

ESTUDOS SOBRE A ENERGIA ELETRICA, EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E A SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL.

BOMBONATO, Fabiele Aparecida¹
NOGUEIRA, Carlos Eduardo²

RESUMO

Com base no conceito da sustentabilidade que abrange o tema energia, bem como, o aproveitamento racional a partir das fontes naturais. As questões ambientais têm ocupado, gradativamente, cada vez mais espaço nos problemas dos países, desenvolvidos ou não. O presente trabalho pretende apresentar ações sustentáveis da construção, apresentando uma abordagem sobre o tema sustentabilidade em obras civis e destacando as características de uma construção sustentável. Tendo em vista também, alguns materiais ecologicamente correto que são utilizados na construção civil. Uma construção sustentável pode ser definida como um sistema construtivo que não só pensa na sua edificação, mas também no seu entorno. A preocupação nas edificações não é somente com reaproveitamento de água e energia, a preocupação passa a ser com a emissão de gases poluentes e com materiais ecológicos que geram redução de custos, sustentabilidade, harmonia com o meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: construção, sustentável, sustentabilidade, construção civil.

STUDIES ON ELECTRICAL ENERGY, ENERGY EFFICIENCY AND SUSTAINABILITY IN CONSTRUCTION.

ABSTRACT

Based on the concept of sustainability which covers the subject of energy and the rational use from natural sources. Environmental issues have occupied gradually more and more space on the problems of countries, developed or not. This work intends to present sustainable actions of construction, with an approach on the topic of sustainability in civil works and highlighting the characteristics of a sustainable construction. Considering also some eco-friendly materials that are used in construction. A sustainable construction can be defined as a building system that not only think of your building, but also its surroundings. The concern is not only in buildings with water and energy recycling, the concern is now with the greenhouse gas emissions and environmentally friendly materials that generate cost savings, sustainability, harmony with the environment.

KEYWORDS: construction, sustainable, sustainability, construction.

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é de fundamental importância para a humanidade. Seu consumo é considerado um dos indicadores do desenvolvimento da população mundial (TEIXEIRA, 2002). No Brasil, o consumo de energia elétrica apresenta crescimento constante, atingindo 570 TWh em 2013, valor 3,2% superior ao do ano de 2012. Neste mesmo ano, o consumo residencial atingiu 85,8 TWh, com crescimento de 3,1% (BEN, 2014).

Já a eficiência energética é um conceito dinâmico que está associado ao crescimento econômico, à produtividade, à proteção do meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável. É a maximização do efeito útil desejado e minimização das perdas ou irreversibilidades.

Para um melhor entendimento da problemática do projeto, foi realizada uma revisão bibliográfica com os temas principais a serem abordados, que são: eficiência energética e os sistemas energéticos.

Um dos maiores desafios a ser resolvido será propor uma alternativa que busque a eficiência energética da edificação sem gerar um desconforto ambiental, e também deixando esteticamente agradável tanto ao usuário como aos observadores.

Lambers (2004) conceitua a eficiência energética como aquela que pode ser compreendida como a obtenção de um serviço com um baixo desperdício de energia. Dessa forma uma edificação pode ser mais eficiente energeticamente do que a outra.

Ainda segundo Lambers (*op cit*) os materiais de construção têm uma grande influência sobre as condições de conforto no interior de uma edificação, consequentemente, sobre a eficiência energética da mesma. Na escolha dos materiais é necessário ter o entendimento de suas propriedades e de seu comportamento frente aos agentes climáticos, além de sua adequação às características plásticas do projeto.

O uso de isolamento térmico ou proteção solar utilizado em paredes, janelas e telhados, acarreta na escolha correta dos materiais como: telhas o tipo de vidro, tijolos, ou outros que devem ser analisados com o intuito de melhorar o desempenho das construções para o clima a que são projetadas.

O melhor aproveitamento do clima pode ser obtido pelo planejamento apropriado da edificação. A forma arquitetônica tem influência direta nos ganhos térmicos, bem como a localização de aberturas pode melhorar a ventilação cruzada de um ambiente e ainda melhorar o ganho de calor no inverno.

