48 - Análise da Norma de Eficiência Energética Alemã EnEV 2007 e Apresentação de Possíveis Contribuições para o Caso Brasileiro

Analysis of the German Efficient Energy Standard EnEV 2007 and Presentation of Possible Contributions to the Brazilian Case.

CUNHA, Eduardo Grala da (1); VAUPEL, Karin (2); LÜCKING, Rolf-Michael (3)

(1) Doutor, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Curso de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de Passo Fundo, Brasil – egcunha@upf.br – bolsista CNPq

(2) Doutor, Architekturfakultät, Energie und Umwelt, Universität Kassel, Alemanha

karin@uni-kassel.de

(3) Doutor, Architekturfakultät, Energie und Umwelt, Universität Kassel, Alemanha

lueking@uni-kassel.de

Resumo

O Brasil tem avançado nos últimos anos no que diz respeito à normatização do desempenho térmico das edificações. Um exemplo latente destes avanços foi a publicação da Norma NBR 15220. Nos próximos meses deverá também ser aprovado o projeto de norma PNBR 02.126.01, o qual regulamentará o desempenho térmico, acústico, entre outros aspectos, de edificações de até 5 pavimentos. Indo de encontro à esse contexto de normatização, no trabalho apresenta-se a caracterização da norma de eficiência energética alemã, EnEV, já com as alterações implementadas em 2007, e discutem-se as possíveis contribuições para o caso brasileiro. O artigo é o resultado de uma pesquisa bibliográfica, baseada na análise da prescrição normativa EnEV 2007 e de bibliografias desenvolvidas pela GRE - *Gesellschaft für Rationelle Energieverwendung* (Sociedade para o Uso Racional da Energia), objetivando o entendimento do cunho de desempenho e não prescritivo das observações normativas alemãs. Inicialmente, apresenta-se a regulamentação com uma abordagem mais generalista, caracterizando o contexto normativo, e posteriomente, são detalhados os conceitos mais importantes. No final do artigo são propostos aspectos quer podem ser instrumentos de discussão no âmbito da normatização de desempenho térmico e eficiência energética das edificações brasileiras.

Palavras-chave: Normatização; Nomas de Desempenho Térmico; Normas de Eficiência Energética; Normas DIN, EnEV 2007.

Abstract

In the last years Brazil has advanced in terms of the standardization of the thermal performance of buildings. An example of this was the publication of the NBR 15220 Standard, in 2005. In the next few months the standard project PNBR 02.126.01 should be enacted. It will define the thermal and acoustic performance in addition to other aspects in buildings up to five floors in height. Within this context of standardization, the characterization of the German energetic efficiency standard EnEV is presented in this paper, with the changes that were implemented in 2007, and its possible

contributions for the Brazilian case are discussed. The paper is the result of a bibliographical research, based on the analysis of the normative prescription EnEV 2007, as well as bibliographies developed by GRE, Gesellschaft für Rationelle Energieverwendung (Society for the Rational Use of Energy), aiming at the understanding of the performance but not prescriptive aspects of the German standard observations. Initially, regulations with a more generalistic approach are presented, characterizing the normative context, and subsequently, more important concepts are detailed. At the end of the paper, some aspects are proposed that can be instruments of discussion in the scope of the thermal performance standardization and energetic efficiency of Brazilian buildings.
Keywords: *Standardization; Thermal Performance Standards; Energetic Efficiency Standards, DIN Standards, EnEV 2007.*

Introdução

Dentro do contexto das mudanças climáticas, discute-se na atualidade, a economia de energia das edificações como uma das formas mais efetivas de redução de emissão de CO_2 na atmosfera. Em agosto de 2007 o chefe do secretariado de Mudança Climática da ONU (Organização das Nações Unidas), Sr. Yvo de Boer, afirmou que a eficiência energética é o meio mais promissor de reduzir os gases do efeito estufa a curto prazo.

O Brasil já iniciou a sua caminhada no sentido da normatização das edificações objetivando um melhor desempenho térmico e por conseguinte uma melhor eficiência energética. Os primeiros passos concretizados com a NBR 15220 e o projeto de Norma PNBR 02.126.01 são o início de uma longa jornada. A aprovação recentemente pelo Ministério de Minas e Energia da Regulamentação de eficiência energética para edifícios comerciais e públicos foi também um importante passo no sentido da mudança de paradigma no mercado da construção civil brasileira no que diz respeito è Eficiência Energética.

Os exemplos de países da Comunidade Européia como a França e Alemanha por exemplo, podem ser referências para futuros desenvolvimentos da normatização Brasileira. A Alemanha em particular, tem obtido excelentes resultados no que tange a economia de energia oriunda do consumo das edificações. Em torno de 29% da energia consumida na Alemanha é oriunda do setor de habitação, o qual por sua vez possui 49% do seu consumo caracterizado pelo aquecimento. Entre 1990 e 2004, ou seja, 2 anos posteriores a aprovação da primeira versão da EnEV (Lei de economia de energia) o país reduziu em 15% a emissão de CO_2, entre outras razões também, pelo aumento da eficiência das edificações e dos equipamentos de ventilação, refrigeração e aquecimento. Com a assinatura do Protocolo de Kyoto os países industrializados comprometeram-se em reduzir a suas emissões de CO_2 entre 2008 e 2012 em 5,2%, considerando as emissões de 1990 como referência. O governo alemão definiu como meta a redução em até 2005 de 25% das emissões de CO_2. Apesar do esforço alemão o objetivo não foi alcançado, mas ainda assim, os resultados estão bem acima da meta do protocolo de Kyoto. A prescrição normativa alemã deu um novo e decisivo passo na nova versão de 2007, quando da concretização da certificação energética para todas as construções. As edificações mais antigas, onde são encontrados os maiores problemas de eficiência energética, ao serem alugadas ou vendidas devem ter a certificação digital, ou seja, devem também estar adequadas à

