA} \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 0,5 + \frac{ANC}{AU} \cdot \text{EqNumV} \right) \right\} + b_0^1 \quad (3.1)$$

sendo:

PT - Pontuação Total alcançada pelo edifício;

EqNumEnv - Equivalente numérico da envoltória;

EqNumDPI - Equivalente numérico do sistema de iluminação, identificado pela sigla DPI, de Densidade de Potência de Iluminação;

EqNumCA - Equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;

EqNumV - Equivalente numérico de ambientes do conforto dos ambientes não condicionados artificialmente;

APT - Área útil dos ambientes de permanência transitória;

ANC - Área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada;

AC - Área útil dos ambientes condicionados;

AU - Área útil;

b- Pontuação obtida pelas bonificações, que varia de zero a 1;

PesoEnv - Peso do sistema da envoltória (0,30);

PesoIllum - Peso do sistema de iluminação (0,30);

PesoCA- Peso do sistema de condicionamento de ar (0,40);

5 - Equivalente numérico ao nível de eficiência A.

Para cada sistema parcial é atribuído um peso:

- a) Envoltória = 30%
- b) Sistemas de Iluminação = 30%
- c) Sistemas de Condicionamento de Ar = 40%
- d) Bonificações – Pontuação complementar obtida por iniciativas que influenciam na eficiência energética do edifício (até 1 ponto).

As classificações finais e individuais de cada sistema são apresentadas na ENCE, derivadas do resultado obtido da Pontuação Total do edifício sendo possível verificar o nível de eficiência global da edificação, demonstrado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Classificação Geral (Adaptado do RTQ-C) (BRASIL, 2010)

PT	Classificação Final
≥4,5 a 5	A
≥3,5 a <4,5	B
≥2,5 a <3,5	C
≥1,5 a <2,5	D
<1,5	E

3.1.1.1 Métodos para determinação do desempenho energético

A fim de executar a inspeção dos edifícios comerciais e a etiquetagem de eficiência energética dos edifícios, são encontrados no RTQ-C dois métodos que podem ser utilizados na fase de projeto: o método prescritivo ou de simulação:

- a) **Método Prescritivo** – o método prescritivo utiliza equações, tabelas e parâmetros limites para avaliação da edificação, conforme o nível de eficiência energética, válido apenas para edifícios condicionados;
- b) **Método de Simulação** – o método de simulação aproveita de edifícios de referência com o nível de desempenho desejado para fazer comparação junto ao edifício avaliado, utilizando metodologias e programas computacionais (validado pela ASHRAE Standard 140) como suporte para simulações. Essa metodologia é válida para edifícios condicionados e não condicionados.

Para edificações comerciais construídas a avaliação deve ser feita através da inspeção amostral *in loco*.

A classificação geral pode ser obtida após a avaliação das categorias parciais utilizando uma das combinações dos métodos, como demonstra a Tabela 3.3.

Tabela 3.3- Combinações de métodos de avaliação para obtenção da classificação geral (Adaptado do RTQ-C) (BRASIL, 2010)

Envoltória	Sistema de Iluminação	Sistema de Condicionamento de Ar	Ventilação Natural
Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método Simulação
Método Simulação	Método Simulação	Método Simulação	Método Simulação
Método Simulação	Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método Simulação

3.1.1.2 Pré-requisitos e procedimentos para determinação da eficiência energética

Nesta seção são apresentadas as metodologias para avaliação de um edifício comercial, seus requisitos e regulamentações utilizadas na determinação eficiência energética de forma resumida para fins de compreensão, utilizando informações principalmente focadas na classificação máxima do nível de eficiência energética do edifício (nível A).

Esta seção é dividida em seções referentes aos sistemas que fazem parte da avaliação para adquirir Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), PBE Edifica.

3.1.1.2.1 Pré-requisitos gerais

Com o propósito de obter a classificação dos edifícios comerciais na etiquetagem de eficiência energética, além dos pré-requisitos específicos de cada sistema, é necessário que ele satisfaça os seguintes pré-requisitos gerais:

- a) **Circuitos Elétricos** – a edificação deve possuir circuito elétrico separado por uso final ou possuir instalado equipamento que possibilite medição por uso final. Segundo a ABNT NBR 5410 (ABNT, 2004), os circuitos terminais devem ser individualizados pela função dos equipamentos de utilização que alimentam, no caso os circuitos devem ser separados por uso: iluminação, sistemas de condicionamentos, entre outros;
- b) **Aquecimento de Água** – edificações que possuem elevada demanda de água quente, representando um consumo de 10% ou maior de energia do edifício, devem apresentar estimativa dessa demanda. Para atingir o nível A é necessário que a edificação comprove que toda a sua demanda de água quente é atendida por um ou mais dos sistemas a seguir: Sistema de Aquecimento Solar, Aquecedores a Gás do tipo Instantâneo, Sistemas de aquecimento de

água por Bombas de Calor e Caldeiras a Gás. Além disso, os sistemas devem atender as condições de isolamento das tubulações.

3.1.1.2.2 Bonificações

Edificações que utilizam iniciativas para aumentar a eficiência energética poderão receber até um ponto na classificação geral desde que essas iniciativas sejam justificadas e haja economia de energia. A combinação entre as iniciativas, que sejam menores que os mínimos exigidos, também pode ser feita a fim de alcançar os percentuais exigidos para a obtenção da bonificação. Dentre essas iniciativas estão:

- a) Sistemas e equipamentos que racionalizem o uso de água;
- b) Sistemas ou fontes renováveis de energia;
- c) Sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas;
- d) Edifícios com elevadores que atingirem o nível A.

3.1.1.2.3 Envoltória

Na RTQ-C, a envoltória da edificação é avaliada de acordo com sua Zona Bioclimática. O Brasil é dividido em oito Zonas Bioclimáticas de acordo com NBR 15220, cada uma com suas características específicas (Figura 3.2).

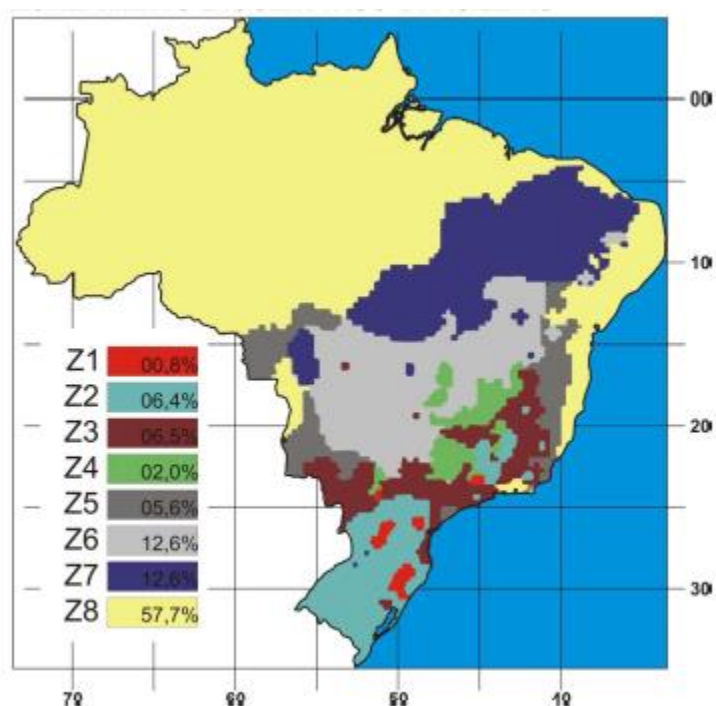


Figura 3.2 – Zoneamento bioclimático brasileiro (ABNT,2003)

Além disso, a classificação da envoltória é feita a partir da determinação de um conjunto de índices referentes às características físicas da edificação.

Para a classificação da eficiência da envoltória, a transmitância térmica¹ não deve ultrapassar os limites para cobertura e paredes externas, de acordo com sua Zona Bioclimática. Para que a avaliação alcance o nível **A** na etiquetagem é necessário respeitar os limites e utilizar materiais na envoltória que possuem o mínimo de transmitância térmica dependendo da sua zona.

Nas Figuras 3.3 e 3.4 são apresentados exemplos de paredes que atendem o especificado.

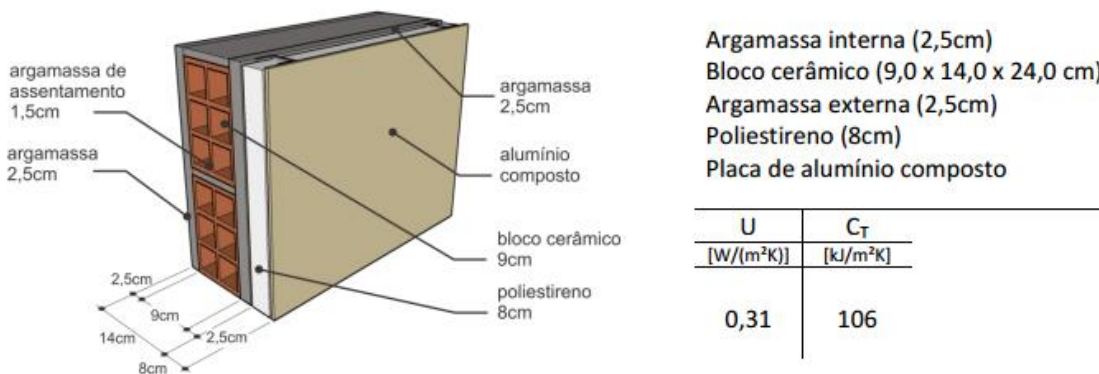


Figura 3.3 - Argamassa interna e externa, bloco cerâmico, poliestireno e placa de alumínio composto (BRASIL, 2013)

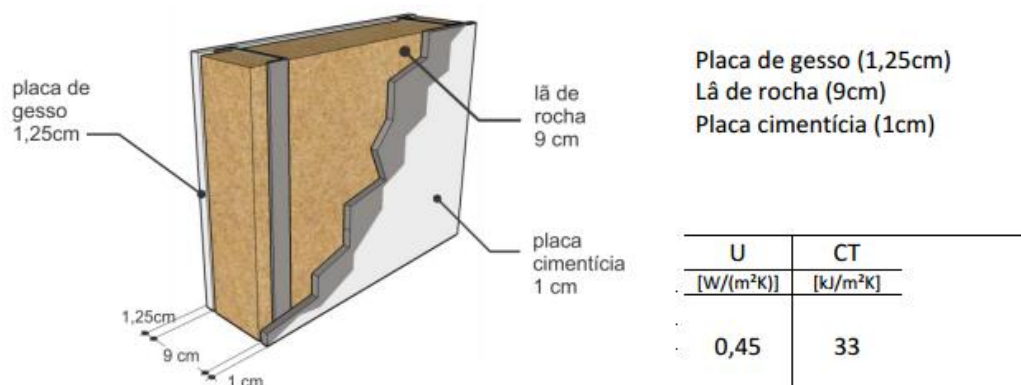
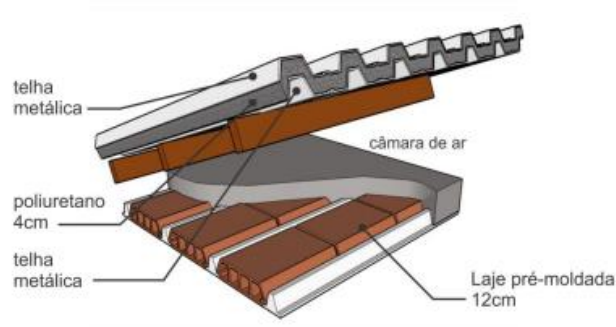


Figura 3.4 - Placa de gesso, lâ de rocha e placa cimentícia (BRASIL, 2013)

¹ Transmitância térmica é uma medida de fluxo de calor, U (W/m²K), transferido por meio dos materiais de construção do edifício. Denomina-se Transmitância Térmica de um corpo ao inverso de sua resistência.

Para as coberturas, podem ser contemplados os sistemas ilustrados nas Figuras 3.5 e 3.6.

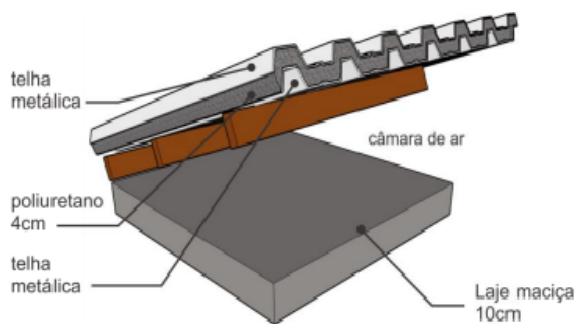


Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + EPS 7cm + argamassa 1cm)
 Câmara de ar (> 5,0 cm)
 Telha metálica* 0,1cm
 Poliuretano 4,0cm
 Telha metálica* 0,1cm

* A transmitância térmica independe se a telha tem formato trapezoidal ou ondulada

U	C _T
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]
0,53	176

Figura 3.5 - Laje pré-moldada, câmara de ar, telha metálica e poliuretano (BRASIL, 2013)



Laje maciça 10,0cm
 Câmara de ar (> 5,0 cm)
 Telha metálica* 0,1cm
 Poliuretano 4,0cm
 Telha metálica* 0,1cm

* A transmitância térmica independe se a telha tem formato trapezoidal ou ondulada

U	C _T
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]
0,55	230

Figura 3.6 - Laje maciça, câmara de ar, telha metálica e poliuretano (BRASIL, 2013)

Outro aspecto a ser observado diz respeito às cores e absorvância² (α) de superfícies. Para determinadas zonas climáticas, a absorvância deve ser baixa para:

- materiais de revestimento externo de paredes;
- cor das coberturas, telhas cerâmicas não esmaltadas, teto jardim ou reservatórios de água.

Na Tabela 3.4 são apresentadas as absorvâncias de diferentes tipos de superfícies.

² Absorvância é definida como o quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre a mesma superfície.

Tabela 3.4 - Absortância de diferentes superfícies, para radiação solar baixa $\alpha < 0,50$ do espectro solar (ondas curtas) (Adaptado da ABNT, 2003)

Tipo de superfície		A
Chapa de alumínio (nova e brilhante)		0,05
Chapa de alumínio (oxidada)		0,15
Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante)		0,25
Caiação nova		0,12 / 0,15
Reboco claro		0,30 / 0,50
Vidro incolor		0,06 / 0,25
Vidro colorido		0,40 / 0,80
Vidro metalizado		0,35 / 0,80
Pintura	Branca	0,20
	Amarela	0,30
	Verde Clara	0,40
	Alumínio	0,40

A Iluminação Zenital também é uma importante técnica considerada como requisito específico que utiliza pequenas e grandes aberturas criadas na cobertura de uma edificação como método de aproveitamento da luz natural no ambiente.

O Indicador de Consumo da Envoltória (IC_{env}) é calculado a partir de uma equação, que auxilia a determinação da classificação da eficiência da envoltória. Para que essa equação seja efetuada, são necessários definir os seguintes parâmetros:

- Fator Altura (FA) - Razão entre a área de projeção da cobertura e a área total construída;
- Fator Forma (FF) - Razão entre a área da envoltória e o volume total da edificação;
- Percentual de Abertura na Fachada (PAF)- Razão entre a soma das áreas de abertura envidraçada e área total de fachada da edificação;
- Ângulos de Sombreamento – Ângulos que definem a obstrução à radiação solar formada pela proteção solar nas aberturas.

Além disso, a formulação da equação e a determinação do Indicador de Consumo da Envoltória (IC_{env}) também dependem da Zona Bioclimática do edifício e da sua área de projeção.

O Indicador de Consumo da envoltória (IC_{env}) estabelecido deve ser comparado a uma escala numérica dividido em intervalos. Essa escala numérica define a classificação dos níveis de eficiência energética da envoltória, variando da classificação **A** (mais eficiente) até **E** (menos eficiente). Para que o edifício comercial alcance a classificação **A** é necessário que o Indicador de Consumo da envoltória (IC_{env}) seja baixo comparado aos números da escala numérica, já que quanto menor o indicador, mais eficiente será a envoltória da edificação.

