XXXIV Encuentro Arquisur.
XIX Congreso: “CIUDADES VULNERABLES. Proyecto o incertidumbre”

La Plata 16, 17 y 18 de septiembre.
Facultad de Arquitectura y Urbanismo – Universidad Nacional de La Plata

EJE: Investigación
Área 2 – TECNOLOGÍA

ANÁLISE DE DESEMPENHO DE ELEMENTOS DE PROTEÇÃO SOLAR

Arq. Silvia Morel Corrêa (1)

Laboratório de Conforto Ambiental. Faculdade de Arquitetura - UFRGS. Porto Alegre, Brasil
www.labcon.com.br
silmcorrea@yahoo.com.br , (1)

Este estudo tem por objetivo analisar o desempenho climático de elementos de proteção solar em edifícios paradigmáticos, quatro edifícios projetados por Le Corbusier, sendo três destas obras construídas e uma não construída. Le Corbusier advoga para si a invenção do brise-soleil, na década de 30. A partir deste período desenvolve um estudo exaustivo de aperfeiçoamento do dispositivo, demonstrado nos edifícios que projetou e construiu ao longo de sua trajetória profissional.
A metodologia de análise inclui a elaboração de modelos dos edifícios escolhidos, para posteriormente realizar as simulações de desempenho térmico e luminoso através do software Energy Plus. As simulações são realizadas nos solstícios de verão e de inverno. Para avaliar a eficiência do brise-soleil, se efetuam comparações do efeito em fachadas com e sem a proteção solar, considerando-se as temperaturas do ambiente interior e exterior. A análise de iluminação é realizada através dos mapas de iluminação produzidos pelo software, considerando valores de iluminância mínima, média e máxima, igualmente, nos solstícios de verão e inverno .
Como conclusões do trabalho, espera-se comprovar se os *brises* efetivamente reduziriam as temperaturas internas no verão. Por outro lado, Le Corbusier preconizava que os brises permitissem, ao menos, duas horas de incidência solar, no inverno. Quanto à iluminação, LC teorizava que o dispositivo deveria proteger da radiação direta produzindo uma iluminação homogênea no recinto. Embora os locais dos edifícios sejam distintos, LC, assumiu o desafio de criar um elemento arquitetônico capaz de funcionar de acordo com a latitude do lugar.

Palavras chave: BRISE-SOLEIL– SIMULAÇÃO – DESEMPENHO CLIMÁTICO

INTRODUÇÃO

O *brise* na obra de Le Corbusier desempenhou dois papéis importantes: um como elemento de adaptação ao clima e outro como elemento de composição de fachada. Se ao princípio sua preocupação se refere principalmente aos condicionantes térmicos, ampliou o alcance aos aspectos de iluminação em suas últimas obras. Por um lado, o *brise* destruiu o sentido da forma cúbica das primeiras casas, por outro lado, Le Corbusier aproveitou-se da profundidade dimensional de artifício para dar a conhecer os elementos funcionais do interior, como ocorre no edifício de Argel e em outras obras do pós-guerra onde em alguns

momentos é o tratamento superficial que dá significado à forma. O *brise soleil* foi, desde seus primórdios, um elemento compositivo de qualidade reconhecida mundialmente, teve seu apogeu nas décadas de 40 a 70, caindo depois em desuso. Hoje volta a ser utilizado, entretanto, de forma diferente do que foi passado.
O objetivo deste trabalho é recuperar a importância do *brise-soleil*, na própria obra de LC, através de sua evolução e transformação. Nesta trajetória se busca entender sua complexidade, através da comparação dos distintos tipos de *brises* e seus efeitos no exterior e interior dos edifícios. O texto trata da experiência de Argel, com os edifícios de Ponsik e o edifício biológico no *quartier de la Marine*, a unidade de habitação de Marselha e as obras realizadas na Índia: o Secretariado de Chandigarh e o edifício *Mill's Owners Association* de Ahmedabad.
A metodologia do trabajo consiste na análise das obras, escolhidas por sua relevância tema, a partir do ponto de vista ambiental, com base nos estudos de Almodovar, 2004; D.Siret, 2002 y I. Requena, 2011, considerando a orientação e a proteção solar nos solsticios de inverno e verão. Le Corbusier preconizava que houvessem pelo menos duas horas de penetração solar no inverno, (Le Corbusier, 1993). Do mesmo modo, do ponto de vista arquitetônico se consideram aspectos como a forma, a integração ao conjunto, a inserção na fachada e a importância na composição.
A análise ambiental foi desenvolvida a partir de simulações realizadas através do software *Energyplus*, (DOE), considerando o efeito da temperatura exterior, e os intercâmbios de ar através da ventilación natural. Se considerou uma troca de ar por hora no período de inverno e cinco trocas horárias no período de verão. Os mapas de iluminação foram realizados para todos os horários nos solstícios de inverno e verão com condições de céu claro. Para as simulações foram utilizados arquivos climáticos do tipo IWEC (*International Weather for Energy Calculation*), configurados en formato "EPW" (*EnergyPlusWeather*). Para Argel e Marselha foram utilizados dados IWEC gerados pela Ashrae (*American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers)*, para Dehradun (que representa el clima de Chandigarh) e Ahmedabad, os arquivos IWEC foram disponibilizados pela *Indian Society of Heating Refrigeration and Air conditioning Engineers*.

