



# XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Avanços no desempenho das construções – pesquisa, inovação e capacitação profissional

12, 13 E 14 DE NOVEMBRO DE 2014 | MACEIÓ | AL

## PROTEÇÕES SOLARES: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA A SUSTENTABILIDADE DE EDIFÍCIOS

**MACIEL, Liliane (1); TIBÚRCIO, Túlio (2); CARLO, Joyce (3)**

(1) UFV, e-mail: lilianefmaciel@gmail.com, (2) UFV, e-mail: tmst83@hotmail.com, (3) UFV, e-mail: correnacarlo@gmail.com

### RESUMO

O termo sustentável é usado com frequência na literatura referente ao espaço construído. Um princípio prático, comumente utilizado em edificações que buscam a sustentabilidade, é o uso de proteções solares. Porém, esse uso deve ser planejado tendo em vista que as decisões projetuais implicam em uma série de consequências que não se restringem às condições de radiação direta e conforto térmico, mas que se relacionam também a outros aspectos como: níveis de iluminação natural, consumo de energia, privacidade e visão do exterior. O objetivo deste trabalho consiste em analisar o uso de elementos de proteção solar em edificações que são associadas aos princípios da sustentabilidade e verificar como esses elementos contribuem em seu desempenho. Este artigo consiste em uma pesquisa exploratória na qual foi realizada uma revisão de literatura e foram observados casos de edifícios considerados sustentáveis. A revisão inclui uma discussão sobre o conceito de sustentabilidade aplicado a edificações e sobre o uso de dispositivos de proteção solar. Edifícios foram analisados para investigar a contribuição de brise-soleils para sustentabilidade de edificações. Foram contrastadas edificações participantes do concurso “Solar Decathlon Europe 2012” que utilizaram brise-soleils e que não utilizaram. Esse concurso reúne o que há de mais avançado em edificações sustentáveis e disponibiliza dados para análise. Foram selecionados os aspectos da sustentabilidade que têm relação com brise-soleils: conforto térmico (bloqueio da radiação solar direta e possibilidade de ventilação natural); conforto visual (iluminação e vistas para o exterior); materiais (durabilidade e possibilidade de reuso); e eficiência energética. Identificaram-se as características dos dispositivos de sombreamento que mais contribuíram nesses aspectos e como esses brise-soleils foram incorporados à edificação, em termos formais e compositivos. Observou-se que aquelas residências com brise-soleils apresentaram melhor desempenho nos aspectos considerados. A contribuição deste artigo consiste na compilação de estratégias projetuais que utilizam brise-soleils visando à sustentabilidade.

**Palavras-chave:** Dispositivos de proteção solar, Edificações sustentáveis, Desempenho de edifícios.

### ABSTRACT

*The term sustainable is frequently used in the literature on built environment. A practical approach commonly used on buildings that aims to be sustainable are the shading devices. However, that use must be planned knowing that the design decisions involve a range of consequences that are not restricted to conditions of direct radiation and thermal comfort, but they are also relate to other aspects such as levels of natural lighting, energy consumption, privacy and outside view. This paper aims to analyze the use of shading devices in buildings that are associated to the principles of sustainability and see how these elements contribute to its performance. A literature review about the concept of sustainability applied to buildings and the use of solar shading was done. Buildings from the “Solar Decathlon Europe 2012” that use brise-soleils or slabs as shading devices were analyzed to investigate the contribution of those elements for sustainability of buildings. The choice of buildings from that award is justified because that event brings together the latest in sustainable buildings and due to the availability of data for analysis. Aspects of sustainability related to brise-soleils were selected among those addressed in the literature review: thermal comfort (blocking of direct solar radiation and the possibility natural ventilation); visual comfort (lighting and views to outside); materials (durability and reuse); and energy efficiency. It was*

*identified the characteristics of shading devices that contributed to these aspects and how these devices were incorporated into the building in formal and compositional terms. It was observed that those houses with brise-soleils showed better performance in the aspects considered. The contribution of this paper is a compilation of design strategies that use brise-soleil aiming at sustainability.*

**Keywords:** *Shading devices, sustainable buildings, building performance.*

## 1 INTRODUÇÃO

Este artigo consiste em uma pesquisa exploratória na qual foi realizada uma revisão de literatura sobre o conceito de sustentabilidade aplicado a edificações e sobre o uso de dispositivos de proteção solar. Em seguida foram feitos estudos de caso para aproximar essas duas temáticas. Buscou-se, então, dar resposta à seguinte questão: o uso de sistemas de proteção solar contribui para a sustentabilidade das edificações? A resposta a essa questão parte da compreensão do conceito de sustentabilidade e do que são os dispositivos de proteção solar, também chamados neste trabalho de elementos de sombreamento, brise-soleil ou simplesmente brise.

