

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO

MAIARA FUZATTI NICOLAU

**Conforto ambiental e projeto arquitetônico:
estudo de metodologias de apoio**

São Carlos
2010

MAIARA FUZATTI NICOLAU

**Conforto ambiental e projeto arquitetônico:
estudo de metodologias de apoio**

Relatório Final apresentado à Universidade de São Paulo, USP, para o
Programa Ensinar com Pesquisa.
Orientadora: Profa. Dra. Karin Maria Soares Chvatal

São Carlos
Março de 2010

AVALIAÇÃO SOBRE O TRABALHO

Considera-se que o trabalho atingiu o objetivo esperado, que era o de levantamento e avaliação de ferramentas de apoio ao projeto. Primeiramente, optou-se por se ater apenas às ferramentas computacionais, haja visto a grande quantidade de material que se imaginava encontrar. Conforme o esperado, a lista de programas encontrada foi tão extensa, que não foi possível a análise de todos os programas disponíveis. Esta pesquisa pode apresentar ainda opção de continuidade e atualização em outros Programas do Ensinar com Pesquisa.

Os resultados da pesquisa poderão ser aplicados diretamente na disciplina SAP 549- Conforto Ambiental nas Edificações, e de forma indireta em qualquer disciplina de projeto ou durante o Trabalho de Graduação Integrado. O material produzido é auto-explicativo, estimulando a autonomia dos alunos e a solução de questões projetuais. A página da internet já está finalizada, sendo tomadas as devidas providências para a sua disponibilização. Todos os professores e alunos do Departamento de Arquitetura e Urbanismo serão informados, a partir do momento que a página encontrar-se disponível.

Para a aluna de graduação, esta foi uma grande oportunidade para um primeiro contato com a pesquisa acadêmica, sabendo da dificuldade que é para um aluno do segundo ano da graduação, com o Programa *Ensinar com Pesquisa* houve essa possibilidade, além de se aprofundar em um determinado assunto através de atividades estabelecidas por um plano de trabalho e um cronograma. Todas as etapas de trabalho ofereceram um grande aprendizado, primeiramente com a revisão bibliográfica, se percebeu o quanto é importante trabalhar o conforto ambiental conjuntamente à elaboração do projeto, garantindo o bem-estar dos usuários das edificações e, conseqüentemente, a eficiência energética do edifício. Já no levantamento e na seleção dos programas computacionais descobriu-se o quão é variada e extensa a lista dos programas disponíveis valorizando a utilização dessas ferramentas conjuntamente com a realização do projeto arquitetônico.

São Carlos, 18 de março de 2010.

Orientadora: Profa. Dra. Karin Maria Soares Chvatal

Orientanda: Maiara Fuzatti Nicolau

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
1 INTRODUÇÃO.....	8
2 LEVANTAMENTO E SELEÇÃO DAS METODOLOGIAS.....	12
2.1 Fontes de consulta.....	13
2.1.1 Diretório de ferramentas computacionais do Departamento de Energia dos EUA.....	13
2.1.2 LABEEE.....	13
2.1.3 LABAUT.....	13
2.2 Seleção das metodologias.....	13
3 TESTE DAS METODOLOGIAS.....	15
3.1 Programas nacionais.....	18
3.1.1 Programa ANALYSIS BIO 2.1.5.....	18
3.1.2 Programa ANALYSIS SOL-AR 6.2.....	21
3.1.3 Programa ARQUITROP 3.2.....	24
3.1.4 Programa BRISE 1.3.....	26
3.1.5 Programa CHAMINÉ 2.5.....	29
3.1.6 Programa CLIMATICUS 4.2.....	32
3.1.7 Programa CTCA.....	36
3.1.8 Programa DLN 2.06.....	40
3.1.9 Programa FACHADA 2.1.....	42
3.1.10 Programa LUX 2.0.....	46
3.1.11 Programa LUZ DO SOL 1.1.....	49
3.1.12 Programa TRANSMITÂNCIA 1.0.....	55
3.1.13 Programa SUNPATH 1.0.....	57
3.1.14 Programa ZBBR 1.1.....	59
3.2 Programas internacionais.....	61
3.2.1 Programa CLIMATE CONSULTANT 4.0.....	61
3.2.2 Programa DAYLIGHT.....	83
3.2.3 Programa MIT DESIGN ADVISOR 1.1.....	86
3.2.4 Programa OPAQUE.....	98
3.2.5 Programa PARASOL 5.0.....	101
3.2.6 Programa SUNPOSITION 1.7.....	109

3.2.7 Programas LOUVER SHADING, OVERHANG ANNUAL ANALYSIS, SOL PATH, SUNANGLE, SUNPOSITION, VERTICAL FIN SHADING, WINDOW HEAT GAIN e WINDOW OVERHANG DESIGN.....114

4 ORGANIZAÇÃO DOS RESULTADOS ENCONTRADOS.....	121
4.1 Montagem dos quadros-resumo.....	122
4.2 Montagem do pôster.....	133
4.3 Montagem da página na internet.....	133
5 ATIVIDADES COMPLEMENTARES.....	135
6 ELABORAÇÃO DE ARTIGO CIENTÍFICO.....	137
7 REFERÊNCIAS.....	139
8 ANEXOS.....	143

RESUMO

Na área de conforto ambiental a quantidade de informações e de metodologias a serem estudadas é muito significativa, e indicava a necessidade de um estudo mais aprofundado que auxiliasse no aprofundamento dos assuntos que são parte das disciplinas de conforto, especialmente da disciplina voltada aos edifícios (SAP 0649). Com a oportunidade do Programa *Ensinar com Pesquisa*, realizou-se um estudo das ferramentas computacionais de auxílio ao projeto arquitetônico através do conforto ambiental oferecendo a todos os alunos essa referência para a utilização nas disciplinas oferecidas na graduação. Foram analisadas variadas ferramentas computacionais simples caracterizadas através de uma ficha informativa, totalizando 28, que pudessem auxiliar no processo de projeto de edifícios adequados ao clima e com eficiência energética. Segundo o cronograma apresentado no projeto de pesquisa, primeiramente, de março a julho/2009, foi conduzida uma revisão bibliográfica, apresentada no relatório parcial, para o conhecimento dos conceitos básicos de conforto térmico, iluminação natural e eficiência energética nos edifícios para posterior entendimento das metodologias. No período de julho a setembro/2009, realizou-se o levantamento e a seleção das metodologias existentes focadas na avaliação do conforto termo-energético de edifícios. Entre outubro/2009 e janeiro/2010 ocorreram os testes das metodologias, analisando-se tanto programas nacionais como internacionais. No período final, janeiro e fevereiro/2010 foram elaborados artigos científicos, uma página na internet, um pôster e quadros-resumo que facilitassem o acesso aos programas, bem como auxiliando os alunos e projetistas de Arquitetura e Urbanismo sendo uma importante fonte de acesso a todo o material produzido.

1 INTRODUÇÃO

As duas disciplinas de conforto ambiental existentes no curso de Arquitetura e Urbanismo da USP, campus de São Carlos, “SAP 0649: Conforto Ambiental nas Edificações” e “SAP 0675: Conforto Ambiental no Espaço Urbano” fornecem aos alunos os conceitos básicos relacionados ao conforto ambiental, instrumentando-os para que possam efetuar intervenções no ambiente que garantam adequadas condições térmicas, acústicas e de iluminação. Porém, nesta área, a quantidade de informações e de metodologias a serem estudadas é muito significativa, indicando a necessidade de um estudo mais aprofundado. O principal objetivo deste trabalho foi o de realizar um estudo de metodologias que dessem enfoque aos aspectos relacionados à térmica, à iluminação natural e à eficiência energética, selecionando as que possuíssem um maior apelo didático e um nível de complexidade compatível ao dos alunos, auxiliando no aprofundamento dos assuntos que são parte das disciplinas de conforto, especialmente da disciplina voltada aos edifícios (SAP 0649), possibilitando a experimentação das metodologias selecionadas.

Através da aplicação de várias metodologias de projeto, pretendeu-se incentivar a discussão teórica e a visão crítica dos alunos analisando as diferentes possibilidades de solução para problemas reais de projeto podendo integrar estes conceitos às outras disciplinas da graduação. Acrescentando-se o fato de que o conforto ambiental está diretamente relacionado à eficiência energética e que o interesse em reduzir os gastos de energia tem sido impulsionado devido às preocupações atuais com a sustentabilidade dos edifícios, pois, um edifício que é adequado ao clima e segue os princípios da arquitetura bioclimática é conseqüentemente mais confortável e consome menos energia. A preocupação com esses aspectos deve acontecer desde a fase de concepção do projeto. É nessa fase inicial que são definidos a implantação, a orientação, a volumetria, a proporção geral entre a área transparente e opaca e os principais materiais constituintes do edifício. Atualmente, há muitas ferramentas computacionais disponíveis para realizar essas definições e ajudar durante a concepção do projeto, porém, a complexidade quanto ao uso e, às vezes, a difícil acessibilidade as torna prática projetual distante da realidade brasileira.

No entanto, tem-se notado nos últimos anos que muitas ferramentas computacionais simples têm sido desenvolvidas. No Diretório de Ferramentas computacionais relacionadas à análise do consumo de energia em edifícios, pertencente ao Departamento de Energia dos Estados Unidos (US Department of Energy, 2009), e em páginas da internet como o LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, LABEEE, da *Universidade Federal de Santa Catarina* e o LABORATÓRIO DE CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, LABAUT, da *Universidade de São Paulo*, foram encontradas uma diversidade e quantidade considerada de ferramentas que puderam ser selecionadas e analisadas dentro do objetivo desta pesquisa: livre acesso, fácil uso e que podem ser facilmente aprendidas e utilizadas durante o desenvolvimento do projeto. Além disso, vê-se o grande potencial didático que estas ferramentas possam ter nos cursos de Graduação em Arquitetura e Urbanismo. São estudados tanto programas em português, desenvolvidos

especificamente para os climas brasileiros, quanto os programas em inglês que permitam a inserção dos dados climáticos de qualquer localidade.

Acrescentando-se às análises dos programas computacionais como forma de divulgar de maneira breve e didática os resultados obtidos, foram elaborados uma página na internet com as *fichas de caracterização* e os endereços para o carregamento dos programas, um pôster apresentando todos os programas e suas relações através de pequenos resumos e quadros-resumo que são as próprias fichas de modo resumido. Estes últimos foram realizados durante a elaboração dos artigos científicos também incluídos na parte final da pesquisa como forma de divulgar a pesquisa.

A seguir é apresentado o cronograma e a forma como se organiza a composição do presente relatório de acordo com as etapas desenvolvidas durante a pesquisa:

<i>Atividade</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 Revisão bibliográfica.	X	X	X	X	X							
2 Levantamento e seleção das metodologias.					X	X	X					
3 Teste das metodologias.								X	X	X	X	
4 Elaboração de artigo científico e do relatório final.											X	X
Elaboração de web Page											X	X
Elaboração de pôster											X	X
Elaboração de gráfico para uso dos programas											X	X
Elaboração de artigos											X	X
Elaboração do relatório final												X

- março a julho/2009, revisão bibliográfica, através de livros-texto e do material didático utilizado na disciplina SAP 0649, para o conhecimento dos assuntos básicos de conforto ambiental para o posterior entendimento das metodologias a serem estudadas. Por já ter sido apresentada no relatório parcial, a revisão bibliográfica não consta neste relatório;
- julho a setembro/2009, levantamento e seleção das metodologias existentes em anais de congressos brasileiros na área, páginas da internet e o Diretório de Ferramentas relacionadas à análise do consumo de energia em edifícios, do Departamento de Energia dos EUA (US Department of Energy, 2009), conteúdo referente ao segundo capítulo;
- outubro/2009 a janeiro/2010, teste das metodologias que são de acesso rápido e gratuito, de fácil utilização e que podem ser usadas desde o processo inicial de projeto; as análises dos programas nacionais e internacionais, no total 28, pela *ficha de caracterização*, encontram-se no terceiro capítulo;
- em janeiro e fevereiro/2010, elaboração dos artigos científicos, da página na internet e do pôster, assim como deste relatório. É o quarto capítulo que mostra como foram organizados os resultados encontrados.

O capítulo 5 apresenta as atividades complementares realizadas no decorrer da pesquisa.

O capítulo 6 mostra a elaboração dos artigos científicos. No capítulo 7 estão todas as referências bibliográficas e em seguida os anexos citados em todo o texto.

2 LEVANTAMENTO E SELEÇÃO DAS METODOLOGIAS

2.1 Fontes de consulta

2.1.1 Diretório de ferramentas computacionais do Departamento de Energia dos EUA

O levantamento das metodologias ocorreu, primeiramente, através de uma lista de programas computacionais internacionais encontrada no *Building Energy Software Tools Directory*, no *Building Technologies Program* do *U.S. Department of Energy* (US Department Energy, 2009). Um diretório que fornece informações sobre 380 programas que avaliam a eficiência energética, energia renovável e sustentabilidade nos edifícios. Os programas listados neste diretório incluem banco de dados, planilhas, análises de componentes e sistemas, e toda a energia do edifício com programas de simulação de desempenho. Uma descrição inicial é fornecida para cada ferramenta juntamente com outras informações, incluindo a experiência requerida, o número de usuários, o público alvo, a entrada, a saída, as exigências para a instalação, a linguagem de programação, pontos fortes e fracos, contato técnico e disponibilidade. Devido a este completo sistema de informações foi possível realizar o levantamento de quais programas eram livres e quais eram certamente direcionados aos objetivos da pesquisa.

2.1.2 LABEEE

Alguns dos programas computacionais nacionais analisados eram da página do *LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES*, LABEEE, da *Universidade Federal de Santa Catarina*. Este laboratório atua visando à redução do consumo específico de energia em edificações novas e existentes, com a implantação de novas tecnologias de iluminação, condicionamento de ar e isolamento térmico sem reduzir os níveis de conforto (LABEEE, 2009). Neste, constavam 15 programas brasileiros com breves explicações sobre cada um e o atalho para o carregamento dos mesmos.

2.1.3 LABAUT

Posteriormente, foram consultados os Anais de congressos brasileiros na área, como o Encac, *Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído*, onde foi encontrada a página de softwares desenvolvidos pelo *LABORATÓRIO DE CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA*, LABAUT, da *Universidade de São Paulo*. O LABAUT produz programas de simulação computacional e bancos de dados, todos de domínio público e disponíveis na internet. Ao todo, no site foram encontrados 19 programas com o atalho direto para carregamento.

2.2 Seleção das metodologias

Mesmo partindo da idéia de se avaliar somente as metodologias que focassem o conforto termo-energético, a pesquisa chegou a uma grande variedade e quantidade de ferramentas de projeto, o que fez com que se direcionasse o levantamento para os programas computacionais de fácil uso e de acesso gratuito, que pudessem ser utilizados

pelos alunos de graduação. Além disso, no que diz respeito aos programas internacionais, foram escolhidos aqueles que possuíam no banco de dados cidades brasileiras ou que possibilitassem a inserção de dados climáticos brasileiros.

Na listagem realizada no Diretório de ferramentas dos EUA (US Department Energy, 2009), até o dia 19 de janeiro de 2010, constavam:

- quantidade total de programas: 380
- quantidade de programas livres: 118
- quantidade de programas analisados nesta pesquisa: 14.

Tendo visto que a quantidade de programas livres não analisados é grande, justifica-se pelo fato de que muitos não condiziam com os objetivos desta pesquisa e outros nem foram analisados em uma primeira instância devido à quantidade de programas selecionados ter sido suficiente. Em anexo está a lista dos programas livres não analisados.

Para os programas nacionais não foi preciso fazer uma lista, pois todos os programas que interessavam à pesquisa foram analisados. Os programas que foram descartados eram muito complexos ou se adequavam às pesquisas acadêmicas, mas não à atividade de projeto. Assim, dos programas brasileiros disponíveis, 7 programas foram adquiridos no LABEEE e 7 no LABAUT.

3 TESTE DAS METODOLOGIAS

Todos os programas foram instalados e utilizados durante certo período, a fim de que pudessem ser caracterizados. Para cada um deles foi elaborada uma *ficha de caracterização*, que incluiu os itens constantes da tabela 1.

Tabela 1. Aspectos caracterizados nos programas estudados.

Informação	Descrição
Nome	Nome completo do programa e versão estudada.
Referência	Referência bibliográfica do programa.
Disponibilidade	Se é disponível diretamente para carregamento, se há necessidade de senha ou se trata de programa de acesso direto através de páginas na internet.
Endereço de Acesso	Endereço da internet completo para carregamento do programa.
Língua	Português ou inglês.
Nível de dificuldade	Fácil ou médio (não foram analisados programas complexos).
Validação e testes	Quando disponível essa informação, foi indicado se os resultados do programa haviam sido testados ou validados de acordo com alguma norma específica.
O que o programa faz?	Descrição detalhada das análises feitas pelo programa.
Categorias de análise	<ol style="list-style-type: none"> 1- Análise do clima (recomendações da norma ABNT, carta bioclimática de Givoni, disponibilidade de luz natural, ventos, carta solar, topografia e etc.); 2- Insolação (dimensionamento de brises, iluminação natural, análise da incidência solar nas diversas orientações, trajetória solar, sombreamento do entorno e etc.); 3- Ventilação (posicionamento, quantidade e tamanho das aberturas, tipos de aberturas, orientação do edifício em relação aos ventos predominantes, taxa de renovação de ar e etc.); 4- Materiais opacos e transparentes (propriedades térmicas); 5- Desempenho do edifício como um todo; 6- Outras.
Figuras que exemplificam os tipos	Figuras retiradas da própria tela do computador, exemplificando a forma de apresentação dos dados de saída

de resultados fornecidos	do programa.
Tipos de resultado	Visual (gráficos ou desenhos), numérico (tabelas ou relatórios).
Dados de entrada	Descrição de todos os dados de entrada necessários para o uso do programa.
Banco de dados	Tamanho da base de dados e possibilidade de adição de novos dados.
Fase de projeto para aplicação	Identificação das fases de projeto nas quais o programa pode ser aplicado (estudo preliminar, anteprojeto, etc.).
Comentários	Espaço para colocação das limitações do programa, relato das dificuldades encontradas no seu uso, aspectos positivos e negativos, entre outros.

A análise de todos os programas apresentada a seguir procedeu-se da forma mostrada na tabela 1.

3.1 Programas nacionais

3.1.1 Programa ANALYSIS BIO 2.1.5

Referência. LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES, LABEEE. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. **Analysis Bio**, versão 2.1.5. 2009a.

Disponibilidade. Gratuito com obtenção direta (disponível para carregamento) através do site.

Endereço de Acesso: <http://www.labeee.ufsc.br/software/analysisBIO.html>

Língua: português.

Nível de dificuldade. Fácil

O que o programa faz?

- Sobre põe os dados de temperatura e umidade sobre a Carta Bioclimática, a fim de que se possa visualizar a distribuição dos dados climáticos ao longo do ano (com a utilização do TRY, *Test Reference Year*). Permite também a sobreposição na Carta apenas dos dados das normais climatológicas (médias mensais).
- Destaca as estratégias de projeto para a adequação das edificações ao clima, para cada mês, de acordo com as zonas identificadas na Carta Bioclimática através de várias cores.
- Apresenta um relatório de porcentagem de horas do ano em que cada estratégia é mais adequada.

Categoria de análise.

Análise do clima (carta bioclimática).

Figuras que exemplificam os tipos de resultados fornecidos.

Cidade:
São Carlos

VAR	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SETT	OUT	NOV	DEZ
1	26.8	27.2	27	25.7	23.6	22.7	22.1	24.3	25	24.7	25.7	25.2
2	17.5	17.7	17.2	15.5	13.2	12	11.4	12.5	14.2	14.7	16	17.2
3	21.6	21.9	21.7	20.2	18.1	16.7	16	17.8	19.6	19.7	21.1	21.4
4	76	75	73	68	67	66	61	54	58	80	67	73
5	916.2	916.9	917.2	918.4	920.0	921.0	921.9	920.6	919.1	917.4	916.2	915.8

Variáveis:
 1. Temperaturas Médias Máximas[°C]
 2. Temperaturas Médias Mínimas[°C]
 3. Temperaturas Médias[°C]
 4. Umidades Relativas Médias[%]
 5. Pressões Barométricas[hPa]

Figura 1: Normais Climatológicas de São Carlos.

Fonte: Analysis-Bio (LABEEE, 2009a).

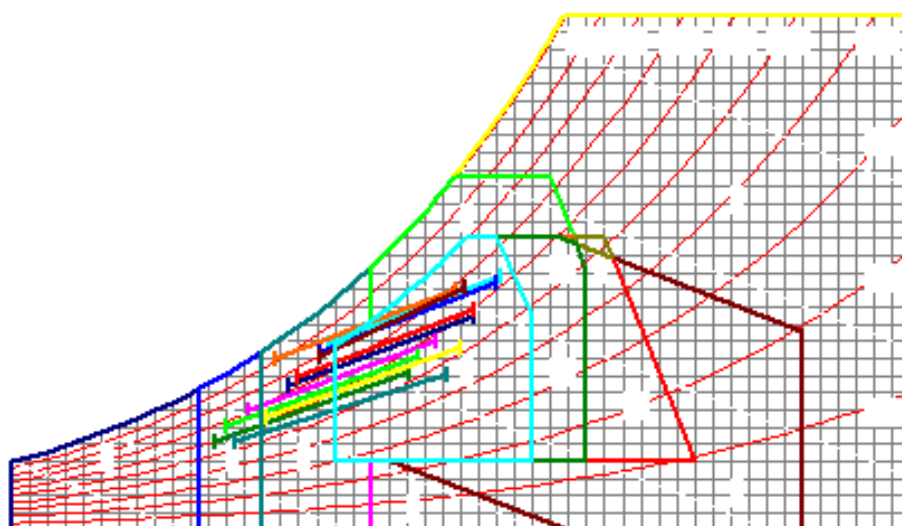


Figura 2: Análise Bioclimática para a cidade de São Carlos, através das normais climatológicas.

Fonte: Analysis-Bio (LABEEE, 2009a).

Tipos de resultado.

Gráfico e relatório por extenso.

Dados de entrada.

País, estado e cidade.

Inserção de normais manualmente, via arquivo.

Pressão.

Altitude.

Banco de dados.

Normais climatológicas e TRY para várias cidades do Brasil e da Argentina.

Fase de projeto para aplicação.

Concepção.

Comentários.

Com a aplicação da bioclimatologia é possível obter as estratégias de projeto para a adequação das edificações ao clima local através da avaliação de dados climáticos sobrepostos na Carta Bioclimática.

3.1.2 Programa ANALYSIS SOL-AR 6.2

Referência. LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES, LABEEE. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. **Analysis Sol-ar.** Versão 6.2. 2009b.

Disponibilidade. Gratuito com obtenção direta (disponível para carregamento) através do site.

Endereço de Acesso: <http://www.labeee.ufsc.br/software/analysisSOLAR.htm>

Língua: português.

Nível de dificuldade. Fácil

O que o programa faz?

- Fornece a carta solar da latitude desejada.
- A partir dos dados climáticos do local, plota na carta solar as temperaturas médias do ar de um ano típico, identificadas através de várias cores.
- Sobrepõe o transferidor auxiliar na carta solar, na orientação desejada.
- Traça a máscara de sombra na carta solar, considerando proteções verticais e horizontais simples.
- A partir dos dados climáticos, fornece a rosa dos ventos do local (velocidade e frequência).

Categoria de análise.

Análise do clima (ventos e carta solar).

Insolação (análise da incidência solar nas diversas orientações e dimensionamento de brises).

Figuras que exemplificam os tipos de resultados fornecidos.

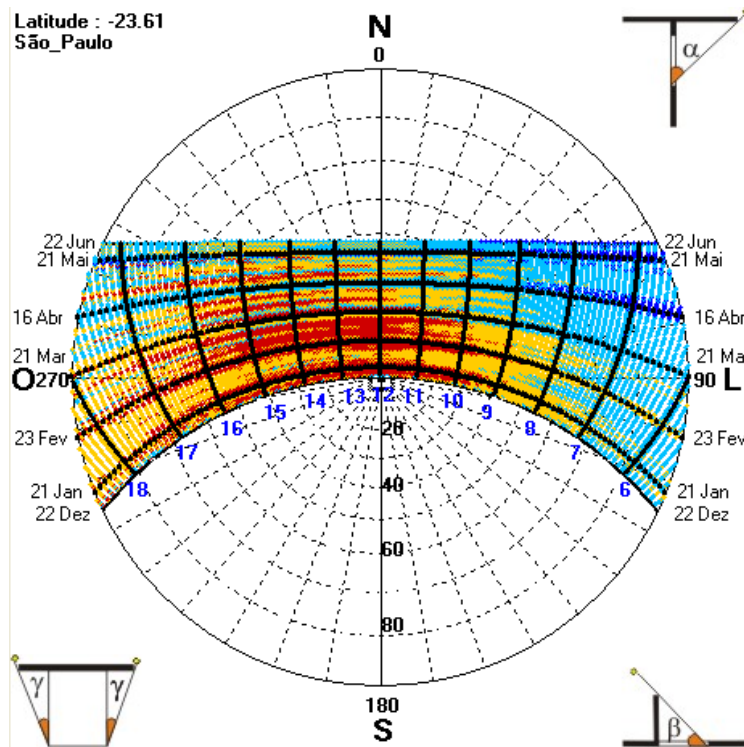


Figura 3: Carta solar da cidade de São Paulo com temperaturas.
Fonte: Sol-ar (LABEEE, 2009b).