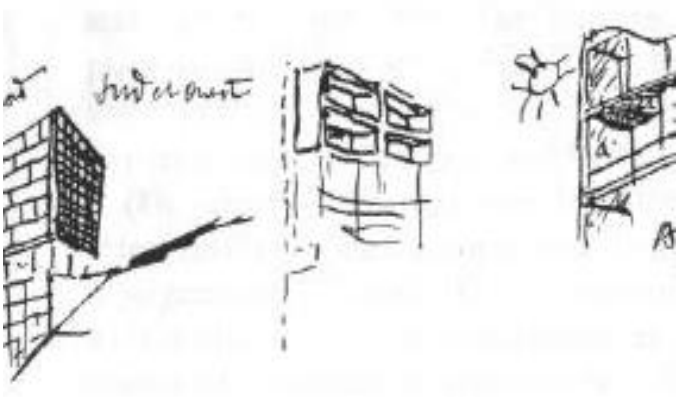
2. A EVOLUÇÃO DO *BRISE-SOLEIL* – A EXPERIÊNCIA DE ARGEL

No final dos anos 20, Le Corbusier se ocupa da questão do sombreamento, aproximando-se instintivamente à uma solução considerando o sol, nos primeiros estudos de 1928, para Cartago, (Le Corbusier, 1946).
No período de 1930-38, Le Corbusier desenvolveu uma série de estudos para Argel, incluindo o edifício residencial de Ponsik. Neste projeto, cada uma das fachadas foi corretamente tratada, dependendo do tipo de insolação recebida: ao norte, pouco exposta à luz solar direta, desenhou grandes painéis de vidro; a leste, poucas aberturas; à sul e oeste desenhou *brise-soleils*. Na fachada oeste, onde a radiação solar teria baixos ângulos de incidência e intercepção mais difícil, Le Corbusier desenhou lâminas verticais ou oblíquas (Idem, p. 105). É possível observar nestes croquis que o elemento foi desenhado como uma adição ao pano de vidro (Fig. 1).
Entre 1938 e 1939, LC realiza um plano de desenvolvimento para o distrito da Marina, que aporta uma nova solução construtiva e estética do edifício de escritórios comerciais. O edifício do *Quartier de la Marine* não é como são tais edifícios na América, de forma quase que acidental, trata-se de um verdadeiro elemento de biologia que contém com precisão órgãos específicos: uma estrutura independente, um recipiente totalmente envidraçado com o *brise-soleil* desenhado para reduzir os ganhos térmicos, nas horas quentes e ao revés, permitir a entrada da luz do sol no inverno (Ib. p.50).
O *brise-soleil* se aplica de forma equivalente a uma *loggia*, elemento arquitetônico tradicional reintroduzido na arquitetura moderna, sua expressão regular aparece em duas quintas partes das fachadas. Nos *brises* da fachada, alternando ritmos e distintos espaçamentos, de acordo com o próprio arquiteto, inspirou-se nos fenômenos naturais em uma analogia com o

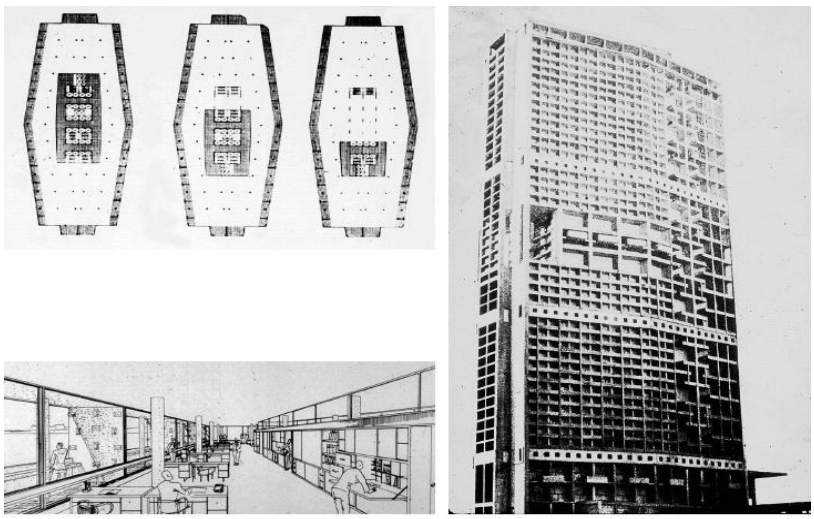
pinheiro (Id. p. 62). Diversas escalas de distribuição, com a multiplicação infinita do sistema até os extremos exteriores. Utiliza a seção áurea, para produzir o envoltório harmonioso do prisma puro e marca o ritmo proporcional a escala humana. Este edifício marca uma mudança em direção à expressividade, ao desenho maduro da fachada com textura e enfaticamente proporcionado, feito possível pelo uso do *brise-soleil* totalmente integrado em um esqueleto de concreto armado.

O clima de Argel é o mediterrâneo, ou seja, um clima com estação seca no verão, invernos suaves com dias chuvosos. A proximidade com o mar Mediterrâneo, influi na moderação das temperaturas da cidade, sendo as máximas médias de 31° e mínimas médias de 11º (*Worldweather. wmo.int*).

