

6º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

Análise das Regulamentações de Eficiência Energética para Edificações e a Contribuição dos Gases Combustíveis

AUTORES:

Arthur Henrique Cursino dos Santos
Murilo Tadeu Werneck Fagá
Edmilson Moutinho dos Santos

INSTITUIÇÃO:

Instituto de Eletrotécnica e Energia – Universidade de São Paulo

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 6º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás- 6º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás-ABPG, no período de 09 a 13 de outubro de 2011, em Florianópolis-SC. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 6ºPDPETRO.

Análise das Regulamentações de Eficiência Energética para Edificações e a Contribuição dos Gases Combustíveis

Abstract

The concept of energy efficiency is addressed in a way that identifies the contribution of the natural gas and LP gas to improve the energy efficiency of buildings. Considerations of only the efficiency of technologies employed in the final uses may generate distortions in the identification of options that truly preserve natural resources and minimize environmental impacts, especially when different energy sources are used as primary inputs. The selection of an ample approach is relevant, especially with regard to a comparative analysis between the use of electricity and other energy sources, such as fuel gases. By calculating the consumption of primary energy, we demonstrate that the use of natural gas or LP gas is more efficient than electricity in the process of heating water, even when compared with an equipment that have almost 100% efficient, as the electrical shower.

Introdução

Não diferentemente do restante do mundo, a crise do petróleo da década de setenta causou mudanças significativas na matriz energética do Brasil, que, para reduzir sua dependência externa a esse insumo investiu em uma nova política que contemplou: o fomento da produção de carvão mineral; a intensificação da prospecção de petróleo; o início da exploração da energia nuclear; a expansão do parque hidroelétrico; a realização dos primeiros programas de eficiência energética e ainda, a criação do Programa Nacional do Álcool - Proálcool.

Dentre esses pontos, indubitavelmente, a continuidade à expansão do parque gerador hídrico, através da construção das principais usinas do país, aumentou a oferta e diminuiu o preço da eletricidade no país, tornando a utilização desse energético intensa nos processos térmicos, onde normalmente os combustíveis fósseis é que possuem maior vantagem.

Esse modelo energético sofreu poucas alterações até a década de 90, quando os potenciais hidroelétricos localizados nas proximidades dos grandes centros urbanos se tornaram escassos. Tal escassez gerou dois desdobramentos que merecem destaque: a tendência de expansão da fronteira hidroelétrica para regiões cada vez mais distantes e a diversificação da matriz energética, com aumento da participação do gás natural, através do Programa Prioritário de Termoelétricas (PPT), criado pelo Decreto 3.371 de 24 de fevereiro de 2000.

Ainda na década de noventa foi criado o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET), com objetivo principal de racionalizar o consumo de derivados do petróleo e do gás natural. Alguns anos antes o setor elétrico também criou seu programa de racionalização de eletricidade, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL).

Já no início deste século, mais precisamente em outubro de 2001, foi sancionada a Lei 10.295 de Eficiência Energética, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Cinco anos mais tarde, em 13 de setembro de 2006, foi aprovada uma proposta de

Regulamento Técnico de Edificações, o qual estabelece requisitos para classificação da eficiência energética dos edifícios públicos e de serviços.

Esse Regulamento preliminar, que constituiu a base técnica do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Eficiência Energética em Edificações, tratava basicamente da eficiência na transformação da energia final em útil, sem abordar aspectos do uso da energia de forma mais ampla, e em particular, sem considerar os usos dos gases combustíveis e sua potencialidade em contribuir com o aumento da eficiência energética das edificações. Esse Regulamento foi revisto em 2010, dando origem a Portaria 372 de 20 de setembro de 2010 do Inmetro. Nessa revisão os gases combustíveis foram inseridos, assim como uma avaliação qualitativa da eficiência contida na energia final. O Regulamento para edifícios residenciais também foi aprovado em 2010, através da Portaria 449 de 25 de novembro de 2010.

Apesar dos avanços, ainda existem desafios a serem superados, como a adoção de uma avaliação quantitativa do consumo de energia primária pelas edificações e a inclusão das emissões de gases de efeito estufa. As informações apresentadas neste artigo demonstram como outros países superaram esses desafios e como esses conceitos podem ser aplicados na realidade brasileira.

Metodologia

Foi elaborado um panorama mundial do conceito de eficiência energética para edificações, através da análise das regulamentações de seis países: Alemanha, Brasil, Chile, Estados Unidos, França e Reino Unido.