Dessa forma, percebe-se que para projetar em confluência com os princípios do conforto ambiental, deve-se buscar o máximo desempenho da edificação com o menor dispêndio de energia. Para tanto, precisa-se conhecer as

¹Especialista Engenharia de Segurança do Trabalho pela UNIOESTE; especialista em Construção de Obras Públicas pela UFPR; especialista em Docência Superior pela FAG; graduada em Arquitetura pela FAG. Docente do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade Assis Gurgacz e da Faculdade Dom Bosco. E.mail: fabombonato@ibest.com.br

²Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina, Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa e Professor do Mestrado de Engenharia e Energia na Agricultura na UNIOESTE – Cascavel – PR. E.mail: cecn1@yahoo.com.br

condicionantes do clima e do microclima para o qual se projeta, bem como as propriedades dos materiais de construção, buscando embasar o seu conceito na escolha da localização do empreendimento, na escolha correta dos materiais, na forma e tipologia construtiva, nas alternativas de setorização dos ambientes e das aberturas, para então propor estratégias que visem maximizar o conforto ambiental e eficiência energética da edificação.

Considerando o problema e a hipótese inicial da pesquisa, propôs-se como objetivo geral: embasar, nas alternativas para os sistemas construtivos nas edificações, visando à economia da energia elétrica a eficiência energética e os materiais construtivos sustentáveis nas edificações.

Para o atingimento desse objetivo, definiram-se os seguintes objetivos específicos:

- Pesquisar referenciais teóricos citando os conceitos sobre, energia elétrica, eficiência energética e sistemas energéticos;
- Mostrar alguns materiais construtivos e viáveis para as edificações;
- Apresentar algumas maneiras eficazes que uma edificação possa obter a eficiência energética;

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 ENERGIA

A energia está relacionada a tudo que pode ser transformado em trabalho, seja ela, na forma de calor, movimento ou luz. Pelo Sistema Internacional (SI), o trabalho recebe a unidade de medida em Joule (J). A capacidade de produzir trabalho admite diversas formas de energia, seja mecânica, térmica, elétrica, eletromagnética, gravitacional, química, geotérmica, eólica ou nuclear. Deste modo, nenhuma destas energias pode ser criada, menos ainda destruída, o que pelo senso comum atende pela lei de Lavoisier (1743-94), onde "Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma" como o ponto fundamental para a transformação de uma forma de energia para outra.

Segundo Ghisi et al. (2007) o consumo de energia elétrica nas residências brasileiras entre os anos de 1997 e 1999 ficou distribuído em 10% para climatização dos ambientes através do uso de aparelhos de ar condicionado, 20% para aquecimento da água através do uso de chuveiros elétricos, 11% para iluminação, 42% para refrigerador e freezer e 17% para equipamentos eletrônicos. Como o ar condicionado e o chuveiro elétrico têm seu consumo relacionado às condições climáticas, verificou-se um consumo correspondente a 16% do total no verão e 2% no inverno para os aparelhos de ar condicionado; e 18% do total no verão e 22% no inverno para os chuveiros elétricos.

Já para Lamberts (2004), o consumo de energia elétrica por edificações no Brasil representa 42% do consumo total. Na última década o setor dos edifícios comerciais foi um dos que mais cresceu em consumos energéticos, cerca de 7%. Este setor é um dos principais responsáveis pelo acentuado crescimento do consumo em energia elétrica, que entre os anos 1980 e 1999 aumentou de 19% para 31%.

O consumo de energia elétrica no setor residencial apresenta grande variação no mundo e conhecer as diferenças da sua utilização é fundamental para garantir um melhor aproveitamento desta energia. Vários aspectos influenciam esse consumo, dentre eles estão o clima da região, as características arquitetônicas da construção, o sistema de ventilação e resfriamento, o rendimento dos aparelhos eletrônicos e as características de uso e hábitos dos moradores. Podendo ser alterado também devido ao tamanho da família, das dimensões da moradia, do estilo de vida e renda familiar. A energia elétrica consumida em uma residência pode variar a cada hora do dia, semana, finais de semana e nos diferentes meses do ano (YOHANIS et al., 2007).