3.1.1.2.4 Sistemas de iluminação

Precisam ser considerados os seguintes requisitos para alcançar a classificação da eficiência do sistema de iluminação:

- a) Divisão dos circuitos: Todos ambientes dos edifícios comerciais fechados devem possuir ao menos um dispositivo que controle manualmente o acionamento da iluminação interna do ambiente de forma independente;
- b) Contribuição da luz natural: Para obter o maior aproveitamento da luz natural vinda das aberturas voltadas para área externa, as luminárias próximas e paralelas às aberturas devem disponibilizar de um controle independente;
- c) Desligamento automático do sistema de iluminação: Quanto a ambientes maiores que 250 m² é indispensável que possuam um dispositivo de controle automático para desligamento da iluminação.

A determinação da eficiência energética do sistema de iluminação pode ser feita pelo **Método da Área do Edifício** ou pelo **Método das Atividades do Edifício**.

No **Método da Área do Edifício** é considerado o edifício como um todo, atribuindo-se apenas um valor limite para a análise do sistema de iluminação. São avaliados nesse método edificações que possuam somente três atividades principais ou que suas atividades ocupam mais de 30% da sua área. São determinadas a Densidade de Potência de Iluminação Limite (DPI_L) da principal atividade do edifício, relação limite entre o somatório da potência de lâmpadas e reatores e a área de um ambiente, para efeito de avaliação. Na Tabela 3.5 podem ser observadas as DPI_L para o alcance do nível **A** de eficiência energética.

Tabela 3.5 - Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) para o nível de eficiência A - Método da área do edifício (Adaptado do RTQ-C) (BRASIL, 2010)

Função do Edifício	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m ² (Nível A)
Academia	9,50
Armazém	7,10
Biblioteca	12,70
Bombeiros	7,60
Centro de Convenções	11,60
Cinema	8,90
Comércio	15,10
Correios	9,40
Venda e Locação de Veículos	8,80
Escola/Universidade	10,70
Escritório	9,70
Estádio de esportes	8,40
Garagem – Ed. Garagem	2,70
Ginásio	10,80
Hospedagem, Dormitório	6,60
Hospital	13,00
Hotel	10,80
Igreja/Templo	11,30
Restaurante	9,60
Restaurante: Bar/Lazer	10,70
Restaurante: <i>Fast-food</i>	9,70
Museu	11,40
Oficina	12,90
Penitenciária	10,40
Posto de Saúde/Clínica	9,40
Posto Policial	10,30
Prefeitura – Inst. Gov.	9,90
Teatro	15,00
Transportes	8,30
Tribunal	11,30

Com a Densidade de Potência de Iluminação Limite (DPI_L) determinada, é multiplicada a área iluminada no edifício pela DPI_L para encontrar a potência limite do edifício. Na hipótese do edifício apresentar até três atividades principais, a DPI_L de cada atividade deve ser multiplicada por sua área iluminada. A potência total de iluminação limite do edifício será a somatória da potência limite de cada atividade.

Para estabelecer o nível de eficiência do sistema de iluminação do edifício, é preciso comparar a potência total instalada e a potência total limite. Quanto menor a potência do sistema, maior a eficiência.

O **Método das Atividades do Edifício** avalia as todas as atividades existentes na edificação separadamente, e no fim é feita a somatória das suas Densidades de Potência de Iluminação (DPI) instaladas. Esse método é aplicado quando não for possível utilizar o método das áreas. Para classificação **A**, a Densidade de Potência de Iluminação Limite (DPI_L) pode ser determinada pela Tabela 3.6.

Tabela 3.6 - Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) para o nível A de eficiência– Método das atividades do edifício (Adaptado do RTQ-C) (BRASIL, 2010)

Ambientes/Atividades	Limite do Ambiente		DPIL Nível A (W/ m ²)
	K	RCR	
Armazém, Atacado			
Material pequeno/leve	0,80	6,00	10,20
Material médio/volumoso	1,20	4,00	5,00
Átrio - por metro de altura			
até 12,20 m de altura		-	0,30
acima de 12,20 m de altura		-	0,20
Auditórios e Anfiteatros			
Auditório	0,80	6,00	8,50
Centro de Convenções	1,20	4,00	8,80
Cinema	1,20	4,00	5,00
Teatro	0,60	8,00	26,20
Banco/Escritório - Área de atividades bancárias	0,80	6,00	14,90
Banheiros	0,60	8,00	5,00
Biblioteca			
Área de arquivamento	1,20	4,00	7,80

Ambientes/Atividades	Limite do Ambiente		DPIL Nível A (W/ m2)
	K	RCR	
Área de leitura	1,20	4,00	10,00
Área de estantes	1,20	4,00	18,40
Casa de Máquinas	0,80	6,00	6,00
Centro de Convenções - Espaço de exposições	1,20	6,00	15,60
Circulação	<2,4 m largura		7,10
Comércio			
Área de vendas	0,80	6,00	18,10
Pátio de área comercial	1,20	4,00	11,80
Provador	0,60	8,00	10,20
Cozinhas	0,80	6,00	10,70
Depósitos	0,80	6,00	5,00
Dormitórios – Alojamentos	0,60	8,00	4,10
Escadas	0,60	10,00	7,40
Escritório	0,60	8,00	11,90
Escritório – Planta livre	1,20	4,00	10,50
Garagem	1,20	4,00	2,00

Nos dois métodos, caso as atividades não estejam listadas nas tabelas, deverão ser consideradas as DPI_L das atividades semelhantes às existentes na edificação.

No método das atividades do edifício também pode se obter a avaliação do sistema de iluminação através do índice de ambiente (K) e o *Room Cavity Ratio* (RCR). Se o ambiente tiver o índice do ambiente (K) menor ou *Room Cavity Ratio* (RCR) for maior do que os limites definidos na Tabela 3, o ambiente pode aumentar 20% na DPI_L .

Assim como no método anterior, se estabelece o nível de eficiência do sistema de iluminação do edifício comparando a potência total instalada e a potência total limite, estabelecendo o EqNum (equivalente numérico) do sistema de iluminação. Ou seja, quanto menor a potência utilizada mais eficiente é o sistema, desde que garanta as condições necessárias de iluminação.

3.1.1.2.5 Sistemas de condicionamento de ar

O sistema de condicionamento de ar do edifício deve atender pré-requisitos relacionados ao isolamento térmico para dutos de ar e sistema com condicionamento de ar por aquecimento artificial

Em relação ao isolamento térmico para dutos de ar, para se conseguir a eficiência requisitada dos sistemas de aquecimento e refrigeração, é preciso que os sistemas possuam em suas tubulações isolamento térmico. As espessuras mínimas exigidas, para o nível **A** no ENCE podem ser observados nas Tabelas 3.7 e 3.8.

Tabela 3.7 - Espessura mínima (cm) de isolamento de tubulações para sistemas de aquecimento - as espessuras são baseadas apenas em considerações de eficiência energética (Adaptado do RTQ-C) (BRASIL, 2010)

Faixa de temperatura do fluido (°C)	Condutividade do isolamento		Diâmetro nominal da tubulação (mm)				
	Condutividade térmica (W/mK)	Temperatura de ensaio (°C)	< 25	25 a <40	40 a <100	100 a <200	≥ 200
T ≥ 177	0,046 a 0,049	121	6,4	7,6	7,6	10,2	10,2
122 < T < 177	0,042 a 0,046	93	3,8	6,4	7,6	7,6	7,6
94 < T < 121	0,039 a 0,043	66	3,8	3,8	5,1	5,1	5,1
61 < T < 93	0,036 a 0,042	52	2,5	2,5	2,5	3,8	3,8
41 < T < 60	0,032 a 0,040	38	1,3	1,3	2,5	2,5	2,5

Tabela 3.8 - Espessura mínima (cm) de isolamento de tubulações para sistemas de refrigeração - as espessuras são baseadas apenas em considerações de eficiência energética (Adaptado do RTQ-C) (BRASIL, 2010)

Faixa de temperatura do fluido (°C)	Condutividade do isolamento		Diâmetro nominal da tubulação (mm)				
	Condutividade térmica (W/mK)	Temperatura de ensaio (°C)	< 25	25 a <40	40 a <100	100 a <200	≥ 200
4 < T < 16	0,032 a 0,040	24	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5
T < 4	0,032 a 0,040	10	1,5	2,5	2,5	2,5	4

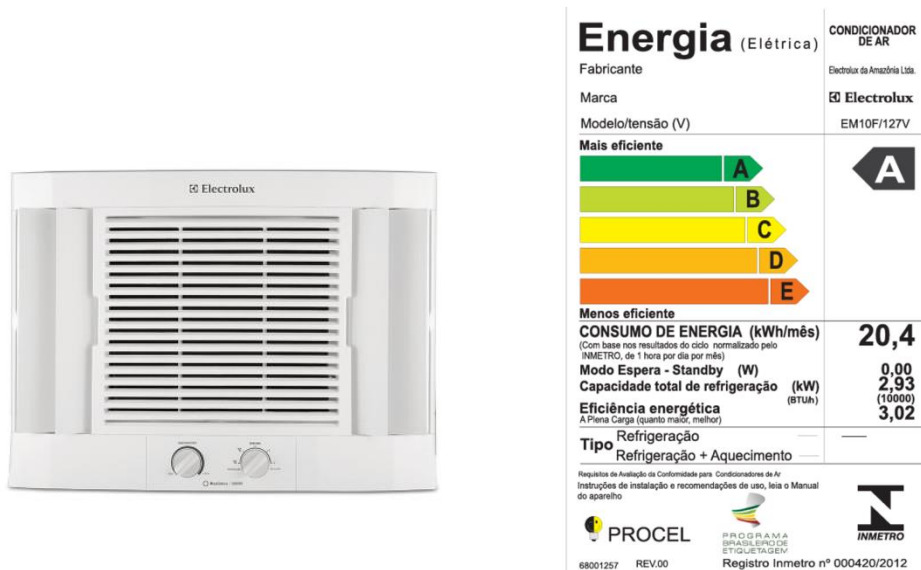
O sistema com condicionamento de ar por aquecimento artificial deve possuir as seguintes características:

- a) Por meio do método definido na norma AHRI 340/360, os sistemas com bombas de calor e sistemas unitários de condicionamento de ar com ciclo reverso devem possuir um Coeficiente de Performance (COP) para aquecimento maior ou igual a 3,0 W/W;
- b) Caldeiras a gás com eficiências mínimas encontradas no regulamento.

A classificação de eficiência energética é feita para condicionadores de ar etiquetados pelo PBE/INMETRO e condicionadores de ar não etiquetados pelo PBE/INMETRO.

Os sistemas de condicionamento de ar regulamentados pelo PBE/INMETRO são aqueles que possuem etiqueta de eficiência energética. Na etiqueta estão as informações de consumo médio do aparelho por mês e os consumidores podem obter o a classificação do nível de eficiência do produto a partir dela. Dentro das categorias de aparelhos condicionadores que dispõem das etiquetas destacam-se os de janela e os *splits*.

O coeficiente de eficiência energética (CEE) limite para Classe **A** dos condicionadores de janela varia com o tipo de condicionador de ar janela. Normalmente utilizam condicionadores de ar com CEE maior ou igual a 2,93 W/W (Figura 3.7).



a) Condicionador de ar janela

b) Etiqueta de eficiência energética

Figura 3.7 - Exemplo de condicionador de ar de janela eficiente e sua etiqueta de eficiência energética. (Electrolux, 2016)

Para obter classe **A** na etiquetagem, o condicionador de ar *split* deve ter coeficiente de eficiência energética (CEE) maior do que 3,23 W/W (Figura 3.8).



Figura 3.8 - Exemplo de condicionador de ar Split eficiente (Fijitsu-General, 2016)

A eficiência nível **A** do sistema é determinada através da etiqueta dos equipamentos utilizados no edifício e o atendimento dos pré-requisitos específicos.

Os sistemas de condicionamento de Ar não regulamentados pelo PBE/INMETRO são aqueles que não possuem etiqueta de eficiência energética, como os sistemas centrais de condicionamento de ar. A classificação do nível de eficiência desse sistema depende da verificação de um número de requisitos e não pode ser simplesmente obtida pela consulta da etiqueta dos equipamentos. Com o intuito de alcançar classificação máxima na avaliação, os edifícios que utilizam esse tipo de sistema devem adotar condicionadores de ar que respeitem os parâmetros mínimos de eficiência energética seguindo prescrições definidas no regulamento, como a utilização de sistemas exemplificados nas Tabelas 3.9 e 3.10.

Tabela 3.9 - Eficiência mínima de condicionadores de ar para classificação nos níveis A e B (Adaptado do RTQ-C) (BRASIL, 2010)

Tipo de equipamento	Capacidade	Tipo de aquecimento	Subcategoria ou condição de classificação	Eficiência mínima	Procedimento de teste
Condicionadores de ar resfriados a ar	≥ 19 kW e < 40 kW	Resistência elétrica	Split e unitário	3,28 COP 3,24 ICOP	AHRI 340/360
		Outros	Split e unitário	3,22 COP 3,28 ICOP	
	≥ 40 kW e < 70 kW	Resistência elétrica	Split e unitário	3,22 COP 3,28 ICOP	
		Outros	Split e unitário	3,16 COP 3,22 ICOP	

	≥ 70 kW e < 223 kW	Resistência elétrica	Split e unitário	2,93 COP 2,96 ICOP	
		Outros	Split e unitário	2,87 COP 2,90 ICOP	
	≥ 223 kW	Resistência elétrica	Split e unitário	2,84 COP 2,87 ICOP	
		Outros	Split e unitário	2,78 COP 2,81 ICOP	
Condicionadores de ar resfriados a água	<19 kW	Todos	Split e unitário	3,54 COP 3,60 ICOP	AHRI 210/240
	≥ 19 kW e < 40 kW	Resistência elétrica	Split e unitário	3,37 COP 3,43 ICOP	AHRI 340/360
		Outros	Split e unitário	3,31 COP 3,37 ICOP	
	≥ 40 kW e < 70 kW	Resistência elétrica	Split e unitário	3,22 COP 3,28 ICOP	
		Outros	Split e unitário	3,16 COP 3,22 ICOP	
	≥ 70 kW	Resistência elétrica	Split e unitário	3,22 COP 3,25 ICOP	
		Outros	Split e unitário	3,16 COP 3,19 ICOP	

Tabela 3.10 - Eficiência mínima de condicionadores de ar do tipo VRF que operam em refrigeração e aquecimento (ciclo reverso) para classificação no nível A (Adaptado do RTQ-C) (BRASIL, 2010)

Tipo de equipamento	Capacidade	Tipo de aquecimento	Subcategoria ou condição de classificação	Eficiência mínima	Procedimento de teste
Condicionadores de ar VRF com condensação a ar	< 19 kW	Todos	<i>Multi-split</i> VRF	3,81 SCOP	AHRI 1230
	≥ 19 kW e < 40 kW	Ausente ou Resistência elétrica	<i>Multi-split</i> VRF	3,22 COP 3,78 ICOP	
	≥ 19 kW e < 40 kW	Ausente ou Resistência elétrica	<i>Multi-split</i> VRF com refrigeração e aquecimento simultâneos	3,16 COP 3,72 ICOP	
	≥ 40 kW e < 70 kW	Ausente ou Resistência elétrica	<i>Multi-split</i> VRF	3,11 COP 3,60 ICOP	
	≥ 40 kW e < 70 kW	Ausente ou Resistência elétrica	<i>Multi-split</i> VRF com refrigeração e aquecimento simultâneos	3,05 COP 3,55 ICOP	
	≥ 70 kW	Ausente ou Resistência elétrica	<i>Multi-split</i> VRF	2,78 COP 3,22 ICOP	
	≥ 70 kW	Ausente ou Resistência elétrica	<i>Multi-split</i> VRF com refrigeração e aquecimento simultâneos	2,73 COP 3,16 ICOP	
	Condicionadores de ar VRF com condensação a água (com água entrando a 30°C)	< 19 kW	Todos	Multi-split VRF	
< 19 kW		Todos	<i>Multi-split</i> VRF com refrigeração e aquecimento simultâneos		
≥ 19 kW e < 40 kW		Todos	<i>Multi-split</i> VRF		

	≥ 19 kW e < 40 kW	Todos	<i>Multi-split</i> VRF com refrigeração e aquecimento simultâneos		
	≥ 40 kW	Todos	<i>Multi-split</i> VRF		
	≥ 40 kW	Todos	<i>Multi-split</i> VRF com refrigeração e aquecimento simultâneos		

Além disso, outros parâmetros devem ser avaliados:

- a) Cálculo de Carga Térmica: Calculadas de acordo com calculadas segundo manuais de aceitação de profissionais da área;
- b) Controle de Temperatura por Zona: Cada zona térmica deve ser controlada separadamente por termostatos que atendam requisitos mínimos estabelecidos;
- c) Sistema de Desligamento Automático: Os sistemas de condicionamento de ar necessitam adquirir algum tipo de sistema de desligamento automático;
- d) Isolamento de Zonas: Sistemas que servem a zonas distintas precisam ser divididos em áreas isoladas;
- e) Controles e Dimensionamento do Sistema de Ventilação: Sistemas com potência total maior que 4.4 kW devem atender requisitos mínimos estabelecidos;
- f) Controles e Dimensionamento dos Sistemas Hidráulicos: Sistemas com sistema hidráulico servido com sistema de bombeamento com potência superior a 7.5 kW devem atender os requisitos mínimos estabelecidos;
- g) Equipamentos de Rejeição de Calor: O equipamento de rejeição de calor deve ser usado de acordo com regulamentos estabelecidos.