Através das simulações, se observou que os *brises* reduziriam o efeito das altas temperaturas tanto no verão como no inverno. No verão, são favoráveis; entretanto, o efeito do sombreamento, não garantiria o aporte solar desejável no inverno, produzindo uma amplitude de 5 a 10 graus, entre o sombreado e o não sombreado. O efeito do *brise-soleil* considerando a iluminação natural, seria apropriado nos escritórios, sem divisões internas, (que correspondem aos locais administrativos), exceto nas primeiras horas da manhã, quando as relações de iluminância para o 21/6 às 08:00 são de 128-401-1887 lux e para às 16:00 são de 433-1345-5756 lux. Para o 21/12, as relações são de 61-240-884 lux às 8:00h. e 325-1579-11334 às16:00h.



1. Estudos para os apartamentos de aluguel de Ponsik. Fonte: Le Corbusier - O. C. 1938-1946, p. 104.

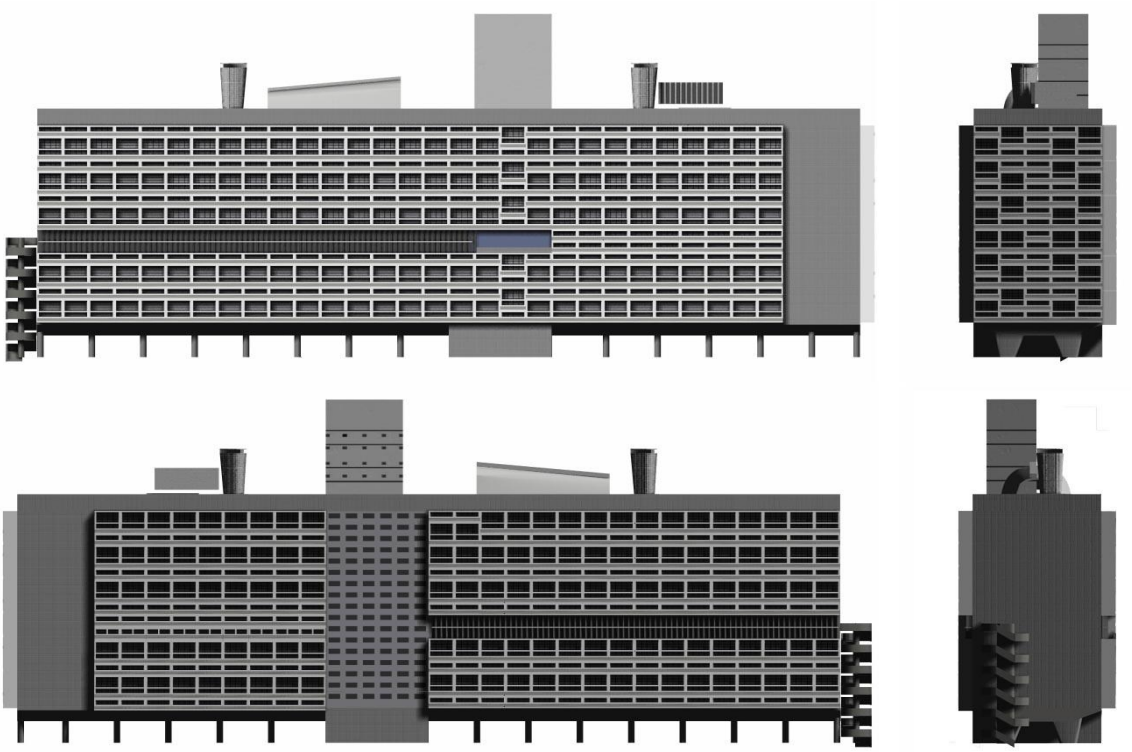


Obus E Project for Algiers Le Corbusier Cap de la Marine 1938

2. Edifício do *Quartier de la Marine*. Estrutura de concreto, pano de vidro integral, *brise-soleil* em *loggia*. Fonte: Le Cobusier - Le Corbusier O. C. 1938-1946, p. 56, 61 y 64.

3. A UNIDADE DE HABITAÇÃO DE MARSELHA

A Unidade de Habitação de Marsella evoca a imagem de um grande transatlântico, referenciado por Le Corbusier em *Vers Une Architecture*. Aqui, o arquiteto retoma a fachada especializada do edifício da Marina, em Argel, com a variação dos elementos e criando uma textura na fachada. O *brise-soleil* em forma *loggía* foi a alternativa para os apartamentos e os *brises* verticais, para as 'ruas' de espaços comerciais e de serviços da planta intermediária, de modo a ser identificado desde o exterior (fig.2).



3. Unidade de Habitação de Marselha, acima: fachadas leste e sul, abaixo: oeste e norte. Fonte: disponível em: http://misfitsarchitecture.com/tag/unite-dhabitation-marseilles/.

Neste projeto, Le Corbusier em realidade enfrenta a uma situação complexa: ter que demonstrar os méritos dos *brise-soleil*, nas direções onde o sol é menos eficaz. A l*oggia* de Marselha constitui um protótipo, um dispositivo a generalizar-se, a afirmar-se e a ser refinado. Esta loggia forma o *brise-soleil*, permitindo que o sol entre profundamente no apartamento no inverno; no verão, ao contrário, bloqueia a penetração (A. Wogenscky, apud Siret).

