



# Sustentabilidade nas Edificações e no Espaço Urbano

Disciplina Desempenho Térmico de Edificações

**Prof<sup>a</sup> Solange Goulart**

Laboratório de Eficiência Energética em edificações, UFSC

[solange@labeee.ufsc.br](mailto:solange@labeee.ufsc.br) / [solange\\_goulart@yahoo.co.uk](mailto:solange_goulart@yahoo.co.uk)



# **CONTEÚDO**

## **1. Introdução**

*1.1 Sustentabilidade*

*1.2 Técnicas e práticas utilizadas no edifício verde*

## **2. Arquitetura Sustentável**

*2.1 Introdução*

*2.2 Estratégias à nível urbano*

*2.2.1 Minimização dos problemas de ilha de calor e impacto no microclima (áreas verdes)*

*2.2.2 Água e Resíduos*

*2.3 Eficiência Energética*

*2.3.1 Uso da vegetação como sombreamento*

*2.3.2 Uso da cor*

*2.3.3 Ventilação*

*2.3.4 Tipo de vidro*

*2.3.5 Redução da transmitância térmica das paredes, janelas e coberturas*

*2.3.6 Uso racional da iluminação*

*2.3.7 Aquecimento de água*

*2.3.8 Utilização correta dos sistemas propostos*

*2.3.9 Uso de dispositivos de proteção solar*

*2.4 Uso de recursos renováveis*

*2.4.1 Energia Solar*

*2.4.2 Energia Eólica*

*2.4.3 Biomassa*

*2.4.4 Hidroelétrica*

*2.4.5 Geotérmica*

*2.5 Uso racional de água*

*2.5.1 Aproveitamento de Águas Pluviais*

*2.5.2 Utilização de Equipamentos de baixo consumo de água*

*2.5.3 Reuso de água para fins não potáveis*

*2.6 Gerenciamento de resíduos da construção*

## **3. Sistemas de classificação de eficiência energética e certificação de edifícios**

## **Referências Bibliográficas**

## Introdução

### 1.1 Sustentabilidade

A publicação “Our common future” definiu em 1987 o desenvolvimento sustentável como aquele que deve responder às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer às suas; e com o surgimento da Agenda 21 em 1992 os países comprometeram-se a responder às premissas do desenvolvimento sustentável através da análise da totalidade do ciclo de vida dos materiais, do desenvolvimento do uso de matérias primas e energias renováveis, e da redução das quantidades de materiais e energia utilizados na extração de recursos naturais, sua exploração, e a destruição ou reciclagem dos resíduos (Gauzin-Muller, 2002).

Muitas reuniões têm acontecido após a Eco 92; Kyoto em 1996, Haya em 2000 e Johannesburgo em 2002, entre outras, e embora alguns países tenham colocado em primeiro plano os interesses econômicos próprios, tem-se tido grandes avanços em vários deles; já que muitos governos estão considerando a sustentabilidade como um tema central para direcionar o seu desenvolvimento, produzindo leis e incentivos para edificações que sejam projetadas considerando variáveis que as deixem mais sustentáveis.

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. Todo o trabalho nesta área é feito a partir de intenções que são renovadas continuamente e progressivamente. Intenções estas genuínas, que devem estar verdadeiramente comprometidas com os valores do Cliente, a saber, o contratante, o usuário e a comunidade onde a obra está inserida. Conhecer os valores do Cliente, e entender que projeto é o exercício de intenções e decisões, resulta em uma obra mais sustentável. É esta a demanda da sociedade atual.

A sustentabilidade é baseada em três aspectos: o *ambiental*, o *econômico* e o *social*, que devem coexistir em equilíbrio. Como estes aspectos representam variáveis independentes, as escolhas resultantes serão diferentes em cada situação apresentada. Portanto, não existe receita nem cálculo absoluto que determine o que deve ser feito ou não, para que um projeto caminhe na direção de uma maior sustentabilidade, sendo a proposta de cada projeto fruto de escolhas específicas, únicas e originais.

A busca pelo caminho da maior sustentabilidade cabe a todos os envolvidos no projeto e execução do ambiente edificado. É um trabalho coletivo (em rede) onde todos devem fazer sua parte, e ao mesmo tempo incentivar os demais a fazê-lo. As decisões devem ser resultado de uma ação orquestrada com os demais projetistas, gerenciadores, consultores, fornecedores, executores e usuários, na medida em que esta escolha pode condicionar ações a serem efetivadas pelos demais.

A certificação entra neste processo como um reconhecimento de um trabalho desenvolvido, sem, no entanto, ser sua representação fiel. Um motivo para esta dicotomia é a não existência de processo adequado às condições regionais culturais, econômicas e físicas que permitam uma real avaliação do resultado obtido pelo esforço de tornar uma edificação mais sustentável. Os critérios de certificação, portanto, devem ser utilizados como referências auxiliares, mas não determinantes na escolha de materiais e sistemas construtivos.

As edificações são uma grande consumidora dos recursos naturais, consumindo segundo Wines (2000), 16% do fornecimento mundial de água pura, 25% da colheita de madeira, e 40% de seus combustíveis fósseis e materiais manufaturados. Na Europa aproximadamente 50% da energia consumida é usada para a construção e manutenção de edifícios e outros 25% são gastos em transporte. Esta energia é gerada na sua grande maioria por fontes de combustíveis fósseis não renováveis que estão diminuindo, provocando também, os resíduos da conversão destes recursos em energia, um impacto ambiental negativo alto, como o efeito estufa que desencadeia o aquecimento global. Razão pela qual muito dos esforços na redução do consumo desses recursos devem estar focados nos projetos, para torná-los mais eficientes. Fazendo com que as edificações utilizem menos recursos naturais, materiais e energia na sua construção e operação, e sejam confortáveis e saudáveis para viver e trabalhar.

Um projeto sustentável deve ser ecologicamente correto, socialmente justo e economicamente viável, envolvendo com isto muitas variáveis, entre as quais o uso racional da energia se destaca como uma das principais premissas.

Alguns aspectos principais que podem ser destacados na dimensão ambiental:

- Água
  - ✓ Permeabilidade do solo
  - ✓ Utilização de águas pluviais.
  - ✓ Limitação do uso de água tratada para irrigação e descarga.
  - ✓ Redução na geração de esgoto e a demanda de água tratada.
  - ✓ Introdução de equipamentos economizadores de água.
- Energia
  - ✓ Otimização do desempenho energético, através do bom desempenho térmico da edificação, uso de aparelhos energeticamente eficientes; e uso da iluminação natural e sistemas de iluminação eficientes.
  - ✓ Uso de energia renovável.
  - ✓ Minimização dos problemas de ilhas de calor e impacto no microclima.
  - ✓ Estratégias de ventilação natural.
  - ✓ Conforto térmico.
- Seleção de materiais
  - ✓ Reuso da edificação.
  - ✓ Gestão de resíduos da construção.
  - ✓ Reuso de recursos.
  - ✓ Conteúdo reciclado
  - ✓ Uso de materiais regionais.
  - ✓ Materiais de rápida renovação.
  - ✓ Uso de madeira certificada.
  - ✓ Uso de materiais de baixa emissão de gases

Além destes, também podem ser avaliados os seguintes aspectos ligados à dimensão ambiental: redução de perdas na construção; durabilidade; e impacto ambiental do Canteiro.

## 1.2 Técnicas e práticas utilizadas no Edifício Verde

O Edifício Verde incorpora uma vasta gama de práticas e técnicas para reduzir ou eliminar o impacto dos edifícios ao meio ambiente. No lado estético da arquitetura verde ou projeto sustentável está a filosofia de projetar um edifício que está em harmonia com as características e recursos naturais dos arredores do local onde ele vai ser implantado.

Existem vários passos no projeto de um edifício sustentável: especificar materiais “verdes” de fontes locais, reduzir as cargas, otimizar os sistemas, e gerar energia renovável no local.

Os *materiais* tipicamente considerados “verdes” incluem materiais renováveis como o bambu e a palha, madeira certificada, pedra, metal reciclado, e outros produtos que são não-tóxicos, reutilizável, renovável ou reciclável. Os materiais de construção devem ser extraídos e manufaturados localmente para minimizar a energia embutida em seu transporte.

Materiais de baixo impacto ambiental são usados sempre que possível: por exemplo, o isolamento pode ser feito com materiais de baixa emissão de componentes orgânicos voláteis (contaminantes do ar interno que possuem odor, que causem irritação e/ou são prejudiciais para o conforto e bem-estar dos instaladores e ocupantes). Pinturas orgânicas ou a base de água podem ser usadas.

Materiais de demolição e reciclados são também usados quando apropriado. Quando edifícios velhos são demolidos, frequentemente peças de madeira pode ser reciclada, renovada, e vendida como assoalho. Outras partes são também reutilizadas, como portas, janelas, vigas e peças de metal, reduzindo assim o consumo de itens novos. Quando possível, alguns materiais podem ser retirados do local, por exemplo, se uma nova estrutura está sendo construída em uma área verde, a madeira das árvores que tiveram que ser cortadas pode ser reutilizada na construção.

Para minimizar as *cargas* de energia e carga térmica na envoltória, é essencial orientar o edifício para aproveitar as brisas e evitar a radiação solar excessiva. A luz natural deve ser explorada através do dimensionamento correto de aberturas e, assim, reduzir o uso de iluminação artificial durante o dia. A radiação solar pode ser aproveitada para aquecer os ambientes nos períodos frios, porém deve ser considerado o projeto de sombreamento adequado para prevenir o calor excessivo no verão.

Os ventos predominantes podem ser utilizados para ventilar e resfriar naturalmente o edifício no verão. Massa térmica é utilizada para armazenar o calor ganho durante o dia e liberá-lo à noite, diminuindo a variação diária de temperatura no interior. O uso de isolamento é o passo final para otimizar a estrutura. Aberturas e paredes bem isoladas ajudam a reduzir as perdas de calor no inverno, reduzindo o uso de energia para aquecimento.

Otimizar o *sistema* de aquecimento e resfriamento através da instalação de equipamentos eficientes, e inspeções regulares é o próximo passo. Comparado com o uso de sistemas passivos de aquecimento e resfriamento, os ganhos com o uso de equipamentos eficientes são relativamente mais caros e podem adicionar custos significantes ao projeto. Entretanto um projeto bem elaborado e integrado pode reduzir

custos, por exemplo, uma vez que o edifício foi projetado para ser mais eficiente energeticamente, é possível reduzir as cargas dos sistemas de aquecimento ou resfriamento (HVAC).