O conceito de edificações sustentáveis esteve associado a uma filosofia ambientalista que se afastava da sociedade para que seus adeptos vivessem de forma independente. Com o passar do tempo, a abordagem da edificação sustentável passou a se relacionar com questões como alto desempenho, eficiência, integração e elegância, tendendo a se aproximar do modo de vida da sociedade atual (KEELER; BURKE, 2010). A sustentabilidade em edificações é um conceito amplo, aberto e que abrange as dimensões ambientais, sociais, econômicas e culturais (AMARAL et al., 2012; CLEMENTS-CROOME, 2011; SACHS, 1993). Nesse sentido, a sustentabilidade orienta o processo de planejamento, construção e uso das edificações. Isso se reflete na busca da promoção do conforto e do bem estar dos usuários ao mesmo tempo em que as demais dimensões também são trabalhadas.

As edificações sustentáveis deixam um grande legado de projeto. É possível citar inúmeras edificações que foram consideradas bem projetadas porque seu projeto se adaptou ao clima regional; utilizou materiais de construção disponíveis e as técnicas já testadas de modo eficiente; garantiu um bom nível de conforto com a termoacumulação (por meio da massa térmica); ou aproveitou os benefícios do meio ambiente ao armazenar a água (KEELER; BURKE, 2010, p.50).

A partir desse legado, surge uma série de princípios que visam aproximar as edificações contemporâneas da sustentabilidade. Um princípio prático que é usado frequentemente em edificações que buscam a sustentabilidade é o uso de proteções solares. De acordo com Gutierrez e Labaki (2005), o brise-soleil é um entre vários tipos de dispositivos de proteção solar. É um elemento construtivo constituído por lâminas geralmente paralelas, externas à edificação. Os dispositivos de proteção solar são componentes integrados ao sistema de abertura e à fachada. Eles protegem o ambiente do sol direto, do superaquecimento e do ofuscamento; proporcionam melhorias nos níveis de iluminação natural, promovem a privacidade e/ou a visão do exterior (OLBINA, 2008). Kim et al. (2012) afirmam que a função básica dos elementos de sombreamento é interceptar os raios solares antes que eles atinjam o interior da edificação. Nesse sentido, as proteções solares são elementos arquitetônicos cujo uso não pode ser desvinculado do edifício. Integram um sistema que inclui, além deles, as aberturas e a superfície transparente. Esse sistema tem um grande efeito no consumo de energia de uma edificação devido à sua influência nos ganhos solares, na transmissão de calor e na infiltração de ar (KIM et al., 2012). Entretanto, de acordo com Ferreira e Souza (2010), projetar corretamente os dispositivos de proteção solar não é uma tarefa simples, pois se eles forem

superdimensionados, podem se tornar obstruções à luz natural e acarretar no aumento do consumo de energia por sistemas de iluminação artificial. Analogamente, as proteções solares podem funcionar como barreiras à ventilação natural.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho consiste em analisar os sistemas de abertura de residências que são reconhecidamente associadas aos princípios da sustentabilidade e da eficiência energética e identificar nessas edificações como a presença de elementos de proteção solar ou composições geométricas que geram sombreamento contribui para a sustentabilidade. O método de pesquisa adotado se baseou em estudos de caso de residências do *Solar Decathlon Europe 2012* realizado na cidade de Madrid na Espanha.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Edifícios Sustentáveis**

O ideal da sustentabilidade em edificações deve ser trabalhado em três esferas distintas e complementares (projetual, construtiva e operacional), sendo a base de todas elas a esfera projetual. No momento do planejamento se define o quão sustentável o empreendimento poderá ser. É nesse momento que são definidos os materiais e as estratégias bioclimáticas a serem utilizadas, além do estudo do impacto ambiental, social, econômico e cultural do edifício. Dessa forma, somente com um planejamento eficiente e consciente é que se pode tornar a construção e o edifício mais próximos da sustentabilidade. Neste trabalho, a temática da sustentabilidade em edificações é abordada em suas esferas projetual e do edifício construído.

Um marco na conceituação de sustentabilidade é o relatório “Nosso Futuro Comum”, publicado originalmente em 1987. Esse relatório define o desenvolvimento sustentável como a capacidade da humanidade de garantir um desenvolvimento que “atenda as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as gerações futuras atenderem também às suas” (CMMAD, 1991, p.09). É interessante notar que esse é um conceito amplo, que abrange uma gama de variáveis que vai além da dimensão ambiental. O entendimento de edifícios sustentáveis também é extenso e diverso. Para Burnett (2007), assim como o desenvolvimento sustentável, a noção de edifícios sustentáveis depende da percepção de cada um.