Para Daniel Siret, é evidente que o *brise-soleil* real trabalha ao revés do *brise-soleil* teórico: na configuração leste oeste, na Unidade de Marselha, a loggia mal permite penetrar o sol no inverno e protege pouco no verão, (Siret, Daniel, 2002).

O diagrama de sombreado, desenvolvido por Olgyay y Olgyay, mostra que a elevação oeste, (o lado maior), permite duas horas de penetração solar, de 15:00 a 17:00 en los meses de verão e somente 20 minutos de luz direta do sol por dia nos meses de inverno. Contrariamente, a máscara de sombra demonstra que a fachada sul (lado menor) funciona admiravelmente, permitindo até oito horas de penetração solar nos meses de inverno e o sombreamento completo desde abril até setembro. Em outras palavras, se o edifício fosse girado em 90 graus os *brises* trabalhariam mais efetivamente (Mackenzie, Christopher, 1993).

As simulações demostraram que o *brise* reduz o efeito das altas temperaturas tanto no verão como no inverno. O gráfico da tabela 1 mostra a comparação da fachada oeste com e sem o sombreamento. O *brise-soleil* produz uma redução significativa de temperaturas, da ordem de 2 a 5º de amplitude na fachada oeste (com a altura dupla). Esta redução é favorável no verão, mas no inverno as temperaturas são iguais ou mais baixas que as temperaturas externas, justamente pelo sombreamento que produzem.
O efeito dos *brise-soleil* face à iluminação natural de dupla altura na fachada oeste, sem considerar as divisões internas, (que correspondem aos serviços), gera níveis de iluminação elevados desde as primeiras horas da manhã, quando as relações de iluminâncias às 08:00h. são de 739-1235-1890 lux, para às 16:00 são de 1258-11269-32325 lux em 21/6. As simulações para a tarde, demonstraram a incidência solar direta desde às 15:00h. até às 18:00h.. No inverno, os níveis são baixos pela manhã, com valores de 47-130-261 lux e para às 16:00h., temos 493-1668-6673lux para o dia 21/12, sem incidência solar direta.
Entretanto, na abertura com pé direito duplo da fachada oeste, os *brises* não comprometem a iluminação natural, devido à altura dupla envidraçada que produz uma iluminância média superior aos níveis necessários, exceto nas primeiras horas da manhã no inverno, nos dois casos.

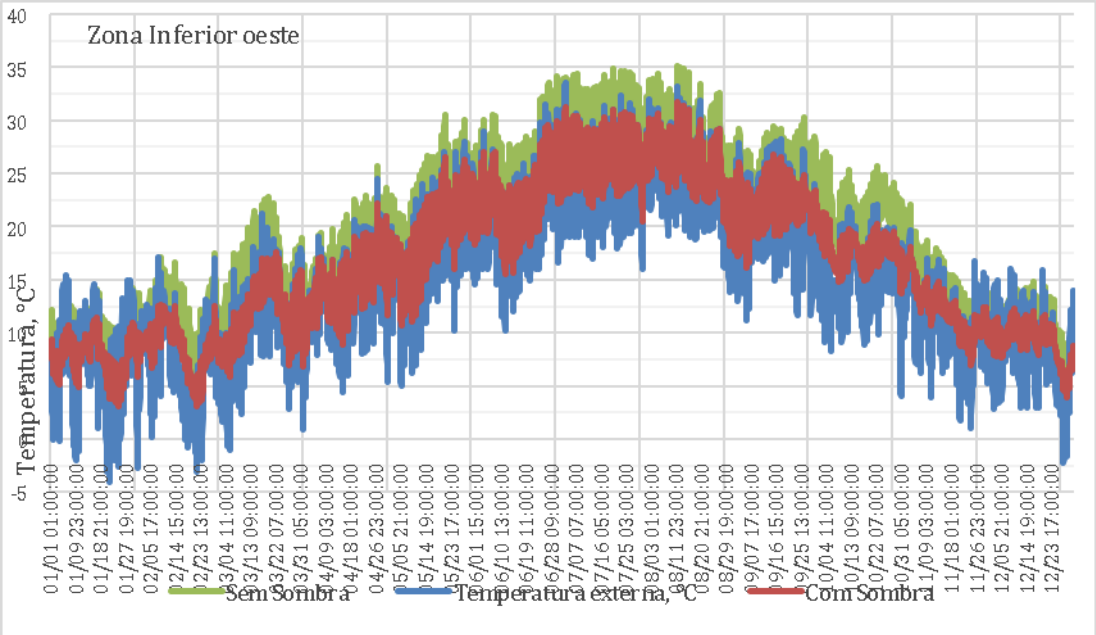
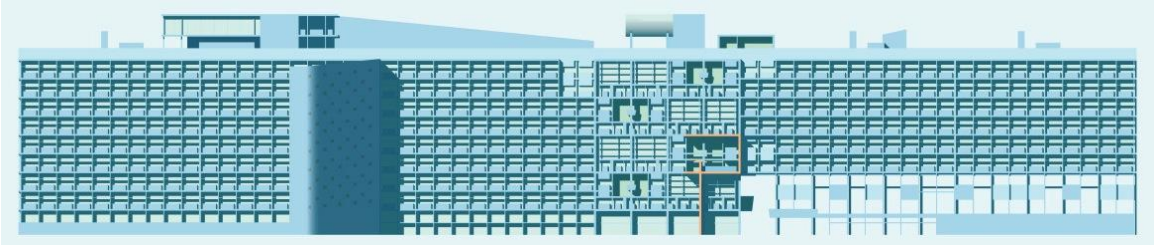


Tabela 1. Marselha: Apartamento fachada oeste. Desempenho anual das temperaturas internas com *brise-soleil* (em vermelho) comparado ao desempenho da fachada sem *brises* (em verde) e às temperaturas ambiente exterior (em azul).