2.2 A BUSCA PELA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Existe uma grande heterogeneidade no setor dos serviços, que vai desde a pequena loja até um grande hotel ou empreendimento com grande superfície, assim como, dentro da mesma categoria, existem unidades eficientes e outras grandes consumidoras de energia.

Para Lamberts (2004), a crise da energia se agravou na década 70, com a crise mundial do petróleo, que fez com que se repensasse o consumo de energia no mundo, inclusive nas edificações. A partir dessa grande crise é que se iniciaram estudos para redução do consumo de energia. A alternativa mais adequada para a construção civil foi de aumentar a eficiência energética nas edificações.

Segundo Lamberts (2004), a eficiência energética pode ser entendida como a obtenção de um serviço com baixo desperdício de energia. Portanto um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas

condições ambientais com menos consumo de energia. O triângulo conceitual de Vitrúvio³ pode ser acrescido de um vértice, o da eficiência energética, transformando-se no conceito ideal para a arquitetura contemporânea.

Tem-se ouvido falar muito em economizar energia elétrica em edifícios, entretanto além das campanhas que estão sendo feitas, surgem cada vez mais equipamentos de baixo consumo e maior eficiência energética, como alguns eletrodomésticos, lâmpadas fluorescentes e compactas (LAMBERTS, 2004).

Ainda segundo esse autor, além da utilização de recursos tecnológicos (como o retrofit³, por exemplo), a elaboração de projetos que incluam estudos sobre o comportamento energético do edifício pode melhorar a eficiência da arquitetura.

As edificações bem projetadas, ou seja, energeticamente eficientes, reduzem a necessidade de ampliação da geração de energia elétrica.

Conforme Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC (2014) o processo de globalização e a instauração de uma economia altamente competitiva vêm exigindo das empresas maior eficiência em suas atividades. O uso eficiente da energia elétrica não significa apenas uma redução nas despesas, mas também redução nos impactos ambientais. Além disso, a eficiência energética muitas vezes está ligada à melhoria na qualidade do ambiente de trabalho e do processo produtivo.

Ainda segundo o site da UFSC (2014): visa-se reduzir o consumo de energia elétrica em edificações, sem privar seus ocupantes do conforto térmico, lumínico e acústico.

2.3 SISTEMA ENERGÉTICO

Os consumos de energia em edifícios e os custos de operação e de manutenção resultam do correto dimensionamento e da adequada especificação dos sistemas energéticos, tirando o máximo partido do desempenho passivo do edifício.

Os sistemas energéticos, que se encontram integrados nos edifícios para aumentar o conforto e as funções disponibilizados aos moradores, são a outra componente que determina (positiva ou negativamente) as emissões de CO₂ para atmosfera, a qualidade do ar interior e, por consequência, a saúde dos seus utilizadores.

Os consumos de energia em edifícios, bem como os respectivos custos de operação e de manutenção, resultam também do correto dimensionamento e da especificação dos sistemas energéticos, pelo que se torna relevante a forma como os sistemas tiram o melhor partido do desempenho passivo do edifício no qual se integram. Hoje é possível aperfeiçoar o desempenho energético-ambiental dos sistemas energéticos através do seu correto dimensionamento e da integração dos sistemas disponíveis de gestão de energia.

Enquanto no clima mediterrâneo, em edifícios destinados ao uso habitacional (sempre que integrem as medidas da construção sustentável) não se justifica a dependência de sistemas para o arrefecimento, é importante que, para alcançar o grau de conforto desejado, haja a hipótese de aquecer no Inverno.

2.4 CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

A incorporação de práticas de sustentabilidade na construção é uma tendência crescente no mercado. Para tanto, o setor da construção precisa se engajar cada vez mais. As empresas devem mudar sua forma de produzir e gerir suas obras. Elas devem fazer uma agenda de introdução progressiva de sustentabilidade, buscando, em cada obra, soluções que sejam economicamente relevantes e viáveis para o empreendimento.