Para todos estes países, o nível do consumo de energia final é avaliado levando-se em conta um ou mais dos seguintes critérios: características construtivas; avaliação da potência instalada; análise da eficiência dos equipamentos na transformação de energia final em útil; análise da eficiência dos equipamentos na transformação de energia final em útil, a partir da energia útil de referência, definida pela finalidade de uso e localização geográfica da edificação; medição do consumo da edificação comparado com o consumo padrão de uma edificação similar de referência.

As regulamentações analisadas podem ser classificadas em três tipos, de acordo com sua abrangência: restrita, ampliada qualitativa, ampliada quantitativa. Uma regulamentação restrita é aquela que avalia apenas a transformação da energia final em energia útil, como mostra a **Figura 1**; uma regulamentação ampliada qualitativa avalia a transformação da energia final em útil, mas também bonifica ou pune determinados tipos de energéticos; uma regulamentação ampliada quantitativa avalia a transformação da energia primária em útil, através dos fatores de conversão, como mostra a **Figura 2**.

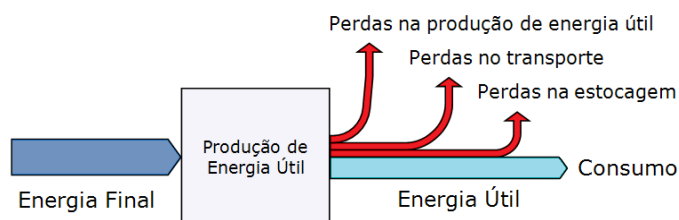


Figura 1 – Análise da eficiência na transformação de energia final em energia útil

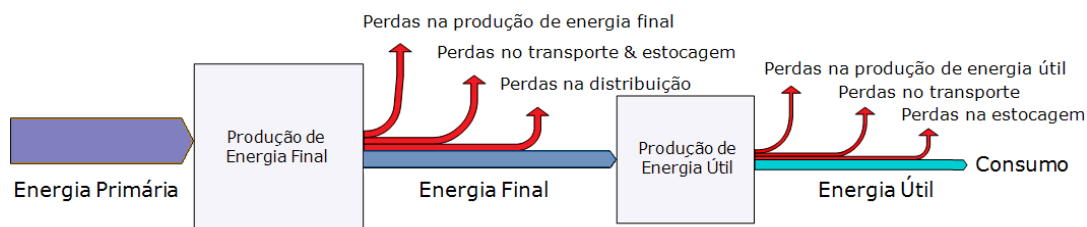


Figura 2: Análise da eficiência na transformação de energia primária em energia útil

Outro aspecto relevante identificado é que, com exceção de Brasil, o consumo de energia final é também associado às emissões de gases de efeito estufa produzidas para a sua disponibilização. O consumo de energia primária para disponibilização da energia final e às emissões de CO₂ são calculados através dos Fatores de Conversão e dos Fatores de Emissão. A **Tabela 1** apresenta a razão entre os fatores da eletricidade e os fatores dos gases combustíveis.

Tabela 1 – Razão entre os Fatores de Conversão/Emissão de energia final em primária da eletricidade sobre os gases combustíveis

País	Razão entre os Fatores de Conversão de Energia Final em Energia Primária	Razão entre os Fatores de Emissão de CO ₂ por tipo de gás combustível
ALEMANHA (EnEV, 2009)	1,87	2,75 (GN)
CHILE (Schiappacasse & Cotapos, 2009)	1,81	1,52 (GN) 1,35 (GLP)
ESTADOS UNIDOS (Energy Stars, 2009)	3,19	3,29 (GN)
FRANÇA (Ministère De L'emploi De La Cohésion Sociale Et Du Logement, 2006)	2,58	0,90 (GN) 0,92 (GLP)
JAPÃO (IBEC, 2008)	2,26	3,05 (<i>Town gas</i>)
PORTUGAL (ADENE, 2006)	3,37	-
REINO UNIDO (Communities, 2008)	-	2,90 (GN) 2,51 (GLP)

Fonte: Elaboração própria

A razão entre os Fatores de Conversão da eletricidade e dos gases combustíveis representa o quanto à utilização da eletricidade consome a mais de recursos em relação aos gases combustíveis. Observa-se que em países como Alemanha e Chile o uso da eletricidade é cerca de 1,8 vezes mais impactante que

a utilização dos gases combustíveis, enquanto nos Estados Unidos essa relação é cerca de 3 vezes mais impactante em termos de consumo de energia primária.