prescrição normativa EnEV. Dentro desse contexto o artigo objetiva analisar a Lei Alemã de Economia de Energia – EnEV 2007, *Energieeinsparverordnung*, e verificar as possíveis contribuições para o caso brasileiro. Inicialmente é caracterizada a metodologia de trabalho, posteriormente, apresentam-se os aspectos gerais da prescrição normativa alemã com ênfase às edificações residenciais.

Metodologia

O trabalho apresentado são os primeiros resultados de uma pesquisa bibliográfica realizada durante o primeiro, segundo e terceiro meses de estágio Pós-doutoral, dezembro de 2007, janeiro e fevereiro de 2008 no departamento de Energia e Meio Ambiente da Faculdade de Arquitetura da Universidade de Kassel, Alemanha. O problema de pesquisa é definido pela seguinte questão: como a experiência alemã no que diz respeito à eficiência energética das edificações pode ser aproveitada no caso brasileiro, considerando: o contexto social, político e econômico de implantação; os aspectos técnicos; e a implantação da norma.

Para a análise do contexto social, político e econômico de implantação foram utilizadas as bibliografias da GRE, caracterizada como uma das instituições que conduzem as discussões sobre o tema Eficiência Energética na Alemanha. Para a análise dos aspectos técnicos foram consultadas a própria prescrição normativa *Energieeinsparverordnung* EnEV 2007, algumas normas DIN caracterizadas nas referências bibliográficas, como também o material didático do curso de Especialização *Rationelleenergienutzung* (uso racional de energia), ministrado na Uni-Kassel, que objetiva a formação de consultores na área de eficiência energética das edificações. Foram também realizadas simulações da necessidade de aquecimento em uma edificação no sul do Brasil, em Porto Alegre, com 80 m^2, dois dormitórios e um pavimento, considerando a adaptação do modelo alemão ao contexto so sul do Brasil.

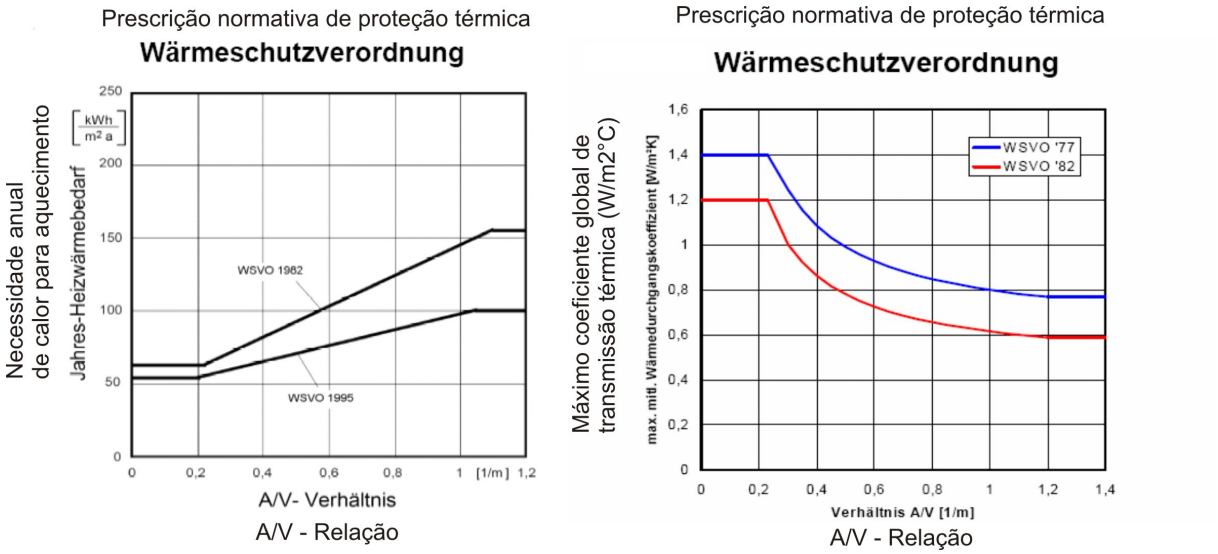
Energieeinsparverordnung - EnEV 2007 – Aspectos Gerais

Aspectos históricos das normativas de eficiência enegética na Alemanha

Em 1976 foi aprovada a primeira prescrição normativa alemã de desempenho térmico das edificações, caracterizada como “Lei de economia de energia”. A proposta inicial foi definida com base na relação entre a área útil e o volume da edificação, caracterizando o índice de compacidade (A/V). Definido o índice de compacidade caracterizava-se o coeficiente global de transmissão térmica máximo na envolvente da edificação.