Amaral et al. (2012) acreditam ser difícil definir sustentabilidade na contemporaneidade devido ao quantitativo de premissas, dimensões e significados atribuídos ao termo desde o conceito cunhado em 1987. Clements-Croome (2011) afirma que a sustentabilidade abrange não apenas o princípio ambiental, mas também os fatores econômicos e sociais.

Segundo Barbosa (2013), além da chamada tríade da sustentabilidade formada pelas dimensões ambiental, social e econômica, outras dimensões têm sido delineadas como a tecnológica (EBSEM; RAMBOL, 2000; SILVA; TIBÚRCIO, 2008), a cultural (SACHS, 1993), a institucional (SILVA, 2003; VILHENA, 2007) e a estética (ISOLDI, 2007) na busca de um entendimento mais holístico da sustentabilidade.

Observa-se uma tendência da inserção de tais princípios em edificações. Porém, é discutível se a aplicação de técnicas e conceitos baseados na sustentabilidade garantem edifícios, de fato, sustentáveis. Por outro lado, a busca da sustentabilidade já é um passo importante. Nesse sentido, diferentes autores apresentam suas concepções e mostram formas de aproximar a arquitetura da sustentabilidade.

Jensen e Gram-Hanssen (2008) definem edifícios sustentáveis como aqueles em que as preocupações ambientais são levadas em conta no processo de construção e operação.

Entretanto, eles afirmam que uma definição mais precisa está aberta à discussão. Já para Sachs (1993), o conceito de sustentabilidade em edificações é baseado em cinco princípios: conforto ambiental, materiais de construção, utilização de fontes alternativas de energia, uso racional de água e gerenciamento de resíduos sólidos. Burnett (2007) mostra que edifícios verdadeiramente sustentáveis estão longe de se tornar uma prática comum. Para ele a questão é analisar quão mais sustentáveis os edifícios podem se tornar. E essa melhoria no nível de sustentabilidade é caracterizada pela promoção do desempenho desejado ao mesmo tempo em que o consumo de recursos e o impacto ambiental são minimizados durante todo o ciclo de vida da edificação, sustentando a atividade econômica e a qualidade de vida. Farmer e Guy (2010) afirmam que o projeto sustentável é constituído por meio da evolução de abordagens sócio-tecnológicas que se desenvolvem a partir de uma experiência prática e que tomam forma quando os arquitetos, construtores, usuários e a comunidade enfrentam os problemas ambientais, têm conhecimento sobre seus valores, crenças e práticas e melhoram progressivamente a ecologia do ambiente construído. Segundo eles essa prática social transformadora também sugere que novos conhecimentos e novos valores de projeto podem surgir da atividade humana reflexiva e bem planejada (pragmática) em diferentes contextos. Assim, as práticas de projeto são sustentadas pela flexibilidade, colaboração e mudança.

Vakili-Ardebili e Boussabaine (2007) acreditam que o processo de projeto de edifícios sustentáveis deve ser baseado em uma abordagem humano-orientada, isto é, que tenha a satisfação do cliente como objetivo central. Esses autores definem a durabilidade como um atributo essencial dos edifícios sustentáveis. Essa relevância é dada à durabilidade porque ela depende do cumprimento de outros atributos como flexibilidade, operacionalidade, facilidade de manutenção e suporte ao longo do tempo. Clements-Croome (2011) afirma que para os edifícios inteligentes serem sustentáveis, deve-se manter o seu desempenho para as futuras gerações. No caso dos edifícios já existentes, Moraes e Quelhas (2012) realizaram uma pesquisa onde questionaram aos profissionais da área da construção civil acerca da viabilidade da implantação de estratégias sustentáveis e concluíram que a análise da durabilidade combinada com os custos da operação foi considerada uma prática imprescindível. Para Clements-Croome (2011), tanto a inovação quanto o uso de estratégias ambientais passivas são importantes. Ele afirma que a redução na demanda de energia de edificações pode ser alcançada pelo uso de meios naturais como massa (inércia térmica), orientação e forma do edifício, que contribuem para controle da luz solar e renovação de ar, além do aproveitamento da água pluvial. Kovacic e Sreckovic (2013) argumentam que para a realização de ambientes construídos sustentáveis, em que um dos principais objetivos é atingir o nível máximo de eficiência no consumo de energia e recursos, é necessário um conhecimento multidisciplinar. A comunicação, a transferência de conhecimentos e a construção de um conhecimento comum se mostram fundamentais desde as etapas iniciais de projeto, pois são nessas etapas que se determina o desempenho da edificação ao longo do seu ciclo de vida. Nesse sentido é necessária uma mudança de uma abordagem focada na tecnologia para uma abordagem orientada para a pessoa e o processo.