Segundo Araujo (2006), a escolha dos produtos e materiais para uma obra sustentável deve obedecer a critérios específicos - como origem da matéria-prima, extração, processamento, gastos com energia para transformação, emissão de poluentes, biocompatibilidade, durabilidade, qualidade, dentre outros, que permita classificá-los como sustentáveis e elevar o padrão da obra, bem como melhorar a qualidade de vida de seus usuários/habitantes e do próprio entorno.

Essa seleção também deve atender parâmetros de inserção, estando de acordo com a geografia circundante, história, tipologias, ecossistema, condições climáticas, resistência, responsabilidade social, dentre outras leituras do ambiente de implantação da obra.

Segundo Colaço (2008), construção sustentável é o termo usado para descrever a responsabilidade da construção civil no que diz respeito ao conceito e aos objetivos da sustentabilidade. Esse conhecimento existente e o diagnóstico da indústria da construção em termos de impactos ambientais revelam que é necessária uma mudança de postura e de mentalidade para se atingir os objetivos de uma construção sustentável. Como primeira prioridade deve-se analisar as características da construção tradicional e compará-la com o novo critério sustentável para os materiais de construção, os produtos e processos construtivos.

³ O conceito de Vitrúvio é o triângulo: Solidez, Utilidade e Beleza, o conceito atual é: Solidez, Utilidade, Beleza e Eficiência Energética. (LAMBERTS, 2004)

De acordo com Araújo (2006), para que seja considerada sustentável, uma construção deve empregar tecnologias modernas, que além de atenderem as necessidades dos usuários, também evitem a geração de problemas socioambientais.

A Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura - ASBEA, o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável - CBCS e outras instituições apresentam diversos princípios básicos da construção sustentável, dentre os quais destacamos:

- aproveitamento de condições naturais locais;
- utilizar mínimo de terreno e integrar-se ao ambiente natural;
- implantação e análise do entorno;
- qualidade ambiental interna e externa;
- gestão sustentável da implantação da obra;
- adaptar-se às necessidades atuais e futuras dos usuários;
- uso de matérias-primas que contribuam com eco eficiência do processo;
- redução do consumo energético;
- redução do consumo de água;
- introduzir inovações tecnológicas sempre que possível e viável;
- educação ambiental: conscientização dos envolvidos no processo.

A noção de construção sustentável deve estar presente em todo o ciclo de vida do empreendimento, desde sua concepção até sua requalificação, desconstrução ou demolição. É necessário um detalhamento do que pode ser feito em cada fase da obra, demonstrando aspectos e impactos ambientais e como estes itens devem ser trabalhados para que se caminhe para um empreendimento que seja: uma ideia sustentável, uma implantação sustentável e uma moradia sustentável.

2.5 MATERIAIS RECICLÁVEIS

Na construção civil e na arquitetura a sustentabilidade está presente e deve estar cada vez mais no decorrer dos anos, mas o que é uma construção sustentável, uma construção sustentável se baseia em materiais sustentáveis, o que significa que a composição da estrutura é como qualquer outra, mas um projeto que é pensado com objetivo sustentável já vem sendo planejado para esta função desde sua raiz, isto significa que sua intenção projetual desde o princípio era sustentável.

Retomando os materiais, a construção sustentável aborda diferentes tipos de materiais, isso inclui concretos ecológicos, telhas ecológicas, entre outros materiais ecológicos, o que forma a construção sustentabilidade na construção é a utilização de materiais corretos para isso.

