

ILUMINAÇÃO NATURAL: CONSIDERAÇÕES SOBRE BIOCLIMATOLOGIA

CHRIST, Daniela.¹
COLDEBELA, Francielle.²
PIOVEZAN, Jessica.³
PERGAMENI, Gerônimo.⁴
Brum, Cássia.⁵

RESUMO

Dada a importância da construção de espaços bem iluminados para maior relação de conforto, apresentam-se neste artigo algumas premissas para uma arquitetura sustentável e com qualidade ambiental, onde a luz natural tem papel preponderante, no sentido de garantir maior conforto e eficiência energética. As estratégias de projeto que podem ser utilizadas incluem componentes para um melhor uso da luz natural, além da integração da mesma com o sistema de iluminação artificial e o conforto térmico com o melhor aproveitamento da ventilação. A iluminação natural, além de ser um importante recurso para promover bem-estar e qualidade ambiental, tem impacto relevante na redução do uso de energia. O Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais (RTQ-R) foi publicado no Brasil em agosto de 2010, dando sequência ao Programa Brasileiro de Etiquetagem do Inmetro voltado para edificações. Com relação a aspectos bioclimáticos da arquitetura dos edifícios, tais como iluminação natural, buscou-se desenvolver alguns pré-requisitos e bonificações para os ambientes, de forma que esses aspectos fossem considerados na avaliação de edificações residenciais. Neste artigo, apresentam-se o método e os resultados que geraram as indicações relativas à bonificação de iluminação natural presentes no regulamento.

PALAVRAS-CHAVE: Iluminação Natural, Edificações, Fatores Bioclimáticos, Regulamento.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo da história, a luz natural sempre teve um papel importante na arquitetura, do ponto de vista estético e simbólico, e em relação ao conforto e à iluminação funcional. Na Europa, o conhecimento de técnicas e a atenção ao projeto arquitetônico voltados à utilização da luz natural nos edifícios foram empregados desde a época romana; Vitruvius já discutia em seus escritos clássicos como prover uma boa iluminação natural. Os romanos elaboraram a primeira norma para proteger o direito à luz natural em propriedades existentes, contra configurações urbanas não favoráveis.

¹Daniela Caroline Santi Christ, 18 anos, Auxiliar de Departamento Pessoal, cursando Design de Interiores na Instituição de Ensino Dom Bosco/Cascavel-PR. E-mail: danielasantichrist@hotmail.com

²Francielle Priscila Coudebela. 25 anos, Recepcionista, cursando Design de Interiores na Instituição de Ensino Dom Bosco/Cascavel-PR E-mail: priscila.coldebela@hotmail.com.

³Jessica Cechin Piovezan, 23 anos, Designer, cursando Design de Interiores na Instituição de Ensino Dom Bosco/Cascavel-PR. E-mail: j.piovezan@hotmail.com

⁴Gerônimo Costa Pergameni, 32 anos, Autônomo, cursando Design de Interiores na Instituição de Ensino Dom Bosco/Cascavel-PR E-mail: geronimo.pergameni@gmail.com

⁵Cássia Rafaela Brum Souza, 31 anos, Arquiteta Msc. Professora dos cursos de Arquitetura e Urbanismo (Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz) e Design de Interiores (Faculdade Dom Bosco). E-mail: cassiarbrum@hotmail.com

Na Idade Média e no período Barroco, em edifícios religiosos, a luz era utilizada como elemento expressivo. A busca da iluminação natural foi incrementada durante a Revolução Industrial, através das inovações tecnológicas (por exemplo, as novas técnicas para a produção de vidro). As implicações arquitetônicas da utilização da luz natural nos edifícios sempre foram, além disso, uma fonte de inspiração para os projetistas; neste sentido a iluminação natural sempre fez parte, ainda que implicitamente, do processo de projeto (BAKER et al, 1993).

Na metade do século passado, em parte devido ao desenvolvimento de sistemas mais eficientes e econômicos (por exemplo, as lâmpadas fluorescentes), passou-se a “excluir” o ambiente externo do projeto arquitetônico. Mesmo em edifícios construídos para responder ao problema da economia de energia, a iluminação natural era muitas vezes o aspecto mais negligenciado do projeto. Desta forma, apesar do aumento da eficiência das fontes luminosas e do desenvolvimento de sistemas de controle da luz artificial, a iluminação permanece sendo ainda hoje, na Europa e no Brasil, um dos maiores consumos de energia em edifícios não residenciais (BAKER et al, 1993; LAMBERTS, 1996).

Na última década, progressos significativos nos sistemas para a luz natural foram feitos, incluindo componentes de projeto inovadores e novos materiais, que podem ser usados para controlar e redirecionar a luz natural nos ambientes. O recente interesse pelas questões ambientais, e a busca de eficiência energética e conforto ambiental em edifícios, estimulou um retorno ao uso da luz natural nos edifícios.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

Usou-se como referencial teórico as aulas apresentadas sobre o tema além de pesquisas feitas através de sites e livros, com ênfase na obra "Eficiência Energética na Arquitetura", que trás a ELTROBRÁS/PROCEL, na 2ª edição do livro, de autorias dos Professores Roberto Lamberts, Fernando Oscar Ruttkay Pereira e do Arquiteto Luciano Dutra. Publicado pela primeira vez em 1997. Que nessa edição apresenta as novas exigências resultantes da atuação da PROCEL na implementação de projetos de eficiência energética, que se torna muito relevante como fonte de consulta para a comunidade acadêmica e profissional.

Do total da energia elétrica consumida no Brasil, aproximadamente a metade ocorre em edificações residências, comerciais e públicas, o que caracteriza a importância de promover a eficiência energética nessa área.

3. METODOLOGIA

Para realizar este trabalho, foram feitas visitas a obras que utilizam soluções em iluminação natural, pesquisas com a arquiteta e orientadora Cássia Brum, estudos levantados em cima de livros sobre o tema e análise de bibliografias disponíveis.