As alterações normativas de 1982, 1989 e 1994, foram consecutivamente trazendo um aumento de performance para o desempenho térmico das edificações. A partir de 1982 a norma passa a ser de desempenho, caracterizando-se a necessidade de aquecimento - energia necessária para aquecer o ambiente e a água para consumo. Nas novas prescrições normativas de 1982, 1989 e 1994 foram aumentadas as exigências quanto às características de isolamento da envolvente como também foram determinandas as características necessárias para os sistemas de aquecimentos: dimensionamento dos equipamentos segundo às necessidades; isolamento térmico para

aquecedores, caldeiras, e tubulação; e instalação de controle e regulação térmica. Os gráficos 1 e 2 apresentam uma análise comparativa entre as normas de 76, 82 e 94.



Gráficos 1 e2 – Análise das prescrições normativas alemãs de 1976, 1982 e 1994 – aumento da eficiência / Fonte: adaptado e traduzido de Maas (2007)

Em 1994 a Comunidade Européia fixou aspectos de economia de energia a serem seguidos, os quais norteariam as novas normas européias, caracterizadas como “Eficiência energética plena nas edificações”. Os aspectos considerados foram os seguintes: método de cálculo totalmente otimizado para a quantificação energética dos edifícios; definições de padrões energéticos nacionais mínimos para as novas construções; definições de padrões para áreas existentes e processos de modernização; inspeções regulares em aquecedores e aparelhos de ar condicionado; e comprovação energética (etapa de execução e também para edifícios existentes). Segundo a GRE (2002, p.15) o próximo passo foi considerar mais aprofundadamente a influência dos equipamentos no cálculo da necesssidade de energia como também a incorporação no processo de quantificação energética da definição do conceito de energia primária – por intermédio da qual passou-se a considerar a extração, transformação e transporte da energia no balanço energético das edificações. A nova normativa EnEV 2002 passou a ser um instrumento de projeto, não mais apenas um processo de comprovação. O novo ponto principal da EnEV 2007 foi a comprovação energética, que deixou de ser apenas para novas edificações, e passou a ser cobrada também para edificações existentes, segundo um cronograma relacionado à idade das edificações como também à venda e ao aluguel das mesmas. Um segundo aspecto inovativo da EnEV 2007 foi o balanço energético para edificações não residenciais, considerando mais aprofundadamente as diferentes condições de uso, observando a iluminação, refrigeração e aquecimento, como também as condições microclimáticas desejadas no espaço interior.

Conceitos básicos da norma EnEV 2007

Para entender a prescrição normativa é necessário inicialmente compreender as variáveis presentes no balanço energético da edificação. A prescrição normativa define a energia primária máxima anual

por unidade de área para as edificações residencias e não residenciais, apresenta o processo de cálculo e exigências construtivas a serem respeitadas. A energia primária (Q_p) é caracterizada como energia necessária para manter a ambiência do espaço interior compatível com as condições de conforto prescritos na norma e caracterizadas mais a frente, somada à energia perdida considerando o funcionamento dos sistemas, mais a energia necessária para o aquecimento da água de consumo, mais as perdas pela ventilação e transmissão, considerando ainda, os ganhos provenientes da radiação solar e do uso do ambiente, somada à energia necessária para o ganho, transformação e transmissão da fonte energética. A equação 6 exemplifica à definição apresentada.

Dentro do contexto da energia primária estão presentes a necessidade de aquecimento no inverno e de refrigeração no verão. A variável calor necessário para o aquecimento é caracterizada como a energia necessária para manter a temperatura desejada do ar interior no período de inverno (Q_h). A variável energia necessária para o aquecimento (Q_w), destina-se ao aquecimento da água de consumo. A necessidade de energia final é definida como a soma de Q_w, Q_h e da energia perdida no funcionamento do sistema (aquecimento e manutenção). Dentro do balanço energético estão ainda presentes os ganhos de calor considerando o uso do ambiente, iluminação artificial, equipamentos (Q_i), e a radiação solar direta (Q_s). As perdas de calor por transmissão e ventilação são caracterizadas por H_T e H_v. A figura 1 apresenta esquematicamente as variáveis descritas.

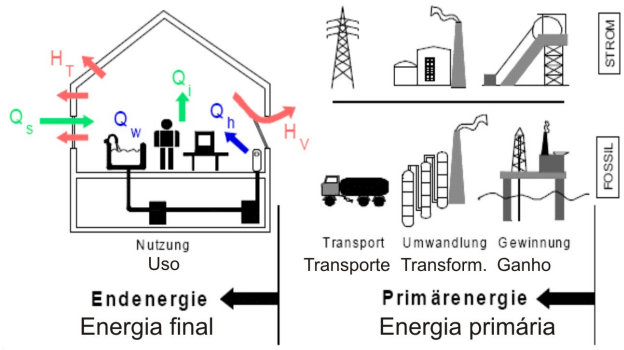


Figura 1 – Variáveis presentes no balanço energético da edificação / Fonte: adaptado e traduzido de Maas (2007)