3.2 CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR DE EDIFÍCIOS DE COMÉRCIO E SERVIÇOS - PORTUGAL

O processo de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior de edifícios comerciais, adotado em Portugal, contempla três fases:

- a) Verificar a conformidade regulamentar do edifício (em projeto e no final da obra), no âmbito do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) e suas portarias complementares;
- b) Classificá-lo de acordo com o seu desempenho energético, com base numa escala que varia entre **A+** (melhor desempenho) e **G** (pior desempenho);
- c) Propor medidas de melhoria, caso necessário.

Segundo a ADENE (2016) desde dezembro de 2013 houve uma mudança na variação das classes de desempenho energético. Os certificados emitidos a partir de então devem possuir classificação energética entre **A+** (melhor desempenho) e **F** (pior desempenho). No caso de edifícios novos, a classificação dos edifícios se encontra delimitada pelos níveis **A** e **B**, e suas respectivas subclasses (Figura 3.9).



Figura 3.9 - Classe energética – modelo antigo e atual (ADENE, 2016).

A classe energética dos edifícios é calculada através dos regulamentos que resultam na conjugação de diversos parâmetros caracterizadores desse edifício, tais como características construtivas relativas à envolvente, orientação, iluminação, equipamentos instalados relativos a sistemas de aquecimento/resfriamento, ventilação, aquecimento de água quente, entre outros.

O Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) estabelece os requisitos a cumprir no projeto, construção, alteração, operação e manutenção de edifícios de comércio e serviços e seus sistemas técnicos, assim como os parâmetros para a caracterização do seu desempenho, no sentido de promover a eficiência energética e qualidade do ar interior. O RECS se aplica a edifícios de comércio e serviços nas seguintes situações:

- a) Projeto e construção de novos edifícios;
- b) Grande intervenção na envoltória ou sistemas técnicos de edifícios existentes;

- c) Avaliação energética e da manutenção dos edifícios novos, sujeitos a grande intervenção no âmbito do SCE.

Segundo Pedrosa (2009), o resultado da classificação a partir das legislações aplicáveis pode emitir documentos que, embora sejam distintos, obtêm-se através do mesmo processo de base, estes são:

- a) Declaração de Conformidade Regulamentar (DCR), necessária para a obtenção do pedido de licença de construção. Este regulamento constitui uma espécie de **pré-certificado**, em relação ao qual o perito qualificado regista os resultados da apreciação dos elementos do projeto, disponíveis nesta fase;
- b) Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior (CE), necessário para a obtenção do pedido de licença de utilização ou, no caso de edifícios existentes, para venda ou aluguel do imóvel. O CE constitui uma atualização de conteúdo da Declaração de Conformidade Regulamentar já emitida. A validade de um certificado não deve ultrapassar dez anos.

A certificação energética é responsabilidade dos proprietários dos imóveis e surge como compulsória em diversos contextos. Nesta ideia, de acordo com o Decreto-Lei 118/2013 (PORTUGAL, 2013a), no Sistema Nacional de Certificação Energética (SCE) estão abrangidos os seguintes edifícios ou frações existentes:

- a) Todos os edifícios novos;
- b) Todos os edifícios existentes sujeitos a grandes intervenções de reabilitação cujo custo seja superior a 25% do valor do edifício, nas condições definidas em regulamento próprio;
- c) Os edifícios de comércio e serviços existentes com área interior útil de pavimento igual ou superior a 1000 m², ou 500 m² no caso de centros comerciais, hipermercados, supermercados e piscinas cobertas;
- d) Os edifícios que sejam propriedade de uma entidade pública e tenham área interior útil de pavimento ocupada por uma entidade pública e frequentemente visitada pelo público superior a 250 m²;
- e) Todos os edifícios existentes, quer de habitação como de serviços, quando houver celebração de contratos de venda e locação.

No Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior dos edifícios comerciais são contidas diversas informações, como detalhes acerca do edifício, necessidades energéticas dos sistemas da edificação, indicadores de desempenho dos sistemas técnicos que determinam a classe energética, a classe energética, as emissões de CO₂ estimadas devido ao consumo de energia e sugestões de melhoria energética (Figura 3.10). Dentre os indicadores de desempenho dos sistemas que determinam a classe energética:

- a) aquecimento ambiente;
- b) arrefecimento ambiente;
- c) iluminação;
- d) água quente sanitária;
- e) fontes renováveis.

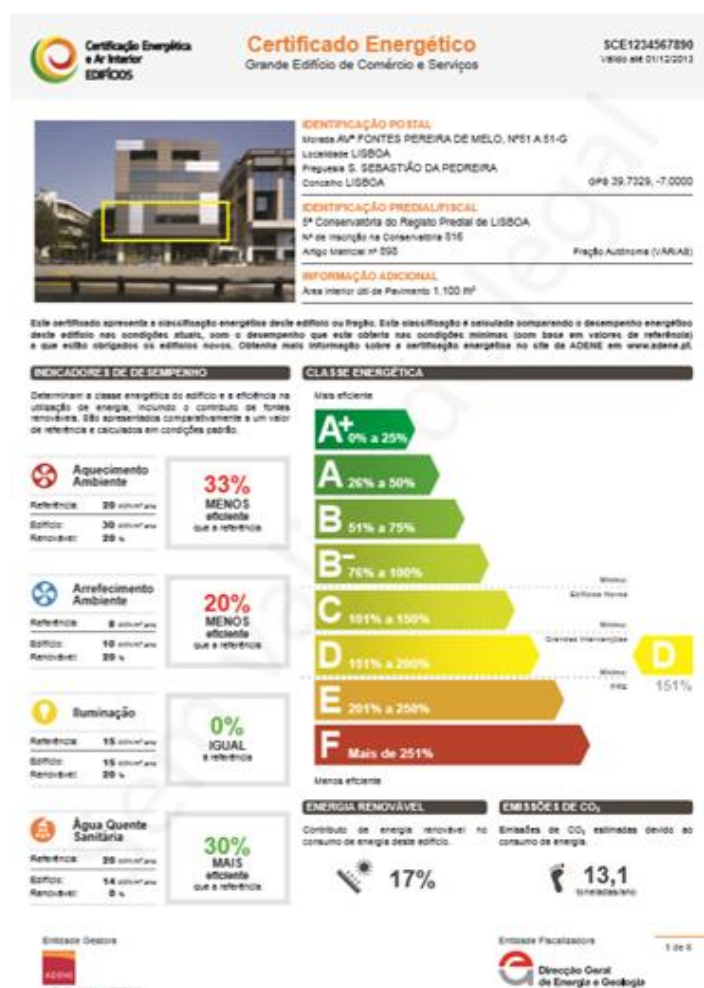


Figura 3.10 - Certificação energética de ar interior edifícios comércio e serviços (ADENE, 2016)

3.2.1 Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS)

O desempenho energético de um edifício de comércio e serviços é avaliado pela determinação do Indicador de Eficiência Energética (IEE), seguindo as determinações do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). O IEE é definido pelo regulamento através da somatória dos diferentes consumos anuais de energia, reunidos em indicadores parciais e convertidos para energia primária por unidade de área interior útil de pavimento, utilizando a Equação 3.2.

$$IEE = IEE_S + IEE_T - IEE_{ren} \left[\frac{kWhEP}{m^2} \cdot ano \right] \quad (3.2)$$

O IEEs representa os consumos de energia distintos utilizados para efeitos de cálculo da classificação energética do edifício e considerando os consumos anuais de energia por fontes i , $E_{s,i}$, aplicados para os tipos de consumos S mostrados na Tabela 3.11. A determinação do IEE_S deriva da Equação 3.3.

$$IEE_S = \frac{1}{A_p} \sum_i (E_{s,i} \cdot F_{pu,i}) \left[\frac{kWhEP}{m^2} \cdot ano \right] \quad (3.3)$$

Em que:

$E_{s,i}$ – Consumo de energia por fonte de energia i para os usos do tipo S [kWh/ano];

A_p – Área interior útil de pavimento em m^2 ;

$F_{pu,i}$ – Fator de conversão de energia útil para energia primária [kWhEP/kWh].

O IEE_T corresponde aos consumos de energia que não são considerados para efeitos de cálculo da classificação energética e considerando os consumos anuais de energia por fontes i , $E_{t,i}$, aplicados para os tipos de consumos T apresentados na Tabela 3.11. A determinação do IEE_T deriva da Equação 3.4.

$$IEE_T = \frac{1}{A_p} \sum_i (E_{t,i} \cdot F_{pu,i}) \left[\frac{kWhEP}{m^2} \cdot ano \right] \quad (3.4)$$

Sendo:

$E_{t,i}$ – consumo de energia por fonte de energia i para os usos do tipo T [kWh/ano].

Na Tabela 3.11 são apresentados os consumos que devem ser considerados nos IEEs e IEE_T , de acordo com o estabelecido pelo RECS.

Tabela 3.11 - Consumos a considerar no IEEs e IEET, de acordo com o RECS (Adaptado do RECS)
(PORTUGAL, 2013b)

Consumos do IEEs	Consumos do IEET
Aquecimento e resfriamento ambiente, incluindo umidificação e desumidificação.	Ventilação e bombeamento não associada ao controle de carga térmica;
Ventilação e bombeamento em sistemas de climatização.	Equipamento de frio;
Aquecimento de águas sanitárias e de piscinas;	Iluminação dedicada e de utilização pontual;
Iluminação interior.	Todos os equipamentos e sistemas restantes não inclusos em IEEs.
Elevadores, escadas e tapetes rolantes.	
Iluminação exterior.	

O IEE_{ren} é determinado de acordo com produção de energia elétrica e térmica com base em fontes de energias renováveis dos edifícios $E_{ren,i}$, segundo a Equação 3.5.

$$IEE_{ren} = \frac{1}{A_p} \sum_i (E_{ren,i} \cdot F_{pu,i}) \left[\frac{kWhEP}{m^2} \cdot ano \right] \quad (3.5)$$

Em que:

$E_{ren,i}$ – produção de energia por fonte de energia i a partir de fontes de origem renovável para consumo [kWh/ano].

Segundo o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) (PORTUGAL, 2013b), a classificação energética é baseada em condições preventivas ou efetivas, comparando esses dois consumos com os consumos de referência. São válidos os seguintes tipos de IEE para efeitos de aplicação nos edifícios de comércio e serviços:

- IEE previsto (IEE_{pr}), que representa o consumo anual de energia do edifício conforme a avaliação da localização do edifício, características da envolvente, eficiência dos sistemas técnicos e dos perfis de utilização previstos;
- IEE efetivo (IEE_{ef}), o qual traduz o consumo anual de energia do edifício tendo como base o histórico de faturas de energia, e/ou a avaliação energética realizada num período de um ano;
- IEE referência (IEE_{ref}), que indica o consumo anual de energia do edifício, na hipótese de ele ser provido de soluções de referência para alguns elementos da envolvente e para alguns dos seus sistemas técnicos, mantendo inalteradas as demais características do edifício.

Com o regulamento, a classificação energética é baseada em condições previstas ou efetivas, comparando-se esses dois consumos com os consumos de referência para facilitar a avaliação do desempenho energético do edifício. Deve ser considerado que o IEE_{ref} seja o valor máximo que o IEE_{pr} pode apresentar. Assim, $IEE_{pr} \leq IEE_{ref}$.

Através da determinação dos Indicadores de Eficiência Energética, calculados de acordo com o disposto no Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), é possível obter o consumo efetivo do edifício e a classe energética de um edifício de comércio e serviços por meio da relação entre os IEE's. A taxa da classe energética é calculada a partir da Equação 3.6.

$$R_{IEE} = \frac{IEE_S - IEE_{ren}}{IEE_{ref,S}} \quad (3.6)$$

Em que:

R_{IEE} – Rácio de classe energética do edifício;

IEE_S – Indicador de Eficiência Energética obtido mediante as informações da Tabela 3.11 sobre o tipo consumo S;

IEE_{ren} – Indicador de Eficiência Energética renovável associado à produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis de energia;

$IEE_{ref,S}$ – Indicador de Eficiência Energética de referência associado aos consumos anuais de energia do tipo S.

Com o resultado adquirido pela relação entre os indicadores (R_{IEE}), a determinação da classe de eficiência energética da certificação é feita a partir de intervalos de valores referentes a cada classe, como demonstra a Tabela 3.12. A classificação de eficiência energética é apresentada em forma de percentagem no certificado.

Tabela 3.12 - Intervalos de valor de RIEE para a determinação da classe energética em pré-certificados e certificados SCE (Adaptado do Decreto 118/2013) (PORTUGAL, 2013a)

Classe Energética	Valor de RIEE
A+	$RIEE \leq 0,25$
A	$0,26 \leq RIEE \leq 0,50$
B	$0,51 \leq RIEE \leq 0,75$
B -	$0,76 \leq RIEE \leq 1,00$
C	$1,01 \leq RIEE \leq 1,50$
D	$1,51 \leq RIEE \leq 2,00$

E	$2,01 \leq \text{RIEE} \leq 2,50$
F	$\text{RIEE} \geq 2,51$

3.2.1.1 Métodos para determinação do Indicador de Eficiência Energética (IEE)

Com o intuito de obter a determinação dos Indicadores de Eficiência Energética de um edifício de comércio e serviços, de acordo com Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), existem três tipos de métodos que podem ser aplicados: **Método de Simulação Dinâmica Multizona, Método de Cálculo Dinâmico Simplificado e o Método do Consumo Efetivo.**

O **Método de Simulação Dinâmica Multizona** consiste em determinar o IEE_{pr} com uma simulação dinâmica, utilizando programas computacionais, acreditados pela norma ASHRAE 140 que possibilitam prever os consumos de energia do edifício usando como base referências as zonas térmicas, condições climáticas e outros edifícios similares. Essa simulação deve ter a capacidade de modelar:

- mais que uma zona térmica;
- com um incremento de tempo horário e por um período de um ano civil, contabilizado em 8.760 horas;
- a variação horária das cargas internas, diferenciadas em ocupação iluminação e equipamentos;
- os pontos de ajuste dos termostatos das zonas térmicas e a operação dos sistemas de climatização, permitindo a respetiva parametrização, de forma independente, para dias de semana e fins de semana;
- a recuperação de calor do ar de rejeição;
- o efeito de massa térmica do edifício.

O **Método de Cálculo Dinâmico Simplificado** determina o IEE_{pr} , tendo como suporte o balanço de energia numa base horária para a estimativa das necessidades de energia em aquecimento e arrefecimento em uma zona, de acordo com a norma EN ISO 13790 (ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL PARA PADRONIZAÇÃO, 2008). Para a determinação do indicador também é considerada a estimativa do consumo de energia a partir dos restantes tipos de energia através de um cálculo anual simples. O balanço é obtido tendo em consideração algumas simplificações metodológicas e pressupostos:

- o cálculo das necessidades de energias para aquecimento e arrefecimento por zona térmica;
- introdução de perfis de utilização em hora solar;

- c) a utilização de dispositivos de sombreamento, sempre que a fachada exceda de 300 w/ m² de radiação solar incidente;
- d) o cálculo do fator solar, dos fatores de obstrução, fração envidraçada, coeficiente de redução de perdas de espaços complementares e edifícios adjacentes, os coeficientes de absorção à radiação solar da envolvente opaca e pontes térmicas planas e dos coeficientes de transmissão térmica da envolvente exterior, interior e em contato com o solo adquiridos através do REH.