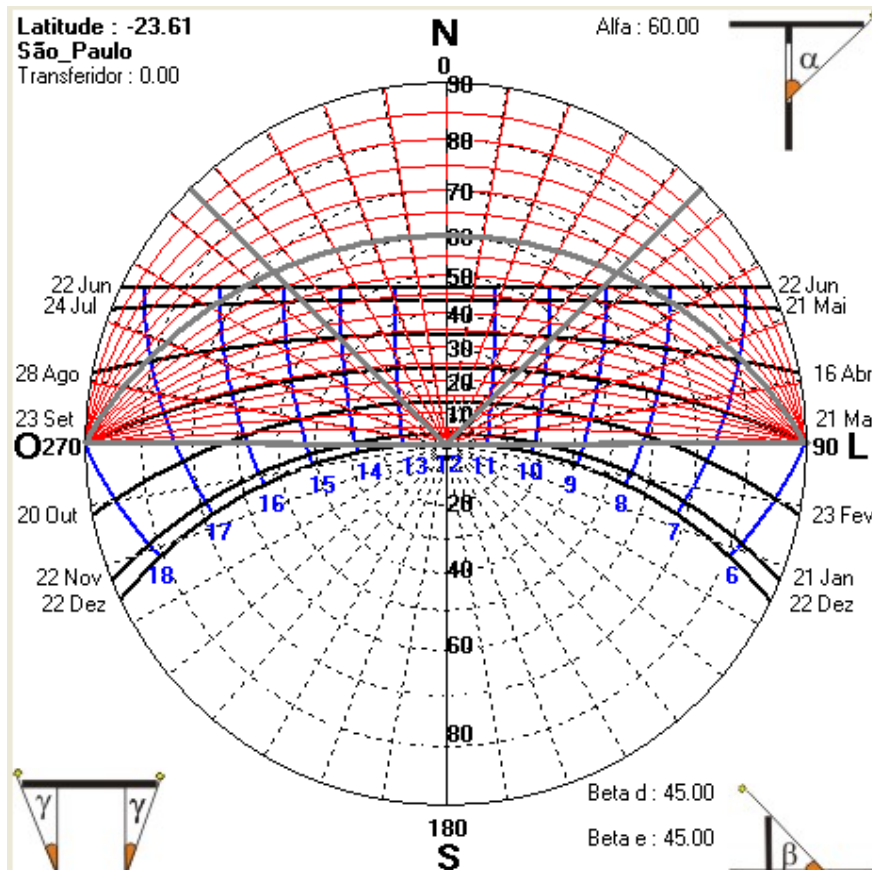


Figura 4: Carta solar da cidade de São Paulo, com transferidor e ângulos $\alpha_1 = 60^\circ$, β_1 e $\beta_2 = 45^\circ$ que delimitam a máscara de sombra.

Fonte: Sol-ar (LABEEE, 2009b).

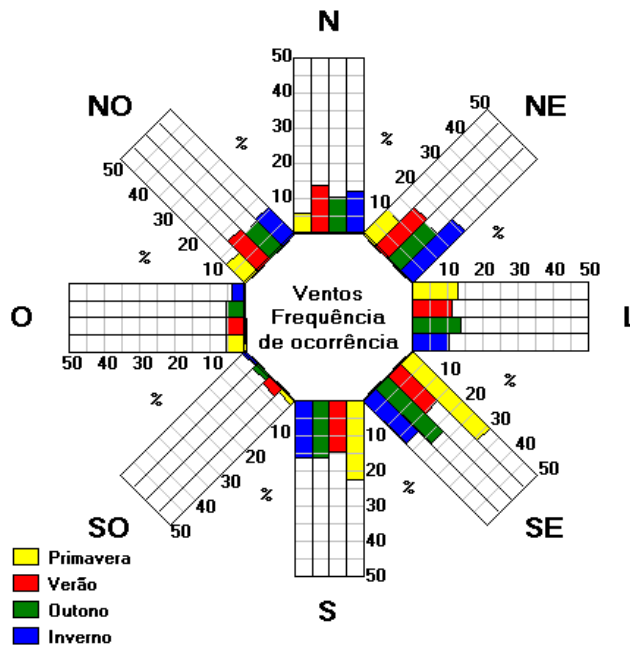


Figura 5: Rosa dos ventos, freqüência de ocorrência em São Paulo.

Fonte: Sol-ar (LABEEE, 2009b).

Tipos de resultado.

Predominantemente visual.

Dados de entrada.

Latitude do local.

Ano climático típico do local (formato TIFF- Tagged Image File Format). Há dificuldade de inserção dos dados.

Ângulos das proteções horizontais e verticais.

Banco de dados.

Contém as principais capitais brasileiras.

Fase de projeto para aplicação.

Concepção, estudo preliminar e anteprojeto.

Comentários.

Bom para o dimensionamento de proteções solares simples.

Para as cidades do banco de dados, a visualização através de cores na carta solar é muito útil. Quando há a construção da máscara de sombra, o programa não delimita as áreas de eficiência total e eficiência parcial, o que pode causar dificuldades na sua interpretação.

3.1.3 Programa ARQUITROP 3.0

Referência. RORIZ, M.; BASSO, A. **Arquitrop**, versão 3.0, São Carlos, SP, 1990.

Disponibilidade. Gratuito com obtenção direta (disponível para carregamento) através do site.

Endereço de Acesso: <http://www.labeee.ufsc.br/software/arquitrop.html>

Língua: português.

Nível de dificuldade. Fácil

O que o programa faz?

- É um sistema integrado de ferramentas computacionais e bancos de dados que simula o desempenho térmico e verifica a adequação climática de edificações visando otimizar o conforto ambiental e a economia de energia elétrica. (RORIZ, M. ET AL, 1993, P.1)
- Simula o clima exterior, utilizando o método de Deplanches, descrito por Berthier e Anquez, para estimar a variação horária da temperatura externa e da umidade relativa do ar, para estabelecer as condições climáticas típicas de cada mês. (RORIZ e BASSO, 1989)
- Dados climáticos, matérias e componentes; auxiliar de desenho com uma relação de 67 croquis de elementos construtivos; analisa clima e emite recomendações de projeto (método Mahoney adapt.); gráficos de estimativa da variação horária de temperatura e umidade; carta solar; radiação; verificação de condições de conforto térmico em projetos; temperaturas intermediárias em camadas de componentes; estimativa de cargas para condicionamento artificial de ar; estimativa de variação horária do fluxo térmico através de componentes construtivos opacos.

Categoria de análise.

Análise climática.

Materiais opacos e transparentes (propriedades físicas).

Desempenho do edifício como um todo.

Figuras que exemplificam os tipos de resultados fornecidos.


```

>> ARQUITROP      modulo:RECOMENDACOES PARA PROJETO <METODO MAHONEY ADAPT.> <<
Cidade:SAO CARLOS <77/86> *           UF:SP           TMA:21.0     AMA:16.0     ALT:855

```

	JN	FU	MR	AB	MA	JN	JL	AG	ST	OT	NU	DZ
MAX	27.5	29.0	28.0	26.5	25.0	23.5	24.0	26.0	26.0	28.0	28.0	27.0
MIN	18.5	19.0	18.5	16.5	15.0	13.0	13.0	14.0	15.0	17.0	18.0	18.5
AMP	9.0	10.0	9.5	10.0	10.0	10.5	11.0	12.0	11.0	11.0	10.0	8.5
UMI	79 d	75 d	78 d	76 d	74 d	72 d	66 c	64 c	66 c	66 c	74 d	80 d
CHU	233	169	174	74	64	47	33	42	77	114	176	320

```

DIA  QUEN  QUEN  QUEN  ****  ****  ****  ****  ****  ****  ****  QUEN  ****
NOI  ****  ****  ****  FRIO  FRIO  FRIO  FRIO  FRIO  FRIO  ****  ****  ****

```

```

IMPLANT  Fach. maiores Nor/Sul <menor insolacao>. Afastar. Controle vento.
ABERTUR  25%-40% N/S <e/ou L/O clima frio>. Sombrear. Ventilar. Proteg/chuva.
PAREDES  Pesadas , K ≈ 1.98 W/m².C. RETARD = 8 horas, FATOR SOL ≈ 4 %
COBERT.  Leve/Isol, K ≈ 0.81 W/m².C. RETARD ≈ 3 horas, FATOR SOL ≈ 3 %

```

[Grafico ou tecla [ENTER] para voltar ao MENU

Figura 6: Recomendações para projeto.

Fonte: Arquitrop (RORIZ, 1990).

Tipos de resultado.

Gráficos e tabelas.

Dados de entrada.

- Estado, cidade do banco de dados, ou incluir nova cidade. Para tal devem ser fornecidos os valores médios, mês a mês, da pressão atmosférica, temperaturas média, máxima, mínima, máxima e mínima absolutas, umidade relativa, nebulosidade, precipitação total, precipitação máxima em 24 horas, evaporação total e insolação total (horas). Latitude, longitude e orientação.
- Dia, mês, componente construtivo, espessura, condutividade, temperaturas interna, superficial interna, externa e superficial externa. Cor da superfície externa.

Banco de dados.

Dados climáticos de várias cidades brasileiras.

Propriedades físicas de materiais e componentes construtivos.

Auxiliar de desenho com uma relação de 67 croquis de elementos construtivos.

Fase de projeto para aplicação.

Estudo preliminar, concepção e anteprojeto.

Comentários.

Algumas de suas limitações é o banco de dados de ventos não atualizado (de 1970 a 1990) e a sua interface que se encontra em MS-Dos, o que dificulta o seu uso.

3.1.4 Programa BRISE 1.3

Referência. Alucci, Márcia. **Brise 1.3.** Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética- FAUUSP. 2006.

Disponibilidade. Gratuito com obtenção direta (disponível para carregamento) através do site.

Endereço **de** **Acesso:**
<http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto/index.html>

Língua: português.

Nível de dificuldade. Fácil

O que o programa faz?

- O programa apresenta a eficiência de brise-soleil, dimensionado, horizontal, vertical ou misto, durante todas as horas do ano;
- Elabora um relatório com os resultados para os brises dimensionados contando com a apresentação da carta solar e as máscaras de sombra equivalentes.

Categoria de análise.

Insolação (dimensionamento de brises).

Figuras que exemplificam os tipos de resultados fornecidos.

Solução adotada (PV direita)

Placas verticais de 2 metros
Distancia entre placas= - metros
número de placas= 1

Placa vertical esquerda (PV)

Largura= 2,00 metros
Altura= 2,00 metros

Solução adotada (PV esquerda)

Placas verticais de 2 metros
Distancia entre placas= - metros
número de placas= 1

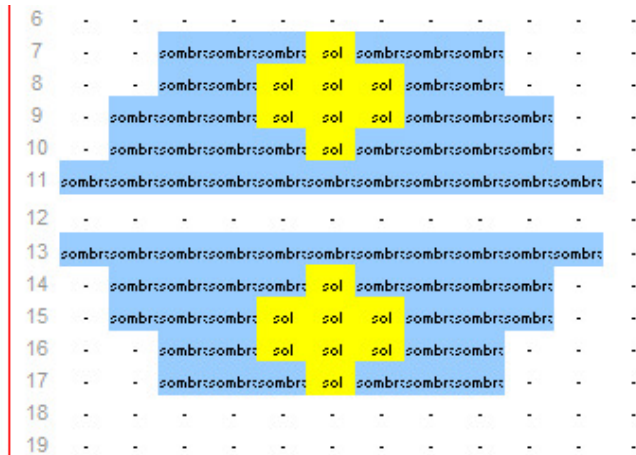


Diagrama Solar / Máscaras

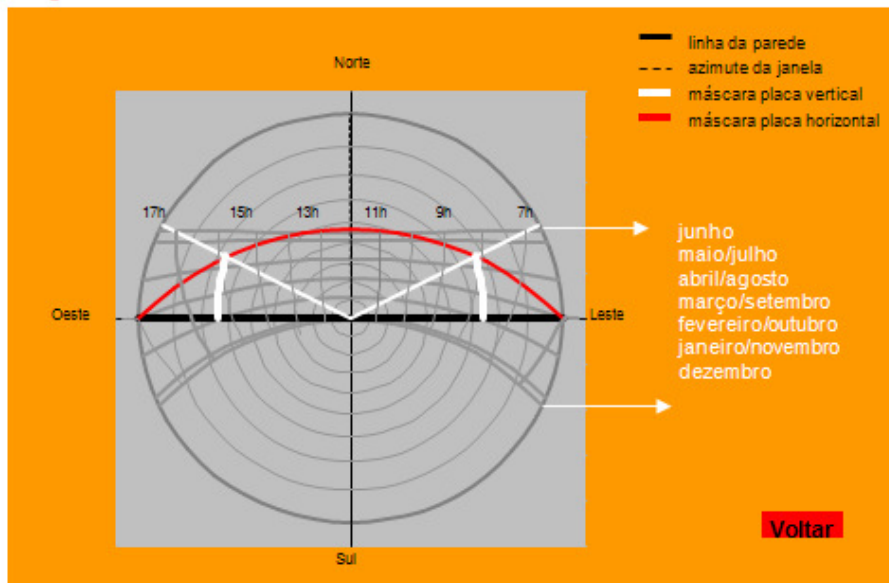


Figura 7: Relatório final do programa com brises dimensionados para São Carlos.

Fonte: Brise (LABAUT, 2006).

Tipos de resultado.

Desenhos e relatório descritivo.

Dados de entrada.

- Escolher cidade.
- Azimute da janela.
- Dimensionamento de placa horizontal: largura da placa, altura da abertura, distância entre a placa e a parte superior da abertura e espessura da parede (corte da fachada com placa horizontal). Prolongamento da placa para além das extremidades da abertura e comprimento da abertura (elevação da fachada com placa horizontal).
- Dimensionamento de placas verticais: altura entre a extremidade superior da abertura e a extremidade superior da placa e distância entre as extremidades

laterais da abertura e as placas (elevação da fachada com placas verticais).
Comprimento das placas (planta da fachada com placas verticais).

Banco de dados.

Dados climáticos de algumas cidades brasileiras.

Fase de projeto para aplicação.

Estudo preliminar e anteprojeto.

Comentários.

O programa possibilita o estudo para dimensionamento de brises, é de fácil compreensão e utilização. Conta com um atalho de ajuda que explica a carta solar com as máscaras de sombra.

Depois de inseridos os dados de entrada, se pode verificar o dimensionamento com um atalho *conferir a posição dos brises* e com o desenho que mostra os períodos em que o sombreamento foi possível com o dimensionamento dos brises. Além disso, pode-se substituir uma única placa por várias placas menores com botões verdes que ficam à direita da tela. O programa também apresenta a carta solar da respectiva cidade com a máscara definida pelos brises dimensionados.

Uma característica interessante é que o programa elabora um relatório com os dados obtidos.

3.1.5 Programa CHAMINÉ 2.5

Referência. Alucci, Márcia. **Chaminé 2.5.** Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética- FAUUSP. 2002.

Disponibilidade. Gratuito com obtenção direta (disponível para carregamento) através do site.

Endereço de Acesso:
<http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto/index.html>

Língua: português.

Nível de dificuldade. Fácil

O que o programa faz?

- Calcula variados parâmetros relativos à ventilação natural por efeito chaminé, para ambientes com diferentes aberturas laterais e zenitais: número de renovações de ar por hora, ;
- Altura de localização da zona neutra;
- Vazão de entrada e de saída de ar, em m³/hora ou segundos;
- Informa se a taxa de renovação de ar é suficiente para remoção do calor acumulado no ambiente e a vazão mínima necessária para tal.

Categoria de análise.

Ventilação (quantidade e tamanho das aberturas, taxa de renovação de ar).

Figuras que exemplificam os tipos de resultados fornecidos.

Resultados

Localização da zona neutra (m)=	1,00
Vazão de Entrada de ar=	1193 m ³ /h ou 0,3 m ³ /s
Vazão de Saida de ar=	1193 m ³ /h ou 0,3 m ³ /s
Número de renovações de ar por hora=	16 volumes por hora

Distribuição dos fluxos

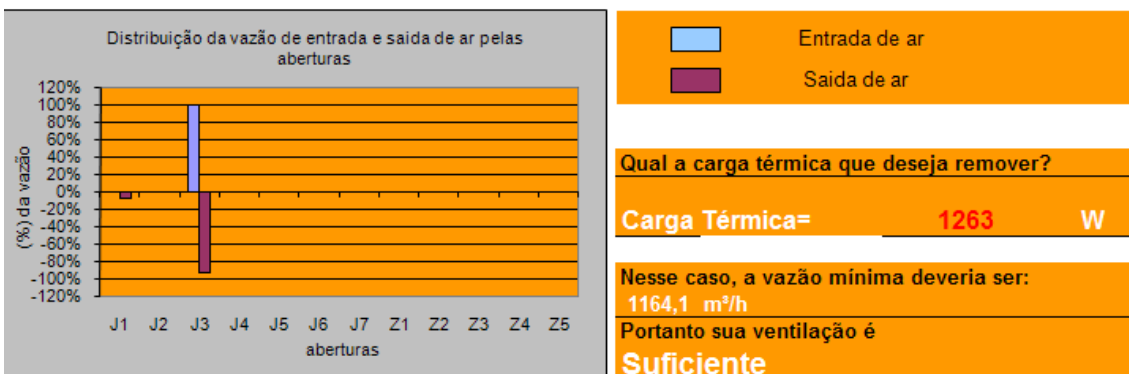


Figura 8: Resultados obtidos.
Fonte: Chaminé (LABAUT, 2002).

Tipos de resultado.

Gráficos e relatório descritivo.

Dados de entrada.

- Volume do ambiente; pé direito; diferença entre as temperaturas interna e externa.
- Permite até 7 aberturas: largura, altura superior e inferior da abertura, altura inferior da abertura e sua eficiência (em porcentagem de vão livre),.
- Aberturas zenitais: área da abertura, altura com relação à parte inferior do teto e eficiência.
- Indicar o valor de carga térmica que se deseja remover.

Banco de dados.

Não possui.

Fase de projeto para aplicação.

Estudo preliminar e anteprojeto.

Comentários.

Ferramenta de fácil compreensão e utilização. Apresenta um relatório final com os resultados obtidos e faz uma comparação entre o valor de renovação de ar necessário e o adquirido, dizendo se a ventilação é suficiente ou insuficiente.

Para o uso dessa ferramenta, no entanto, o usuário deve saber fornecer o valor da carga térmica do ambiente e estimar valores adequados para a diferença entre as temperaturas interna e externa. Além disso, o usuário do programa deve observar a orientação das aberturas em relação ao vento predominante, para evitar que o efeito chaminé seja reduzido devido ao efeito dos ventos.

3.1.6 Programa CLIMATICUS 4.2

Referência. Alucci, Márcia. **Climaticus 4.2** (versão Beta). Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética- FAUUSP. 2005.

Disponibilidade. Gratuito com obtenção direta (disponível para carregamento) através do site.

Endereço de Acesso:
<http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto/index.html>

Língua: português.

Nível de dificuldade. Fácil

O que o programa faz?

- Oferece ao usuário o acesso a um banco de dados climáticos de 58 cidades brasileiras;
- Disponibiliza ferramentas para o diagnóstico climático, tais como a Carta Bioclimática de Givoni, a classificação do clima segundo Mahoney e diagramas de geometria ótima;
- Gráficos de temperatura e umidade, radiação solar e insolação, ventos, precipitação e nebulosidade; permite a obtenção da radiação solar e horários de sol para a orientação escolhida.
- Estima o consumo e o custo médio mensal de energia de um ambiente (eficiência energética).

Categoria de análise.

Análise climática.

Figuras que exemplificam os tipos de resultados fornecidos.

cidade	Lat (s)	Long. (W.Gr.w.)	Alt. (m)										
São Carlos	22	47,5	856										
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Pressão Atmos (hPA)	886	886	887	888	889	890	860	859	889	887	886	885	882,7
Temperatura Média (°C)	21,6	21,9	21,7	20,2	18,1	16,7	16	17,8	19,6	19,7	21,1	21,4	19,6
Temperatura Máxima (°C)	26,8	27,2	27	25,7	23,6	22,7	22,1	24,3	25	24,7	25,8	25,2	25
Temperatura Mínima (°C)	17,5	17,7	17,2	15,5	13,2	12	11,4	12,5	14,2	14,7	16	17,2	14,9
Temp Máx Absoluta (°C)	35,7	34,6	33,5	31,6	29,4	29,3	29,6	33,2	36	36,4	36,9	33,6	36,9
Temp Mín Absoluta (°C)	8	8	6	5,9	0,7	1	-0,1	2,2	3,8	5,2	6	8	-0,1
Precipitação Total (mm)	249	191	167	73,2	61,6	40,4	30,8	30,9	65	158	161	267	1495,1
Precip-Máx em 24h (mm)	98,4	143	72,3	65,3	76,9	92,2	194	49,8	52,7	68,9	123	89,1	194,1
Evaporação Total (mm)	97,9	93,7	109	110	110	109	133	174	176	152	132	102	1497,9
Umidade Relativa (%)	76	75	73	68	67	66	61	54	58	80	67	73	68
Insolação Total (horas)	106	107	112	120	121	120	119	107	104	109	98,9	86,9	1311,2
Nebulosidade (0-10)	7,1	6,8	6	4,9	4,4	4,1	3,6	3,7	4,6	7,1	6	6,8	5,4

Fonte: Normais Climatológicas (1961-1990), Brasília, 1992
 Ministério da Agricultura e Reforma Agrária
 Secretaria Nacional de Irrigação
 Departamento Nacional de Meteorologia

Figura 9: Dados Climáticos de São Carlos.
 Fonte: Climaticus (LABAUT, 2005).

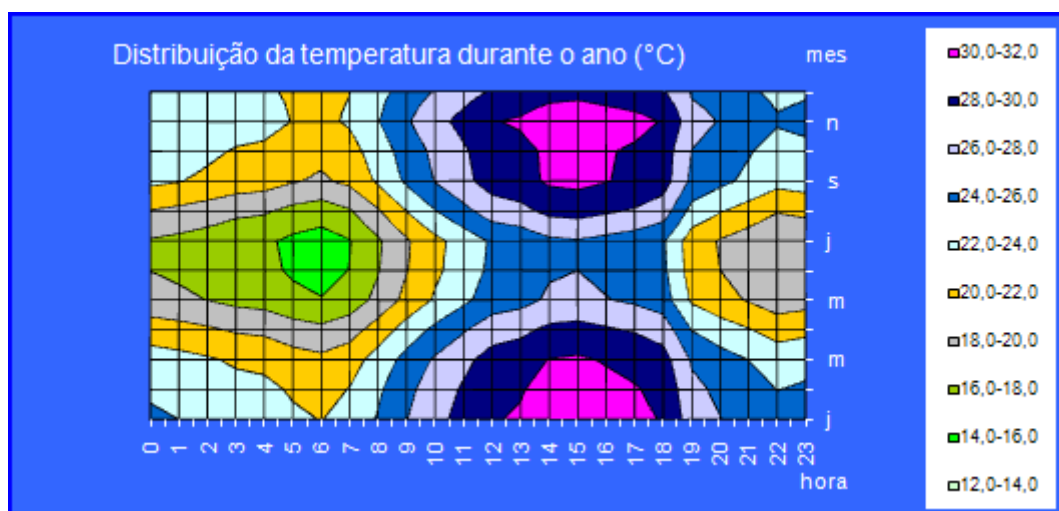


Figura 10: Distribuição da temperatura durante o ano (°C) em São Carlos.
 Fonte: Climaticus (LABAUT, 2005).



Figura 11: Balanço térmico horário em São Carlos, obtido através da Carta Bioclimática. ZV= ventilação, CA= condicionamento artificial, ZC= conforto, MTA= massa térmica aquecimento MTR= massa térmica resfriamento.

Fonte: Climaticus (LABAUT, 2005).

Tipos de resultado.

Gráficos, tabelas e descrições.

Dados de entrada.