Por último, o uso *fontes renováveis* de energia, como energia solar, eólica ou biomassa pode reduzir significativamente o impacto ambiental do edifício. Entretanto, geração local de energia é a característica mais cara a ser adicionada a um edifício.

Uma boa construção sustentável reduz a produção de resíduos, gasto de energia, água e materiais também durante a fase de obra. Edifícios bem projetados também ajudam a reduzir a quantidade de lixo gerado pelos ocupantes, fornecendo soluções locais tais como lixeiras para coleta seletiva de lixo, e com isso reduzindo a quantidade e de resíduos que iriam para os depósitos de lixo.

Para reduzir o impacto sobre os reservatórios de água tratada, existem várias opções. A água usada proveniente de fontes como máquinas de lavar louças ou roupas, as chamadas “águas-cinza”, podem ser usadas para irrigação, ou, depois de tratadas, para fins não potáveis, como por exemplo, descarga de bacias sanitárias e lavação de automóveis. Sistemas de armazenamento de água da chuva são usados com finalidades similares.

O edifício verde enfatiza tirar vantagem de recursos naturais e renováveis, isto é, usar a luz solar através de técnicas solares passivas e painéis fotovoltaicos; usar plantas e árvores através do uso de telhados verdes, jardins, e para redução de superfícies impermeáveis a água da chuva. Outras técnicas podem ser utilizadas, tais como o uso de pedregulhos ou cascalhos para áreas de estacionamento, ao invés de concreto ou asfalto, para aumentar a absorção de água pelo solo e reposição de água subterrânea.

## **2. Arquitetura Sustentável**

### **2.1 Introdução**

A **Arquitetura Sustentável** aplica técnicas de projeto sustentável à arquitetura. Da raiz *sus* (sob) + *tenere* (segurar, manter); conservar em existência; manter ou prolongar. É relacionado ao conceito de “edifício verde” (ou arquitetura verde). Os dois termos, entretanto são frequentemente usados para relacionar qualquer edifício projetado com os objetivos ambientais em mente, indiferente de como estes funcionam na realidade em cumprimento a tais objetivos (Wikipedia, 2007).

Arquitetura sustentável é moldada pela discussão de sustentabilidade e pela pressão de questões econômicas e políticas de nosso mundo. Em um amplo contexto, arquitetura sustentável, procura minimizar o impacto ambiental negativo dos edifícios por aumentar a eficiência e moderação no uso de materiais, energia, e espaço construído.

**Edifício Verde** é a prática de aumentar a eficiência de edifícios e seu uso de energia, água, e materiais, e reduzir o impacto da construção sobre a saúde humana e o ambiente, através da melhor localização, projeto, construção, operação, manutenção, e remoção – *o ciclo completo de vida útil do edifício*.

Um conceito similar é o edifício natural, o qual está usualmente em uma escala menor e tende a focar no uso de materiais naturais e que são disponíveis no local. Outros termos comumente usados incluem projeto sustentável e arquitetura verde. Entretanto, enquanto um bom projeto é essencial para se ter um edifício verde, as fases de operação,

manutenção, e por último a demolição do edifício também possuem efeitos muito significantes no impacto ambiental da construção como um todo.

Os conceitos de desenvolvimento sustentável e sustentabilidade são relacionados integralmente ao edifício verde. Um edifício verde eficiente pode levar a 1) custos operacionais reduzidos, por aumentar a produtividade e por usar menos energia e água; 2) saúde do ocupante melhorada devido a melhor qualidade do ar interno; e 3) impacto ambiental reduzido, por exemplo, por diminuir o efeito da ilha de calor e por absorção do excesso de água da chuva (superfícies permeáveis).

Os profissionais praticantes do edifício verde frequentemente procuram alcançar não somente harmonia estética, mas também ecológica entre a estrutura e o ambiente natural dos arredores. Além disso, o edifício sustentável é também ambientalmente amigável quando é construído utilizando-se de materiais que não são agressivos ao meio ambiente.

Como parte da eficiência energética no edifício, também há que se considerar a análise da energia embutida nos materiais, através do seu ciclo de vida; desde a sua produção, processo, incorporação na obra, e reciclagem posterior.

## **2.2 Estratégias a nível urbano**

### ***2.2.1 Minimização dos problemas de ilha de calor e impacto no microclima (áreas verdes)***

Um aspecto importante de planejamento urbano sustentável é o fornecimento de áreas verdes em diversas escalas. *Playgrounds*, parques públicos e jardins em áreas urbanas, além de espaços abertos multi-usos na periferia reduzem a poluição, criam zonas para a vida selvagem, e dá acesso às zonas rurais.

Os espaços verdes das vizinhanças são moderadores do microclima local. A presença de água e de vegetação modifica a umidade, a temperatura do ar, reduz a velocidade do vento, filtra a luz do sol, absorve o barulho e a poluição do ar. O uso da vegetação também tem um papel importante na redução do excesso de água da chuva que escorre pela superfície do solo (que não consegue ser absorvida ou evaporada), e de efluentes.

O tipo de cobertura das superfícies tem um efeito significativo na temperatura do ar em cidades. Pavimentação de ruas, deficiência de coberturas vegetais, além do calor gerado pelos carros, fábricas e instalações de ar condicionado (ou aquecimento), todos esses fatores afetam o ambiente. Num grande centro urbano, a temperatura pode variar de 5°C a 10°C acima da temperatura de um parque. Esse fenômeno é conhecido como “ilha de calor”.

O efeito da ilha de calor pode ser contrabalanceado pelo uso de materiais reflexivos ou de cor clara (preferencialmente branco) nas superfícies das edificações, pavimentos, estradas, aumentando com isso o albedo da cidade como um todo.

Para projetar edifícios com maior conforto térmico e com menos uso de ar condicionado, são necessárias informações sobre materiais que permanecem “frios” no sol. *Cool Materials* ou materiais frios refletem a energia solar incidente de volta ao espaço e podem ser utilizados para resfriar cidades inteiras. Enquanto é bem conhecido que materiais brancos são úteis (e materiais escuros são pobres) para estes objetivos, não se possui informações precisas e confiáveis sobre esta propriedade de “resfriar” dos materiais de construção. Os materiais utilizados em telhados são particularmente importantes.

Os materiais mais comuns de cobertura absorvem radiação solar, refletindo somente uma pequena porção da energia incidente. Telhados escuros podem atingir picos de temperatura de 82°C em um dia quente e ensolarado. Estas altas temperaturas levam a uma significativa condução de calor para o interior do edifício através do telhado.

Nas coberturas o conceito de *cool roofs* (telhados frios) está muito difundido atualmente. Os *cool roofs* são telhados cujos materiais **refletem** de maneira eficaz a energia do sol da superfície do telhado. Os materiais neles usados (*cool materials* – materiais frios) para telhados de baixa-inclinação são caracterizados principalmente por ser na cor branco brilhante, embora cores diferentes do branco estejam começando a tornar-se disponíveis para aplicações em telhados mais inclinados. Os telhados frios devem também ter uma **emissividade elevada**, permitindo que emitam a energia infravermelha. Infelizmente os materiais com acabamento metálico tendem a ter baixa emissividade e não são considerados materiais frescos. Os telhados frios reduzem a temperatura de superfície da cobertura, reduzindo desse modo o calor transferido ao interior do edifício, ajudando com isto a reduzir custos de energia, melhorar o conforto dos ocupantes, reduzir custos de manutenção, aumentar o ciclo de vida do telhado, e ainda contribuir para reduzir as ilhas urbanas de calor. (Califórnia Energy Commission).

### 2.2.2 Água e Resíduos

O manejo do lixo e a conservação da água são itens ligados entre si. O manejo malfeito do lixo e de resíduos pode comprometer de maneira irreversível a qualidade da água, com conseqüências para a população humana e animal.



O projetista deve evitar projetar características de paisagismo os quais usem água potável, assim como qualquer ação que levem a contaminação da água. Os projetos e regulamentos devem:

- ✓ Minimizar a demanda de água adequada para o consumo;
- ✓ Minimizar a quantidade de água usada, a ser tratada em sistemas mecânicos convencionais;
- ✓ Minimizar a produção de resíduos sólidos, particularmente aqueles não classificados.

Estes passos podem reduzir o investimento e os custos de manutenção para o suprimento público de água, sistemas de drenagem urbana, e sistemas de manejo de lixo e resíduos.

Sistemas que separam as águas cinzas<sup>1</sup> das águas negras<sup>2</sup> são altamente desejáveis. Faixas de cobrimentos permeáveis e lagos permitem que a água da chuva percole de

<sup>1</sup> Água gerada a partir de processos domésticos, tais como, lavagem de louças, lavagem de roupas, e banho.

volta ao solo (lençol freático). As águas cinzas podem ser tratadas no local usando-se tratamento biológico (tanque de zona de raízes) antes de ser liberada para o esgoto. Portanto, somente as águas negras permanecem para ser tratadas em sistemas de tratamento convencional.

Refugos domésticos e comerciais, lixos de rua, resíduos de construção e demolição, processos industriais e outros tipos de resíduos, juntamente com o esgoto apresentam problemas ambientais. Algumas estratégias adotadas na maioria dos países europeus para minimizar impactos locais incluem:

- ✓ Reduzir os resíduos na fonte;
- ✓ Selecionar o lixo;
- ✓ Reusar ou reciclar;
- ✓ Depositar o lixo de forma segura.

Locais para coleta seletiva de lixo, disponibilizada nos bairros ou blocos, podem fazer os processos de separação, coleta e reuso dos lixos sólidos mais econômicos. O lixo orgânico pode ser utilizado como fertilizante.

### **2.3 Eficiência Energética**

Quase 50% da energia elétrica consumida no Brasil é utilizada por edificações residenciais, comerciais e públicas. Em 1992 isto representou um consumo equivalente a um potencial de energia instalado semelhante a duas hidrelétricas iguais a Itaipu (Lamberts et al, 2004).

Tecnologias recentes têm trazido melhoras significantes na eficiência energética de outros setores tais como transporte e indústria, mas no setor de edificações o progresso é relativamente lento.

Reduções no consumo de combustíveis naturais são urgentemente necessários, tanto em países desenvolvidos quanto nos países em desenvolvimento. No Brasil, a energia elétrica é principalmente gerada por termelétricas e hidrelétricas. É importante ressaltar que as reservas de combustíveis necessárias às usinas termelétricas vão reduzindo com o tempo e que não é possível construir usinas hidrelétricas indefinidamente para suprir a demanda crescente de energia no Brasil. É, portanto, evidente para o futuro mercado de energia elétrica a necessidade e importância da conservação e utilização de energias alternativas.