## **2.2 Proteções Solares**

Os dispositivos de proteção solar apresentam um potencial de contribuição para a sustentabilidade de edificações, pois são elementos que impedem que a radiação solar direta atinja os ambientes internos e, conseqüentemente, atuam no controle e redução do ganho de calor e consumo de energia da edificação. Quando esses dispositivos são constituídos de lâminas (geralmente paralelas) externas à edificação são chamados de brise-soleil. Além da função primordial de proteção da radiação direta, os brises

também são utilizados no controle do excesso de luminosidade, característico de regiões de clima quente. As proteções solares também influenciam na visibilidade para o exterior e na ventilação da edificação (GUTIERREZ; LABAKI, 2005). Olbina (2008) afirma que as proteções solares podem gerar os seguintes benefícios: proteger da radiação solar direta, evitar o superaquecimento, evitar o ofuscamento, melhorar os níveis de iluminação natural, promover a privacidade e/ou a vista para o exterior.

Devido à tendência arquitetônica de se usar fachadas envidraçadas em edifícios comerciais, o gerenciamento dos ganhos solares é uma consideração importante no projeto de edifícios energeticamente. De acordo com Lomanowski e Wright (2012), os ganhos solares através da janela representam a maior e mais variável fonte de calor de um edifício. Nesse sentido, o uso apropriado de dispositivos de proteção solar representa uma economia no consumo de energia para resfriamento. Segundo eles, elementos móveis podem equilibrar o balanço entre os ganhos solares, as questões de ofuscamento e aproveitamento da luz diurna. E ainda, o controle dos ganhos solares não é necessário apenas nos edifícios envidraçados e com isolamento térmico ineficiente, mas são também fundamentais no projeto de novos edifícios comerciais e residenciais energeticamente eficientes. Segundo esses autores, com a busca de edificações mais eficientes, o potencial benefício dos dispositivos móveis automatizados é significativo. Esquemas de controle para proteções solares automatizadas podem ser integrados à simulação para regular o ganho solar e avaliar o impacto na carga térmica da edificação, nos níveis de iluminância e no consumo de energia para iluminação.

O uso de proteções solares em climas quentes gera melhorias no desempenho termoenergético de edificações, pois anteparam a incidência de radiação solar direta e evitam o consequente aquecimento do ambiente. No entanto, esses dispositivos podem tornar-se obstruções à luz natural, o que pode acarretar o aumento do uso de energia para iluminação artificial. Dessa forma, é preciso avaliar o balanço entre a carga térmica e a disponibilidade de luz natural em um ambiente que adote dispositivos de proteção solar (FERREIRA; SOUZA, 2010). Nesse sentido, Oteiza e Soler (1995) compararam o desempenho de iluminação em diferentes dispositivos de proteção solar que geram a mesma máscara de sombra. Nesse trabalho, o modelo com prateleiras de luz apresentou um desempenho superior, tanto em termos de uniformidade quanto em níveis de iluminância. Preocupados com o desempenho da iluminação natural quando dispositivos de sombreamento são utilizados, Olbina e Beliveau (2009) propuseram um sistema de proteção solar transparente. Utilizando os princípios óticos, eles desenvolveram dispositivos móveis e automaticamente controlados, que são formados por aletas de seção triangular de plástico transparente e revestimento reflexivo prateado.

Ainda com relação ao papel das proteções solares, Laouadi (2009) afirma que sistemas complexos de aberturas, *complex fenestration systems* (CFS), são componentes típicos dos edifícios de alto desempenho. Segundo ele, CFS incluem dispositivos de sombreamento integrados entre camadas de vidro, ou anexos ao interior ou exterior de fachadas envidraçadas. Esses sistemas contribuem no controle da iluminação natural, dos ganhos de calor solar e da visão do exterior, e podem conter elementos fotovoltaicos embutidos nas camadas de vidro para produzir energia no local. Entretanto, de acordo com o autor, previsões do desempenho térmico desses sistemas ainda encontram-se em estágio inicial. Dessa forma, entende-se que os dispositivos de proteção solar apresentam um potencial interessante de aplicações em edificações e podem contribuir para a sustentabilidade. Porém, esse uso deve ser planejado tendo em vista que as decisões projetuais implicam em uma série de consequências que não se restringem às condições de radiação direta e conforto térmico, mas que se relacionam também a

outros aspectos como níveis de iluminação natural, consumo de energia, privacidade, visão do exterior e até mesmo na ventilação natural que é pouco abordada na literatura.