No **Método do Consumo Efetivo** é calculado o IEE_{ef} a partir do consumo médio anual de energia (E_f), por fonte de energia (i), expresso em kWh, e tendo em conta o fator de conversão para energia primária ($F_{p,i}$) e a área útil de pavimento do edifício, de acordo com a Equação 3.7.

$$IEE_{ef} = \frac{1}{A_p} \sum_i (E_{f,i} \cdot F_{p,i}) \left[\frac{kWhEP}{m^2} \cdot ano \right] \quad (3.7)$$

De acordo com o RECS (PORTUGAL, 2013b), a determinação do consumo médio anual de energia final por fonte de energia e de consumo anual desagregado por tipos de utilização, devem considerar as seguintes formas ou fontes de informação:

- a) faturas de energia e/ou registos de contagem de energia de 36 meses de utilização ou no mínimo de 12 meses, que representem o funcionamento normal do edifício;
- b) resultados de uma avaliação energética, bem como os dados derivados de um sistema de gestão de energia;
- c) estimativa de energia produzida a partir das fontes de energia renováveis.

A possibilidade de aplicação de cada método para o cálculo do IEE de um edifício de comércio e serviços depende do tipo de edifício, como apresentado na Tabela 3.13.

Tabela 3.13 - Tipo de método usado por edifício (Adaptado do RECS) (PORTUGAL, 2013b)

Tipo de Edifício	Método	Novo	Existente	Grande intervenção
Pequeno edifício de comércio e serviços (PES)	Base	Simulação dinâmica Multizona	Consumo efetivo	Simulação dinâmica Multizona
	Alternativo(s)	Cálculo dinâmico simplificado	Simulação dinâmica multizona ou cálculo dinâmico simplificado	Cálculo dinâmico simplificado

Grande edifício de comércio e serviços (GES)	Base	Simulação dinâmica Multizona	Consumo efetivo	Simulação dinâmica Multizona
	Alternativo(s)	Não aplicável	Simulação dinâmica Multizona	Não aplicável

Os elementos mínimos a serem considerados para a avaliação dos edifícios dependem do método de determinação do IEE_{pr} utilizado para obter essa caracterização. Os aspectos a serem levantados e caracterizados para o elaboração da certificação dos edifícios de cada método podem ser observados nas Tabelas 3.14 e 3.15, respectivamente.

Tabela 3.14 - Elementos mínimos a considerar no levantamento e/ou caracterização do edifício para efeitos de aplicação do método de simulação dinâmica multizona (Adaptado do RECS) (PORTUGAL, 2013b)

Elementos mínimos - Método de Simulação Multizona	
Tipo de elemento	Aspecto(s) a levantar/caracterizar por zona térmica
Volumetria	- Tipo de espaço; - Pé-direito; - Áreas em contato com o solo, áreas totais do pavimento do espaço da envolvente vertical e da envolvente horizontal, exterior e interior, opaca e envidraçada.
Envolvente	- Materiais de construção ou características térmicas das soluções construtivas; - Inércia térmica ou propriedades dos materiais.
Ocupação	- Densidade e perfil de ocupação do espaço.
Sistemas de Climatização	- Tipo e características técnicas dos sistemas para aquecimento e/ou arrefecimento e respetivo perfil de funcionamento; - Tipo e características técnicas dos sistemas mecânicos de extração e/ou insuflação de ar novo e respetivo perfil de funcionamento; - Apenas no caso de grandes edifícios de comércio e serviços existentes, o rendimento de caldeiras com potência térmica nominal superior a 100 kW determinada por medição efetiva ou por monitorização.
Água quente sanitária e de piscinas	- Tipo e características técnicas do(s) sistema(s) de aquecimento de água sanitária e de piscinas, incluindo o respetivo consumo diário.
Iluminação	- Tipos e potências dos equipamentos de iluminação artificial interior e exterior e respetivo perfil de funcionamento.

Elevadores, escadas e tapetes rolantes	- Potência do (s) motor (es), tempo médio em manobra, carga nominal e velocidade nominal.
Outros equipamentos e consumos	- Densidade e perfil de utilização dos equipamentos cuja dissipação de energia ocorra para o espaço; - Outros consumos (média anual) que não resultam em cargas térmicas para os espaços considerados.

Tabela 3.15 - Elementos mínimos a considerar no levantamento e/ou caracterização do edifício para efeitos de aplicação do método de cálculo dinâmico simplificado (Adaptado do RECS) (PORTUGAL, 2013b)

Elementos mínimos - Método de Cálculo Dinâmico Simplificado	
Tipo de elemento	Aspecto(s) a levantar/caraterizar
Envolvente	- Pé-direito, áreas de pavimento dos espaços, áreas da envolvente exterior e interior, vertical e horizontal, opaca e envidraçada, a envolvente que separa o espaço climatizado ou previsto climatizar dos restantes espaços; - Os coeficientes de transmissão térmica da envolvente exterior, interior e em contato com o solo calculados de acordo com o REH; Inércia determinada de acordo com o previsto em Despacho do Diretor Geral de Energia e Geologia.
Ocupação	- Densidade e perfil de ocupação do espaço.
Sistemas de Climatização	- Tipo e características técnicas dos sistemas para aquecimento e/ou arrefecimento e respetivo perfil de funcionamento; - Tipo e características técnicas dos sistemas mecânicos de extração e/ou insuflação de ar novo e respetivo perfil de funcionamento; - Caso não exista ou não esteja previsto instalar uma ou ambas as funções (aquecimento e arrefecimento), considerar que o edifício dispõe de um sistema do tipo bomba de calor para aquecimento e um <i>chiller</i> ar-água para arrefecimento, com rendimentos iguais aos considerados para o cálculo do IEEref.
Iluminação	- Tipos e potências dos equipamentos de iluminação artificial interior e exterior e respetivo perfil de funcionamento.

3.2.1.2 Determinação da eficiência energética – princípios, requisitos e procedimentos

Alguns princípios gerais devem ser observados para a determinação da eficiência energética:

- a) **Comportamento térmico:** os edifícios de comércio e serviços devem ser avaliados e sujeitos a requisitos com a finalidade de promover a eficiência do seu comportamento térmico, prevenção

de patologias e o conforto do ambiente, incidindo para esse objetivo nas características da envoltória (envolvente opaca e envidraçada). Os requisitos de qualidade térmica devem ser expressos através do Coeficiente de Transmissão Térmica e do Fator Solar dos vãos envidraçados;

- b) **Eficiência dos sistemas técnicos:** os sistemas técnicos dos edifícios devem ser avaliados de acordo com a eficiência dos seus componentes de climatização, preparação de água quente sanitária, iluminação, sistemas de gestão de energia, energias renováveis, elevadores e escadas rolantes. Para essa avaliação os sistemas devem ser sujeitos a requisitos estabelecidos de concepção e instalação dos sistemas técnicos e a determinação do Indicador de Eficiência Energética para caracterização do desempenho do edifício;
- c) **Ventilação e qualidade do ar interior:** para garantir a qualidade do ar para os ocupantes dos edifícios, é necessário respeitar os valores mínimos de caudal de ar do ambiente e os limites de proteção para as concentrações de poluentes do ar interior;
- d) **Instalação, condução e manutenção de sistemas técnicos:** para garantir o funcionamento dos sistemas técnicos em condições otimizadas de eficiência, devem ser cumpridos os requisitos de instalação, manutenção e condução dos sistemas.

A seguir são apresentados os requisitos limites e parâmetros contemplados no Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) (PORTUGAL, 2013), que devem ser observados visando o desempenho energético eficiente de edifícios novos e grandes intervenções.

3.2.1.2.1 Envolvente térmica

Para definir os requisitos mínimos da qualidade térmica da envolvente é necessário usar as definições das zonas climáticas para as estações de calor e frio de Portugal. São definidas três zonas climáticas de Inverno (I1, I2 e I3) e três zonas climáticas de verão (V1, V2 e V3) para aplicação de requisitos.

De acordo com o RECS, os elementos e soluções construtivas de edifícios novos e sujeitos a intervenções são caracterizados em termos do seu comportamento térmico ou das características técnicas que possam determinar ou afetar esse comportamento. Para qualidade da envolvente devem ser considerados requisitos relacionados à envolvente exterior opaca e vãos envidraçados.

Para a envolvente exterior opaca, o coeficiente de transmissão térmica (U [W/ (m². °C)]) não poderá ser superior aos valores indicados na Tabela 3.16, exceto nas situações em que seja demonstrado que o cumprimento de tais requisitos aumente o consumo de energia do edifício.

Tabela 3.16 - Valores do coeficiente de transmissão térmica máximo admissível para a envolvente opaca exterior de edifícios de comércio e serviços ($W/m^2 \cdot ^\circ C$) (Adaptado do RECS) (PORTUGAL, 2013b)

Elemento em zona corrente da envolvente	Zona Climática		
	I1	I2	I3
Elemento opaco vertical	1,75	1,60	1,45
Elemento opaco horizontal	1,25	1,00	0,90

Em relação aos vãos envidraçados horizontais e verticais, quando não orientados para o Norte, devem apresentar um fator solar global (gT) do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes ou móveis, totalmente ativados. Os fatores solares máximos admissíveis estão representados na Tabela 3.17.

Tabela 3.17 - Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados de edifícios de comércio e serviços, gT máx. (Adaptado do RECS) (PORTUGAL, 2013b)

gT máx por zona climática		
V1	V2	V3
0,56	0,56	0,5

3.2.1.2.2 Sistemas de climatização

Os sistemas de climatização dos edifícios de comércio e serviços, para garantir o desempenho energético do edifício, devem satisfazer os princípios de dimensionamento, além dos requisitos gerais, específicos, de controle, regulação e monitorização dos sistemas. Independentemente do tipo de sistema, a climatização deve obedecer às seguintes condições:

- as instalações de climatização com potência térmica nominal global superior a 25 kW devem possuir projeto de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) de acordo com especificações;
- a potência elétrica para aquecimento por efeito de Joule não pode ultrapassar 5% da potência térmica global de aquecimento até ao limite de 25 kW por fração autónoma de edifício.

Para os sistemas dos sistemas de ar condicionado, bombas de calor com ciclo reversível e *chillers* de resfriamento, a classificação mínima exigida para os equipamentos é a **B**. Esses sistemas devem respeitar os requisitos mínimos de eficiência baseados na classificação da *Eurovent*. Nas Tabelas 3.18 a 3.21 estão indicados os requisitos necessários para classificação do desempenho nível **A** e **B** dos equipamentos.

Tabela 3.18 - Classificação do desempenho de unidades split, multissplit, VRF e compactas, com permuta ar-ar (Adaptado do RECS) (PORTUGAL, 2013b)

Classe	Unidades com permuta exterior a água			
	Resfriamento		Aquecimento	
	Unidades <i>split</i> , <i>multissplit</i> e VRF	Unidades compactas	Unidades <i>split</i> , <i>multissplit</i> e VRF	Unidades compactas
A	EER > 3,20	EER > 3,00	EER > 3,60	EER > 3,40
B	$3,20 \geq \text{EER} > 3,00$	$3,20 \geq \text{EER} > 2,80$	$3,60 \geq \text{EER} > 3,40$	$3,40 \geq \text{EER} > 3,20$

Tabela 3.19 - Classificação do desempenho de unidades split, multissplit e compactas, com permuta ar-água (Adaptado do RECS) (PORTUGAL, 2013b)

Classe	Unidades com permuta exterior a água			
	Resfriamento		Aquecimento	
	Unidades <i>split</i> e <i>multissplit</i>	Unidades compactas	Unidades <i>split</i> e <i>multissplit</i>	Unidades compactas
A	EER > 3,60	EER > 4,40	COP > 4,00	COP > 4,70
B	$3,60 \geq \text{EER} > 3,30$	$4,40 \geq \text{EER} > 4,10$	$4,00 \geq \text{COP} > 3,70$	$4,70 \geq \text{COP} > 4,40$

Tabela 3.20 - Classificação do desempenho de unidades do tipo Rooftop (Adaptado do RECS) (PORTUGAL, 2013b)

Classe	Unidades com permuta exterior a ar		Unidades com permuta exterior a água	
	Resfriamento	Aquecimento	Resfriamento	Aquecimento
	A	EER > 3,00	COP > 3,40	EER > 4,40
B	$3,00 \geq \text{EER} > 2,80$	$3,40 \geq \text{COP} > 3,20$	$4,40 \geq \text{EER} > 4,10$	$4,70 \geq \text{COP} > 4,40$

Tabela 3.21 - Classificação do desempenho de unidades do tipo chiller bomba de calor de compressão (Adaptado do RECS) (PORTUGAL, 2013b)

Classe	Unidades com permuta exterior a ar		Unidades com permuta exterior a água	
	Resfriamento	Aquecimento	Resfriamento	Aquecimento
	A	EER \geq 3,10	COP \geq 3,20	EER \geq 5,05
B	$3,10 > \text{EER} \geq 2,90$	$3,20 > \text{COP} \geq 3,00$	$5,05 \geq \text{EER} > 4,65$	$4,45 \geq \text{COP} > 4,15$

Nos sistemas, todas as redes de transporte de fluídos devem ser termicamente isoladas, obedecendo aos valores mínimos de espessura de isolamento definido pela Tabela 3.22, válida para materiais com condutibilidade térmica de 0,040 W/m °C a 20 °C.

Tabela 3.22 - Espessuras mínimas de isolamento de tubagens (mm) (Adaptado do RECS) (PORTUGAL, 2013b)

Diâmetro (mm)	Fluido interior quente				Fluido interior frio			
	Temperatura do fluido (°C)				Temperatura do fluido (°C)			
	40 a 65	66 a 100	101 a 150	151 a 200	-20 a – 10	-9,9 a 0	0,1 a 10	> 10
D ≤ 35	20	20	30	40	40	30	20	20
35 < D ≤ 60	20	30	40	40	50	40	30	20
60 < D ≤ 90	30	30	40	50	50	40	30	30
90 < D ≤ 140	30	40	50	50	60	50	40	30
D > 140	30	40	50	60	60	50	40	30

No âmbito da distribuição as unidades de tratamento de ar os sistemas devem pertencer a uma gama certificada e classificada pela Eurovent, indicado no RECS (PORTUGAL, 2013b) e obedecer a uma eficiência mínima de classe **C**.

3.2.1.2.3 Sistemas de preparação de AQS

Nos edifícios novos e de grande intervenção de comércio e serviços, para alcançar desempenho eficiente dos sistemas de água quente sanitária (AQS), esses sistemas devem incluir obrigatoriamente soluções de aproveitamento de energia solar térmica sempre que exista área de cobertura disponível. Os equipamentos como caldeiras, bombas de calor e termo acumuladores elétricos utilizados para preparação de água quente precisam obedecer aos requisitos mínimos de eficiência estabelecidos pelo Regulamento.

3.2.1.2.4 Sistemas de Iluminação

Os sistemas de iluminação dos edifícios de comércio e serviços devem cumprir requisitos gerais e específicos de iluminação, de acordo com as normas europeias EN 12464-1 e EN 15193 .

Os equipamentos instalados não podem ter eficiência nominal inferior às medidas encontradas na Diretiva 2009/125/CE (PARLAMENTO EUROPEU; CONSELHO EUROPEU, 2009), relativa à concepção

ecológica dos produtos relacionados com o consumo de energia. Os sistemas de iluminação devem possuir elevados rendimentos e níveis de eficiência em conformidade com as regulações. É necessário o controle de iluminância, ou seja, a intensidade da iluminação não poderá exceder em mais de 30% os valores presentes na norma EN 12464-1.

Dentre requisitos que devem ser cumpridos para que haja o desempenho do sistema de iluminação estão o uso do recurso à segregação dos circuitos elétricos de potência empregando circuitos independentes, aproveitamento da luz natural e utilização de dispositivos de controle e regulação da iluminação.