A eficiência energética pode ser entendida como a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia. Portanto, um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia. (Lamberts et al., 1997, p.14)

Através de um uso racional da energia no edifício busca-se então, uma diminuição no consumo dos usos finais de iluminação, equipamentos, e aquecimento de água, junto à incorporação de fontes renováveis de energia. Edificações energeticamente mais eficientes, somente são possíveis através de projetos que desde a sua concepção incluam critérios de eficiência energética.

---

<sup>2</sup> Água que possui contaminantes biológicos tais como fezes, substâncias químicas ou tóxicas.

A edificação residencial tem certamente o maior potencial de utilização de recursos naturais de condicionamento de ar e iluminação.

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, que levam a tendência ao superaquecimento dos ambientes, mesmo em situações onde o clima exterior indica conforto térmico.

Observa-se que a iluminação artificial e o ar condicionado são os grandes usos finais da energia neste setor, representando aproximadamente 64% do consumo (44% para iluminação artificial e 20% para ar condicionado, respectivamente). É mais urgente a necessidade de integração entre sistemas naturais e artificiais (tanto de condicionamento quanto de iluminação) visto que o uso dos sistemas artificiais pode ser imprescindível para a boa produtividade no espaço interior.

Em certas condições climáticas o ar condicionado é a intervenção mais adequada a ser feita para garantir o conforto térmico dos usuários.

Neste caso deve-se garantir a estanqueidade dos ambientes, evitando a infiltração do ar exterior, e optar por aparelhos mais eficientes (EER<sup>3</sup> maior). Além disso, o projetista deve observar os cuidados requeridos na instalação do equipamento, não expondo-o ao sol e prevendo o isolamento térmico dos fechamentos da edificação.

Em condições climáticas onde a temperatura do exterior não ultrapassa os 10,5°C, o aquecimento artificial é aconselhável. É importante o bom isolamento térmico dos fechamentos, evitando a ventilação da cobertura, adotando aberturas com vidro duplo e também construindo paredes com materiais de baixa condutividade térmica. Também nesse caso é necessário evitar a infiltração do ar externo.

O projetista deve conhecer os sistemas de aquecimento para especificá-los de forma adequada às necessidades do local, empregando equipamentos mais eficientes. No caso de edificações com vários ambientes a serem condicionados, sugere-se a adoção de sistemas de aquecimento central.

Em edifícios comerciais e públicos geralmente o uso do ar condicionado é necessário, pois o desconforto pode significar perda de clientes e baixa produtividade. Entretanto, muito pode ser feito pelo projetista para reduzir a demanda de condicionamento artificial e o conseqüente consumo de eletricidade. As estratégias bioclimáticas já analisadas podem não responder completamente à necessidade de conforto em virtude principalmente das grandes cargas internas provenientes de iluminação artificial, número de usuários e de equipamentos.

É aconselhável seguir os critérios abaixo no projeto ou reforma de edifícios, objetivando sua menor dependência da climatização e iluminação artificial (fonte: Papst et al, 2005):

- Uso da vegetação como sombreamento
- Uso de cores claras;
- Emprego da ventilação cruzada sempre que possível;

---

<sup>3</sup> EER relaciona a quantidade de energia elétrica consumida para gerar energia térmica de aquecimento ou refrigeração e sua unidade é Btu/h/W. Na década de oitenta, o EER para os aparelhos de ar condicionado de janela no Brasil era da ordem de 6,5 a 7,5 Btu/h/W<sup>(57)</sup>. Atualmente, este valor subiu para a faixa de 8 a 9 Btu/h/W. As melhorias tecnológicas recentes (como por exemplo a introdução dos compressores rotativos) mostram que a indústria busca melhorar ainda mais estes índices. O crescimento do EER significa menor quantidade de energia consumida para refrigeração, o que denota a utilidade deste índice para a escolha de máquinas mais eficientes entre as disponíveis no mercado.

- Evitar o uso de vidros tipo “fumê”;
- Redução da transmitância térmica das paredes, janelas e coberturas;
- Uso racional da iluminação;
- Utilização de energia solar para aquecimento d’água;
- Indicação de uso correto da edificação e ou sistema ao usuário;
- Uso de proteções solares em aberturas.

### **2.3.1 Uso da vegetação como sombreamento**

É possível que uma proteção solar não seja suficiente para sombrear adequadamente uma abertura. Na fachada oeste, por exemplo, um brise adequado às necessidades de sombreamento no verão deveria, em alguns casos, bloquear completamente a radiação solar. Em algumas horas da tarde o sol estará quase perpendicular à fachada, o que induziria a uma proteção que praticamente obstruísse a abertura. Do ponto de vista da iluminação isto significa um sério problema para o ambiente interno, que necessitará de luz artificial mesmo durante o dia. O uso de árvores com folhas caducas pode ser uma solução para o problema. Além de sombrear a janela sem bloquear a luz natural, permite a incidência do sol desejável no inverno, quando então as folhas tendem a cair.

### **2.3.2 Uso da cor**

Embora de grande importância plástica na edificação, a utilidade das cores não se restringe à aparência, mas adentra os conceitos físicos de conforto térmico e visual. Cores escuras aplicadas nas superfícies exteriores podem incrementar os ganhos de calor solar, absorvendo maior quantidade de radiação. Isto pode ser útil em locais onde há necessidade de aquecimento. De forma complementar, a pintura de cores claras nas superfícies externas de uma edificação aumenta sua reflexão à radiação solar, reduzindo os ganhos de calor pelos fechamentos opacos. No interior, cores claras refletem mais luz, podendo ser empregadas em conjunto com sistemas de iluminação natural ou artificial.

Tabela 1: Absortividade ( $\alpha$ ) em função da cor (fonte: Lamberts et al, 1997)

<b>CORES</b>	<b><math>\alpha</math></b>
Escuras	0,7 a 0,9
Médias (tijolos)	0,5 a 0,7
Claros	0,2 a 0,5

### **2.3.3 Ventilação**

O sistema de aberturas pode representar um verdadeiro elenco de funções na edificação. Sua utilidade para o conforto é inquestionável e se compõe por fatores como a ventilação, o ganho de calor solar, a iluminação natural e o contato visual com o exterior.

Aberturas bem posicionadas podem garantir a circulação de ar nos ambientes internos, aconselhando-se sua localização de forma cruzada sempre que a ventilação for necessária.

As janelas com bandeiras basculantes são bastante úteis em períodos frios, por permitirem a ventilação seletiva necessária para higiene do ar interno.

Conhecendo-se a direção e a velocidade dos ventos predominantes de um determinado local, é possível projetar os ambientes, área de aberturas e posicionamento, para que haja uma distribuição no fluxo de ar interno. A velocidade média do fluxo ar interno é uma função da velocidade do ar externo, da rugosidade do ambiente externo, do ângulo de incidência e das dimensões e localização das aberturas. Um exemplo (Brown e Dekay, 2004), em um ambiente com uma abertura de 2/3 da largura da parede, a velocidade média interna do ar será entre 13% e 17% da velocidade do ar externo, mas se esta área for dividida em duas aberturas na mesma parede, a velocidade do ar passa para 22% da velocidade do ar exterior. Para aberturas localizadas em duas paredes, a velocidade média do ar interno passa a ser de 35% a 65% da velocidade do vento externo. Duas aberturas em paredes opostas permitem o movimento rápido do ar, enquanto aberturas em paredes adjacentes permitem uma melhor distribuição da velocidade do vento e do efeito de resfriamento através do recinto. Quando a ventilação é usada para resfriamento, é importante localizar as aberturas para que o fluxo de ar passe pelos usuários.

A ventilação tem duas funções principais dentro de um ambiente: renovação do ar quente e/ou poluído, e resfriamento dos usuários. Para velocidades do ar acima de 0,2 m/s, o fluxo de ar em contato com a pele transfere o calor do corpo humano para o ar quando este tem temperatura inferior à temperatura da pele. A ventilação é necessária para evitar problemas da transpiração em locais que tenham o clima com umidades elevadas. A equação mostra como pode se estimar o efeito de resfriamento psicológico devido ao movimento do ar (Szokolay, 1999).

$$dT = 5,2 * (v - 0,2) - (v - 0,2)^2$$

Onde v é a velocidade do ar na superfície corporal

O limite aceitável para a velocidade do ar é de 1,5 m/s, velocidade a partir da qual começam a voar papéis. O movimento do ar de 1,5 m/s na superfície corporal pode diminuir a sensação térmica em até 5K.

#### **2.3.4 Tipo de Vidro**

Quanto ao tipo de vidro a ser empregado, dependerá das necessidades de luz natural e de desempenho térmico do sistema de abertura. Na edificação residencial, normalmente se quer permitir o ingresso de luz pelas janelas, evitando ou explorando o calor solar, conforme o período do ano for respectivamente mais quente ou mais frio. Hoje existem vários tipos de vidro disponíveis para controlar as perdas ou os ganhos de calor. Existem vidros e películas absorventes e reflexivos, vidros duplos ou triplos com tratamento de baixa emissividade, vidros espectralmente seletivos e combinações destes tipos entre si.

Em climas quentes se deve evitar o uso de vidros e películas absorventes (“fumê”), pois são escuros, absorvendo mais luz do que calor. De forma semelhante, os vidros e películas reflexivas permitem a redução da carga térmica que, entretanto, pode ser suplantada pela necessidade adicional de luz artificial.

Em climas frios o ideal seria permitir a entrada do calor solar (onda curta) evitando as perdas de calor do interior. Vidros de múltiplas camadas são indicados, pois permitem isolamento entre as placas (normalmente é utilizado o ar ou algum tipo de gás).

#### **2.3.5 Redução da transmitância térmica das paredes, janelas e coberturas**

É através dos fechamentos das edificações que ocorrem as trocas térmicas entre o ambiente interno e externo. Dependendo do local, é preciso que os fechamentos de uma

edificação protejam o ambiente interno dos fatores negativos do clima. Num clima frio, não se quer que ocorram perdas de calor do ambiente interno para o ambiente externo, com isto, os fechamentos têm de ter boa vedação e evitar a passagem do calor através dos mesmos. Nos climas quentes e secos, os fechamentos têm de evitar que o calor externo diurno passe rapidamente para dentro da edificação, mas este calor deve ser armazenado para aquecer o ambiente interno no período noturno, quando as temperaturas externas vão abaixo da zona de conforto. Neste clima, os fechamentos precisam transmitir pouco o calor e retê-lo ou armazená-lo. Nos climas quentes, em ambientes condicionados artificialmente, deve-se evitar que o calor externo seja transmitido para o interior, pois aumentaria a carga térmica interna. Em ambientes naturalmente ventilados localizados em climas quentes e úmidos, a carga térmica advinda da cobertura deve ser amenizada. O uso de cores claras reduz a absorvidade da radiação solar, mas deve-se evitar que o calor absorvido seja transmitido para dentro do ambiente.