### 3 ESTUDOS DE CASO

Em conformidade com as orientações de Yin (2010) sobre a aplicação do método estudo de caso, que é definido como uma investigação em profundidade um fenômeno contemporâneo, este trabalho investiga a busca de edificações mais sustentáveis. A preocupação com a sustentabilidade de edificações se consolidou quando a escassez de recursos ambientais e energéticos passou a ser uma inquietação mundial e o potencial de contribuição da construção civil passou a ser enxergado como relevante nesse contexto. Esse fato dificulta a utilização de outros métodos de pesquisa senão o estudo de caso, pois a análise da sustentabilidade de edificações por métodos que isolam o objeto de seu contexto seria uma tarefa demasiadamente complexa.

O presente estudo de caso busca analisar estratégias para projeto de aberturas. Identificaram-se, dentre os princípios da sustentabilidade citados na revisão de literatura, aqueles que se aplicam à análise de proteções solares e contribuem especialmente nas dimensões ambiental e econômica, a saber: conforto térmico (bloqueio da radiação solar direta e possibilidade de ventilação natural); conforto visual (aproveitamento da luz natural e vistas para o exterior); materiais (durabilidade e possibilidade de reuso) e eficiência energética. Uma análise simplificada das condições de conforto térmico e visual da abertura de um ambiente de permanência prolongada será realizada para cada uma das casas. A abertura estudada está voltada para a orientação sul. Observa-se que a radiação solar direta é indesejável tanto sob o ponto de vista térmico, pois pode admitir calor em excesso, quanto sob o ponto de vista da iluminação, pois pode gerar contrastes e ofuscamento. O aproveitamento da luz natural é função do somatório da quantidade de luz proveniente da abóbada celeste (componente celeste) e da quantidade de luz refletida interna e externamente (componente refletida interna e componente refletida externa). Neste artigo, essa contribuição somente será estimada por meio do ângulo vertical da componente celeste, considerando que a abertura pode se prolongar horizontalmente ao longo do ambiente e que as componentes refletidas podem variar muito. Um ponto de trabalho será estabelecido a 0,85m do piso (distância vertical) e a 1,5m em direção normal à abertura (distância horizontal) para que o ângulo vertical da componente celeste possa ser determinado e comparado entre os diferentes sistemas de abertura.

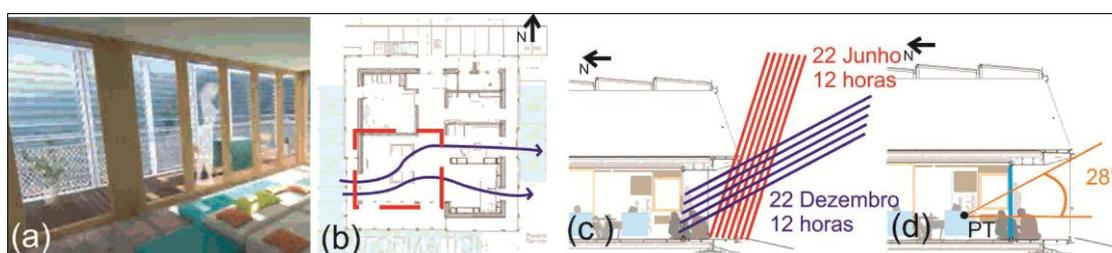
A escolha das edificações participantes do concurso *Solar Decathlon* se justifica por se tratar de um evento que reúne tecnologias sustentáveis e pela disponibilidade de dados para análise. A íntegra dos projetos e memoriais de todas as residências participantes está disponível em SDE (2012a). As residências e respectivos projetos escolhidos foram os 3 primeiros colocados do *Solar Decathlon Europe* (SDE), realizado em 2012 na cidade de Madrid, na Espanha.

#### 3.1 Casa Canopea – 1º Colocado no SDE 2012

As aberturas da Casa Canopea são protegidas por lâminas ajustáveis que regulam as trocas térmicas enquanto permite a ventilação cruzada. A camada mais externa da casa é composta basicamente de dois elementos diferentes: o sistema de brises e as persianas. Os brises de vidro permitem o controle da ventilação (Figura 01-a). Abertas, as peças de vidro ficam dispostas horizontalmente, permitindo a passagem do ar. Por serem semitransparentes, os brises não prejudicam a iluminação natural ao mesmo tempo em

que permitem ao usuário estabelecer um contato visual com o exterior. No inverno, os brises fechados formam uma segunda pele de proteção contra a perda de calor. No verão, para evitar o efeito estufa, os brises são escondidos atrás das persianas, por meio de painéis móveis. Já as persianas protegem as paredes e janelas da radiação solar direta e podem ser desenroladas ao longo de uma linha vertical. Esses elementos são controlados por motores ou por controle manual e contribuem para o conforto e o bom funcionamento bioclimático da casa. Tanto os brises quanto as persianas podem ser facilmente desmontados para reutilização em outras residências ou reciclagem. Durante seu funcionamento, a casa apresentou um baixo consumo de energia anual estimado em 32,18 kWh/m<sup>2</sup>, sendo essa informação obtida em SDE (2012b).

