

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO

RAYANA DE ABREU LIMA

**DIRETRIZES PARA O EMPREGO DA ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA EM
EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS DE SÃO LUÍS**

São Luís

2011

RAYANA DE ABREU LIMA

**DIRETRIZES PARA O EMPREGO DA ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA EM
EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS DE SÃO LUÍS**

Monografia apresentada ao Curso de
Arquitetura e Urbanismo da Universidade
Estadual do Maranhão, para obtenção do
grau de Arquiteto e Urbanista.

Orientadora: Prof^a D. Sc. Fabíola de Oliveira Aguiar

São Luís

2011

Lima, Rayana de Abreu.

Diretrizes para o emprego da Arquitetura bioclimática em edificações residenciais de São Luís / Rayana de Abreu Lima.– São Luís, 2011.

90 f.

Monografia (Graduação) – Curso de Arquitetura, Universidade Estadual do Maranhão, 2011.

Orientador: Profa. D.Sc. Fabíola de Oliveira Aguiar

1.Arquitetura bioclimática. 2.Eficiência energética. 3.Preservação do meio-ambiente. 4.Diretrizes bioclimáticas. I.Título

CDU: 728

RAYANA DE ABREU LIMA

**DIRETRIZES PARA O EMPREGO DA ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA EM
EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS DE SÃO LUÍS**

Monografia apresentada ao Curso de
Arquitetura e Urbanismo da Universidade
Estadual do Maranhão, para obtenção do
grau de Arquiteto e Urbanista.

Orientadora: Prof^a D.Sc. Fabíola de Oliveira Aguiar

Aprovada em: / / .

Nota:_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a D. Sc. Fabíola de Oliveira Aguiar
(Orientadora)

Prof^a D. Sc. Sanadja de Medeiros Sousa

(1º Examinador)

Arquiteto Gilberto Sátiro Pinheiro Júnior

(2º Examinador)

AGRADECIMENTOS

A Deus por me ouvir, amar e amparar em todas as horas.

Aos meus guias espirituais, sem exceções, pelo conhecimento e aprendizado adquirido.

Aos meus pais Kátia e Lima (*in memoriam*), pelo exemplo de força, carinho, amor, dedicação e respeito, por serem o meu espelho e a maior fonte de aprendizado humano, obrigada por tudo.

À minha eterna dindinha Maria José (*in memoriam*) por todos os momentos em que me fez sentir mais feliz, mais amada e ter me dado forças para continuar quando via o seu sorriso cheio de esperanças.

Ao meu irmão Rafael, que é minha luz maior de amor, carinho e vida.

Ao meu namorado Phillipe pela força, amor e dedicação.

A minha tia Fátima, pelo companheirismo em todos os momentos.

Aos meus cachorros Caçula e Kyd (*in memoriam*), pelo exemplo de gratidão.

A Prof^a. Dr^a. Fabíola de Oliveira Aguiar, por ter me acolhido e aceitado quando precisei, pelos ensinamentos, orientações, por sua surpreendente paciência e que mesmo diante de tantos afazeres soube me conduzir da melhor maneira possível.

Se planejarmos para um ano, devemos cultivar cereais, se para uma década, devemos plantar árvores, porém, se planejarmos para uma vida inteira, devemos treinar e educar o "homem".

Euclides Mondardo

RESUMO

A arquitetura bioclimática conduz a uma série de benefícios os quais podem ser citados a economia de energia e a preservação dos recursos naturais disponíveis, podemos observar que o mundo hoje está devolvendo ao homem, toda a carga negativa de destruição que lhe foi gerada ao passo que, em todos os meios de comunicação correm notícias sobre enchentes, tsunamis, terremotos, desastres violentos demonstrando a revolta da natureza em decorrência de todo o sufocamento acumulado, e somente nesses momentos é que aparece a busca pela preservação do meio-ambiente.

Tendo na arquitetura bioclimática um caminho para contribuir com a preservação do meio natural e oferecer aos usuários melhores condições de moradia, o trabalho pretende apresentar noções básicas que possam ser incorporadas ao processo de início de concepção arquitetônica permitindo a otimização do projeto, face a seu entorno climático e às necessidades de seus futuros ocupantes, com o objetivo de estudar as diretrizes construtivas bioclimáticas para edificações residenciais inseridas no clima tropical-úmido, mais precisamente na cidade de São Luís do Maranhão.

Palavras-chave: Arquitetura bioclimática. Eficiência energética. Preservação do meio-ambiente. Diretrizes bioclimáticas.

ABSTRACT

The bioclimatic architecture leads to a number of benefits which may be cited as energy saving and conservation of natural resources, we can observe that the world is now returning to man, all the negative charge of destruction that has been generated while, in all the media run stories about floods, tsunamis, earthquakes, disasters, demonstrating the violent revolt of nature because of all the accumulated suffocation, and only at those times it appears that the quest for the preservation of the environment.

Having bioclimatic architecture in a way to contribute to the preservation of the natural environment and provide users with better housing conditions, the paper intends to present basic concepts that can be incorporated into the process early architectural design allowing optimization of the project, from its surroundings climate and the needs of its future occupants, with the aim of studying the guidelines bioclimatic construction for residential buildings included in humid-tropical climate, specifically the city of São Luís do Maranhão.

Keywords: Bioclimatic Architecture. Energy efficiency. Preservation of the environment. Bioclimatic guidelines.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Ilustração do consumo residencial.....	22
Figura 02 – Aparência de uma carta solar	26
Figura 03 – Composição de uma carta solar	26
Figura 04 – Tipos de vento	28
Figura 05 – Carta bioclimática de Olgyay	34
Figura 06 – Carta bioclimática adotada para o Brasil	35
Figura 07 – Localização de São Luís.....	37
Figura 08 – Direção predominante mensal do ventos.....	40
Figura 09 – Dunas e Apicuns (respectivamente).....	40
Figura 10 - Capoeira aberta e Tucunzeiro (respectivamente).....	42
Figura 11 – Mangueira e Mamoeiro (respectivamente)	43
Figura 12 – Tabela de acréscimo populacional de São Luís	4
Figura 13 - Barragem do Bacanga e Rio Anil (respectivamente).....	43
Figura 14 – Foz do Rio Calhau	46
Figura 15 – Rio dos Cachorros e Rio Paciência (respectivamente).....	46
Figura 16 – Carta bioclimática para São Luís	47
Figura 17 – Estratégia bioclimática para São Luís (%).....	48
Figura 18 – Termos simplificados	48
Figura 19 – Carta Solar 2º Sul, adotada para a região de São Luís	51
Figura 20 – Estudo da insolação de fachadas voltadas para SE da região de São Luís.....	52

Figura 21 – Esquema de uma edificação em planta de cobertura e em corte com os ângulos de insolação na fachada voltada para SE na região de São Luís às 9h da manhã no solstício de verão.....	53
Figura 22 – Estudo da insolação de fachadas voltadas para SO da região de São Luís.....	54
Figura 23 – Esquema de uma edificação em planta de cobertura e em corte com os ângulos de insolação na fachada voltada para SO na região de São Luís às 15h da manhã no solstício de verão.....	55
Figura 24 – Estudo da insolação de fachadas voltadas para Leste e Oeste da região de São Luís.....	56
Figura 25 – Esquema de uma edificação em planta de cobertura e em corte com os ângulos de insolação na fachada voltada para LESTE E OESTE na região de São Luís às 8h e às 16h dos equinócios de primavera e outono..	57
Figura 26 – Estudo da insolação de fachadas voltadas para NE da região de São Luís.....	58
Figura 27 – Esquema de uma edificação em planta de cobertura e em corte com os ângulos de insolação na fachada voltada para NE na região de São Luís às 9h dos solstícios de verão.....	59
Figura 28 – Estudo da insolação de fachadas voltadas para NO da região de São Luís.....	60
Figura 29 – Esquema de uma edificação em planta de cobertura e em corte com os ângulos de insolação na fachada voltada para NO na região de São	

Luís às 15h dos solstícios de verão.....	61
Figura 30 – Variações de altura solar nos horários de 8h, 9h e 10h da manhã e 2h,3h e 4h da tarde em São Luís.....	62
Figura 31 – Esquema de orientação da edificação.....	63
Figura 32 – Esquema de sombreamento natural.....	64
Figura 33 – Esquadrias em madeira, vidro e venezianas.....	65
Figura 34 – Protetor solar.....	66
Figura 35 – Prolongamento de beiral.....	66
Figura 36 – Uso da vegetação no prolongamento do beiral.....	67
Figura 37 – Detalhe do telhado verde.....	68
Figura 38 – Radiação e Isolamento.....	68
Figura 39 – Centro de São Paulo.....	69
Figura 40 – Buenos Aires.....	69
Figura 41 – Nova York.....	69
Figura 42 – Brises verticais.....	70
Figura 43 – Brises horizontais.....	71
Figura 44 – Brises móveis.....	72
Figura 45 - Brises mistos.....	72
Figura 46 - Muxarabis.....	73
Figura 47 – Elemento vazado de concreto.....	74
Figura 48 – Elemento vazado de cerâmica.....	74
Figura 49 – Elemento vazado de cerâmica esmaltada.....	75
Figura 50 – Esquema de ventilação natural cruzada.....	76

Figura 51 – Esquema de ventilação efeito chaminé	76
Figura 52 – Telhas para ventilação.....	77
Figura 53 – Telhas para ventilação.....	77
Figura 54 – Telhas transparentes	78
Figura 55 – Janela Domus para telhado	78
Figura 56 – Manta Freshfoil	79
Figura 57 – Camadas da manta freshfoil	79

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	8
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 Referencial Teórico.....	16
2.1 Clima e Arquitetura Bioclimática	16
2.2 Sustentabilidade e Arquitetura Sustentável	18
2.3 Eficiência Energética	20
3 ELEMENTOS BÁSICOS PARA A APLICAÇÃO DA ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA.....	23
3.1 Sol.....	23
3.1.1 Cartas Solares	25
3.2 Vento	27
3.3 Chuva	28
3.4 Temperatura	29
3.5 Umidade	30
3.6 Vegetação.....	30
4 ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS GERAIS	33
4.1 Cartas Bioclimáticas	33
5 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ILHA DE SÃO LUÍS.....	36
5.1 Localização.....	36
5.2 Clima de São Luís.....	38

5.2.1 Sol.....	38
5.2.2 Vento	39
5.2.3 Chuva	40
5.2.4 Temperatura	40
5.2.5 Umidade.....	41
5.3 Vegetação de São Luís.....	41
6 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES PARA SE PROJETAR ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA NA ILHA DE SÃO LUÍS	47
6.1 Análise da Estratégia de Ventilação Recomendada e Diretrizes Bioclimáticas para São Luís	49
6.1.1 Proposta de Análise para Estratégia de Ventilação Natural	49
6.2 Outras Recomendações	67
7 CONCLUSÃO	80
REFERÊNCIAS	82

ANEXOS

1 INTRODUÇÃO

Nos primórdios, o homem fazia arquitetura instintiva e intuitiva buscando abrigo para reduzir frio ou calor, umidade ou secura e ainda, se proteger da chuva (dependendo da condição climática a qual estava exposto). Neste sentido, o homem sempre buscou a melhor condição de conforto que poderia alcançar com os recursos disponíveis.

Hoje uma das principais funções da moradia ainda é a mesma, porém, embora a evolução dos tempos tenha trazido novos materiais e recursos tecnológicos, trouxe também uma globalização dos critérios arquitetônicos que criou um “modelo internacional” em muitos casos desenraizados do contexto.

Surge então, o termo “*arquitetura bioclimática*” que, de forma simplificada, consiste em pensar e projetar um edifício tendo em conta toda a envolvência do clima e características ambientais do local em que se insere para otimizar o conforto ambiental no interior do edifício, utilizando apenas o design e os elementos arquitetônicos disponíveis. Segundo o princípio da arquitetura bioclimática, o projeto deve ser único para cada situação, podendo considerar, não só os aspectos climáticos como também aspectos ambientais, culturais e socioeconômicos.

É importante citar que uma edificação bioclimática não tem, necessariamente, que envolver despesas a mais, pois nem sempre precisa de complicados dispositivos tecnológicos. Muitas vezes o seu sucesso depende apenas da experiência, dos conhecimentos e da criatividade do seu projetista.

Somando-se a isto, na arquitetura de forma geral, tem havido a preocupação de se evitar desperdícios energéticos, desenvolvendo-se técnicas que possam gerar vantagens energéticas compatíveis com a realidade regional. Este enfoque tem sido tratado por adeptos da “*arquitetura sustentável*” a qual lida com o impacto ambiental de todos os processos envolvidos na construção de uma casa desde os materiais utilizados até as técnicas de construção, passando pelo consumo de energia no

processo construtivo e no edifício durante o seu tempo de vida. Isto significa que a arquitetura sustentável abarca o conceito de arquitetura bioclimática.

A arquitetura bioclimática como é chamada, agrega um conceito de como pensar em fazer arquitetura levando em consideração o entorno, as condições climáticas regionais, as orientações solares para propostas de formas de climatização natural que reduzam os desgastes ambientais do planeta.

É com base neste conceito que o presente trabalho tem como objetivo levantar recomendações adequadas a projetos de edificações de uso residencial para a ilha de São Luís com base na aplicação dos princípios bioclimáticos e sustentáveis. Para tanto, foi realizada pesquisa sobre características climáticas de São Luís e proposto um estudo sobre alguns condicionantes que possam auxiliar o arquiteto na elaboração de projetos adequados à região.

2 Referencial Teórico

2.1 Clima e Arquitetura Bioclimática

Segundo AGUIAR (1999), o estudo do clima tem importância fundamental no desenvolvimento do projeto arquitetônico. Para tanto o arquiteto deve ter conhecimentos suficientes sobre o clima de determinada região e deve buscar soluções adequadas às necessidades locais para garantir *conforto térmico* do usuário.

Embora o conceito de arquitetura bioclimática remonte a práticas e manifestações vernaculares, esta expressão foi criada somente na década de 1960 pelos irmãos Olgay para indicar a arquitetura que busca satisfazer as exigências de conforto de acordo com as condições climáticas de determinado lugar.

Segundo LANHAM et al. (2004), na verdade a arquitetura bioclimática é apenas um “rótulo” relativamente recente para classificar uma série de atitudes no processo de um projeto corretamente elaborado.

Este tipo de arquitetura é pensado de acordo com o clima do lugar, o vento, o sol, a chuva, a vegetação e a topografia, com um desenho que permita tirar proveito das condições naturais do local, estabelecendo condições adequadas de conforto físico e mental dentro do espaço em que se desenvolve.

BRITTO (2002) comenta que estamos passando por uma transição na forma de ver e viver o mundo em que o meio-ambiente começa a fazer parte do cotidiano, neste caso, a arquitetura se integra nesta busca por respostas adequadas à relação do homem com o meio-ambiente, através de mudanças no processo de criação e execução dos espaços habitáveis e reflexos em toda cadeia produtiva na indústria da construção.

O fato de hoje em dia a construção não ter em conta a arquitetura bioclimática, deve-se ao pouco respeito que os países desenvolvidos e em desenvolvimento têm pelo ambiente, não acionando os meios que têm ao seu dispor para travar o desastre ecológico que se manifesta.

A arquitetura bioclimática se preocupa com os parâmetros que condicionam o bem-estar do ocupante, sua vida e seus hábitos determinam o rumo de uma construção bioclimática. É fundamental que o homem tenha a consciência de seu meio e aprenda a viver em cumplicidade com ele e seguindo os ritmos das mudanças climáticas, como disse uma vez Bruno Stagno “é uma arquitetura passiva, para gente ativa”, ou seja, é de extrema importância que os ocupantes tenham participação e atuem na edificação.

De acordo com SERRA (1999), podemos obter baixo consumo energético na edificação, sabendo utilizar de maneira sábia o clima natural, e que a arquitetura bioclimática é aquela em que se aproveita a existência dos agentes ambientais naturais para o seu melhor funcionamento.

O uso de técnicas construtivas simples, mas racionais, resulta no mínimo em uma melhoria substancial no conforto térmico interno de uma edificação, é o que diz COSTA (1982).

Muitos costumam falar que irão substituir a telha por um painel fotovoltaico, ou até mesmo fazer uma casa toda funcional para justificar a intervenção bioclimática, mas na verdade o que precisa ser feito antes de tudo é estabelecer essa consciência desde o projeto para avaliar questões sobre economia energética, economia de água e garantia de conforto do usuário, buscando o equilíbrio perdido.

ADAM (2001) explica que a relação entre o homem x clima deve ser harmônica, com o objetivo de minimizar a quantidade de energia consumida. Ele afirma que o eco-edifício incorpora a crise mundial de energia com uma de suas premissas, ou seja, à perda da naturalidade de edificar em harmonia com o entorno.

Devemos, portanto, explorar algumas novas formas e meios para explicar e modelar o espaço, sobretudo, medir o seu tempo. Uma arquitetura que vai contra o tempo e espaço com dimensões imensuráveis é que torna o mercado mundial mais devastador.

2.2 Sustentabilidade e Arquitetura Sustentável

O conceito básico de “*sustentabilidade*”, segundo FERREIRA (2004) é a qualidade de sustentável; que se pode sustentar; capaz de se manter mais ou menos constante, ou estável, por longo período.

O termo sustentabilidade foi criado em 1987 pela Comissão Mundial sobre Meio-Ambiente e Desenvolvimento, a partir da publicação de um relatório com nome “Nosso Futuro Comum” ou “Relatório de Brundtland”, onde ele define a sustentabilidade como: “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”.

A idéia principal deste documento é fazer com que as pessoas se conscientizem sobre o gradativo impacto ao meio-ambiente, tanto quanto aos recursos por ele oferecidos, para que possam ser utilizados de forma racional sem prejudicar a progressão de ambas as partes.

Segundo a esta comissão, várias medidas foram sugeridas para travar o impulso industrial que parece esgotar os recursos do nosso planeta, são eles:

- limitação do crescimento populacional;
- garantia de recursos básicos (água, alimentos, energia) a longo prazo;
- preservação da biodiversidade e dos ecossistemas;
- diminuição do consumo de energia e desenvolvimento de tecnologias com uso de fontes energéticas renováveis;
- aumento da produção industrial nos países não-industrializados com base em tecnologias ecologicamente adaptadas;
- controle da urbanização desordenada e integração entre campo e cidades menores;
- atendimento das necessidades básicas (saúde, escola, moradia).

Em âmbito internacional, as metas propostas são:

- adoção da estratégia de desenvolvimento sustentável pelas organizações de desenvolvimento (órgãos e instituições internacionais de financiamento);
- proteção dos ecossistemas supra-nacionais como a Antártica, oceanos, etc, pela comunidade internacional;
- banimento das guerras;
- implantação de um programa de desenvolvimento sustentável pela Organização das Nações Unidas (ONU).

O conceito de desenvolvimento sustentável deve ser assimilado pelas lideranças de uma empresa como uma nova forma de produzir sem degradar o meio ambiente, estendendo essa cultura a todos os níveis da organização, para que seja formalizado um processo de identificação do impacto da produção da empresa no meio ambiente e resulte na execução de um projeto que alie produção e preservação ambiental, com uso de tecnologia adaptada a esse preceito.

Já a “arquitetura sustentável” surgiu por volta dos anos 70, quando a questão ecológica se popularizou no mundo. Baseia-se em teorias filosóficas, preocupações sociais e estudos técnicos sobre o meio ambiente. Visa alterar o mínimo possível o meio, levando em conta a situação do local da construção, causando o menor impacto possível ao entorno, garantindo qualidade de vida para a geração atual e futura. (BERTO, 2010).

A arquitetura sustentável trabalha com o propósito de promover o desenvolvimento de modelos que nos permitam enfrentar e propor soluções aos principais problemas ambientais de nossa época, sem renunciar à moderna tecnologia e a criação das edificações que atendem as necessidades de seus usuários.

Outro conceito de arquitetura sustentável é fornecido por CORBELLA (2003), que a define como sendo a concepção e desenvolvimento de edificações que objetivem “o aumento da qualidade de vida do ser humano no ambiente construído e no seu entorno, integrado com as características de vida e do clima locais, consumindo menor quantidade de energia compatível com o conforto ambiental, para alegar um mundo menos poluído para outras gerações”.

Já de acordo com STEELE (1997), a arquitetura sustentável “consiste na produção de uma edificação que se adapte ao clima, à iluminação, ventilação e topografia, tirando proveito das condições naturais do lugar reduzindo o desperdício energético”. Para a ECOPLANO (2006), por sua vez, a arquitetura sustentável é aquela que considera o uso, a economia e a racionalização/eficiência de recursos, o ciclo de vida do empreendimento e o bem-estar do usuário, reduzindo significativamente, ou até eliminando, possíveis impactos negativos causados ao meio ambiente e a seus usuários.

Cada vez mais, as empresas estão se importando com a questão da sustentabilidade associando a idéia sustentável ao produto oferecido, o que proporciona um estímulo ao comércio para o uso desses materiais oferecendo ao cliente um retorno significativo que visam a economia de água, a amenização de impactos no planeta e a melhoria da qualidade de vida.

2.3 Eficiência Energética

Numa época em que o planeta vive uma crise de energia, a busca pelo seu melhor aproveitamento no campo da arquitetura, hoje mais do que nunca, é preciso oferecer condições para que a energia seja solicitada da forma mais racional e menos dispendiosa possível.