A transmitância é uma característica térmica dos elementos e componentes construtivos, e é conhecida como “coeficiente global de transferência de calor”. É a transmitância térmica que permite comparar o comportamento térmico dos fechamentos das edificações. Quanto menor o valor da transmitância térmica, menor serão as trocas térmicas dos ambientes internos e externos.

O cálculo de transmitância térmica e o conceito de propriedades térmicas de elementos e componentes das edificações são apresentados na norma de Desempenho Térmico de Edificações – Parte 2 (ABNT, 2005).

### **2.3.6 Uso Racional da Iluminação**

O uso da luz natural pode representar uma grande economia de energia na edificação residencial. Além dos sistemas de aberturas verticais, a iluminação zenital é bastante útil, podendo iluminar ambientes sem contato com paredes externas além de valorizarem ambientes arquitetônicos mais nobres.

Alguns conceitos para se adotar no projeto e obter racionalização na iluminação de ambientes:

- **Integração da luz artificial com luz natural**

A luz natural pode ser utilizada para reduzir o consumo de energia com iluminação. Para que isso seja possível, deve-se buscar explorá-la de forma integrada com os sistemas de iluminação artificial. Isto pode ser feito de diversas maneiras, devendo o projetista conhecer o comportamento dos dispositivos utilizados para iluminação natural e dos componentes do sistema de iluminação artificial, integrando-os em um único sistema. Dentro dessa idéia, sempre que a luz natural for adequada às necessidades de iluminação do ambiente, a iluminação artificial deve ser desativada ou reduzida. Alguns sistemas de controle (como os sensores fotoelétricos) podem ser empregados com essa finalidade. Não se deve esquecer de balancear os ganhos de calor que podem estar embutidos no ingresso de luz natural, pois isto poderia incrementar o consumo de energia para condicionamento térmico.

A integração da luz artificial com a luz natural pode fornecer melhores resultados em termos de redução no consumo de energia principalmente em prédios comerciais e públicos.

- **Sistemas de controle da luz artificial**

A função de um sistema de controle de luz é fornecer a quantidade necessária de iluminação onde e quando ela é necessária, enquanto minimiza o consumo de energia elétrica. Os sistemas de controle são basicamente de três tipos: sistemas com controle fotoelétrico; sensores de ocupação e sistemas de programação do tempo.

- **Iluminação de tarefa**

Esta técnica permite a previsão de níveis de iluminação mais altos para as tarefas visuais, enquanto se mantém o restante da iluminação a níveis mais baixos. As áreas circundantes da tarefa visual necessitam de menos iluminação que o local da tarefa propriamente dita. Recomenda-se que a iluminação ambiental seja pelo menos 33% da iluminação da tarefa, para conforto e adaptação ao transiente. Por exemplo, se uma tarefa requer 750 lux, a iluminação ambiental deve ser mantida em pelo menos 250 lux. Isto significa que boa parte da área interna de um edifício pode ter seu nível de iluminação diminuído, reduzindo também o consumo de energia.

- **Sistemas de iluminação artificial eficientes**

Pode-se reduzir consideravelmente a energia gasta com iluminação artificial substituindo lâmpadas incandescentes por fluorescentes comuns ou compactas. A utilização de luminárias mais eficientes e de reatores eletrônicos também é aconselhável. Em edifícios residenciais, a energia consumida a noite pelas lâmpadas que permanecem acesas nas escadas e circulações pode ser reduzida com a adoção de minuterias ou sensores de presença. Assim, o tempo que as lâmpadas permanecem acesas é apenas o necessário para que os usuários alcancem a saída ou o seu apartamento, desligando-se automaticamente o circuito em alguns minutos. A melhoria do sistema de iluminação pode representar uma economia de energia de até 40%. Economizar energia elétrica é 102 vezes mais barato que gerá-la.

### **2.3.7 Aquecimento de água**

Uma parcela significativa de energia elétrica é consumida para aquecimento de água no setor residencial, 25% aproximadamente. O projetista deve prever tubulação de água quente isolada termicamente em seus projetos, propiciando a instalação de sistemas de aquecimento a gás ou solar - mais econômicos. Além de evitarem o consumo de energia elétrica, outra vantagem destes sistemas é o maior grau de conforto e sua capacidade para atender diversos pontos de água quente além do chuveiro (torneiras em banheiros, cozinhas e lavanderias, por exemplo).

### **2.3.8 Utilização correta dos sistemas propostos**

As estratégias de projeto para assegurar a conservação de energia depende das condições climáticas, localização e forma do edifício, mas também do tipo, função e padrão de uso. Edifícios de escritórios, escolas e lojas são principalmente usadas durante o dia, residências podem tanto ser ocupadas constantemente ou de forma intermitente, enquanto hospitais, aeroportos e algumas indústrias podem ser de uso constante.

O comportamento dos ocupantes tem um efeito significativo sobre o consumo energético de uma edificação. Uma edificação que foi projetada para ser energeticamente eficiente pode falhar no seu objetivo se os ocupantes tiverem um comportamento de desperdício energético. De outra forma, um comportamento energético consciente pode conseguir economizar e até baixar o valor das contas de energia.

O ideal seria que o projetista após definido um projeto bioclimático, passasse ao proprietário da edificação instruções de como usar a edificação. Estas instruções poderiam ser passadas aos proprietários através de comunicação verbal ou através de manual.

### **2.3.9 Uso de dispositivos de proteção solar**

Em certas épocas do ano (e em alguns lugares do Brasil, em todo o ano), os ganhos de calor pelas aberturas em vidro podem ser excessivos, causando desconforto térmico dentro dos ambientes. Este problema pode ser controlado evitando que os raios de sol penetrem no interior das edificações. A localização da edificação, a forma da edificação, a orientação solar adequada dos ambientes, proteções solares externas e vidros especiais, podem ser usados para reduzir o desconforto térmico. O projeto da parte externa da edificação deve ser pensado para as condições de verão e de inverno. O sol excessivo do verão pode ser barrado, enquanto a iluminação natural deve ser garantida durante todo o ano.

Ao projetar proteções solares deve-se pensar também na sua influência sobre a luz natural e a visibilidade para o exterior. A adoção de proteções solares do tipo *prateleiras de luz* é aconselhável principalmente para a orientação norte, pois permite sombrear completamente a abertura enquanto favorece a entrada de luz para o interior.

Os ganhos de calor pelo sol ocorrem tanto pelos elementos opacos (paredes, cobertura) quanto pelos elementos transparentes (janelas, clarabóias, etc). Os ganhos de calor pelos elementos da edificação podem ser desejáveis quando as temperaturas estão baixas, e indesejáveis com temperaturas mais elevadas. Proteções solares quando bem projetadas podem garantir que os raios solares passem pelas aberturas transparentes apenas nos períodos necessários. Dependendo da latitude do local e do período do ano, também se pode conceber proteções solares constituídas de uma parte fixa e outra móvel. A versatilidade desse sistema permite sombrear o sol indesejável através da parte fixa, reservando à parte móvel a função de controlar a entrada do sol quando desejável.

Ao especificar proteções solares com partes móveis se deve considerar a necessidade de manutenção regular e a possibilidade de operação errônea por parte do usuário. O ideal é promover esclarecimentos sobre as vantagens e o funcionamento do sistema.

Nos projetos de edificações é importante considerar a posição do sol durante todo o ano, e o projetista deve visualizar os efeitos das suas soluções construtivas para poder tomar decisões. Repetir o cálculo da posição do sol várias vezes pode ser um trabalho árduo, por isso, o uso de representações gráficas da geometria solar (cartas solares) são uma solução para definir proteções solares para as edificações.

## **2.4 Uso de recursos renováveis**

Mesmo ao se tomar providências mínimas, a necessidade de se considerar o impacto ambiental é um aspecto indiscutível ao se produzir arquitetura sustentável. A questão é, entretanto, o que exatamente está sendo levado em consideração: efeito estufa, degradação da camada de ozônio, substâncias cancerígenas produzidas por produtos utilizados no edifício, poluição de córregos por metais pesados, os problemas de depósitos de lixo ou a conservação de fontes naturais de água? Ou ainda, deve-se preocupar com o esgotamento de recursos naturais, ou o armazenamento de material radioativo, ou a sobrevivência das árvores?

Tanto a poluição provocada pelas *emissões*, quanto pela *extração*, são formas de impacto ao ambiente. Emissões envolvem a liberação de substâncias ao ambiente,

enquanto que o uso de materiais naturais envolve a extração de substâncias do ambiente para ser utilizado em edifícios (Williamson et al, 2003).

Agentes químicos ou físicos podem ser liberados ao ambiente como resultado de atividades humanas associadas com edificações. Algumas **emissões** podem afetar pessoas, a fauna ou a flora diretamente ou contribuir para uma gradual perturbação no ecossistema da Terra. As principais conseqüências ambientais causadas por emissões atribuídas ao edifício (resultante da fabricação e operação) são: efeito estufa; destruição da camada de ozônio, substâncias tóxicas liberadas no ar; depósitos de lixo, e radioatividade.

- Efeito estufa:

Causada por gases que bloqueiam a radiação infra-vermelha da terra; este efeito altera o balanço de calor e pode resultar em mudanças climáticas perigosas.

- Destruição da camada de ozônio:

A camada de ozônio na estratosfera da Terra absorve radiação ultravioleta (UV). A radiação UV excessiva é prejudicial à vida animal e vegetal (é uma das causas, por exemplo, do câncer de pele). As substâncias que causam a destruição da camada de ozônio são um grupo de produtos químicos manufaturados conhecidos como Cloro-fluorcarbonos (CFCs). Desde a década de 20, CFCs têm sido usados para um número de aplicações em edifícios, tais como na fabricação de espumas plásticas, líquidos refrigerantes em sistemas de refrigeração e ar condicionado, em sistemas de extinção de fogo, e como solventes para limpeza. Uma vez descartados na atmosfera, estes produtos químicos levam cerca de 20 anos para migrar para a camada de ozônio e, então, sob a ação da luz do sol, eles liberam cloro que tende a destruir a camada de ozônio. Um acordo internacional, Protocolo de Montreal de 1987, foi firmado com o objetivo de eliminar o uso dos produtos químicos mais prejudiciais a camada de ozônio.

- Substâncias Tóxicas:

Muitas substâncias descarregadas no ar, água e solo provenientes da fabricação e operação de edifícios são venenosas para seres humanos e outros animais, plantas e para o ecossistema. Doenças relacionadas à qualidade do ar interno tem se tornado muito comum e de crescente preocupação pública.