4. O SECRETARIADO DE CHANDIGARH

O edifício do Secretariado é o maior dos três edifícios administrativos do Capitólio de Chandigarh e marca o limite do complexo do Capitólio do lado esquerdo. Sua forma é alongada, horizontal e massiva de concreto, 254 metros de comprimento e 42 metros de altura. É composto por seis blocos de oito pavimentos, divididos pelas juntas de dilatação, sustentado por duas rampas esculturais, para a circulação vertical ao longo dos níveis das instalações.



4. Fachada do edifício do Secretariado de Chandigarh. Fonte: disponível em: http://heldinaline.tumblr.com/post/101920384187/secretariat-building-capitol-complex-chandigarh

Este bloco horizontal de concreto bruto foi objeto de cuidadoso estudo levando em conta o relevo escultórico dado ao concreto pelo efeito dos diferentes tipos de *brise-soleil*. Por este trabalho compositivo, o edifício apresenta semelhanças com o bloco de Marselha, assim como possuía meta igualmente elevada: revolucionar o moderno edifício administrativo. O Secretariado foi um dos primeiros edifícios projetados como um "edifício saudável" com cuidadosa atenção à iluminação e ventilação natural e à eficiência organizacional.
O Secretariado é a forma simples onde as variações da estrutura e distribuição interna não interrompem seu volume compacto, todavia são reproduzidas bidimensionalmente em um desenho elaborado dos *brise soleils*. É a fachada rítmica que cria um deleite para os olhos em um comum bloco cinza. A hierarquia administrativa se reconhece à primeira vista. Os escritórios possuem um *brise-soleil* estandardizado, cujo elemento principal forma um alto peitoril, onde se reproduziu o mesmo esquema de fachada profunda, fazendo acessível a *loggia* desde o interior. Para reduzir visualmente a magnitude da fachada massiva, o Secretariado foi desenhado como uma fachada modular que fragmenta legivelmente a elevação nos elementos do programa. O bloco dos ministérios com pé direito duplo, foi deslocado em relação ao eixo de simetria do conjunto, não obstante pode ser facilmente identificado por sua vasta *loggia* num contraponto escultural à aparência em série dos outros escritórios (fig. 4).

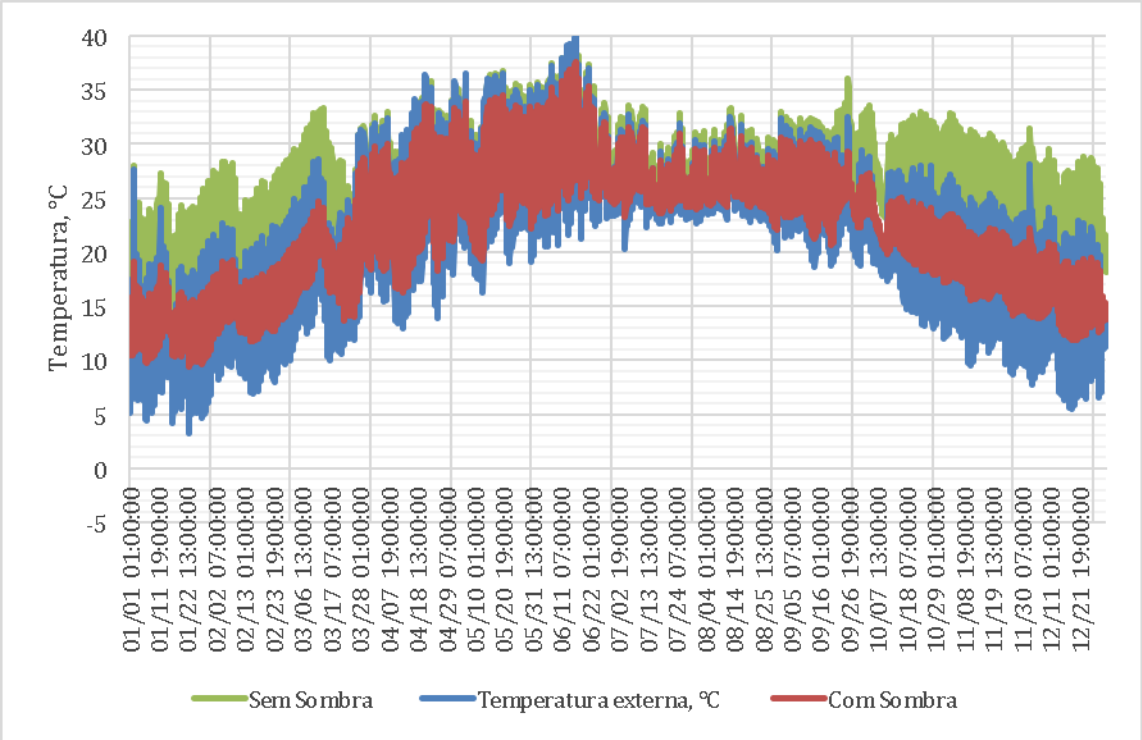


Tabela 2. Chandigarh: Desempenho anual do *brise-soleil* (em vermelho) através das temperaturas internas nos escritórios da planta tipo, bloco C, comparados ao desempenho da fachada sem sombreamento (em azul) e temperaturas ambiente exterior (em verde).