4. ANÁLISES E DISCUSSÕES

O uso racional da iluminação gera economia de energia, além dos sistemas de abertura (janelas e portas) Um sistema para a luz natural é uma adaptação da janela/abertura zenital que são bastante úteis, pois podem iluminar locais através de rasgos das coberturas, tem como objetivo melhorar/otimizar a quantidade e melhorar a distribuição de luz natural no espaço. Os sistemas para a luz natural utilizam a luz do zênite e do céu de maneira eficiente, guiando-a com mais profundidade e uniformidade para o interior dos ambientes, valorizando os ambientes deixando-os mais nobres.

Podem ter o mesmo efeito de proteção solar que normalmente se consegue com os dispositivos de sombreamento externo, reduzindo as temperaturas internas e/ou os custos de ar condicionado, devido à diminuição da carga térmica.

4.1. UTILIZAÇÃO DE ENERGIA NO BRASIL

Uma parte da energia gasta no setor residencial provém da iluminação artificial (12%). Pode-se reduzir consideravelmente estes índices pela substituição de sistemas de iluminação de lâmpadas incandescentes por sistemas fluorescentes compactas ou lâmpadas que possui um maior aproveitamento lumínico.

4.2. GEOMETRIA SOLAR

O traçado das projeções solares exige o conhecimento dos movimentos do Sol e da Terra, e dos seus efeitos sob a visão dos observadores na Terra. Observador: uma pessoa, um volume (edifício), ou um plano (parede ou janela).

4.2.1. **Rotação:** Movimento ao redor do eixo Norte-Sul – origina o dia e a noite.

4.2.2. **Translação Ao Redor Do Sol:** Determina as 4 diferentes estações do ano.

4.2.3. **Equinócios e Solstícios:**

4.2.3.1. **Equinócio:** Ponto da órbita da Terra em que se registra uma igual duração para o dia e para a noite.

4.2.3.2. **Solstício:** Época do ano pelo qual o Sol passa pela sua maior declinação boreal ou austral, e durante a qual cessa de afastar-se do Equador.

4.2.3.3. **Data do inícios das Estações no hemisfério Sul:**

- 21 de Março: Equinócio De Outono
- 21 de Setembro: Equinócio De Primavera
- 21 de Junho: Solstício De Inverno
- 21 de Dezembro: Solstício De Verão

4.3. O CLIMA COMO CONDICIONANTE DE PROJETO:

A Terra abastece o homem de alimentos, água e oxigênio necessários para viver, mas isto não basta para assegurar sua sobrevivência. As condições climáticas nas distintas regiões do mundo podem variar muito e serem bastante inóspitas para os seres humanos.

O corpo humano tem desenvolvido suas próprias estratégias (como a pigmentação, por exemplo) para estar bem preparado na luta por sua sobrevivência. Mas, a proteção mais importante contra as condições externas desfavoráveis ainda são as vestimentas e as habitações.

Em todo o mundo, as habitações humanas devem cumprir as mesmas necessidades básicas: proteção e conforto (BEHLING, 2002). Entretanto, as formas e elementos tipológicos das edificações variam visivelmente de uma região para outra e dependem ainda das diferentes culturas, dos materiais locais disponíveis e das condições climáticas predominantes.

Em todo o mundo, as habitações humanas devem cumprir as mesmas necessidades básicas: proteção e conforto (BEHLING, 2002). Entretanto, as formas e elementos tipológicos das edificações variam visivelmente de uma região para outra e dependem ainda das diferentes culturas, dos materiais locais disponíveis e das condições climáticas predominantes.

Não foi por acaso que homens de diferentes continentes e culturas, diante de situações climáticas similares, chegaram independentemente a soluções parecidas, todavia, desenvolvendo formas de construção específicas para cada região.

De acordo com Romero (2001) a otimização do ambiente interno é um dos objetivos mais importantes do projeto arquitetônico. Sua realização depende de um profundo conhecimento do clima e de seus efeitos sobre os elementos construídos. Entende-se por clima o conjunto de fenômenos meteorológicos que definem a atmosfera de um lugar determinado. Não há duas zonas que tenham o mesmo clima; os parâmetros que o determinam sempre apresentam valores diferentes (RIVERO, 1986).

Uma das principais funções de uma edificação é a de atenuar as condições negativas e aproveitar os aspectos positivos oferecidos pela localização e pelo clima. Portanto, trata-se de neutralizar as condições climáticas desfavoráveis e potencializar as favoráveis, tendo em vista o conforto dos usuários.

Olgay (1969:41) comenta que: *“se querem encontrar soluções arquitetônicas que resolvam os problemas apresentados por um clima específico, para obter construções climáticas balanceadas, é necessário estabelecer um método que relacione os distintos fatores do clima e os ordene em importância”*. Para isso, é necessário considerar, que o clima afeta o corpo humano pela interação de seus fatores.

De acordo com Lamberts et al (1997), para entender os fatores e os processos que determinam as particularidades dos diferentes climas, deve-se separar e estudar, individualmente, os elementos que interferem nesse processo; denominados também de variáveis climáticas. O conhecimento destes elementos é indispensável para se iniciar qualquer projeto de edificações, são eles: a radiação solar, a temperatura, o vento e a umidade.

4.3.1. RADIAÇÃO SOLAR:

A radiação solar é a energia transmitida pelo sol sob a forma de ondas eletromagnéticas, ou seja, ondas constituídas de campos elétricos e magnéticos oscilantes, e se propagam com uma velocidade constante no vácuo (BITTENCOURT, 2004).

As várias formas de radiação, caracterizadas pelo seu comprimento de onda, compõem o espectro eletromagnético. A radiação eletromagnética do sol chega em todos os comprimentos de onda ou frequências, mas principalmente entre 200 e 3000 nanômetros (nm) subdivididos em: radiação ultravioleta (UV): UVA, UVB e UVC – 200 a 380 nm; radiação térmica (infravermelho): 700 a 10.000 nm; radiação visível: 380 a 770 nm. A radiação (UV) ultravioleta corresponde a uma parte muito pequena do índice total de energia proveniente do sol, aproximadamente 8% - 9%; a escala visível representa 46% - 47% e os 45% restantes estão na escala infravermelha (ROBBINS, 1986).