Muitos itens comumente encontrados em edifícios podem liberar gases químicos. Algumas fontes voláteis são óbvias, por exemplo, adesivos e pinturas. Existem também as fontes menos óbvias, tais como madeiras tratadas, laminados, carpetes, e germes provenientes de fungos e mofo. A principal fonte de gases é proveniente de componentes orgânicos voláteis (COVs), os quais se tornam um gás ou vapor à temperatura normal ou sob a influência do calor. Estes podem afetar trabalhadores que fabricam os mesmos ou fazem a instalação, os usuários do edifício e/ou os trabalhadores que realizam reformas ou demolições durante a vida útil do edifício. A exposição às substâncias tóxicas pode resultar em doenças específicas tais como irritação das mucosas ou da pele, mas frequentemente se manifestam como doenças não específicas tais como dores de cabeça, fadiga ou dificuldades de concentração.

- Depósitos de Lixo

Muitos países enfrentam a falta de locais adequados para a disposição do lixo. Uma disposição inapropriada de produtos residuais pode resultar na poluição do ar, do solo ou de córregos.

- Radioatividade

Muitas pessoas enxergam o perigo que pode ser causado por possíveis acidentes em usinas nucleares e os problemas de armazenamento de lixo radioativo como potencialmente a mais arriscada das ameaças enfrentadas pela raça humana.

O esgotamento previsto do estoque de combustíveis fósseis do planeta e dos recursos minerais devido à **extração** é uma preocupação particular na maior parte da literatura sobre sustentabilidade. Neste contexto é importante distinguir entre fontes não renováveis e fontes renováveis de energia.

- Fontes Renováveis:

Fontes renováveis são, por definição, inesgotáveis, mas a produção potencial de materiais renováveis tal como a madeira é limitada. As principais fontes renováveis são:

- ✓ Solar;
- ✓ Eólica;
- ✓ Biomassa;
- ✓ Hidrelétrica;
- ✓ Geotérmica.

- Fontes não-renováveis:

Podem ser divididas em:

- a. Combustíveis fósseis

- ✓ Óleo,
- ✓ Gás Natural
- ✓ Carvão

- b. Nuclear

A seguir, algumas fontes renováveis que podem ser usadas em edifícios para gerar energia são brevemente descritas (Lechner, 2001):

### **2.4.1 Energia Solar**

O termo energia solar se refere ao uso de radiação solar de formas diferentes. Os dois principais métodos de utilização de energia solar em edifícios são:

- **Fototérmica:**

A energia fototérmica visa à quantidade de energia que um objeto é capaz de absorver sob a forma de calor. Assim, quanto mais quente o coletor ficar, maior será a quantidade de energia por ele produzida. Não é somente a captação que interessa, armazenar esse tipo de calor também é muito importante. O produto mais utilizado para produzir essa energia é o coletor solar. Esses equipamentos são aquecedores de fluidos (líquidos ou gasosos) e são denominados coletores, concentradores e coletores planos, em função da existência ou não de dispositivos de concentração da radiação solar. Os fluidos aquecidos são armazenados térmica e isoladamente até o uso final. Atualmente, os

coletores são usados para aquecer água em residências, hotéis, hospitais, entre outros, já que reduzem o consumo de energia elétrica.

▪ **Fotovoltaica:**

A energia fotovoltaica converte diretamente a luz solar em eletricidade, método conhecido como efeito fotovoltaico. A célula fotovoltaica é uma unidade fundamental do processo de conversão. Primeiramente, a busca por esta tecnologia se deu pelas empresas do setor de telecomunicação, que procuravam fontes de energia para sistemas isolados em localidades remotas. O segundo estímulo para a energia foi a corrida espacial, pois era o sistema mais barato e adequado para os longos períodos de permanência no espaço. A energia solar também foi usada em satélites. Os painéis fotovoltaicos, responsáveis pela captação e transformação da luz solar em energia, são feitos de silício, o segundo componente mais abundante da Terra.

Nos últimos vinte anos, nos países desenvolvidos, o custo da eletricidade fotovoltaica vem diminuindo gradualmente, e está em processo de se tornar competitiva com a eletricidade convencional. O maior potencial de uso dessa energia para a arquitetura são as células fotovoltaicas integradas ao edifício.

#### **2.4.2 Energia Eólica**

Em lugares onde o vento é abundante e a eletricidade é cara, a energia eólica é frequentemente a melhor fonte de energia. Em várias partes do mundo, turbinas gigantes e fazendas eólicas estão gerando eletricidade para a rede. Pequenas turbinas podem ser uma fonte de eletricidade para edifícios individuais, onde a fonte de vento é suficiente, a qual é função de ambas velocidade e duração.

Uma vez que a energia produzida por uma turbina de vento é proporcional ao cubo da velocidade do vento, ter um local com velocidades altas de vento é crítico, e existe um grande incentivo para elevar a turbina o mais alto possível para alcançar velocidades de vento maiores. A maioria das vezes as turbinas são colocadas em torres, mas também podem ser colocadas no topo de edifícios. A maior desvantagem da energia eólica é que a mesma não é constante. No caso de instalações conectadas à rede, a natureza intermitente do vento não é um problema, pois a rede fornece energia quando o vento não está disponível.

#### **2.4.3 Biomassa**

A fotossíntese armazena energia solar para usar mais tarde. Este é o modo como as plantas resolvem o problema da disponibilidade difusa e intermitente, a qual está associada à energia solar. Esta energia armazenada pode ser transformada em calor ou eletricidade, ou convertida em combustíveis como gás metano, álcool, e hidrogênio.

A queima de biomassa no lugar do combustível fóssil pode reduzir o problema do aquecimento global já que biomassa é “neutra em carbono”. Ao crescer, as plantas removem a mesma quantidade de dióxido de carbono da atmosfera, a qual é enviada de volta quando a biomassa é queimada. Portanto, não existe mudança no conteúdo de dióxido de carbono da atmosfera.

Resíduos da agricultura, tais como a palha; resíduos industriais como lascas de madeira; ou resíduos do consumidor como o lixo, pode ser queimado para produzir calor ou para a produção de eletricidade. Alguns resíduos da agricultura podem ser fermentados e produzir álcool etanol e usado como combustível líquido. Todo tipo de resíduo orgânico

pode ser “digerido” e transformado em gás metano. A madeira usada para aquecer residências é um exemplo de energia de biomassa.

#### **2.4.4 Hidrelétrica**

Hoje em dia, quase toda a eletricidade gerada provém de hidrelétricas. O gasto maior é com a construção das barragens. Uma vantagem da hidrelétrica sobre as outras fontes de energia renováveis é o modo relativamente simples de armazenar energia. A principal desvantagem é que grandes áreas de terra devem ser alagadas para criar os lagos que armazenam a água. Estas terras são usualmente áreas agrícolas produtivas e normalmente habitadas. Outra desvantagem é a perturbação da ecologia local, como por exemplo, os peixes não conseguem alcançar as suas áreas de desova.

#### **Pequenas Centrais Hidrelétricas**

Como o próprio nome indica, uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH) é uma usina hidrelétrica convencional, só que de pequeno porte. Enquanto Itaipú tem uma potência instalada de 12.600 MW, as PCH's não passam de 30 MW.

As PCH são apontadas como uma das principais energias alternativas a se expandirem no Brasil. Isso porque o país, que em 2005 obteve 77,1% da sua energia elétrica a partir da força das águas, pode aproveitar ainda mais esse potencial com o uso de PCH's

#### **2.4.5 Geotérmica**

A energia geotérmica aproveita o calor do subsolo da Terra e pode ser usada de duas maneiras: a extração do calor originário do solo profundo; e o uso do solo logo abaixo da superfície como fonte de calor no inverno e como um absorvedor de calor no verão (*heat sink*).

### **2.5 Uso racional de água**

A conservação da água pode ser definida como qualquer ação que:

- ✓ reduza a quantidade de água extraída em fontes de suprimento;
- ✓ reduza o consumo de água;
- ✓ reduza o desperdício de água;
- ✓ aumente a eficiência do uso de água;
- ✓ aumente a reciclagem e o reúso de água

#### **Medidas de controle de vazamento:**

- ✓ garantia de qualidade dos sistemas prediais hidráulicos;
- ✓ detecção e controle de vazamentos (projetos hidráulicos que contemplem a acessibilidade ao sistema; monitoração do consumo)

#### **Medidas de redução no consumo:**

- ✓ controle do desperdício (uso de dispositivos de controle de tempo de uso em banheiros públicos; medições individuais em condomínios);
- ✓ redução do volume consumido (controle da vazão; controle do tempo de uso, e reúso da água).

#### **Alternativas para reduzir a demanda de água tratada:**

- ✓ Mudança de hábitos;
- ✓ Aproveitamento de águas pluviais;
- ✓ Utilização de equipamentos de baixo consumo de água;
- ✓ Reuso de água

### 2.5.1 Aproveitamento de Águas Pluviais

A água pluvial é coletada em áreas impermeáveis, ou seja, telhados, pátios, ou áreas de estacionamento, sendo em seguida, 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 metodologia básica para o projeto de sistemas de coleta, tratamento e uso de água pluvial envolve as etapas:

- ✓ determinação da precipitação média local (mm/mês);
- ✓ determinação da área de coleta;
- ✓ determinação do coeficiente de escoamento superficial;
- ✓ caracterização da qualidade da água pluvial;
- ✓ projeto do reservatório de descarte;
- ✓ projeto do reservatório de armazenamento;
- ✓ identificação dos usos da água (demanda e qualidade);
- ✓ estabelecimento do sistema de tratamento necessário

A precipitação média local deve ser estabelecida em função de dados mensais publicados em nível nacional, regional ou local.

A área de coleta deve ser determinada no caso de telhados, que são normalmente inclinados, em projeção horizontal, de acordo com a **NBR- 10844/89: Instalações prediais de águas pluviais**.

O coeficiente de escoamento superficial é determinado em função do material e do acabamento da área de coleta.

A caracterização da qualidade da água pluvial deve ser feita utilizando-se sistemas automáticas de amostragem para posterior caracterização.

O reservatório de descarte destina-se à retenção temporária e posterior descarte da água coletada na fase inicial da precipitação. O volume do reservatório de armazenamento é calculado em base anual, considerando-se o regime de precipitação local e as características de demanda específica de cada edificação.