Energia final e energia primária

Calor necessário para o aquecimento

Neste item é apresentado de forma resumida o processo de cálculo, objetivando possibilitar a compreensão geral da prescrição normativa. A primeira etapa na definição da energia final é o cálculo do calor necessário para manter a ambiência do espaço interior compatível com a prescrição normativa. Para isso utiliza-se o chamado processo de balanço mensal, indicado quando a superfície transparente é inferior a 30% da fachada. A equação 01 caracteriza o balanço mensal, que nada mais é do que a diferença entre as perdas por trasmissão e ventilação e os ganhos pelo uso do espaço interior e pela radiação solar.

$$Q_h,H_P = F_{GT}\,(H_T + H_V) - \eta_{HP}(Q_S + Q_i) \qquad \text{(eq.1)}$$

Q_h, H_P – necessidade de calor para aquecimento (kWh/a);

F_{GT} - fator grau-dia (F_{GT}=66 kKh);

H_T – perdas de calor específicas por transmissão (W/K);

H_V – perdas de calor pela ventilação (W/K);

η_{HP} – grau de utilização para ganhos térmicos (η_{HP}=0,95);

Q_S – ganho solar (kWh/a);

Q_i – ganho térmico interno (kWh/a).

As perdas de calor por transmissão (H_T) são calculadas por intermédio da equação 2.

$H_T = \Sigma (F_{x,i} . U_i . A_i) + \Delta U_{WB} . A$ (eq.2)

F_x - fator de correção da temperatura (varia de 0,5 a 1 – relacionado às diferentes superfícies da edificação e diferentes temperaturas do contexto exterior ao compartimento);

U_i – coeficiente global de transmissão térmica (Wh/m^{2}K);

A_i – área da superfície (m^2);

ΔU_{WB} – pontes de calor (partes da edificação em contato com o contexto exterior sem isolamento adequado – ΔU_{WB} = 0,10 W/(m²K) sem comprovação, ΔU_{WB} = 0,05 W/(m²K) com comprovação segundo a DIN 4108, parte 2 e ΔU_{WB} < 0,05 W/(m²K) com comprovação detalhada).

As perdas pela ventilação natural (H_V) são caracterizadas pela equação 3.

$H_V = 0,16$ ou $0,19 . n . V$ (eq.3)

n – índice de troca de ar (n = 0,7 h^{-1} sem comprovação, n = 0,6 h^{-1} com comprovação da estanqueidade do edifício, ventilação da janela (insulflamento e exaustão), n = 0,55 h^{-1} com comprovação da estanqueidade da edificação com exaustão do ar);

V – volume do local (m^3).

O limite para a taxa de ventilação natural é de 3 e para ventilação mecânica é de 1,5.

O ganho solar (Q_S) e o ganho pela utilização do espaço são caracterizados pelas equações 4 e 5.

$Q_S = \Sigma (I_j . 0,567 . A_{W,i} . g_i)$ (eq.4)

I_j - radiação solar;

- sul: 270 kWh/(m²a); leste e oeste: 155 kWh/(m²a); norte: 100 kWh/(m²a);
- telhado (inclinação < 30°: 225 kWh/(m²a));

$A_{W,i}$ – área da janela (m^2);

g_i – fator solar do vidro.

$Q_i = 22 . A_N$ (eq.5)

A_N – área útil da edificação (m^2).

Com base na definição do calor necessário para o aquecimento dos espaços interiores é possível calcular o calor necessário para o aquecimento da água de consumo, como também a necessidade de energia primária, caracterizada na equação 6.

$Q_P = (Q_h + Q_{tw}) e_P$ (eq.6)

Q_P – necessidade de energia primária (kWh/m^{2}a);

Q_h – necessidade de calor de aquecimento (kWh/a);

Q_{tw} - necessidade de calor para água quente de consumo (Qtw = 12,5 kWh/m²a);

e_P – número empregado para o (coeficiente) equipamento.

Existem três possibilidades para calcular a energia primária, considerando neste momento a influência dos equipamentos no processo de cálculo: processo com diagrama, com tabela e completo. O processo com diagrama utiliza um valor padrão para analisar a influência dos equipamentos e tubulações no processo; o com a tabela possibilita a utilização de alguns dados do fabricante (produto *standard*); já o processo completo permite a utilização de todos os dados do equipamento segundo o fabricante (geração de calor, tamanho das tubulações,...). O gráfico 4 apresenta a definição do coeficiente dos equipamentos. De posse da área útil a ser aquecida (abscissas), conjuntamente com a necessidade de calor para o aquecimento do espaço interior (ordenadas), é possível determinar o coeficiente dos equipamentos, e por conseguinte, determinar o valor da necessidade de energia primária. O valor encontrado é comparado com o valor máximo permissível para determinada edificação com compacidade "x", conforme tabela 2, (relação A/V – área sobre volume).
É importante ressaltar que a prescrição normativa considera ainda, para o período de verão, um adicional para o cálculo do valor da necessidade de energia primária. Para as edificações residenciais com mais de 30% da área da fachada com superfície transparente é necessária também a comprovação detalhada do desempenho no verão. Para as demais edificações residenciais a energia primária necessária varia de 2,7 a 18,9 KWh/m^2. Considera-se para efeitos de cálculo o valor de 16,2 KWh/m^2 como necessidade de energia primária anual para o resfriamento do ar interior no período de verão.