De acordo com Caram (1997) a parcela de UV, de comprimento de onda entre 290nm e 380nm, não representa uma fonte de calor e tampouco uma fonte de luz, mas deve ser evitada porque compromete a durabilidade dos materiais. A parcela de radiação visível do espectro corresponde aos comprimentos de onda compreendidos entre 380nm e 780nm e representa apenas uma fonte de luz. Esta faixa do espectro para a qual o olho humano é sensível, garante as condições de iluminação natural dos ambientes, assim como o contato entre o meio externo e o interior das edificações. A parcela de infravermelho próximo, cujo comprimento de onda vai de 780nm a 2500nm, representa apenas uma fonte de calor e não pode ser captada pelo olho humano. Acima de 2500nm (2500 a 3000nm) existem radiações infravermelhas longas que são emitidas pelos corpos já aquecidos pela radiação solar (como o piso do entorno, as edificações vizinhas, etc.).

A radiação solar que atinge a atmosfera terrestre pode de alguma forma: alcançar o solo (com as devidas filtragens); ser difundida pela atmosfera, ser espalhada pelas nuvens, ou então, ser refletida pelo solo. Desta maneira, a intensidade com que a radiação atinge a Terra dependerá: da densidade do ar através do qual os raios devem penetrar, da nebulosidade local, da quantidade de partículas em suspensão e do meio circunstante.

O eixo de rotação da Terra em relação ao sol está inclinado mais ou menos 23,5° (em relação ao sol) o que modifica a forma como a Terra recebe a radiação influenciando na duração do dia e das estações do ano. Nos equinócios (22/03 e 23/09) os dias têm a mesma duração que as noites, o que não ocorre nos solstícios (22/06 e 22/12). O recebimento de energia em qualquer localidade do planeta depende da posição do sol no céu, independentemente de sua latitude e é esta posição que define a altura do sol em relação aos observadores na superfície da Terra.

A radiação solar que atravessa diretamente e completamente a superfície da Terra é denominada de radiação solar direta. A radiação que foi dispersa fora do feixe direto é chamada radiação solar difusa. A soma da componente de luz solar direta e a componente difusa da luz do dia que incide sobre uma superfície horizontal resultam na radiação solar global, bem como na quantidade incidente desta radiação.

A radiação solar direta chega em linha reta, atravessando a atmosfera desobstruída. A radiação difusa chega a Terra após ser dispersa na atmosfera por moléculas de ar, partículas de nuvens e outros. A radiação difusa é medida tipicamente em uma superfície horizontal, ou seja, uma superfície horizontal recebe inteiramente a radiação difusa da abóbada celeste (180°). Por outro lado, a superfície vertical receberá somente a radiação difusa de metade da abóbada do céu, independente de sua orientação. A radiação direta também pode ser medida em um plano horizontal ou em uma superfície atingida pelos feixes de luz (ROBBINS, 1986).

4.3.2. TEMPERATURA

A variação da temperatura na superfície da Terra resulta basicamente dos fluxos das grandes massas de ar e da diferente recepção da radiação do Sol de local para local.

Através dos dados climáticos obtidos nas normais climatológicas ou em Anos Climáticos (TRY – Test Reference Year), pode se conhecer o comportamento da temperatura do ar para um determinado local ao longo do ano.

Vale ressaltar que, para uma mesma temperatura, a sensação de conforto térmico, tanto no meio externo quanto no meio interno, pode ser diferente em função de variáveis como o vento e a umidade do local.

De acordo com Rivero (1986) em climas secos, a diferença entre as temperaturas mínima e máxima diária é maior do que em climas úmidos. Durante o dia a radiação solar incidente no plano horizontal é menor no clima úmido por causa da nebulosidade, aumentando também a perdas por evaporação. Durante a noite, as nuvens num clima úmido impedem a perda de calor por radiação.

4.3.3. VENTO

Direção, velocidade, variação e frequência são as características mais importantes em relação aos ventos. As variações a que estão sujeitos os ventos são refletidas nos dados velocidade e direção, direção esta que sempre se refere à sua origem.

As características dos ventos são determinadas em qualquer lugar por fatores locais e gerais, momentâneos ou sazonais, responsáveis pelas suas modificações.

Fatores como as diferentes pressões atmosféricas, a rotação da Terra, a diferença entre a temperatura da terra e do mar e a topografia, são os agentes mais importantes das alterações no movimento do ar. Embora a interação destes fatores seja algo muito complicado, pode-se dizer que há padrões regulares que representam uma média na maioria dos lugares, podendo servir de guia para um projeto arquitetônico específico, apropriado para cada clima. Geralmente, existem dados mensais da frequência e da velocidade dos ventos e de sua direção dominante.

4.3.4. UMIDADE

A umidade atmosférica tem relação com a quantidade de vapor contido na atmosfera em função da evaporação, da chuva e da transpiração das plantas. Qualquer que seja a temperatura há um limite de saturação do ar, ou seja, ao aquecer-se e expandir-se, o ar pode tolerar mais vapor, sendo que, ao esfriar-se e contrair-se, sua capacidade de conter vapor fica reduzida

Existem duas expressões para referir-se à umidade: a umidade absoluta, que é a medida da massa do vapor total num volume fixo de ar em uma dada temperatura; e umidade relativa, que é a relação entre o vapor existente e o limite da saturação total do ar na mesma temperatura. Esta última é expressa como uma porcentagem e é o valor mais útil para se determinar as conseqüências do clima em relação ao conforto.

Considerados os elementos climáticos, verifica-se que o clima apresenta características muito diversas, constituindo então, no primeiro elemento verdadeiramente particular para cada região (a ele vão se somar fatores como os materiais de construção, desenvolvimento tecnológico, entre outros, que imprimem ao espaço arquitetônico identidade própria do lugar).

Dentro da faixa tropical (entre os Trópicos de Câncer e Capricórnio), onde o Brasil está inserido, costuma-se identificar três tipos climáticos básicos principais: o quente seco, o quente e

úmido e o composto ou de monções. Koenigsberger (1973) cita uma classificação cujas três zonas climáticas principais estão subdivididas ainda em três subgrupos onde o clima quente e seco apresenta o subgrupo quente e seco marítimo de deserto; o clima quente úmido identifica-se o subgrupo quente úmido de ilha e o clima composto, o subgrupo tropical de altitude.