- Escolher cidade do banco de dados, ou incluir nova cidade. Para tal devem ser fornecidos os valores médios, mês a mês, da pressão atmosférica, temperaturas média, máxima, mínima, máxima e mínima absolutas, umidade relativa, nebulosidade, precipitação total, precipitação máxima em 24 horas, evaporação total e insolação total (horas).
- Para a obtenção da radiação solar e horários de sol em uma determinada orientação, deve-se fornecer o azimute da fachada.
- Para definir geometria ótima para o local, área em planta da edificação e altura total.
- Para o cálculo do consumo de energia de um ambiente, deve-se fornecer o período de início e fim da jornada de trabalho, as dimensões do ambiente, a Tc (temperatura e conforto), ganho e perda de calor no ambiente, no mês mais quente (em W) e o valor da tarifa de energia elétrica.

Banco de dados.

Dados climáticos para 58 cidades brasileiras.

Fase de projeto para aplicação.

Concepção.

Comentários.

Programa simples de fácil utilização e compreensão.

A tabela de dados tem como fonte as Normais Climatológicas (1961-1990) fornecidas pelo Departamento Nacional de Meteorologia, Brasília, 1992.

Está sendo elaborada uma nova análise para o programa, que é a da iluminância em plano vertical.

Como o programa não possui maiores explicações, não é possível saber exatamente como certos cálculos são feitos, como, por exemplo, o referente à eficiência energética ou à geometria ótima.

3.1.7 Programa CTCA (Conforto Térmico, Cálculo e Análise)

Referência. Marins, Karin Regina de Castro e Ribeiro, Tiago Gimenez. CCTA, **Conforto Térmico, Cálculo e Análise**, Versão 1.0b1. Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética- FAUUSP. 1999.

Disponibilidade. Gratuito com obtenção direta (disponível para carregamento) através do site.

Endereço **de** **Acesso:**
<http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto/index.html>

Língua: português.

Nível de dificuldade. Fácil

O que o programa faz?

- Realiza o cálculo de desempenho térmico de edificações, auxiliando na compreensão do método empregado (CSTB) (*Centre Scientifique et Technique du Batiment, Paris, França*), e dos conceitos envolvidos. Assim, é possível simular a temperatura interna máxima de um ambiente, e sua relação à zona de conforto térmico. O programa também apresenta os ganhos de calor solar, por elemento construtivo.
- Apresenta um banco de dados (informações sobre cidades, materiais, atividades, potência de equipamentos e lâmpadas, entre outras). Estes dados podem ser consultados diretamente sem passar pelos recursos de cálculo, funcionando, desta maneira, como uma fonte de dados para a elaboração de projetos.

Categoria de análise.

Desempenho térmico do edifício como um todo.

Figuras que exemplificam os tipos de resultados fornecidos.

Ganhos de calor solar, por elemento construtivo [W] - parede1

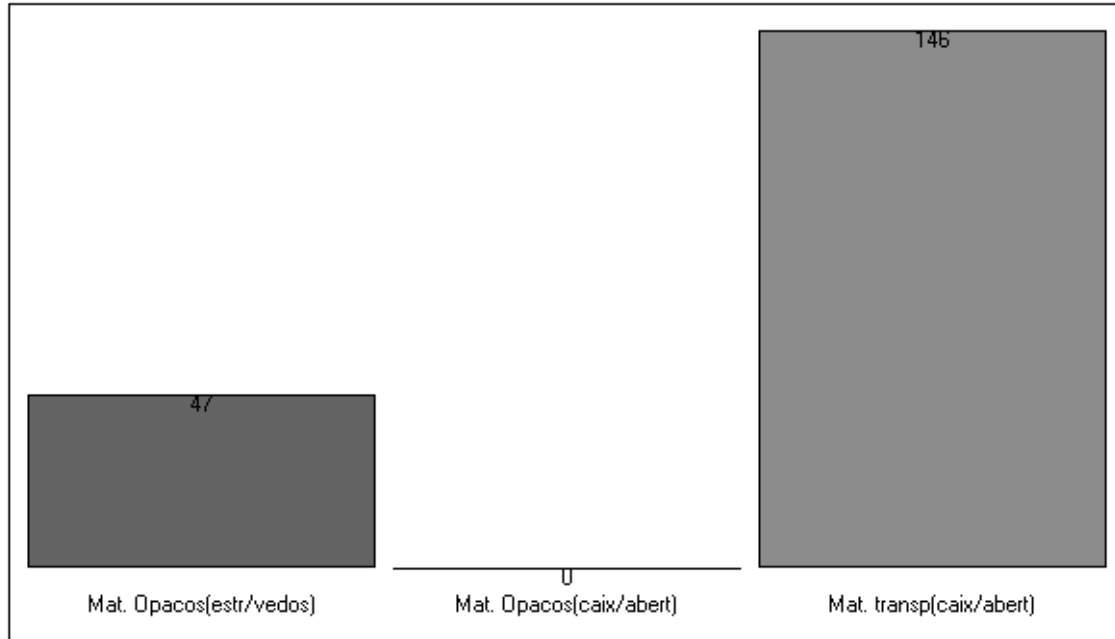


Figura 12: Gráfico de ganhos de calor por elemento construtivo para um ambiente na cidade de São Carlos.

Fonte: CTCA (LABAUT, 1999).

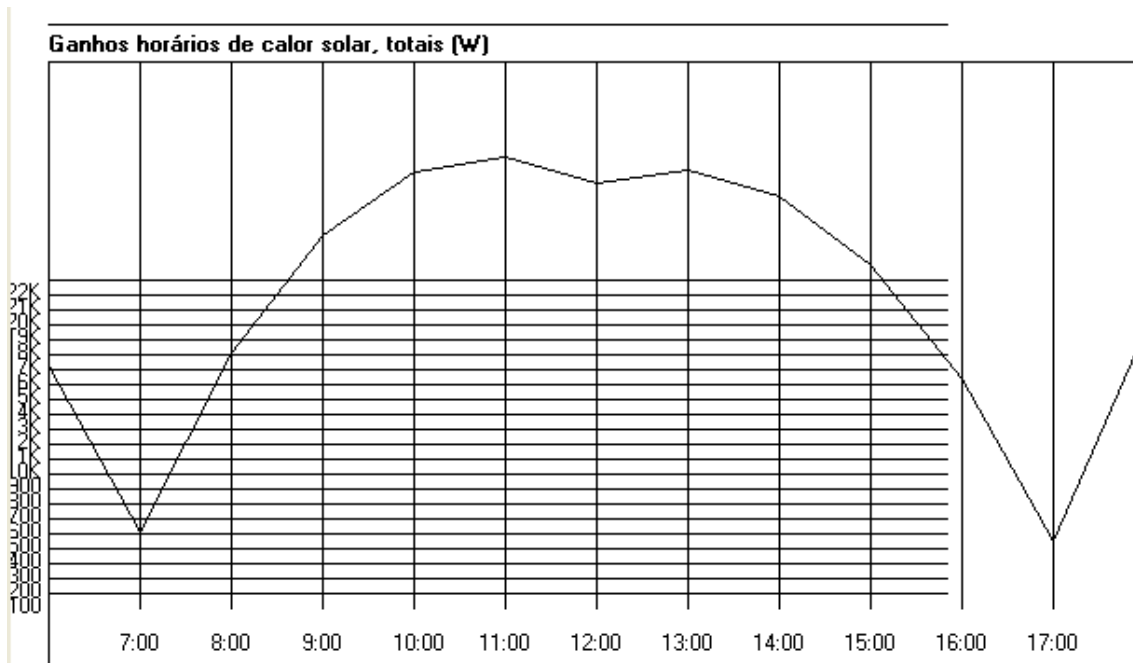


Figura 13: Gráfico de ganhos horários de calor solar para um ambiente na cidade de São Carlos.

Fonte: CTCA (LABAUT, 1999).

Tipos de resultado.

Gráficos e relatório descritivo.

Dados de entrada.

- Dados de localização: cidade e mês em que gostaria de realizar a análise.
- Dados do ambiente: nome do ambiente; área do ambiente; trocas de ar/hora.
- Dados de projeto (faces do ambiente): incluir a quantidade de elementos construtivos (paredes verticais e/ou horizontais)- comprimento, pé direito, orientação, localização (interna ou externa).
- Dados de projeto: para cada elemento construtivo determinar a função estrutural e vedação (material e espessura); número de caixilhos e aberturas, dimensões, composição (porcentagem de área opaca, material opaco e material transparente), porcentagem de abertura e entrada e/ou saída de ar.
- Dados de ocupação: incluir atividades que serão realizadas no ambiente e o número de pessoas; equipamentos elétricos (incluir equipamentos utilizados e a quantidade de cada um); iluminação artificial (incluir tipo de iluminação e quantidade).

Banco de dados.

- Dados climáticos de várias cidades brasileiras;
- Ganhos de calor metabólico, sensível e latente para várias atividades humanas;
- Características de variados equipamentos elétricos e eletrônicos;
- Equipamentos de iluminação artificial;
- Propriedades termo-físicas de variados materiais de construção, vidros e materiais para caixilhos.
- O programa também permite a entrada de novos dados pelo usuário.

Fase de projeto para aplicação.

Estudo preliminar e anteprojeto.

Comentários.

Depois de inseridos todos os dados de entrada é apresentada a relação dos dados inseridos para uma confirmação dos mesmos e posterior realização dos cálculos. O programa também conta com um assistente que tem a função não só de esclarecer sobre a utilização do aplicativo, mas também sobre o conteúdo do mesmo, no que diz respeito aos conceitos básicos envolvidos.

Ainda não implementado na versão 1.0 do CTCA o diagnóstico climático que deve ser utilizado para avaliação das condições climáticas do local para o qual será projetada a edificação, ainda está no estágio de estudo preliminar.

No desempenho térmico podem-se obter mais informações sobre o clima da cidade escolhida. Caso não esteja disponível na lista a cidade desejada, poderá ser feita uma

inclusão no banco de dados do usuário, desde que este tenha posse dos dados climáticos necessários.

3.1.8 Programa DLN 2.06 (Cálculo de Disponibilidade de Luz Natural)

Referência. Alucci, Márcia. **DLN 2.06.** Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética- FAUUSP. 1997.

Disponibilidade. Gratuito com obtenção direta (disponível para carregamento) através do site.

Endereço de Acesso:
<http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto/index.html>

Língua: português.

Nível de dificuldade. Fácil

O que o programa faz?

- Ferramenta computacional desenvolvida para calcular a disponibilidade de luz natural em um dia típico, vários dias do ano ou em determinado ponto para diferentes orientações.

Categoria de análise.

Análise climática (disponibilidade de luz natural).

Figuras que exemplificam os tipos de resultados fornecidos.

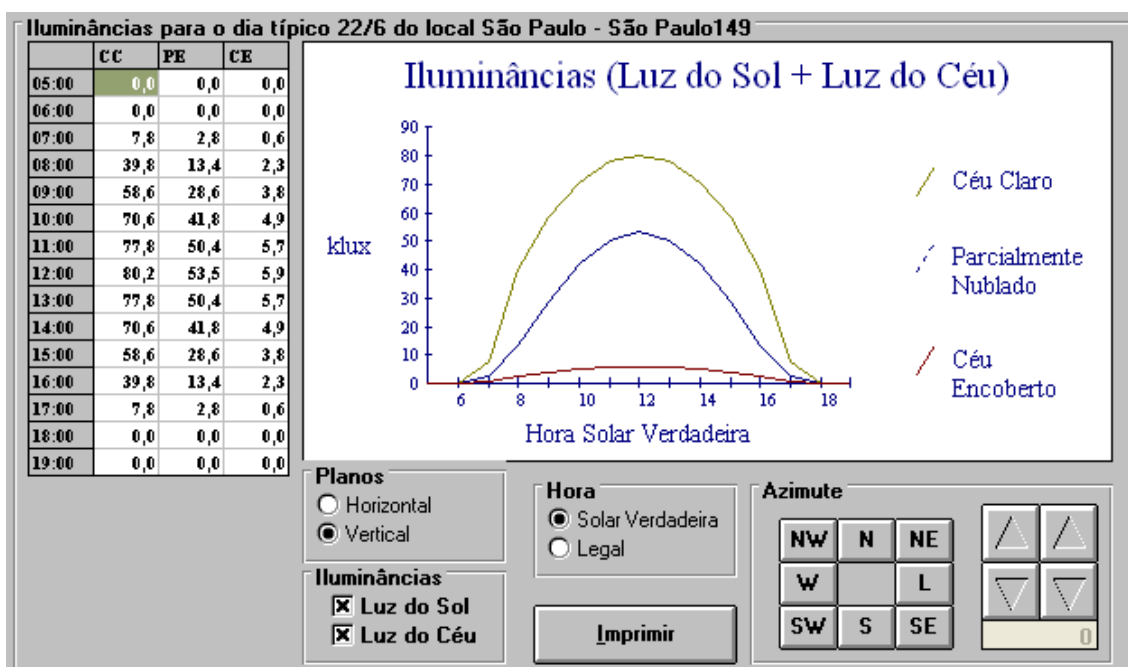


Figura 14: Iluminâncias para o dia típico 22/6 de São Paulo.

Fonte: DLN (LABAUT, 1997).

Tipos de resultado.

Gráficos e tabelas.

Dados de entrada.

- Escolher cidade.
- Tipo de dados (dia luminoso típico, iluminâncias diárias ou luminâncias); período inicial e final. Se a escolha for luminâncias: azimute e ângulo do ponto P.
- Para o resultado: plano horizontal ou vertical, hora solar verdadeira ou legal, iluminâncias (luz do sol e/ou luz do céu) e azimute.

Banco de dados.

Dados climáticos de algumas cidades brasileiras (capitais).

Fase de projeto para aplicação.

Concepção.

Comentários.

É de fácil utilização, com rápida apresentação do resultado. Comporta uma página de ajuda, mas não foi possível encontrar a explicação dos tópicos do programa nos seus atalhos.

3.1.9 Programa FACHADA 2.1

Referência. Alucci, Márcia. **Fachada 2.1.** Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética- FAUUSP. 2005.

Disponibilidade. Gratuito com obtenção direta (disponível para carregamento) através do site.

Endereço **de** **Acesso:**
<http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto/index.html>

Língua: português.

Nível de dificuldade. Fácil

O que o programa faz ?

- Calcula a temperatura interna do ar em um ambiente (monozona), sem condicionamento artificial;
- Calcula o consumo de energia elétrica pelo sistema de ar condicionado (para o horário crítico em termos térmicos: 15 horas);
- Estima o desempenho e as condições de conforto térmico do ambiente (variação da temperatura para um dia de verão, radiação solar incidente às 15 h desse dia, em cada fachada, distribuição do ganho de calor nos componentes, porcentagem de satisfeitos e de insatisfeitos e distribuição da temperatura radiante média ao longo do ambiente com e sem ar condicionado).
- Elabora um relatório final com os resultados adquiridos.

Categoria de análise.

Desempenho do edifício como um todo.

Figuras que exemplificam os tipos de resultados fornecidos.

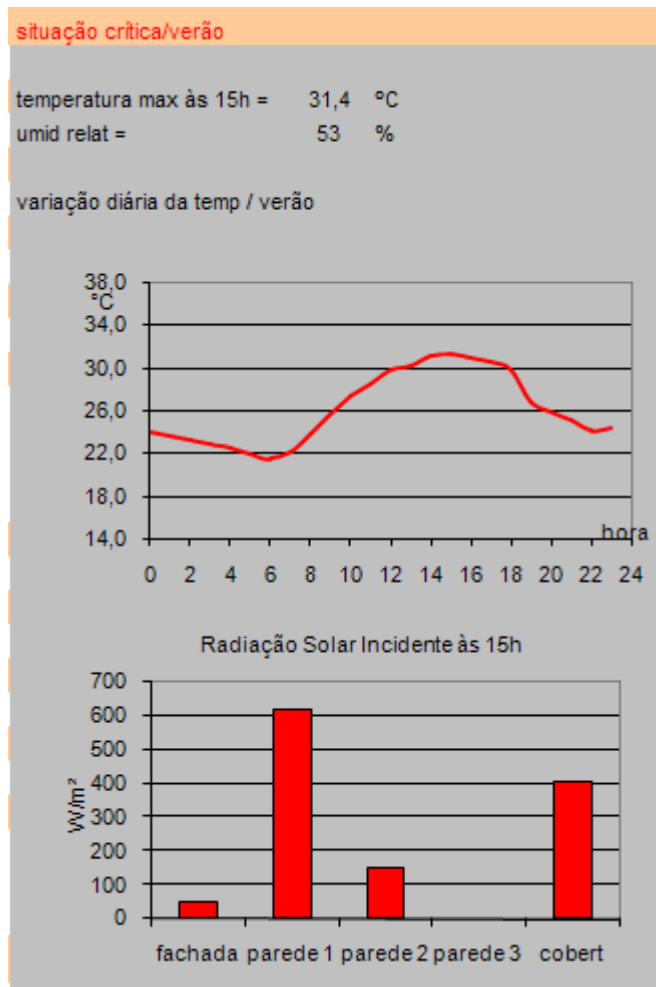


Figura 15: Gráficos de variação diária da temp. e radiação solar incidente em São Carlos.

Fonte: Fachada (LABAUT, 2005).

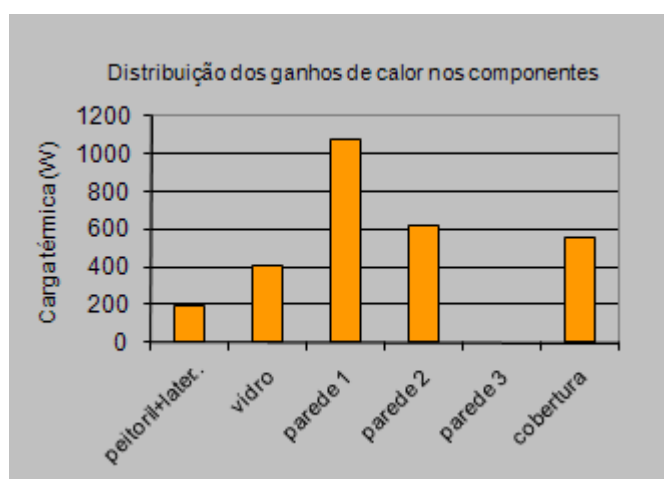


Figura 16: Distribuição dos ganhos de calor nos componentes.

Fonte: Fachada (LABAUT, 2005).

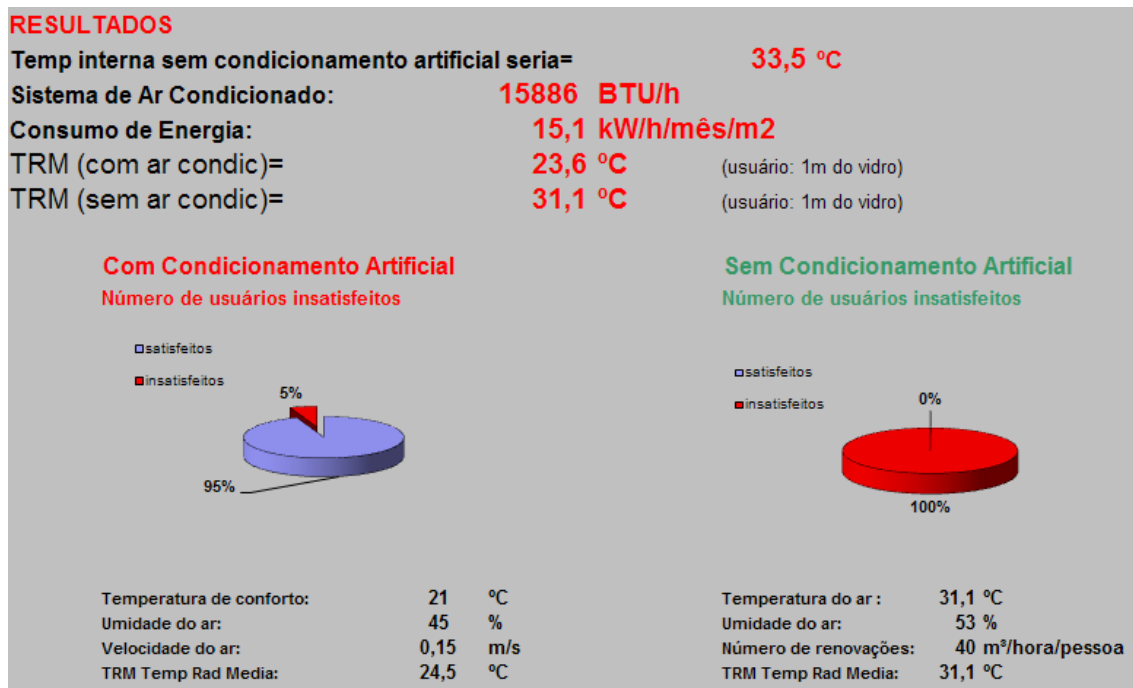


Figura 17: Resultados, parte do relatório final.

Fonte: Fachada (LABAUT, 2005).

Tipos de resultado.

Gráficos e relatório descritivo.

Dados de entrada.

- Cidade.
- Dados do ambiente: comprimento da abertura, largura e comprimento do ambiente (planta); altura, peitoril, distância entre as extremidades da abertura e extremidades da parede que a contém (fachada); pé direito (corte).
- Orientação da fachada onde a janela encontra-se.
- Para cada componente (paredes, cobertura e peitoril), escolher exposição (interna ou externa) e cor.
- U ($W/m^2°C$), transmitância e absorção de acordo com o tipo de vidro. Para isso consultar o Banco de Dados de Vidros que também se encontra no mesmo site.
- U ($W/m^2°C$) dos fechamentos opacos, para cada componente (peitoril, fechamentos e cobertura), escolher o valor de.
- Inércia da construção, fornecida em uma escala que varia de 0,1 a 1.
- Em ocupação do ambiente, escolher horas/dia, dias/mês, número de pessoas e o tipo de atividade realizada no ambiente.
- Para o sistema de iluminação artificial, escolher o valor de potência do sistema instalado. Taxa de ventilação (mínimo de Norma) NBR 6401 (para ar condicionado), taxa de renovação de ar (sem ar condicionado).

- Para as condições de conforto dos usuários, escolher temperatura do ambiente (°C), umidade relativa do ambiente (%), velocidade do ar interior (m/s), tipo de vestimenta dos usuários.
- Se houver brise (placa horizontal), determinar altura, largura e comprimento da placa.

Banco de dados.

Dados climáticos de algumas cidades brasileiras.

Fase de projeto para aplicação.

Estudo preliminar e anteprojeto.

Comentários.

Programa simples, de fácil utilização e compreensão.

As análises são apresentadas e alteradas ao longo da inserção dos dados de entrada, a partir do momento em que é escolhida a cidade. O mais interessante é que o programa apresenta um relatório final com os dados de entrada e as análises realizadas.

Suas limitações referem-se ao fato de só fazer as análises para o período do verão e fornecer alguns gráficos referentes somente às 15 horas, o que pode gerar interpretações equivocadas. Além disso, o ambiente pode ter paredes internas, mas a janela pode ser localizada em apenas uma fachada.

3.1.10 Programa LUX 2.0

Referência. Alucci, Márcia. **Lux 2.0.** Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética- FAUUSP. 2002.

Disponibilidade. Gratuito com obtenção direta (disponível para carregamento) através do site.

Endereço **de** **Acesso:**
<http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto/index.html>

Língua: português.

Nível de dificuldade. Fácil

O que o programa faz?

- Calcula a distribuição do Fator de Luz Diurna (%) para o ambiente e estima o consumo de energia elétrica anual para complementar a iluminação natural;
- São apresentadas três situações referentes ao consumo de energia elétrica anual: (a) somente com iluminação artificial; (b) sistema de iluminação artificial ativado em conjunto e (c) iluminação artificial apenas nos pontos críticos;
- É apresentado o gráfico da distribuição da iluminância (em lux) no ambiente, para variadas frequências de ocorrência.

Categoria de análise.

Insolação (iluminação natural).

Figuras que exemplificam os tipos de resultados fornecidos.