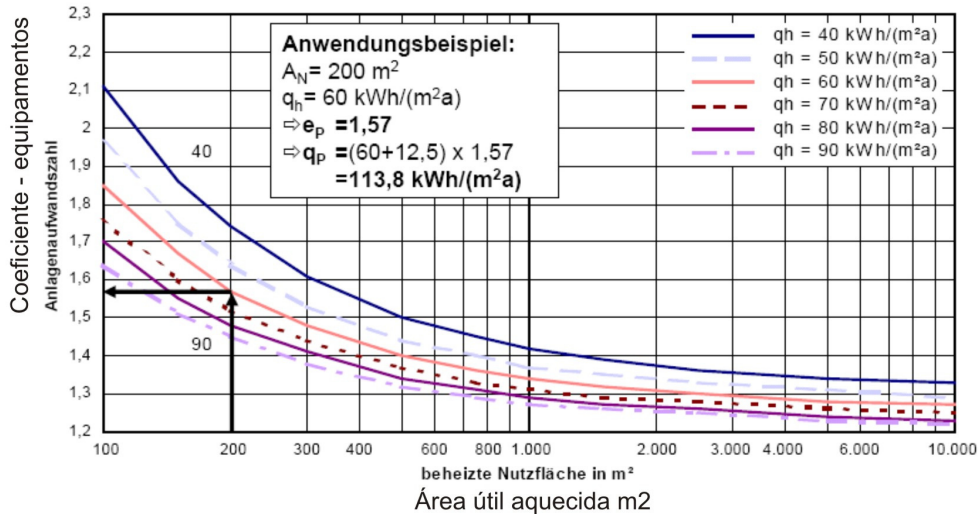


Gráfico 3 – Determinação do coeficiente dos equipamentos / Fonte: adaptado e traduzido de MAAS (2007)

Os princípios básicos de cálculo da prescrição de eficiência energética para edifícios residenciais são definidos pelas normas DIN 4108 parte 6, assim como DIN 4701 partes 10 e 12. De acordo com a DIN 4108 parte 6 são calculadas as perdas por ventilação e transmissão, como também os ganhos solares passivos e os devido as fontes internas de calor. Dessa análise resulta a necessidade de aquecimento (Qh). A necessidade de aquecimento para a água potável é fixada em 12,5 KWh/m^2.

Exigências para edificações residenciais novas e existentes

As exigências presentes na prescrição normativa EnEV 2007 são diferenciadas para edificações residencias e não residenciais, como também para edificações novas e existentes. Em todos os casos é necessária a apresentação da comprovação energética. Os itens 3.4.1 e 3.4.2 apresentam as exigências normativas para edificações residenciais, novas e existentes. As edificações não residenciais não são tratadas neste artigo.

Novas edificações residenciais

O gráfico 4 apresenta de forma esquemática as exigências e a comprovação necessária para edificações residenciais a serem construídas. Como exigências caracterizam-se o cálculo da necessidade de energia primária anual, o cálculo das perdas térmicas por transmissão e a proteção térmica de verão. São exigidas também a verificação da estanqueidade da envolvente e da troca de ar mínima nos ambientes, a minimização e a consideração das pontes de calor no processo de cálculo.

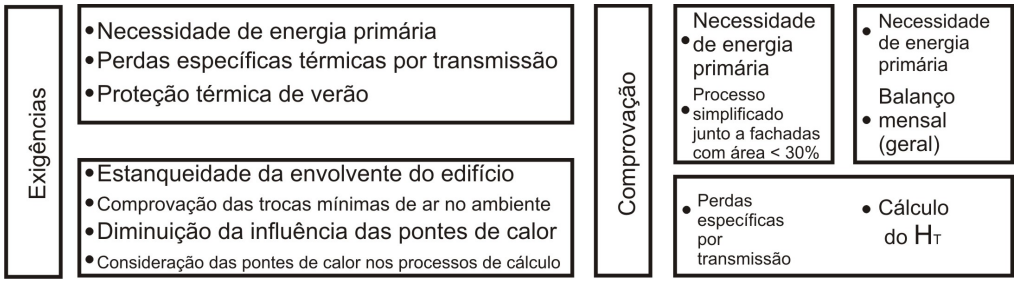


Gráfico 4 – Caracterização das exigências e comprovação da EnEV 2007 para novas edificações residências / Fonte: adaptado e traduzido de Maas (2007)

Os valores de referência para o coeficiente global de transmissão térmica para as diferentes partes da construção são caracterizados na tabela 1. A tabela 2 apresenta a definição dos valores máximos da necessidade de energia primária definidos a partir da compacidade do edifício, ou seja, relação A/V (área/volume). Os estudos realizados pela GRE 2002 e 2007, apresentam a necessidade de energia primária para diferentes configurações arquitetônicas, obviamente, seguindo as prescrições normativas da EnEV 2007. Os edifícios em altura com um índice de compacidade entre 0,2 e 0,5 apresentam uma necessidade de energia primária anual (Q_P) entre 70 e 90 KWh/m^2. Para residências unifamiliares geminadas, normalmente com 2 pavimentos, a Q_P varia entre 90 e 110 KWh/m^2. Para residências unifamiliares isoladas a Q_P varia entre 130 e 145 KWh/m^2.