Os Fatores de Emissão de CO₂ seguem praticamente a mesma lógica identificada nos Fatores de Conversão, com exceção da França, onde a utilização da eletricidade emite menos que a utilização dos gases combustíveis devido a origem nuclear que a eletricidade gerada possui. Também existem valores diferenciados para o gás natural (GN) e para o gás liquefeito de petróleo (GLP), sendo que o primeiro possui um fator de emissão um pouco menor quando comparada ao segundo.

Esses fatores são utilizados para identificar qual energético é mais eficiente em termos de consumo de recursos primários e emissões de CO₂ em um mesmo uso final, como, por exemplo, o aquecimento de água e o condicionamento ambiental.

Resultados e Discussões

Um dos riscos identificados nas regulamentações com abordagem restrita e ampliada qualitativa é a possibilidade de favorecimento, em nível nacional, de rotas tecnológicas que não necessariamente promovam um menor consumo de energia primária e, portanto, um menor consumo de recursos.

Na regulamentação brasileira, que é ampliada qualitativa, esse risco é minimizado através de bonificações ou punições atribuídas a determinados processos, equipamentos e/ou energéticos. No caso do aquecimento de água, por exemplo, aquecedores elétricos, apesar de possuírem uma eficiência nominal maior em comparação direta com outros aquecedores a gás, recebem notas baixas (Inmetro, 2010b).

Porém, o grande risco existente nessas regulamentações é a não consideração da qualidade da energia final, que como mostra o item 3.1, pode variar bastante, inclusive em um país como o Brasil, que possui uma matriz de geração de eletricidade predominantemente hidroelétrica.

De forma a considerar o impacto do consumo de energia primária na eficiência das edificações, foi realizado um exercício para se encontrar o valor do fator de conversão brasileiro de energia final em energia primária.

O fator de conversão brasileiro foi baseado na geração de eletricidade através das usinas hidroelétricas, termoeletricas convencionais e termoeletricas nucleares, conectadas ao Sistema Interligado Nacional (SIN). Estimou-se o fator de conversão para os anos de 2008 e 2009 no Brasil, considerando uma eficiência de 100% para o parque hidroelétrico e uma eficiência média de 30% para o parque termoeletrico. O valor encontrado para o fator de conversão brasileiro foi de 1,26 para o ano de 2008 e de 1,15 para o ano de 2009, bem inferior aos demais países pesquisados, como por exemplo, os Estados Unidos que possuem um fator de 3,34 e a França com um fator de 2,58.

Apesar de o fator atual ser baixo em relação aos demais países pesquisados, existe uma previsão de alteração da matriz elétrica brasileira (EPE, 2007). Para avaliar o impacto desta alteração foram feitas estimativas de como o fator deverá variar ao longo das próximas décadas, para isso foram utilizadas as projeções do Plano Nacional de Energia 2030. Tais projeções demonstram que tanto a potência instalada, quanto a produção de eletricidade aumentarão para as termoeletricas a gás natural, carvão e biomassa, assim como a produção de origem nuclear. Com as projeções da EPE foi possível estimar o fator de conversão de energia final em energia primária para o ano de 2030, que será de 1,46, ou seja, sofrerá um acréscimo de 22%.

Em relação às emissões de CO₂ para a geração de eletricidade no Brasil. A média do SIN é muito inferiores às médias mundiais, por exemplo, enquanto o Reino Unido gera 0,5370 tCO₂/MWh, o Brasil gera apenas 0,0246 tCO₂/MWh (MCT, 2010). Apesar de atualmente o fator de emissão brasileiro ser muito inferior aos demais países analisados, deve-se lembrar que esse valor é variável e deverá crescer no futuro, semelhantemente ao fator de conversão da energia. Através das previsões do PNE 2030, estima-se que o fator de emissão subirá para 0,1455 tCO₂/MWh, ou seja, um aumento de 591%.

Conclusões

Os resultados apresentados demonstram que a eletricidade possui qualidade e que essa qualidade pode se deteriorar ao longo do tempo. Neste artigo analisaram-se dois aspectos da qualidade da energia elétrica: a eficiência total (através do cálculo do fator de conversão) e o nível de CO₂ que sua geração emite.

A análise das diferentes regulamentações internacionais demonstrou que não existe um conceito universal de eficiência energética e que as abordagens técnicas de cada política podem ser restritas, ampliadas qualitativas ou ampliadas quantitativas, sendo a primeira abordagem limitada a transformação da energia final em útil e as demais baseadas na avaliação do consumo de energia primária, de forma qualitativa ou quantitativa.