As simulações demonstram que os *brises* diminuem as temperaturas, durante todo o ano com uma amplitude de 2º a 8º, entretanto, as amplitudes maiores ocorrem nos meses de outubro a março. De abril a setembro, apresentam-se temperaturas mais elevadas, e as temperaturas internas podem atingir 37º, ainda que chegariam aos 40º sem os *brises*.
Para a planta aberta, sem considerar as divisões, os níveis de iluminação já são adequados às 8:00h. da manhã com relações de 171-1059-46507 lux e às 16:00h., 384-3131-175757 lux, em 21/6. De fato, as zonas de pico são bem pontuais, de modo que o ambiente pode ser avaliado como iluminação homogênea. Na data 21/12, os níveis são reduzidos às 8:00h. com relações de 11-89-4634 lux, às 16:00h. temos 133-815-34629 lux. O efeito dos *brise-soleil* referente à iluminação natural, seria apropriado nos recintos, sem divisões internas, exceto nas primeiras horas da manhã.

5. A ASSOCIAÇÃO DE MOAGEIROS DE AHMEDABAD

O edifício da Associação de Moageiros de Ahmedabad, constitui, provavelmente, a síntese dos projetos de Le Corbusier realizados na Índia. A estrutura é rigorosamente disciplinada, o edifício está orientado de acordo com os ventos dominantes. As fachadas leste e oeste tem seus *brises* precisamente calculados considerando a latitude local e a trajetória solar enquanto as fachadas norte e sul são praticamente fechadas (Requena Ruiz, I. 2012). Le Corbusier optou por uma arquitetura completamente aberta, onde o ar circula de forma natural, uma construção na qual a estrutura, os *brise-soleils* e a envolvente exterior configuram o suporte base de plantas diáfanas. Os *brises* aparecem mais uma vez como um importante elemento compositivo, concebido como um componente adicionado à linha da fachada (fig. 5). No lado oeste estes aparecem em ângulo para evitar que o forte calor do sol da tarde penetre profundamente na planta. Por outro lado, o edifício é uma composição espacial ousada onde abunda o espaço de circulação, o qual permite que a brisa do rio Sabarmati passe através dos espaços ao ar livre sombreados, oferecendo um belo refúgio dentro de uma cidade caótica (Le Corbusier, 1957, p.144).

5. Associação de Moageiros (Mill's Owners Association) – Ahmedabad, *Brise-soleil* de la fachada leste, como elemento compositivo visivelmente separado da fachada.

A configuração aberta do edifício transforma a arquitetura em uma construção porosa a passagem do ar e protegida da radiação direta, deixando as zonas privadas delimitadas por fechamentos específicos. Ao longo das aberturas projetou um *aerateur* (dispositivo de ventilação), a cada 1,42 m para garantir a ventilação cruzada e dissipar o calor interno (Le Corbusier, 1957). A boa aeração, acompanhada da grande altura livre (3,66 m) dos espaços, previa reduzir a sensação térmica nos períodos cálidos do clima tropical. Nas obras dos anos quarenta, a construção solidária de estrutura e *brise-soleil* adicionava a inércia e superfície de captação do parassol à do resto do edifício, dificultando a habitabilidade nos horários pico de verão. O calor captado na fachada era cedido à estrutura e, se carecia de uma correta ventilação, não chegava a ser dissipado nos ciclos de menor temperatura. Este efeito foi monitorizado no edifício da Casa do Brasil (Requena Ruiz, I. 2012, p.5). Com o objetivo de evitar estas deficiências realizou três modificações no sistema. Em primeiro lugar, reduziu o volume de concreto armado exposto à radiação solar direta. Em segundo, introduziu uma descontinuidade construtiva, entre o *brise-soleil* e a laje, mantendo apenas uniões pontuais por mísulas. O calor, captado e armazenado no *brise-soleil* não mais se transmitia por condução à laje interior, evitando aumentar a cessão de energia. A terceira medida foi diminuir ao máximo os elementos de concreto presentes no plano da fachada com exposição direta ao sol, substituindo os peitoris solidários à estrutura por varandas metálicas ou peças de concreto independentes.