Tabela 1 - Valores permissíveis dos coeficientes globais de transmissão térmica

Partes da construção	**Edifícios residenciais e zonas de edifícios não residenciais com temperaturas ≥ 19 °C - U max em W/m².K**	**Zonas de edifícios não residenciais com temperatura ≥ 12 °C e ≤ 19 °C - U max em W/m².K**
Paredes externas	U_{AW} **≤ 0,35 até 0,45**	U_{AW} **≤ 0,75**
Janelas e superfícies envidraçadas	U_W **≤ 1,7 e** U_g **≤ 1,5**	U_W **≤ 2,8**
Porta exterior	U_T **≤ 2,9**	U_T **≤ 2,9**
Forros e telhados	U_D **≤ 0,25 até 0,30**	U_D **≤ 0,40**
Forros e paredes em contato com ambientes aquecidos ou com o solo	$U_{U,}$ U_G **≤ 0,40 até 0,50**	Nenhuma exigência

Fonte: traduzido da EnEV (2007)

Tabela 2 - Valores máximos permissíveis para a necessidade de energia primária

Relação A/V_e	**Necessidade de energia primária anual** Q_P ´´ **em KWh/(m²) Relacionada à área útil da edificação**		**Perdas específicas por transmissão relacionadas à envolvente da construção** H_T´ **in W/m².K Edifícios residenciais**
	Edificações residenciais com exceção da coluna 3	**Edificações residenciais com aquecimento da água com fonte elétrica**	
1	**2**	**3**	**4**
≤ 0,2	66,00 + (QTW	83,80	1,05
0,3	73,53 + (QTW	91,33	0,80
0,4	81,06 + (QTW	98,86	0,68
0,5	88,58 + (QTW	106,39	0,60
0,6	96,11 + (QTW	113,91	0,55
0,7	103,64 + (QTW	121,44	0,51
0,8	111,17 + (QTW	128,97	0,49
0,9	118,70 + (QTW	135,50	0,47
1	126,23 + (QTW	144,03	0,45
≥ 1,05	130,00 + (QTW	147,79	0,44
(QTW = 2600/(100 + AN)			

Fonte: traduzido da EnEV (2007)

Edificações existentes

Para edificações já construídas quando da presença de renovações e reformas, e a área modificada, renovada ou substituída ultrapassar 20% da área útil, deverá ser apresentada a certificação energética, e nestes casos, valem as recomendações para novas edificações. Junto a aluguéis e venda de imóveis existentes a necessidade de energia primária anual tem como valor limite 1,4 Q_P das novas edificações.

A EnEV 2007 define também um cronograma de modernização de aquecedores presentes em edificações existentes, como também o isolamento das canalizações de água quente.

Comprovação energética

Como já colocado anteriormente, a partir 1/10/2007 todas as novas construções na Alemanha devem apresentar a comprovação energética. A partir 1/10/2008 para edificações com menos de 5 unidades residenciais com data de solicitação de construção anterior a 1/11/1977, deverá ser apresentada a certificação energética. A partir 1/1/2009 deverá ser apresentada a certificação energética para edificações construídas a partir de 1965. As certificações energéticas provindas da EnEV 2002/2004 e da WSVO 1995 validam-se por 10 anos a partir da apresentação como comprovação energética no senso da EnEV 2007.

Possíveis Contribuições da Norma EnEV 2007 para o Caso Brasileiro

Contexto de implantação técnico

A partir da análise do processo simplificado da EnEV 2007 de determinação da necessidade de energia primária para edificações residenciais, verificou-se, inicialmente, a possibilidade da definição da carga térmica mensal e anual de aquecimento para as edificações residenciais localizadas no sul do país, Q_h, utilizando para isso a metodologia graus-dia. Em decorrência da complexidade do tema, a análise e adaptação da metodologia está caracterizada em um segundo artigo científico. Neste item são descritos aspectos gerais da adaptação do processo. São calculadas, inicialmente, as perdas térmicas unitárias (W/K) por transmissão e ventilação, com o objetivo de definir as perdas médias relacionadas a área útil da edificação (equação 7).

$$h = (H_V+H_T)/A_N \qquad \text{(eq.7)}$$

H_V – perdas térmicas unitárias por ventilação; H_T – perdas térmicas unitárias por transmissão; A_N – Área útil; h – perda térmica unitária relacionada à área construída.

Com base na simulação de diferentes configurações de isolamento térmico da envolvente de edificações localizadas no sul do Brasil, foram determinados dois valores limites para as perdas térmicas unitárias (h > 5 e h < ou = 5), considerando para isso os valores dos coeficientes globais de transmissão térmica de referência para a zona bioclimática 3, de acordo com a NBR 15220. Os valores foram calculados para o contexto Portoalegrense, considerando uma residência de dois quartos, 1 pavimento e com 80 m^2. De posse do valor da perda térmica unitária relacionada à área

construída foi possível definir os valores limites de temperatura interior para a definição do fator numérico do dia (*Tagszahlfaktor*) equações 8 e 9, ou seja, o produto das diferenças de temperatura entre o limite inferior – calculado considerando as perdas por ventilação, transmissão e ganhos térmicos pelo uso do ambiente e radiação solar – e as temperaturas médias horárias. Foram definidas como temperaturas limites 17°C, considerando o PNBR 01.136, 19°C (Givoni) e 20°C (DIN 4108). Neste artigo são apresentados apenas os resultados considerando a temperatura interna de 17°C.