Os sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais requerem cuidados gerais e características construtivas que permitam a segurança do abastecimento, a manutenção e qualidade da água. Ressalta-se:

- ✓ evitar a entrada de luz do sol no reservatório;
- ✓ manter a tampa de inspeção fechada;
- ✓ realizar a limpeza anual do reservatório;

- ✓ assegurar que a água coletada seja utilizada somente para fins não potáveis;
- ✓ prever a conexão (sem possibilidade de contaminação) de água potável com o reservatório de armazenamento, assegurando o consumo por ocasião de estiagens prolongadas;
- ✓ pintar de cor diferenciada as linhas de coleta e de distribuição de águas pluviais;
- ✓ deverão ser colocadas placas indicativas junto das torneiras de acesso geral, com a inscrição “Água não-potável”;
- ✓ a qualidade da água deve ser submetida a um processo de monitoramento.

Foi publicada recentemente a norma **NBR 15527:2007: 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 as águas de chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado como, por exemplo, 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.

### **2.5.2 Utilização de Equipamentos de baixo consumo de água:**

#### **Tecnologia de Produtos Aplicada ao Uso Racional da Água (fonte PNCDA – Documentos Técnicos: DTA F1):**

Buscando soluções técnicas para reduzir o consumo de água e evitar os desperdícios, muitas empresas em todo o mundo pesquisam novos sistemas e produtos que se tornam cada vez mais eficientes. Apresentam-se, neste item, os principais tipos de produtos destinados à racionalização do uso da água nos edifícios. No DTA F2 podem ser vistas as fichas técnicas padronizadas de diversos desses produtos, disponíveis no mercado nacional e internacional.

- ✓ Bacias sanitárias e dispositivos de descarga

Atualmente, no Brasil, alguns fabricantes de louça sanitária estão em fase de aperfeiçoamento e/ou início da comercialização de bacias com caixa acoplada com capacidade para 6 litros. Outros produzem e comercializam bacias VDR para serem utilizadas em conjunto com caixas de descarga com volume reduzido (6 litros), fixada na parede.

Normalmente comercializadas em países da Europa e nos EUA, as bacias de volume de descarga reduzido (VDR) são conjuntos de bacia sanitária com caixa acoplada que trabalha com volume reduzido de água por descarga, o qual varia de fabricante para fabricante e de país ou região, mas cujos valores estão em torno de 9 a 6 litros nos EUA e entre 9 e 3 litros na Europa.

Outro tipo de sistema é a Bacia com caixa acoplada dual. Esse tipo de componente é projetado de modo a permitir ao usuário a possibilidade de escolha entre dois volumes de água de descarga, um maior, igual ao volume útil da caixa, e outro menor, igual a 50% deste volume, que pode ser utilizado quando houver na bacia somente dejetos líquidos.

- ✓ Torneiras de lavatórios e cozinhas

A utilização de pequenos artefatos adaptados a torneiras, têm como finalidade uma melhor distribuição do jato de água. Além da uniformização deste, tais peças agem

como reguladoras de vazão e redutoras de pressão principalmente em locais destinados a lavagens com manuseio das peças, como, por exemplo, cozinhas e lavabos (já não fazem sentido em torneiras de jardim ou de máquinas de lavar). Tais peças podem significar economia de água, pois permitem um melhor controle de vazão e uma melhor distribuição de água. Efeitos hídricos com peças na forma de turbina aumentam a aceitação das mesmas. A instalação de telas e filtros tem efeito semelhante. Ambos necessitam apenas de cuidados de limpeza.

Pode-se encontrar no mercado diversos tipos e modelos de torneiras destinadas à higiene pessoal, inclusive as torneiras misturadoras com monocomando. O funcionamento básico de todas é semelhante.

Do ponto de vista da conservação da água, nessas torneiras o que interessa é a forma do jato, sua vazão e o tempo de duração do uso. Nesse sentido, é importante que às torneiras sejam incorporados dispositivos que controlem a dispersão do jato e reduzam a vazão e o tempo de duração do uso a um valor mínimo. Para controlar a dispersão do jato e reduzir a vazão, existem dispositivos desenvolvidos com esta finalidade, tais como o arejador, o pulverizador (spray-tap), o atomizador (atomised spray) e o prolongador.

✓ Torneiras acionadas por sensor infravermelho

Nesse caso, a torneira é dotada de sensor infravermelho, o qual funciona com um conjunto de emissor e receptor. O receptor detecta a reflexão emitida pelo anteparo colocado à frente das mãos e aciona a válvula solenóide que libera a água para o uso. O fluxo cessa quando as mãos são retiradas do campo de ação do sensor. O sensor infravermelho pode estar localizado na própria torneira ou logo acima, na parede. O sistema é alimentado por transformador de baixa voltagem (24V). Alguns modelos são dotados de baterias auxiliares que são acionadas quando falta energia. O sistema controla o tempo de uso da água, evitando assim o desperdício.

✓ Torneiras com tempo de fluxo determinado

Esse tipo de torneira é dotado de um dispositivo mecânico que, uma vez acionado, libera o fluxo de água, fechando-se automaticamente após um tempo determinado. Geralmente, encontram-se no mercado essas torneiras dotadas de arejador, melhorando ainda mais o seu desempenho em relação à economia de água.

✓ Chuveiros

Uma alternativa para a redução do consumo de água nos chuveiros, sejam eles de aquecimento integrado ou não, são dispositivos limitadores de vazão, instalados a montante do chuveiro, que, a partir de certa pressão, estrangulam progressivamente a seção da passagem de água, de modo a limitar a vazão em um determinado volume.

### **2.5.3 Reuso de água para fins não potáveis:**

- ✓ Reuso das “águas cinzas” para descargas de toaletes ou para irrigação de jardins: a água usada é tratada através de purificação em sistemas de tratamento de água (tratamento biológico com zonas de raízes);
- ✓ Utilização de água da chuva: tanques para armazenar água da chuva podem ser instalados, sendo a água armazenada utilizada para descargas de toaletes, em máquinas de lavar roupa, para rega de jardins e lavagem de carros e quintais.

## **2.6 Gerenciamento de Resíduos da Construção**

Os resíduos de construção e demolição (RCD) são classificados por exceção na NBR 10004 como inertes. Embora em sua grande maioria se submetidos á análise, os RCD típicos provavelmente seriam classificados como não inertes, especialmente devido ao seu pH e dureza da água absorvida, em alguns casos eles podem conter contaminações importantes. Estas contaminações podem tanto ser oriundas da fase de uso da construção a partir dos quais foram gerados quanto do seu manuseio posterior. Estes contaminantes podem afetar tanto a qualidade técnica do produto contendo o reciclado quanto significar riscos ambientais. (John e Agopyan, 2000)

RCD retirados de obras expostas à atmosfera marinha podem estar contaminados por sais que, dependendo da situação, podem levar a corrosão de metais. Seu uso em concreto armado, por exemplo, deve ser limitado.

Outra fonte significativa de risco são os RCD oriundos de construções industriais.

Do ponto de vista ambiental, o problema principal com este tipo de resíduo está relacionado a sua deposição irregular e aos grandes volumes produzidos. A deposição irregular do resíduo é muito comum em todo mundo. No Brasil, os números estimados por PINTO (1999) para cinco cidades médias variaram entre 10 e 47% do total gerado. Estes resíduos depositados irregularmente causam enchentes, proliferação de vetores nocivos à saúde, interdição parcial de vias e degradação do ambiente urbano. Às vezes estes resíduos são aceitos por proprietários de imóveis que os empregam como aterro, normalmente sem maiores preocupações com o controle técnico do processo, o que pode levar a problemas futuros em construções erigidas nestas áreas.

### **Medidas para redução da geração de RCD**

O resíduo da construção é gerado em vários momentos do ciclo de vida das construções:

- ✓ fase de construção (canteiro);
- ✓ fase de manutenção e reformas;
- ✓ demolição de edifícios

Os resíduos de construção são constituídos de uma ampla variedade de produtos, que podem ser classificados em:

- ✓ Solos;
- ✓ Materiais “cerâmicos”: rochas naturais; concreto; argamassas a base de cimento e cal; resíduos de cerâmica vermelha, como tijolos e telhas; cerâmica branca, especialmente a de revestimento; cimento-amianto; gesso – pasta e placa; vidro
- ✓ Materiais metálicos , como aço para concreto armado, latão, chapas de aço galvanizado, etc.;
- ✓ Materiais orgânicos: como madeira natural ou industrializada; plásticos diversos; materiais betuminosos; tintas e adesivos; papel de embalagem; restos de vegetais e outros produtos de limpeza de terrenos.

Do ponto de vista técnico as possibilidades de reciclagem dos resíduos variam de acordo com a sua composição. Quase a totalidade da fração cerâmica pode ser beneficiada como agregado com diferentes aplicações conforme sua composição específica. As frações compostas predominantemente de concretos estruturais e de

rochas naturais podem ser recicladas como agregados para a produção de concretos estruturais. A presença de fases mais porosas e de menor resistência mecânica, como argamassas e produtos de cerâmica vermelha e de revestimento, provoca uma redução da resistência dos agregados e um aumento da absorção de água. Assim agregados mistos têm sua aplicação limitada à concretos de menor resistência, como blocos de concreto, contra-pisos, camadas drenantes, etc. Uma aplicação já tradicional no mercado – embora ainda apresente problemas técnicos – é a reciclagem destes resíduos mistos na produção de argamassas em canteiro, através de equipamento específico .

#### **Outras medidas de minimização de resíduos da construção civil:**

- ✓ Projeto modulares de pisos, azulejos e pastilhas;
- ✓ Utilização de formas metálicas e de polipropileno para a confecção do concreto;
- ✓ Coleta seletiva dos resíduos durante a obra e elaboração de manual e plano de gerenciamento de resíduos;
- ✓ Prever local de coleta seletiva de lixo para o condomínio;
- ✓ Utilizar tintas à base de água (sem solventes);
- ✓ Tomar medidas para aumentar o desempenho, vida útil e durabilidade da construção.

#### **Plano Integrado de gerenciamento dos resíduos da construção: Resolução CONAMA 307.**

Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, com diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos *pequenos geradores* e transportadores, e Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil que orientem, disciplinem e expressem o compromisso de ação correta por parte dos *grandes geradores* de resíduos. Os Projetos de Gerenciamento contemplam as seguintes etapas:

- ✓ Caracterização;
- ✓ Triagem;
- ✓ Acondicionamento;
- ✓ Transporte e Destinação.

Os **geradores de pequenos volumes** devem descartar em áreas cadastradas, enquanto que os **geradores de grandes volumes** auto-declaram compromisso de uso de transportadores cadastrados e áreas de manejo licenciadas, através de um Projeto de Gerenciamento de resíduos.

### **3. Sistemas de classificação de eficiência energética e certificação de edifícios:**

Os dois principais mecanismos para articular a participação de avaliação energética no setor da construção civil são: regulamentação e certificação de energia.