2.5.1 Tijolo Ecológico

Muitos são os temas atuais relacionados à preservação do meio ambiente. Um produto que está se destacando nesse quesito no universo da construção é o tijolo ecológico, de fácil montagem e a um custo menor, fabricados a partir do lixo industrial possuem quase o dobro de resistência que os tijolos comuns. O aproveitamento dos tijolos vai mais além, se for transformado em pó, o tijolo substitui parcialmente o cimento, o que é considerado um material muito poluente. (LEROYMERLIN, 2014)

Conforme o site LEROYMERLIN (2014), o tijolo ecológico é feito de argila, tem uma fabricação sustentável: é curado (processo de secagem da mistura) apenas com água e sombra, enquanto os modelos tradicionais utilizam a queima de lenhas (procedimento que depende do desmatamento de árvores e que emite gases poluentes na atmosfera).

Ainda conforme o site LEROYMERLIN (2014), a economia no custo final da obra pode chegar de 30% a 45%, pois traz redução de 50% nos gastos com a alvenaria e cai para a metade o tempo de construção.

Figura 01: Tijolo Ecológico



FONTE: www.leroymerlin.com.br/tijolos-ecologicos (2014)

2.5.2 Reuso da Água

O uso racional consiste no desenvolvimento de sistemas hidráulicos com consumo eficiente de água durante toda a vida útil do empreendimento, isto é: redução do consumo e do desperdício de água, aumento da eficiência do uso de água, aumento da reciclagem e do reuso de água.

Para Goulart (2007), a água pluvial é coletada em áreas impermeáveis, ou seja, telhados, pátios, ou áreas de estacionamento, sendo encaminhada a reservatórios de acumulação. A água deve passar por unidades de tratamento para atingir os níveis de qualidade correspondentes aos usos estabelecidos em cada caso.

A NBR 10844/89: Instalação predial de águas pluviais apresenta as normas dos processos de reaproveitamento, também existem alguns processos a serem seguidos como: verificar a qualidade da água pluvial e assim identificar em que ambiente pode ser utilizada, o sistema de tratamento, local a ser realizada a coleta, como manter alguns cuidados de limpeza do reservatório, entre outros aspectos relevantes a serem observados.

Outra NBR que cita sobre o aproveitamento da água é a NBR 15527/07: Água da Chuva - Aproveitamento de Coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, esta norma fornece os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Aplica-se a usos não potáveis em que a água da chuva podem ser utilizada após tratamento adequado como: descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais, dentre outros.

2.5.3 Telhado Verde - Ecotelhado

Segundo o site Ecotelhado (2014): Telhados verdes é uma ótima forma de deixar seu projeto mais bonito e amenizar a temperatura. Isso acontece porque as plantas refletem mais raios solares que as telhas comuns e evitam as trocas de calor entre a edificação e o ambiente. Dessa forma, poupa recursos naturais e dispensa aparelhos de ar-condicionado ou aquecedores.

Ainda conforme o site Ecotelhado (2014): o ecotelhado engloba todas as qualidades do telhado verde mais a integração com:

- Cisterna de captação de água da chuva;
- Tratamento de efluentes (esgoto) do prédio para reuso;
- Captação de energia solar através de placas fotovoltaicas;
- Piso ventilado: Piso elevado podendo ser de feito de porcelanato, placa cimentícia, granito, borracha reciclada, vidro laminado. Com função de criar abaixo do piso um reservatório de água ou de ar que faça isolamento termo acústico e permita a passagem de fios ou tubulações;
- Piso interativo: Permite comunicação através de painéis de LED aplicados sob piso de vidro. A energia utilizada para esses painéis de LED vem das placas fotovoltaicas;

Por reutilizar água da chuva e o próprio efluente da edificação tratado, o Ecotelhado dispensa a irrigação com água potável. O Ecotelhado é um melhoramento do telhado verde convencional, pois ele integra todos os benefícios de um jardim suspenso comum, juntamente com captação de água da chuva, tratamento de efluente, captação de energia solar e outros benefícios. (ECOTELHADO, 2014)

O Ecotelhado é indicado a ser instalado em uma laje plana, conforme podemos observar na figura 01, utilizando uma impermeabilização com proteção anti-raízes, para que tenha a capacidade de formar uma cisterna de reuso de água da chuva. (ECOTELHADO, 2014).