$G_{t\ (h<5)} = \Sigma\ t_{limite}(17, 19 \text{ e } 20°C) - t_{média\text{-}horária} *$ número de ocorrências no mês (eq.8)

$G_{t\ (h>5)} = \Sigma\ t_{limite}(17, 19 \text{ e } 20°C) - t_{média\text{-}horária} *$ número de ocorrências no mês (eq.9)

$G_{T\ (h<5)}$ – Fator numérico do dia para edifícios com h<5; $G_{T\ (h>5)}$ - Fator numérico do dia para h>5.

Com base na definição do *Tagszahlfaktor* foi possível calcular o fator graus-dia e a necessidade de aquecimento "Qh", mensalmente e anualmente, equação 1. A tabela 4 apresenta as características da envolvente das duas configurações testadas. Os gráficos 5 e 6 apresentam a necessidade de calor para o período frio da residência unifamiliar simulada ao longo do ano.

Tabela 4 – Características da envolvente das configurações testadas

Configuração 01 – menor isolamento térmico, Configuração 02 – maior isolamento térmico				
Envolvente	Descrição C01	Descrição C02	Coeficiente global de transmissão térmica (W/m²°C)	
			C01	C02
Paredes externas	Parede em tijolo maciço, 10 cm	Parede em tijolo 6 furos, dupla, 46 cm	3,70	0,98
Telhado	Telha cerâmica e laje de concreto, 10 cm	Telha cerâmica e laje de concreto, 10 cm, 5 cm lã de vidro sobre a laje	1,84	0,62
Piso	Concreto	Em concreto com 1 cm de madeira	5,08	1,81
Janela	Vidro simples 3 mm	Vidro duplo 3 mm + 3mm	5,30	3,36
Porta externa	Em madeira maciça, 5 cm	Em madeira maciça, 5 cm	1,9	1,9

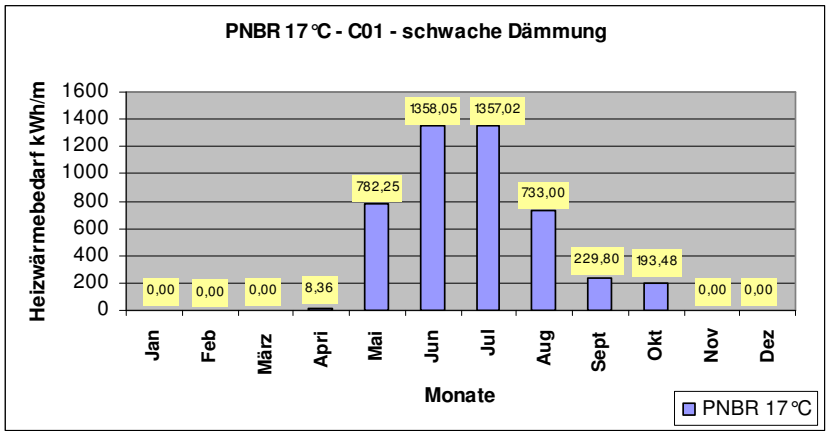


Gráfico 5 – Resultados das simulações, necessidade de aquecimento, configuração 1, temperatura interna mínima 17°C

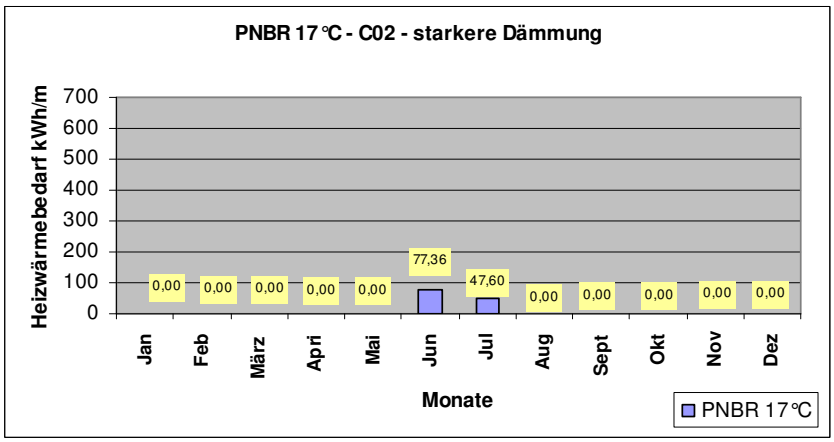


Gráfico 6 – Resultados das simulações, necessidade de aquecimento, configuração 2, temperatura interna mínima 17°C

O primeiro exercício de adaptação da prescrição normativa EnEV 2007 restringiu-se apenas ao cálculo da necessidade de aquecimento. Com relação ao cálculo das energias final e primária é necessário um maior aprofundamento, visto as diferenças da matriz energética alemã e brasileira, como também considerando a diversidade das configurações territoriais de ambos os países. É possível uma adaptação da pescrição normativa ao contexto brasileiro, porém é necessário uma análise mais aprofundada também no que diz respeito ao período quente, considerando os problemas da excessiva acumulação de calor.