**Figura 1 – Análise Casa Canopea**



Fonte: SDE (2012a). Adaptado pelos autores.

O ambiente adotado para análise na Casa Canopea foi a sala de estar. Embora a sala tenha sido projetada para atividades visuais, sabe-se que esse ambiente pode ser utilizado para trabalho e leitura. A maior área envidraçada desse ambiente está orientada para o sul. A localização das aberturas e a integração dos ambientes viabiliza a ventilação cruzada na sala (Figura 1-b). Com relação à radiação solar através da abertura voltada para o sul, a própria laje do segundo pavimento funciona como sombreamento durante o verão. Durante o inverno os raios solares atingem o interior do ambiente, mesmo com a presença dos brises (Figura 1-c). Observa-se que a principal função do brise, nesse caso, não é o sombreamento, mas o controle das trocas de ar. Mesmo com os brises fechados, a quantidade de luz que chega à sala é alta, pois os brises não obstruem totalmente a passagem da luz, embora o fator solar do vidro deva ser considerado para efeito de cálculo (Figura 1-a). Pode-se desconsiderar os brises na determinação do ângulo vertical da componente celeste (Figura 1-d). Na situação de inverno, tem-se a opção de desenrolar a persiana, o que nesse caso causaria o escurecimento do ambiente e um ângulo de componente celeste igual a zero, comprometendo o aproveitamento da iluminação natural e as vistas para o exterior.

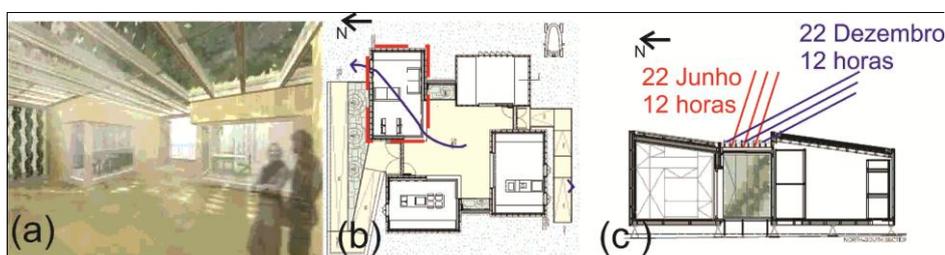
### 3.2 Patio 2.12 – 2º Colocado no SDE 2012

A casa Patio 2.12 é composta por um pátio central para o qual todos os ambientes se abrem (Figura 2-a). Os fechamentos desse pátio são compostos por duas camadas. A primeira é envidraçada e operável no sentido de permitir tanto a abertura para ventilação, quanto o completo fechamento. A outra camada é uma série de aletas ajustáveis que lembram folhas de parreira. Assim, esse fechamento visa promover sombra, ar fresco e luz. Além das aberturas para o pátio, as demais aberturas da casa se dão por meio de janelas de folhas pivotantes opacas. Essas janelas integram o sistema de ventilação cruzada da residência e permitem aos usuários controlar a sua privacidade, sendo essa a única possibilidade de visão do exterior a partir da sala e dos quartos. Com relação ao material das aletas dos brises, deu-se preferência a materiais recicláveis e

produzidos localmente. A casa apresentou a melhor condição de eficiência energética do SDE 2012, com um consumo anual de 27,84 kWh/m<sup>2</sup> (SDE, 2012b).

O ambiente selecionado para análise foi a sala de estar. A sala possui uma pequena abertura voltada para o norte, que possibilita a ventilação cruzada (Figura 2-b). Porém a abertura considerada para esta análise consiste na porta que se abre para o pátio interno. Essa porta está orientada para o sul e tem seu controle da radiação e da iluminação por meio da cobertura do pátio. Os brises do pátio protegem a sala da radiação solar que tanto no inverno quanto no verão (Figura 2-c). Com relação ao aproveitamento da luz natural, um ponto de trabalho localizado no interior da sala não conseguiria “ver” nenhuma parte do céu através dos brises do pátio, portanto a componente celeste é igual a zero e o pátio contribui com a iluminação natural da sala apenas por meio de reflexão.