4.4. PROJEÇÃO ESTEREOGRÁFICA

A localização do Sol na abóbada celeste pode ser encontrada através de dois ângulos: azimute e altura solar.

4.4.1. Azimute: ângulo que a projeção do Sol faz com a direção Norte.

4.4.2. Altura Solar: é o ângulo formado entre o Sol e o plano horizontal.

4.5. LUZ NATURAL

Os seres humanos, em comum com a maioria dos outros organismos complexos, dependem da exposição à luz natural para ativar uma série de funções fisiológicas.

Enquanto os perigos da exposição excessiva à luz solar foram amplamente divulgados, os perigos da pouca exposição são freqüentemente desconsiderados. A evolução humana ocorreu devido à exposição à luz natural, incluindo os raios UV (componente ultravioleta), e, embora o esgotamento da camada de ozônio cause preocupação, não altera o fato de que a fisiologia humana depende de um certo grau de exposição aos raios UV. A radiação ultravioleta é a parte do espectro solar cujos comprimentos de onda são menores que os das ondas da faixa desse espectro visualmente captadas pelos seres humanos.

Indubitavelmente, a exposição excessiva à luz solar, especialmente aos raios UV, causa danos, mas existem evidências de que a exposição moderada é benéfica. Vários dados estatísticos, segundo Baker et al (2002), estão abertos à interpretação e não são conclusivos, mas certamente dão algum crédito à ampla e divulgada crença de que a luz do sol é um importante fator para promover não só a boa saúde como a sensação de bem-estar e conforto ao ser humano.

A luz natural pode ajudar a evitar em alguns indivíduos uma condição conhecida como Desordem Emocional Sazonal (Seasonal Affective Disorder – SAD) - A luz natural pode ajudar a evitar fenômenos como a Síndrome do Edifício Doente (Sick Building Syndrome - SBS), associada a edifícios com ar condicionado e luz artificial - e mais especificamente da Desordem Emocional Sazonal (Seasonal Affective Disorder – SAD), ligada à carência de luz. (BAKER et al, 2002). - As pessoas que vivem diariamente em ambientes climatizados e iluminados artificialmente sentem, em

algum grau, mudanças sazonais no seu humor ou comportamento. Entretanto, as pessoas que sofrem de 17 A luz natural pode ajudar a evitar fenômenos como a Síndrome do Edifício Doente (Sick Building Syndrome - SBS), associada a edifícios com ar condicionado e luz artificial - e mais especificamente da Desordem Emocional Sazonal (Seasonal Affective Disorder – SAD), ligada à carência de luz. (BAKER et al, 2002). 23 SAD e vivem em altas latitudes, durante o inverno, sentem esses sintomas de forma mais severa, o que faz com que se sintam seriamente debilitadas.

Enquanto as pessoas que vivem e trabalham em altas latitudes, no inverno, estão em posição de maior risco, prédios inadequadamente iluminados durante o dia podem colocar seus ocupantes em risco em qualquer latitude, mesmo no verão. Nesse contexto, não é sem propósito que o sintoma mais comum relatado em estudos sobre a Síndrome do Edifício Doente (*Sick Building Syndrome - SBS*) é a letargia. De acordo com Baker *et al* (2002), os edifícios com luz natural, devido à variação da iluminação no tempo e espaço, fornecem os estímulos suficientes para desencadear os processos fisiológicos que evitam esta síndrome.

Todavia, quanto à luz natural, seus efeitos prejudiciais e benéficos estão ligados de forma inseparável; é difícil obter qualquer benefício do sol sem, ao mesmo tempo, se expor aos prejuízos que ele pode causar. Obviamente, o equilíbrio neste aspecto é relevante, e um projeto arquitetônico adequado pode ajudar a equacionar a questão.

Assim sendo, é importante ressaltar que a luz proveniente do sol é a fonte de luz natural principal, mas como afirma Hopkinson et al (1975) é a luz do sol difundida na atmosfera que, como luz do céu, serve de fonte primária na iluminação natural de interiores. A partir disso, relaciona-se no próximo tópicos os sistemas de iluminação, o conceito físico da luz e suas fontes.

4.6. CONFORTO VISUAL

Entende-se como conforto visual a existência de um conjunto de condições, num determinado ambiente, no qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de acuidade - a capacidade do olho de reconhecer com nitidez e precisão os objetos, habilidade do olho de ver detalhes. A acuidade é função: do nível de iluminância do objeto, de seu tamanho, da distância até os olhos, do tempo de visão, do contraste entre o objeto e seu entorno imediato e de perturbações visuais dentro do campo visual (VIANNA e GONÇALVES, 2001) - e precisão visual, com o menor esforço, com menor risco de prejuízos à vista e com reduzidos riscos de acidentes (LAMBERTS et al, 1997)

Apresentar um bom nível de luz para a tarefa que se deseja realizar é condição necessária, e existem normas para diversas tarefas, para diferentes idades dos que realizam as tarefas para diferentes precisões das tarefas, e para ambientes diversos. Porém, não é suficiente satisfazer os níveis de iluminância ditados pelas normas. Também é preciso atender aos requisitos necessários para ocorrência tranqüila do processo visual (visão), como: uniformidade de iluminação; ausência de ofuscamento; modelagem dos objetos (as sombras são importantes para definir a forma e posição dos objetos no espaço, quando não há outras referências).

Corbella (2003) acrescenta que “para um projeto que vise à utilização da iluminação natural, quanto mais dados se possuam sobre as características do céu, tanto melhor”. Algumas ferramentas de cálculo precisam de percentagens de tipo de céu (classificados segundo a densidade das nuvens), ou dados médios mensais de transparência do céu, ou ainda quais os períodos de céu com muita ou pouca luminância.

Portanto, Hopkinson et al (1975) ressalta que “a essência de um bom projeto de iluminação natural consiste na colocação de aberturas de tal modo que a luz penetre onde ela é desejada, isto é, sobre o trabalho, e de tal maneira que proporcione uma boa distribuição de luminância em todos os planos do interior”. A iluminação interior, tanto em quantidade como em qualidade, é uma função, não apenas do tamanho, formato, e colocação das aberturas, mas também das propriedades refletoras das superfícies interiores, representando todos estes elementos uma significativa contribuição para a iluminação total do ambiente.