A Eficiência pode ser entendida como a obtenção de um serviço com baixo consumo de energia, neste caso, uma edificação é considerada com eficiência energética, quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia.

Em virtude de muitas campanhas que são feitas na tentativa de reduzir o desperdício, surgem cada vez mais equipamentos de baixo consumo e maior eficiência energética como é o caso de alguns eletrodomésticos.

Desta forma, além da utilização desses recursos tecnológicos, a elaboração de projetos que incluam estudos sobre o comportamento energético de uma edificação, pode melhorar a eficiência energética da arquitetura.

A energia é fundamental para o desenvolvimento da sociedade. Entretanto, sua maior parte, provém dos combustíveis fósseis como: gasolina, carvão ou petróleo cujo reservas tendem a diminuir.

Por serem utilizados intensamente, esses combustíveis fósseis contribuem para o aceleração do aquecimento global, desta forma, a idéia agora seria buscar novas fontes de energia renováveis como o vento, o sol ou a água. Como forma destas energias disponíveis, temos: **Marés**: Provêm da descida e subida das marés; **Eólica**: Produzida pelos ventos; **Solar**: Proveniente do sol; **Hídrica**: É obtida através dos recursos da água; **Biomassa**: Aproveitamento das florestas e dos seus resíduos; **Geotérmica**: Aproveitamento do calor do interior da terra.

Na arquitetura, a eficiência energética é tratada desde a escolha do terreno até a finalização do projeto onde são visados pontos como: localização, orientação solar, qualidade da construção, ventilação natural, isolamento, sombra, entre outros, visando à diminuição de gastos de energia com iluminação e sistemas artificiais de ventilação e climatização.

LAMBERTS et al. (1997) comentam a necessidade do uso racional de energia, e faz uma relação entre os edifícios residenciais e os comerciais, citando que: as edificações de pequeno porte ou de função residencial, onde é menor o número de variáveis envolvidas, apresentam maiores possibilidades de exploração da iluminação e o condicionamento natural.

Foi verificado, naquela época, que o maior consumo de energia nas residências era proveniente de: geladeiras, chuveiros e lâmpadas incandescentes, respectivamente, atribuindo um total de 68%. Mas, embora o ar-condicionado tenha apresentado um baixo percentual nesse levantamento, hoje em dia, com o aumento das temperaturas, a procura e o uso deste equipamento têm sido cada vez maior.

Vale ressaltar que estes dados são relativos a uma pesquisa nacional realizada naquela época de 1997. O que significa dizer que se fossem analisadas

em separado, as regiões norte e nordeste do Brasil, talvez produzissem outros resultados. Nestas regiões, que se encontram mais próximas da linha do Equador, o consumo de energia com chuveiro elétrico provavelmente não deve ter sido tão significativo ao contrário do uso do ar condicionado.

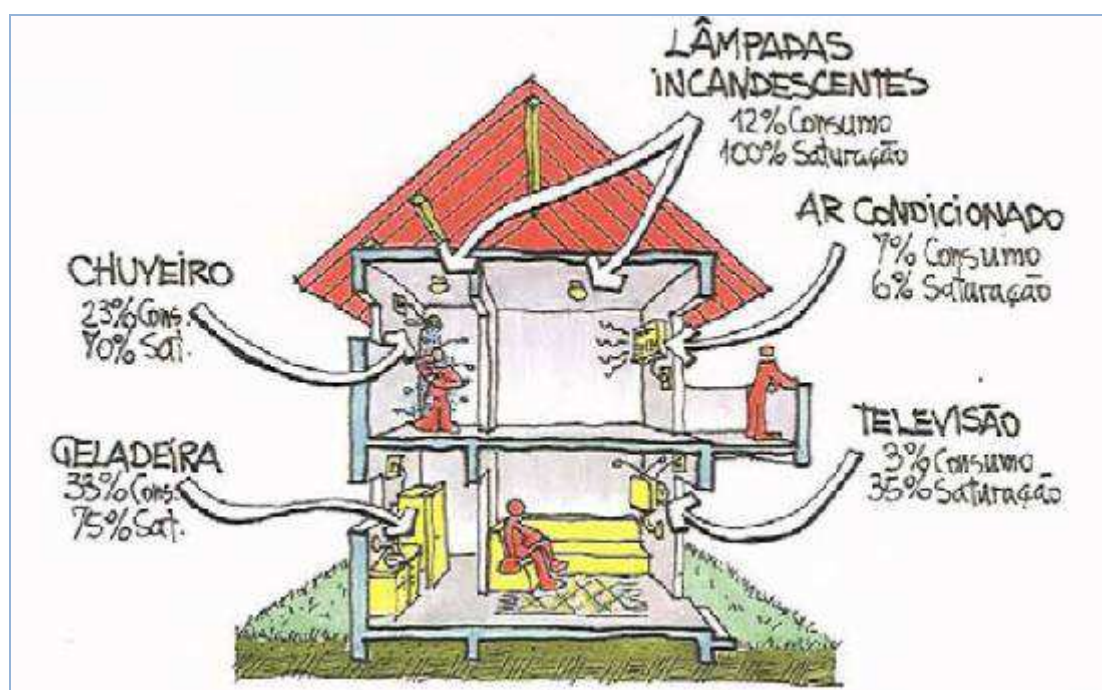


Figura 01 – Ilustração do consumo residencial

Fonte: Roberto Lamberts et al (1997).

3 ELEMENTOS BÁSICOS PARA APLICAÇÃO DA ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

Vários são os elementos que devem ser analisados em um projeto de arquitetura bioclimática. Entretanto, neste trabalho foram selecionados aqueles considerados mais importantes por diversos autores.

Como explica HERTZ (1998), os elementos climáticos que interferem diretamente no nível de conforto do ambiente interno são, o sol, o vento, a precipitação, a temperatura e a umidade. Além disto, a vegetação também tem influência direta no conforto do usuário.

3.1 Sol

O Sol é nossa fonte de luz e vida, sendo a estrela mais próxima de nós; o seu estudo serve de base para o conhecimento e compreensão de outras estrelas que de tão distantes, aparecem para nós como pontos de luz. Por ser maior, ele possui aproximadamente 98% da massa total do sistema solar.

A energia solar é gerada no núcleo do Sol. Lá, a temperatura ($15.000.000^{\circ}\text{C}$) e a pressão (340 bilhões de vezes a pressão atmosférica da Terra ao nível do mar) são tão intensas que ocorrem reações nucleares. Estas reações transformam quatro prótons ou núcleos de átomos de hidrogênio em uma partícula alfa, que é o núcleo de um átomo de hélio. A partícula alfa é aproximadamente 0,7% menos massiva do que quatro prótons. A diferença em massa é expelida como energia e carregada até a superfície do Sol, através de um processo conhecido como convecção, e é liberada em forma de luz e calor. A energia gerada no interior do Sol leva um milhão de anos para chegar à superfície. A cada segundo 700 milhões de toneladas de hidrogênio são convertidos em cinza de hélio. Durante este processo 5 milhões de toneladas de energia pura são liberados. (Canal Verde, 2009)

A emissão de luz e calor através do Sol se dá pelas ondas eletromagnéticas, desta forma, parte da radiação solar incidente é refletida pela superfície das nuvens; outras como vapor d'água pela absorção de elementos da atmosfera e outra ainda se difunde em todas as direções, assim, elas são classificadas em diretas (quando os raios solares são lançados diretamente na atmosfera) ou difusas (quando os raios solares são bloqueados por nuvens, vegetação...).

Para OLGAY (1963), ao atravessar a atmosfera, a radiação é dispersada em parte devido à ação da poeira e de outras moléculas em suspensão, e em outra parte porque é refletida difusamente a partir da fração inferior das nuvens.

Por estarmos próximo à Linha do Equador, as estações do ano não são bem definidas, a menos que seja pela presença de períodos mais secos, quando a quantidade de nuvens e umidade é menor, ou por um período chuvoso, caracterizado pelo céu encoberto de nuvens e um elevado índice de umidade.

Segundo escreve OLGAY : *“Geralmente, a transferência de radiação calorífica que afeta a edificação se divide em cinco tipos diferentes. Segundo a ordem de importância são:*

- 1- Radiação de onda curta direta do Sol.*
- 2- Radiação difusa de onda curta procedente da abóbada celeste.*
- 3- Radiação de onda curta produto da reflexão nos terrenos adjacentes.*
- 4- Radiação de onda longa procedente do Solo e dos objetos próximos cuja temperatura é elevada.*
- 5- Radiação de onda longa expedida em intercâmbio entre o edifício e o céu.”*

Isso quer dizer que, os números 1 e 2 falam sobre a radiação difusa do Sol e do Céu, em seguida os números 3 e 4, remetem sobre os terrenos, solos (entorno), e o número 5, trata do calor que é emitido pela própria edificação.

Na concepção de FROTA E SCHIFFER (2001), o Sol, ao incidir sobre uma superfície, vai aquecê-la com a sua radiação infravermelha de onda curta, em função da intensidade com que chega a essa superfície e também de acordo com as características térmicas do material e do acabamento da superfície.

O modo pelo qual o “tempo” se modifica habitualmente ao longo do ano caracteriza o clima do lugar. As condições de cada clima são determinadas pela interação de diversos elementos, que vão influir na ambientação da paisagem. Conhecer e controlar seus efeitos é que vai propiciar a obtenção de habitações confortáveis (MACHADO et al,1986).

Em se tratando de arquitetura, muitas vezes o Sol é o elemento definidor de formas, aberturas, projeções, posição da construção no terreno e ainda como fornecedor de energia tanto elétrica como calorífica.

Faz-se necessário saber a posição do Sol para que haja melhor disposição do terreno e conseqüentemente dos ambientes que ele abrigará, para que com o estudo realizado se possa maximizar ou minimizar os efeitos dos raios solares na construção, dependendo da região. A exemplo desses estudos têm as cartas solares que nos permite calcular todos os momentos do Sol em relação à incidência sobre as edificações.

3.1.1 Cartas Solares

Nos estudos feitos por FROTA e SCHIFFER (2001), é mencionado que as cartas solares funcionam como um instrumento para a resolução de problemas de geometria da insolação a partir de plantas, cortes e coordenadas horizontais da posição do Sol acima da linha do horizonte, ou seja, a carta solar aplicada sobre uma planta, e orientada com o norte verdadeiro, acaba por traduzir uma visão mais clara das posições que o Sol ocupa nas diversas datas.

A carta solar é específica para latitude, ela exibe um papel de fundamental importância na disposição de uma edificação em um terreno, onde com o seu estudo, é possível conhecer o lado da fachada onde haverá mais insolação, quando livre de qualquer obstrução que o céu apresentar.

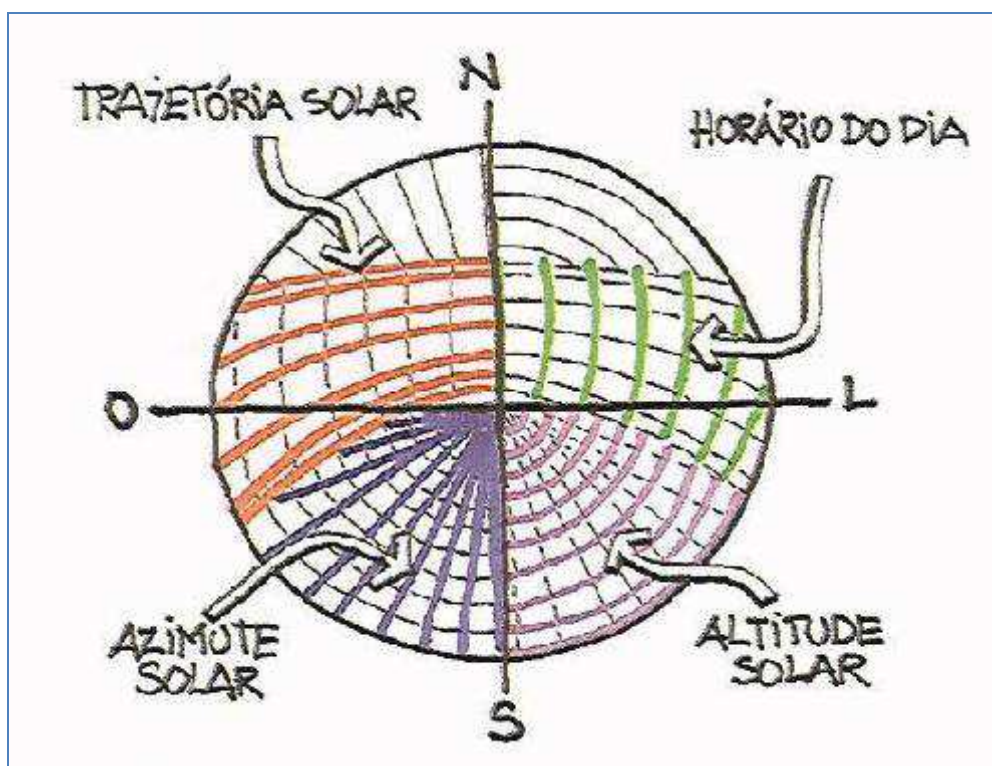
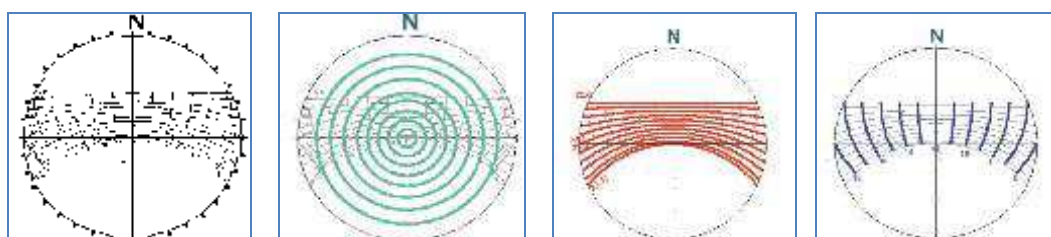


Figura 02 – Aparência de uma carta solar

Fonte: Roberto Lamberts et al. (1997).



Azimute ângulo em
relação ao norte
0° à 360°.

Altura Solar ângulo em
relação ao horizonte
0° à 90°.

Dias

Horas

Figura 03 – Composição de uma carta solar

Fonte: Lamberts et al (1997).

3.2 Vento

É um fenômeno meteorológico formado pelo movimento do ar na atmosfera que também pode ser gerado pelos movimentos de translação e rotação do Planeta Terra. Ele é muito importante para o ser humano, porque facilita na dispersão de poluentes e também é um gerador de energia eólica, que provém da radiação solar, pois os ventos são gerados pelo aquecimento não uniforme da superfície terrestre.

A radiação solar, evaporação, pressão atmosférica e umidade do ar, são fatores que podem influenciar na formação dos ventos, fazendo com que eles sejam mais fortes (ventanias) ou mais suaves (brisas).

Para MACHADO et al (1986), o vento é o ar em movimento e resulta da diferença de pressão entre dois lugares na superfície da terra. Ele é um fluido como a água e como tal possui certas características.

A ausência do Sol torna algumas regiões menos aquecidas que outras, a exemplo, podemos citar regiões que tenham florestas, pois as sombras das árvores impedem que o solo se aqueça muito rápido, ao contrário de regiões que não tem florestas, os raios solares incidem diretamente no solo, aquecendo-o de forma mais intensa. O calor do solo se irradia e aquece o ar, por sua vez o ar quente fica mais leve e sobe. Já nas regiões menos aquecidas, o ar se desloca para ocupar o lugar do ar quente que subiu. Ao subir o ar quente se afasta do solo e torna a se esfriar, com isso ele fica mais pesado e desce novamente. Toda essa movimentação que o ar faz, dá-se o nome de vento.

Quando em contato com algum tipo de obstáculo, o ar em movimento produz fricção, assim, dependendo das superfícies por onde ele passar e dos caminhos que fizer, ele pode perder velocidade, energia e seu modelo de circulação poderá ser alterado devido ao atrito. Para o ar circular através de um obstáculo, é necessário que haja aberturas de entradas, que devem se localizar nas zonas de alta pressão e de saídas, que devem se localizar nas zonas de baixa pressão, afim de promover um maior fluxo de ar dentro do ambiente.

Existem diversos tipos de vento e estes são classificados por sua velocidade. Segundo FROTA e SCHIFFER (1995) podemos citar:

Tipo de vento	Velocidade do vento (m/s)
<i>ar calmo (brisa)</i>	0,1
<i>vento muito fraco</i>	0,5
<i>vento fraco</i>	1
<i>vento médio</i>	3
<i>vento forte</i>	9
<i>vento muito forte</i>	18

Figura 04 – Tipos de vento

Fonte: FROTA e SCHIFFER (1995).

Adaptação: Própria

Também há mais turbulência e direcionamento mais variável do vento na cidade que em campo aberto. Há um consenso em se adotar 2 m/s, ou no máximo, 3 m/s, para a velocidade do ar externo, em se considerando o meio urbano (FROTA E SCHIFFER, 1995). É importante lembrar que o desenho urbano pode canalizar o fluxo de ar de maneira a evitar o vento indesejável e aproveitar o desejável. Alguns artifícios podem ser implantados na escala microclimática para captar ou obstruir o vento. No desenho paisagístico também pode se pensar na vegetação como proteção dos ventos fortes ou como condutoras das brisas de verão para a arquitetura. (LAMBERTS et al, 1997).

3.3 Chuva

A Chuva é um fenômeno meteorológico que consiste na precipitação de gotas d'água no estado líquido sobre a superfície da Terra. A chuva forma-se nas nuvens. Nem todas as chuvas atingem o solo, algumas evaporam-se enquanto estão ainda a cair, num fenômeno que recebe o nome de virga e acontece principalmente em períodos/locais de ar seco. (WIKIPÉDIA,2009)

Existem três tipos de chuva:

1 – Chuvas de Convecção: Formada pelo constante movimento da subida do ar aquecido.

2 – Chuvas Frontais ou de Frente: São causadas pelo encontro da massa fria com amassa quente.

3 – Chuvas Orográficas ou Estacionais: Que são as chuvas de serra ou de relevo, ocorrem quando os ventos úmidos se elevam e se resfriam pelo encontro de uma barreira montanhosa, como é normal nas encostas voltadas para o mar.

Muitas das condições favoráveis e desfavoráveis que os lugares nos oferecem decorrem diretamente das chuvas, da sua grande quantidade e do modo como elas costumam cair. É importante o conhecimento do regime de chuvas de cada lugar e das quantidades máximas que caem no dia.

3.4 Temperatura

A temperatura é a variável climática mais conhecida e de fácil medição. Através de dados climáticos de determinado local pode-se conhecer o comportamento da temperatura do ar ao longo dos anos.

Segundo LAMBERTS et al. (1997) valores de temperatura média, mínima e máxima mais prováveis para cada período do ano podem ser obtidos para proporcionar ao arquiteto os dados necessários para a identificação dos períodos de maior probabilidade de desconforto.

É importante citar que para uma mesma temperatura a sensação de conforto térmico pode ser diferente em função de variáveis como vento e umidade do local.

Segundo FROTA e SCHIFFER (1995) o A.S.H.R.A.E. (*American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*) consideram para climas mais quentes da América do Norte, 25°C como temperatura ótima, podendo variar entre

23 e 27°C. Estes valores são considerados à velocidade de vento de 0,5m/s, umidade relativa entre 30 e 70% para pessoas em repouso, sentada e vestimenta normal.

3.5 Umidade

Segundo FROTA E SCHIFFER (1995) a umidade é consequência da evaporação e da transpiração das plantas. Sendo que, a umidade absoluta é o peso do vapor de água contido em uma unidade de volume de ar e, a umidade relativa é a relação entre o peso do vapor d'água contido por m³ na mistura de ar úmido (umidade absoluta) e o peso máximo de vapor d'água (ponto de saturação) que poderia haver à mesma temperatura. Isto significa dizer que a umidade relativa é uma porcentagem da umidade absoluta de saturação.

O grau de umidade relativa do ar pode acarretar uma grande diferenciação nas condições climáticas em um local quanto à amplitude de temperatura diária. Isto é, quanto mais úmido for o clima, menos acentuada será a variação de temperatura diária. Ao contrário, quanto mais seco for o clima, mais acentuadas serão suas temperaturas extremas (mínimas e máximas).

ROMERO (2001) descreve que nas regiões tropicais de clima quente-úmido, verificam-se pequenas variações de temperaturas diárias e estacionais, a radiação difusa é muito intensa e a umidade do ar elevada.

3.6 Vegetação

A Vegetação é um importante aliado na estruturação dos fatores climáticos abordados neste trabalho. Como observamos anteriormente, ela é também uma constante no processo de desenvolvimento e ou direcionamento dos ventos, das águas, e da captação da incidência solar.

É um termo geral para a vida vegetal de uma região; isso se refere às formas de vida que cobrem os solos, as estruturas espaciais ou qualquer outra medida específica ou geográfica que possua características botânicas. É mais amplo que o termo flora, que se refere exclusivamente à composição das espécies. É o conjunto de plantas nativas de um certo local que se encontram em qualquer área terrestre, desde que nesta localidade haja condições para o seu desenvolvimento. Tais condições são: luz, calor, umidade e solos favoráveis, nos quais é indispensável a água. (WIKIPÉDIA, 2009)

É interessante mencionar a importância da vegetação na vida dos seres humanos, não só como uma simples sombra em dias ensolarados, mas também na sua participação do perfeito funcionamento do ecossistema brasileiro. Observamos que ela regula os fluxos das águas das chuvas; purifica o ar que respiramos; é utilizada como combustível fóssil na produção de energia, nos traz alimentos, remédios, abrigos; e atua também nas características do solo.