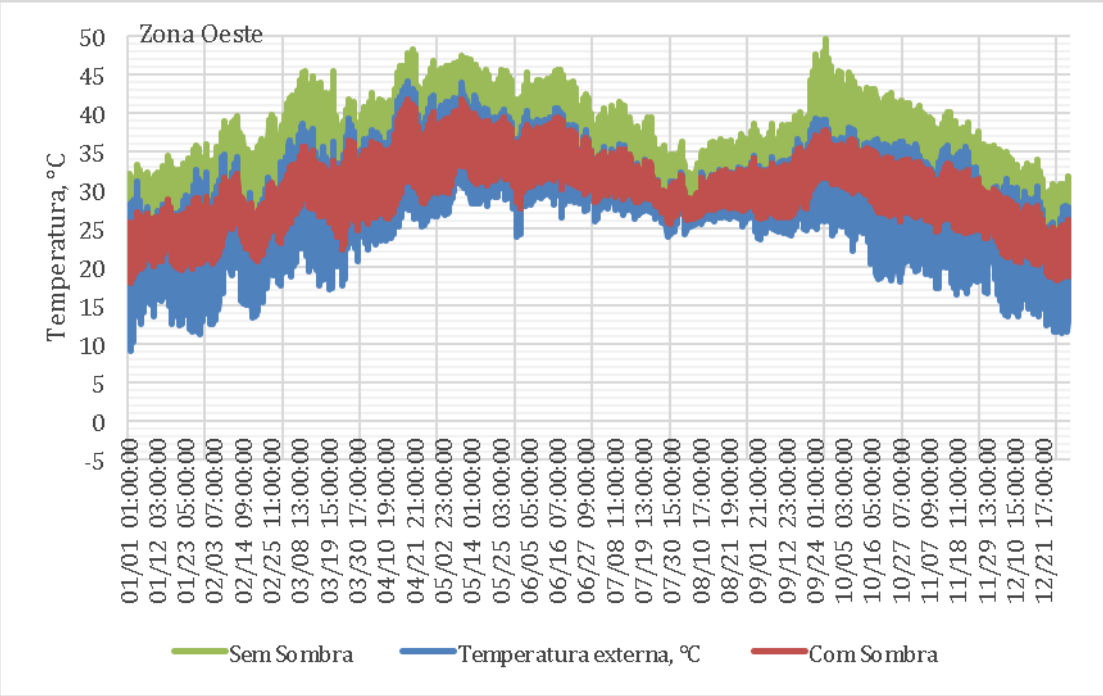


Tabela 3. Ahmedabad: Desempenho anual do *brise-soleil* (em vermelho) através das temperaturas internas na sala de reuniões da fachada oeste, comparado ao desempenho da fachada sem os *brises* (em azul) e temperaturas ambiente exterior (em verde).

Ahmedabad está localizada na latitude 23º 06' N. e longitude 72º40' E. Seu clima é quente e seco, caracterizado por precipitações anuais concentradas no período das monções e temperatura média anual superior aos 18°C. As máximas diárias no verão superam os 40°C e as mínimas de inverno não baixam dos 10°C, combinando-se com a estação de monção intenso, com temperaturas até os 35°C e umidade relativa média superior a 70% (*India Meteorological Department*).

As simulações foram realizadas nas salas de reuniões, das fachadas leste e oeste. O gráfico apresentam o efeito dos *brise-soleil* da fachada oeste: os picos de temperaturas são elevados, chegando de 45º a 49º, onde o efeito dos *brises* são importantes, com reduções de até 10º (Tabela 3). Com efeito, a sensação térmica, no ambiente interno pode ser mais alta devido a umidade relativa igualmente elevada. Em suma, esta combinação de fatores, não se soluciona apenas com estratégias passivas. Como se observa no comentado anteriormente, a preocupação e as estratégias de Le Corbusier, foram focadas no aporte de calor, nos casos da Índia.

Os mapas de iluminação, demonstraram para a fachada oeste, às 8:00h., baixos níveis de iluminação de 39-126-1778 lux, e para às 16:00h., 143-491-6243 lux, sem incidência solar direta, em 21/6. Para que se tenha uma ideia mais concreta do efeito dos *brises*, as iluminâncias, às 16:00h. seriam de 4042-19653-76994 lux, com incidência solar direta, sem o sombreamento. No inverno, os níveis às 8:00h. compreendem valores de 7-22-220 lux, ou seja muito baixos, e `as 16:00h., temos 829-3132-21479 lux, em 21/12. Sem o sombreamento, teríamos uma incidência solar direta elevada, com iluminâncias de 2005-7929-28402 lux. Assim, em termos de iluminação, se observa, que os *brise-soleil*, são realmente efetivos, para este caso.

CONCLUSÕES

O *brise–soleil* constitui o elemento que caracteriza a produção do período tardio da obra de Le Corbusier. Foi um meio de contrapor a vulnerabilidade da fachada totalmente envidraçada e de evitar a retenção de calor, sem ter que voltar à tradição da fachada sólida

e perfurada. Coerente com a lógica dialética de Le Corbusier, a transparência ideal da parede externa não foi totalmente abandonada; seus efeitos se combinam com a adição desse novo elemento tectônico. No entanto, o *brise-soleil* foi mais que um dispositivo técnico; introduziu um novo elemento arquitetônico: uma parede grossa e permeável cuja profundidade e subdivisões outorgam à fachada a morfologia e a expressão edicular que se perdera com a eliminação da janela e da coluna. Portanto, este processo deve ser visto como um passo em direção à tradição monumental, que permitiu transformar a lâmina ou a torre, como em Argel, em Marselha, ou em Chandigarh, em uma forma monumental, cuja superfície podia ser manipulada, criando uma hierarquia de escalas, proporcional tanto ao ser humano, quanto ao edifício como um todo.