As potências dos sistemas de iluminação (DPI) dos edifícios não podem ultrapassar os valores indicados na Tabela 3.23, onde também são apresentados os valores dos fatores de correção que devem ser utilizados devido a existência de sistemas de controle.

Tabela 3.23 - Valores máximos de densidade de potência de iluminação (DPI) (Adaptado do RECS)
(PORTUGAL, 2013b)

Tipo de espaço segundo a função	DPI	Fator de controle	
	[(w/m ²)/100lux]	Ocupação FO	Disponibilidade de luz natural FD
Escritórios com mais de 6 pessoas, salas de desenho.	2,1	0,9	0,9
Escritório individual 1-6 pessoas	2,4	0,9	0,9
Show room e salas de exposição, museus	2,4	1	1
Salas de aula, salas de leitura, bibliotecas, salas de trabalho de apoio, salas de reuniões/conferências/auditórios	2,4	0,9	0,8
Laboratórios, salas de exames/tratamento, blocos operatórios	2,4	1	1
Salas de pré e pós-operatório	3,4	0,8	0,8
Cozinhas, armazéns, arquivos, poli desportivos / ginásios e similares, salas técnicas (centros de dados, fotocópias e similares), parques de estacionamento interiores	3,4	0,9	1

Tipo de espaço segundo a função	DPI	Fator de controle	
	[(w/m2)/100lux]	Ocupação FO	Disponibilidade de luz natural FD
Plataformas de transportes e similares	3,4	1	1
Lojas de comércio e serviços, retalhistas em geral - zona de público, espaços fabris em geral	3,4	1	1
Hall/Entradas, Corredores, escadas, salas de espera, instalações sanitárias, enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3), salas de refeições (exceto restaurantes)	3,8	0,8	0,9

A determinação do DPI/100lux é estabelecida a partir da seguinte metodologia de cálculo (Equações 3.8 e 3.9).

$$DPI = \frac{(P_n \cdot F_O \cdot F_D) + P_C}{A} \quad [W/ m^2] \quad (3.8)$$

$$\frac{DPI}{100lux} = \frac{DPI}{E_m} \cdot 100 \quad [W/ m^2 /100lux] \quad (3.9)$$

Em que:

P_n – Potência total dos sistemas de luminárias instaladas;

F_O – Fator de controlo por ocupação;

F_D – Fator de controlo por disponibilidade de luz natural;

P_C – Potência total dos equipamentos de controlo para as luminárias em funcionamento;

A – Área interior útil da zona, [m²];

E_m - Iluminância média mantida, [lux].

Os edifícios de comércio e serviços utilizam soluções de controlo e regulação dos sistemas de iluminação em função das exigências operacionais das instalações e o desempenho energético consequente da sua implementação. É obrigatória a adoção das soluções indicadas na Tabela 3.24, para cada tipo de edifício especificado.

Tabela 3.24 - Funções mínimas a adotar em sistemas de iluminação a instalar em edifícios novos e em edifícios sujeitos a grande intervenção (Adaptado do RECS) (PORTUGAL, 2013b)

	Edifícios novos		Edifícios sujeitos a grande intervenção	
	GES	PES	GES	PES
Detecção de presença	X	X	X	X
Comutação por luz natural	–	–	X	–
Regulação por luz natural	X	–	–	–
Controle horário	X	X	X	–
Comando por interface	X	–	X	–
Gestão operacional	X	–	X	–

3.2.1.2.5 Sistemas de energia renovável

Os sistemas técnicos nos edifícios de comércio e serviços devem envolver a implementação de soluções para a utilização de fontes de energia renovável. Independentemente do disposto para a utilização de energia solar térmica na preparação de água quente, devem abranger no mínimo os sistemas solares fotovoltaicos, eólicos, biomassa ou geotérmico, considerando-se o ambiente e as condições existentes.

4 ANÁLISE COMPARATIVA

Neste capítulo, é apresentada uma análise comparativa entre os requisitos para a certificação da eficiência energética de edifícios comerciais adotados no Brasil e em Portugal.

4.1 COMPARATIVOS GERAIS ENTRE O MÉTODO DE CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR E O PBE EDIFICA

Nesta seção do capítulo é apresentada uma avaliação comparativa geral entre o Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior e a etiqueta PBE Edifica, a partir de suas semelhanças e distinções (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 - Requisitos de certificação da eficiência energética de edifícios Brasil x Portugal

Item Avaliado	Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior de Edifícios (CE)	PBE Edifica
Origem	Portugal	Brasil
Entidades responsáveis	ADENE e DGEG	INMETRO e Eletrobrás
Enfoque	Eficiência energética e da qualidade do ar interior das edificações e identificação de medidas de melhoria	Eficiência energética das edificações e conservação de energia
Sistema de classificação	Classes de desempenho energético de A+ (mais eficiente) a F (menos eficiente)	Níveis de eficiência energética de A (mais eficiente) a E (menos eficiente)
Métodos	1. Método de Simulação Dinâmica Multizona 2. Método de Cálculo Dinâmico Simplificado 3. Método do Consumo Efetivo	1. Método Prescritivo 2. Método de Simulação

Avaliação de eficiência	1. Comportamento térmico 2. Sistemas técnicos 3. Ventilação e qualidade do ar interior 4. Instalação, condução e manutenção de sistemas técnicos	1. Envoltória 2. Sistemas de iluminação 3. Sistemas de condicionamento de ar 4. Bonificações
Regulamento aplicável	Normas técnicas Europeias RECS	ABNT RTQ-C
Validação e concessão	Fase de projeto do edifício Edifício construído	Fase de projeto do edifício Edifício construído

A seguir é apresentada uma análise comparativa dos itens avaliados.

4.1.1 Origem e entidades responsáveis

O Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior de Edifícios (CE), adotado em Portugal, foi promovido a partir da Diretiva 2002/91/CE do Parlamento e do Conselho Europeu, onde foram definidos os processos de melhoria do desempenho energético dos edifícios para os membros da União Europeia. Essa Lei foi transposta em 2006 pelo Decreto-Lei 78/2006 (PORTUGAL, 2006), onde foi criada em Portugal o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), supervisionado pela Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG) e gerido pela Agência para a Energia (ADENE).

O PBE Edifica, adotado no Brasil, foi instituído a partir de uma parceria entre Eletrobrás e o INMETRO, em 2003, com a publicação da Lei 10.295 (Lei da Eficiência Energética) que determina a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia.

4.1.2 Enfoque

Ambos os certificados visam promover a eficiência energética dos edifícios comerciais e de serviços de acordo com seus regulamentos. Eles abordam, principalmente, os requisitos necessários para o desempenho energético referente à envoltória, iluminação e climatização.

No entanto, o CE concede maior atenção ao ar interior do que a etiqueta PBE Edifica, e dispõe de medidas de melhoria para aumentar a eficácia do edifício como a utilização de energias renováveis, sistemas mais eficazes, materiais com reforço de isolamento térmico, estratégias de sombreamento, entre outros.

4.1.3 Sistemas de classificação

Para o Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior de Edifícios (CE), a classificação dos edifícios é feita a partir de uma base de escala que varia de entre **A+** (melhor desempenho) e **F** (pior desempenho), aferido de acordo com os Indicadores de Eficiência Energética dos consumos regulados com base nas condições reais de funcionamento estabelecidos segundo requisitos mandatórios e seu nível de classe energética. O nível de desempenho do edifício considera quanto menor a taxa maior a eficiência, já que o IEE representa os consumos de energia, variando entre uma taxa de $A+\leq 0,25$ e taxa de $F\geq 2,51$, onde a classificação geral na certificação é apresentada em forma de percentagem.

Assim como o CE, a classificação da etiqueta PBE Edifica também apresenta níveis de eficiência. A pontuação segue da mais eficiente (A) até a menos eficiente (E), no qual a certificação é medida por uma pontuação total de eficiência alcançada pelo edifício, também através de requisitos estabelecidos, que varia da pontuação total para nível $A\geq 5$ e para a classe $E<1,5$. Diferente do CE, quanto maior a pontuação total garantida pela a edificação maior a sua eficiência energética. Isto é, enquanto a etiquetagem brasileira divide as edificações em classes de eficiência de acordo com um indicador adimensional, a certificação de Portugal classifica os edifícios analisando seu consumo energético.

4.1.4 Métodos

Para obter a classificação dos edifícios, o Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior de Edifícios (CE) utiliza a determinação do Indicador de Eficiência Energética (IEE) através de três métodos: Método de Simulação Dinâmica Multizona, Método de Cálculo Dinâmico e o de Consumo Efetivo.

Os métodos de simulação dinâmica e cálculo dinâmico são métodos de previsão, aplicáveis para projetos de edifícios novos ou grandes intervenções, por simulação computacional e cálculos simplificados. Já o método de consumo efetivo determina o IEE de acordo com o funcionamento, histórico anual e as avaliações dos edifícios existentes ou de edifícios novos, após a obtenção da licença para utilização.

Os métodos de previsão, para obter a avaliação final da edificação, utilizam um IEE de referência que contém soluções para os elementos e sistemas dos edifícios de comércio e serviços para que o edifício atinja alto nível de eficiência. Para que isso aconteça, deve ser considerado que o IEE previsto seja menor ou igual ao IEE de referência.

Visando a etiquetagem na fase de projeto dos edifícios comerciais, o PBE Edifica utiliza o Método Prescritivo e o de Simulação. O método prescritivo avalia as equações, tabelas e requisitos limites dos sistemas que indicam o nível de eficiência do edifício, através de regulamentações apenas para edifícios condicionados.

O método de simulação é um método computacional acreditado pela norma ASHRAE 140, assim como o de simulação dinâmica do CE, que considera também o desempenho energético real previsto comparado com o desempenho de um edifício de referência eficiente para poder fazer a avaliação da edificação. O edifício de referência deve ter sido construído de acordo com os requisitos de eficiência do método prescritivo.

A avaliação de edifícios já construídos é feita *in loco* por entidades de certificação acreditadas pelo INMETRO.

4.1.5 Avaliação de eficiência

Os quesitos avaliados no Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior de Edifícios (CE) estão relacionados com o comportamento térmico do edifício relativo à sua envoltória, eficiência dos sistemas técnicos, ventilação e qualidade do ar interior dos edifícios. Dentro destes sistemas técnicos, estão o de climatização, preparação de AQS, iluminação e energia renováveis, onde a sua instalação, manutenção e condução também são avaliadas.

Como comentando anteriormente, para obter a avaliação de eficiência dos edifícios comerciais é preciso que se determine o Indicador de Eficiência Energética do edifício. Esse representa os consumos de energia que são considerados para efeitos de cálculo da classificação energética do edifício, associados aos quesitos avaliados. Dentre os consumos considerados, estão: aquecimento e arrefecimento; ventilação e bombeamento dos sistemas de climatização; aquecimento de águas sanitárias e piscinas; iluminação. Esses consumos representam a eficiência da edificação avaliada, sendo diminuídos a partir da produção de energia elétrica e térmica a partir de fontes de energias renováveis.

Para o PBE Edifica são avaliados os sistemas de iluminação, condicionamento de ar e a envoltória, sendo atribuídos pesos para cada um desses sistemas de acordo com sua influência no desempenho energético de um edifício comercial. Esses pesos são equivalentes a 30% para os sistemas de iluminação, 30% para a envoltória e 40% para os sistemas de condicionamento de ar.

Além disso, na avaliação da eficiência do edifício, é incluído um sistema de bonificação de até 1 ponto, que considera a racionalização do uso da água, o uso de sistemas ou fontes de energia renováveis, sistemas de cogeração e inovações técnicas que contribuam para o aumento da eficiência energética da edificação.

4.1.6 Regulamento aplicável

Para conceder o Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior de Edifícios (CE) aos edifícios comerciais, o CE deve respeitar as normas técnicas europeias e os padrões estabelecidos pelo Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS).

O PBE Edifica é um subprograma do PROCEL, logo, a etiquetagem específica para aplicação em edificações comerciais deve seguir os padrões estabelecidos pelo PROCEL, de acordo com o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C) e da ABNT.

4.1.7 Validação e concessão

O Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior de Edifícios (CE) pode ser emitido por peritos qualificados em duas fases. Na fase de projeto, onde são verificados os elementos de qualificação do projeto para adquirir um pré-certificado, denominado Declaração de Conformidade Regulamentar (DCR), para a liberação da construção do edifício; e na fase da edificação já construída, com o próprio CE. O CE é a versão final atualizada do DCR e possui validade de até dez anos.

As certificações também podem ser emitidas para frações das edificações, como um apartamento ou algum sistema. Essas certificações não são válidas para toda a edificação.

Para o PBE Edifica, a certificação pode ser emitida durante a fase de projeto e após a conclusão da obra. As etiquetas podem ser parciais dos sistemas ou geral do edifício. Possui validade de cinco anos, a partir da data da sua concessão.

4.2 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O RTQ-C E O RECS

Nesse tópico do capítulo será apresentada uma análise comparativa breve destacando as principais similaridades entre os regulamentos dispostos no Brasil e Portugal, levando em consideração os principais itens avaliados para classificação de um edifício comercial a fim de obter os indicadores que resultam na pontuação necessária de desempenho energético para uma edificação eficiente.

4.2.1 Envoltória

Para a avaliação da envoltória, ambos os regulamentos são influenciados pela divisão dos países em zonas climáticas onde se encontram as edificações. Apesar das diferenças nítidas entre o bioclima de cada país e seu zoneamento particular, os requisitos mínimos considerados para a análise de eficiência da envolvente partem do mesmo princípio de utilização de materiais com características térmicas

eficientes que possuam transmissão térmica baixa para não haver troca de calor significativa entre o interior do edifício e seu exterior, com taxa baixa de absorção de radiação solar e com fatores solares máximos admissíveis.

4.2.2 Sistemas de Iluminação

A eficiência dos sistemas de iluminação admitidos nos regulamentos, do Brasil e de Portugal, para edifícios comerciais dependem dos requisitos estabelecidos de concepção, instalação e utilização, com objetivo de fornecer iluminação necessária de acordo com as normas técnicas de cada país onde referenciam os limites mínimos e máximos visando economia energética das edificações.

As similaridades são perceptíveis quanto a linha de avaliação que é adotada pelos regulamentos. Os requisitos considerados para a classificação do edifício tanto no RTQ-C quanto no RECS partem de segmentos equivalentes, utilizando a densidade de potência de iluminação (DPI) como ponto de partida para determinação de eficiência energética do sistema de iluminação, sendo definidas potências limites de acordo com as atividades de cada ambiente do edifício, compreendendo que ao utilizar a menor potência é possível garantir maior eficiência do sistema.

Além disso, os regulamentos determinam soluções que devem ser implantadas para que a iluminação da edificação seja de elevado rendimento, eficiente e econômica, tais como: Divisão dos circuitos para cada finalidade, aproveitamento de luz natural e controle da iluminação por dispositivos.

4.2.3 Sistemas de Climatização

Considerando que o sistema de ar condicionado deve controlar simultaneamente a temperatura, a umidade, a pureza e a distribuição de ar para obter conforto dos usuários nos edifícios comerciais, os regulamentos focam nos requisitos mais influentes na climatização.

Apesar das necessidades divergentes das populações devido ao clima dos países, as condições limites dos sistemas de climatização determinam nos dois documentos a necessidade de equipamentos eficientes e regulamentados a serem instalados nos edifícios. Os equipamentos de condicionamento de ar devem respeitar as classificações exigidas pelas entidades de cada país, obedecendo aos coeficientes mínimos de performance (COP) e os coeficientes mínimos de eficiência energética dos aparelhos.

Outro requisito principal é a obrigatoriedade do uso de isolamento térmico para os dutos de ar, sendo especificadas as espessuras mínimas exigidas de acordo com a condutividade térmica dos materiais, diâmetro da tubulação e temperatura do fluido.

5 SIMULAÇÃO DA APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS E REQUISITOS DE AVALIAÇÃO ENERGÉTICA (RTQ-C E RECS)

Neste capítulo, foi desenvolvida uma simulação para a aplicação das metodologias apresentadas pelos regulamentos presentes no trabalho (RTQ-C e RECS) para classificar os sistemas de iluminação e de condicionamento de ar.