A necessidade de água para os vegetais é muito grande, desta forma, eles são classificados em três tipos quanto à sua umidade:

- 1 – Vegetação hidrófila: É aquela que se adapta a grande umidade;
- 2 – Vegetação xerófila: Se adaptam em locais secos;
- 3 – Vegetação tropófila: Se adaptam tanto com a umidade, quanto aos locais secos.

É fato que atualmente vivemos num mundo em que as atividades são voltadas potencialmente para o desenvolvimento econômico. No entanto, a partir do momento que os problemas ambientais impactaram de forma negativa a vida humana, busca-se, constantemente novas perspectivas para a relação sociedade/natureza.

É essencial pensar na educação ambiental em todos os níveis de vida de um indivíduo. Desde o aprendizado no âmbito familiar e, posteriormente em todos os níveis de escolaridade. Pois, somente assim poderá haver a possibilidade de mudança no comportamento em relação ao meio ambiente.

Desta forma, é fundamental incentivar e promover a preservação e conservação de todo ecossistema brasileiro, visto que este consiga conciliar o equilíbrio ambiental com o desenvolvimento sócio-econômico e sustentável.

Por fim, promover o desenvolvimento da consciência ambiental é uma tarefa que envolve órgãos governamentais e não-governamentais, estudantes e pesquisadores da área, a fim de alcançar: um ambiente harmonioso e equilibrado para toda a humanidade.

4 ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS GERAIS

A partir do conhecimento das principais variáveis climáticas locais e de alguns elementos que influenciam diretamente o clima local, o arquiteto pode incorporar estratégias naturais integradas aos sistemas artificiais de forma ponderada para obter um ambiente interno com determinadas condições de conforto para seus usuários.

Para tanto, o arquiteto pode utilizar diagramas bioclimáticos (cartas) locais que disponham destas estratégias de adaptação da arquitetura ao clima.

4.1 Cartas Bioclimáticas

A carta bioclimática tem como foco o conforto ambiental, como já dizia OLGYAY (1963), elas mostram o relacionamento entre as quatro principais variáveis climáticas que determinam o conforto humano. Por meio de registro de temperatura e da umidade relativa, pode-se determinar se a condição resultando do conforto é muito quente, ou muito fria.

Já para CORBELLA (2003), as cartas bioclimáticas apresentam uma relação entre os parâmetros climáticos e o conforto humano, sendo representada pelo Diagrama Psicométrico que relaciona *a temperatura do ar e a umidade relativa*. Com essas variáveis determinadas, é possível lançar estratégias bioclimáticas no desenho do edifício.

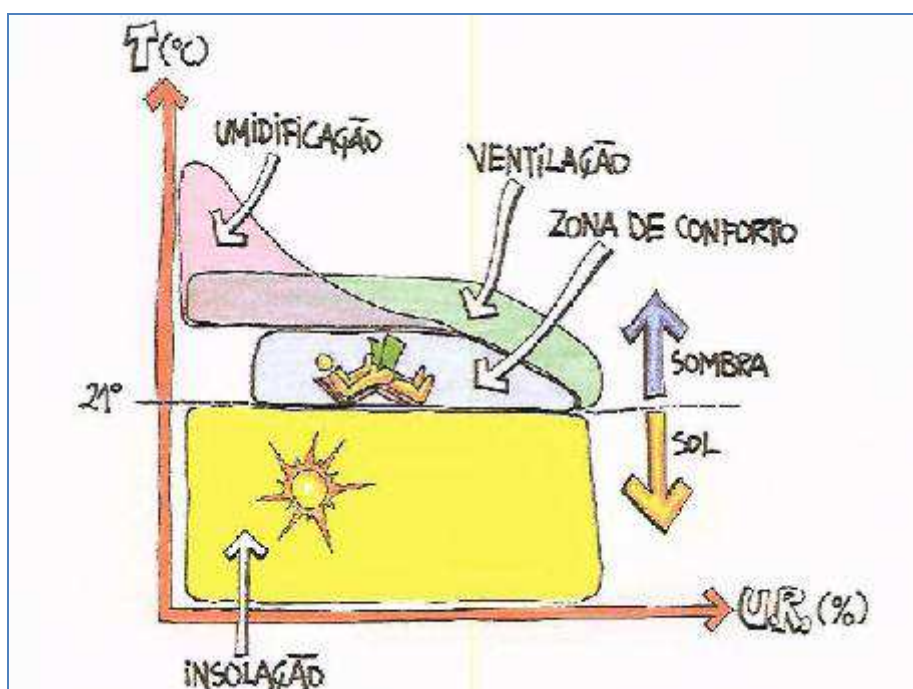


Figura 05 – Carta bioclimática de Olgay

Fonte: Roberto Lamberts et al. (1997).

Os irmãos Olgay aplicaram a bioclimatologia na arquitetura e criaram a expressão projeto bioclimático, a partir da zona de conforto térmico humano que está representada em sua carta.

Mas Givoni, em 1969, criou uma carta bioclimática para edifícios que acabava por corrigir algumas limitações que foram idealizadas pelos irmãos Olgay, no entanto, ela se baseia nas temperaturas internas dos edifícios, propondo diretrizes construtivas para a adequação do clima a arquitetura, enquanto a de Olgay, só visava às condições externas.

Em 1992, Givoni propôs uma carta direcionada para os países em desenvolvimento, onde ele afirma que o clima interno em edifícios não condicionantes, reage mais largamente à variação do clima externo e à experiência de uso dos habitantes, ou seja, pessoas que moram em edifícios sem condicionantes e ventilação natural acabam aceitando a variação de temperatura e velocidade do ar como uma situação normal, demonstrando assim a sua aclimatação.

A carta bioclimática de Givoni é dividida em 9 zonas bioclimáticas:

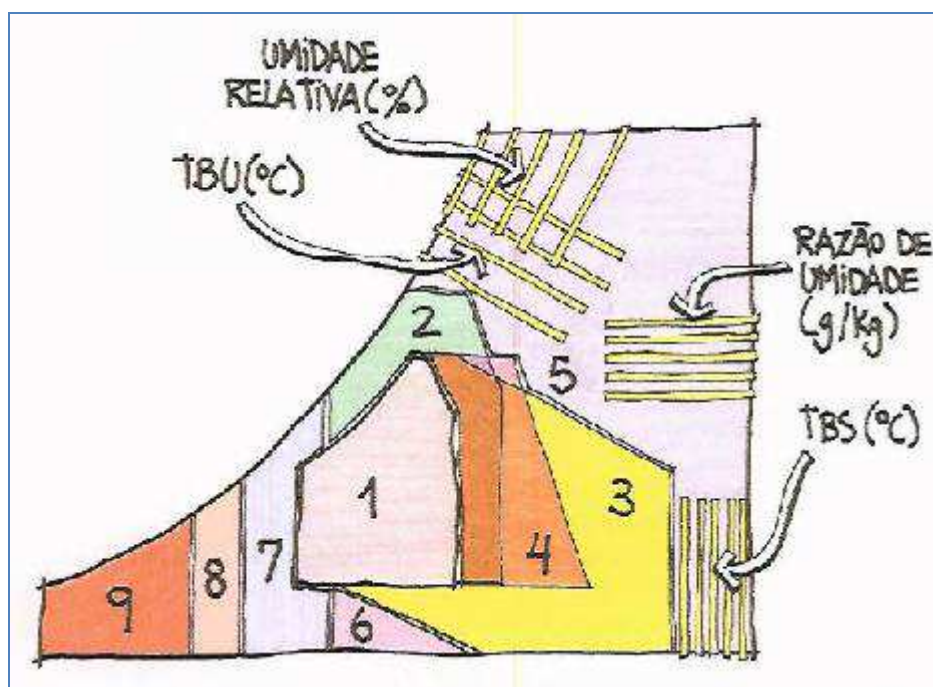


Figura 06 – Carta bioclimática adotada para o Brasil, Givoni 1992

Fonte: Roberto Lamberts et al. (1997).

- 1 – zona de conforto;
- 2 – zona de ventilação;
- 3 – zona de resfriamento evaporativo;
- 4 – zona de massa térmica para resfriamento;
- 5 – zona de ar-condicionado;
- 6 – zona de umidificação;
- 7 – zona de massa térmica para aquecimento;
- 8 – zona de aquecimento solar passivo;
- 9 - zona de aquecimento artificial.

5 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ILHA DE SÃO LUÍS

5.1 Localização

São Luís está situada na região Nordeste do Brasil, ao Norte do Estado do Maranhão, no domínio paisagístico-ambiental denominado Golfão Maranhense, está a 2° 31' 47" de Latitude Sul e a 44° 18' 10" de Longitude Oeste.

A capital do Maranhão faz parte da chamada *Ilha de Upaon Açu* (designação de origem indígena que significa *Ilha Grande*) ou *Ilha de São Luís*, denominação correntemente utilizada no cotidiano dos moradores, admite área total: 1.455,1km², sendo:

- 831,7km² - São Luís;
- 436,1km²- São José de Ribamar;
- 121,4km² - Paço do Lumiar;
- 63,9 km² - Raposa.

As ilhas de Tauá-Mirim, Tauá Redondo, Duas Irmãs e do Medo fazem parte do município de São Luís, que por sua vez, ocupa cerca de 57% do território da Ilha do Maranhão. Seus limites são: ao *Norte*: Oceano Atlântico; ao *Oeste*: Baía de São Marcos; ao *Leste*: município de São José de Ribamar; e ao *Sul*: Estreito dos Mosquitos. (ESPÍRITO SANTO, 2006).



Figura 07 – Localização de São Luís

Fonte: www.territoriogeografico.com.br/saoluis

Os aspectos físico-naturais da capital do Maranhão são bastante peculiares e ao mesmo tempo frágeis. Isto se deve ao fato de São Luís fazer parte de um território insular, com paisagens diversificadas e características ambientais vulneráveis, a exemplo do extenso ecossistema manguezal, do grande quantitativo de canais de drenagem e dos tipos de solo e vegetação encontrados em seu espaço. (SANTOS, 2010)

Geologicamente, São Luís é considerada uma ilha jovem, pois teve sua formação há mais ou menos 1,5 milhões de anos. No domínio geomorfológico tem sua representação pelo Golfão Maranhense que possui idades variadas e estruturas sedimentares diferentes, onde encontramos os seguintes minerais: areia, argila, calcário (cal e cimento), muito utilizados na construção civil.

O Golfão Maranhense, onde está assentado o município de São Luís, constitui-se na maior reentrância costeira da região Nordeste e o maior complexo estuarino do Maranhão. Sua evolução geomorfológica acontece com o levantamento da faixa do litoral, implicando na superposição da rede de drenagem e a erosão da

Formação Barreiras, seguida por um novo levantamento com a retomada da erosão e aprofundamento dos vales a um nível mais baixo. (ESPÍRITO SANTO, 2006).

5.2 Clima de São Luis

O município de São Luís, caracteriza-se por ser uma região de baixa latitude 2°31'47", distante do Equador, localizada na zona costeira e com pequenas altitudes. A determinação do clima da ilha se dá através de elementos preponderantes como a dinâmica dos ventos, massas de ar e correntes marítimas.

De acordo com a classificação de Köppen, a categoria da Ilha é AWW', onde:

- **A** – Trópico Úmido com altas temperaturas;
- **W** – Estação seca bem definida;
- **W'** – Precipitações (chuva) acentuadas no verão-outono.

O clima é definido em dois períodos: o primeiro remete à estação seca de inverno (julho - dezembro) e o segundo, à estação chuvosa de verão (janeiro - junho).

O clima quente e úmido de São Luis, segundo AGUIAR (1999), é caracterizado por altas temperaturas, pequenas variações de temperatura diárias, radiação solar intensa, alta umidade e chuvas fortes.

5.2.1 Sol

Devido ao clima ter características acima mencionadas, o sol se apresenta como um importante fator que deve ser considerado, pois interfere diretamente no aumento da temperatura do ambiente. À sombra, a sensação de conforto térmico é mais evidente.

Fazendo uma leitura superficial de uma tabela apresentada por FROTA e SCHIFFER (1995), podemos considerar que durante o solstício de verão (dezembro) as orientações que recebem maior incidência de sol são a sudeste por volta das 9h da manhã e a sudoeste por volta das 15h (cerca de $690\text{W}/\text{m}^2$). Durante os equinócios (março e setembro), que são períodos de maior incidência solar na região de São Luís, as orientações que recebem maior incidência de radiação solar são a leste, por volta das 8h da manhã e a oeste, por volta das 16h (cerca de $710\text{W}/\text{m}^2$). E durante o solstício de inverno (julho) as orientações que recebem maior incidência solar são a nordeste, por volta das 9h da manhã e a noroeste, por volta das 15h (cerca de $700\text{W}/\text{m}^2$).

5.2.2 Vento

Um dos elementos que influenciam sobremaneira o clima na cidade é a circulação atmosférica, representada pelas massas de ar, ventos alísios e pela denominada *Zona de Convergência Intertropical* (ZCIT). Esses três elementos são os principais responsáveis pelas características de temperatura e pluviosidade atuantes no espaço ludovicense.

Os ventos na direção NE (nordeste) são os predominantes na região, com velocidade de 3m/s, com ocorrência também de ventos na direção E (leste). (ESPÍRITO SANTO, 2006).

Na figura 08, pode ser verificado um trecho da tabela retirada do trabalho de SILVA et.al. (2002), em que o autor fez uma pesquisa sobre a direção dos ventos em diversas localidades do Brasil, dentre elas algumas cidades do Maranhão, em destaque São Luís. Na mesma figura observou-se que apenas nos meses de maio e junho foram registrados ventos predominantes na direção E (leste).

Local	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Maranhão												
Turiaçu	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3
São Luiz	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2
Zé Docas	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2
Chapadinha	2	2	2	2	2	4	4	1	1	1	1	2
Bacabal	1	2	1	2	4	4	4	1	1	1	1	1
Caxias	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4
Imperatriz	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2
B.do Corda	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	1	2
Colinas	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	2
Carolina	2	2	4	4	4	4	4	2	2	8	2	2
Alto Parnaíba	1	1	1	4	4	4	5	5	5	1	1	1

LEGENDA

2- Direção Nordeste (NE)

3- Direção Leste (L)

Figura 08 – Direção predominante mensal dos ventos

Fonte: Adaptado de B.B.Silva

5.2.3 Chuva

Os dados de pluviosidade mensais já chegaram a variar de 0mm (entre os meses de setembro a novembro) a mais de 900mm nos meses de fevereiro e março (AGUIAR, 1999).

Segundo FROTA e SCHIFFER (1995), dentre várias cidades levantadas nos 23 Estados apresentados em um período de análises, São Luis foi a que apresentou terceiro maior valor total mensal de chuva caída (precipitação em mm), ficando atrás apenas de Belém e Jacareacanga, Pará.

5.2.4 Temperatura

As temperaturas médias anuais registradas em São Luis são maiores que 20°C. Em uma série apresentada por AGUIAR (1999) a variação de temperatura máxima mensal foi de aproximadamente 30 a 33°C e a mínima, de 24 a 27°C.

Como dito anteriormente, a região de São Luis apresenta pequena amplitude térmica devido à baixa latitude (proximidade à linha do Equador) e à topografia pouco acidentada.

5.2.5 Umidade

Quanto à umidade relativa, esta varia de acordo com a época do ano. Segundo AGUIAR (1999), a série de 30 anos analisada apresentou variação de 72%, observada nos meses de outubro e novembro a 98%, observada no mês de junho.

5.3 Vegetação de São Luis

A formação vegetal da ilha varia de acordo com a proximidade dos cursos d'água, do relevo, tipo de solo e clima, altimetria e do grau de ação antrópica (provocada pelo homem).

Pouco se sabe sobre a formação vegetal de São Luís, e para efeitos de estudo, optou por dividir essas formações vegetais em três grupos: Formações pioneiras; Matas secundárias e Vegetações frutíferas. (ESPÍRITO SANTO, 2006).

- **Formações Pioneiras:** Representam as primeiras fases de sucessão ecológica na ilha que são as dunas, restingas, apicuns, manguezais.



Figura 09 – Dunas e Apicuns (respectivamente)

Fonte: São Luís: Uma leitura da Cidade.(ESPÍRITO SANTO, 2006)

De acordo com estudos realizados em todo o Estado do Maranhão, mostram que a ilha de São Luís, é a região onde se observa a maior degradação dos manguezais dando destaque para o crescimento desordenado das cidades, a ausência de saneamento, as atividades industriais, portuárias e práticas ilegais da pesca e plantio, desmatamento, assoreamento, poluição entre outros (ESPÍRITO SANTO, 2006).

- **Matas Secundárias:** São formações provenientes da devastação de florestas pioneiras como: capoeiras abertas e fechadas (tucunzeiros).



Figura 10 – Capoeira Aberta e Tucunzeiro (respectivamente)

Fonte: São Luís: Uma leitura da Cidade. (ESPÍRITO SANTO, 2006)

- **Vegetação Frutífera:** Caracterizadas por sítios ou áreas particulares onde a produção de frutas se dá para o consumo próprio ou venda. A exemplo temos plantações de: Manga, coco, bacuri, cupuaçu, mamão, entre outros.



Figura 11 – Mangueira e Mamoeiro (respectivamente)

Fonte: São Luís: Uma leitura da Cidade. (ESPÍRITO SANTO, 2006)

O município de São Luís em sua grande parte está assentado na formação pedológica Itapecuru fazendo com que os solos apresentem limitações para o desenvolvimento de algumas práticas agrícolas, o que atinge diretamente a população que utiliza esta atividade (agricultura) para sua sobrevivência. Isso ocorre devido à grande presença de minerais do grupo caulinitas e areia que apresentam uma baixa fertilidade química.

O solo predominante e o mais propício para o cultivo da mandioca é o Latossolo vermelho-amarelado é, que apresenta uma reduzida suscetibilidade à erosão, pois tem boa drenagem e permeabilidade. Esta drenagem impede problemas com alagamentos provocados pelo excesso de chuvas e os rigores dos raios solares, o que implica na perda da matéria orgânica, na estrutura física e em consequência na sua produtividade.

Os problemas ambientais encontrados em São Luís decorrem, em grande parte, da forma como o território vem sendo ocupado ao longo das últimas décadas, afetando diretamente matas, florestas, cursos d'água e solos.

O espaço urbano ludovicense atinge atualmente o ápice do número de habitantes e área construída. Suas principais características são: o avanço em direção ao município vizinho de São José de Ribamar, às áreas de Proteção Ambiental, às Zonas Rural e Industrial.

Podemos observar na tabela a seguir o crescimento populacional de São Luís nos períodos analisados até aqui. (SANTOS, 2010).

CENSOS	POPULAÇÃO RESIDENTE		
	Total	Urbana	Rural
1950	119.785	79.731	40.054
1960	158.292	137.820	20.472
1970	265.486	205.413	60.073
1980	449.432	404.252	45.625
1991	695.199	246.213	448.986
2000	870.028	837.584	32.444
2007	957.515	-----	-----

Figura 12: Tabela de Acréscimo Populacional em São Luís
Fonte: Censos Demográficos

Levando em consideração a tabela acima se pode afirmar que a população da cidade cresceu oito vezes em 57 anos, grande parte dessa expansão populacional ocorreu de forma não planejada, afetando sobremaneira, vastas áreas naturais.

Quanto aos problemas ambientais relativos ao solo, o principal impacto refere-se à vulnerabilidade à erosão. Esta, por sua vez, é o processo no qual há desprendimento e arraste de partículas causadas pela ação da água e do vento. Quando se fala em vulnerabilidade, é para referir-se à sensibilidade e predisposição do solo à erosão. Deve-se levar em consideração o tipo de clima e solo, a natureza litológica, os tipos de vegetação, e principalmente os “atributos do relevo, tais como: declividade, comprimento da rampa, amplitude altimétrica e grau de dissecação” (MARANHÃO, 1998).

Os processos erosivos que predominam em São Luís são de origem pluvial e da ação marinha sobre falésias nas áreas litorâneas. Estes processos geológicos ativos são agravados com a interferência humana. A retirada indiscriminada da cobertura vegetal é causada pelas atividades agrícolas, pela extração mineral e pelo avanço da expansão urbana. Como pode ser evidenciado em manchas que

umentam na direção do Parque Estadual do Bacanga e das Áreas de Proteção Ambiental do Maracanã e do Itapiracó. (SANTOS, 2010)

Contamos com uma grande variedade de cursos d'água de pequeno volume desembocando em áreas cobertas de mangue e inundáveis pela maré, onde, devido ao acelerado processo de urbanização descontrolada, esses cursos tendem a diminuir e muitos deles já sumiram.

A ilha possui 12 bacias hidrográficas das quais 11 fazem parte do território do município de São Luís. São elas, Anil, Bacanga, Tibiri, Itaqui, Cachorros, Estiva, Inhaúma, Paciência, Santo Antônio, Geniparana e Praias. As principais bacias hidrográficas do município são as do Anil (13.800m), Bacanga (9.300m) e Tibiri. (MAPA DA ILHA DE SÃO LUÍS – BACIAS HIDROGRÁFICAS).