Se, em um primeiro momento, o *brise-soleil* foi um elemento funcional, baseado em uma aproximação intuitiva, rapidamente passou a ser um elemento compositivo, como se demonstra no caso de Argel e nos projetos seguintes. Sem abandonar os estudos em direção à otimização de sua eficiência e apoiando-se em consultores, o arquiteto orientou sua equipe a solucionar os problemas específicos da adaptação climática de cada obra. O desejo de excelência se expressa nos projetos da Índia, como no caso do edifício do Secretariado e finalmente na Associação de Moageiros.

Pode-se concluir afirmando que Le Corbusier criou uma fachada dupla, o quê é evidente ao se observar nos seus edifícios, a linha de adição do *brise* como um elemento que se acopla à linha do plano de vidro e que acaba sendo construído junto a laje de concreto. A partir dos projetos na Índia, onde a situação climática é mais crítica e quando as investigações climáticas tiveram um avanço, as aplicações deste geraram uma relação com o clima mais complexa e abstrata. Cada elemento apresentava uma função específica: o *brise-soleil* era calculado e orientado segundo os requisitos do clima e do programa. Neste momento, o *brise* se separa da fachada na busca pela eficiência em seu desempenho ambiental.

Em todos os casos o desenho dos *brises*, configurando a fachada dupla, nunca se perde, o que de certa forma não é mais que um artifício de projeto para fazer a mediação entre o clima exterior e o interior, um elemento de condicionamento natural. Isto se verifica nos exemplos apresentados: Argel e a Unidade de Habitação, caracterizados pela *loggia brise-solei*, a diversidade compositiva em Chandigarh, e finalmente pelas fachadas conceituais de Ahmedabad.

Os resultados deste trabalho permanecem na questão central da dualidade entre o sol do inverno e o sol de verão e os lugares com climas mais rigorosos, os quais geralmente não têm uma fácil solução de projeto. No caso da Unidade de Habitação de Marselha, os *brises* não impedem una incidência solar direta de duas horas, nas tardes de verão e não permitem o aporte solar no inverno. Nos dois casos da Índia, as temperaturas internas permanecem muito elevadas nos períodos quentes. No entanto, as simulações desenvolvidas neste estudo demonstraram o efeito térmico favorável dos *brises* em todos os casos, com a redução das temperaturas internas comparadas às condições sem o sobreamento e às temperaturas do ambiente exterior. Ainda que nos casos de Ahmedabad, e Chandigarh, não se alcance o conforto interno por meio de técnicas passivas, a redução das mesmas temperaturas através dos *brises* e do conjunto de estratégias passivas não é despreciável. Com relação ao desempenho de iluminação, o efeito do *brise-soleil* é igualmente favorável ao produzir relações de iluminâncias mais homogêneas. No entanto, não se pode restringir esta apreciação exclusivamente aos *brises*, como também ao sistema espacial proposto por Le Corbusier: a conjunção do *brise-soleil* com as aberturas e a própria configuração formal do edifício. Estes elementos foram aperfeiçoados durante sua vida, sendo os fatores climáticos, os parâmetros abstratos generativos de toda sua gramática formal.

BIBLIOGRAFIA

Le Corbusier. *Le Corbusier – A Carta de Atenas*. São Paulo: Hucitec-Edusp, 1993.

Le Corbusier. *Le Corbusier – Ouvre Complète 1938-1946*. Erlenbach-Zurich: Les Editions d'Architecture, 1946. p. 108

Le Corbusier, Le Corbusier et son atelier rue de Sèvres 35 – Ouvre Complète 1952-1957. Les Editions d'Architecture Erlenbach-Zurich, 1957. 9º ed., p.78

India Meteorological Department (2015). *India Meteorological Department web site*. Disponível em: http://imdahm.gov.in/ahm.htm.

Mackenzie, Christopher, 1993 February: Le Corbusier in the sun (2015). Disponível em: http://www.architectural-review.com/1993-february-le-corbusier-in-the-sun/8616242.article.

Pagnotta, Brian. "AD Classics: Chandigarh Secretariat / Le Corbusier" 26 Sep 2011(2015) Disponível em: <http://www.archdaily.com/?p=162279>

Requena Ruiz, I. *Arquitectura adaptada al clima en el movimiento moderno: Le Corbusier (1930-1960)*. Tesis doctoral, Universidad de Alicante, Alicante, 2011, pp. 215. (2015). Disponível em: http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/23997

Requena Ruiz, I. Bioclimatismo en la Arquitectura de le Corbusier: El Palacio de los Hilanderos. En Informes de la Construcción, Vol. 64, 528, 549-562, oct.-dic. 2012.(2015). Disponível em: http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/viewArticle/2425

Siret, Daniel. *L'illusion du brise-soleil par Le Corbusier*, Langages Scientifiques et Pensee Critique, Cerisy, juin 2002, Laboratoire CERMA UMR CNRS 1563, Cerisy, France. (2015) Disponível em: https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00580040

Siret, Daniel; Harzallah, Amina. *Architecture et contrôle de l'ensoleillement*, CERMA - UMR CNRS 1563, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Nantes, 2006. (2015). Disponível em:http://www.cafepedagogique.net/communautes/EquipedeRecherchesurlesambiances/Documents/Architecture%20et%20contrôle%20de%20l'ensoleillement.pdf

U.S. Department of Energy (2015), *US DOE web site*. EnergyPlus Energy Simulation Software. Disponível em: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/.