Regulamentação em eficiência energética estabelece limites máximos de consumo ou tabelas prescritivas com valores mínimos de eficiência, além de estabelecer ferramentas para a avaliação de desempenho energético de edifício.

Certificação de energia é um mecanismo de mercado, cujo principal objetivo é promover padrões mais altos de desempenho de energia do que as regulamentações prescritivas.

O sucesso de uma regulamentação em eficiência energética em controlar efetivamente o consumo de energia do setor da construção está associado ao indicador de desempenho de energia adotado, e às ferramentas de avaliação fornecidas. Atualmente, as normas de eficiência energética nos diferentes países são muito heterogêneas em relação a estes dois aspectos, bem como nos limites estabelecidos dos requisitos.

Já para a certificação de energia atingir o objetivo pretendido, deve-se fornecer informação clara e detalhada sobre o desempenho de energia do edifício. Assim como para a regulamentação, os indicadores implementados numa certificação condicionará sua capacidade de alcançar o objetivo pretendido.

Classificar o desempenho energético de edifícios está se tornando um aspecto de extrema importância do edifício em operação. Um edifício com uma alta classificação pode ser elegível para um reconhecimento especial através de um programa obrigatório ou voluntário. Este reconhecimento valoriza o imóvel, aumentando seu valor de venda ou de aluguel. Além disso, os sistemas de classificação também ajudam a identificar edifícios que consomem muita energia, fornecendo, então, oportunidade para que medidas de conservação energética serem tomadas. O sistema de classificação de edifícios é um fenômeno crescente e usado por vários países (Olofsson et al, 2004).

Atualmente, praticamente todos os países da Europa, além de Estados Unidos, Canadá, Austrália, Japão e Hong Kong, possuem um sistema de avaliação e classificação de desempenho ambiental de edifícios.

### **LEED:**

O sistema LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) é uma norma nacional (EUA) voluntária, baseada em consenso, criada para o desenvolvimento de edifícios de alta performance e sustentáveis. O sistema LEED foi desenvolvido pelos membros do *U.S. Green Building Council*, representando todos os segmentos da indústria da construção civil. O LEED se encontra atualmente disponível ou sob desenvolvimento para os seguintes setores:

- Novos Edifícios Comerciais e grandes projetos de renovação (LEED-NC);
- Edifícios Existentes (LEED-EB);
- Projetos de interiores de edifícios comerciais (LEED-CI);
- Projetos da Envoltória e da parte central do edifício (LEED-CS);
- Residências (LEED-H);
- Desenvolvimento do Bairro (localidade) (LEED-ND).

Os principais objetivos do sistema LEED são:

- Definir “*green building*” por estabelecer um padrão comum de medição;
- Promover a prática de projeto integrado, do edifício como um todo;

- Reconhecer a liderança ambiental na indústria da construção;
- Estimular a competição na construção sustentável;
- Aumentar a consciência nos consumidores dos benefícios de edificações sustentáveis;
- Transformar o mercado da construção.

O programa fornece uma estrutura completa para acessar o desempenho do edifício e atender as metas de sustentabilidade. Baseado em padrões científicos bem fundamentados, o LEED enfatiza estratégias para o desenvolvimento sustentável local, aproveitamento de água, eficiência energética, seleção de materiais e qualidade ambiental interna. O programa reconhece os sucessos alcançados e promove o conhecimento em edifícios sustentáveis através de um sistema amplo, oferecendo certificação de projeto, suporte profissional, treinamento e recursos práticos ([www.usgbc.org](http://www.usgbc.org)).

O LEED é dividido em 7 categorias: *siting* (desenvolvimento sustentável local); *water conservation* (uso eficiente da água); *energy* (energia); *materials* (materiais); *indoor environmental quality* (qualidade ambiental interna); *innovation* (inovação) e *design* (processo de projeto). Cada categoria contém um número de créditos específico; cada crédito corresponde a um ou mais pontos possíveis (ver tabela 2).

Tabela 2: Estrutura de Avaliação do LEED

<b>Categoria</b>	<b>Pontos Possíveis (% do total)</b>
Sustainable sites	14 (20%)
Water Efficiency	5 (7%)
Energy/ atmosphere	17 (25%)
Materials/ resources	13 (19%)
Indoor Evaluation Quality	15 (22%)
Innovation	4 (6%)
Accredited professional	1 (1%)
Total	69 (100%)

(fonte: USGBC)

Um projeto que ganha pontos suficientes (26) pode tornar-se “LEED Certified”, atingindo 33 pontos ganha a classificação Silver, 39 pontos - Gold e 52 pontos ou mais - Platinum.

Tabela 3: Níveis de classificação do LEED

<b>Níveis de classificação</b>	<b>Pontos</b>
LEED Certified	26 a 32
Silver	33 a 38
Gold	39 a 51
Platinum	52 a 69

(fonte: USGBC)

O critério mínimo de nivelamento exigido para avaliação de um edifício pelo LEED é o cumprimento de uma série de pré-requisitos. Satisfeitos todos estes pré-requisitos, o edifício torna-se elegível a passar para a etapa de análise e classificação de desempenho, dada pelo número de créditos obtidos.

Para ganhar pontos na categoria de energia, o projeto precisa usar procedimentos de “boa prática”. Deve-se projetar em conformidade com a ASHRAE/IESNA 90.1 – 1999

ou de acordo com código local mais rigoroso. Não usar refrigerantes CFCs nos sistemas de refrigeração ou aquecimento artificial. Pontos para: reduzir os custos com o projeto da energia em 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, ou 60%; suprir 5%, 10%, ou 20% do uso total de energia via sistemas locais renováveis; fornecer 50% da eletricidade a partir de fontes renováveis sob um contrato de dois anos.

De acordo com (White Paper on Sustainability Report, 2003), enquanto se supõe produzir edifícios melhores e mais sustentáveis através do programa LEED, o processo por si só não garante ótimos resultados. Um estudo da Universidade de Michigan concluiu que enquanto o LEED parece estar alcançando seus objetivos de eco-labeling como ferramenta política e de mercado, o programa não é tão bem sucedido como sendo uma metodologia ampla para avaliação de impacto ambiental.

Obviamente, para criar um edifício bem projetado e totalmente sustentável, é muito mais complexo do que seguir uma checklist.

Um número de questões mais substantivas e complexas que estão sendo discutidas pelos membros do comitê do programa e do USGBC inclui o seguinte:

- ✓ Como considerar diferenças regionais (clima, água, sol, fontes de energia) no contexto de um programa nacional;
- ✓ Como estabelecer (se necessário), um “peso” de pontos mais racional. Um relatório do Federal Environmental Executive declara que, enquanto o LEED tem certos pré-requisitos, estes são freqüentemente de condições mínimas. Como resultado, é possível ter um desempenho fraco ou relativamente na média em algumas áreas e mesmo assim obter a classificação “certified”;
- ✓ Introduzir avaliação do ciclo de vida na estrutura do LEED, de maneira que o desempenho dos componentes e da estrutura do edifício a longo prazo seja dada maior consideração do que na versão atual do método.

#### **BREEAM – BRE Environmental Assessment Method:**

Criado pelo BRE - *Building Research Establishment* – o BREEAM é o sistema mais estabelecido mundialmente e o método ambiental mais usado para edifícios. Desde que foi lançado em 1990, o BREEAM tem sido aceito crescentemente no setor da construção e setor imobiliário no Reino Unido como a medida de boa prática na gestão e projeto ambiental ([www.breeam.org](http://www.breeam.org)).

Até outubro de 2007, existiam quase 100.000 edifícios certificados no Reino Unido e cerca de 700.000 residências e edifícios registrados para avaliação. A certificação BREEAM é executada por assessores credenciados, garantindo que os serviços de avaliação são oferecidos por profissionais que trabalham dentro de um rigoroso controle de qualidade. O BRE treina, examina, e licencia organizações e indivíduos para desenvolver o processo de avaliação e trabalhar com a equipe de projeto.

A versão para residência do BREEAM era chamado de EcoHomes. Em abril de 2007, o Código para Residências Sustentáveis (Code for Sustainable Homes) substituiu o Ecohomes para a avaliação de novas residências na Inglaterra. O EcoHomes de 2006 continuará a ser usado para reformas em residências na Inglaterra e para todo tipo de habitação residencial na Escócia e País de Gales. Esta versão fornece uma classificação para novas residências, casas reformadas, e cobre residências, apartamentos e abrigos.

O BREEAM Offices é o método mais usado mundialmente para rever e melhorar o desempenho ambiental de edifícios comerciais. O BREEAM para edifícios comerciais pode ser aplicado para edifícios novos e existentes, ocupados ou não ocupados.

O sucesso do BREEAM se deve à habilidade de cobrir uma grande gama de questões ambientais dentro de uma única avaliação, e apresentar os resultados de uma maneira facilmente compreendida por aqueles envolvidos. O sistema de classificação BREEAM inspirou o sistema americano LEED (Leadership in Energy and Environmental Design).

O BREEAM avalia o desempenho de edifícios nas seguintes áreas:

- Gestão: aspectos globais da política e procedimentos ambientais.
- Uso de energia: questões de energia operacional e emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>);
- Saúde e bem-estar: ambientes internos e externos do edifício, afetando a saúde e o bem-estar.
- Poluição: poluição do ar e da água.
- Transporte: transporte relacionado com a emissão de CO<sub>2</sub> e fatores relacionados com o local.
- Uso do solo: evitar o desenvolvimento de locais inapropriados e reduzir o impacto ambiental ao local um edifício, principalmente em terra não-desenvolvida ou que ainda não tenha sido impactada pela atividade humana. Reabilitar locais danificados.
- Ecologia: conservação do valor ecológico e melhoramento do local.
- Materiais: implicação ambiental dos materiais de construção, incluindo o impacto do ciclo de vida útil.
- Água: consumo e eficiência do uso da água.

Os construtores e projetistas são encorajados a considerar essas questões no estágio mais cedo possível do projeto, a fim de maximizar suas chances de atingir uma classificação alta no sistema BREEAM.

Os créditos são concedidos em cada área de acordo com o desempenho.

Nas versões anteriores, os critérios de avaliação eram agrupados segundo a escala dos impactos (global, local e interna). Uma das principais modificações da versão 98 em relação às versões anteriores do BREEAM foi a introdução de fatores de ponderação para as categorias de créditos ambientais para se chegar a um índice de desempenho ambiental do edifício (EPI), com valor entre zero e 10. De acordo com o EPI obtido, são atribuídos quatro níveis de certificação: PASS, GOOD, VERY GOOD ou EXCELLENT, e um certificado é concedido o qual pode ser usado para propósitos promocionais.