4.7. ILUMINAÇÃO NATURAL E ARQUITETURA

A luz natural proveniente do sol é um elemento climático que precisa ser trabalhada através de soluções arquitetônicas do edifício, para que sua presença no interior deste não se torne incômoda. A intensidade e distribuição da luz no ambiente interno dependem de um conjunto de fatores, tais como: da disponibilidade da luz natural (quantidade e distribuição variáveis com relação às condições atmosféricas locais), de obstruções externas, do tamanho, orientação, posição e detalhes de projeto das aberturas (verticais e/ou horizontais), das características óticas dos fechamentos transparentes, do tamanho e geometria do ambiente e da refletividade das superfícies internas.

Um bom projeto de iluminação natural usufrui e controla a luz disponível maximizando suas vantagens e reduzindo suas desvantagens. As decisões mais críticas, a este respeito, são tomadas nas etapas iniciais de projeto. Na definição de uma prioridade em termos de exposição à luz natural, valores de iluminâncias e distribuição de luz necessária para as atividades em cada ambiente devem ser estabelecidas. A NBR 5413 (ABNT, 1992) fixa níveis de iluminação recomendados para diferentes tipos de atividades, baseados numa iluminação constante e uniforme sobre um plano de trabalho.

Desta forma, para se obter as vantagens e benefícios oferecidos pela iluminação natural é necessário ter uma maior compreensão do comportamento da luz. Sendo assim, é importante analisar os instrumentos disponíveis aos arquitetos utilizados para o aproveitamento da luz natural, denominados por Baker et al (1993) de componentes arquitetônicos, que serão apresentados mais especificamente no capítulo seguinte.

Dentre os componentes arquitetônicos classificados por Baker et al (1993) serão descritos as diferenças entre dois sistemas de passagem básicos da iluminação natural: a iluminação lateral e a iluminação zenital.

4.7.1. ILUMINAÇÃO LATERAL

De acordo com Vianna e Gonçalves (2001) uma das características mais marcantes da iluminação lateral é sua desuniformidade em termos de distribuição pelo local. Nos ambientes iluminados lateralmente, o nível de iluminância diminui rapidamente com o aumento distância da janela. A profundidade de eficiência da penetração da luz é igual à aproximadamente 1,5 a 2 vezes a altura de piso até a verga.

As janelas verticais, geralmente, são o tipo mais usado de sistema de iluminação lateral. Em regra geral, analisa Hopkinson et al (1975) a iluminação natural útil alcançará somente uma distância de 2,5 vezes a altura do piso até o topo da janela (acima do plano do trabalho). Em um edifício de escritório padrão com uma janela de altura igual a 2,5m, isto significa um máximo de profundidade de 5-7 metros.

Neste tipo de iluminação, uma estratégia eficiente que pode contribuir na redução da luminância excessiva proveniente da abóbada celeste e do sol, bem como o calor por estes emitidos

é o uso de elementos de controle (como prateleiras, persianas, vidros prismáticos) aplicados sozinhos ou em conjunto.

4.7.2. ILUMINAÇÃO ZENITAL

O uso da iluminação através de aberturas zenitais possibilita uma maior uniformidade de distribuição da luz natural em relação à iluminação lateral e, principalmente permite maiores níveis de iluminância sobre o plano de trabalho. Considera-se a iluminação zenital como a luz natural que entra através dos fechamentos superiores (coberturas) dos espaços internos (ABNT, 2005a).

Deve-se ressaltar que este tipo de iluminação possui enorme capacidade em captar a radiação luminosa, quer do sol, quer da abóbada celeste. É adequada e apresenta grande funcionalidade ao ser utilizada em espaços com grande profundidade como em edifícios de escritórios, bancos, museus, bibliotecas e centros comerciais.

Entretanto, torna-se necessário que a iluminação zenital seja controlada, sendo importante considerar fatores como: o clima local, as condições de céu, o índice de nebulosidade, a luminância, a iluminância e a tipologia e formato do zenital. Segundo Vianna e Gonçalves (2001) para evitar um aumento indesejável da carga térmica na edificação, a área iluminante zenital não deve ultrapassar 10% da área do piso. Isto, no entanto, é uma recomendação genérica que deve ser observada individualmente para cada tipologia de zenital como também os materiais empregados nas superfícies iluminantes.

Outro aspecto a ser considerado com relação à iluminação zenital é quanto à manutenção, a limpeza e conservação regulares são essenciais para manter os padrões de luz natural, garantidos pelo projeto arquitetônico original, o que acaba tornando-se oneroso pela dificuldade de acesso freqüente.

4.8. SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

A demanda de consumo de energia no Brasil é elevada, varia de 40% a 90% do consumo por sistemas de iluminação e condicionamento de ar. (Roberto Lamberts). Para uma melhor estratégia a composição do projeto torna-se algo importante aos arquitetos, pois faz parte dos início do planejamento de um projeto, passando por leis, códigos de conduta e diretrizes básicas de

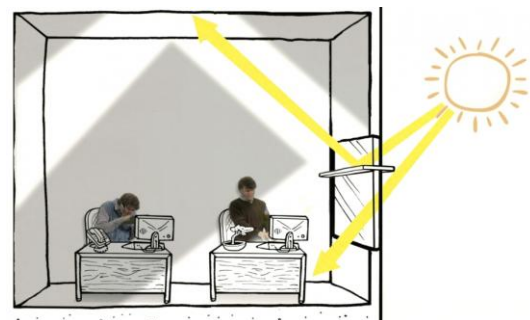
dimensionamento e análise. Segue abaixo, recursos que tem como objetivo melhor aproveitamento da luz solar, com objetivo de proporcionar máximo conforto aos usuários:

4.8.1. Laser Cut Panel: Desfruta dos mesmos princípios de refração da luz incidente, direcionando-a para o teto do ambiente. Consiste em uma placa de acrílico cortada a laser internamente, colocada dentro de dois vidros. Os cortes funcionam como um espelho dentro do acrílico, desviando o feixe de luz que chega. A quantidade de



luz desviada depende da profundidade dos cortes e da distância entre eles, bem como do ângulo de incidência da luz e da inclinação do LCP2. Apesar de não funcionar como proteção solar, pois não exclui os raios diretos, o laser cut panel apresenta a vantagem de possuir uma transparência muito maior do que os sistemas prismáticos, permitindo a visão externa. Deve ser utilizado com critério, evitando fachadas muito expostas.