**Figura 2 – Análise Pátio 2.12**



Fonte: SDE (2012a). Adaptado pelos autores.

### 3.3 Med in Italy – 3º Colocado no SDE 2012

O projeto da casa Med in Italy optou por concentrar as aberturas da casa voltadas para um espaço externo privativo (isolado visualmente do entorno por meio de meio de paredes, porém sem cobertura). Nesse sentido, todas as paredes voltadas para o exterior são opacas e somente a parede voltada para esse pátio é envidraçada (Figura 3-a). O ambiente analisado é a sala (Figura 3-c), onde todas as aberturas estão voltadas para uma única orientação (sul), tornando possível bloquear a radiação solar indesejada no verão, com o uso de uma marquise, e permitir que os raios solares adentrem a residência no inverno, levando em consideração a posição do sol nas respectivas estações (Figura 3-c). Essa marquise, bem como a casa como um todo, é estruturada em madeira (material renovável). Com relação ao aproveitamento da luz natural, o ângulo da componente celeste com um ponto de trabalho, localizado conforme descrição anterior, demonstra um bom uso da iluminação natural (Figura 3-d). Uma limitação dessa casa com relação aos critérios abordados neste artigo consiste na impossibilidade do usuário visualizar o exterior da edificação. Além disso, a localização das aberturas em uma única fachada prejudica a ventilação cruzada no interior da edificação. Com relação ao consumo de energia, a casa apresentou um consumo anual estimado em 67,09 kWh/m<sup>2</sup> (SDE, 2012b).

**Figura 3 – Análise Med in Italy**



Fonte: SDE (2012a). Adaptado pelos autores.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A casa Canopea apresentou bastante flexibilidade no controle dos elementos de sombreamento. Embora os brises não tenham demonstrado um sombreamento efetivo, a presença das persianas permite ao usuário bloquear a radiação indesejada. Para o ambiente analisado, as condicionantes térmicas e de iluminação foram consideradas adequadas, pois a laje protege da radiação direta sem diminuir a componente celeste. Já no inverno, observou-se que ao bloquear a radiação direta com o uso das persianas, o usuário bloqueia também a iluminação natural. Na casa Patio 2.12, observa-se uma adequada proteção da radiação solar direta, embora a iluminação zenital do pátio só contribua com a sala por meio de reflexões, tanto no inverno quanto no verão. Já na casa Med in Italy, as condições de sombreamento foram alcançadas para o verão, enquanto no inverno há incidência de radiação direta. Mesmo para as condições de inverno, a radiação solar direta é indesejável, pois prejudica a realização atividades visuais. Nesse sentido, observa-se que todas as proteções solares analisadas apresentaram dificuldades de conciliar o bloqueio da radiação solar e o uso da luz natural durante o inverno. Com relação ao consumo de energia, que também depende de outros parâmetros que não foram abordados nesse artigo, a Casa Canopea e o Patio 2.12 tiveram um consumo quase duas vezes menor que a cada Med in Italy que não possui brises em aletas, apenas uma marquise como elemento sombreador. Tanto na casa Canopea quanto no Patio 2.12, os fechamentos são trabalhados em camadas nas quais os brises funcionam como mecanismos termorreguladores, que permitem diferentes configurações durante o inverno e verão ou durante dia e noite. Tais estratégias projetuais são possíveis de serem aplicadas em diferentes contextos, desde que corretamente avaliadas pelo projetista, e representam contribuições para a sustentabilidade, especialmente em suas dimensões ambiental e econômica.

#### REFERÊNCIAS

- AMARAL, T. G.; HORA, K. E. R.; CARVALHO, R. R.; MORAES, P. O. I. Certificação ambiental: sustentabilidade ou *marketing*? In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 14., 2012, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: ANTAC, 2012. p. 282-291.
- BARBOSA, R. T. Z. **Recomendações para a habitação unifamiliar sustentável com base em seis dimensões de sustentabilidade e em diretrizes do selo casa azul.** 2013. 147 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2013.
- BURNETT, J. Sustainability and sustainable buildings. **The HKIE Transactions**, London, UK, v.3, n. 2, p. 83-92. 2007.
- CLEMENTS-CROOME, D. Sustainable intelligent buildings for people: a review. **Intelligent Buildings International**, London, UK, v.3, n. 2, p. 67-82. 2011.
- COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum.** 2. ed. Rio de Janeiro: FGV, 1991.
- EBSEN, C.; RAMBOL, B. International review of sustainable low-cost housing projects. In: Strategies for a sustainable building environment. **Anais...** Pretoria, 2000.
- FARMER, G.; GUY, S. Making morality: sustainable architecture and the pragmatic imagination. **Building Research & Information**, London, UK, v.38, n. 4, p. 368-378. 2010.
- FERREIRA, C. C.; SOUZA, R. V. G. Avaliação dos impactos dos brises no conforto térmico e luminoso conforme as recomendações do RTQ-C: estudo de Tribunal de Justiça de Minas Gerais. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 13. **Anais...** Canela: ANTAC, 2010.
- GUTIERREZ, G. C. R.; LABAKI, L. C. Considerações sobre o brise-soleil na Arquitetura Moderna brasileira. Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 8.; Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído, 4. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2005.