Figura 13: Barragem do Bacanga e Rio Anil (respectivamente)

Fonte: ESPÍRITO SANTO, 2006

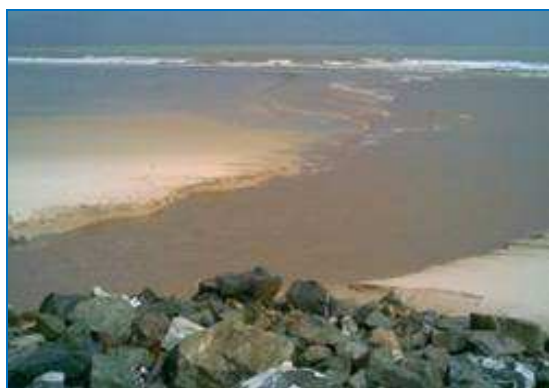


Figura 14: Foz do Rio Calhau

Fonte: ESPÍRITO SANTO, 2006



Figura 15: Rio dos Cachorros e Rio Paciência (respectivamente)

Fonte: ESPÍRITO SANTO, 2006

Apesar de estar situado fora da ilha, o rio Itapecuru é o maior da região para aproveitamento como manancial de abastecimento. Porém, de acordo com MARANHÃO (1998) a qualidade das águas desses rios já está prejudicada em muitos trechos, em função de projetos agropecuários implantados em seus vales que utilizam insumos tóxicos nas atividades agrícolas, além da poluição residuária doméstica do contingente populacional de sua bacia.

Mesmo diante da imensurável importância dos recursos naturais para a sobrevivência da humanidade, a exploração inadequada associada à ignorância e ao descaso generalizado tem levado a um acelerado processo de degradação ambiental que compromete o abastecimento de água da ilha de São Luís. Os corpos hídricos locais, principalmente os rios Anil e Bacanga, estão bastante comprometidos devido à compactação dos solos dos leitos dos rios, o desmatamento, a erosão, a poluição e a pesca predatória.

6 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES PARA SE PROJETAR ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA NA ILHA DE SÃO LUIS

Algumas diretrizes bioclimáticas aplicadas para o clima de São Luís do Maranhão, que pertence ao clima tropical-úmido, são comentadas a seguir, de acordo com a carta (diagrama) bioclimática de São Luís.

A carta abaixo, proposta por Givoni, como citado anteriormente, contém 9 zonas distintas e se trata de um diagrama psicrométrico, pois relaciona a temperatura do ar e a umidade relativa. De acordo com os dados climáticos levantados sobre São Luis, pode ser observada a zona a qual a cidade se enquadra.

A concentração de pontos na carta bioclimática de São Luis na zona 2 indica que os dados levantados sobre temperatura e umidade, nessa cidade, encontraram-se entre 20° e 32°C de temperatura e em torno de 80% de umidade no período levantado segundo LAMBERTS et al. (1997).

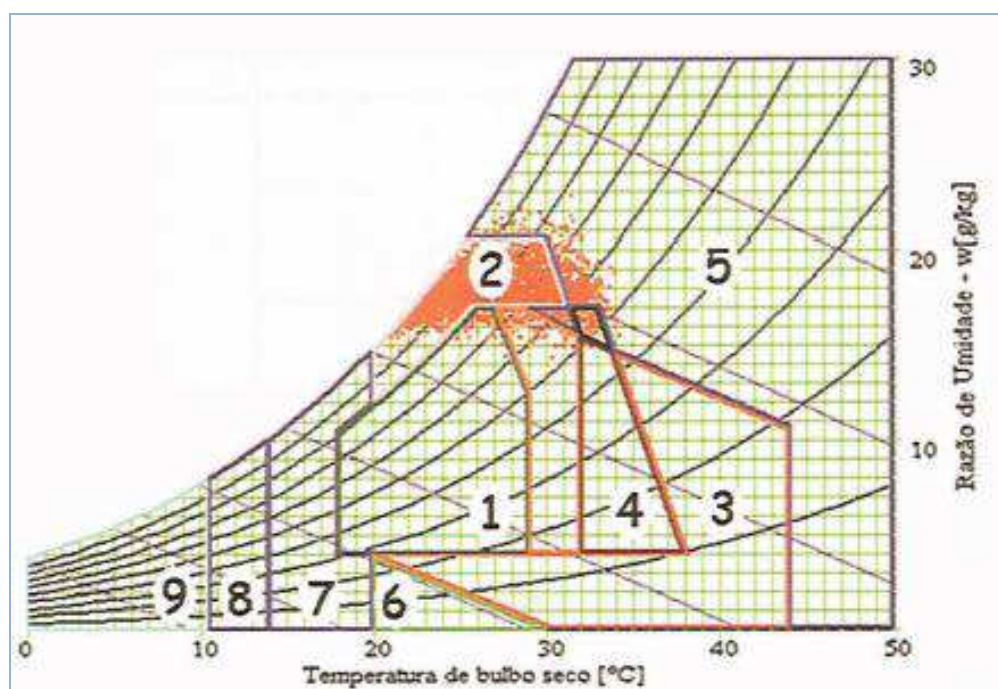


Figura 16 – Carta bioclimática para São Luís

Fonte: Roberto Lamberts et al. (1997).

De acordo com a interpretação desta carta bioclimática realizada por LAMBERTS et al. (1997) foi observado que apenas em 1,4% das horas do ano se tem sensação de conforto térmico em São Luis (pois a zona 1 apresentou um número mínimo de pontos). O desconforto causado pelo calor totaliza 98,5% das horas do ano. O frio é praticamente ausente em nossa cidade.

Assim, foram indicadas as seguintes estratégias de resfriamento:

- **VENTILAÇÃO** – 87,1% das horas do ano podem ser resolvidas por meio de ventilação natural;
- **AR-CONDICIONADO** - 10% das horas do ano podem ser resolvidas através do uso de ar condicionado (climatização artificial).

Conforto				1,4
Desconforto	Calor	V	82	98,5
		RE	0	
		MR	1,1	
		AR	10	
		U	0	
		V,MR	1,7	
		V,MR,RE	3,4	
		MR,RE	0,1	
	Frio	MA,AS	0	0
		AS	0	
	AA	0		

V	→	Ventilação
RE	→	Resfriamento Evaporativo
MR	→	Massa térmica para Resfriamento
AR	→	Ar Condicionado
U	→	Umidificação
V,MR	→	Ventilação/Massa Térmica para Resfriamento
V,MR,RE	→	Ventilação/Massa Térmica para Resfriamento/Resfriamento Evaporativo
MR,RE	→	Massa térmica para Resfriamento/Resfriamento Evaporativo
MA,AS	→	Massa térmica para Aquecimento/Aquecimento Solar
AS	→	Aquecimento Solar
AA	→	Aquecimento Artificial

Figura 17 – Estratégias bioclimáticas para São Luís (%)

Fonte: Lamberts et al. (1997)

Adaptação: Própria.

Figura 18 -Termos simplificados

Fonte: Lamberts et al. (1997)

Em resumo, pela carta bioclimática obtida por LAMBERTS et al (1997), isto é, por meio de dados levantados pelos autores naquela ocasião, as estratégias recomendadas para a região de São Luis envolvem, principalmente, a utilização de recursos de VENTILAÇÃO NATURAL (87,2%) e, em segundo plano, recursos de CLIMATIZAÇÃO ARTIFICIAL (10%), com o uso de ar condicionado.

6.1 Análise da Estratégia de Ventilação Recomendada e Diretrizes Bioclimáticas para São Luís

Já que a VENTILAÇÃO é o principal requisito para que o corpo perca calor, em função da alta umidade - como é o caso recomendado para a região de São Luís, neste trabalho, serão propostos alguns estudos que possam viabilizar esta estratégia. Desta forma, o presente trabalho propõe a análise de alguns condicionantes específicos da região de São Luís para a correta utilização da estratégia bioclimática de ventilação.

6.1.1 Proposta de Análise para Estratégia de Ventilação Natural

Para garantir ventilação natural em edificações residenciais de clima quente-úmido, é necessário que o arquiteto utilize recursos de projeto já bastante difundidos, como:

I - proporcionar a disposição de ambientes de longa permanência para a direção dos ventos dominantes, neste caso, a Nordeste;

II- prever grandes aberturas no nível do usuário para incrementar o movimento do ar (ventilação) retirando a umidade no ambiente interno e aumentando sensação de conforto;

III – prever ventilação cruzada dentro dos ambientes para a circulação do vento, utilizando zonas de alta e baixa pressão de vento para posicionar as entradas e saídas de ar;

IV – projetar esquadrias capazes de captar a ventilação sem obstruções;

V – projetar elementos arquitetônicos (nas fachadas, coberturas ou no entorno da edificação) capazes de canalizar, desviar ou direcionar o vento para que circulem por dentro dos ambientes.

Entretanto, para a utilização desses recursos de projeto também devem ser considerados que:

I – os ambientes e suas aberturas para ventilação devem ser protegidos do sol para diminuir a temperatura interna e melhorar a sensação de conforto;

II - a quantidade de sol deve ser suficiente para evitar a absorção de umidade sem, no entanto, causar desconforto;

III – as aberturas devem garantir estanqueidade do ar quando da utilização de climatização artificial, evitando que o ar refrigerado saia:

IV - as aberturas também devem ser protegidas das chuvas, com rápido escoamento das águas.

Assim, os principais condicionantes a serem verificados são: disposição dos ambientes e aberturas,

I – Disposição dos ambientes e das aberturas

Segundo BITTENCOURT (1988) a carta solar adotada para a região de São Luís é apresentada na Figura abaixo.

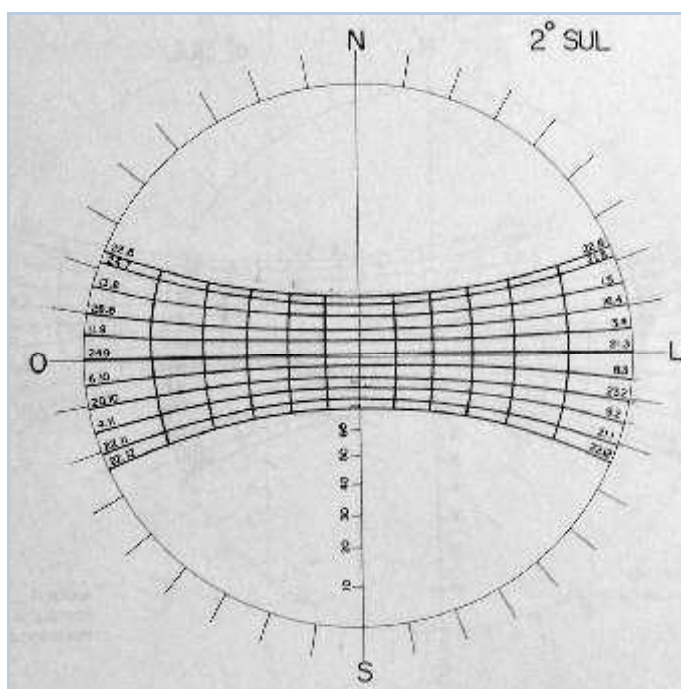


Figura 19 – Carta Solar Latitude 2° Sul, adotada para a região de São Luis
 Fonte: Bittencourt (1988)

De acordo com a leitura desta carta podemos fazer algumas interpretações importantes que devem fazer parte de um projeto de arquitetura bioclimática para a região de São Luis. A carta solar pode ser utilizada como ferramenta auxiliar na escolha da melhor orientação para as construções e para analisar como será a incidência solar que cada fachada receberá ao longo do ano (verão, outono/primavera e inverno).

→ **Verão**

Como citado anteriormente, no item 5.2.1, o nosso verão é chuvoso (dezembro) e nessa época as orientações que recebem maior incidência solar são a Sudeste (SE) por volta das 9h da manhã e a Sudoeste (SO) por volta das 15h.

Assim, temos que proteger as aberturas que possam existir nas fachadas com estas orientações, e a carta solar pode nos dar exatamente a dimensão desta proteção, de acordo com as angulações obtidas.

Para analisarmos cada período (matutino e vespertino) referente às orientações mais castigadas pela incidência solar, elaboramos dois esquemas de estudos com a Carta Solar para São Luis: um com a fachada voltada para o SE (período da manhã) e o outro para o SO (período da tarde).

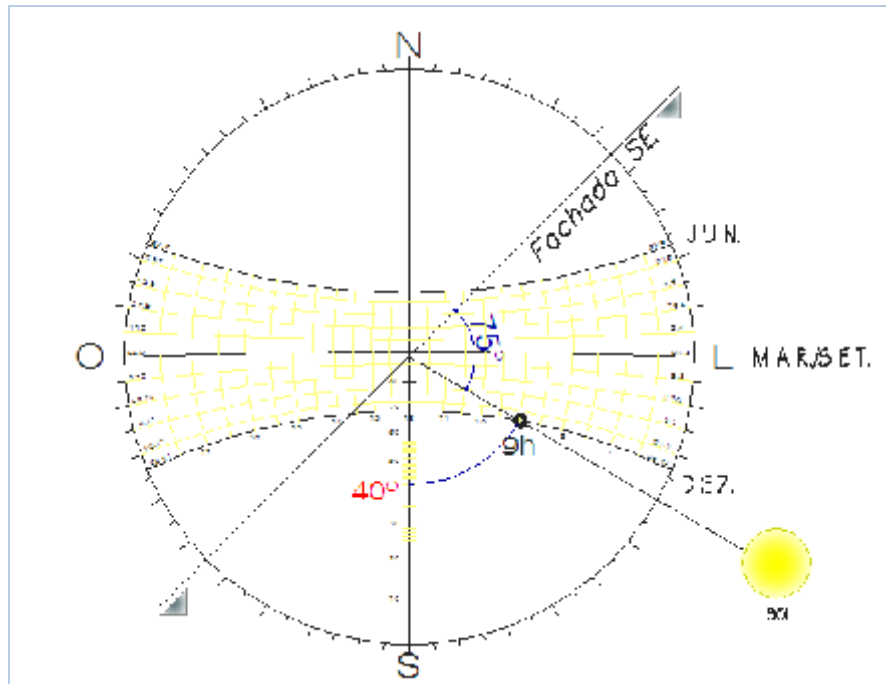


Figura 20 – Estudo da insolação de fachadas voltadas para o SE na região de São Luis

Fonte: Própria

Pelo gráfico da carta solar a fachada Sudeste (SE) recebe sol durante todo o período da manhã e início da tarde (das 6h às 13:30h) na época do Verão (dezembro). Também podemos observar que às 9h da manhã (período de maior incidência de radiação, como citado no item 5.2.1) o Sol está a uma altura de 40° com o plano horizontal e praticamente de frente para esta fachada (a 75° em planta baixa).

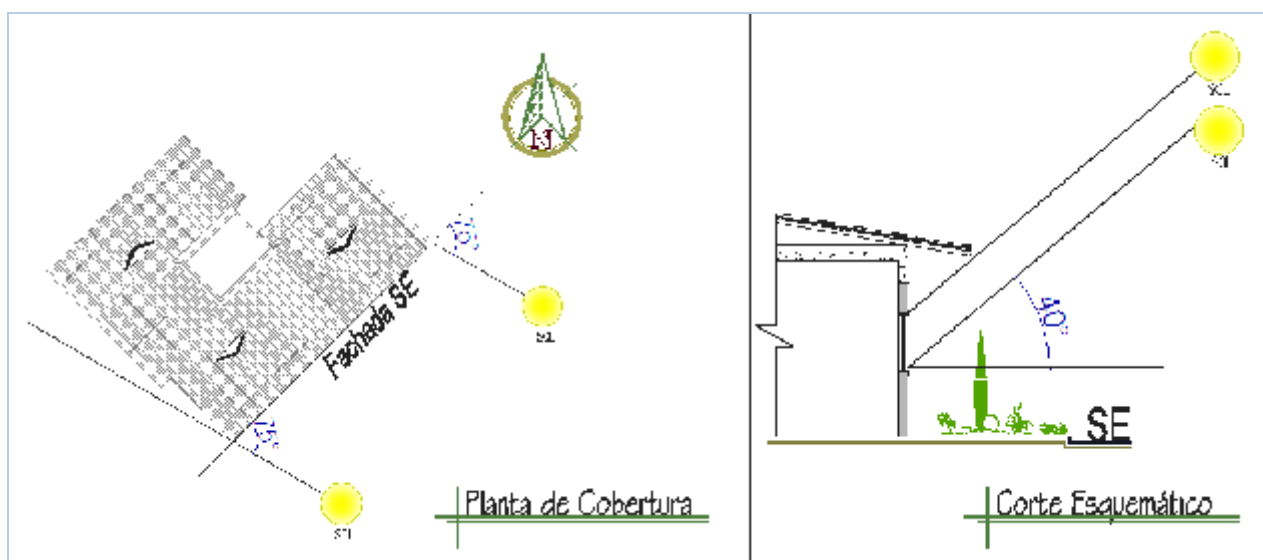


Figura 21 – Esquema de edificação em planta de cobertura e em corte com os ângulos de insolação na fachada voltada para o SE na região de São Luis às 9h da manhã do solstício de verão

Fonte: Própria

Ainda com relação a esta fachada SE, podemos perceber que nos meses de março e setembro (equinócios) ela recebe sol no período da manhã (das 6h às 12h). E, no mês de junho (solstício de inverno), recebe radiação solar apenas até as 10h da manhã.

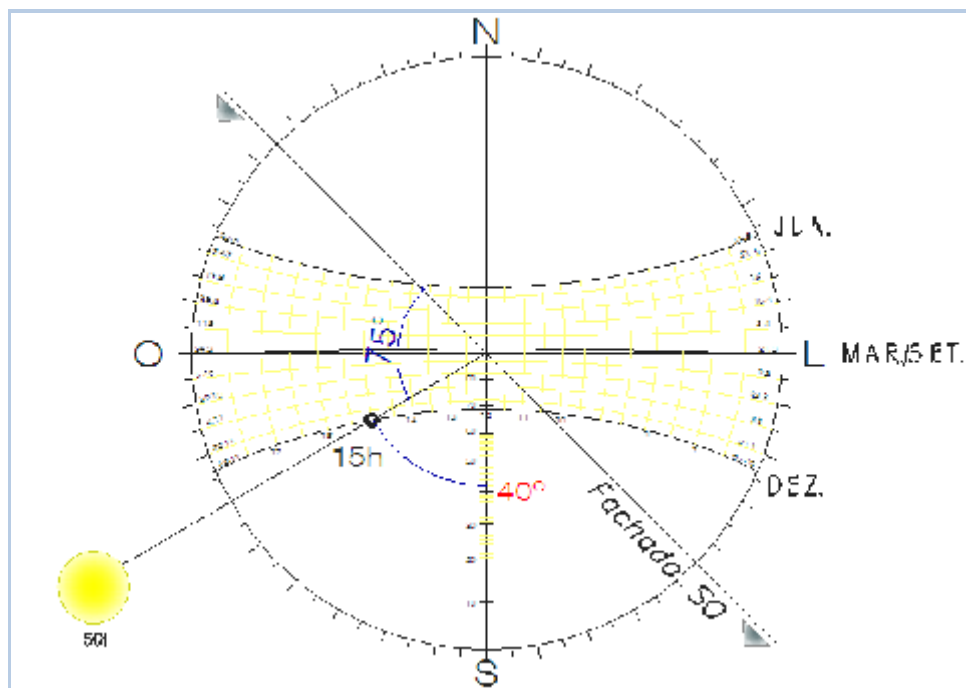


Figura 22 – Estudo da insolação de fachadas voltadas para o SO na região de São Luis

Fonte: Própria

Pelo gráfico da carta solar a fachada Sudeste (SO) recebe sol durante fim da manhã e todo o período da tarde (desde as 10:30h da manhã às 18:00h) na época do verão (dezembro). Também podemos observar que às 15h (período de maior incidência de radiação, como citado no item 5.2.1) o Sol está a uma altura de 40° com o plano horizontal e praticamente de frente para esta fachada (a 75° em planta baixa).