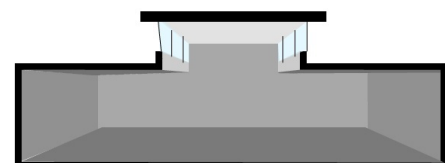
4.8.2. LIGHT-SHELF: elemento horizontal que você coloca na janela (devidamente calculado considerando o fato da incidência do sol naquela janela, em qual orientação está aquela fachada em questão), ou seja, dividindo essa abertura em duas partes



separando a área superior para a iluminação natural (pois a incidência bate no nosso elemento horizontal que a gente criou e reflete no teto, que por sua vez reflete no ambiente) e a parte inferior destinada a visão e a ventilação!

4.8.3. LANTERNIN: Caracteriza-se por duas faces opostas e iluminantes. Os cuidados ao projetar um lanternin devem ser os mesmos ao se utilizar uma abertura lateral (a face voltada para Norte

LANTERNINS - ILUMINAÇÃO ZENITAL



merece tratamento da insolação), geralmente sua laje de cobertura é executada com “abas” prolongadas com o intuito de proteger contra a penetração direta do sol. A melhor orientação para as áreas iluminantes no caso do Brasil é Norte – Sul (N-S).

4.8.4. **ÁTRIO:** É o espaço central de uma edificação, aberto na cobertura, muito utilizado como estratégia de iluminação para captação de luz em edifícios com múltiplos andares. Conforme Baker (1993), o átrio é um espaço envolto lateralmente por um edifício e coberto com materiais que permitem a passagem de luz natural. É projetado para otimizar a luz do sol nos espaços adjacentes a ele.



4.8.5. **DUTO COM ESPELHOS:** No campo da inovação tecnológica existem estudos e iniciativas voltadas para o aproveitamento da luz natural, desde as soluções mais simples, como as garrafas pet com água, utilizadas como lâmpadas naturais, até os sofisticados dutos espalhados de luz. Estes são sistemas geralmente compostos por captador (lente, espelhos ou domus acrílico) condutor (duto podendo ser espelhado e ou ramificado, guia sólida, guia líquida e fibra óptica) e abertura de saída, dotado ou não de elemento difusor (JENKINS e MUNNER, 2004).



4.8.6. **PERIANA FLEXÍVEL:** Objetos utilizados no controle da iluminação conforme o ângulo em que a luz incide na abertura.



4.8.7. **PAREDE TRANSPARENTE:** com o intuito de lhe proporcionar um ambiente mais claro, com uma iluminação natural.



4.8.8. POCO DE LUZ: As coberturas transparentes podem ser atingidas com telhas e materiais de policarbonato e são recomendadas para áreas de deck, piscinas térmicas e jardins de inverno.



4.8.9. TELHADO COM SHEDY: Apresenta melhor desempenho quando orientado a sul para latitudes compreendidas entre 24° e 32° S, no caso do Brasil. Seguindo esta orientação, a parte envidraçada deverá estar voltada para sul permitindo assim, na maior parte do dia a entrada da luz difusa. Porém, deve-se estar atento aos raios solares com menor inclinação (principalmente os do final de tarde) que podem ocasionar ofuscamento.



4.8.10. REFLETOR EXTERNO: depende do tamanho, posição e distância da obstrução e de sua capacidade de reflexão



4.8.11. CLARABÓIA: Esta tipologia requer maior manutenção devido à posição mais horizontal da superfície iluminante. Deve-se ter atenção a esta tipologia em relação às questões térmicas, pois sua área não deve exceder a 10% que a projeção da área da cobertura.



4.9. ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS

4.9.1. VENTILAÇÃO: Quando está Estratégia for necessária, pode ser explorada com os seguintes recursos:

4.9.1.1. USAR A FORMA E ORIENTAÇÃO:

Maximizar a Orientação da edificação às brisas do verão orientando corretamente o projeto e empregando alguns recursos aplicáveis á forma do edifício. O estudo da forma e da orientação da arquitetura também pode explorar a iluminação natural e favorecer os ganhos de calor solar.

4.9.1.2. PROJETAR ESPAÇOS FLUIDOS:

Alem de ser atrativos plasticamente, os espaços interiores fluidos permitem a circulação do ar entre os ambientes internos e entre os ambientes e o exterior. Muitos dispositivos podem se usados para permitir esse tipo de recurso, mantendo contudo a privacidade visual do interior (venezianas, elementos vazados, etc.) Em locais com invernos mais frios, estes dispositivos devem ser fechados para evitar infiltrações indesejáveis.

4.9.1.3. PROMOVER VENTILAÇÃO VERTICAL:

O ar quente tende a se acumular nas paredes mais elevadas do interior da edificação; a retirada deste ar quente pode criar um fluxo de ar ascendente gerado por aberturas em diferentes níveis. Isto pode ser feito através de diversos dispositivos, como lanternins, aberturas no telhado, exaustores eólicos ou aberturas zenitais. Também se pode combinar o fator iluminação natural ao utilizar aberturas zenitais, que podem ser colocadas em locais estratégicos para cumprir as duas funções simultaneamente (ventilar e iluminar)

4.9.1.4. ELEMENTOS QUE DIRECIONAM O FLUXO DE AR PARA O INTERIOR:

Diversos elementos que se salientem da volumetria ou no entorno do edifício podem ser utilizadas para incrementar o volume e a velocidade do fluxo e ar para o espaço interno. Alguns elementos podem ser úteis também para o sombreamento de aberturas.

4.9.2. RESFRIAMENTO EVAPORATIVO E UMIDIFICAÇÃO:

Esta estratégia consiste na retirada de calor do ar pela evaporação de água ou pela evapotranspiração das plantas. Diversas técnicas de resfriamento evaporativo podem ser utilizadas para diminuir temperatura do ar.