O intuito dessa simulação é ampliar a discussão e análise da avaliação do desempenho energético de edifícios comerciais utilizando o requisitos exigidos pelo Brasil e por Portugal, levantando o nível de eficiência energética dos sistemas do local estudado e possibilitando trabalhos futuros por outros interessados.

A simulação foi desenvolvida em um escritório de 113,04 m² localizado em um edifício comercial em São Paulo - SP, Brasil (Figura 5.1).

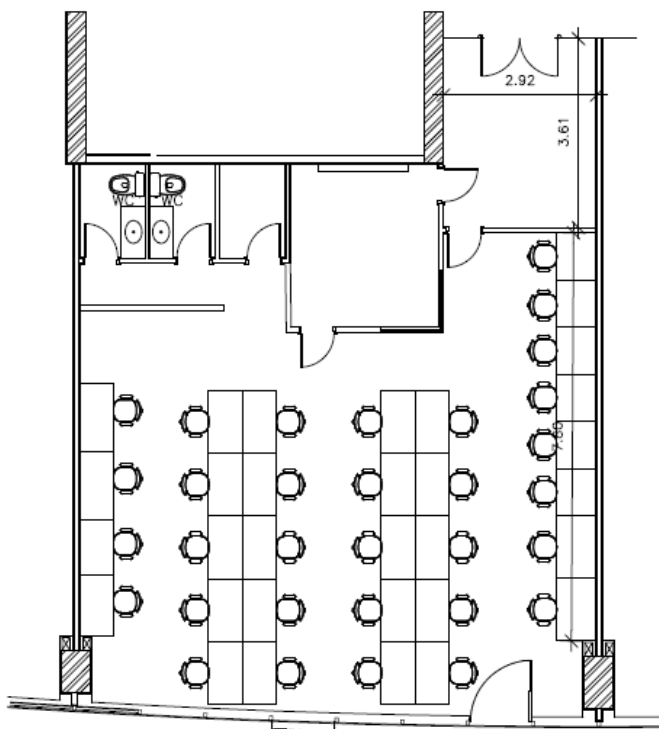


Figura 5.1 - Planta Escritório

Por se tratar de um prédio particular, foi necessária autorização para utilizar os dados do local e para visita. Com isso, não foi possível obter todas as informações que os regulamentos exigem para uma avaliação mais completa dos sistemas. Devido a uma questão de sigilo, as informações sobre o edifício em si serão omitidas dessa simulação.

A coleta de dados para aplicação das metodologias deu-se por uma visita ao escritório onde ocorreu o conhecimento das instalações. No local, foi realizada a análise da planta do escritório e foram fornecidas os dados técnicos básicos das lâmpadas e condicionadores de ar.

5.1 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Para avaliação do nível de eficiência do sistema de iluminação do escritório identificou-se:

- a) os sistemas de iluminação adotados;
- b) as atividades dos ambientes do escritório;
- c) as áreas iluminadas do escritório (m^2);
- d) a potência de iluminação limite;
- e) a potência de iluminação instalada.

Por fim comparou-se a potência total instalada do escritório e a potência limite para determinar o nível de eficiência do sistema de iluminação.

5.1.1 RTQ-C

Para a análise e avaliação do sistema de iluminação do escritório (fração do edifício) foi utilizado o **Método das Atividades do Edifício**. Na Tabela 5.1 são apresentadas as informações sobre a Densidade de Potência de Iluminação limite (DPI_L), em watt por metros quadrados, para cada nível de classificação (de **A** a **D**) dos ambientes considerados, obtidas através da tabela de limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação para o nível de eficiência pretendido (Anexo I), retirada do RTQ-C.

Tabela 5.1 -DPI limite para cada ambiente e nível de eficiência pretendido

Ambiente	DPI limite A (W/m ²)	DPI limite B (W/m ²)	DPI limite C (W/m ²)	DPI limite D (W/m ²)
Sala Escritório	11,9	14,28	16,66	19,04
Sala de Reunião	11,9	14,28	16,66	19,04
Sala de Espera	6	7,2	8,4	9,6
Banheiro 1	5	6	7	8
Banheiro 2	5	6	7	8
Cozinha	10,7	12,84	14,98	17,12
Circulação	7,1	8,52	9,94	11,36

Com as medidas das áreas dos ambientes do escritório e suas respectivas DPI_L , foi possível calcular a potência limite das atividades e a total da fração estudada do edifício para cada nível de classificação (Tabela 5.2), através da seguinte equação (Equação 5.1):

$$Pot. Limite = Área \times DPI_L \quad (5.1)$$

Tabela 5.2 - Potência limite para cada ambiente e nível de eficiência pretendido

Ambiente	Área (m ²)	Potência limite - Nível A (W)	Potência limite - Nível B (W)	Potência limite - Nível C (W)	Potência limite - Nível D (W)
Sala Escritório	82	975,80	1170,96	1366,12	1561,28
Sala de Reunião	10,45	124,36	149,23	174,10	198,97
Sala de Espera	10,54	63,24	75,89	88,54	101,18
Banheiro 1	2,3	11,50	13,80	16,10	18,40
Banheiro 2	2,3	11,50	13,80	16,10	18,40
Cozinha	2,3	24,61	29,53	34,45	39,38
Circulação	3,15	22,37	26,84	31,31	35,78
TOTAL	113,04	1233,37	1480,04	1726,72	1973,39

Na iluminação artificial do escritório foram encontradas dois tipos de lâmpadas (com as potências em watt): Lâmpadas de *Led* com potência de 9 W e lâmpadas Fluorescentes de 20 W. Com isso, foi verificada a quantidade de lâmpadas instaladas para calcular a potência de iluminação total instalada e de cada ambiente (Tabela 5.3):

Tabela 5.3 - Potência de iluminação instalada de cada ambiente e total

Ambiente	Área (m ²)	Lâmpadas	Potência Instalada (W)
Sala Escritório	82	52 X 20 W	1040
		4 x 9 W	36
Sala de Reunião	10,45	8 X 20 W	160
Sala de Espera	10,54	4 X 20 W	80
Banheiro 1	2,3	1 x 9 W	9
Banheiro 2	2,3	1 x 9 W	9
Cozinha	2,3	2 x 9 W	9
Circulação	3,15	2 x 9 W	18
TOTAL			1361

Ao final dos cálculos, com a Potência de Iluminação Instalada total e Potência de Iluminação Limite total para cada nível de eficiência do escritório, foi feita uma comparação dos resultados obtidos para estimar uma classificação do sistema de iluminação da fração do edifício em questão, a partir dos requisitos apresentados pelo RTQ-C. Dessa maneira para proceder com a classificação da iluminação, ao analisar os dados apresentados nas Tabelas 5.2 e 5.3 é possível verificar que a potência de total instalada (1361 W) é maior do que a potência limite do nível A (1233,37 W) e menor do que a potência limite do nível B (1480,04 W). Logo, conclui-se que o escritório estudado obteve a classificação energética de **Nível B** em iluminação.

5.1.2 RECS

Para adquirir a classificação da iluminação do escritório a partir do RECS, foram utilizadas as áreas medidas de cada ambiente e suas respectivas potências de iluminação instaladas obtidas anteriormente apresentadas na Tabela 5.3.

Com isso, a determinação da densidade de potência de iluminação (DPI) é estabelecida a partir da metodologia de cálculo encontrada no RECS (Equações 5.2 e 5.3) e utilizando os valores máximos de densidade de potência de iluminação para cada tipo de espaço segundo a função dos ambientes do escritório, encontrados na Tabela 3.23 do capítulo 3 e já estudados previamente nesse trabalho.

Primeiramente, com a Equação 5.2 foram calculadas as DPI's considerando os seguintes dados:

P_n – Potência total dos sistemas de luminárias instaladas (Tabela 5.3);

F_O – Fator de controle por ocupação (Tabela 3.23);

F_D – Fator de controle por disponibilidade de luz natural (Tabela 3.23);

A – Área interior útil da zona, [m²];

Não foi considerada a potência total dos equipamentos de controle para as luminárias em funcionamento (P_C).

$$DPI = \frac{(P_n \cdot F_O \cdot F_D) + P_C}{A} \text{ [W/ m}^2\text{]} \quad (5.2)$$

Ápos o cálculo das DPI's (Tabela 5.4), com o intuito de adquirir uma comparação com os valores máximos admitidos pelo RECS (Tabela 3.23), foram determinadas as DPI/100lux (Equação 5.3):

$$\frac{DPI}{100lux} = \frac{DPI}{E_m} \cdot 100 \text{ [W/ m}^2\text{ /100lux]} \quad (5.3)$$

Onde :

E_m - Iluminância média mantida, [lux].

A iluminância (em lux) considerada para o cálculo da DPI/100lux depende da quantidade de lux ideal (lm/m²) estabelecidos de acordo com as atividades a serem desenvolvidas no local. Nesse trabalho foi utilizado para os ambientes Sala Escritório e Sala de Reunião uma iluminância de 500 lux, Sala de Espera de 300 lux e para os outros ambientes (Banheiros, Cozinha e Circulação) de 200 lux. As iluminâncias para cada ambiente foram escolhidas a partir da NBR 5413 (ABNT, 1992) referente à Iluminância de Interiores. Os resultados estão apresentados na Tabela 5.4, junto com os valores máximos de DPI W/ m² /100lux (Tabela 3.23).

Tabela 5.4 - Valores de densidade de potência de iluminação de cada ambiente e máximos

Ambiente	Área (m ²)	Potência Instalada (W)	DPI (W/m ²)	DPI/ 100LUX (W/ m ² /100lux)	Valores máximos de DPI W/ m ² /100lux)
Sala Escritório	82	1076	10,6	2,1	2,1
Sala de Reunião	10,45	160	11,0	2,2	2,4
Sala de Espera	10,54	80	5,5	1,8	3,8
Banheiro 1	2,3	9	2,8	1,4	3,8
Banheiro 2	2,3	9	2,8	1,4	3,8
Cozinha	2,3	9	3,5	1,8	3,4
Circulação	3,15	18	4,1	2,1	3,8

De acordo com os resultados encontrados (Tabela 5.4) e com uma análise comparativa, é possível observar que os valores encontrados de DPI/100lux dos ambientes do escritório são menores do que os valores máximos admissíveis de DPI/100lux encontrados no RECS. Dessa maneira, considerando os requisitos limites para avaliação de iluminação do RECS procuram o melhor desempenho energético e que os resultados atenderam as condições limites exigidas, a classificação energética do escritório estaria entre o **Nível A e B**.

Para obter uma melhor avaliação da iluminação do escritório, foi feita uma comparação entre a DPI limite (W/m^2) retirada do RTQ-C e a DPI calculado (W/m^2) (Tabela 5.5) de acordo com os requisitos do RECS.

Tabela 5.5 - Valores DPI limite (RTQ-C) e DPI calculado (RECS)

Ambiente	DPI limite A (W/m^2) - RTQ-C	DPI Calculado (W/m^2) - RECS
Sala Escritório	11,9	10,6
Sala de Reunião	11,9	11,0
Sala de Espera	6	5,5
Banheiro 1	5	2,8
Banheiro 2	5	2,8
Cozinha	10,7	3,5
Circulação	7,1	4,1

Como pode ser verificado na Tabela 5.5, os DPI's calculados são menores do que o DPI's limites calculados para nível de classificação energética **A** de cada ambiente. Com isso, o sistema de iluminação do escritório pode ser classificado como **Nível A**.

5.2 SISTEMAS DE CONDICIONAMENTO DE AR

Para analisar os sistemas de condicionamento de ar do escritório, avaliou-se:

- os equipamentos elétricos utilizados;
- as especificações técnicas dos equipamentos;
- a potência da referência do equipamento de ar condicionado.

5.2.1 RTQ-C

No escritório estudado foram verificados os equipamentos de condicionamento de ar instalados nos ambientes levando em consideração as suas especificações e classificações presentes nas tabelas do INMETRO (BRASIL, 2016) (Tabela 5.6).



Figura 5.2 - Modelo de ar condicionado split (LG, 2016)

Tabela 5.6 - Capacidade e eficiência dos equipamentos de condicionamento de ar

Ambiente	Tipo	Capacidade de Refrigeração (Btu/h)	Quantidade	Eficiência
Sala Escritório	Split	9000	5	A
Sala de Reunião	Split	9000	1	A
Sala de Espera	Split	9000	1	A

Já que todos os equipamentos são iguais não houve necessidade de ponderar os níveis de eficiência para obter um resultado final. Portanto, nessa avaliação, o escritório atingiu o **Nível A** para os sistemas de condicionamento de ar.

5.2.2 RECS

Para a avaliação do sistema de condicionamento de ar do escritório a partir do RECS, foi verificado nas especificações técnicas (Anexo II) o índice de eficiência energética (EER) dos equipamentos instalados. De acordo com as características desse tipo de equipamento, o seu EER (Btu/h.W) é igual a 3,22.

CAPÍTULO 5

A classificação do desempenho das unidades de condicionamento de ar é feita a partir das tabelas de requisitos mínimos de eficiência encontrados no RECS baseados na classificação da *Eurovent* e que foram disponíveis no trabalho.

Através de uma análise da Tabela 3.18 do Capítulo 3 (de classificação do desempenho de unidades split, multisplit, VRF e compactas, com permuta de ar-ar), podemos verificar que o EER dos equipamentos instalados atende o requisito para **Classe A** de eficiência energética ($3.22 > 3.20$).

6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A seguir é apresentada a conclusão do trabalho e indicações de pesquisas futuras.

6.1 CONCLUSÃO

O consumo energético progressivo mundial e suas repercussões reforçam a urgência em aplicar soluções essenciais para construir um futuro sustentável adotando medidas para reduzir o consumo de energia. A construção civil sendo um dos maiores responsáveis pelo consumo energético viu diante do cenário atual a necessidade de renovação e adaptabilidade adotando certificações e avaliações de eficiência energética dos edifícios através de requisitos fundamentais para evolução eficiente do setor.

Controlar o crescimento do consumo de energia associado ao crescimento econômico dos países requer uma série de medidas que racionalizem o uso de energia. A certificação energética é uma das áreas com maior potencial de melhoria para o desenvolvimento energético das edificações. O processo de etiquetagem é lançado com o intuito de incentivar a elaboração de projetos utilizando soluções alternativas que aproveitem ao máximo as potencialidades arquitetônicas, que remetam a um menor consumo energético.

Ao longo deste trabalho analisou-se o processo de certificação energética de edifícios comerciais do Brasil e de Portugal. O PBE Edifica e o Certificado Energético de Edifícios e da Qualidade do Ar Interior (CE) são ferramentas relevantes no que se referem à qualificação de edifícios sustentáveis e se baseiam no cumprimento dos requisitos admitidos pelos regulamentos. Foram pesquisadas as similaridades e lacunas entre os certificados e regulamentos com o objetivo de perceber qual é a situação atual vigente em cada um dos países.

Com as análises das certificações e as simulações desenvolvidas pode-se concluir que ambos os certificados possuem o objetivo em comum de redução do consumo energético e do desperdício de recursos naturais, valorização do empreendimento após a certificação, inovação dos métodos construtivos no âmbito de eficiência energética e utilização de sistemas eficientes, considerando o conforto dos usuários atrelado ao consumo energético e adequação aos requisitos de eficiência.

Apesar do crescimento da preocupação do mercado referente ao desempenho das edificações no Brasil, comparado com Portugal, ainda é um campo pouco explorado por falta do desenvolvimento e atualização das legislações reguladoras, investimentos e conhecimento dos diversos atores envolvidos na construção civil referente à eficiência energética, sendo irrelevante a quantidade de edifícios certificados no país. Neste ponto, Portugal está à frente no conceito de eficiência energética seguindo os passos dos outros países da União Europeia onde já é mais visível a aplicação de certificações nos edifícios, apesar de ainda ter um longo caminho para evoluir no quesito.