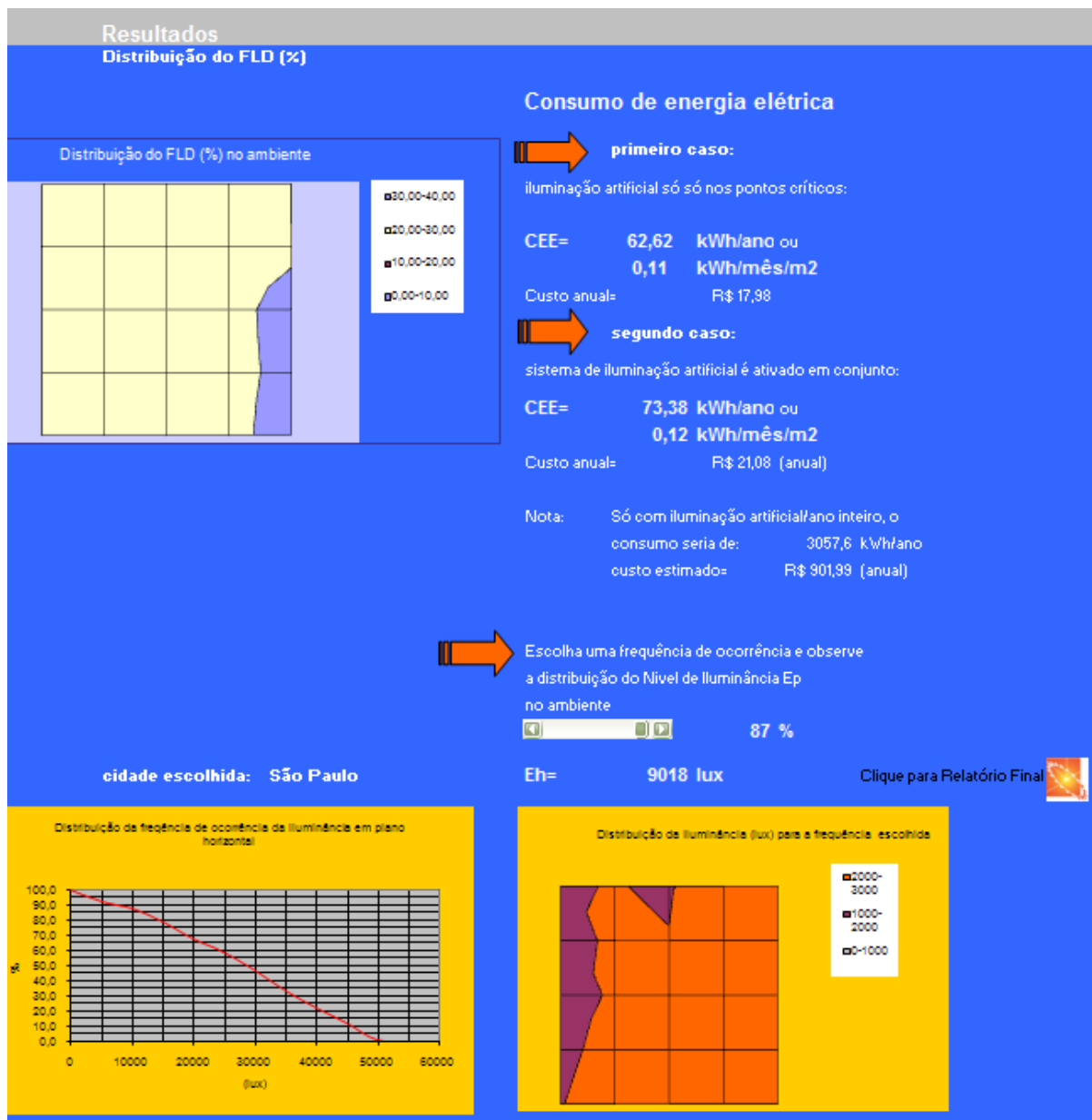


Figura 18: Resultados obtidos para a cidade de São Paulo.

Fonte: Lux (LABAUT, 2002).

Tipos de resultado.

Gráficos e relatório descritivo.

Dados de entrada.

- Escolher cidade.
- Largura das janelas (até 4 no ambiente); altura das paredes; altura do parapeito; comprimento das paredes; fator de caixilho (área livre-vidro/área do vão livre na alvenaria); transmissão luminosa dos vidros; característica da área (industrial, não industrial).

- Potência do sistema de iluminação artificial; tempo de utilização do sistema (dias por mês); número de meses/ano; hora de início e de final do período; nível de iluminância exigido pela NBR 5413.
- Dados do ambiente: largura, comprimento, pé direito e plano de trabalho.
- Valores de refletância para revestimentos internos.

Banco de dados.

Dados climáticos de algumas cidades brasileiras.

Fase de projeto para aplicação.

Estudo preliminar e anteprojeto.

Comentários.

Ferramenta de fácil compreensão e utilização. Apresenta um relatório final com os resultados obtidos.

3.1.11 Programa LUZ DO SOL 1.1

Referência. Roriz, Maurício. **Luz do Sol.** Versão 1.1. Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em construção Civil. 1995.

Disponibilidade. Gratuito com obtenção direta (disponível para carregamento) através do site.

Endereço de Acesso: <http://www.labeee.ufsc.br/software/luzDoSol.html>

Língua: português.

Nível de dificuldade. Fácil

O que o programa faz?

- Estima a quantidade de calor e de luz emitidos pelo Sol e que entram pelas aberturas pré-dimensionadas.
- Fornece a carta solar da latitude desejada.
- Sobre põe o transferidor auxiliar na carta solar, na orientação desejada.
- Apresenta uma tabela e um gráfico de radiação solar (Wh/m²) para locais definidos.
- Mostra o relógio solar.
- Desenhos em planta da projeção da iluminação resultada das aberturas (de acordo com hora, altura e azimute solar). Limitado para no máximo duas aberturas.
- Desenho em planta da distribuição da Componente Celeste do Coeficiente de Luz Diurna, representado em linhas e/ou texturas (iluminação lateral).

Categoria de análise.

Insolação (iluminação natural, análise da incidência solar nas diversas orientações, dimensionamento de brises).

Figuras que exemplificam os tipos de resultados fornecidos.

Radiação Solar (Wh/m ²) - Latitude:- 22,50 Nebulosidade: 03,8 Dia:22 Dez						
	0	90	180	270	COB	TOTAL
05,31	0	0	0	0	0	0
05,81	9	184	83	9	39	325
06,30	16	314	127	16	103	575
06,80	21	401	146	21	180	768
07,29	25	452	149	25	264	914
07,79	28	474	142	28	348	1020
08,28	31	471	130	31	427	1091
08,78	34	448	115	34	500	1131
09,27	36	410	100	36	565	1146
09,77	38	360	85	38	622	1142
10,27	39	300	73	39	671	1123
10,76	40	233	63	40	711	1088
11,26	41	160	57	41	740	1039
11,75	42	82	53	42	755	974
12,25	42	42	53	82	755	974
12,74	41	41	57	160	740	1039
13,24	40	40	63	233	711	1088
13,73	39	39	73	300	671	1123
14,23	38	38	85	360	622	1142
14,73	36	36	100	410	565	1146
15,22	34	34	115	448	500	1131
15,72	31	31	130	471	427	1091
16,21	28	28	142	474	348	1020
16,71	25	25	149	452	264	914
17,20	21	21	146	401	180	768
17,70	16	16	127	314	103	575
18,19	9	9	83	184	39	325
18,69	0	0	0	0	0	0

Figura 19: Tabela de radiação solar.

Fonte: Luz do Sol 1.1 (1995).

Radiação Solar (Wh/m²) - Latitude: -22,50 Nebulosidade: 03,8 Dia: 22 Dez

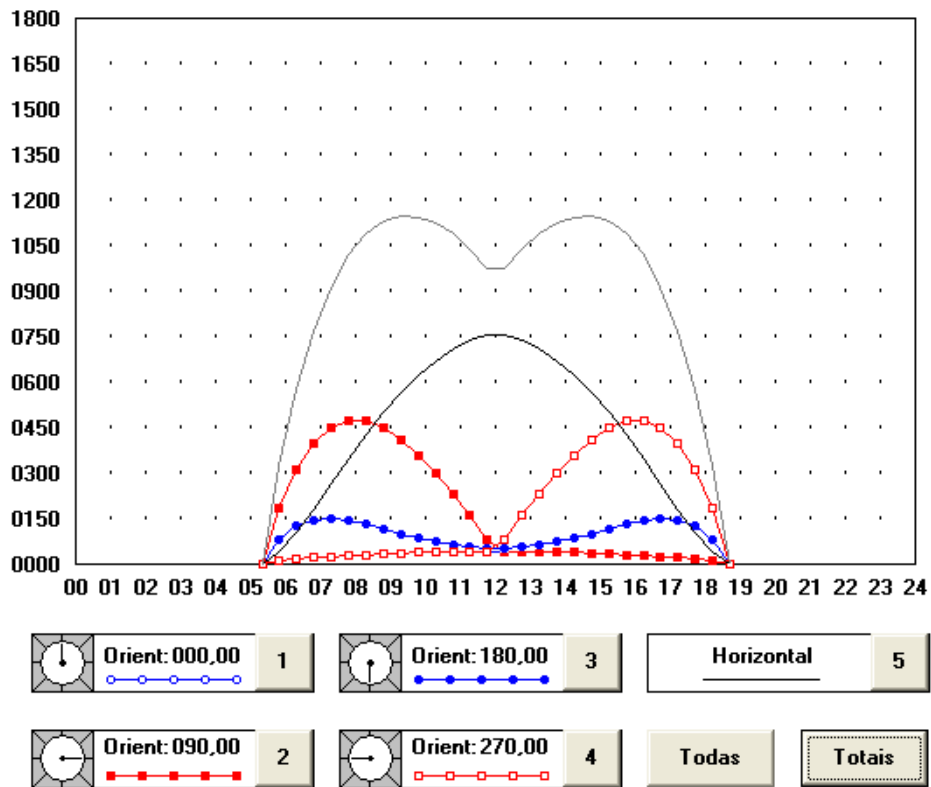


Figura 20: Gráfico de radiação solar para todas as orientações.

Fonte: Luz do Sol 1.1 (1995).

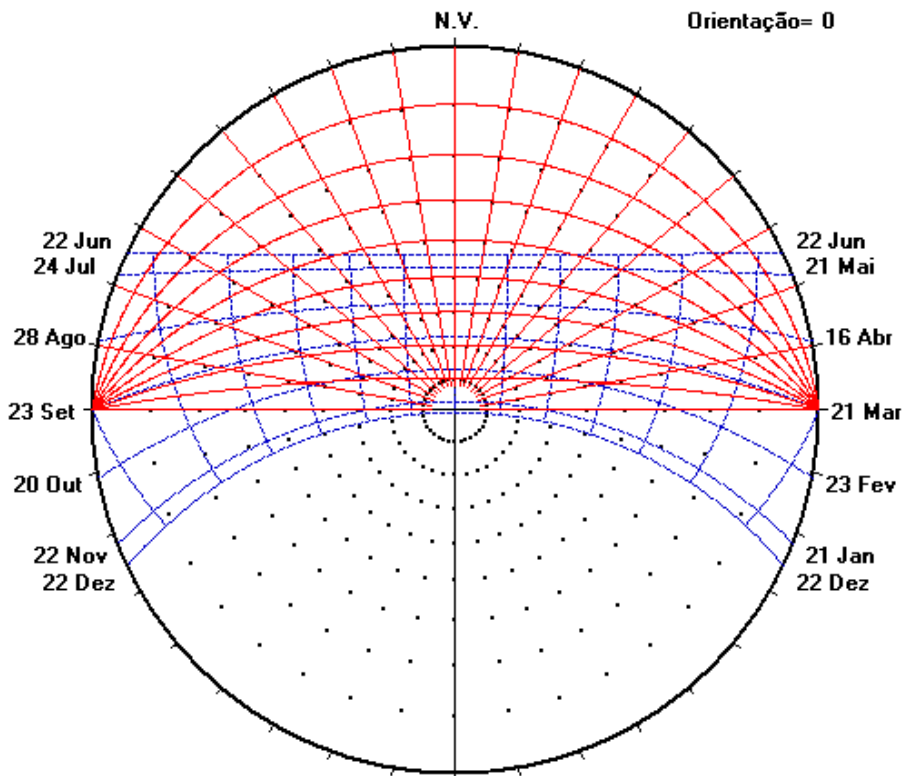


Figura 21: Carta e transferidor solar, latitude -22,50.
 Fonte: Luz do Sol 1.1 (1995).

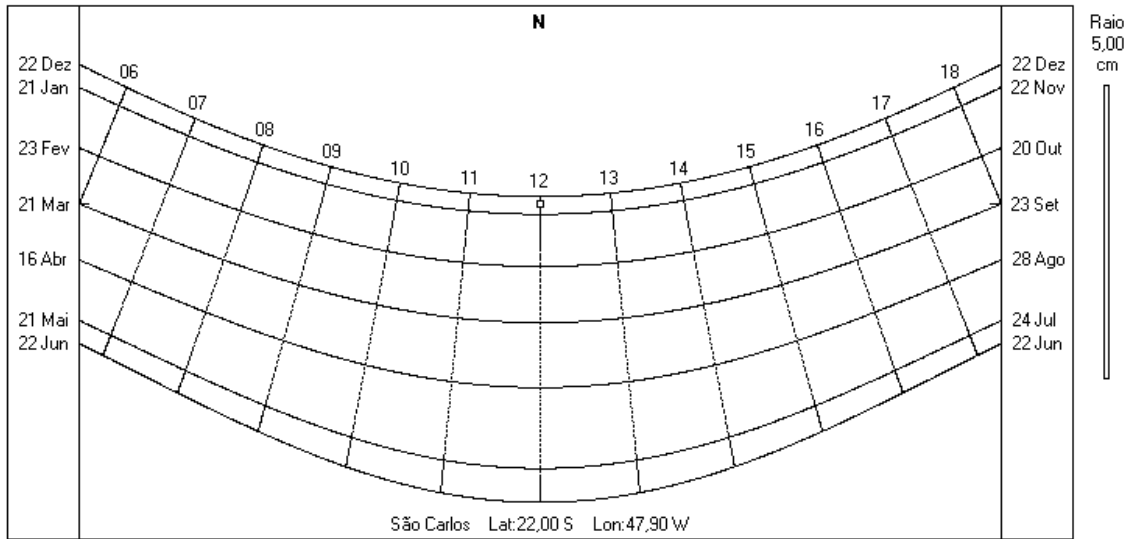


Figura 22: Relógio solar para a cidade de São Carlos.
 Fonte: Luz do Sol 1.1 (1995).

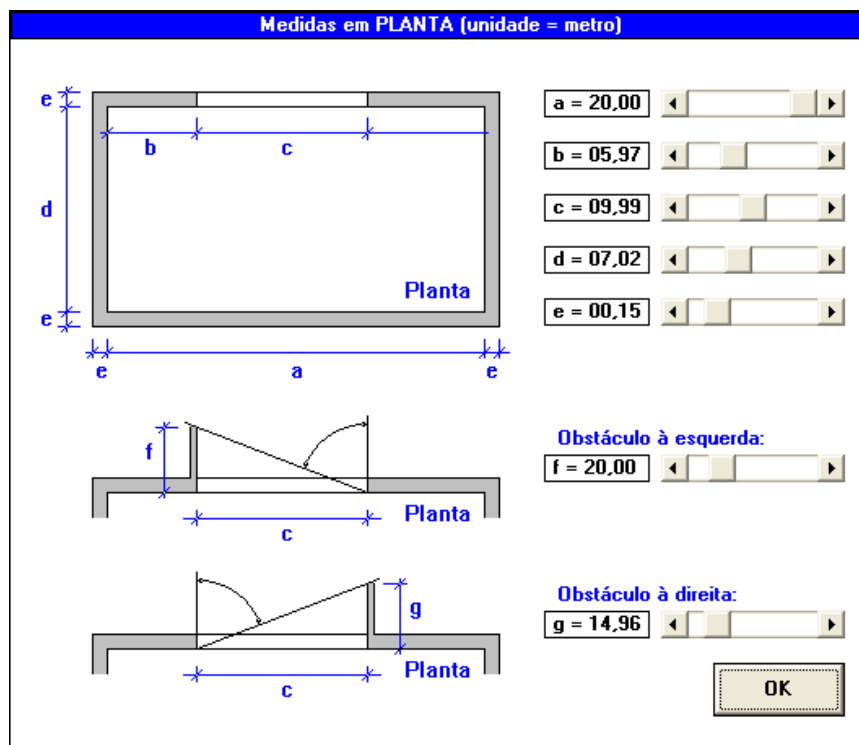


Figura 23: Medidas em planta.
 Fonte: Luz do Sol 1.1 (1995).

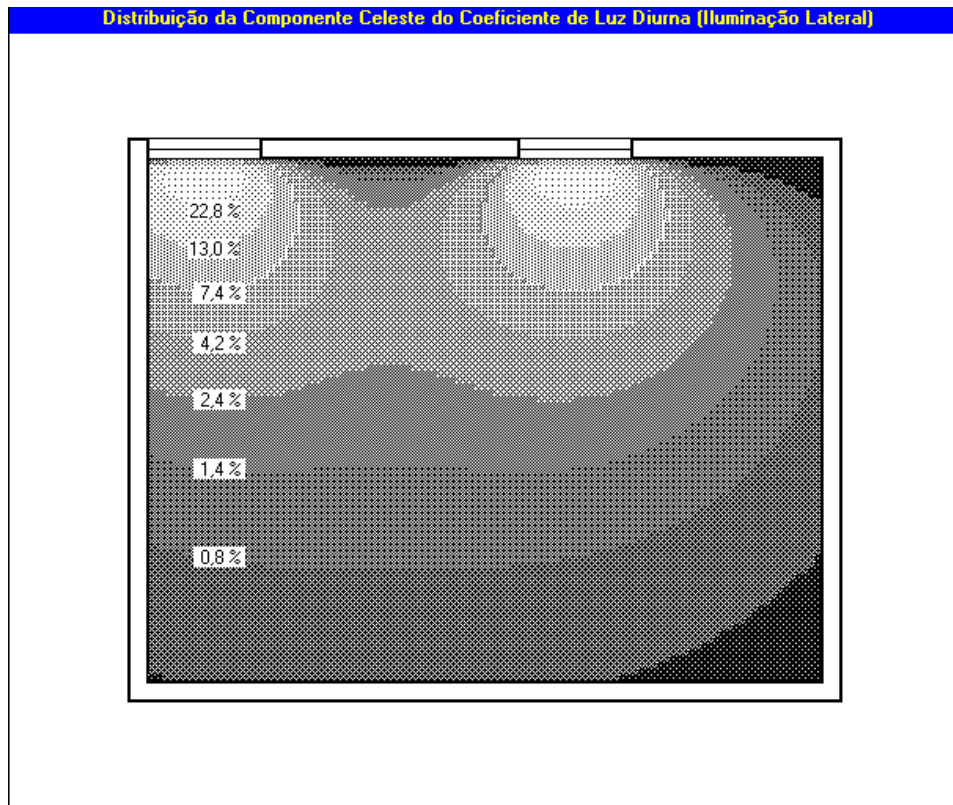


Figura 24: Distribuição da Componente Celeste do Coeficiente de Luz Diurna.
Fonte: Luz do Sol 1.1 (1995).

Tipos de resultado.

Predominantemente visual.

Dados de entrada.

Latitude.

Dia, mês, orientação (N, S, L, NO e etc.).

Nebulosidade (céu claro, encoberto ou parcialmente encoberto)

Estado, cidade.

Dimensionamento em planta e corte do ambiente e das aberturas, medidas de protetores solar (à direita, à esquerda, superior e inferior às aberturas).

Banco de dados.

Compreende um intervalo de latitude entre 65°S e 65°N.

Nebulosidade entre 0 e 10.

Para o relógio solar, compreende longitude entre 89°O e 31°L; latitude entre 54°S a 11°N; para várias cidades brasileiras.

Fase de projeto para aplicação.

Concepção, estudo preliminar e anteprojeto.

Comentários.

Através dele é possível obter informações básicas que são importantes para a elaboração do projeto. A quantidade de radiação solar que penetra no ambiente de acordo com as aberturas e suas orientações é um estudo indispensável para o dimensionamento correto das janelas de um edifício. A sua maior limitação é que não permite o estudo de ambientes com geometrias muito variadas.

3.1.12 Programa TRANSMITÂNCIA 1.0

Referência. Lee, A. S. e Lamberts, R. **Transmitância**, versão 1.0. LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES, LABEEE. Universidade Federal de Santa Catarina, (sem data).

Disponibilidade. Gratuito com obtenção direta (disponível para carregamento) através do site.

Endereço de Acesso: <http://www.labeee.ufsc.br/software/transmitancia.html>

Língua: português.

Nível de dificuldade. Fácil

O que o programa faz?

- Ferramenta computacional desenvolvida o cálculo das propriedades térmicas de componentes construtivos, através do método apresentado na ABNT NBR 15220-3, de 29/04/2005.

Categoria de análise.

Materiais opacos e transparentes (propriedades térmicas).

Figuras que exemplificam os tipos de resultados fornecidos.

Propriedades Térmicas de Elementos Construtivos

Relatório de Cálculo

Dados do Elemento:

Fluxo de calor: descendente	Emissividade para Radiações: 0,5
Superfície Externa: Pintura de alumínio	Resistência Superficial Interna: $0,17 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$
Absortância para Radiação Solar: 0,4	Resistência Superficial Externa: $0,04 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$

Seção A

Área: 15 m^2
Resistência: $0,025 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$
Capacidade: $2 \text{ kJ/(m}^2\text{.K)}$

<u>Material</u>	<u>Condutividade</u>	<u>Densidade</u>	<u>Calor Específico</u>	<u>Espessura</u>
concreto	6	2	5	0,15

Figura 25: Exemplo de relatório de cálculo.
Fonte: Transmitância (LABEEE, s/ data).

Tipos de resultado.

Relatório descritivo.

Dados de entrada.

- Dados do elemento/componente: fluxo de calor (se horizontal ou descendente), resistência superficial externa e interna e material que compõe a superfície externa.
- Podem ser determinadas seções de A a J: altura e comprimento. Dentro das seções, camadas de 1 a 7: nome do material da camada, condutividade térmica, densidade, calor específico e espessura do material.

Banco de dados.

O programa possui um banco de dados com as propriedades térmicas de vários materiais.

Fase de projeto para aplicação.

Estudo preliminar e anteprojeto.

Comentários.

Programa simples, mas que necessita de um conhecimento prévio das propriedades térmicas e valores equivalentes, conforme alertado na própria página para carregamento do programa.

A partir da inserção dos dados de entrada os resultados obtidos são: espessura da seção, área, resistência, capacidade térmica, transmitância, fator solar e atraso térmico. Os cálculos resultam num relatório de cálculo de propriedades térmicas dos elementos construtivos.

3.1.13 Programa SUNPATH 1.0

Referência. Roriz, Maurício. **Sunpath.** Versão 1.0. Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em construção Civil. 2000.

Disponibilidade. Gratuito com obtenção direta (disponível para carregamento) através do site.

Endereço de Acesso: <http://www.labeee.ufsc.br/software/sunpath.html>

Língua: português.

Nível de dificuldade. Fácil

O que o programa faz?

- Possibilita a visualização do movimento solar na Terra.
- Desenha a trajetória solar em várias datas do ano (incluindo os solstícios de verão, inverno e equinócios), mudando-se o ângulo e a inclinação de observação das curvas solares.

Categoria de análise.

Insolação (trajetória solar).

Figuras que exemplificam os tipos de resultados fornecidos.

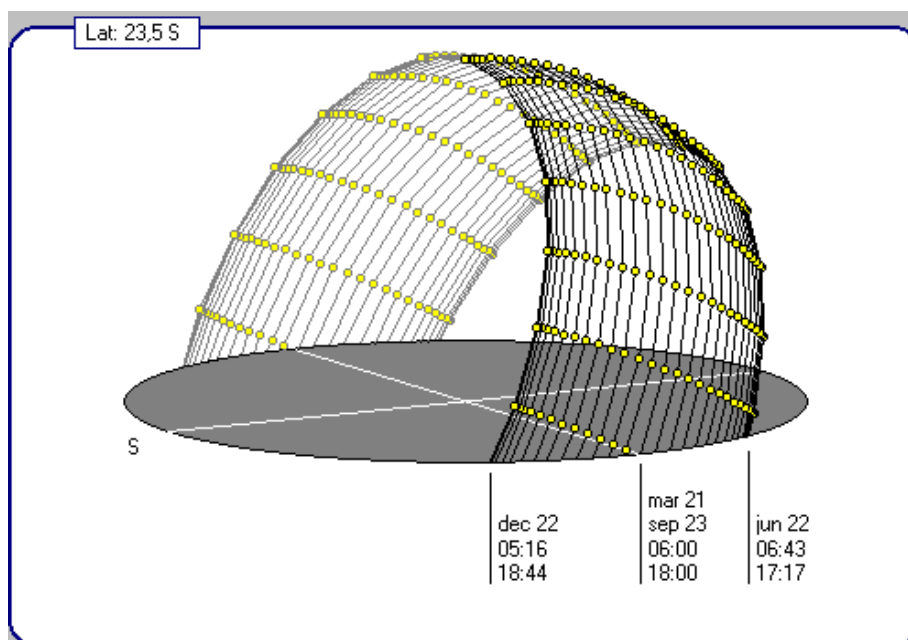


Figura 26: Curvas solares.

Fonte: SunPath 1.0 (2000).

Tipos de resultado.

Visual.

Dados de entrada.

Latitude do local.

Banco de dados.

Intervalo de latitude definido entre 65°S e 65°N.

Fase de projeto para aplicação.

Concepção.

Comentários.

Programa bem simples que mostra apenas a trajetória do sol para uma latitude definida.

3.1.14 Programa ZBBR 1.1

Referência. Roriz, Maurício. **ZBBR.** Versão 1.1. Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em construção Civil. 2004.

Disponibilidade. Gratuito com obtenção direta (disponível para carregamento) através do site.