4.9.2.1. CONSTRUIR ÁREAS GRAMADAS OU ARBORIZADAS:

Uma superfície gramada exposta ao sol consome uma parte do calor recebido para realizar a fotossíntese. Uma outra parte de calor é absorvida para evaporar água (evapotranspiração). Cria-se então um microclima mais ameno que refresca os espaços interiores da edificação.

4.9.2.2. RESFRIAMENTO EVAPORATIVO DAS SUPERFÍCIES EDIFICADAS:

Esta opção pode ser empregada para diminuir a temperatura das superfícies da edificação. O uso de telhas cerâmicas não vitrificadas é recomendado. Sua porosidade absorve a água da chuva e do sereno noturno, que é posteriormente evaporada com a incidência do sol. Assim a telha perde calor, reduzindo ganhos térmicos para o interior. O incremento desse efeito pode ser obtido com o umedecimento periódico do telhado nos dias mais quentes, através de tubulações perfuradas instaladas próximas à cumeeira. Também pode-se molhar as áreas pavimentadas próximas à edificação através deste tipo de tubulação.

Da mesma forma como nas superfícies gramadas, pode-se forrar as paredes externas da edificação com vegetais (normalmente trepadeiras). A temperatura da parede é reduzida pela evapotranspiração do vegetal e pelo sombreamento da radiação solar. Se as folhas forem caducas, pode-se aproveitar o calor solar no inverno, efeito desejável em climas com estação bem diferenciadas.

4.9.2.3. RESFRIAMENTO EVAPORATIVO INDIRETO:

Esta técnica consiste em soluções arquitetônicas como a instalação de um tanque de água sobre o telhado ou o mesmo de um jardim. Com a incidência do sol, a evaporação da água ou a evapotranspiração do vegetal retiram calor da cobertura, resfriando a superfície do teto. Assim, haverá a diminuição da temperatura radiante média do ambiente interior.

4.9.2.4. UMIDIFICAÇÃO:

Em regiões climáticas onde a umidade relativa do ar é muito baixa (inferior a 20%), a secura extrema do ar pode causar desconforto (mucosas ressecadas, princípios de desidratação, etc.). O que se pode fazer nestes casos é umidificar o ar através de evaporação de água de fontes ou espelhos de água próximos à edificação, de forma a tirar partido do microclima que se criará em suas mediações.

4.9.3. MASSA TÉRMICA:

Segundo a carta bioclimática percebe-se que a massa térmica pode ser usada para aquecer ou resfriar a arquitetura. O uso da massa térmica pode ser útil tanto no frio quanto no calor, dependendo das características climáticas da região (umidade relativa, amplitude térmica, insolação, etc.) A maneira mais simples para usar a massa térmica para aquecimento em uma edificação é construir fechamentos opacos mais espessos e diminuir a área de aberturas, orientando-as para o sol. A massa térmica pode acumular o calor recebido pela parede durante o dia e devolvê-lo ao interior somente a noite, quando as temperaturas tendem a ser mais amenas (inércia térmica). Em locais muito frios, isto pode ser fundamental, embora o ar externo esteja a uma temperatura muito baixa, a insolação direta pode aquecer substancialmente as paredes e a cobertura da edificação. Em locais quentes, a massa térmica pode ser utilizada para resfriar o ambiente interior. Neste caso, as aberturas devem ser sombreadas e deve-se retirar a ventilação diurna, que pode aumentar a temperatura interna ao trazer o ar quente do exterior. À noite, deve-se permitir a ventilação seletiva, para retirar o calor acumulado durante o dia e garantir temperaturas internas mais baixas no dia seguinte.

4.9.4. AQUECIMENTO SOLAR PASSIVO:

O aquecimento solar passivo pode ser obtido de diversas formas distintas:

4.9.4.1. GANHO DIRETO:

Consiste em permitir o acesso da radiação solar diretamente ao interior, através de aberturas laterais (janelas e paredes transparentes) ou zenitais (clarabóias e domos). Através de elementos transparentes pode-se gerar o "efeito estufa" quando necessário, para aquecer os ambientes interiores. Uma aplicação comum desta técnica são os solários.

4.9.4.2. GANHO INDIRETO:

Uma forma de ganho indireto é a adoção de jardins de inverno, que captam a radiação solar, distribuindo-a indiretamente aos ambientes interiores. Também pode construir paredes de acumulação, que consistem no uso de paredes com elevada massa térmica nas orientações mais expostas a insolação. Estes elementos acumulam o calor do sol, devolvendo-o depois ao ambiente por radiação de onda longa e convecção. A coloração do vidro evita que a parede perca calor por convecção e por radiação para o exterior. Também conhecida como parede Trombe, esta técnica consiste em criar uma convecção induzida pelo aquecimento do ar no espaço entre vidro e parede. O ar quente tende a subir, sugando as mais fresco pela abertura inferior do sistema.

4.9.5. AQUECIMENTO ARTIFICIAL:

Quando a temperatura 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 ser condicionados, sugere-se a adoção de sistemas de aquecimento central.

4.9.5.1. AR CONDICIONADO:

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 maior). Além disso, o arquiteto ou designer deve observar os cuidados requeridos na instalação do equipamento, não expondo-o ao sol e prevendo o isolamento térmico dos fechamentos da edificação.

4.9.6. OUTRAS TÉCNICAS: O SISTEMA DE ABERTURA:

O sistema de aberturas pode representar um verdadeiro elenco de funções na arquitetura. Tem inquestionável utilidade para o conforto e se compõe de fatores como a ventilação, 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 a ventilação for necessária.

Janelas com bandeiras basculantes: São bastante úteis em períodos frios, por permitirem a ventilação seletiva necessária para higiene do ar interno.

Com relação ao ganho de calor solar, pode ser desejável ou não dependendo do período do ano. O controle da radiação solar pode ser feito através das proteções solares e também por vidros especiais. Ao projetar proteções solares deve-se pensar também na influência sobre a luz natural e a visibilidade para o exterior. A adoção de brises do tipo Light Shelf (conforme já descrito nos tópicos deste artigo) é aconselhável principalmente para a orientação norte, pois permite sombrear completamente a abertura enquanto favorece a entrada de luz para o interior. Dependendo da latitude local e do período do ano, também é possível conceber brises constituídos de uma parte flexível e outra móvel. A versatilidade desse sistema permite sombrear o sol indesejável através da parte fixa, reservando a parte móvel a função de controlar a entrada do sol cuja desejabilidade pode variar ao longo do ano.