Independentemente da diferente evolução dos países à frente da etiquetagem dos edifícios, os regulamentos estudados nessa dissertação seguem os mesmos princípios no âmbito de eficiência energética. Como as atividades comerciais tendem a uniformizar alguns parâmetros relacionados ao consumo, os dados consolidados das edificações comerciais formam sistemas de avaliação com marcos referenciais de consumo semelhantes. Visto isso, por falta de dados consolidados acerca das edificações do Brasil e de Portugal, foi feita uma análise comparativa entre os requisitos apresentados pelos regulamentos (RTQ-C e RECS) para edifícios comerciais dos dois países referente a eficiência energética e foi concluído que ambos partem das mesmas vertentes de utilização de sistemas, materiais e medidas de melhoria construtivas para otimização do desempenho energético dos edifícios.

Finalmente, o objetivo da pesquisa foi indicar os requisitos adotados de cada país para adequação de um edifício comercial ao nível máximo de eficiência energética da etiqueta. Espera-se que este trabalho contribua no setor da construção civil para uma maior consciencialização e promoção da importância consumo eficiente, divulgando informações das características e requisitos das certificações energéticas como diretrizes para desenvolvimento de versões atualizadas dos regulamentos no Brasil e Portugal, adaptadas para uma nova cultura construtiva que incorpore a eficiência energética. Neste contexto, sabendo que o uso de regulamentos e novas tecnologias em conjunto proporcionam uma maior oportunidade de alcançar a eficiência energética nas edificações comerciais, esse estudo visa a possibilidade de que os *stakeholders* venham a identificar as vantagens econômicas, sociais e ambientais que a iniciativa de construção eficiente pode gerar no futuro.

6.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

No âmbito do trabalho apresentado foram encontradas algumas lacunas que possibilitam o desenvolvimento de trabalhos futuros devido a falta de informações adquiridas sobre edifícios comerciais nas fases de projetos, construção e operação tanto em Portugal quanto no Brasil. Estudos direcionados à aplicação dos regulamentos e suas metodologias em edifícios eficientes certificados existentes para obter uma avaliação comparativa mais coerente é uma lacuna que deve ser considerada, já que para avaliar com mais rigor o possível impacto da eficiência energética são necessárias amostras

maiores e com mais variáveis. Adicionalmente, há oportunidade para prosseguir essa pesquisa abordando o desenvolvimento de uma ferramenta computacional facilitadora utilizando os requisitos dos processos de certificação PBE Edifica e da Certificação de Eficiência Energética e da Qualidade do Ar Interior (CE).

Além disso, sugere-se a elaboração de um projeto ou adequação de um edifício comercial já existente para adquirir maior desempenho energético com aplicação dos conceitos de eficiência energética adotados nos regulamentos RTQ-C e RECS, verificando qual aplicação alcançaria maior efetividade, analisando a influência da implementação dos requisitos, seu custo/benefício e viabilidade.

Também podem ser realizados novos estudos para levantamentos frequentes de informações na área de eficiência energética de edifícios referentes às soluções utilizadas para seu melhor desempenho, acompanhando a evolução tecnológica. Essas pesquisas podem ser abordadas por instituições educacionais em conjunto com as entidades de referência no assunto, a fim de obter uma melhoria contínua na construção de edificações com mais informações atualizadas disponíveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Claudia Rocha de. **Certificação energética de um edifício de serviços ao abrigo do novo regulamento**: caso prático de um hipermercado. 2014. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Universidade do Porto, Porto - Portugal, 2014. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/75172/2/99360.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2016.

ADENE – Agência para a Energia. **Certificação de Edifícios**. 2016. Disponível em: <<http://www.adene.pt/sce/textofaqs/certificacao-de-edificios>>. Acesso em: 20 maio 2016.

ALVES, Tomás Miguel Pacheco. **Análise e certificação energética de um edifício de comércio e serviços**. 2015. 120 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Energias Renováveis e Eficiência Energética, Escola Superior de Tecnologia e Gestão Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2015. Disponível em: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/12833/1/Tomás_Miguel_Pacheco_Alves.pdf>. Acesso em: 11 set. 2016.

AMORIM, Livia; OLIVEIRA, Mariela; VALADARES, Nathalia. **Aplicação do conceito do selo procel edifica em edificações do campus de PALMAS/UFT**. 2014. Disponível em: <[file:///C:/Users/Admin/Downloads/966-8443-3-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Admin/Downloads/966-8443-3-PB%20(1).pdf)>. Acesso em: 15 agosto 2016.

ANO de 2015 foi o mais quente já registrado no planeta, confirma Nasa. **Globo**. [S.l.], p. 1-2, jan. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2016/01/o-ano-de-2015-foi-o-mais-quente-ja-registrado-no-planeta-confirma-nasa.html>>. Acesso em: 2 fev. 2016

APOLÔNIO, Daniel; APOLÔNIO, Roberto; LAMBERT, José. **Iluminação com eficiência energética**. 2014. Disponível em: < <http://www.osetoreletrico.com.br/web/a-revista/edicoes/1538-iluminacao-com-eficiencia-energetica.html>>. Acesso em: 15 agosto 2016

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Márcio Augusto. **A moderna construção sustentável**. São Paulo: Idhea, 2008. Disponível em: <<http://www.idhea.com.br/pdf/moderna.pdf>> . Acesso em: 22 mar. 2016.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/normalizacao/Termica_parte3_SET2004.pdf>.

Acesso em: 25 out. 2016

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/normalizacao/Termica_parte2_SET2004.pdf>.

Acesso em: 3 out. 2016.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. 2004. Disponível em: <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/normas_e_relat?rios/NRs/nbr_5410.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2016.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413**: Iluminância de interiores. Disponível em: <[http://www.unicep.edu.br/biblioteca/docs/engenhariacivil/ABNT_5413 - iluminância de interiores - procedimento.pdf](http://www.unicep.edu.br/biblioteca/docs/engenhariacivil/ABNT_5413_-_iluminancia_de_interiores_-_procedimento.pdf)>. Acesso em: 03 abr. 2016.

BALBINO, Ana Catarina. **Desenvolvimento de uma ferramenta para a comparação da regulamentação energética de edifícios de serviços: RSECE (Dec-Lei 79/2006) e RECS (Dec-Lei 118/2013)**. 2014. 106 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente, Universidade de Lisboa, Lisboa- Portugal, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/15514/1/ulfc112076_tm_Ana_Catarina_Balbino.pdf > Acesso em: 10 junho 2016.

BERNARDO, João. **Estratégia para a eficiência energética nos edifícios públicos**. Disponível em: <http://www.lneg.pt/download/10887/DGEG_REPublic_ZEB%2011dez2015.pdf>. Acesso em: 10 maio 2016

BERALDO, Juliano Coronati. **Eficiência energética em edifícios**: avaliação de uma proposta de regulamento de desempenho térmico para a arquitetura do estado de São Paulo. 2006. 283 f. Dissertação (Mestre) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006

BRAGANÇA, Luis; CASTRO, Maria de Fátima; MATEUS, Ricardo . **Estratégia para a incorporação de impactes ambientais, sociais e económicos específicos num método de avaliação da sustentabilidade de edifícios de saúde (HBSA)**. Portugal. 2015. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/40363/1/2228-MFCastro_RMateus_LBraganca_EuroELECS2015.pdf>. Acesso em: 17 setembro 2016

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. **Energia no Brasil e no mundo**. 2016d. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par1_cap2.pdf> . Acesso em: 20 mar. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS). **Aspectos da construção sustentável no Brasil e promoção de políticas públicas**: subsídios para a promoção da construção civil sustentável. 2014a. Disponível em: <<http://www.cbcs.org.br/website/aspectos-construcao-sustentavel/show.asp?ppgCode=31E2524C-905E-4FC0-B784-118693813AC4>>. Acesso em: 26 maio 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS). **Diretrizes de projeto para eficiência energética em edificações**. 2016a. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/comite-tematico/projetos/Atividades%20concluidas/CBCS_CTProjeto%20e%20Energia_Diretrizesde%20eficiencia%20energetica%20em%20edificios.pdf> Acesso em: 26 maio 2016

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Lei nº 10295, de 17 de janeiro de 2001**: dispõe sobre a política nacional de conservação e uso racional de energia e outras providências. Brasília, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10295.htm>. Acesso em: 6 jun. 2016

BRASIL. **Instrução Normativa nº 2, de 4 de junho de 2014**. Disponível em: <<http://www.comprasgovernamentais.gov.br/paginas/instrucoes-normativas/instrucao-normativa-no-2-de-4-de-junho-de-2014>>. Acesso em: 27 set. 2016.

BRASIL. **Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001**: regulamenta a Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e das outras providências. 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2001/D4059.htm>. Acesso em: 9 set. 2016.

BRASIL. Departamento de Desenvolvimento Energético. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. **Plano Nacional de Eficiência Energética**: premissas e diretrizes básicas. 2011. Disponível em: <http://www.orcamentofederal.gov.br/projeto-esplanada-sustentavel/pasta-para-arquivar-dados-dopes/Plano_Nacional_de_Eficiencia_Energetica.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2016.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética–EPE. **Consumo mensal de energia elétrica por classe**. 2016b. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/mercado/Paginas/Consumomensaldeenergiael%C3%A9trica%20por%20classe\(regi%C3%B5esesubistemas\)%E2%80%932011-2012.aspx](http://www.epe.gov.br/mercado/Paginas/Consumomensaldeenergiael%C3%A9trica%20por%20classe(regi%C3%B5esesubistemas)%E2%80%932011-2012.aspx)>. Acesso em: 12 ago. 2016.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética–EPE. **Plano Nacional de Energia 2030**: 2008. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PNE/20080512_6.pdf>. Acesso em: 05 maio 2016.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia– INMETRO (Org.). **Tabelas de consumo/eficiência energética**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>>. Acesso em: 15 maio 2016.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia– INMETRO. **Anexo da Portaria INMETRO Nº 50/2013**: Anexo geral V Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros. 2013. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtosPBE/regulamentos/AnexoV.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2016.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética–EPE. **BEN Balanço Energético Nacional**. 2015. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/default.aspx>>. Acesso em: 19 mar. 2015.

BRASIL. PROCEL. **Relatório de resultados**. 2015. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2015/docs/rel_procel2015_web.pdf?1>. Acesso em: 20 jun. 2016.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia.Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. **Guia para eficiência energética nas edificações públicas**. 2014b. Rio de Janeiro: Cepel, 2014. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/GUIA+EFIC+ENERG+EDIF+PUBL_1+0_12-02-2015_Compacta.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2016.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia Qualidade e Tecnologia – INMETRO. **Condicionadores de ar**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores.asp>>. Acesso em: 26 jun. 2015.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia Qualidade e Tecnologia – INMETRO. **Selos de eficiência energética**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbeSelo.asp>>. Acesso em: 16 out. 2016.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia Qualidade e Tecnologia – INMETRO; Eletrobrás. **Portaria nº 372/2010, nº 17/2012 e nº 299/2013**: regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Port372-2010_RTQ_Def_Edificacoes-C_rev01.pdf>. Acesso em: 19 out. 2016.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia Qualidade e Tecnologia – INMETRO; Eletrobrás. Ministério de Minas e Energia (Org.) **PROCEL**. 2016c. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/>>. Acesso em: 5 abr. 2016.

BRASIL. **Instrução Normativa Nº 2**: Dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional, e uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam retrofit. 2014c. Brasília, 04 jun. 2014. Disponível em: <<http://www.comprasgovernamentais.gov.br/paginas/instrucoes-normativas/instrucao-normativa-no-2-de-4-de-junho-de-2014>>. Acesso em: 11 nov. 2015.

BUENO, Cristiane; ROSSIGNOLO, João. **Análise dos sistemas de certificação ambiental de edifícios residenciais no contexto brasileiro**. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/risco/article/view/83022/86074> >. Acesso em: 22 agosto 2016

CAMPOS, Clarissa Cordeiro de. **Eficiência energética em edifícios hospitalares obtida por meio de estratégias passivas**: estudo da redução do consumo com climatização artificial para arrefecimento do ar em salas de cirurgia. 2013. 369 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

CARLO, Joyce Correna. **Desenvolvimento de metodologia de avaliação da eficiência energética do envoltório de edificações não-residenciais**. 2008. 196 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2008. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/teses/TESE_Joyce_Correna_Carlo.pdf>. Acesso em: 1 maio 2016.

CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **Manual para Aplicação do RTQ-C: comercial, de serviços e públicas**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2016. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/manua_l_rtqc2016.pdf>. Acesso em: 20 out. 2016.

CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA. **Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior**. Disponível em: <<http://www.certificacao-energetica.pt/certificado-energetico-e-da-qualidade-do-ar-interior/>>. Acesso em: 10 agosto 2016

CORREIA, Pedro. **Desempenho térmico e energético de edifícios**. 2015. 336 f. Dissertação (Mestrado) – Sistemas Energéticos Sustentáveis , Universidade de Aveiro, Aveiro - Portugal, 2015. Disponível em: <<file:///C:/Users/Admin/Downloads/Desempenho%20T%C3%A9rmico%20e%20Energ%C3%A9tico%20e%20Edif%C3%ADcios.pdf>>. Acesso em: 1 junho 2016

DGEG, João Bernardo. **Estratégia para a eficiência energética nos edifícios públicos**. Lisboa, 2015. Color. Disponível em: <www.lneg.pt/download/10887/DGEG_REPublic_ZEB_11dez2015.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2016.

EDIFÍCIOS ENERGIA. **Projecto enerbuilding**: uma utilização eficaz da energia pode melhorar as casas e o ambiente. Disponível em: <<http://www.edificioseenergia.pt/media/25472/actualidades%20enerbuilding.pdf>>. Acesso em: 30 agosto 2016

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **Plano nacional de ação para eficiência energética**. Disponível em: <<http://www.pnaee.pt/pnaee>>. Acesso em: 10 ago. 2016

ELETROBRÁS, Instituto Nacional de Metrologia Qualidade e Tecnologia. PBE Edifica. **Programa brasileiro de etiquetagem de edificações**. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

ELETROBRAS (Brasil). **Programas e fundos setoriais**: PROCEL. 2016. Disponível em: <<https://www.eletrobras.com/elb/data/Pages/LUMIS0389BBA8PTBRIE.htm>>. Acesso em: 22 mar. 2016

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ELETROLUX. **Ar Condicionado de Janela 10.000Btus Frio (EM10F)**. Disponível em: <<http://loja.electrolux.com.br/ar-condicionado-de-janela-10000btus-frio-em10f-electrolux/p>>. Acesso em: 11 nov. 2016.

FAUSTINO, Cláudio. **Influência dos Vãos Envidraçados no Desempenho Energético de Edifícios**. 2012. 154 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa - Portugal, 2012. Disponível em: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395144992423/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Final_CFaustino.pdf>. Acesso em: 22 outubro 2016

FEITOSA, Cíntia. **Agora é oficial: 2015 foi o ano mais quente da história**: Combinação de El Niño e mudança climática fez temperaturas 0,13 grau mais altas que recorde de 2014 e 1 grau Celsius mais altas do que a média pré-industrial, confirmam agências. 2016. Disponível em: <<http://www.observatoriodoclima.eco.br/agora-e-oficial-2015-foi-o-ano-mais-quente/>>. Acesso em: 02 out. 2016.

FERREIRA, Joaquim. **Será que a certificação energética e da qualidade do ar interior fomenta a procura da sustentabilidade?** Aplicação ao sector residencial (RCCTE). 2010. 165 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2010. Disponível em: <<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395142079907/Dissertacao%20final.pdf> >Acesso em: 10 setembro 2016.

FLORINDO, José. **O impacto da certificação energética na valorização dos edifícios de escritórios na grande Lisboa**. 2014. 46 f. Dissertação (Mestrado) – Gestão e Avaliação Imobiliária, Lisboa School of Economics and Management- Portugal, 2014. Disponível em: <<http://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/10050/1/DM-JMBF-2014.pdf>>. Acesso em: 10 junho 2016

FUJITSU-GENERAL. **Ar condicionado Split Teto**. Disponível em: <<http://www.fujitsu-general.com/br/products/split/ceiling/abba30lct.html>>. Acesso em: 12 nov. 2016.

GANHÃO, António Miguel Ganhão Dias. **Construção sustentável**: propostas de melhoria da eficiência energética em edifícios de habitação. 2011. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2011. Disponível em: <https://run.unl.pt/bitstream/10362/6890/1/Ganhão_2011.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2016.