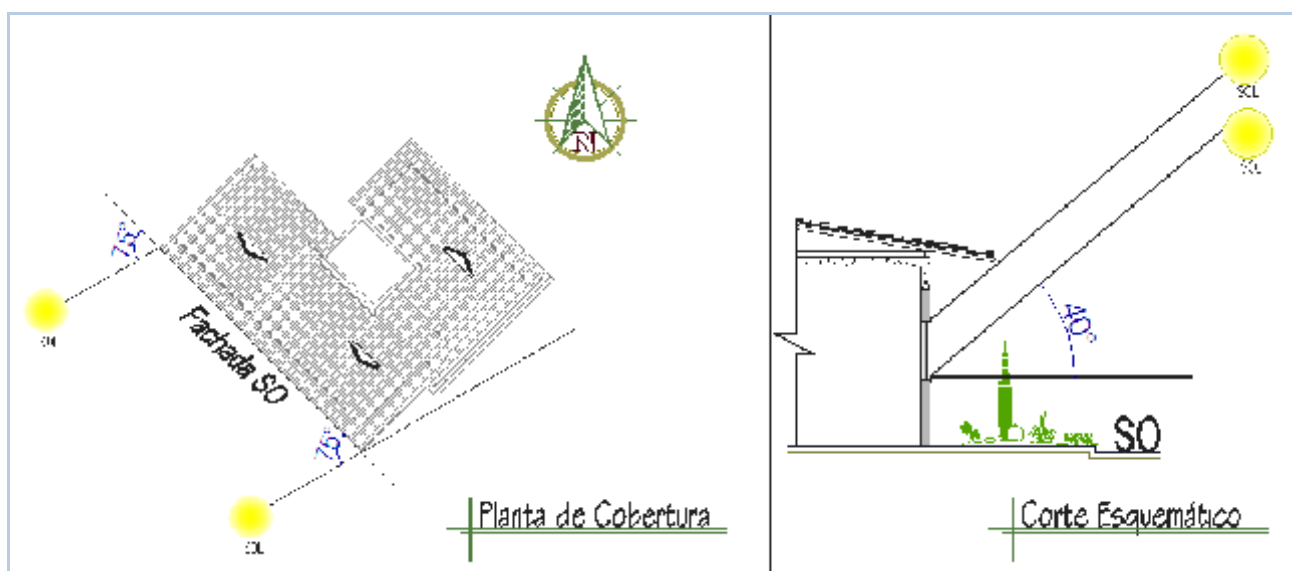


Figura 23 – Esquema de edificação em planta de cobertura e em corte com os ângulos de insolação na fachada voltada para o SO na região de São Luis às 15h do solstício de verão

Fonte: Própria

Ainda com relação a esta fachada SO, podemos perceber que nos meses de março e setembro (equinócios) ela recebe sol no período da tarde (das 12h às 18h). E, no mês de junho (solstício de inverno), recebe radiação solar apenas a partir das 14h até as 18h.

→ Primavera e Outono

Durante os equinócios (março e setembro), que são períodos de maior incidência solar na região de São Luis, as orientações que recebem maior incidência de radiação solar são a Leste (L), por volta das 8h da manhã e a Oeste (O), por volta das 16h, como citado no item 5.2.1. Nesses horários, o ângulo de altura solar obtido pela carta é de 30° e o azimute coincide com o ângulo que o sol faz com as fachadas em planta baixa (90°), tanto na fachada Leste (durante todo o período da manhã) quanto na fachada Oeste (durante todo o período da tarde), causando maior desconforto.

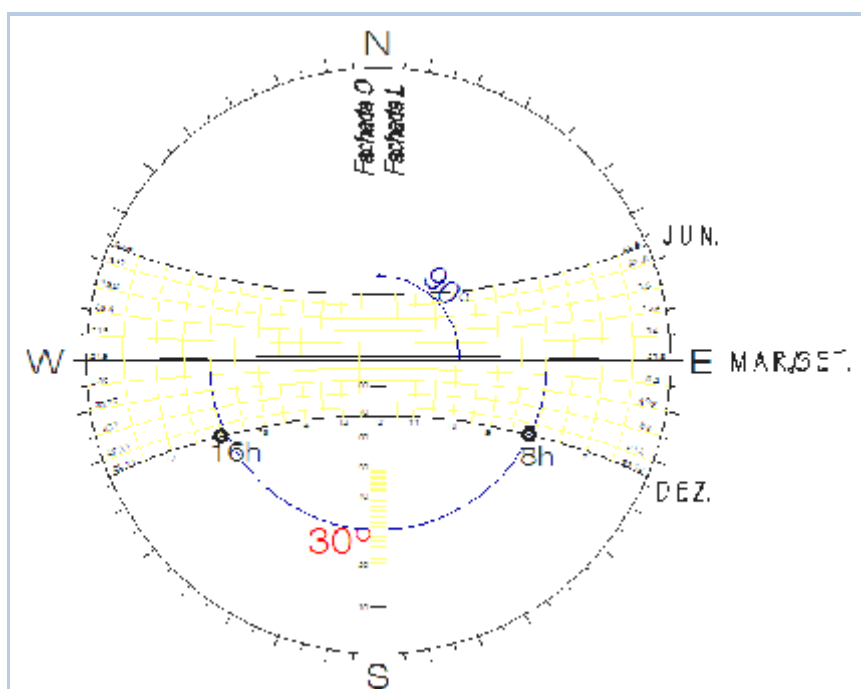


Figura 24 – Estudo da insolação de fachadas voltadas para o Leste e Oeste na região de São Luis

Fonte: Própria

Pelo gráfico da carta solar a fachada Oeste (O) recebe sol durante todo o período da tarde da tarde (das 12h às 18:00h) em todas as épocas do ano verão (dezembro), primavera/outono (setembro/março) e inverno (junho). E, a fachada Leste (L) recebe sol durante todo o período da manhã (das 6h às 12h) também em todas as épocas do ano.

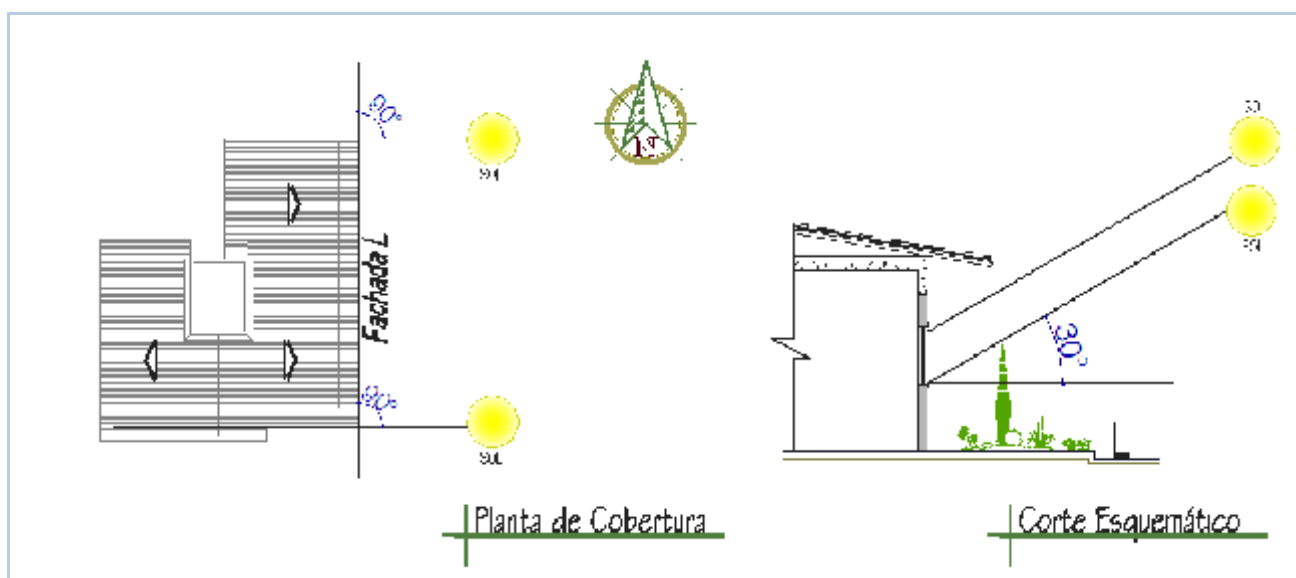
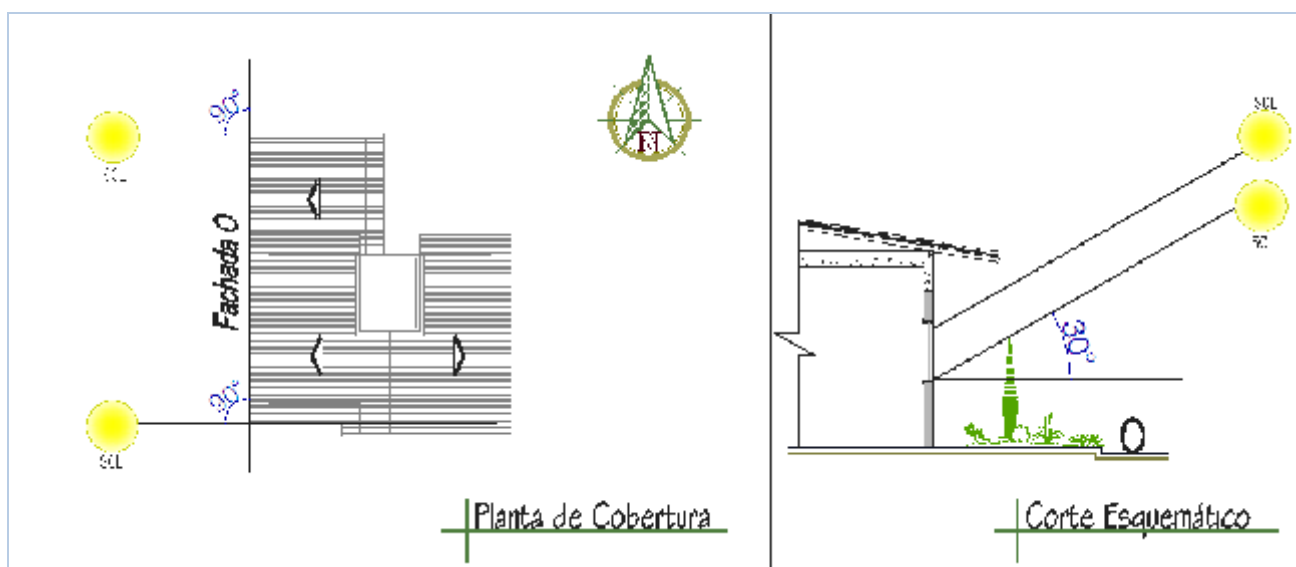


Figura 25 – Esquema de edificação em planta de cobertura e em corte com os ângulos de insolação na fachada voltada para o Leste e Oeste na região de São Luis às 8h e às 16h dos equinócios de primavera e outono

Fonte: Própria

→ Inverno

Como citado anteriormente, no item 5.2.1, na época do inverno as orientações que recebem maior incidência de sol são a Nordeste (NE) por volta das 9h da manhã e a Noroeste (NO) por volta das 15h.

Assim, temos prever proteção para as aberturas que devem existir nas fachadas com estas orientações, principalmente porque, a orientação a Nordeste é a mais indicada para a VENTILAÇÃO na região de São Luis.

Para analisarmos cada período (matutino e vespertino) referente às orientações mais castigadas pela incidência de sol, apresentamos também mais dois estudos com a Carta Solar para São Luis: um como a fachada voltada para o NE (período da manhã) e a outra para o NO (período da tarde).

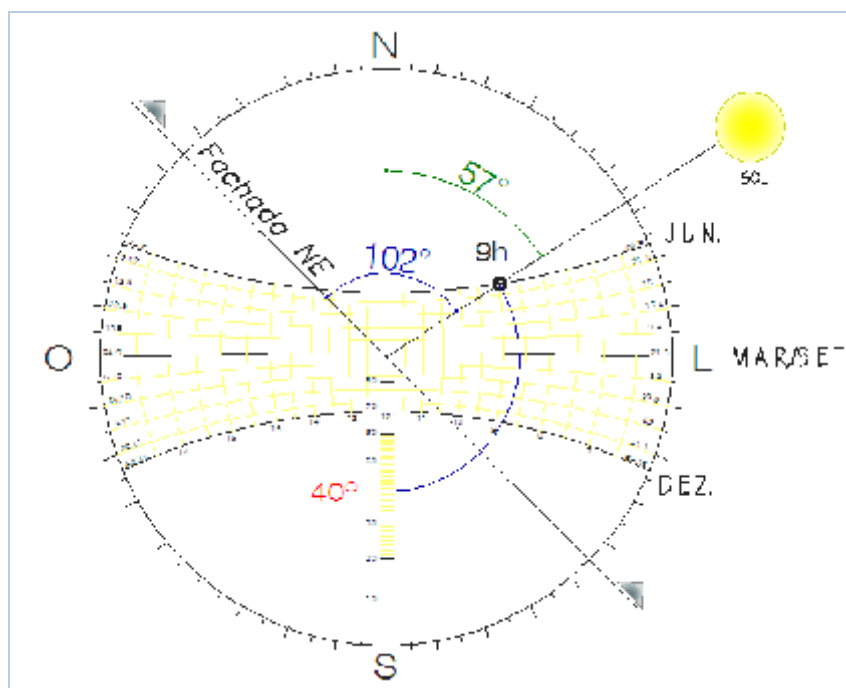


Figura 26 – Estudo da insolação de fachadas voltadas para o NE na região de São Luis

Fonte: Própria

Pelo gráfico da carta solar a fachada Nordeste (NE) recebe sol durante o início da manhã até o meio da manhã (das 6h às 10:30h) na época do verão (dezembro). Observamos que às 9h (horário de maior incidência de radiação nesse

período, como citado no item 5.2.1) o Sol está a uma altura de 40° com o plano horizontal e praticamente de frente para esta fachada (a 102° em planta baixa). Também podemos notar que nesse horário o azimute é 57° .

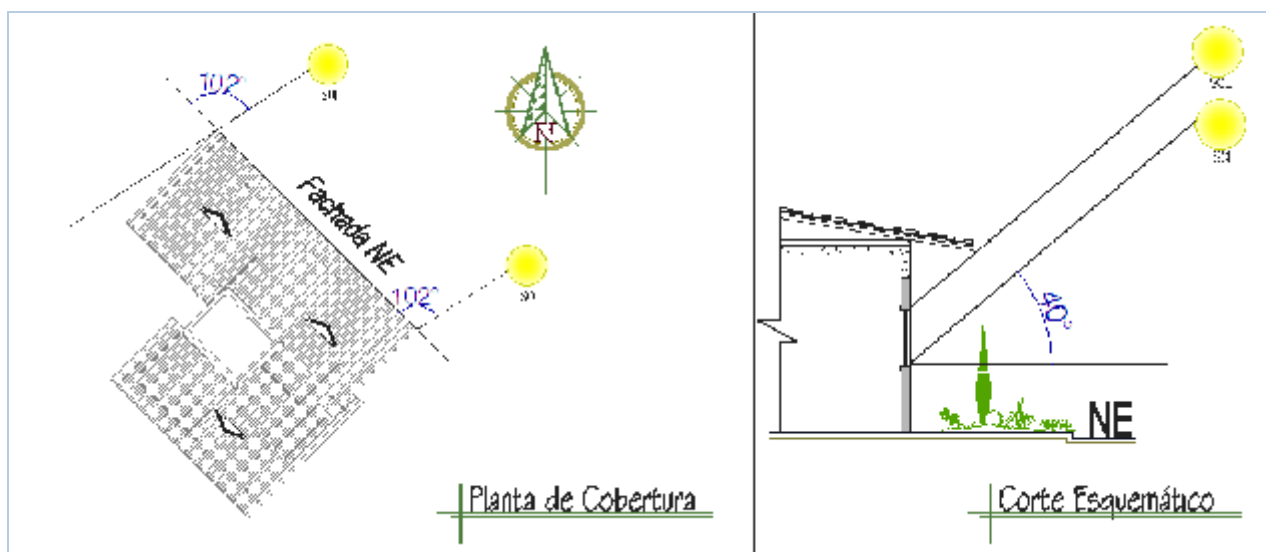


Figura 27 – Esquema de edificação em planta de cobertura e em corte com os ângulos de insolação na fachada voltada para o NE na região de São Luis às 9h do solstício de verão

Fonte: Própria

Ainda com relação a esta fachada NE, podemos perceber que nos meses de março e setembro (equinócios) ela recebe sol no período da manhã (das 6h às 12h). E, no mês de junho (solstício de inverno), recebe radiação solar das 6h às 13:30h.

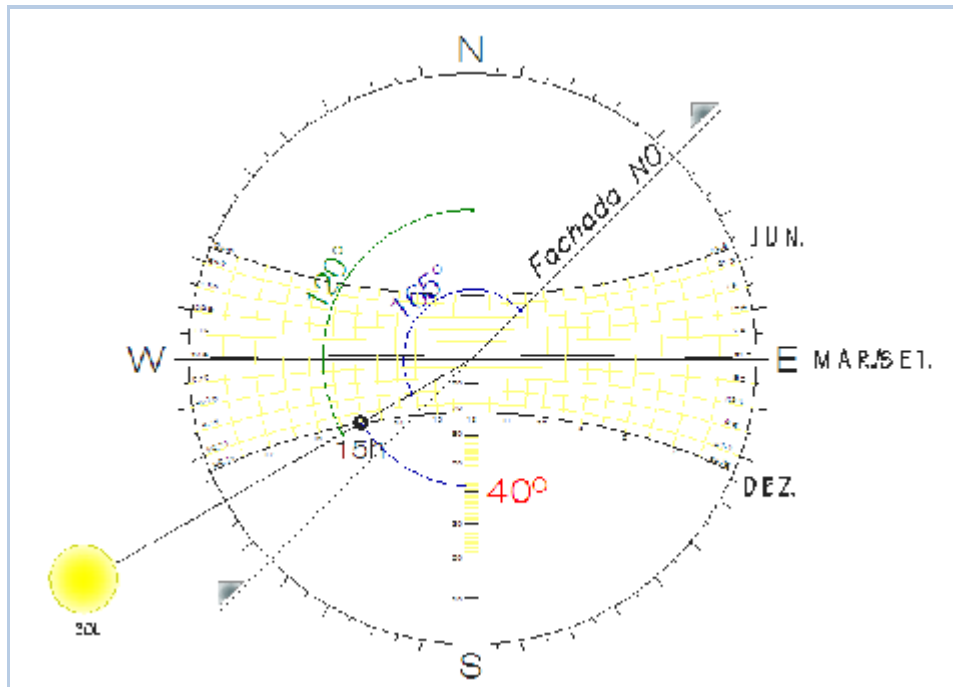
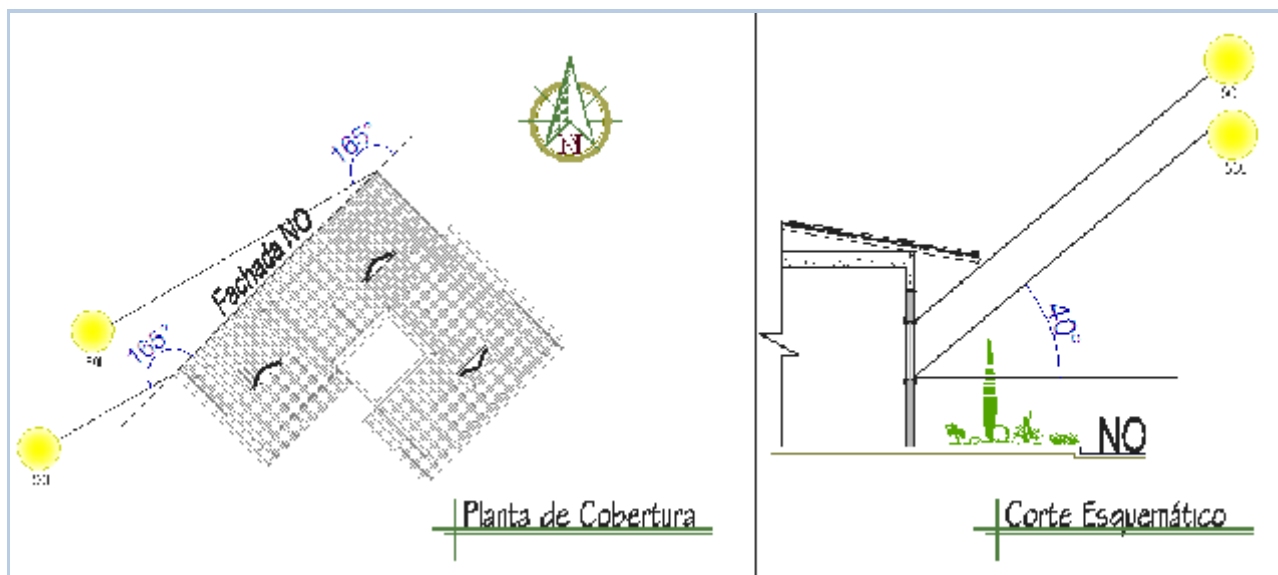


Figura 28 – Estudo da insolação de fachadas voltadas para o NO na região de São Luis

Fonte: Própria

Pelo gráfico da carta solar a fachada Noroeste (NO) recebe sol a partir de 13:30h até o fim da tarde na época do verão (dezembro). Também podemos observar que às 15h (período de maior incidência de radiação, como citado no item 5.2.1) o Sol está a uma altura de 40° com o plano horizontal e em planta baixa, ele aparece a 165° com a fachada, ou seja, sua incidência não direta.



29 – Esquema de edificação em planta de cobertura e em corte com os ângulos de insolação na fachada voltada para o NO na região de São Luis às 15h do solstício de verão

Fonte: Própria

Ainda com relação a esta fachada NO, podemos perceber que nos meses de março e setembro (equinócios) ela recebe sol no período da tarde (das 12h às 18h). E, no mês de junho (solstício de inverno), recebe radiação solar a partir das 10:30h.

Após a demonstração dos gráficos simulando algumas orientações de fachada (basicamente sempre nos mesmos horários), é conveniente apresentar uma breve análise sobre as mudanças de ângulos referentes à altura solar em 3 horários diferentes. Desta forma se pode perceber nitidamente a variação dessas alturas nas mesmas datas (meses).