- ISOLDI, R. A. **Tradição, inovação e sustentabilidade: desafios e perspectivas do projeto sustentável em arquitetura e construção**. 2007. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- JENSEN, J. O.; GRAM-HANSEN, K. Ecological modernization of sustainable buildings: a Danish perspective. **Building Research & Information**, London, UK, v.36, n. 2, p. 146-158. 2008.
- KEELER, M.; BURKE, B. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis**. Tradução de Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- KIM, G.; LIM, H. S.; LIM, T. S.; SCHAEFER, L.; KIM, J. T. Comparative advantage of an exterior shading device in thermal performance for residential buildings. **Energy and Buildings**, v.46, n. 1, p. 105-111, mar. 2012.
- KOVACIC, I.; SRECKOVIC, M. Designing the planning process for sustainable buildings: from experiment towards implementation. **Engineering Project Organization Journal**, London, UK, v.3, n. 1, p. 51-63. 2013.
- LAOUADI, A. Thermal performance modelling of complex fenestration systems. **Journal of Building Performance Simulation**, London, UK, v.2, n.3, p. 189-207. 2009.
- LOMANOWSKI, B. A.; WRIGHT, J. L. The complex fenestration construction: a practical approach for modeling windows with shading devices in ESP-r. **Journal of Building Performance Simulation**, London, UK, v.5, n.3, p. 185-198. 2012.
- MORAES, V. T. F.; QUELHAS, O. L. G. “Retrofit”: Criação e implantação de estratégias sustentáveis no uso e manutenção de edificações existentes. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 14., 2012, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: ANTAC, 2012. p. 4237-4245.
- OLBINA, S. J. Windows: Shading Devices. **Encyclopedia of Energy Engineering and Technology**, New York, p. 1641-1648. 2008.
- OLBINA, S.; BELIVEAU, Y. Developing a transparent shading device as a daylighting system. **Building Research & Information**, London, UK, v.37, n.2, p. 148-163. 2009.
- OTEIZA, P.; SOLER, A. A comparison of the daylighting performance of different shading devices giving the same solar protection. **Architectural Science Review**, London, UK, v.38, n.4, p. 171-176. 1995.
- SACHS, I. **Estratégias de transição para o século XXI: desenvolvimento e meio ambiente**. Tradução de Magda Lopes. São Paulo: Studio Nobel: Fundap, 1993.
- SILVA, I. C. C. TIBÚRCIO, T. M. de S. **Arquitetura Sustentável em Edifícios Educacionais**. 2008. 46 p. (Relatório Final de Iniciação Científica PIBIC/CNPq) – Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.
- SILVA, V. G. **Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios de Escritórios Brasileiros: diretrizes e base metodológica**. 2003. 210 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2003.
- SOLAR DECATHLON EUROPE, 2., 2012, Madrid. **Solar Decathlon 2012 Technical Resources**. Madrid: SDE, 2012a. Disponível em: <http://www.sdeurope.org/downloads/sde2012/?lang=en>. Acesso em: 23 set. 2013.
- SOLAR DECATHLON EUROPE 2012: **Guía del visitante**. Disponível em: <http://www.sdeurope.org/guia-del-visitante/>. Publicado em: 09 out. 2012b. Acesso em: 23 set. 2013.
- VAKILI-ARDEBILI, A.; BOUSSABAIN, A. H. Creating Value through Sustainable Building Design. **Architectural Engineering and Design Management**, London, UK, v.14, n. 3, p. 1-9. 2007.
- VILHENA, J. M. Diretrizes para a Sustentabilidade das Edificações. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v.2, n.2, p. 59-78, maio 2007. Disponível em: <http://arquitetura.eesc.usp.br/posgrad/gestaodeprojetos/jornal2/index.php/gestaodeprojetos/article/viewArticle/32> >. Acesso em: 19 ago. 2011.
- YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Tradução: Ana Thorell. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.