Ao especificar brises com partes móveis deve-se 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.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No que diz respeito ao aspecto do aproveitamento da iluminação natural, a arquitetura brasileira encontra-se ainda bastante acanhada. O racionamento de energia elétrica mostrou o quanto as edificações são dependentes da climatização e iluminação artificiais. Esta dependência foi mantida ao longo do tempo pela facilidade de se projetar com o apoio dos recursos artificiais. O uso de recursos como a otimização da luz natural deve proporcionar, além da economia energética, mais conforto dentro das edificações, pois a luz natural (de forma moderada) é considerada como um importante fator para promover não só a boa saúde como a sensação de bem-estar e conforto ao ser humano. É importante salientar que as pessoas que vivem diariamente em ambientes climatizados e iluminados artificialmente sentem, em algum nível, mudanças sazonais no seu humor ou comportamento. Entretanto, a luz natural pode fornecer os estímulos suficientes para evitar estas

alterações fisiológicas devido, principalmente, à variação da iluminação no tempo e espaço, que está diretamente relacionada com as sensações de conforto interpretadas pelo usuário da edificação.

O estudo sobre a iluminação natural através das aberturas zenitais proporcionou a visão das muitas possibilidades que se tem de explorar os elementos arquitetônicos como soluções de projeto no aproveitamento e otimização da luz do Sol. Muitas vezes, recurso este subutilizado, num país com localização privilegiada, onde há imensa disponibilidade de luz natural.

O que se verifica na realidade é a adoção de soluções arbitrárias com relação ao uso da luz natural disponível, e pouco utilizada, devido especialmente, à falta de informação e preconceitos sem fundamento de que essas soluções não funcionam e não podem ser utilizadas de forma integrada com os sistemas artificiais. Entretanto, isto é um equívoco, pois a premissa para obter-se a eficiência energética é utilizar a iluminação natural em conjunto com a artificial, integrando-as. Todavia, para se utilizar uma determinada solução ou recurso é necessário conhecer primeiramente, suas qualidades, defeitos e forma de aplicação.

O conhecimento e a informação são a base de tudo, principalmente no que se refere ao comportamento e propriedades termofísicas do material a ser utilizado como solução de projeto na busca por uma arquitetura eficiente, em termos luminosos e térmicos, e qualitativamente melhor para o usuário

É importante também, ter conhecimento do clima local, suas peculiaridades e potencialidades, pois este é um fator determinante no correto dimensionamento da abertura zenital como fonte de luz natural no interior da edificação. Pode-se concluir que é fundamental um maior estudo e planejamento na etapa inicial do projeto arquitetônico. Visto que, muitas vezes, na ânsia de obter a valorização dos espaços internos e criar aspectos de monumentalidade, a superfície de entrada da iluminação é dimensionada ou orientada de forma aleatória. A falta de um mínimo de conhecimento da realidade climática do lugar, conduz o projetista a elaborar edificações inadequadas, no sentido de que ao invés de proporcionar ao usuário condições de bem-estar mínimos e favoráveis à permanência, inevitavelmente surgem ambientes super aquecidos que causam grande desconforto, aumento no uso do ar condicionado e, conseqüentemente, incremento no consumo de energia.

Enfim, somente a partir da disseminação de informações, é que a utilização destas estratégias em larga escala vão tornar-se uma realidade palpável, colaborando para uma arquitetura mais sustentável, eficiente do ponto de vista energético e ambiental, onde a luz natural e, suas características luminosas e térmicas, tem papel preponderante.

REFERÊNCIAS

LAMBERTS, R. DUTRA, L. PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 2ª Edição Revisada. São Paulo, 2004.

FROTA, A. B. SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 8ª Edição. São Paulo, Studio Nobel, 2003.

Brasil. **Luz Natural Em Arquitetura**. Artigo: Iluminação Natural e Eficiência Energética – Parte II Sistemas Inovadores para a Luz Natural: Ago.2011. Disponível em: ><http://arquitetandocnhcimentos.blogspot.com.br/2011/08/artigo-iluminacao-natural-e-eficiencia.html>< Acesso em: 30.Set.2016

Brasil. **Geometria Solar**. Prof. Arq. Esp. Cássia R. Brum Souza. Cascavel, PR, 27. Jun. 2016 Disponível em:><http://sagres.fag.edu.br/MaterialApoio/Diario/Aula/1002400035/Proje%C3%A7%C3%B5es%20Solares.pdf>< Acesso em: 28.Set.2016

Brasil. **Iluminação Natural**. Prof. Arq. Esp. Cássia R. Brum Souza. Cascavel, PR, 27. Jun. 2016 Disponível em: ><http://sagres.fag.edu.br/MaterialApoio/Diario/Aula/1002400035/Aula%206%20-%20Ilumina%C3%A7%C3%A3o%20natural.pdf>< Acesso em: 01.Out.2016

Brasil. **Estratégias Bioclimáticas**. Prof. Arq. Esp. Cássia R. Brum Souza. Cascavel, PR, 27. Jun. 2016 Disponível em: ><http://sagres.fag.edu.br/MaterialApoio/Diario/Aula/1002400035/estrat%C3%A9gias%20bioclim%C3%A1ticas.pdf>< Acesso em: 27.Set.2016.

Brasil. **Luz Natural e Projetos de Arquitetura**. Estratégias para Iluminação Zenital em Centros de Compras. Juliana Saiter Garrocho. Brasília, DF, 2015. Disponível em: ><http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Pesquisa/luz%20natural%20e%20projeto.pdf>< Acesso em: 01.Out.2016

Brasil. **Distribuição da Luz Natural, A Partir de Dutos de Luz**. Bruna Luz. São Paulo, 2014. Disponível em: >file:///C:/Users/Usuario/Downloads/LUZ_Dissertacao_2009.pdf< Acesso: em 01.Out.2016