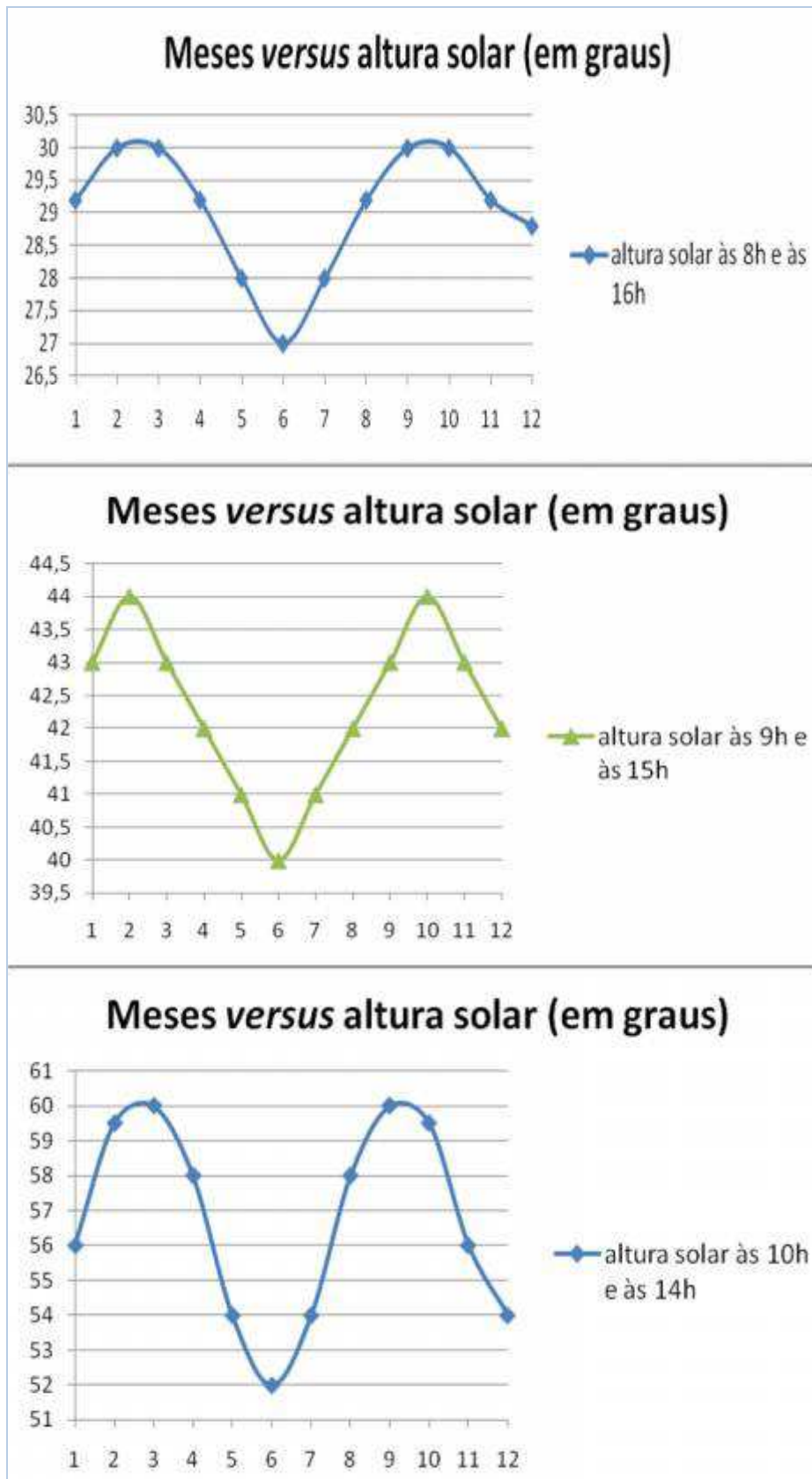


Figura 30 – Variação da Altura Solar nos horários de 8h, 9h e 10h da manhã e 2h,3h e 4h da tarde em São Luis

Fonte: Própria

Com este estudo podemos verificar que a edificação quando orientada corretamente, poderá ter a redução da forte incidência de radiação solar durante as horas quentes. É desejável a orientação norte/sul para as fachadas maiores; e para as fachadas sentido leste/oeste o uso da vegetação abundante é uma proteção eficiente que reduz a exposição ao sol.

As aberturas devem ser voltadas para o Nordeste, direção dos ventos dominantes em nossa região. Entretanto, quando a edificação estiver localizada próxima do mar, a direção dos ventos deve ser analisada em específico, pois nessas regiões ela é alterada entre os dias e as noites.

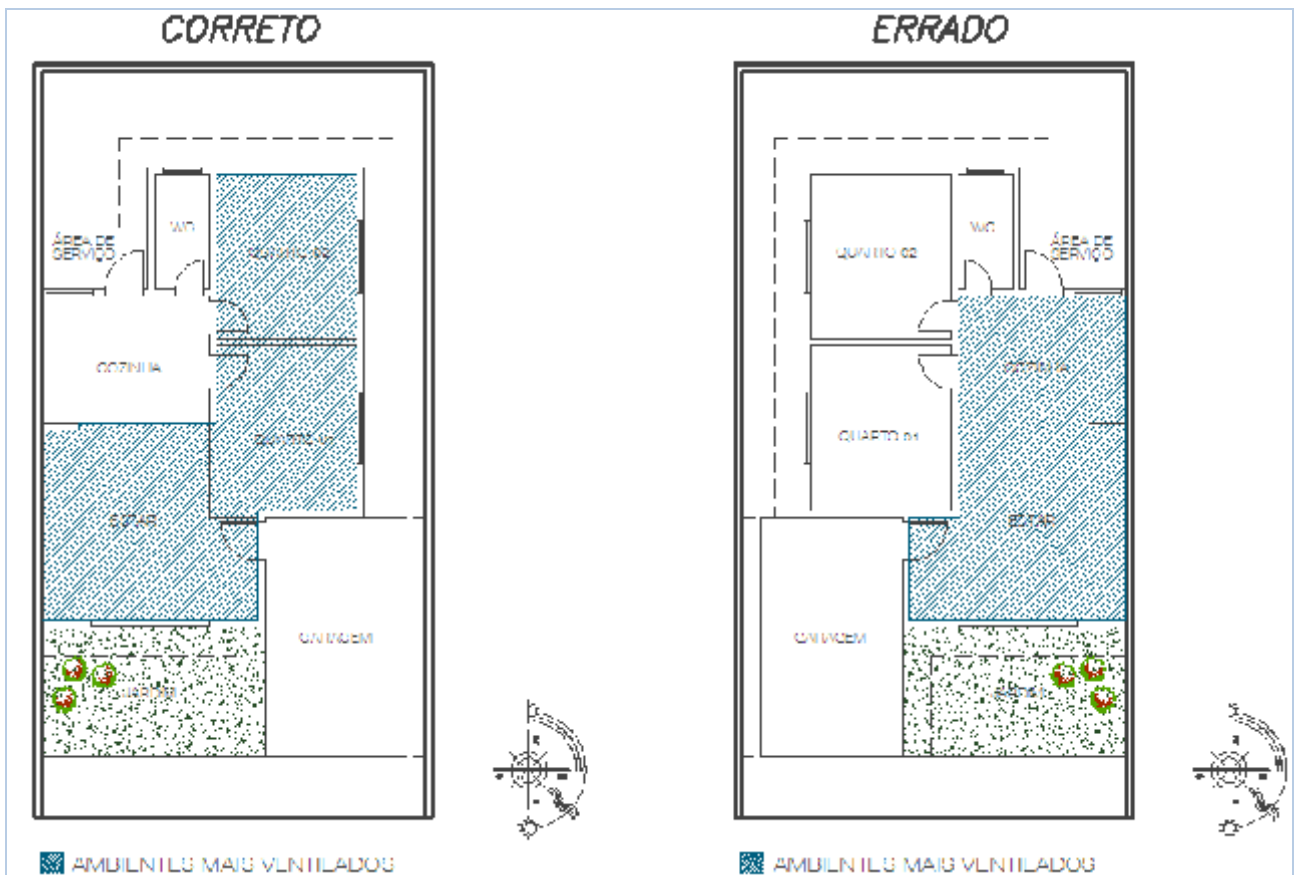


Figura 31: Esquema da orientação da edificação

Fonte: Própria.

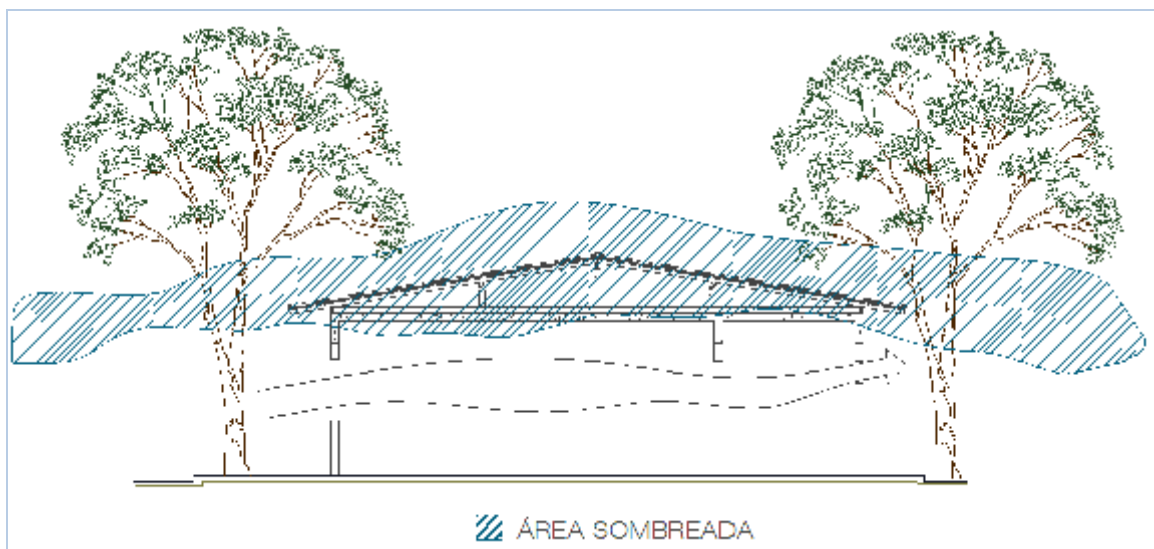


Figura 32: Esquema de sombreamento natural

Fonte:Própria.

2 – Tamanho e tipo de esquadrias

- O tamanho das esquadrias segundo AGUIAR (1999), em um estudo sobre o controle climático em São Luis através do Método de Mahoney, devem ter uma área de 40 a 80% (da área da superfície da parede exposta ao vento) nas fachadas norte e sul, devendo ser localizadas à altura do usuário para que o vento o atinja;
- As esquadrias em madeira permitem ventilação de forma que venezianas sejam móveis e com vedação contra água. As esquadrias de vidro garantem total transparência e iluminação natural, entretanto devem ser utilizadas com cuidado para que não causem desconforto devido ao excesso de radiação solar. Ambas podem ser de abrir, correr, pivotantes horizontais e verticais, e fixas com venezianas.



Figura 33: Esquadrias em madeira, vidro e venezianas

Fonte:Própria.

- O sombreamento das esquadrias no sentido de evitar ganhos térmicos indesejáveis é indispensável para esta região;

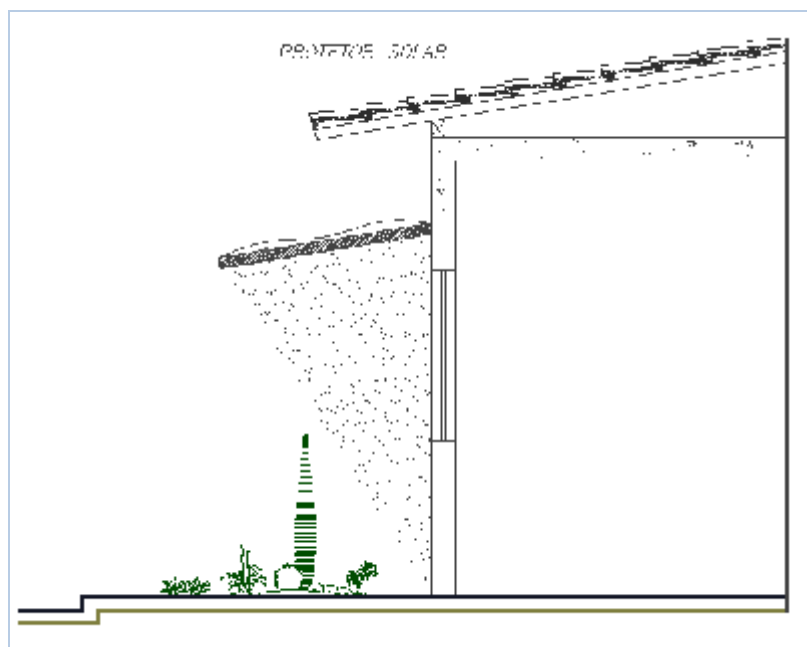


Figura 34: Protetor Solar

Fonte: Própria

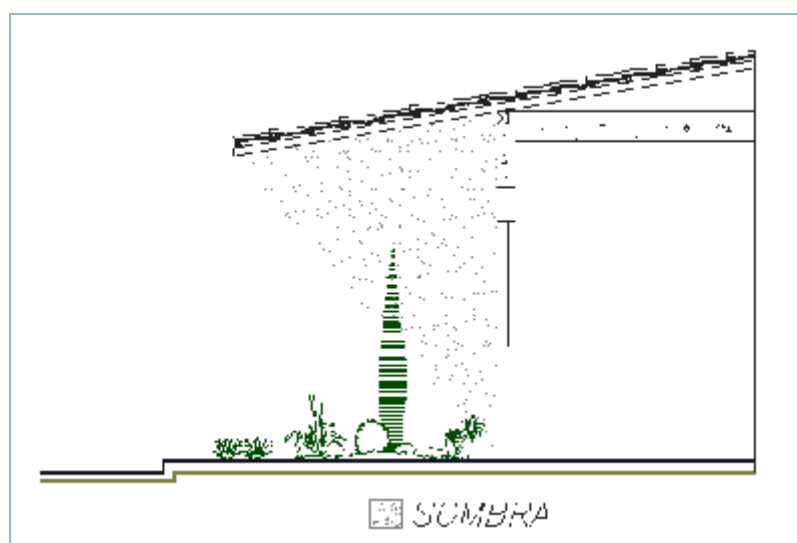


Figura 35: Prolongamento de beiral

Fonte: Própria.

6.2 Outras Recomendações

De acordo com a avaliação do perfil climático levantado e das respostas obtidas com a carta bioclimática, outras recomendações gerais podem ser indicadas para a região de São Luis.

- **O Telhado Verde:** Proporciona várias qualidades: Conforto acústico, diminuição da intensidade solar, drenagem da água nos períodos chuvosos, garantia de uma bela estética, pode servir de cultivo de vegetais, melhora a qualidade urbana, entre outros.

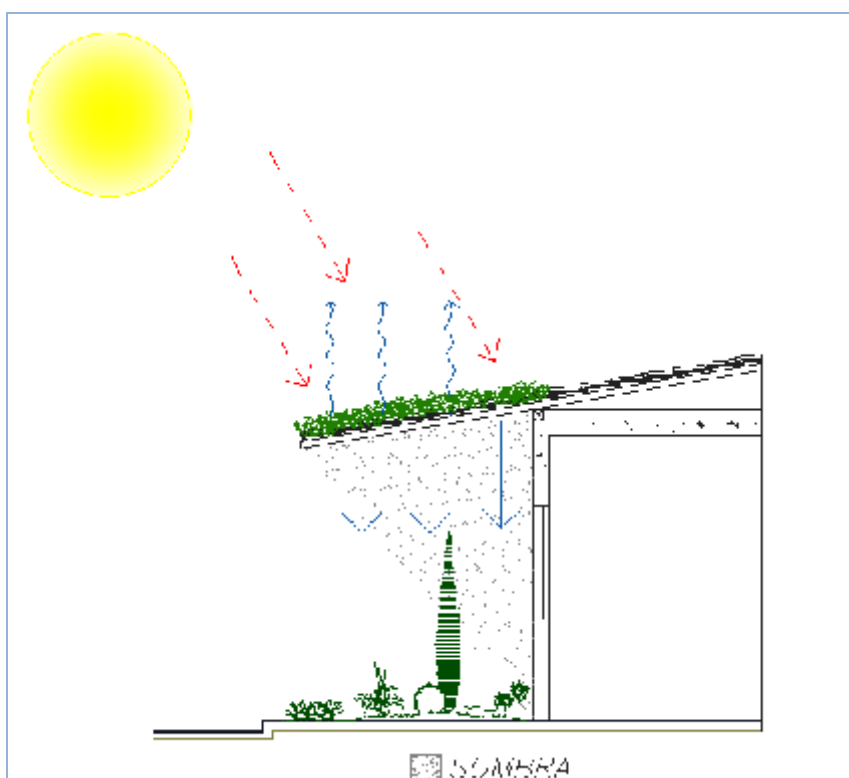


Figura 36: Uso da vegetação no prolongamento do beiral

Fonte: Própria

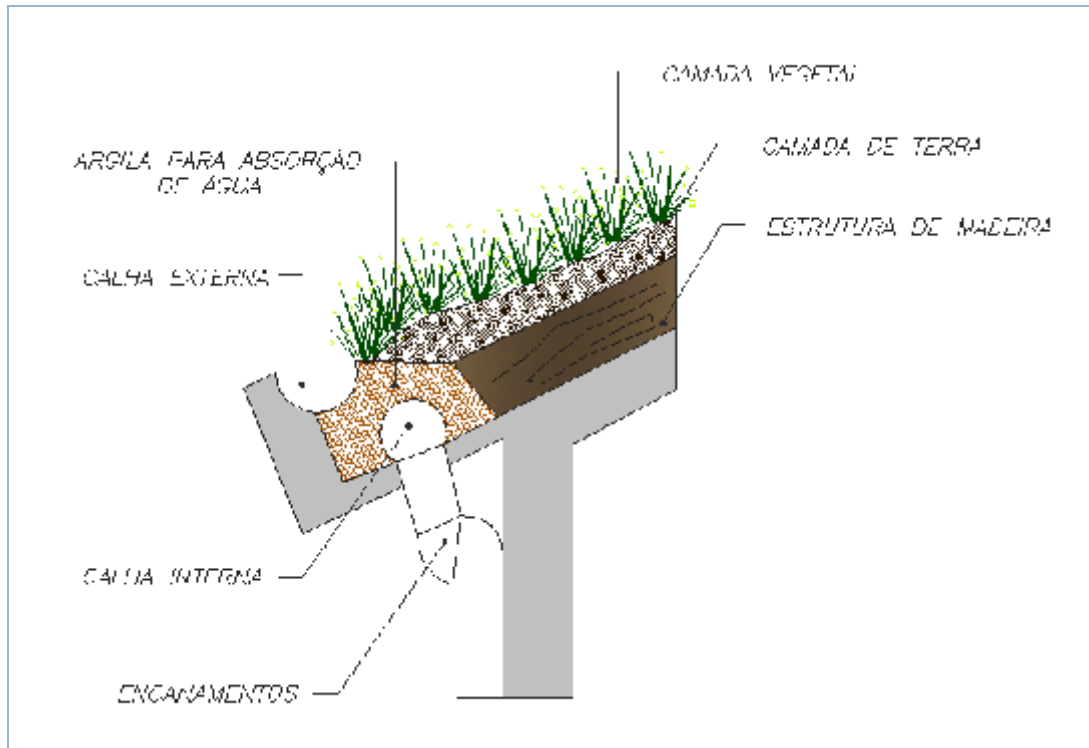


Figura 37: Detalhe do telhado verde

Fonte: Própria

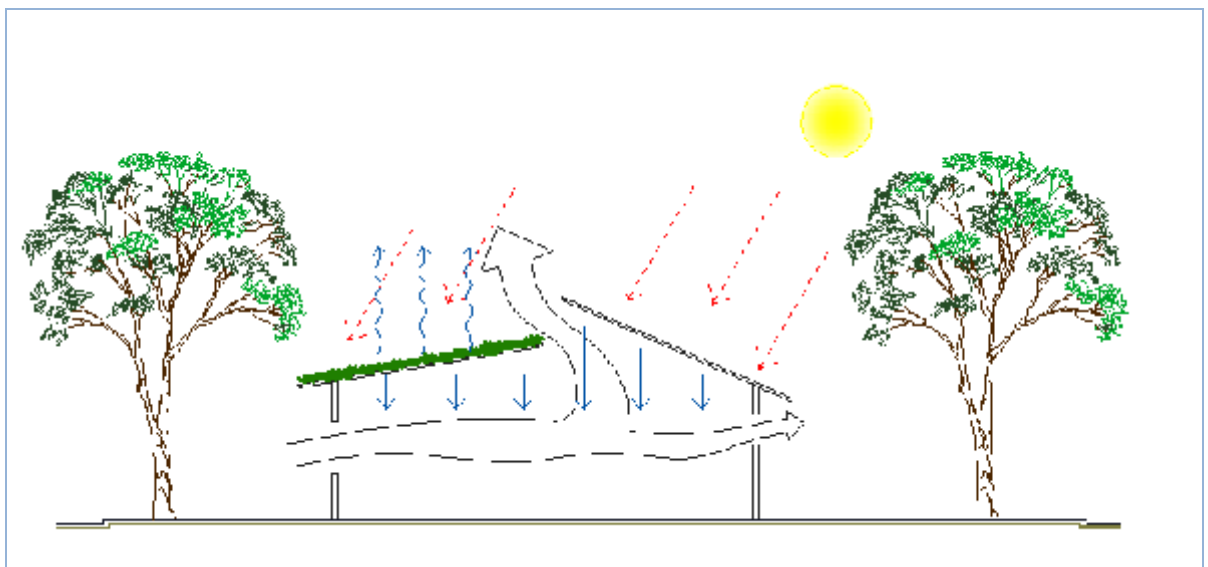


Figura 38: Radiação e Isolamento

Fonte: Própria.