Endereço de Acesso: <http://www.labeee.ufsc.br/software/zbbr.html>

Língua: português.

Nível de dificuldade. Fácil

O que o programa faz?

- Classificação bioclimática dos municípios brasileiros e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, conforme a ABNT NBR 15220-3, de 29/04/2005;
- Indica a zona bioclimática à qual a cidade pertence de acordo com a norma, o seu tipo de clima e as recomendações para as propriedades termo-físicas das paredes e coberturas, área das aberturas para ventilação e as estratégias bioclimáticas para o inverno e verão.

Categoria de análise.

Análise do clima (recomendações da norma ABNT e carta bioclimática de Givoni).

Figuras que exemplificam os tipos de resultados fornecidos.

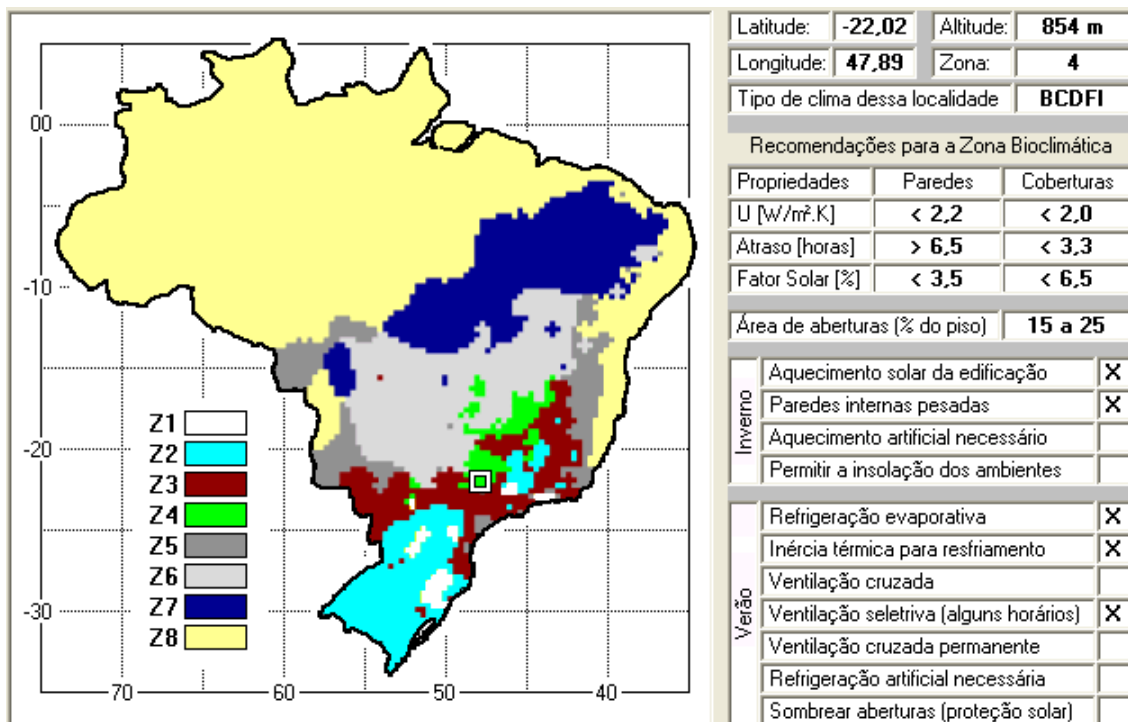


Figura 27: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e diretrizes construtivas para a cidade de São Carlos.

Fonte: ZBBR (LABEEE, 2004).

Tipos de resultado.

Visual e descritivo.

Dados de entrada.

Escolher unidade da Federação e cidade.

Banco de dados.

- 330 cidades principais: dados climáticos medidos.
- Outras 5231 cidades: clima estimado por interpolação.

Fase de projeto para aplicação.

Concepção.

Comentários.

Programa simples que apresenta o Zoneamento Bioclimático Brasileiro conforme ABNT NBR 15220-3.

3.2 Programas internacionais

3.2.1 Programa CLIMATE CONSULTANT 4.0

Referência. Liggett, Robin e Milne, Murray. Climate Consultant version 4.0. UCLA Design Tool Group, USA. 2008.

Disponibilidade. Gratuito, com obtenção direta pelo site.

Endereço de Acesso: <http://www2.aud.ucla.edu/energy-design-tools/>

Língua: inglês.

Nível de dificuldade. Médio.

Validação e testes

Não há.

O que o programa faz?

- Ele calcula um conjunto das 20 principais diretrizes de projeto com base no seu clima único e nas estratégias de projeto passivo selecionado na Carta psicrométrica. Os dados anuais de clima estão disponíveis para mais de dois mil locais no site do EnergyPlus.
- Gráficos variados referentes aos dados climáticos.
- Fornece gráficos para auxílio da edificação dos períodos de calor em cada orientação no dimensionamento de proteções solares.
- Gráfico psicrométrico.
- Estratégias de projeto com ilustrações.
- Gráfico com os dados de vento.
- Os limites das zonas na carta psicrométrica são definidos de acordo com os dados climáticos anuais criados pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos. Neste estão definidos os dados climáticos para mais de 2000 cidades de todo o mundo.

Categoria de análise.

Análise climática.

Figuras que exemplificam os tipos de resultados fornecidos.

WEATHER DATA SUMMARY													
Latitude/Longitude: 23.62° South, 46.65° West, Time Zone from Greenwich -3													
Data Source: SWERA 837800 WMO Station Number, Elevation 803 m													
MONTHLY MEANS	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
Global Horiz Radiation (Avg Hourly)	501	483	460	453	359	340	362	446	461	451	492	516	Wh/sq.mt.
Direct Normal Radiation (Avg Hourly)	306	293	330	369	333	378	384	430	319	280	301	285	Wh/sq.mt.
Diffuse Radiation (Avg Hourly)	263	255	220	202	165	135	146	173	231	234	253	289	Wh/sq.mt.
Global Horiz Radiation (Max Hourly)	1068	1044	1026	874	780	677	719	839	926	1013	1095	1085	Wh/sq.mt.
Direct Normal Radiation (Max Hourly)	955	853	908	902	909	872	855	892	861	884	893	845	Wh/sq.mt.
Diffuse Radiation (Max Hourly)	955	853	908	902	909	872	855	892	861	884	893	845	Wh/sq.mt.
Global Horiz Radiation (Avg Daily Total)	5646	5386	4855	4271	3344	3132	3330	4154	4630	5059	5576	5852	Wh/sq.mt.
Direct Normal Radiation (Avg Daily Total)	3559	3335	3533	3650	3261	3549	3574	4097	3283	3191	3542	3335	Wh/sq.mt.
Diffuse Radiation (Avg Daily Total)	2992	2870	2358	1948	1557	1273	1375	1651	2369	2654	2891	3312	Wh/sq.mt.
Global Horiz Illumination (Avg Hourly)	55898	53928	51140	50157	39634	37187	39517	48747	50632	49933	54732	57512	lux
Direct Normal Illumination (Avg Hourly)	28468	27090	30873	35080	31564	35624	36548	41686	30604	28592	28355	26111	lux
Dry Bulb Temperature (Avg Monthly)	22	22	22	20	18	16	16	17	17	19	20	21	degrees C
Dew Point Temperature (Avg Monthly)	18	18	17	16	13	12	11	11	12	14	15	17	degrees C
Relative Humidity (Avg Monthly)	77	79	76	80	77	78	76	69	76	78	77	78	percent
Wind Direction (Avg Monthly)	137	139	101	102	136	82	104	114	114	119	115	178	degrees
Wind Speed (Avg Monthly)	2	3	2	2	2	1	1	2	2	3	3	2	m/s
Snow Depth (Avg Monthly)													cms
Ground Temperature (Avg Monthly of 3 Depths)	20	21	21	21	20	19	18	17	17	17	18	18	degrees C

Figura 28: Resumo dos dados de clima.
 Fonte: Climate Consultant, 2008.

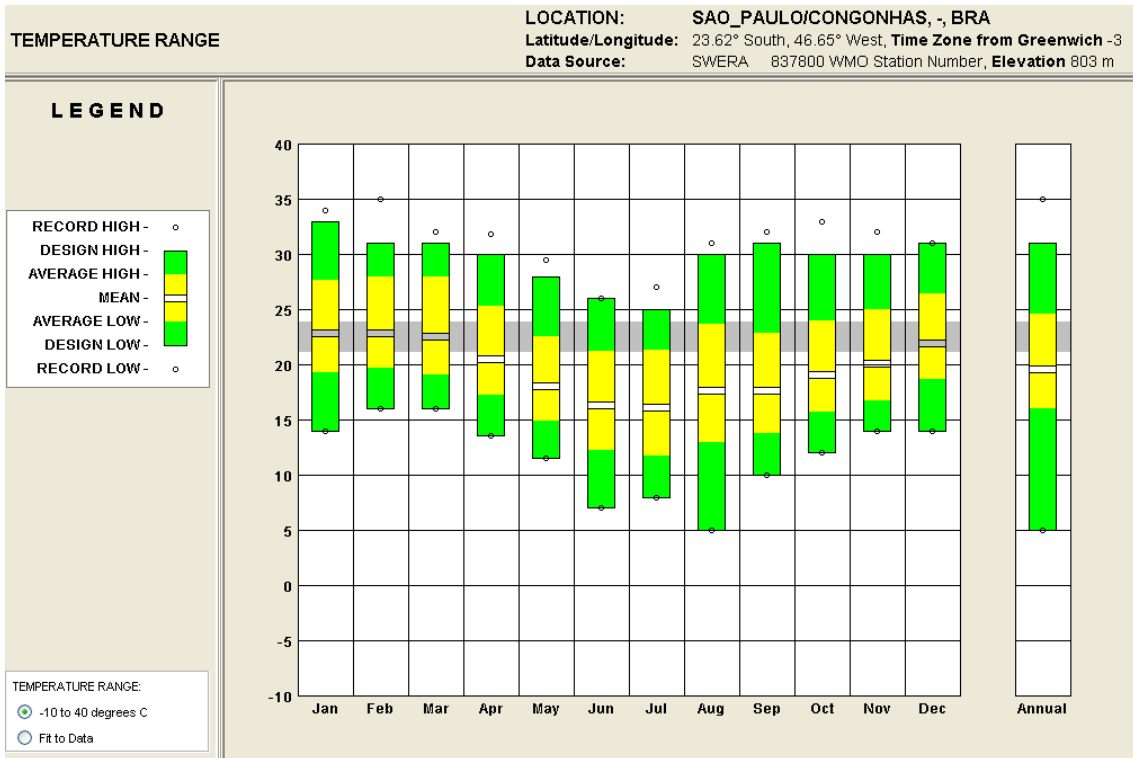


Figura 29: Intervalo de temperatura.
Fonte: Climate Consultant, 2008.

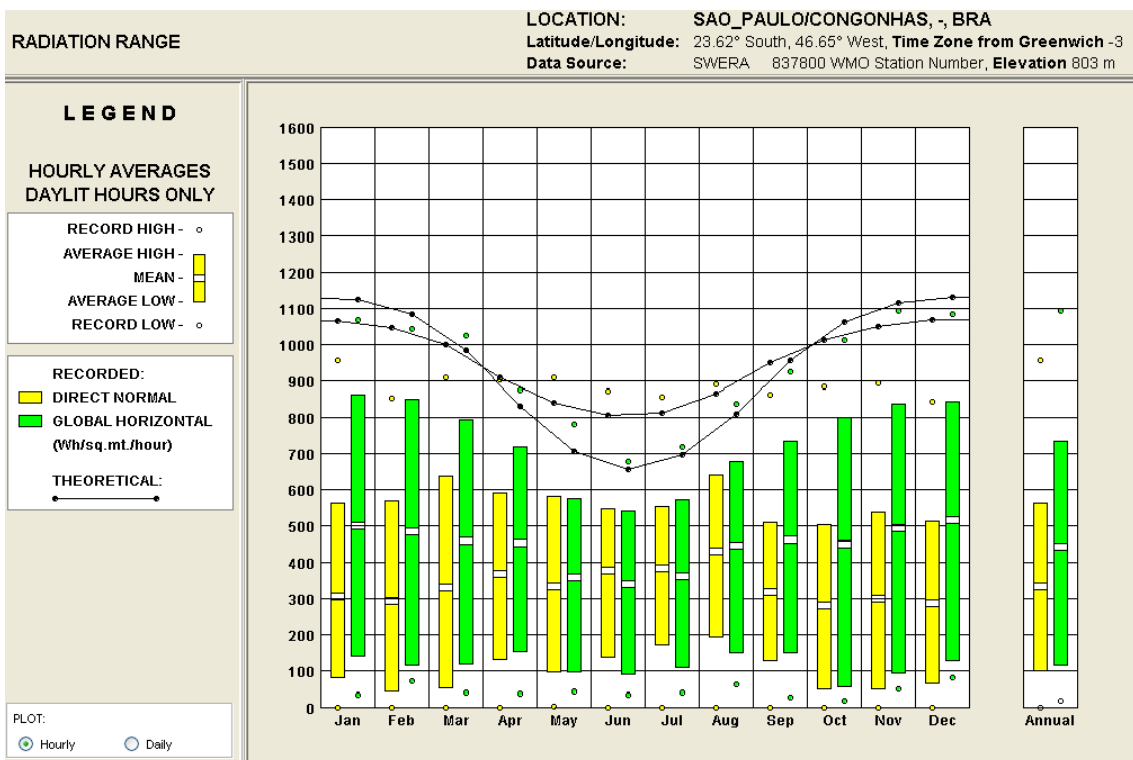


Figura 30: Variação de radiação.
Fonte: Climate Consultant, 2008.

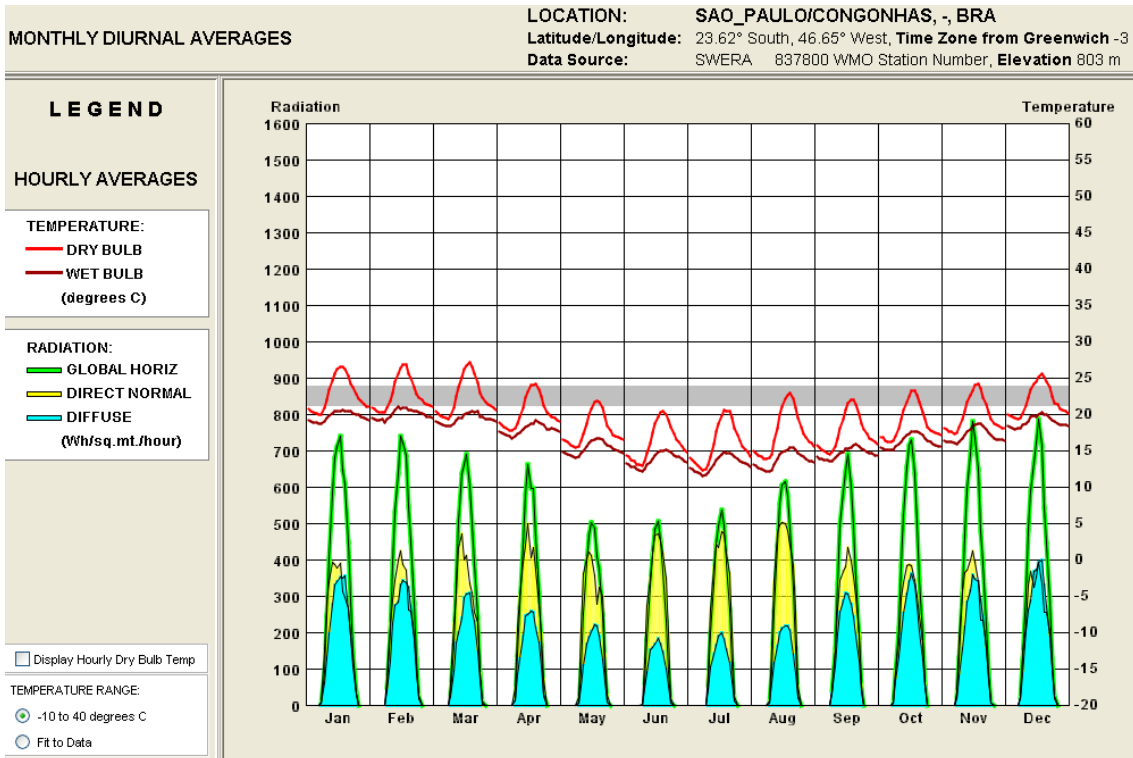


Figura 31: Médias Mensais.
 Fonte: Climate Consultant, 2008.

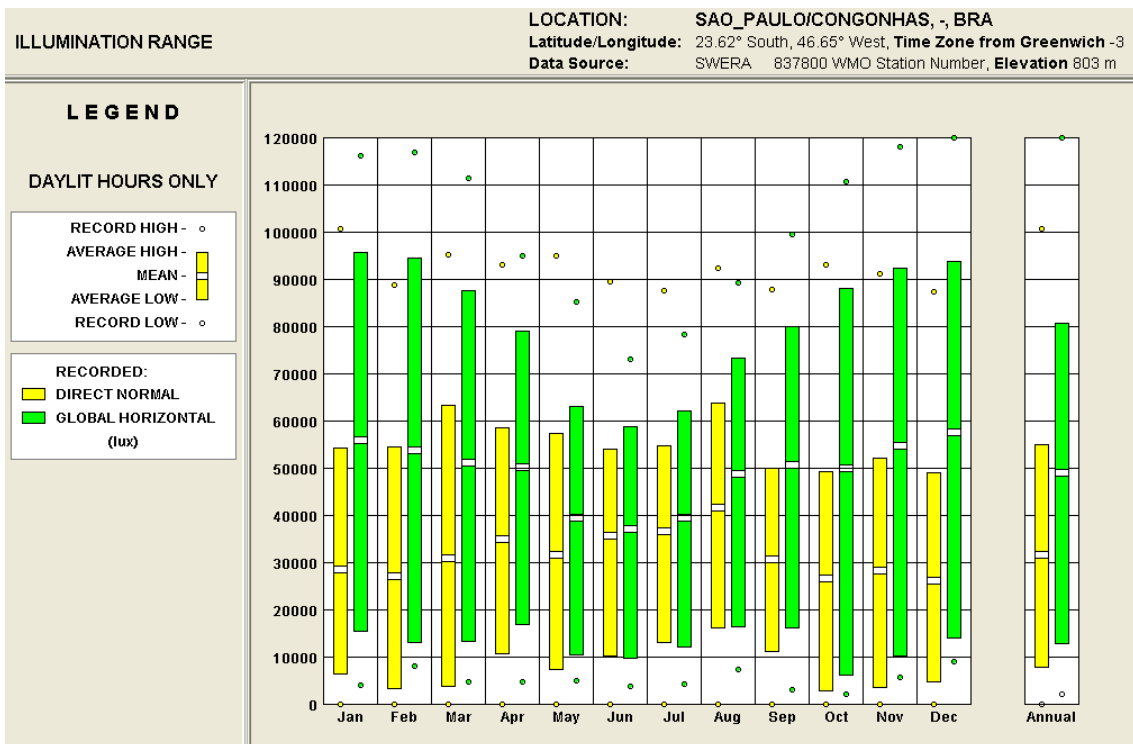


Figura 32: Intervalo de iluminação.
 Fonte: Climate Consultant, 2008.

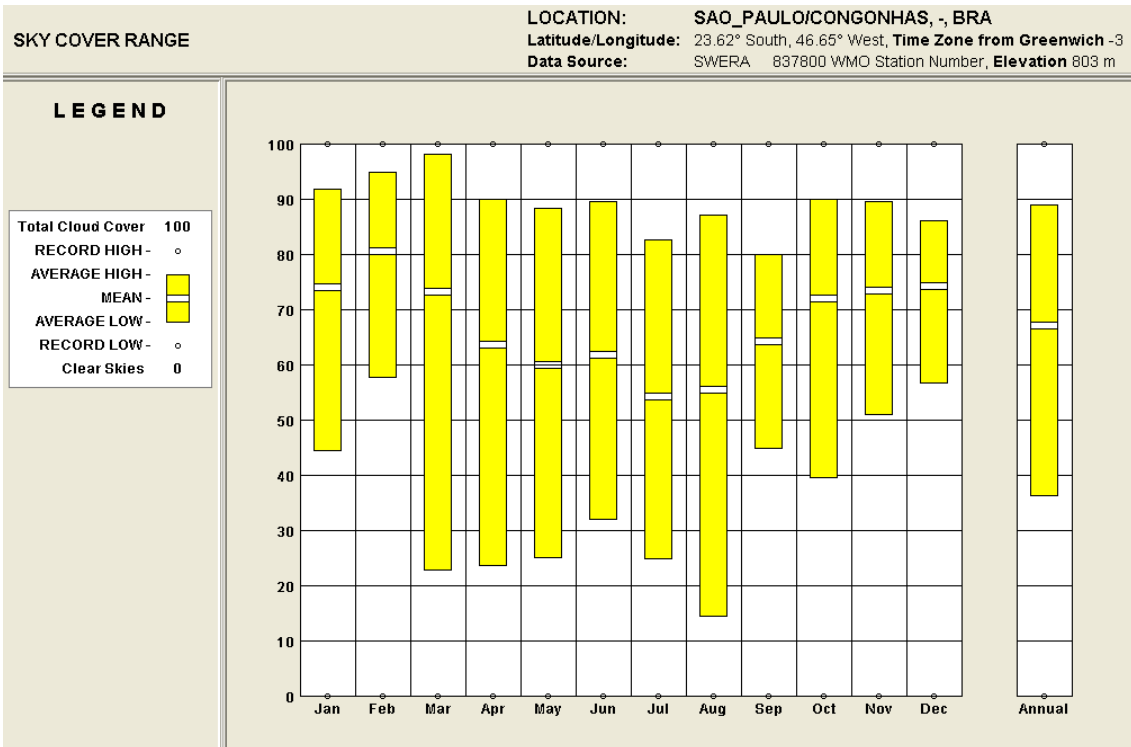


Figura 33: Iluminação pela exposição do céu.

Fonte: Climate Consultant, 2008.

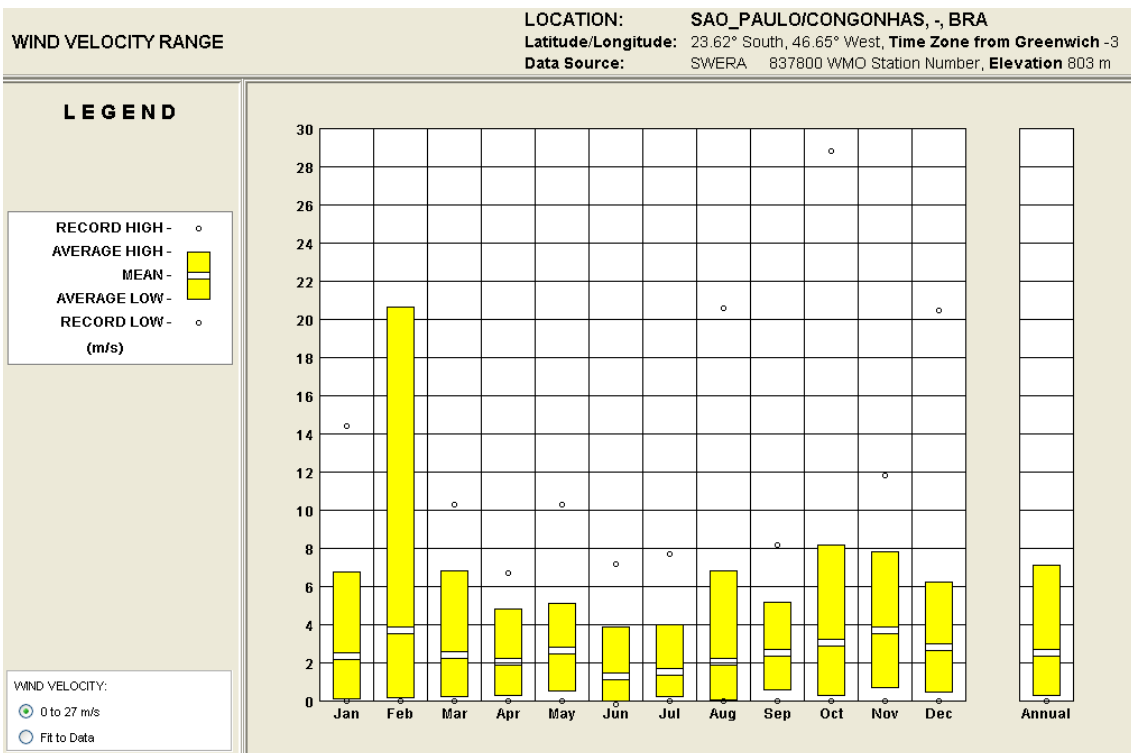


Figura 34: Intervalo de velocidade do vento.

Fonte: Climate Consultant, 2008.