GOULART, Solange. **Sustentabilidade nas edificações e no espaço urbano**: técnicas e práticas utilizadas no edifício verde. Santa Catarina: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Ufsc, 2007. 32 p. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV5161_Sustentabilidade_apostila_0_0.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2016.

GONÇALVES, Helder. **LNEG – eficiência energética nos edifícios**. 2010. Disponível em: <<http://energia2020.fc.ul.pt/energia2020/apresentacoes/Helder%20Goncalves.pdf>> . Acesso em: 22 mar 2016

GREENING THE BLUE. **Energy efficiency in buildings**. 2007. Disponível em: <http://www.greeningtheblue.org/sites/default/files/energyefficiencyinbuildings_0.pdf> . Acesso em: 10 julho 2016

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Energy efficiency**. 2016. Disponível em: <<http://www.iea.org/topics/energyefficiency/>>. Acesso em: 1 abr. 2016.

IEA. International Energy Agency. **Energy Policies of IEA Countries: Portugal**. 2016. Disponível em: <(https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Energy_Policies_of_IEA_Countries_Portugal_2016_Review.pdf)>. Acesso em: 09 ago. 2016.

KONIGAMI, TANUSKA R. M. **Eficiência energética em edificações comerciais, de serviços e públicas**. 2011. 185 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Engenharia Elétrica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011. Disponível em: <<http://www.ppgee.eng.ufba.br/teses/99424061e9e771b735f8e7056f6ba3d8.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2016.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LAGES, António Bruno. **Auditoria energética a edifício administrativo RSECE versus EPBD**. 2013. 101 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Sistemas de Energias Renováveis, Instituto Politécnico de Vianna do Castelo, Vianna, Portugal, 2013. Disponível em: <file:///C:/Users/Admin/Downloads/Antonio_Lages.pdf> Acesso em: 10 set. 2016.

LAMBERTS, Roberto *et al.* **Regulamentação de etiquetagem voluntária de nível de eficiência energética de edifícios comerciais e públicos**. 2006. Disponível em: <<http://www.abcm.org.br/app/webroot/anais/encit/2006/arquivos/Juntos/10.PDF>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

LG. **Split Neo Plasma Plus, 9000 Btu/h, 220 V, com ciclo frio**. Disponível em: <<http://www.lg.com/br/ar-condicionado-residencial/lg-TS-C092YJU1-split-neo-plasma>>. Acesso em: 12 nov. 2016.

LOURENÇO, Carla. **Green building: análise da viabilidade financeira da construção de um edifício sustentável**. 2012. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Finanças, ISCTE Business School, Lisboa - Portugal, 2012. Disponível em: <https://repositorio.iscte-iul.pt/bitstream/10071/4633/1/GREEN_BUILDING_an%C3%A1lise%20da%20viabilidade%20financeira%20da%20constru%C3%A7%C3%A3o%20de%20um%20edif%C3%ADcio%20sustent%C3%A1vel.pdf>. Acesso em: 3 out. 2016

LUDVICH, Marcelo. **Análise comparativa da certificação LEED CI versus o selo PBE edifica em edificações comerciais**. 2015. 151 f. Dissertação (Mestrado) – Desenvolvimento de Tecnologia, Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, Curitiba, 2015. Disponível em: <<file:///C:/Users/Admin/Downloads/ANALISE-COMPARATIVA-DA-CERTIFICA%C3%87%C3%83O-LEED-CI-VERSUS-O-SELO-PBE-EDIFICA-EM-EDIFICA%C3%87%C3%95ES-COMERCIAIS.pdf>> Acesso em: 17 set. 2016.

MACEDO, Maria Luís de Azevedo. **Análise comparativa dos processos de certificação energética de edifícios existentes aplicados na União Européia**. 2009. 178 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Porto, Mestrado em Engenharia Civil. Porto, 2009. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/59684/1/000136597.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2016.

MARQUES, Andrews Delabona; SOARES, Eduardo Felipe Anastacio. **Estudo comparativo da aplicação do selo procel edifica para residências unifamiliares frente aos principais selos de certificação energética utilizados no Brasil**. 2013. 154 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Industrial Elétrica/eletrotécnica, Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3225/1/CT_COELE_2013_2_20.pdf. Acesso em: 07 nov. 2015

MARTÍN, Blanca. **Comparação de consumo energético em edifícios sustentáveis**. 2011. 81 f. Dissertação (Graduação) – Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville - SC, 2011. Disponível em: < <http://docplayer.com.br/16253152-Universidade-do-estado-de-santa-catarina-centro-de-ciencias-tecnologicas-departamento-de-engenharia-de-producao-e-sistemas-blanca-paula-torres-martin.html>>. Acesso em: 1 jun. 2016

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Construção sustentável**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/construcao-sustentavel>>. Acesso em: 2 jun. 2016.

OLIVEIRA, Mariela Cristina; VALADARES, Nathalia; AMORIM, Livia. **Aplicação do conceito do selo procel edifica em edificações do campus de Palmas/UFT**. 2015. Universidade Federal do Tocantins – UFT. Palmas, Tocantis. Disponível em:<<file:///C:/Users/Admin/Downloads/966-8443-3-PB.pdf>>. Acesso em: 06 abr.2016.

PARLAMENTO EUROPEU E O CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. **Directiva 2002/91/CE. 16 de dezembro de 2002**: relativa ao desempenho energético dos edifícios (**EPBD**). Jornal Oficial da União Europeia, N.º 91, 2003.

PARLAMENTO EUROPEU E O CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. **Directiva 2010/31/CE. 19 de maio de 2010**: relativa ao desempenho energético dos edifícios (**EPBD**). Jornal Oficial da União Europeia, N.º 31, 2010.

PASSOS, Priscilla Nogueira Calmon de. A conferência de Estocolmo como ponto de partida para a proteção internacional do meio ambiente. **UNIBRASIL: Revista Direitos Fundamentais e Democracia**-ISSN 1982-0496. 2009. v. 6. Disponível em: <<http://www.egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/18-19-1-pb.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 16.

PEDROSA, Ana Isa. **Certificação energética em edifícios de habitação existentes:** caso de estudo no Concelho de Leiria. 2009. 106 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Engenharia Civil, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal, 2009. Disponível em: <https://repositorio.utad.pt/bitstream/10348/356/1/msc_aimpedrosa.pdf> Acesso em: 10 jul. 2016.

PEREIRA, Cláudia Donald; LAMBERTS, Roberto; GHISI, Eneidir (Ed.). **Nota técnica referente aos níveis mínimos de eficiência energética de condicionadores de ar no Brasil.** Florianópolis: Cb3e, 2013. Disponível em: <<http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/nota-tecnica-niveis-minimos-ar-condicionado.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2016.

PORTUGAL, Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável – BCSD. **Eficiência Energética em Edifícios.** 2007. Disponível em: <<http://www.bcsdportugal.org/wp-content/uploads/2013/11/publ-2007-Eficiencia-energetica-em-edificios.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2016.

PORTUGAL. Decreto-Lei n.º 79/2006. 4 de abril de 2006: aprova o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE). **Diário da República**, nº 79, 2006a.

PORTUGAL. Decreto-Lei n.º 80/2006. 4 de abril de 2006: aprova o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). **Diário da República**, nº 80, 2006b.

PORTUGAL. Decreto-Lei n.º 78/2006. 4 de abril de 2006: aprova o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE). **Diário da República**, nº 78, 2006c.

PORTUGAL. Decreto-Lei nº 118/2013. 20 de agosto de 2013: aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços. **Diário da República**, série 1, nº 159, 2013a.

PORTUGAL. Portaria n.º 349-D/2013. 2 de dezembro de 2013: aprova o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). **Diário da República**, 1.ª série, nº 233, 2013b.

PORTUGAL. Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013. 10 de abril de 2013: aprova o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética para o período 2013-2016 e o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis para o período 2013-2020. **Diário da República**, 1.ª série, nº 70, 2013c.

PROCEL. Eletrobras. Ibam. **Manual de prédios eficientes em energia elétrica**. 2002. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Manual%20de%20Predios%20Ef%20En%20E-Ieletrobras_Procel-02.pdf>. Acesso em: 29 maio 2016.

ROMAN, Leila Maria. **Análise térmica e energética de uma edificação comercial visando conforto térmico e redução da demanda de energia elétrica**. 2013. 124 f. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Mecânica, Universidade do Vale dos Sinos, São Leopoldo- Rio Grande do Sul, 2013. Disponível em: <<http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/3428/Leila%20Maria%20Tamanini%20Roman.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 10 out. 2016.

SILVA, Bruna Paula. **Análise da eficiência energética conforme o Manual RTQ-C PROCEL EDIFICA: Um estudo de caso do Ministério Público do Trabalho de Campo Mourão- PR**. 2015. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.

UNITED NATIONS. United Nations Environment Programme – UNEP. **Avaliação de políticas públicas para redução da emissão de gases de efeito estufa em edificações**. 2009. São Paulo, SP. Disponível em: <www.cbcs.org.br/userfiles/comitestematicos/.../UNEP_capa-miolo-rev.pdf>. Acesso em: 11 out. 2016.

VIEIRA, Luciana Alves; BARROS FILHO, Mauro Normando Macêdo. **A emergência do conceito de arquitetura sustentável e os métodos de avaliação do desempenho ambiental de edificações**. Dez. 2009. Disponível em: < file:///C:/Users/Admin/Downloads/55-163-1-PB.pdf86074 >. Acesso em: 22 ago. 2016

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

WIKIPEDIA. **Absortância**. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Absortância>>. Acesso em: 16 jun. 2016

WIKIPEDIA. **Transmitância térmica**. Disponível em: <https://es.wikipedia.org/wiki/Transmitancia_térmica>. Acesso em: 16 jun. 2016.

ANEXOS

Anexo I – Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPII) – Método das atividades do edifício

Anexo II – Características técnicas – Ar condicionado *slipt*

Anexo I

Ambientes/Atividades	Limite do Ambiente		DPIL Nível A (W/ m ²)	DPIL Nível B (W/ m ²)	DPIL Nível C (W/ m ²)	DPIL Nível D (W/ m ²)
	K	RCR				
Armazém, Atacado						
Material pequeno/leve	0,8	6	10,2	12,24	14,28	16,32
Material médio/volumoso	1,2	4	5	6	7	8
Átrio - por metro de altura						
até 12,20 m de altura	-	-	0,3	0,36	0,42	0,48
acima de 12,20 m de altura	-	-	0,2	0,24	0,28	0,32
Auditórios e Anfiteatros						
Auditório	0,8	6	8,5	10,2	11,9	13,6
Centro de Convenções	1,2	4	8,8	10,56	12,32	14,08
Cinema	1,2	4	5	6	7	8
Teatro	0,6	8	26,2	31,44	36,68	41,92
Banco/Escritório - Área de atividades bancárias						
	0,8	6	14,9	17,88	20,86	23,84
Banheiros						
	0,6	8	5	6	7	8
Biblioteca						
Área de arquivamento	1,2	4	7,8	9,36	10,92	12,48
Área de leitura	1,2	4	10	12	14	16
Área de estantes	1,2	4	18,4	22,08	25,76	29,44
Casa de Máquinas						
	0,8	6	6	7,2	8,4	9,6
Centro de Convenções - Espaço de exposições						
	1,2	6	15,6	18,72	21,84	24,96
Circulação						
	<2,4 m largura		7,1	8,52	9,94	11,36
Comércio						
Área de vendas	0,8	6	18,1	21,72	25,34	28,96
Pátio de área comercial	1,2	4	11,8	14,16	16,52	18,88
Provador	0,6	8	10,2	12,24	14,28	16,32
Cozinhas						
	0,8	6	10,7	12,84	14,98	17,12
Depósitos						
	0,8	6	5			
Dormitórios – Alojamentos						
	0,6	8	4,1	4,92	5,74	6,56
Escadas						
	0,6	10	7,4	8,88	10,36	11,84
Escritório						
	0,6	8	11,9	14,28	16,66	19,04
Escritório – Planta livre						
	1,2	4	10,5	12,6	14,7	16,8
Garagem						
	1,2	4	2	2,4	2,8	3,2
Ginásio/Academia						
Área de Ginástica	1,2	4	7,8	9,36	10,92	12,48
Arquibancada	1,2	4	7,5	9	10,5	13
Esportes de ringue	1,2	4	28,8	34,56	40,32	46,08
Quadra de esportes – classe	1,2	4	7,8	9,36	10,92	12,48

4						
Quadra de esportes – classe 3	1,2	4	12,9	15,48	18,06	20,64
Quadra de esportes – classe 2	1,2	4	20,7	24,84	28,98	33,12
Quadra de esportes – classe 1	1,2	4	32,4	38,88	45,36	51,84
Hall de Entrada- Vestíbulo	1,2	4	8	9,6	11,2	12,8
Cinemas	1,2	4	8	9,6	11,2	12,8
Hotel	1,2	4	8	9,6	11,2	12,8
Salas de Espetáculos	0,8	6	8	9,6	11,2	12,8
Hospital						
Circulação	<2,4 m largura		9,6	11,52	13,44	15,36
Emergência	0,8	6	24,3	29,16	34,02	38,88
Enfermaria	0,8	6	9,5	11,4	13,3	15,2
Exames/Tratamento	0,6	8	17,9	21,48	25,06	28,64
Farmácia	0,8	6	12,3	14,76	17,22	19,68
Fisioterapia	0,8	6	9,8	11,76	13,72	15,68
Sala de espera, estar	0,8	6	11,5	13,8	16,1	18,4
Radiologia	0,8	6	14,2	17,04	19,88	22,72
Recuperação	0,8	6	12,4	14,88	17,36	19,84
Sala de Enfermeiros	0,8	6	9,4	11,28	13,16	15,04
Sala de Operação	0,8	6	20,3	24,36	28,42	32,48
Quarto de pacientes	0,8	6	6,7	8,04	9,38	10,72
Suprimentos médicos	0,8	6	13,7	16,44	19,18	21,92
Igreja, templo						
Assentos	1,2	4	16,5	19,8	23,1	26,4
Altar, Coro	1,2	4	16,5	19,8	23,1	26,4
Sala de comunhão - nave	1,2	4	6,9	8,28	9,66	11,04
Laboratórios						
para Salas de Aula	0,8	6	10,2	12,24	14,28	16,32
Médico/Ind./Pesq.	0,8	6	19,5	23,4	27,3	31,2
Lavanderia	1,2	4	6,5	7,8	9,1	10,4
Museu						
Restauração	0,8	6	11	13,2	15,4	17,6
Sala de exibição	0,8	6	11,3	13,56	15,82	18,08
Oficina – Seminário, cursos	0,8	6	17,1	20,52	23,94	27,36
Oficina Mecânica	1,2	4	6	7,2	8,4	9,6
Quartos de Hotel	0,8	6	7,5	9	10,5	13
Refeitório	0,8	6	11,5	13,8	16,1	18,4
Restaurante- salão	1,2	4	9,6	11,52	13,44	15,36
Hotel	1,2	4	8,8	10,56	12,32	14,08
Lanchonete/Café	1,2	4	7	8,4	9,8	11,2
Bar/Lazer	1,2	4	14,1	16,92	19,74	22,56
Sala de Aula, Treinamento	1,2	4	10,2	12,24	14,28	16,32

ANEXO

Sala de espera, convivência	1,2	4	6	7,2	8,4	9,6
Sala de Reuniões, Conferência, Multiuso	0,8	6	11,9	14,28	16,66	19,04
Vestiário	0,8	6	8,1	9,72	11,34	12,96
Transportes						
Área de bagagem	1,2	4	7,5	9	10,5	12
Aeroporto – Pátio	1,2	4	3,9	4,68	5,46	6,24
Assentos - Espera	1,2	4	5,8	6,96	8,12	9,28
Terminal - bilheteria	1,2	4	11,6	13,92	16,24	18,56

Anexo II

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Tensão, Frequência, Fases (V, HZ, Ø)	220/60/1
Potência de Refrigeração (W)	820
Corrente de Refrigeração (A)	3.9
EER (Btu/h.W)	3.22
Classificação Energética	A
Vazão de Ar (Interno Max) m ³ /min	6.5
Vazão de Ar (Externo Max) m ³ /min	18
Desumidificação (l/h)	1.1