Figura 02: Telhado verde



Fonte: www.ecotelhado.com (2014)

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pesquisou-se no assunto eficiência energética, energia elétrica e os materiais construtivos sustentáveis utilizando o método dialético, tendo sido utilizadas pesquisas bibliográficas e documentais. O problema instigador da pesquisa foi: edificações podem obter mais economia no seu uso tornando-se mais sustentáveis.

Na intenção de dar resposta ao problema e confirmar a hipótese inicial, foi proposto como objetivo geral embasar, na eficiência energética e os conceitos que oportunizem a melhoria em métodos construtivos e usuais das edificações.

Para o atingimento desse objetivo geral, foram definidos três objetivos específicos, quais sejam: apresentar fundamentações teóricas citando os conceitos sobre, energia elétrica, eficiência energética e alguns materiais construtivos para uma edificação ser eficiente energeticamente.

O conceito de sustentabilidade tem sido amplamente discutido ao longo das últimas décadas; isto pode ser percebido pela grande quantidade de documentos de compromissos produzidos por diversas instituições governamentais, ONG's e congressos espalhados pelo Brasil e no mundo.

Em virtude do que foi mencionado podemos ver a importância da eficiência energética e do uso dos materiais ecológicos, como citamos no trabalho alguns dos materiais é nítido que a qualidade da sua construção e da sua vivência no ambiente será diferente de uma construção que não pensa nos fatores bioclimáticos, utilizando os materiais recicláveis além de gerar economia e harmonia com o meio ambiente. Uma obra envolvendo a sustentabilidade não depende tão somente dos materiais, mas em todo o contexto em que ela é inserida.

Pode-se dizer que a sustentabilidade não é um objetivo a ser alcançado, não é uma situação estanque, mas sim um processo, um caminho a ser seguido. Advém daí que a expressão mais correta a ser utilizada é um projeto “mais” sustentável.

Percebe-se, portanto que os processos de engenharia de obras para se alcançar a sustentabilidade não devem ser isolados. Os processos devem envolver vários setores da sociedade, promovendo ações de educação ambiental, permitindo que todos os envolvidos tenham conhecimento da importância e abrangência de suas ações na busca pela sustentabilidade como um todo.

REFERENCIAS

ARAÚJO, Márcio Augusto. **A moderna Construção Sustentável.** 2006.

BEN - **Balanço Energético Nacional.** Balanço Energético Nacional 2008 (ano base: 2007). Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro, 2008.

COLAÇO, L. M. M., **A Evolução da Sustentabilidade no Ambiente Construído Projeto e Materiais dos Edifícios.** 2008. Tese apresentada na Universidade Portucalense para obtenção do grau de Doutor, Porto, 2008.

ECOTELHADO. Disponível em: www.ecotelhado.com Acesso em 08 de Dezembro de 2014.

GHISI, E.; TINKER, J. A.; IBRAHIM, S. H. Área de janela e dimensões de ambientes para iluminação natural e eficiência energética: literatura *versus* simulação computacional. **Ambiente Construído**, v. 5, n.4, p. 81-93, 2005.

GOULART, Solange. **Sustentabilidade nas Edificações e no Espaço Urbano**. Laboratório de Eficiência Energética em edificações, UFSC 2007.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 4. ed. rev. e ampl. São Paulo: Atlas, 2001.

LAMBERTS, R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: Pro Livros, 1997.

NBR 10844/89: **Instalações prediais de águas pluviais**. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1989.

NBR 15527/07: **Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**. ABNT -Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2007.

TEIXEIRA G. **O novo ciclo da energia nuclear**. Brasil nuclear. 2002.

TIJOLOS ECOLÓGICOS. Disponível em: <http://www.leroymerlin.com.br/tijolos-ecologicos>. Acesso em 08 de Dezembro de 2014.

UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, SC**. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br.http/>>.

YOHANIS, Y. G.; MONDOL, J. D.; WRIGHT, A.; NORTON, B. Real-life energy use in the UK: How occupancy and dwelling characteristics affect domestic electricity use. **Energy and Buildings**. 2007.