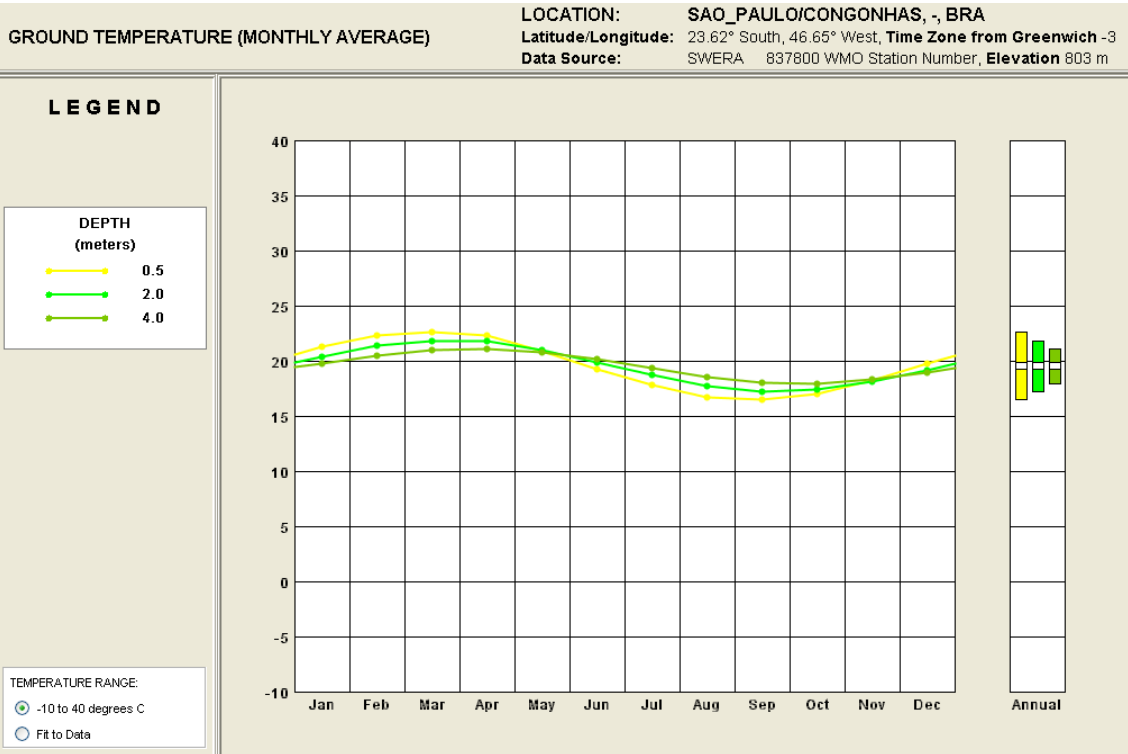


Figura 35: Temperatura do solo.
 Fonte: Climate Consultant, 2008.

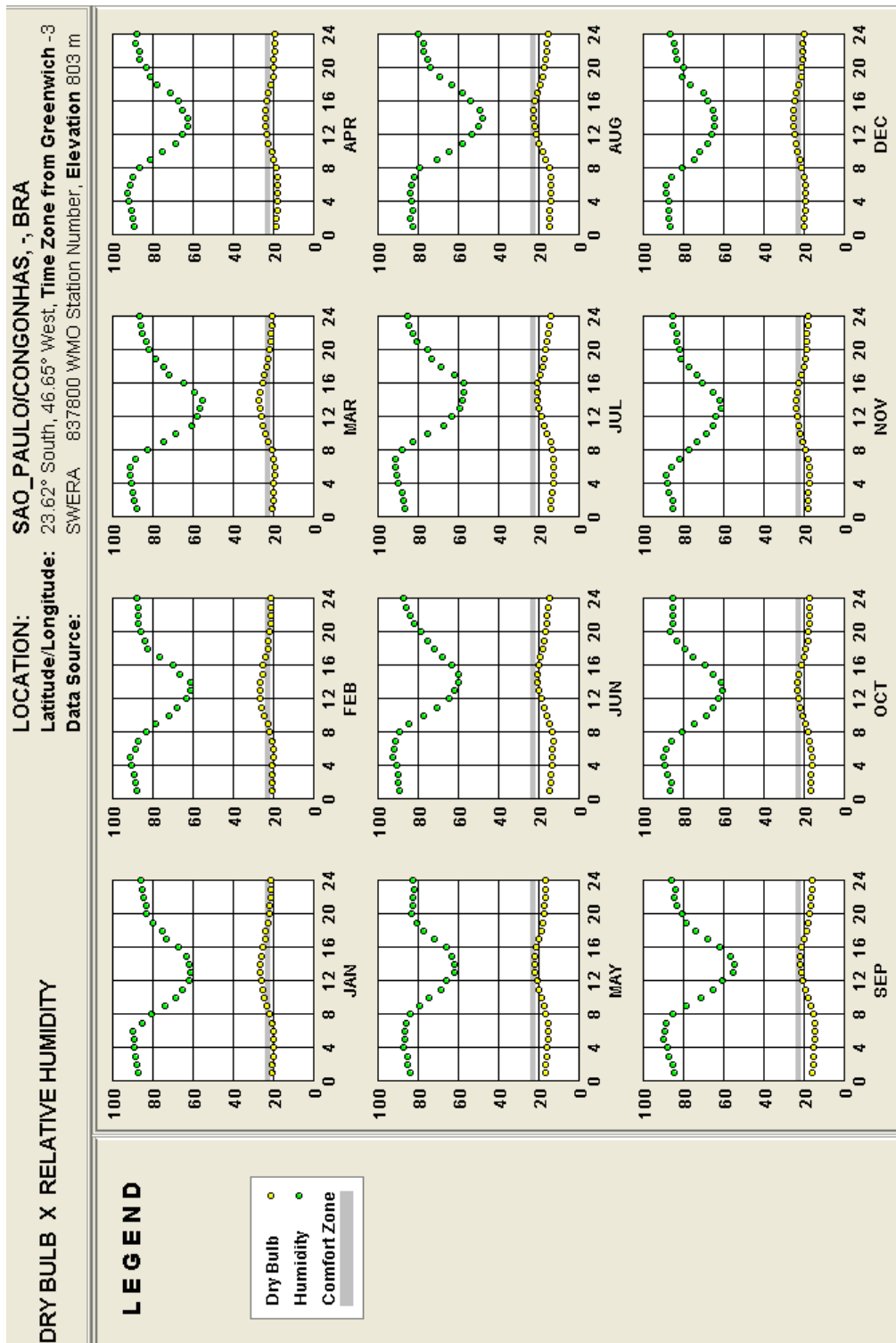


Figura 36: Temperatura de bulbo úmido por umidade relativa (gráficos de cada mês).
 Fonte: Climate Consultant, 2008.

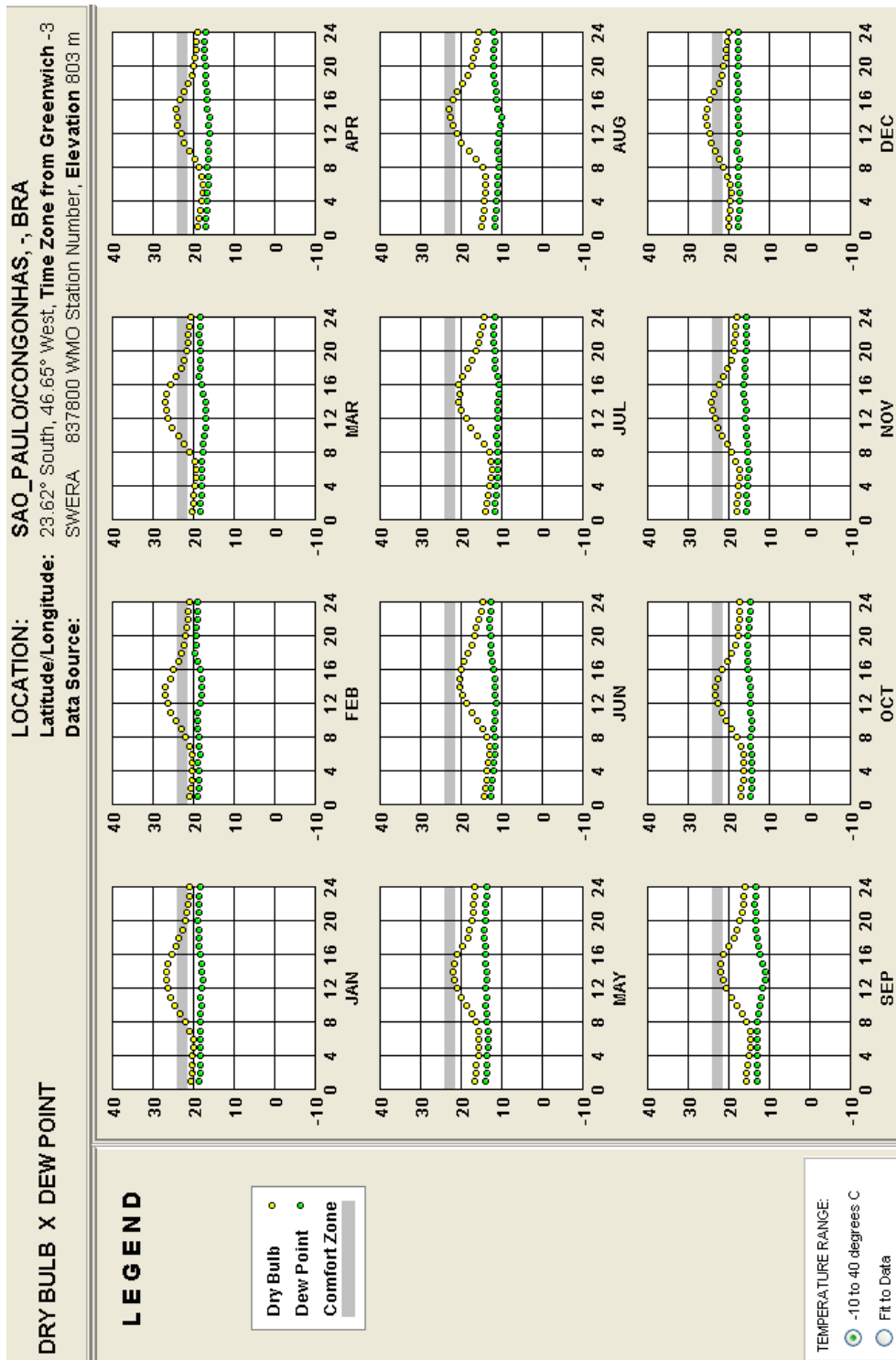


Figura 37: Temperatura de bulbo úmido por ponto de orvalho (gráficos de cada mês).
 Fonte: Climate Consultant, 2008.

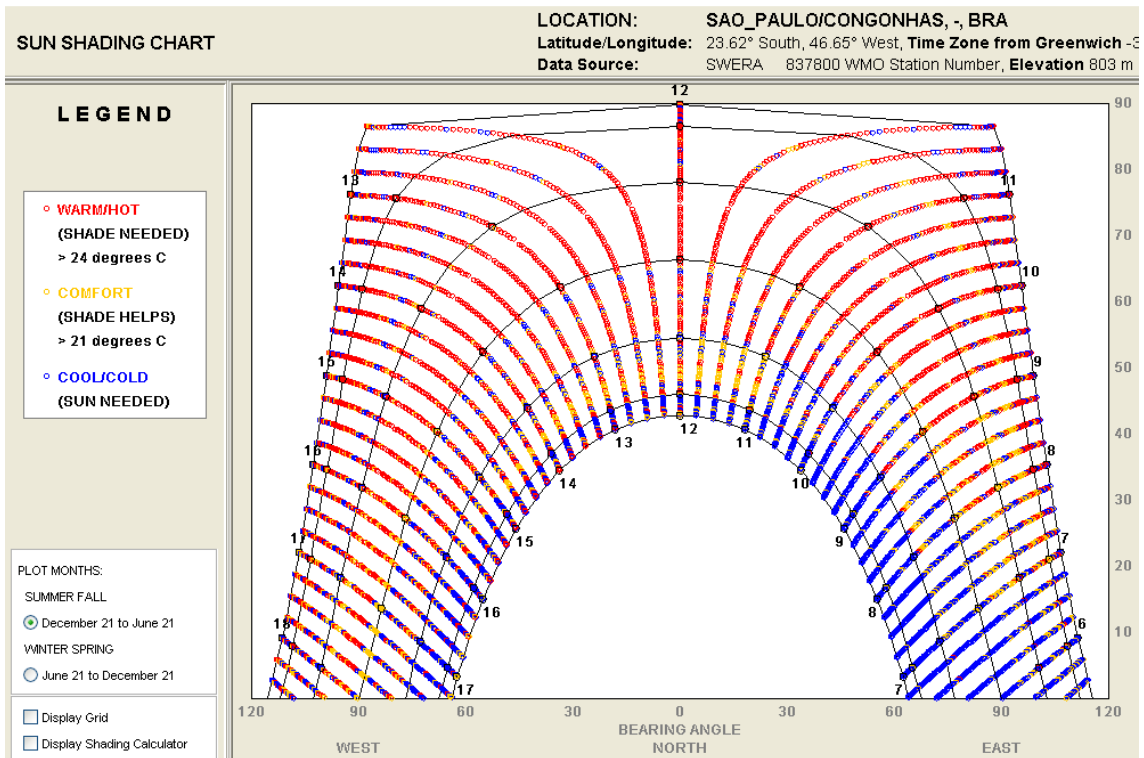


Figura 38: Gráfico de sombreamento solar.
 Fonte: Climate Consultant, 2008.

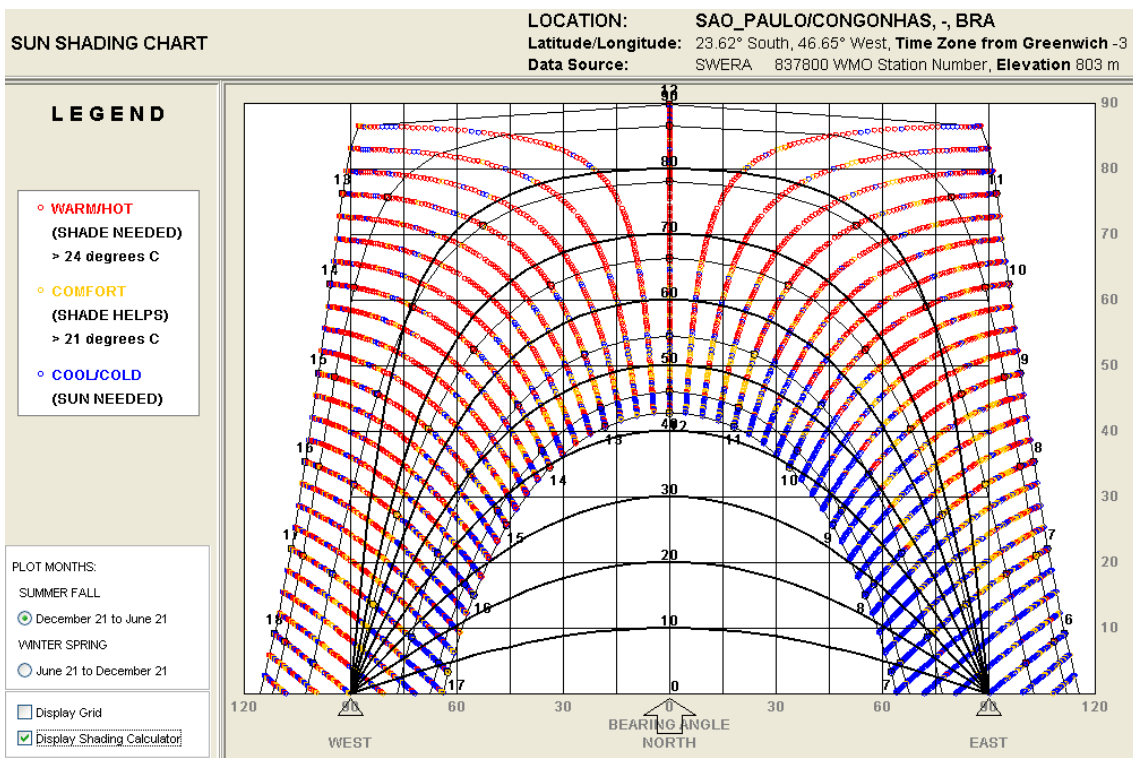


Figura 39: Gráfico de sombreamento solar com guias de sombreamento.
 Fonte: Climate Consultant, 2008.

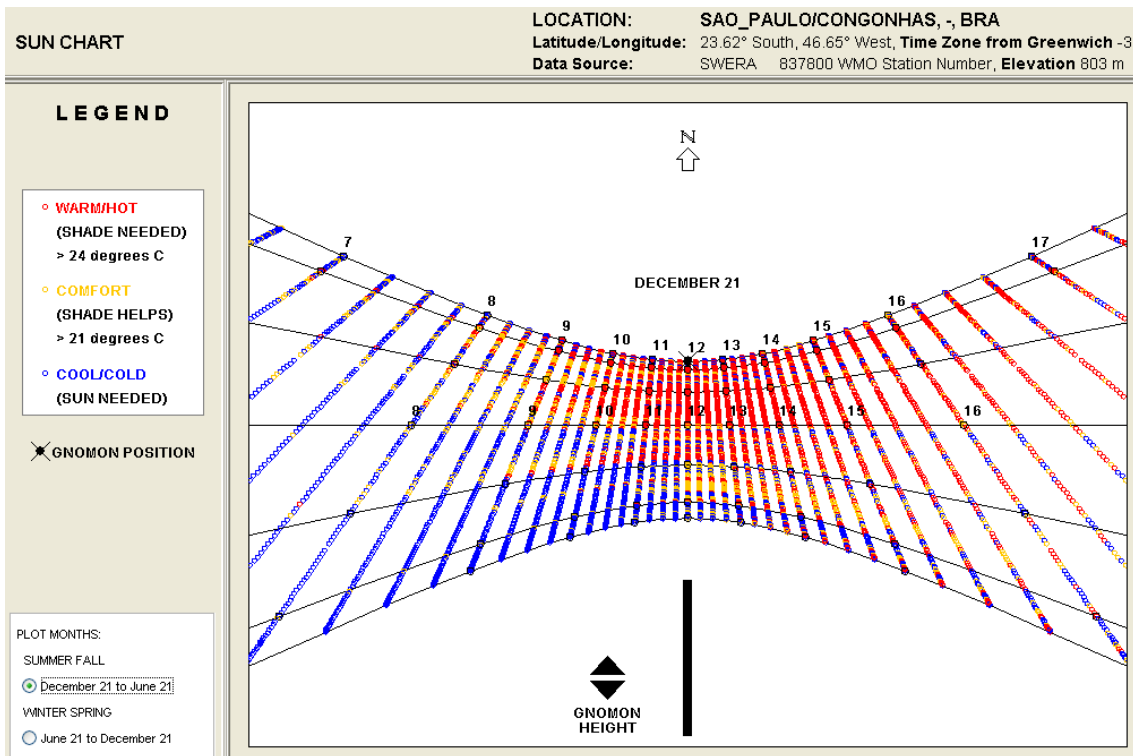


Figura 40: Gráfico solar do solstício de verão (quente, confortável e frio).
 Fonte: Climate Consultant, 2008.

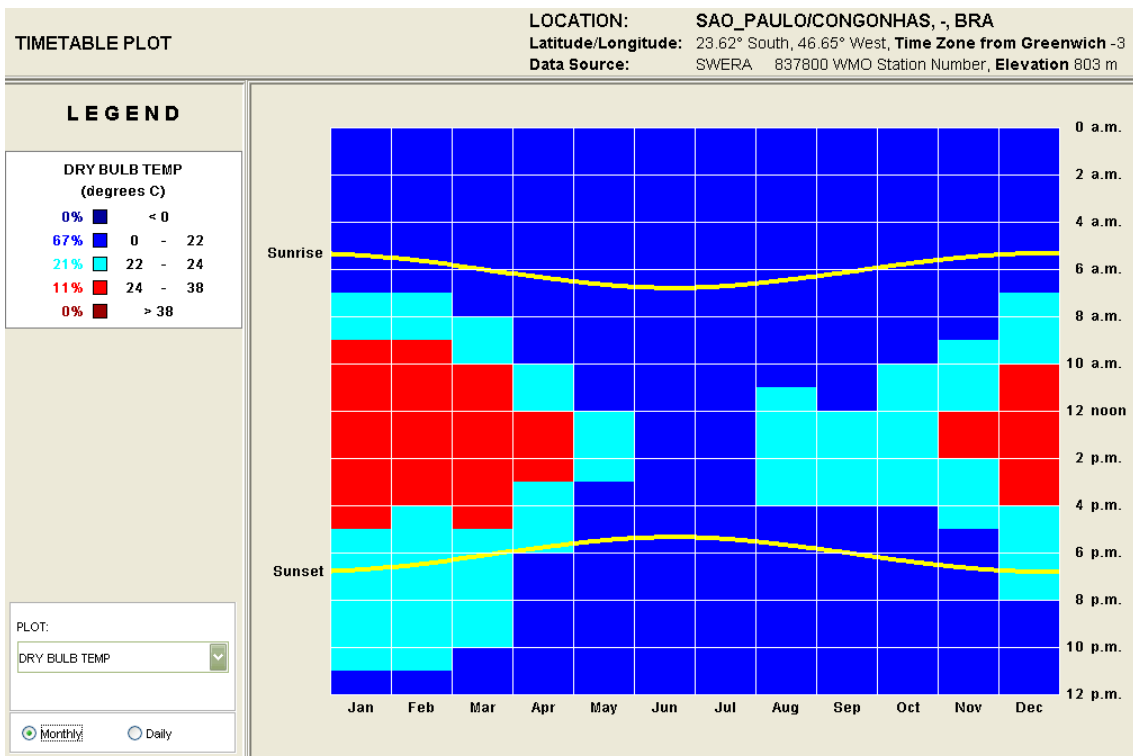


Figura 41: Mapa horário de temperatura de bulbo úmido (por mês).
 Fonte: Climate Consultant, 2008.

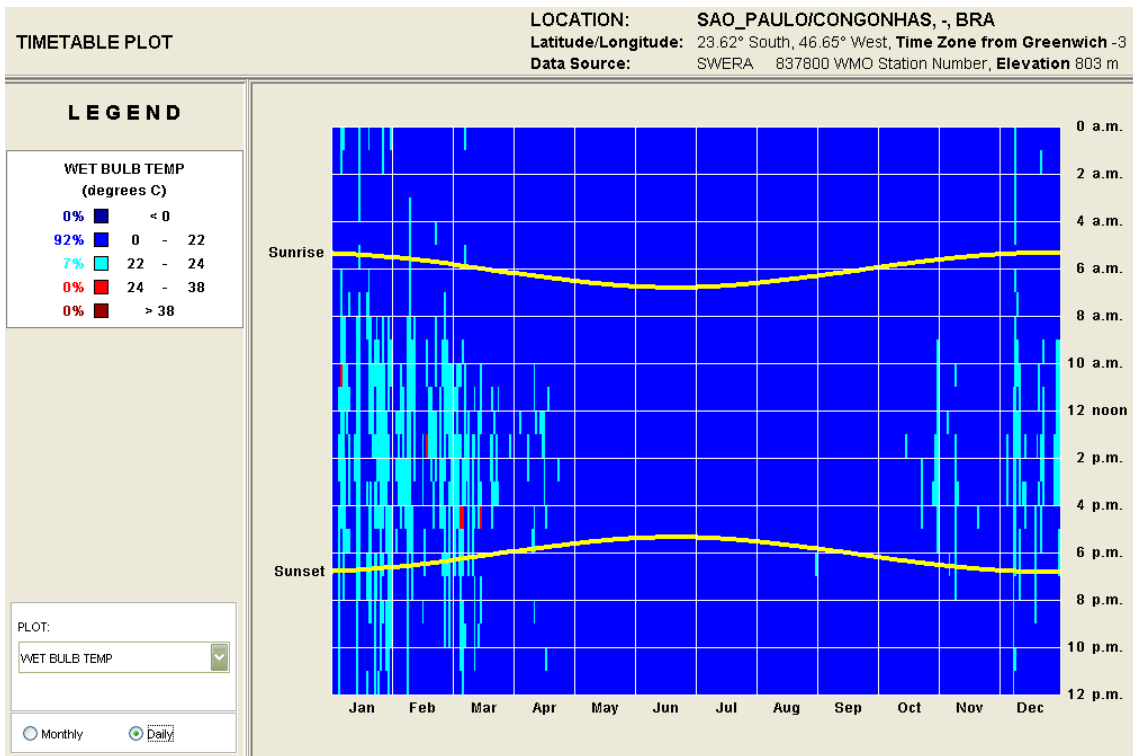


Figura 42: Mapa horário de temperatura de bulbo seco (representação diária).
 Fonte: Climate Consultant, 2008.