Para ganhar pontos na categoria “Energia”, o edifício deve demonstrar um percentual de melhoramento acima do requisito mínimo de emissão de CO<sub>2</sub>, estipulado pelo último Regulamento do edifício. Além disso, o edifício ganha pontos quando possuir circuito de medição separado para uso final de energia substancial dentro do edifício, por exemplo, sala de computadores, equipamentos de refrigeração, etc.; e quando luminárias externas eficientes são especificadas e todo o sistema de iluminação possuir controle de luz natural.

O BREEAM cobre vários tipos de edifícios:

- Escritórios,
- Casas e Residências multi-familiares (EcoHomes),
- Unidades industriais,
- Unidades de varejo,
- Escolas.

Para orientar as equipes de projeto e gestão do edifício, o BREEAM fornece uma lista de verificação (*checklist*) simplificada – “*pré-assessment estimators*”, disponíveis em arquivos PDF na página eletrônica do BREEAM (BRE, 2006). O *checklist* de pré-avaliação permite uma rápida avaliação da classificação que pode ser alcançada sob uma avaliação formal. O sistema de pontos usados neste *checklist* é uma aproximação da pontuação do método formal. A metodologia completa é acessível apenas aos avaliadores credenciados, que verificam o atendimento de itens mínimos de desempenho, projeto e operação dos edifícios e atribuem os créditos correspondentes. Os avaliadores irão requisitar evidência para provar cada crédito reivindicado.

Clientes, projetistas e construtoras estão usando o BREEAM para especificar o desempenho de sustentabilidade de seus edifícios de um modo rápido, compreensivo e visível no mercado.

Agentes imobiliários estão usando o sistema para promover as credenciais e benefícios ambientais de um edifício para compradores e locatários em potencial.

Projetistas estão usando o BREEAM como uma ferramenta para melhorar o desempenho de seus edifícios e aumentar sua própria experiência e conhecimento de aspectos ambientais de sustentabilidade.

Gerentes estão usando o sistema para medir o desempenho de edifícios e desenvolver planos de ação, monitorar e relatar o desempenho em ambos os níveis local e de portfólio.

O BREEAM oferece uma gama de benefícios, desde benefícios ambientais até o financeiro:

- Demonstra conformidade com requisitos ambientais de ocupantes, projetistas e construtoras.
- Contribui para o melhoramento ambiental;
- Fornece benefícios aos ocupantes ao criar um ambiente melhor para as pessoas viverem e trabalharem;
- Pode ser usado como estratégias de mercado para promover as vendas e aluguéis;
- Financeiro: ao atingir maiores valores de aluguel e economia de energia com a maior eficiência energética do edifício.
- Boa prática de projeto ao fornecer um *checklist* ou ferramenta para comparar edifícios.
- Responde aos requisitos dos usuários.

## **Regulamentação Brasileira para Etiquetagem Voluntária de Nível de eficiência energética para edifícios comerciais:**

A primeira iniciativa no âmbito de legislações efetivamente instituídas para promover a eficiência energética no país surgiu como consequência da crise de energia de 2001, quando foi sancionada Lei Nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que “*dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia*” (BRASIL, 2001a). O artigo 4º desta lei afirma que “*o Poder Executivo desenvolverá mecanismos que promovam a eficiência energética nas edificações construídas no País*”. Dois meses depois a regulamentação foi publicada sob forma do Decreto 4.059 de 19 de dezembro de 2001, indicando, no artigo 1º, que “*os níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, (...), bem como as edificações construídas, serão estabelecidos com base em indicadores técnicos e regulamentação específica (...)*” (Brasil, 2001b).

No decreto, fica instituído o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética - CGIEE, composto por representantes do Ministério de Minas e Energia; Ministério da Ciência e Tecnologia; Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, além de representantes da Agência Nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional do Petróleo, e um representante de universidade brasileira e um cidadão brasileiro, ambos especialistas em matéria de energia. No âmbito desse decreto, cria-se o Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações no País (GT-MME), que deverá estabelecer procedimentos para avaliação da eficiência energética das edificações e criar indicadores técnicos referenciais do consumo de energia destas edificações.

Em 2003 foi lançado o PROCEL Edifica, através do Plano de Ação para Eficiência Energética em Edificações, estabelecendo 6 vertentes de ação: arquitetura bioclimática, indicadores referenciais para edificações, certificação de materiais e equipamentos, regulamentação e legislação, remoção de barreiras à conservação da energia e, por fim, educação. Cada vertente apresenta uma série de projetos que visam implementar a eficiência energética na cultura construtiva nacional, desde a fase anterior ao projeto, através da educação e certificação de materiais, até a revisão de leis de eficiência energética para constante atualização tecnológica. Um destes projetos é o desenvolvimento da própria regulamentação da eficiência energética das edificações.

A Universidade Federal de Santa Catarina, através de um convênio com a Eletrobrás/PROCEL, fica responsável pelo desenvolvimento da base técnica para esta regulamentação. Nas discussões geradas a partir dos estudos desenvolvidos no âmbito desse projeto, verificou-se que as várias soluções eficientes de projeto (envoltória) em conjunto com o uso de equipamentos eficientes podem levar estas soluções para diferentes níveis de classificação de eficiência do edifício. Portanto, é possível continuar a trabalhar com a escala de variação para definição de uma classificação que incentive a construção de edificações cuja eficiência esteja acima do mínimo requerido por uma norma. Diante desse quadro, o GT optou por desenvolver uma regulamentação para etiquetagem de edifícios, em vez de uma norma de prescrições mínimas, com o objetivo de promover padrões mais altos de desempenho de energia e trazer um diferencial de mercado para edificações mais eficientes.

O objetivo da regulamentação brasileira é criar condições para a Etiquetagem Voluntária do nível de eficiência energética de edifícios comerciais e públicos. Há duas

maneiras de provar conformidade com a regulamentação: seguindo os **Requisitos** para o Sistema de Iluminação; Sistema de Condicionamento de ar e Envoltória, ou usando **Simulação** para comparar os resultados com um edifício similar que está de acordo com os requisitos da classificação pretendida.

Os requisitos exigidos na regulamentação são divididos em: eficiência e potência instalada do **sistema de iluminação**, eficiência do **sistema de condicionamento do ar** e o desempenho térmico da **envoltória** do edifício. Os requisitos são avaliados separadamente e têm níveis de eficiência que variam de A (mais eficiente) a E (menos eficiente). Para obter a classificação geral do edifício, as classificações por requisitos devem ser avaliadas, resultando numa classificação final. Para isso, pesos são atribuídos para cada requisito, e de acordo com a pontuação final, é obtida uma classificação geral que também varia de A a E. Os pesos estão assim distribuídos: Sistema de Iluminação (DPI) = 30%; Sistema de Condicionamento de Ar (CA) = 40%; Envoltória (Env)= 30%.

A última versão da Regulamentação está disponível para *download* no site [www.labeee.ufsc.br](http://www.labeee.ufsc.br).

### **Referências Bibliográficas**

ABNT, 2005. NBR 15.220: **Desempenho Térmico para Edificações – Parte 2**. Rio de Janeiro, 2005.

ASHRAE STANDARD 90.1-1999: **Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings**. Atlanta: ASHRAE, 1999. 160 p.

BRASIL, 2001a. **Lei n. 10295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia**. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, 2001a. Disponível em: <[www.inmetro.gov.br/qualidade/lei10295.pdf](http://www.inmetro.gov.br/qualidade/lei10295.pdf)>.

BRASIL, 2001b. **Decreto n. 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 dá outras providências**. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, 2001b. Disponível em: <[www.mme.gov.br/ministerio/legislacao/decretos/Decreto%20n%204.059-2001.html](http://www.mme.gov.br/ministerio/legislacao/decretos/Decreto%20n%204.059-2001.html)>.

BROWN, G. Z. e DEKAY, M. **Sol, Vento e Luz: Estratégias para o projeto de Arquitetura**. Porto Alegre: Bookman, 2004. 2ª. Edição. 414p.

CALIFORNIA ENERGY COMMISSION. Consumer Energy Center. [Homepage Institucional]. Cool Roofs. Disponível em: [www.consumerenergycenter.org/coolroof/](http://www.consumerenergycenter.org/coolroof/) acesso em: 19 outubro 2006.

DOCUMENTOS TÉCNICOS DE APOIO: **DTA F1 - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA)**: disponível em Ministério das Cidades: [www.cidades.gov.br](http://www.cidades.gov.br)

GAUZIN-MULLER, D. **Arquitetura Ecológica**. Barcelona: Gustavo Gilli, 2002. 286 p.

GIVONI, B. **Comfort, climate, analysis and building design guidelines**. Energy and Building, vol. 18, pp.11-23, julho/1992.

GOULART, S.V.G., BARBOSA, M.J., PIETROBON, C.E., BOGO, A., PITTA, T. **Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico**. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1994. (relatório interno nº 02/94).

JOHN, V. e AGOPYAN, V. **Reciclagem de Resíduos na Construção**. Seminário Reciclagem de Resíduos sólidos Domiciliares. São Paulo, 2000. Disponível em: <http://recycled.pcc.usp.br/ftp/CETESB.pdf>

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW, 1997. 192 p.

LECHNER, N. **Heating, cooling, lighting: design methods for architects**. John Wiley & Sons, Inc., second edition, USA, 2001. 620p.

OLOFSSON, T; A. MEIER; R. LAMBERTS, 2004. **Rating the Energy Performance of Buildings**. In International Journal of Low Energy and Sustainable Buildings, vol. 3, 2004. (disponível em: [www.byv.kth.se/avd/byte/leas](http://www.byv.kth.se/avd/byte/leas))

PAPST, A. L.; GHISI, E.; COLLE, F.; de ABREU, S. L.; GOULART, S.; BORGES, T. Eficiência Energética e uso racional da energia na edificação. Florianópolis, 2005. Organização e edição: Alexandre Montenegro e Ana Ligia Papst. 121 p.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Paulo, 1999. Tese (doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 189p.

SZOKOLAY, S.V. **Approaches to tropical house design**. In: II Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 1999, Fortaleza, Brasil, 1999. Compact Disc.

WILLIAMSON, T.; RADFORD, A.; BENNETTS, H. **Understanding Sustainable Architecture**. Spon Press, Londres, 2003. 160p.

WINES, J. **Green Architecture**. Milan: Taschen, 2000. 240 p

WIKIPEDIA. Enciclopédia online. [Homepage Institucional]. Disponível em: <http://www.wikipedia.org/>. Acesso em: 10 out. 2007.