- Estas imagens mostram uma montagem feita pelos arquitetos Fernando Forte e Rodrigo Marcondes Ferraz, de como ficaria São Paulo, se os edifícios adotassem os telhados verdes ou ecológicos.



Figura 39: Centro de São Paulo

Fonte: <http://amacedofilho.blogspot.com/2010/07/telhados-verdes-e-jardins-verticais.html>

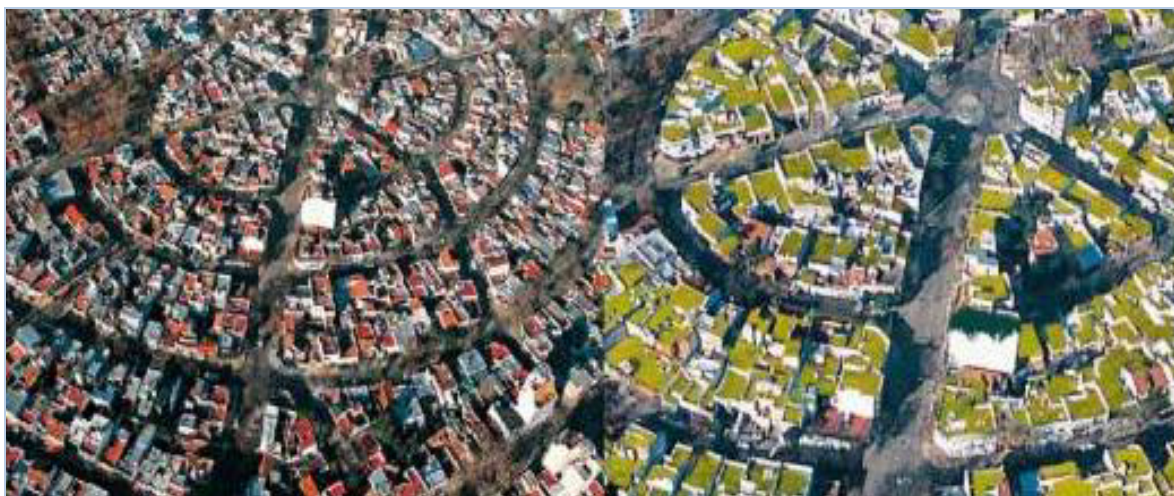


Figura 40: Buenos Aires

Fonte: <http://www.revistasustentabilidade.com.br/noticias/muito-alem-da-beleza-de-um-jardim>



Figura 41: Nova York

Fonte: <http://www1.folha.uol.com.br/folha/especial/2007/morar4/rf3108200709.shtml>

- **Brises**

Os brises de soleil como são chamados, podem ser utilizados tanto internamente (persianas) como externamente, além de atribuírem uma estética diferenciada no edifício, eles também são uma maneira de controlar a radiação solar.

- Brises verticais: Indicados para orientação sentido leste/oeste impedem a radiação solar através do ângulo do azimute.

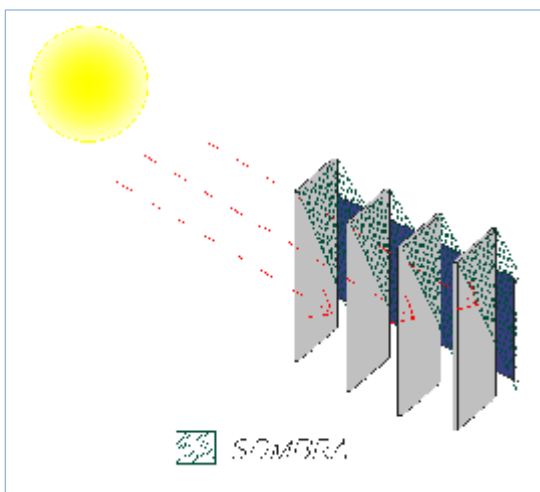


Figura 42: Brises verticais

Fonte: Própria e <http://www.arq.ufsc.br/arq/brises/tipos.htm>

- Brises horizontais: Impedem a radiação solar através da abertura do ângulo de altitude.

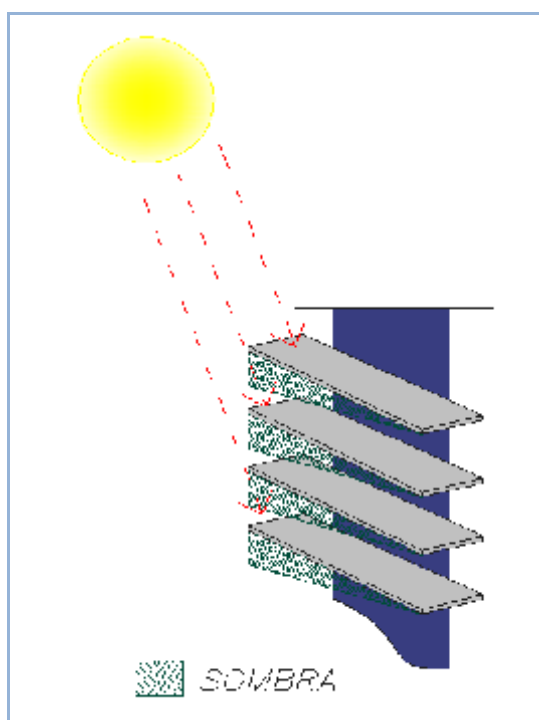


Figura 43: Brises horizontais

Fonte: Própria e <http://www.arq.ufsc.br/arq/brises/tipos.htm>

- Brises móveis: Permitem o ajuste ao longo da trajetória solar, e assim como os anteriores, podem ser colocados apenas nas janelas que necessitam de maior proteção, tornando a solução mais econômica.

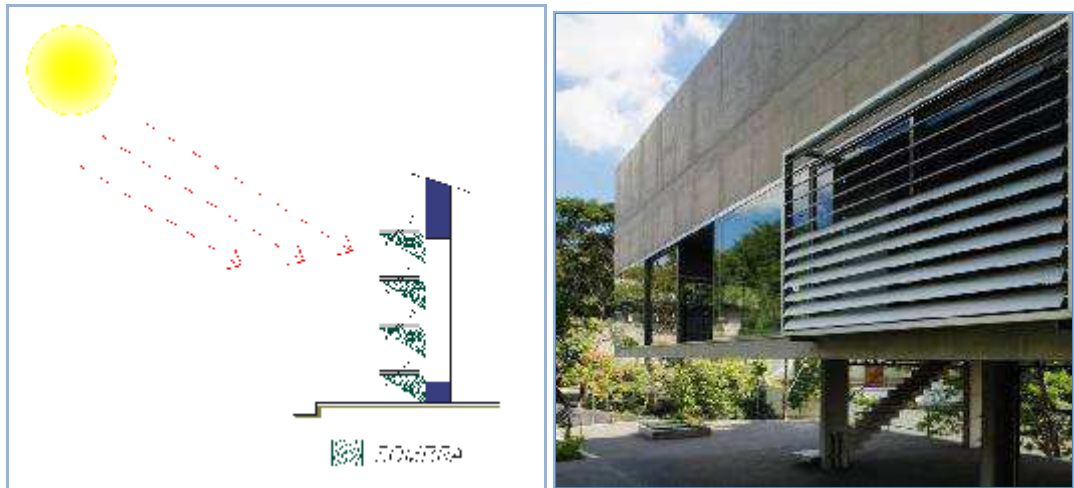


Figura 44: Brises móveis

Fonte: Própria e <http://www.arq.ufsc.br/arq/brises/tipos.htm>

- Brises mistos: A partir desses tipos básicos de brises citados anteriormente, podemos obter qualquer tipo de brise com diferentes combinações de brise horizontal e vertical, que são os brises mistos. Esses podem variar em tipo “colméia” e tipo “grelha”.



Figura 45: Brises mistos

Fonte: <http://confortoamb.blogspot.com/2009/04/tipos-de-brises.html>

- **Muxarabis**

São treliças em ripas de madeira que servem para suavizar a claridade, além de dar um efeito estético bem diferenciado e bonito na edificação.



Figura 46: Muxarabis

Fonte: <http://revistacasaejardim.globo.com>

- **Elementos Vazados**

Se antes eles eram só em concreto e cerâmica com poucas formas, hoje com as inovações, os elementos vazados tem diversos modelos e cores. Eles são uma estratégia bastante eficiente chegando a filtrar de 20% a 30% da radiação solar além de ser uma solução mais econômica em relação a alguns materiais.

- Elementos vazados de concreto

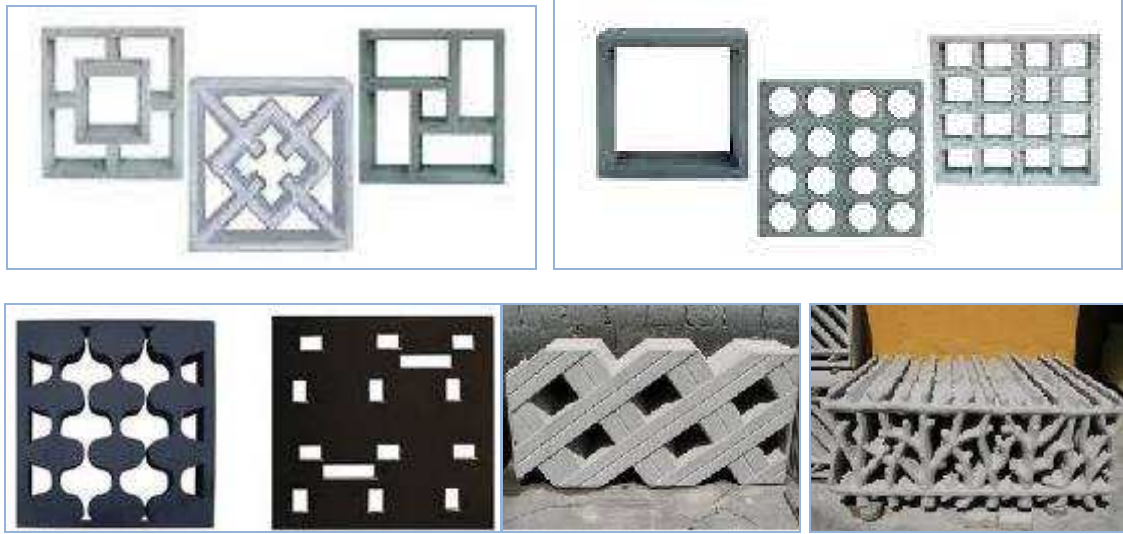


Figura 47: Elementos vazados de concreto

Fonte: www.fkcomercio.com.br

- Elementos vazados de cerâmica

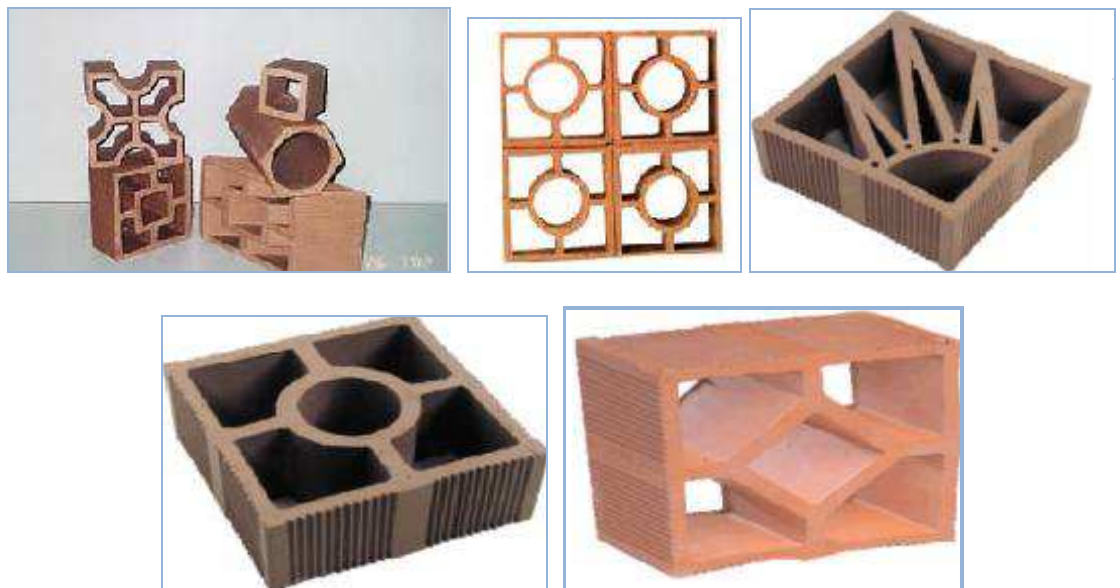


Figura 48: Elementos vazados de cerâmica

Fonte: <http://www.gruposantoandre.com.br/produtos>

- Elementos vazados de cerâmica esmaltada

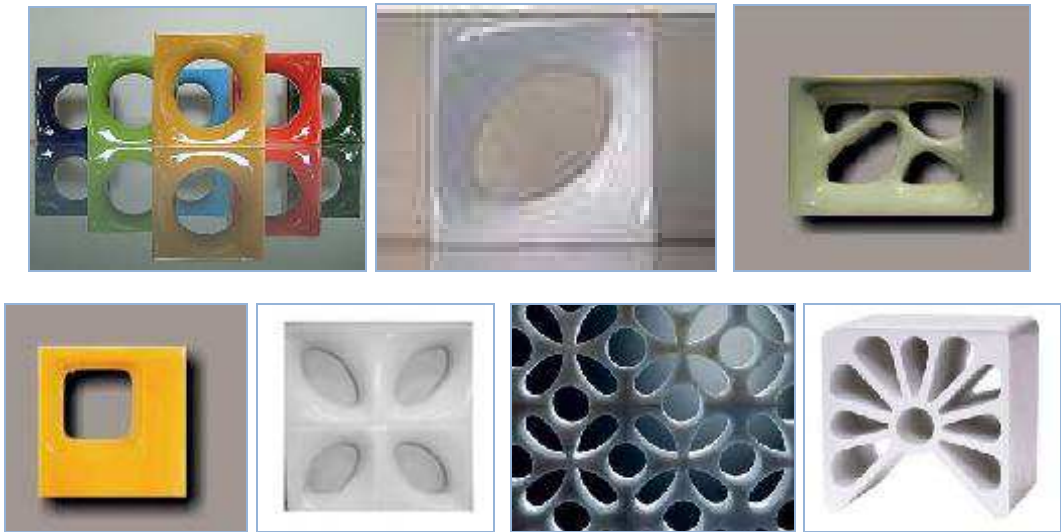
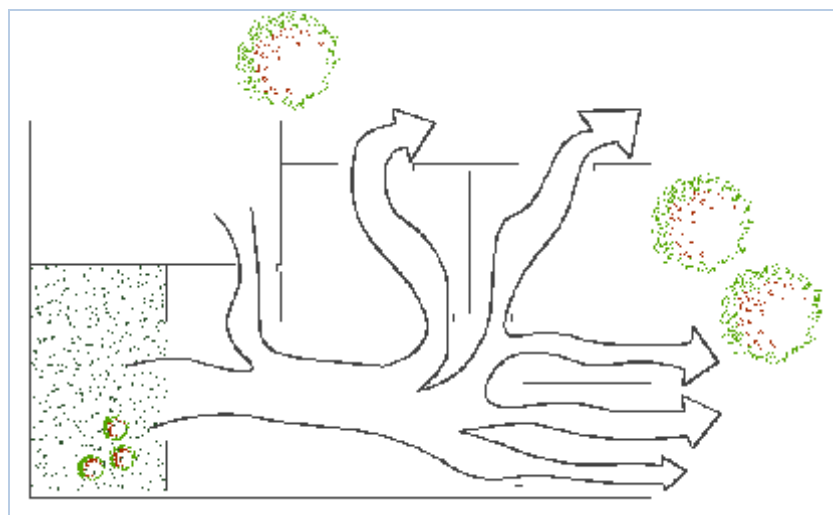


Figura 49: Elementos vazados de cerâmica esmaltada

Fonte: <http://bebelritzmann.blogspot.com/2009/07/empresa-ceramica-lanca-elementos.html>

- **Ventilação**

- Pode ser cruzada (transversal), ou efeito chaminé, para garantir a permeabilidade interna da edificação.



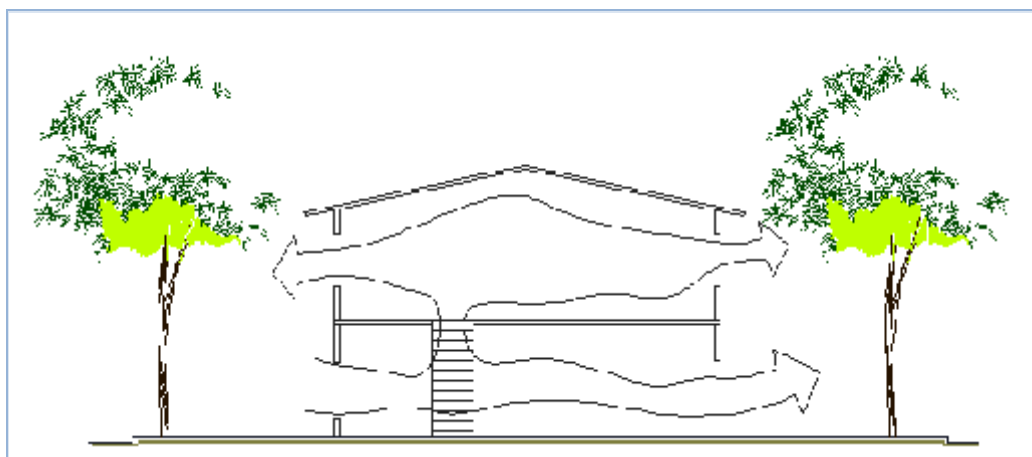


Figura 50: Esquema de ventilação cruzada natural

Fonte:Própria.

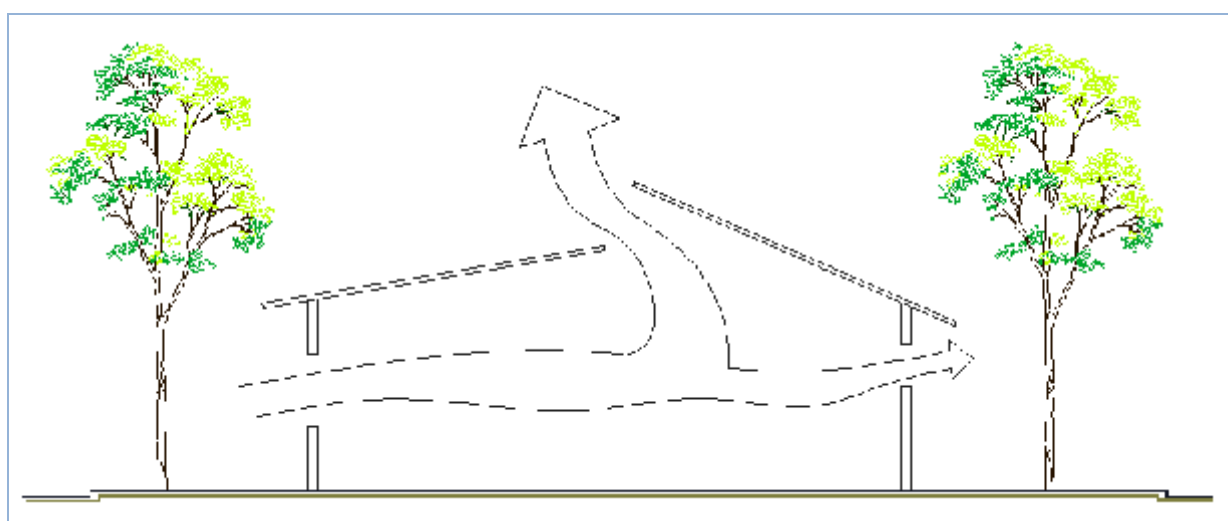
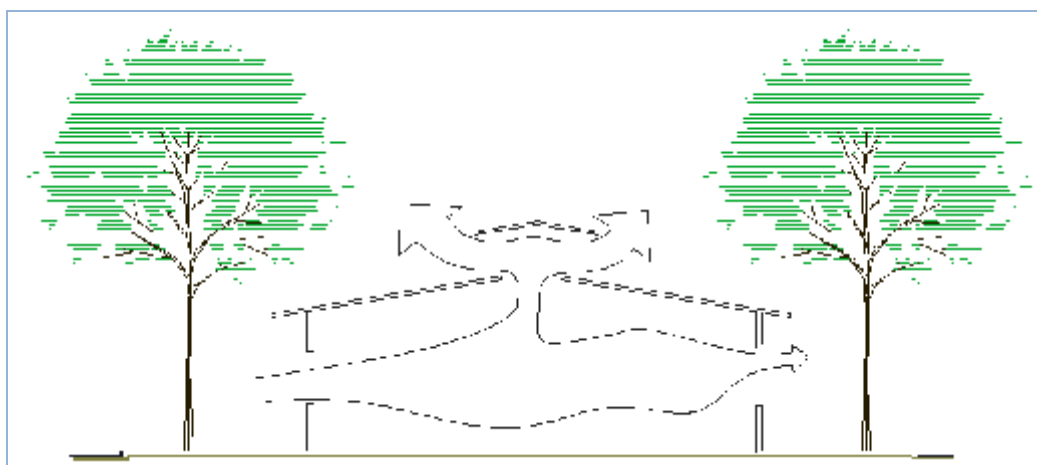


Figura 51: Esquema de ventilação efeito chaminé

Fonte:Própria.