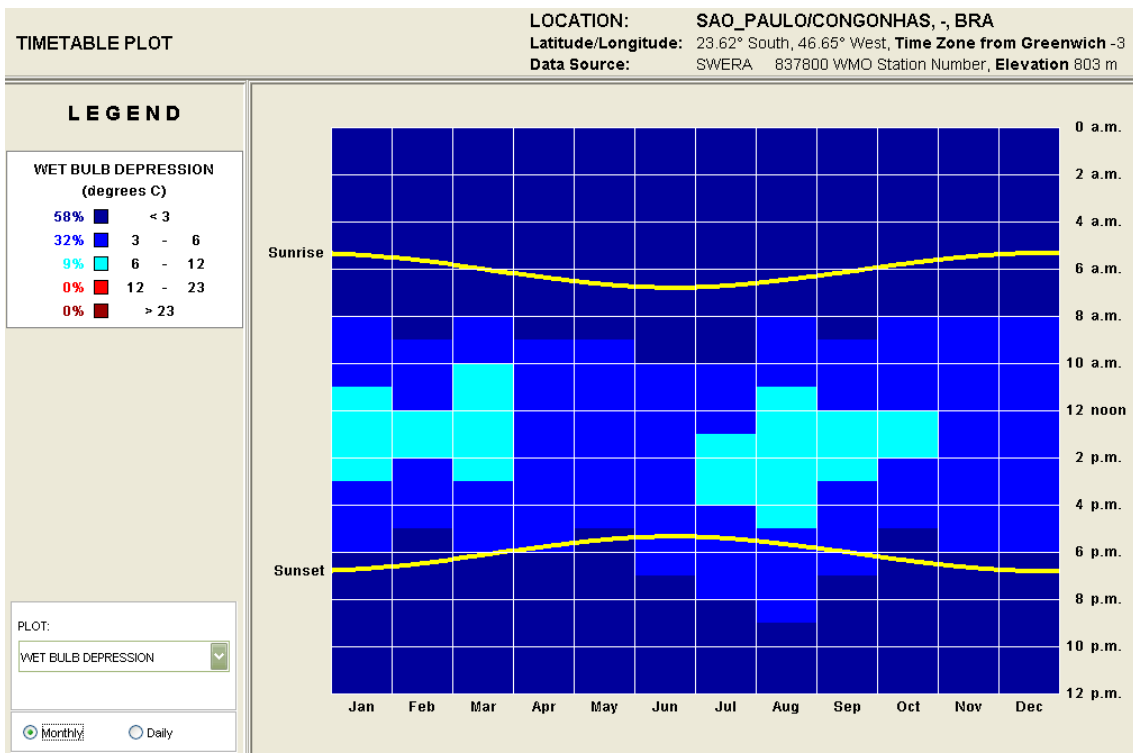


Figura 43: Mapa horário depressão de temperatura de bulbo úmido (representação mensal).
 Fonte: Climate Consultant, 2008.

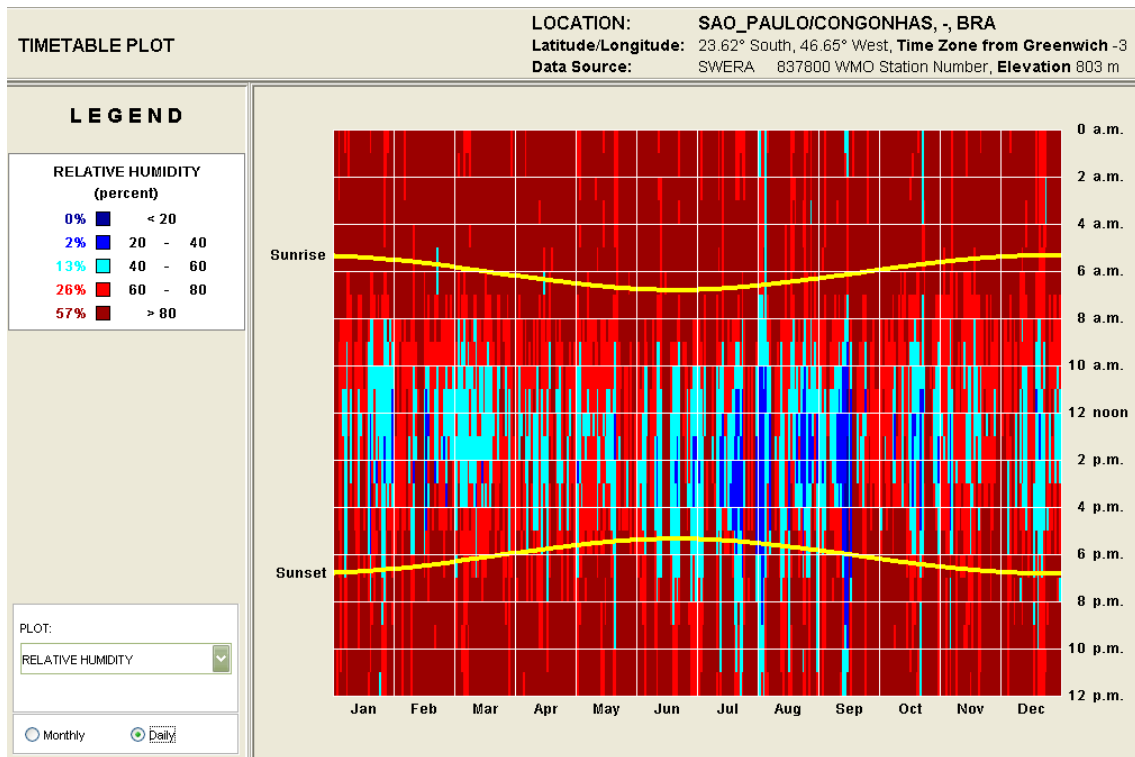


Figura 44: Mapa horário de umidade relativa (representação diária).
 Fonte: Climate Consultant, 2008.

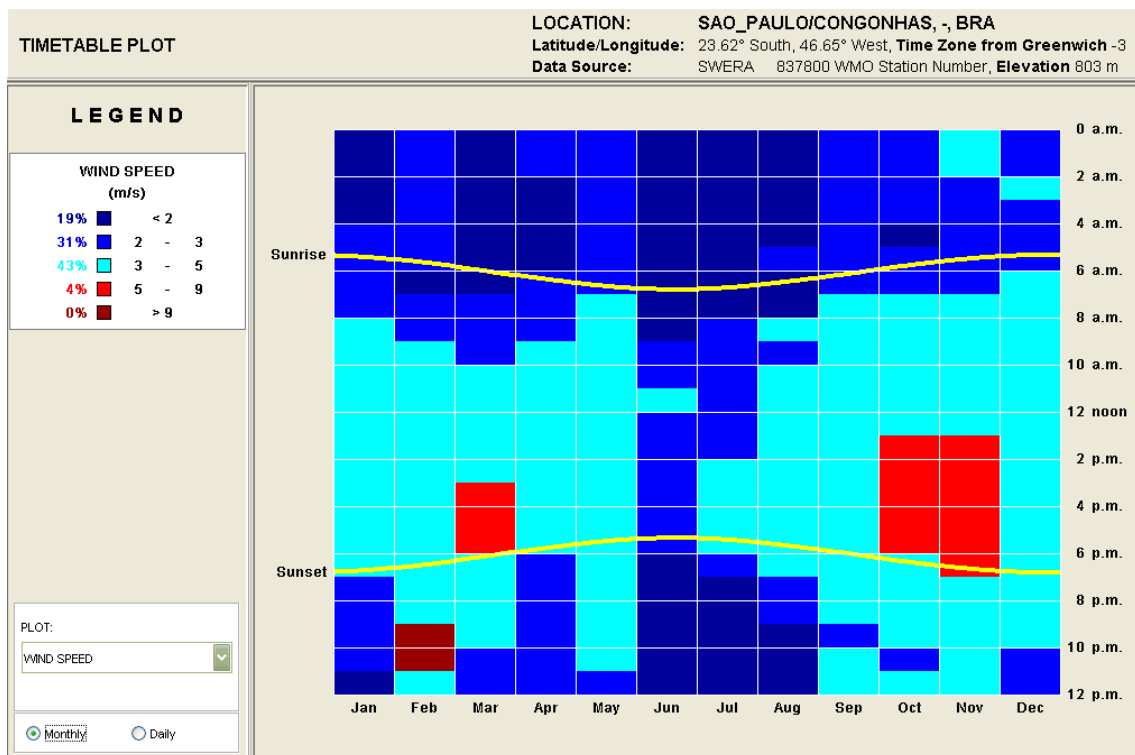


Figura 45: Mapa horário de velocidade do vento (representação mensal).
 Fonte: Climate Consultant, 2008.

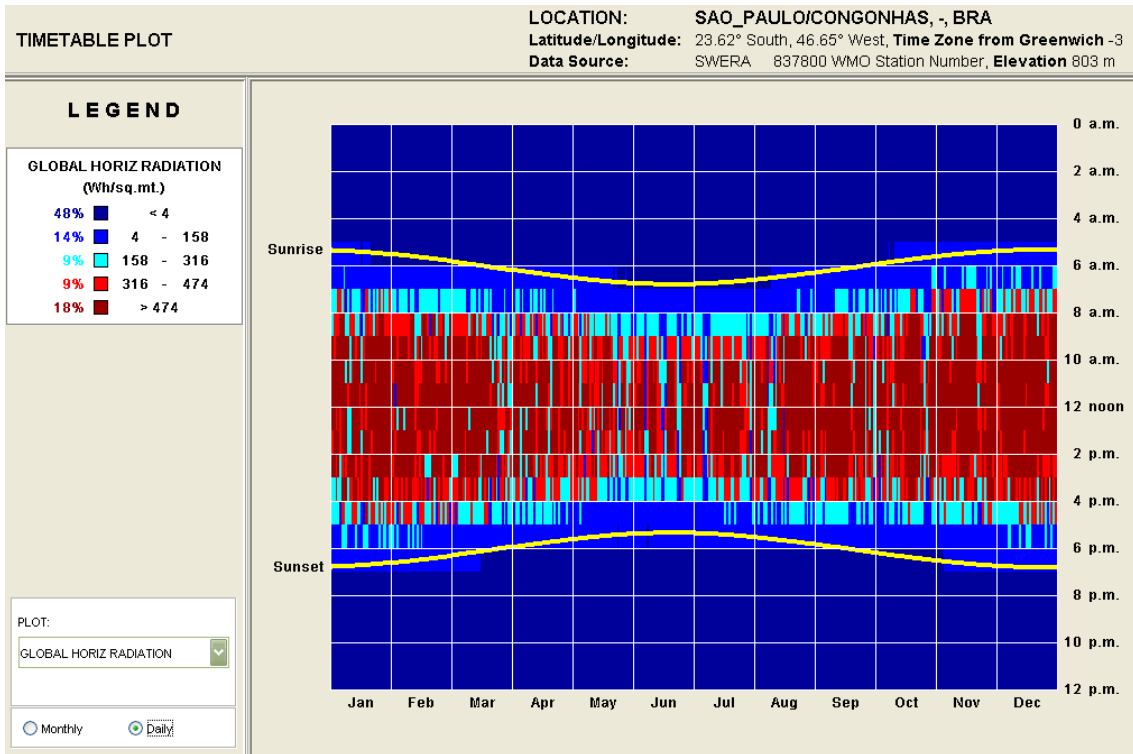


Figura 46: Mapa horário de radiação global horizontal (representação diária).
 Fonte: Climate Consultant, 2008.

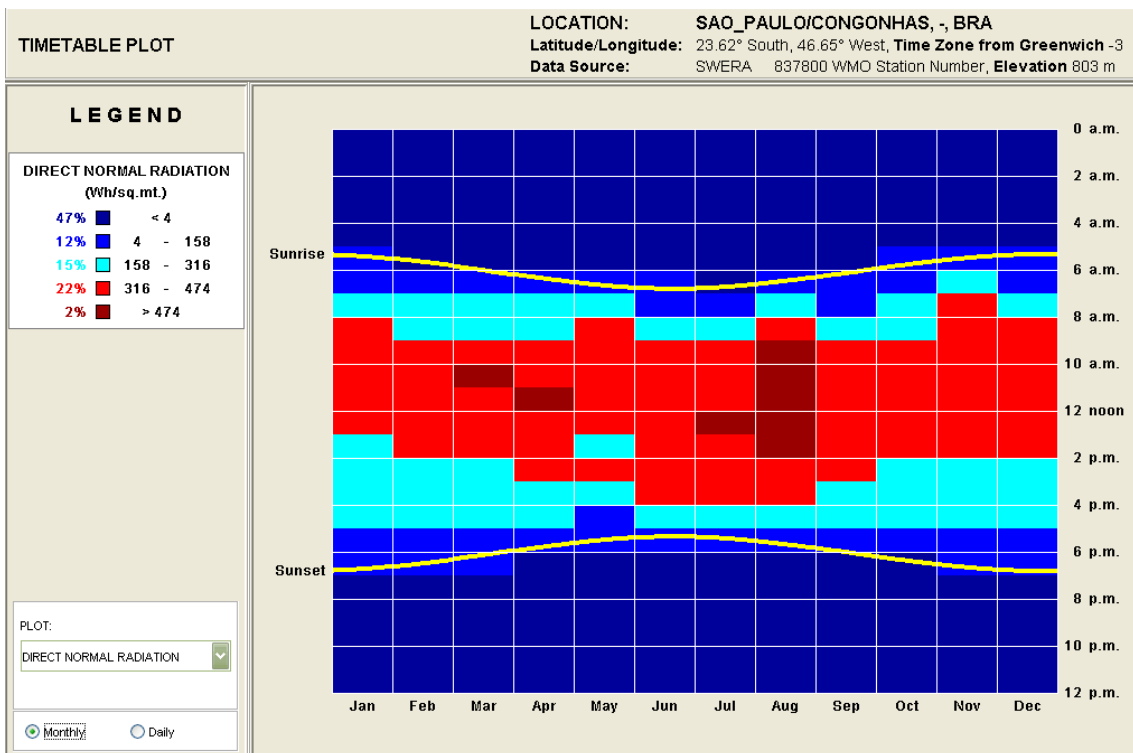


Figura 47: Mapa horário de radiação normal direta (representação mensal).
 Fonte: Climate Consultant, 2008.

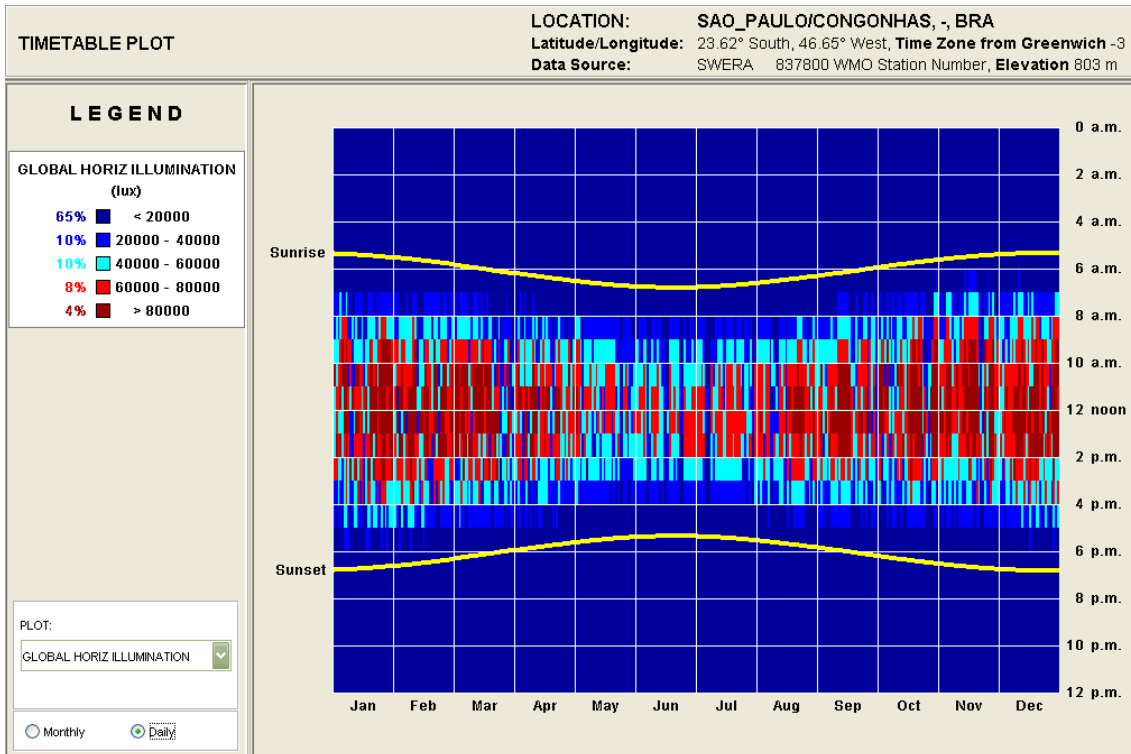


Figura 48: Mapa horário de iluminação global horizontal (representação diária).
 Fonte: Climate Consultant, 2008.

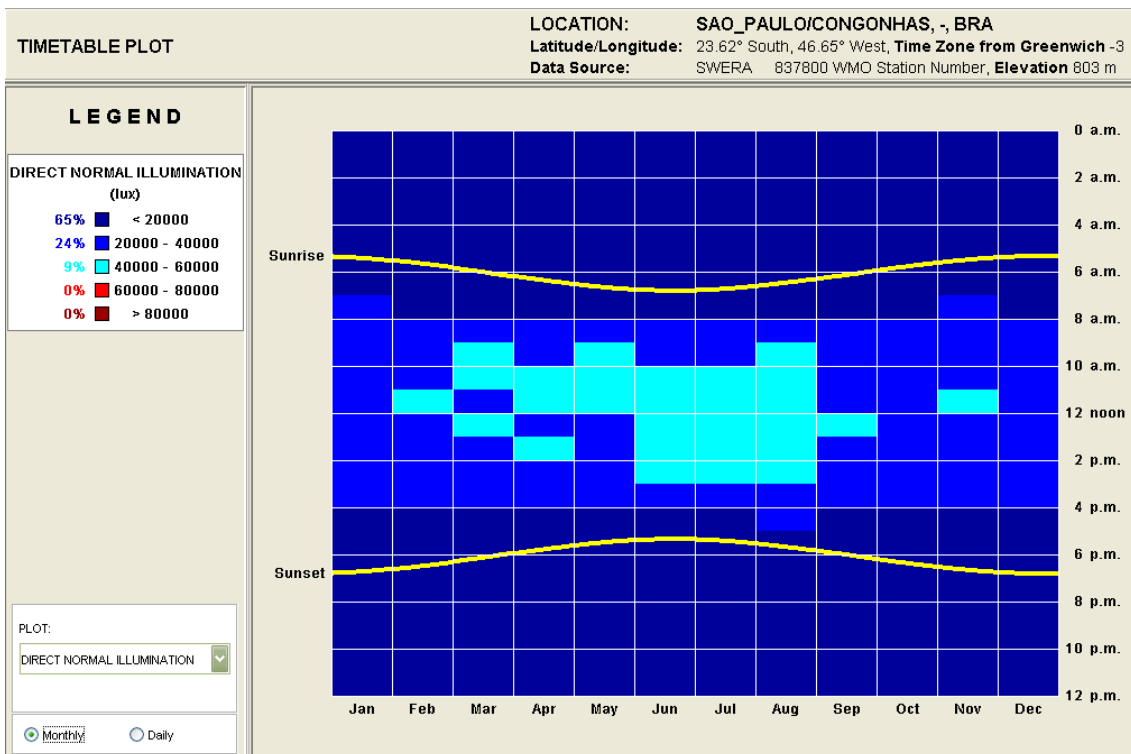


Figura 49: Mapa horário de iluminação normal direta (representação mensal).
 Fonte: Climate Consultant, 2008.

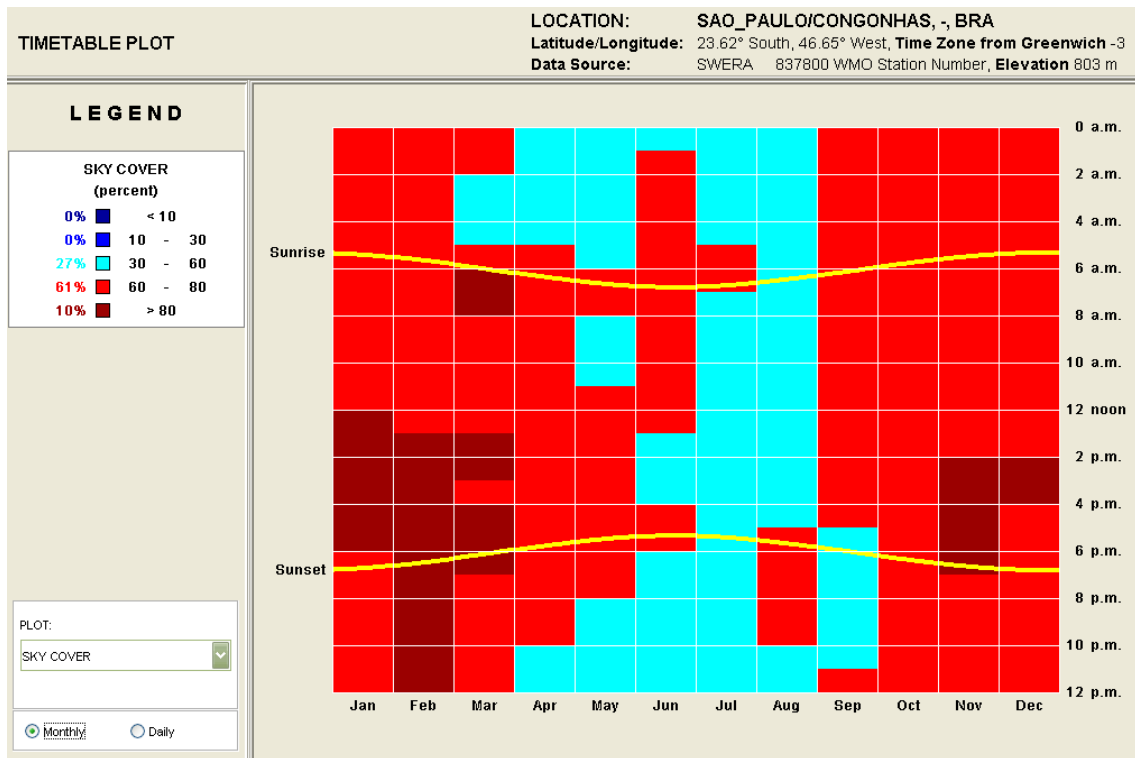


Figura 50: Mapa horário da nebulosidade (representação mensal).
 Fonte: Climate Consultant, 2008.

Todos os gráficos representados anteriormente podem ser representados em formato 3D. A seguir, alguns exemplos:

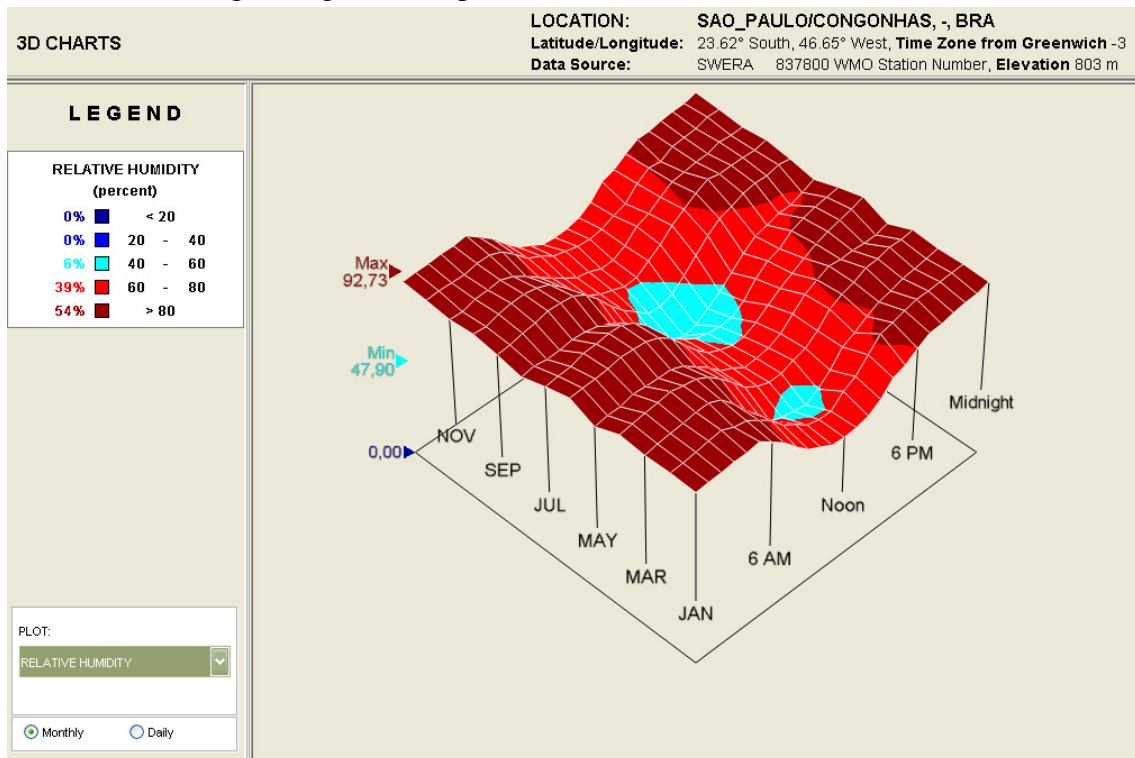


Figura 51: Mapa horário 3D de umidade relativa (representação mensal).
 Fonte: Climate Consultant, 2008.