Foram encontrados riscos nas avaliações restritas e ampliadas qualitativas, como a dificuldade de se identificar quais escolhas tecnológicas realmente induzem a um menor consumo de energia primária e consequentemente a um menor consumo de recursos.

Quando a qualidade da eletricidade é levada em conta nas políticas internacionais de eficiência energética para edificações, observa-se que o uso direto dos gases combustíveis apresenta uma vantagem significativa, tanto na eficiência total, quanto nas emissões de CO₂. A análise da qualidade da eletricidade brasileira, e as perspectivas de sua evolução, mostram que os padrões internacionais aplicam-se ao Brasil e que, portanto, o uso dos gases combustíveis como energia final pode contribuir significativamente para a eficiência de uma edificação ao substituir a eletricidade nos processos de aquecimento de água e condicionamento ambiental.

Agradecimentos

Ao apoio da Agência Nacional do Petróleo - ANP, da Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP e do Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT por meio do Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor Petróleo e Gás - PRH-ANP/MCT

Referências Bibliográficas

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Edital de Leilão nº 007/2008, anexo 6D-CC, lote LD-CC.** Disponível em http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/editais_transmissao/documentos/04_LOTE_LD_CC_Madeira.pdf, acessado em abril de 2010.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Produção de Gás Natural, 2000 a 2009.** Atualizado em 08 de fevereiro de 2010.

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. **Norma 90.1 – Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings**. EUA, 2007.

BATISTA, Henrique Gomes. **Energia com data de validade**. Jornal O Globo, São Paulo, 18 abril de 2010.

BRASIL. Decreto n.º 4.059, de 19 de dezembro de 2001, **Regulamenta a Lei n.º 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v. 138, n. 242, p.5. 20 dez. 2001, seção 1.

DEFRA – DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT FOOD AND RURAL AFFAIRS. **Climate Change**. Disponível em <http://www.defra.gov.uk/environment/climate/index.htm>. Reino Unido, 2008.

ECONOMIA E ENERGIA. **Características dos Sistemas Elétricos Integrados do Brasil**. São Paulo, 2005.

ENERGY STARS. **Performance Ratings Technical Methodology**. EUA, 2008.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Nacional de Energia 2030**, 2007, disponível em <http://www.epe.gov.br/PNE/Forms/Empreendimento.aspx>, acessado em novembro de 2009.

GOLDENBERG, J. **Energia e Desenvolvimento**. Estudos avançados, volume 12, n.º. 33. São Paulo, agosto de 1998.

GOVERNO DA FRANÇA, MINISTÈRE DE L'EMPLOI, DE LA COHÉSION SOCIALE ET DU LOGEMENT. **Decreto de 15 de setembro de 2006, relativo ao diagnóstico de eficiência energética para edificações colocadas a venda na França metropolitana**. França, 2006.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Regulamento técnico da qualidade do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos**. Brasília, 2009.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Requisitos técnicos da qualidade para o nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos**. Brasília, 2010a.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética de edificações residenciais**. Brasília, 2010b.

MCT - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Meteorologia e Mudanças Climáticas - Arquivos dos Fatores de Emissão**, 2006-2009, disponível em <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/305499.html#ancora>, acessado em novembro de 2009.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanço Energético Nacional 2010**, ano base 2009. Rio de Janeiro, 2010.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanço de Energia Útil 2005**. Brasília, 2006.

ONS - OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Histórico de Operação - Geração de Energia**, 2006-2009, disponível em http://www.ons.org.br/historico/geracao_energia.aspx, acessado em 24/11/2009.

PEREIRA, Renée; MENDES, Carlos; BAHNEMANN, Wellington; MARQUES, Gerusa. **Leilão de Belo Monte corre risco**. Jornal O Estado de São Paulo, São Paulo, 8 abril de 2010.

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso**. Rio de Janeiro, 2007.

SAUER, I. **Um Novo Modelo para o Setor Elétrico Brasileiro**. Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

STRAPASSON, A. B. **A Energia Térmica e o Paradoxo da Eficiência Energética**. Dissertação apresentada ao Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

TOLMASQUIM, Maurício T. **O Novo Modelo do Setor Elétrico – Resultados e Perspectivas**. Empresa de Pesquisa Energética – EPE. Rio de Janeiro, 23 março de 2009.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. **Heating, Ventilating, and Air Conditioning**. EUA, 2009.

WBCSD – World Business Council for Sustainable Development – **Energy Efficiency in Buildings**. Suíça, 2008.