Contexto de implantação social-político-econômico

No que tange à *implementação da política de eficiência energética*, verifica-se que a partir da publicação da prescrição legal em 1976, houve um desenvolvimento progressivo das normas DIN e das próprias prescrições subsequentes, culminando com a EnEV 2007, na qual a certificação energética, que já era obrigatória para novas edificações e reformas superiores a 20% da área total construída da edificação, passou a ser necessária segundo um cronograma de implantação para edificações construídas a partir de 1965. O processo de implantação e desenvolvimento normativo

não é estanque. Verifica-se portanto, a necessidade do estabelecimento de um planejamento a médio e longo prazo das transformações normativas brasileiras a serem implementadas nos próximos anos, com as metas das diferentes etapas de implementação definidas claramente.

Ainda no que tange à implementação, um interessante aspecto no caso alemão é a possibilidade da certificação energética ser explorada como variável mercadológica, já que o consumo energético da edificação também passa a ser uma importante variável na escolha da edificação. É possível verificar o contexto do consumo energético da edificação comparando-a com uma *passive House*, ou com o limite máximo de consumo segundo a EnEV 2007. A certificação energética como ferramenta de educação ambiental é uma outra interessante possibilidade a ser explorada no caso brasileiro. Edificações públicas com mais de 1000 m^2 devem apresentar a certificação energética nas dependências da edificação para que os usuários possam observá-la.

A exigência da certificação energética emitida por consultor habilitado na área de eficiência energética das edificações é outro aspecto que deve ser observado. A necessidade da emissão da certificação, e do comprimento das exigências técnicas e construtivas, faz com que o consultor seja parte do processo de desenvolvimento do projeto arquitetônico, ou seja, a certificação energética passa a ser um instrumento de transformação e melhora da qualidade do projeto, e não apenas de análise do contexto existente.

Com relação *aos aspectos técnicos* da prescrição EnEV 2007, mesmo que o contexto físico apresente condições culturais e climáticas complementamente diferenciadas, observa-se que o conceito da necessidade de energia primária anual é uma estratégia muito interessante já que, a partir da definição da variável é possível um entendimento do consumo da edificação analisada e a sua inserção no contexto geral construído. Dentre as alterações previstas para a EnEV nos próximos anos está a consideração das pecularieda des dos diferentes fornecedores de energia, os quais apresentam características específicas quanto aos processos de ganho, transformação e transporte da energia. A consideração da energia final e do fornecimento energético no cálculo da energia primária é também uma característica positiva do contexto alemão. Obviamente, que o processo de cálculo no caso brasileiro deveria enfatizar o contexto da estação quente. Para que fosse possível uma melhor compreensão do processo, seria necessário um estudo mais aprofundado para a definição dos valores de referência e do processo de cálculo da necessidade de energia primária anual.

No que tange a *conjuntura de implantação da norma de eficiência energética* na Alemanha, verifica-se uma relação direta entre a política nacional de economia de energia e a compatibilização com a iniciativa privada. A modernização das edificações alemãs a partir das sucessivas normatizações, considerando 1976 como marco inicial, fez com que uma série de acontecimentos positivos colaborassem para o êxito da implementação da eficiência energética nas edificações. A modernização das edificações, dos equipamentos de refrigeração e aquecimento, o aumento do isolamento térmico das partes construtivas, a maior estanqueidade das edificações, considerando o novo padrão desejado de esquadrias, a maior preocupação com a compacidade das edificações e o uso de estratégias passivas geraram os aspectos mencionados a seguir: menor necessidade de importação de energia; aumento do PIB (modernização de equipamentos de aquecimento e

refrigeração); geração de 300.000 novos empregos; e investimentos de mais 25 milhões de euros entre 2006 e 2009.

O resultado destas medidas aponta para um novo paradigma de implementação de eficiência energética nas edificações, um modelo pautado na economia de energia, aliada à geração de empregos e à sustentabilidade física, social e econômica.

Referências Bibliográficas

DIN 4108-2 - Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz. Berlin: 2003.

DIN V 18599 – Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwasser und Beleuchtung (Teil 1 bis 10). Berlin: 2005.

DIN V 4108-6 - Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarf. Berlin: 2003.

DIN V 4701-10 – Energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen – Teil 10: Diagramme und Planungshilfen für ausgewählte Anlagensysteme mit Standardkomponenten. Berlin: 2003.

DIN V 4701-12 – Energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen – Teil 12: Wärmeerzeuger und Trinkwassererwärmung. Berlin: 2004.

Energiepass für Gebäude Ziele, Erfahrungen und Perspektiven. Disponível em <http://www.gre-online.de/download_center.php>. Acesso em 20 dez. 2007.

GRE. Gesellschaft für Rationelle Energieverwendung E.V. **Energieeinsparung im Wohngebäudebestand. Bauliche und anlagentechnische. Kassel**, Berlin: GRE, 2007.

GRE. Gesellschaft für Rationelle Energieverwendung E.V. **Energieeinsparung 2002**. Kassel, Berlin: GRE, 2002.

MAAS, Anton. Vorlesungsskript. **Die Energieeinsparungsverordnung EnEV 2007 – Wohngebäude**. Kassel, 2007.

Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) vom 24.7.2007, Bundesgesetzblatt, Jahrgang 2007, Teil 1, Nr. 34, S. 1519-1563.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq, que apoiou a realização da pesquisa com uma bolsa de estágio Pós-doutoral no departamento de Energia e Meio Ambiente, da Universidade de Kassel, Alemanha.