- **Telhas de Ventilação**

São inovações no mercado que permitem a saída do ar-quente e entrada do ar-frio nos forros das edificações assim como o efeito chaminé, essa circulação de ar que passa pelo forro impede a criação de bolores e fungos na madeira.

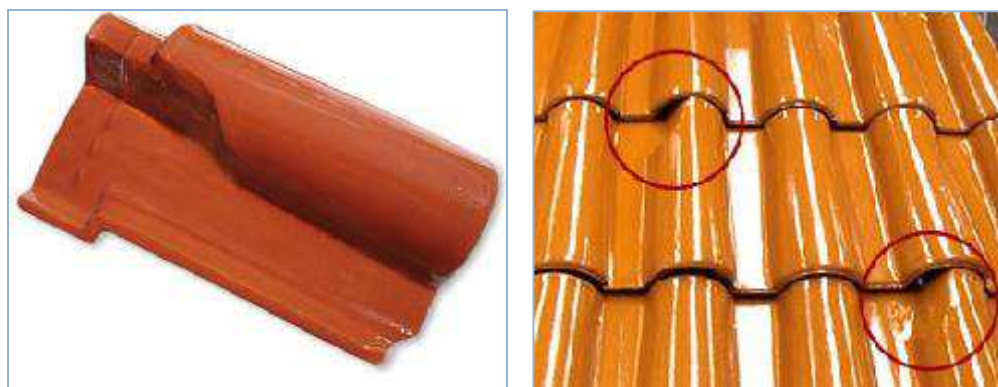


Figura 52: Telhas para ventilação

Fonte: http://www.eurotop.com.br/guias_ceramica_ita.html

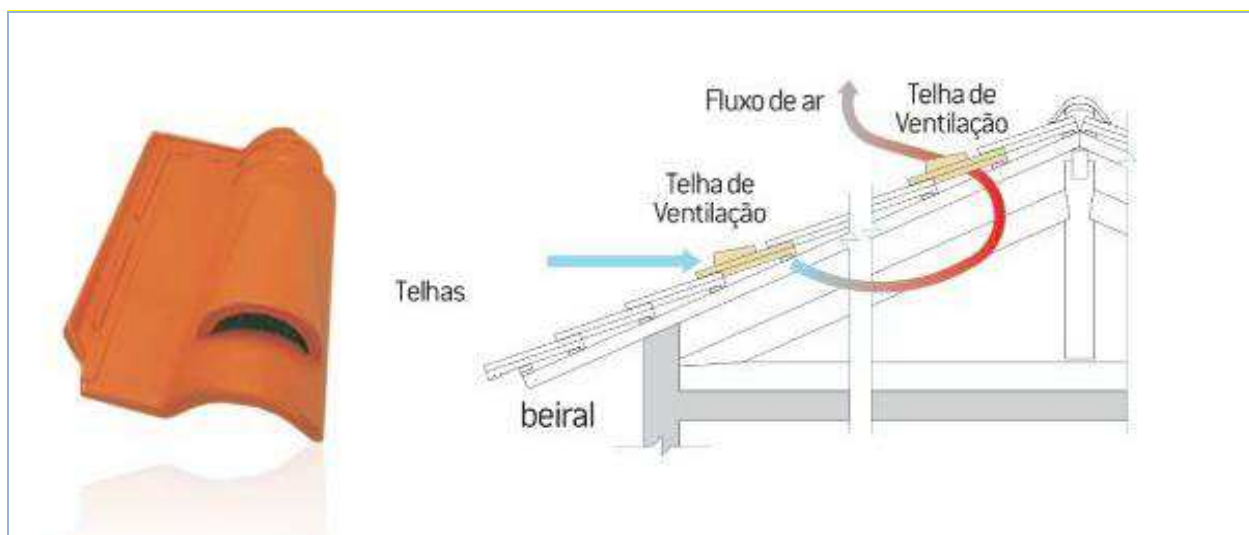


Figura 53: Telhas para ventilação

Fonte: http://www.eurotop.com.br/guias_ceramica_ita.html

- **Telhas Transparentes**

Tem por objetivo iluminar ambientes, levando a economia de energia elétrica e a criação de espaços com luz natural dentro da casa ou edifício. São instaladas

como uma telha comum e podem ser utilizadas na quantidade desejada para criar um pano translúcido em qualquer tamanho.



Figura 54: Telhas transparentes

Fonte: <http://www.ziegel.com.br/2009/portugues/acessorios.php>

- **Janelas Domus**

São janelas fixadas nos telhados e já vêm prontas com sistema de vedação próprio. Tem a tampa de vidro móvel permitindo maior iluminação e ventilação natural, tem trava de segurança interna, podem ser instaladas em qualquer tipo de telhado com telha cerâmica, permitem também o acesso pela laje para fazer limpezas e substitui de 4 a 6 telhas, dependendo do tamanho desejado.



Figura 55: Janelas Domus para telhado

Fonte: <http://www.tegula.com.br/site/acessorios/domus.asp>

- **Freshfoil**

É uma maneira inovadora de minimizar a intensidade solar em uma edificação. Ele se apresenta em forma de rolo, sendo sua folha composta por alumínio, polietileno e outras propriedades de reforço. Chega a combater 97% da radiação solar, não permite entrada de água, é resistente a rasgos, fungos bactérias, insetos.



Figura 56: Manta Freshfoil

Fonte: http://www.basal.com.br/acces_det.php?link=freshfoil



Figura 57: Camadas da manta freshfoil

Fonte: http://www.basal.com.br/acces_det.php?link=freshfoil

7 CONCLUSÃO

Convém salientar que a leitura destas recomendações foi realizada em cima de dados levantados no período até 1997. E que este trabalho não teve a intenção de realizar novas análises por falta de obtenção de dados para a pesquisa.

Numa edificação, uma das principais funções é atenuar as condições negativas e aproveitar os aspectos positivos oferecidos pela localização e pelo clima. Trata-se, portanto de neutralizar as condições climáticas desfavoráveis e potencializar as favoráveis, tendo em vista o conforto dos usuários. Para isso, é preciso levar em conta a interação dos principais elementos climáticos: sol, vento, chuva e vegetação.

O estudo embasado conceitualmente desde o início trabalha com discussões à cerca da arquitetura bioclimática, preservação ambiental, eficiência energética, sustentabilidade e cartas climáticas ressaltando a suma importância dessas vertentes dentro do conceito bioclimático.

Em seguida os elementos básicos do clima deram a conscientização necessária para a abordagem das características climáticas da ilha de São Luís do Maranhão, onde foi possível compreender as diversas dimensões que ela ocupa.

Buscou-se mostrar de forma esquemática a utilização da carta solar como ferramenta auxiliadora na escolha da melhor orientação para as construções, obtendo análises sobre a incidência solar que cada fachada receberá ao longo do ano (verão, outono/primavera e inverno).

Por fim, a elaboração de algumas diretrizes bioclimáticas sugeridas para o clima São Luís, onde foram elaborados esquemas referentes à:

- Orientação solar;
- Ventilação natural;
- Iluminação natural;

- As esquadrias mais apropriadas para o nosso clima;
- O uso de muxarabis e elementos vazados que enriquecem e embelezam as edificações desde que sejam utilizados de forma correta;
- O telhado verde trazendo a melhora da qualidade urbana;
- Também mostramos os diversos tipos de brises e seu posicionamento em relação à trajetória solar;
- E ainda, algumas inovações apresentadas como as janelas domus, o freshfoil, as telhas de ventilação que traduzem a praticidade e eficiência dos materiais construtivos empregados na arquitetura

Conclui-se que para se fazer arquitetura bioclimática não é necessário ir atrás de conceitos abstratos e imaginários, podemos utilizar de formas simples e regionais, buscando sempre a interação das características climáticas (entorno) com a edificação em questão.

O bioclimatismo amplia nossas idéias de como melhorar o conforto para os usuários, sem agredir o meio-ambiente e trazer a consciência da eficiência energética para dentro do projeto, bem como, o resgate da união de elementos e materiais que podemos utilizar a nosso favor.

REFERÊNCIAS

- ADAM, Roberto Sabatela. **Princípios do ecoedifício: Interação entre ecologia, consciência e edifício**.1.ed.São Paulo: Aquariana, 2001.
- AGUIAR, Fabíola de Oliveira. **Conforto Térmico na Arquitetura de Habitação Popular em São Luís-MA**. Monografia de Especialização Lato Sensu em Teoria e Prática do Projeto Arquitetônico. Franca, SP. 1999.
- ARAÚJO. Ronaldo Rodrigues. **O processo de urbanização na produção do clima urbano de São Luís/MA**. 123p. Dissertação. (Mestrado): UNESP - São Paulo, 2001.
- B.B. da Silva; ALVES Jackson J.A.;CAVALCANTI Enilson.P.;DANTAS Renilson.T. **Potencial eólico na direção predominante do vento no Nordeste Brasileiro**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola, v.6, n.3, p.431-439, 2002. DEAg / UFCG. Campina Grande – PB.
- BERTO, Faria. **Arquitetura Sustentável**. Revista Botucatu Especial/artigo. Disponível em:<<http://www.botucatuespecial.com.br/?area=artigo>>. Acesso em 26 de janeiro de 2011.2010.
- BITTENCOURT, Leonardo: **Uso das cartas solares: Diretrizes para arquitetos**. Maceió: EDUFAL, 1990.
- BRITTO, Correa Celina. Arquitetura Bioclimática. **Adequação de arquitetura ao meio ambiente natural**. Drops, São Paulo, 02.004, Vitruvius, abr 2002. Disponível em:<<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/drops/02.004/1590>>. Acesso em: 13 de fevereiro de 2011.

- CANAL VERDE. **O que é o Sol.** Disponível em: <<http://www.canalverde.tv/universo/infotexto/2009-08-07/o-que-e-o-sol-535.html>>. Acesso em: 02 de janeiro de 2011.2009.
- Comissão Mundial sobre Meio-Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso Futuro Comum ou Relatório de Brundtland, 1987.** Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/relat%c3%b3rio_brundtland>. Acesso em: 02 de dezembro de 2010.
- CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. **Conforto Ambiental: em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos.** Rio de Janeiro: REVAN, 2003.
- COSTA. E. C. **Arquitetura ecológica: condicionamento térmico natural.** São Paulo: Edgard Blücher. 1982.
- ESPÍRITO SANTO, José Marcelo. **São Luís: uma leitura da cidade.** Prefeitura de São Luís (Instituto de Pesquisa e Planificação da Cidade). São Luís: Instituto da Cidade, 2006.94p. São Luís. Plano Diretor. Leitura Técnica. Diagnóstico.
- ECOPLANO. **Construção Sustentável.** Disponível em: <<http://www.ecoplano.com.br/constru.html>>. Acesso em 05 de novembro de 2010.2006.
- FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa.** Versão 5.0, 3ª. edição. Editora Positivo by Regis Ltda, 2004.

- FERREIRA, I.M. **Adaptação e desenvolvimento psicossocial dos estudantes do ensino superior – factores familiares e sociodemográficos**. Dissertação de Doutoramento. Coimbra: Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação. 2003.
- FROTA, A.B; SCHIFFER, S.R. **Manual do conforto térmico**.2.ed.São Paulo: Studio Nobel, 1995.
- FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual do conforto térmico: arquitetura, urbanismo**.-5.ed.-São Paulo: Studio Nobel, 2001.
- GRALA, Eduardo. **Elementos de arquitetura de climatização natural**.Porto Alegre, 2006.
- GUIA DE EDUCAÇÃO PARA A SUSTENTABILIDADE. **Carta da Terra**. Ministério da Educação. Disponível em: <http://www.dgidec.min-edu.com.br>. Acesso em: 21 de outubro de 2010.
- HERTZ, John. **Ecotécnicas em arquitetura**: como projetar nos trópicos úmidos do Brasil. São Paulo. Pioneira, 1998.
- IBGE. **Censos Demográficos**. 1950, 1960, 1970, 1980, 1991e 2000. Disponível em: Acesso em 15 janeiro de 2011.
- INSTITUTO DO DESENVOLVIMENTO PARA A HABITAÇÃO ECOLÓGICA. **Centro de Referências no Brasil em Ecoprodutos e Tecnologias Sustentáveis**. Disponível em: www.idhea.com.br. Acesso em: 29 de setembro de 2010.
- LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo, 1997.

- LANHAM, Ana; GAMA, Pedro; BRAZ, Renato. **Arquitetura Bioclimática – Perspectivas de Inovação e Futuro**: Seminário de Inovação. Lisboa, 2004.
- MACHADO, Ísis. **Cartilha: Procedimentos básicos para uma arquitetura no trópico úmido**. São Paulo, 1986.
- MARANHÃO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro. **Macrozonamento do Golfão Maranhense**: Diagnóstico Ambiental da Microrregião da Aglomeração Urbana de São Luís e dos municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário. São Luís: SEMA/MMA/PNMA, 1998, 31p. Apostila.
- MARANHÃO (Estado). **Zoneamento Costeiro do Estado do Maranhão**. São Luís: Fundação Souzaândrade / DEOLI / LABOHIDRO (UFMA) / Núcleo Geoambiental (UEMA).
- MASCARÓ, Lúcia Raffo de. **Ambiência urbana**.2.ed. - Porto Alegre: + 4 Editora, 2004.
- MASCARÓ, Lúcia Raffo de. **Luz, clima e arquitetura**.3.ed. - São Paulo: Nobel, 1983.
- OLGAYAY, V. **Design with climate**. New Jersey. Princenton University, 1963.
- OLGAYAY, V., OLGAYAY, A. **Arquitectura y clima**. Barcelona: Gustavo Gili, 1998.
- PERCÍLIA, Eliene. **Vento**. Equipe Brasil Escola. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/geografia/vento.htm>>. Acesso em 02 de janeiro de 2011. 2008.

- ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano**. 2. ed. Ed. Pro Editores.
- SÃO LUÍS. Secretaria Municipal de Urbanismo e Habitação, SEMURH. **Programa de Recuperação Ambiental e Melhoria da Qualidade de Vida da Bacia do Bacanga: Avaliação Ambiental Regional (Resumo Executivo)**. MMT Planejamento e Consultoria: São Luís, junho de 2007. 28 p.
- SANTOS, Luiz Eduardo Neves. **Problema ambientais urbanos: uma radiografia do espaço ludovicense**. Artigo Científico. Ano 05 – nº16 – Junho de 2010. Disponível em: <http://www.territoriageograficoonline.com.br/site/?modulo=mat&chave=1831&mod=Artigos%20cient%EDficios>. Acesso em: 04 de novembro de 2010.
- SERRA, As de Vaz. **O stress na vida de todos os dias**. Coimbra: Gráfica Coimbra, Ltda. 1999.
- **SOLUÇÕES ECOLÓGICAS PARA UM AMBIENTE SAUDÁVEL**. Especializações em: Bioconstrução, Materiais e Tecnologias Sustentáveis, Sistemas Integrados de Soluções Bioecológicas, Incorporating LEED into Project Specifications. Disponível em: cria@criaarquitetura.com.br. Acesso em: 04 de outubro de 2010.
- STEELE, J. **Architecture today: ecological architecture**. London: Phaidon, 1997.
- TRINTA, Patrícia V. **Análise Bioclimática do bairro do Renascença II – São Luís-MA: Realidade e Perspectiva do Conforto Térmico em Espaços Externos**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal-RN: UFRN, 2007.

- WIKIPÉDIA. **Chuva**. Disponível em:<<http://pt.wikipedia.org/wiki/chuva>>. Acesso em 02 de janeiro de 2011.
- WIKIPÉDIA. **Vegetação**. Disponível em:<<http://pt.wikipedia.org/wiki/vegeta>>. Acesso em 02 de janeiro de 2011.

ANEXOS

	06h	07h	08h	09h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	dezembro 22
S	9	200	338	401	436	447	458	447	436	401	338	200	9	
SE	21	417	660	696	630	494	343	176	60	53	45	28	0	
E	20	406	621	614	490	288	65	63	60	53	45	28	0	
NE	8	173	245	203	98	63	65	63	60	53	45	28	0	
N	0	28	45	53	60	63	65	63	60	53	45	28	0	
NW	0	28	45	53	60	63	65	63	98	203	245	173	8	
W	0	28	45	53	60	63	65	288	490	614	621	406	20	
SW	0	28	45	53	60	176	343	494	630	696	660	417	21	
H	0	155	424	669	869	992	1033	992	869	669	424	155	0	

S	0	30	48	55	63	68	63	68	63	55	48	30	0	março 22 / setembro 22
SE	16	352	516	476	406	247	63	68	63	55	48	30	0	
E	22	486	711	651	547	322	63	68	63	55	48	30	0	
NE	16	352	516	476	406	247	63	68	63	55	48	30	0	
N	0	30	48	55	63	68	63	68	63	55	48	30	0	
NW	0	30	48	55	63	68	63	247	406	476	516	352	16	
W	0	30	48	55	63	68	63	322	547	651	711	486	22	
SW	0	30	48	55	63	68	63	247	406	476	516	352	16	
H	0	182	478	706	964	1082	1138	1082	964	706	478	182	0	

S	0	28	45	53	60	63	65	63	60	53	45	28	0	junho 21
SE	8	173	245	203	98	63	65	63	60	53	45	28	0	
E	20	406	621	614	490	288	65	63	60	53	45	28	0	
NE	21	417	660	696	630	494	343	176	60	53	45	28	0	
N	9	200	338	401	436	447	458	447	436	401	338	200	9	
NW	0	28	45	53	60	176	343	494	630	696	660	417	21	
W	0	28	45	53	60	63	65	288	490	614	621	406	20	
SW	0	28	45	53	60	63	65	63	98	203	245	173	8	
H	0	155	424	669	869	992	1033	992	869	669	424	155	0	

Anexo 17 — Tabela 1 — Dados de Radiação Solar Incidente (I_g) sobre Planos Verticais e Horizontais (W/m^2). Latitude: 0° .
Fonte: Gonçalves⁽³²⁾ e LNEC.

Anexo 01 – Tabela 1 – Dados de Radiação Solar Incidente (I_g) sobre Planos Verticais e Horizontais (W/m^2). Latitude: 0° .
Fonte: Gonçalves⁽³²⁾ e LNEC, apud FROTA

	06h	07h	08h	09h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	dezembro 22
S	26	222	321	365	386	402	400	402	386	365	321	222	26	
SE	57	480	664	691	598	476	303	129	60	55	48	33	5	
E	57	476	647	626	495	311	68	65	60	55	48	33	5	
NE	25	207	278	239	137	65	68	65	60	55	48	33	5	
N	5	33	48	55	60	65	68	65	60	55	48	33	5	
NW	5	33	48	55	60	65	68	65	137	239	278	207	25	
W	5	33	48	55	60	65	68	311	495	626	647	476	57	
SW	5	33	48	55	60	129	303	476	598	691	664	480	57	
H	13	203	462	704	902	1018	1072	1018	902	704	462	203	13	

S	0	30	48	55	63	68	65	68	63	55	48	30	0	março 22 / setembro 22
SE	16	344	498	473	365	205	65	68	63	55	48	30	0	
E	22	481	710	690	548	328	65	68	63	55	48	30	0	
NE	16	355	535	534	447	298	123	68	63	55	48	30	0	
N	0	38	73	99	121	134	130	134	121	99	73	38	0	
NW	0	30	48	55	63	68	123	298	447	534	535	355	16	
W	0	30	48	55	63	68	65	328	548	690	710	481	22	
SW	0	30	48	55	63	68	65	205	365	473	498	344	16	
H	0	180	477	747	960	1100	1139	1100	960	747	477	180	0	

S	—	28	45	53	58	63	63	63	58	53	45	28	—	junho 21
SE	—	166	230	178	63	63	63	63	58	53	45	28	—	
E	—	380	608	605	713	288	63	63	58	53	45	28	—	
NE	—	404	657	708	651	533	380	214	58	53	45	28	—	
N	—	196	347	428	474	502	511	502	474	428	347	196	—	
NW	—	28	45	53	58	214	380	533	651	708	657	404	—	
W	—	28	45	53	58	63	63	288	713	605	608	380	—	
SW	—	28	45	53	58	63	63	63	63	178	230	166	—	
H	—	200	406	642	834	957	991	957	834	642	406	200	—	

**Anexo 17 — Tabela 2 — Dados de Radiação Solar Incidente (I_g) sobre Planos Verticais e Horizontais (W/m^2). Latitude: 4° Sul.
Fonte: Gonçalves⁽³²⁾ e LNEC.**

Anexo 01 – Tabela 1 – Dados de Radiação Solar Incidente (I_g) sobre Planos Verticais e Horizontais (W/m^2). Latitude: 4°.

Fonte: Gonçalves⁽³²⁾ e LNEC, apud FROTA