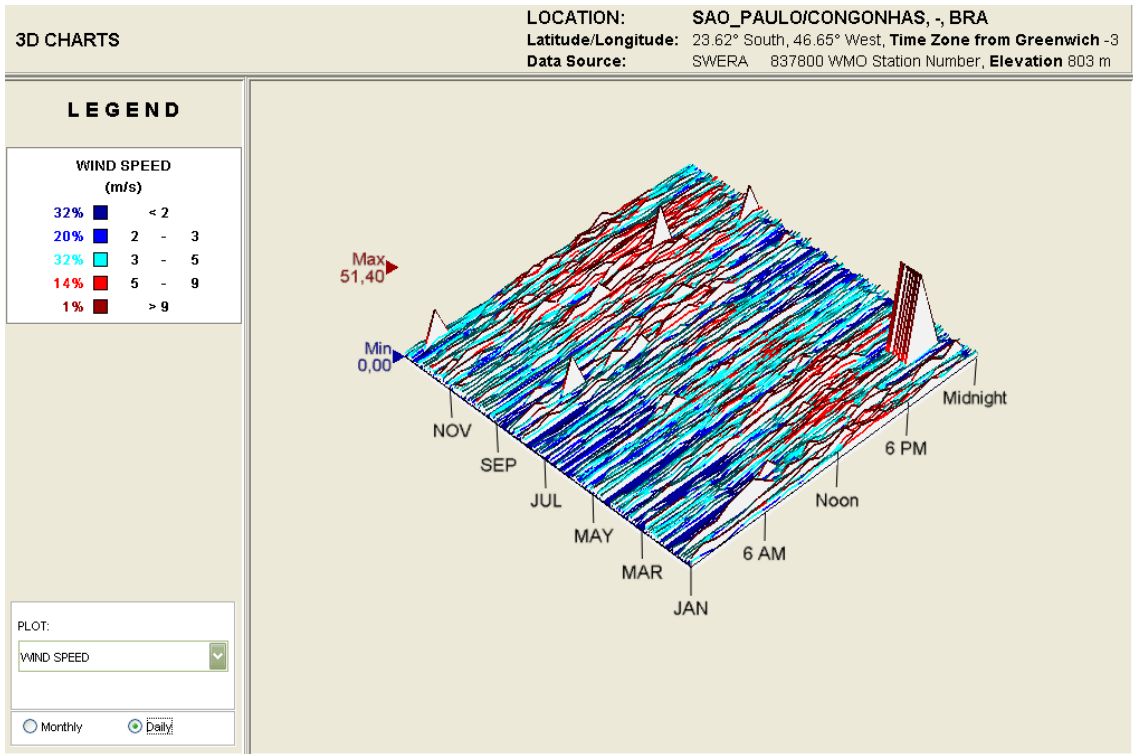


Figura 52: Mapa horário 3D de velocidade do vento (representação diária).
 Fonte: Climate Consultant, 2008.

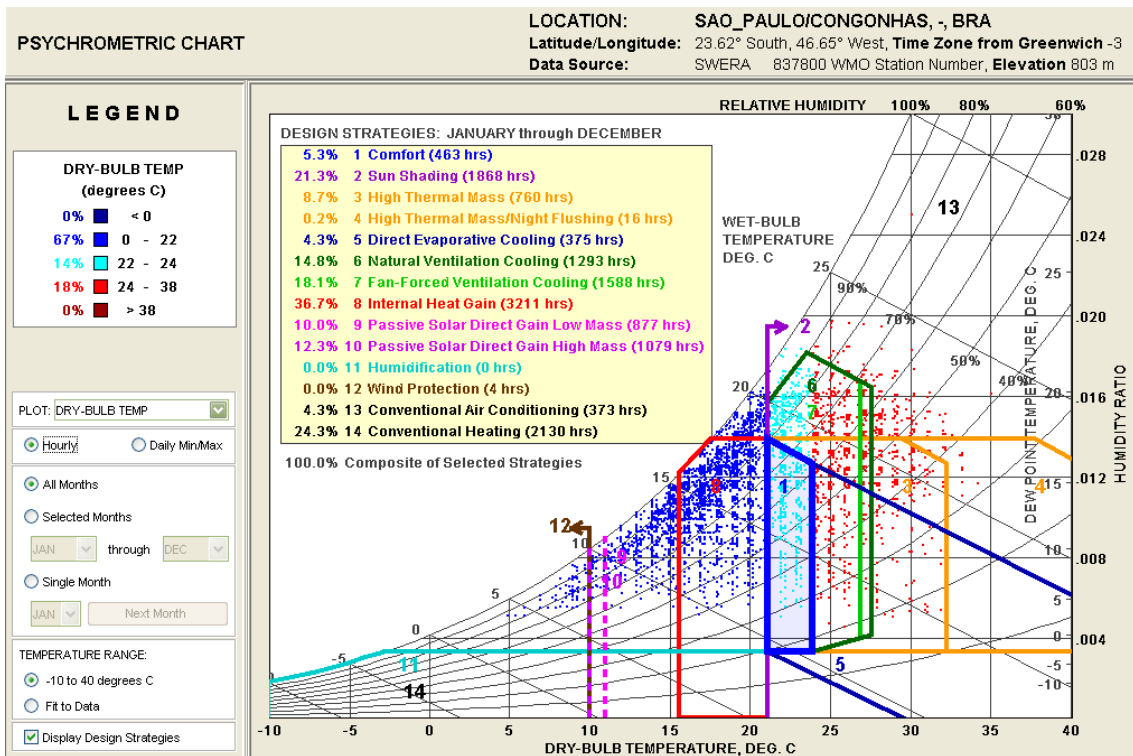


Figura 53: Gráfico psicrométrico.
 Fonte: Climate Consultant, 2008.

This list of Design guidelines applies specifically to this particular climate, starting with the most important first. Click on the Guideline ID button to see a sketch of how this Design Guideline shapes building design. (See Help for more details.)

42	On hot days ceiling fans or indoor air motion can make it seem cooler by at least 5 degrees F (2.8C) thus less air conditioning is needed
11	Heat gain from equipment, lights, and occupants will greatly reduce heating needs so keep home tight, well insulated (use ventilation in summer)
37	Window overhangs (designed for this latitude) or operable sunshades (extend in summer, retract in winter) can reduce or eliminate air conditioning
35	Good natural ventilation can reduce or eliminate air conditioning in warm weather, if windows are well shaded and oriented to prevailing breezes
36	Locate door and window openings on opposite sides of building to facilitate cross ventilation, with larger areas facing up-wind if possible
49	Provide vertical distance between air inlet and outlet to produce stack ventilation (open stairwells, two story spaces, roof monitors) when wind speeds are low
19	For passive solar heating face most of the glass area south to maximize winter sun exposure, but design overhangs to fully shade in summer
3	Lower the indoor comfort temperature at night to reduce heating energy consumption (lower thermostat heating setback) (see comfort low criteria)
58	This is one of the more comfortable climates, so shade to prevent overheating, open to breezes in summer, and use passive solar gain in winter
16	Trees (neither conifer nor deciduous) should not be planted in front of passive solar windows, but rather beyond 45 degrees from each corner
55	Low pitched roof with wide overhangs works well in temperate climates
8	Sunny wind-protected outdoor spaces can extend living areas in cool weather
10	Glazing should minimize conductive loss and gain (minimize U-factor) because undesired radiation gain or loss has less impact in this climate
17	Use plant materials (w, bushes, trees) especially on the west to shade the structure (if summer rains support native plant growth)
62	Traditional homes in temperate climates used light weight construction with slab on grade and operable walls and shaded outdoor spaces
56	Screened porches and patios can provide comfort cooling by ventilation and prevent insect problems
53	Shaded outdoor areas (porches, patios) oriented to the prevailing breezes can extend living spaces in warm or humid weather
61	Traditional homes in hot dry climates used high mass construction with small well shaded openings operable for night ventilation to cool the mass
31	Organize floorplan so winter sun penetrates into daytime use spaces with specific functions that coincide with solar orientation
65	Traditional homes in warm humid climates used high ceilings and high operable (French) windows protected by deep overhangs and porches

Figura 54: Estratégias de projeto.
 Fonte: Climate Consultant, 2008.

42 - Em dias quentes ventiladores de teto ou o movimento do ar interior pode fazê-la parecer mais fria, pelo menos, (2.8C), portanto, menos ar condicionado é necessário.
11 - O ganho de calor através de equipamentos, luzes e ocupantes irá reduzir significativamente as necessidades de aquecimento para manter a casa aquecida, bem isolada (uso de ventilação no verão).
37 - Janela de saliências (projetada para esta latitude) ou guarda-sóis operáveis (alargar, no verão, retraino no inverno) podem reduzir ou eliminar o ar condicionado.

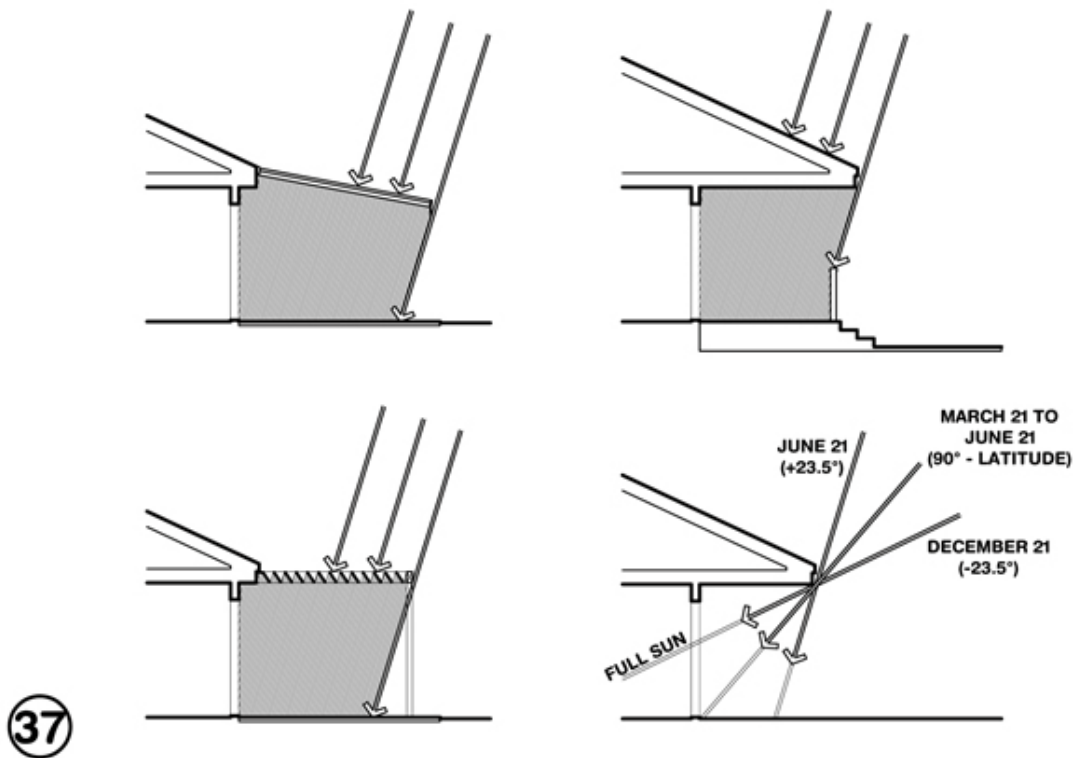
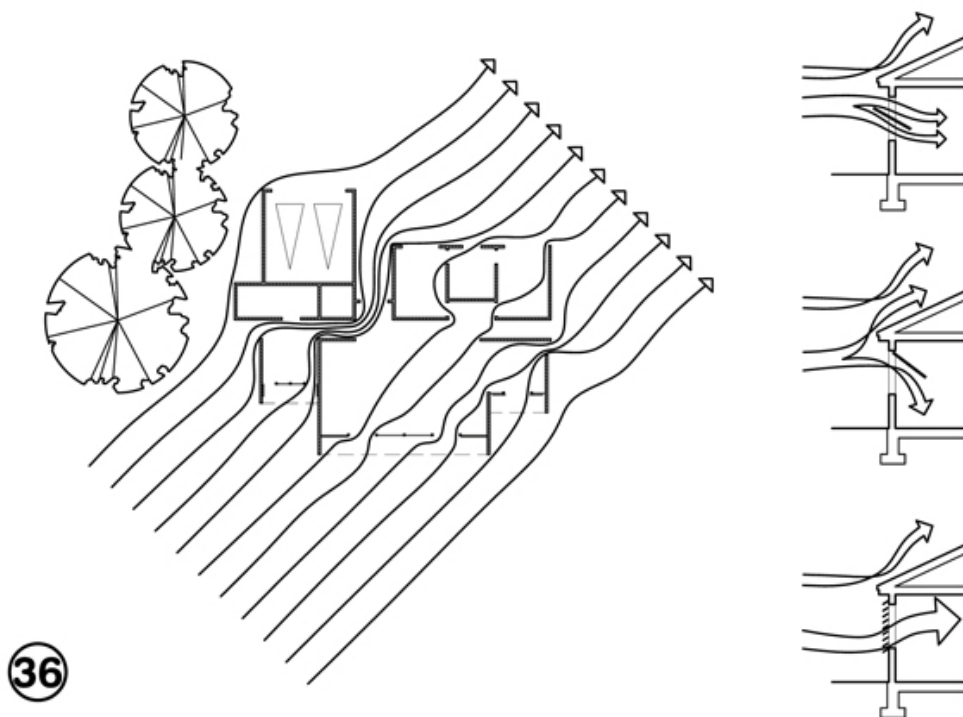


Figura 55: Estratégia de projeto 37.
Fonte: Climate Consultant, 2008.

35 - Ventilação natural de boa qualidade pode reduzir ou eliminar o ar condicionado no tempo quente, se as janelas estão bem protegidas e orientadas para as prevaletentes brisas.
36 - Localize aberturas de portas e janelas em lados opostos do prédio para facilitar a ventilação cruzada, com áreas maiores para cima, se possível.



36

Figura 56: Estratégia de projeto 36.

Fonte: Climate Consultant, 2008.

49 - Fornecer distância vertical entre a entrada e saída de ar para produzir pilha de ventilação (escadas abertas, monitores de teto), quando as velocidades do vento são baixas.

19 - Para aproveitar o aquecimento solar passivo na maior parte da área sul deve ter vidro para maximizar o sol de inverno, mas pensando totalmente numa sombra no verão.

3 - Abaixar a temperatura de conforto interior à noite para reduzir o consumo de energia de aquecimento (menor contratempo aquecimento termostato) (ver critérios de conforto baixo).

58 - Este é um dos climas mais confortáveis, então usar sombra para evitar o superaquecimento, deixar entrar a brisa no verão, e usar o ganho solar passivo no inverno.

16 - Árvores (não coníferas nem caducas) não devem ser plantadas na frente de janelas solar passiva, mas além de 45 graus em cada canto.

55 - Telhado com saliências funciona bem em climas temperados.

10 - Vidraças devem minimizar a perda condutiva e ganho (minimizar fator-U), porque as radiações indesejadas de ganho ou perda têm menos impacto neste clima.

17 - Use materiais de plantas (hera, arbustos, árvores), especialmente no oeste, para sombrear a estrutura (se o crescimento de plantas nativas suportar chuvas de verão).

62 - Casas tradicionais em climas temperados utilizando construção leve, com piso térreo e paredes que abrem espaços ao ar livre e sombreado.

56 - Varandas e pátios podem proporcionar conforto, arrefecimento por ventilação e evitar problemas de insetos.

53 - Áreas externas sombreadas (varandas, pátios) orientadas para as brisas predominantes podem criar uma sensação de amplitude do espaço em lugares de clima quente ou úmido.

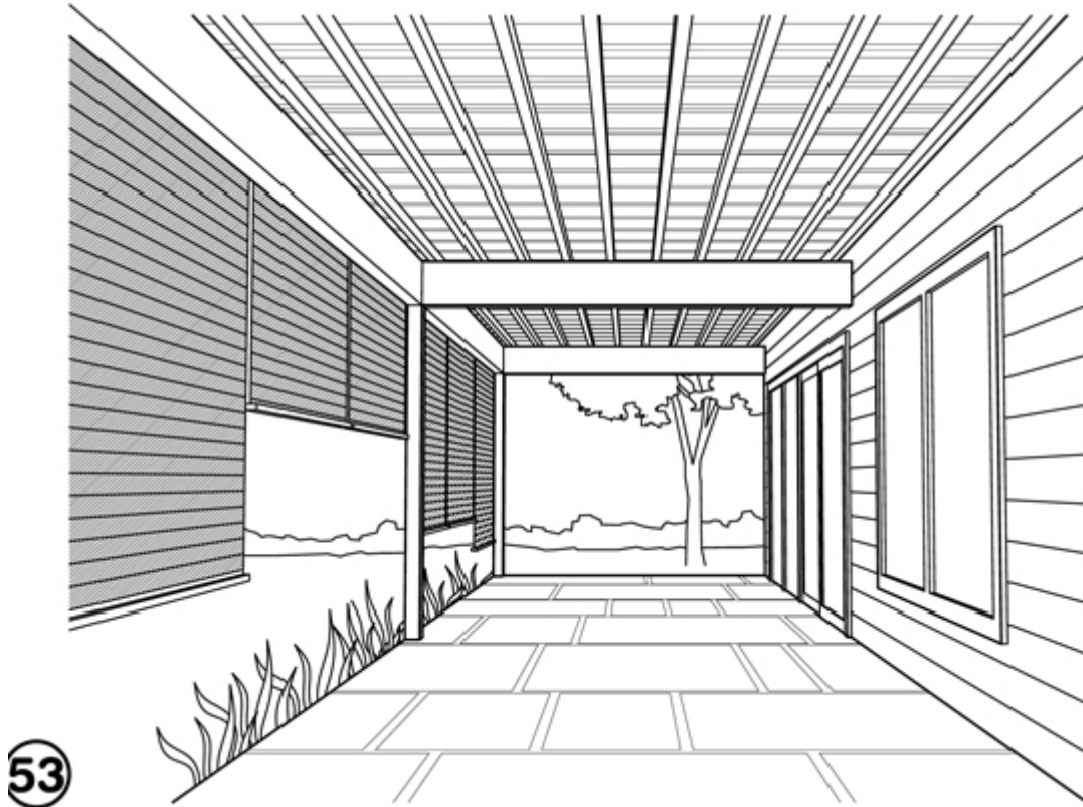


Figura 57: Guia de projeto 53.
Fonte: Climate Consultant, 2008.

61 - Casas tradicionais de climas quentes utilizadas na construção de alta massa com pequenas aberturas bem sombreadas operáveis para ventilação à noite para esfriar a massa.

65 - Casas tradicionais de climas quentes úmidos utilizando tetos altos e altas janelas operáveis (francês) protegida por saliências profundas e varandas.

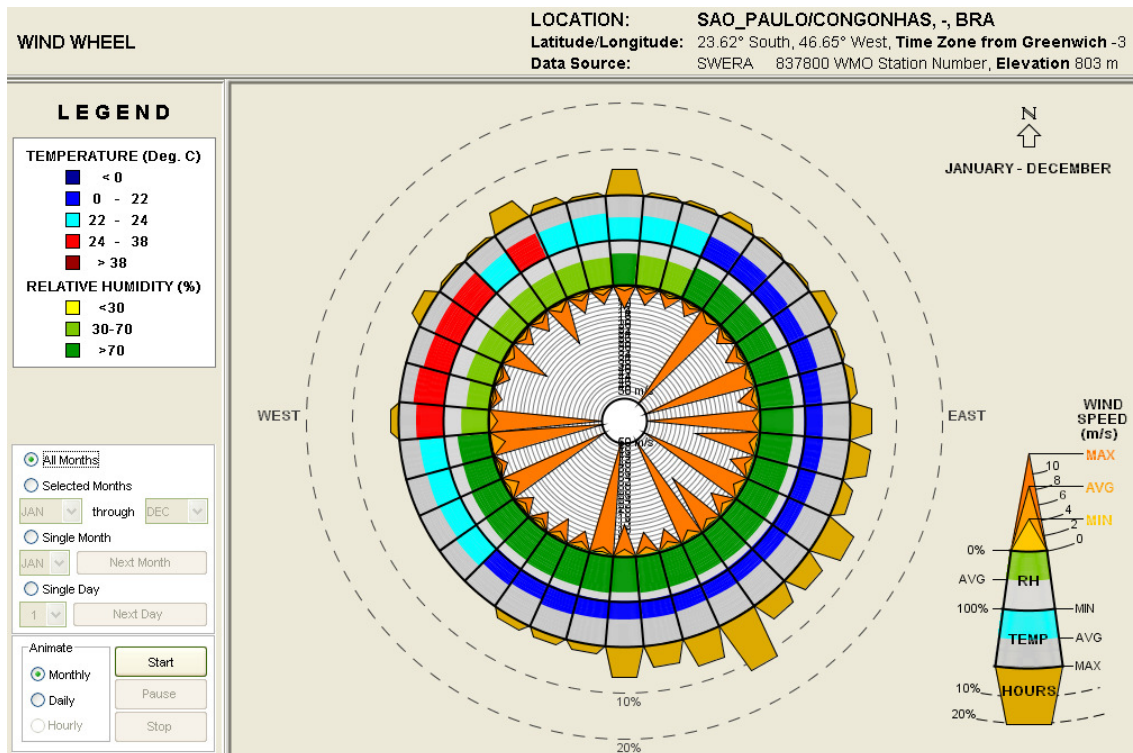


Figura 58: Gráfico de dados do vento.
 Fonte: Climate Consultant, 2008.

Dados de entrada.

- Arquivo EPW desejado.
- Sistema de unidades.
- Existe a possibilidade de alterar os limites das zonas na carta psicrométrica, para cada estratégia.

Tipos de resultado.

Gráficos, imagens e relatório.

Banco de dados.

Arquivos EPW disponíveis no site do Energy Plus.

Fase de projeto para aplicação.

Concepção.

Comentários.

O programa, apesar de conter muitos dados e informações, tem um atalho de ajuda bem explicativo. Seus gráficos podem ser vistos e mudados de acordo com a preferência de análise, como por exemplo, análise por dias ou por meses. Alguns gráficos têm algumas particularidades que ajudam a compreendê-los, como no gráfico psicrométrico, no qual podem ser plotadas as temperaturas de bulbo seco, radiação global horizontal, nebulosidade ou velocidade do vento. Seu maior destaque está no resultado final da

análise, onde são apresentadas estratégias de projeto auto-explicativas, nas quais há uma ilustração (demonstração) para cada tipo de estratégia.

O programa é baseado nos trabalhos teóricos de Baruch Givoni e Murray Milne.

Obs: os dados no formato EPW (Energia Plus Weather) podem ser baixados do site do Departamento E.U. Energia EnergyPlus, ou a partir do atalho em [www.aud.ucla.edu / energy-design-tools](http://www.aud.ucla.edu/energy-design-tools) (clicando no atalho chamado Energy Plus Web Site). Ao selecionar o arquivo EPW desejado, uma tela cheia de números aparecerá. Basta salvar na pasta C: \ Program Files pasta Climate4 \ (onde já haverá uma série de outros arquivos no formato EPW nesta pasta). Ou direto pelo site:

http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data3.cfm/region=3_south_america_wmo_region_3/country=BRA/cname=Brazil

Neste caso, foram consultados e baixados os dados: *São Paulo-Congonhas 837800 (SWERA)*.

3.2.2 Programa DAYLIGHT

Referência. Peters, Troy Nolan. Daylight, USA. 2009.

Disponibilidade. Gratuito, mas inacabado, com obtenção direta pelo site.

Endereço de Acesso: <http://www.archiphysics.com/programs/daylight/daylight.htm>

Língua: inglês

Nível de dificuldade. Fácil.

Validação e testes

Não há.

O que o programa faz?

- Representa a distribuição da luz natural no plano de trabalho de acordo com o tipo de vidro das aberturas e a quantidade das mesmas (pode ser realizado um estudo com até três janelas). Esta representação pode ser feita em escala de cinza ou colorida.

Categoria de análise.

Insolação (iluminação natural).

Figuras que exemplificam os tipos de resultados fornecidos.

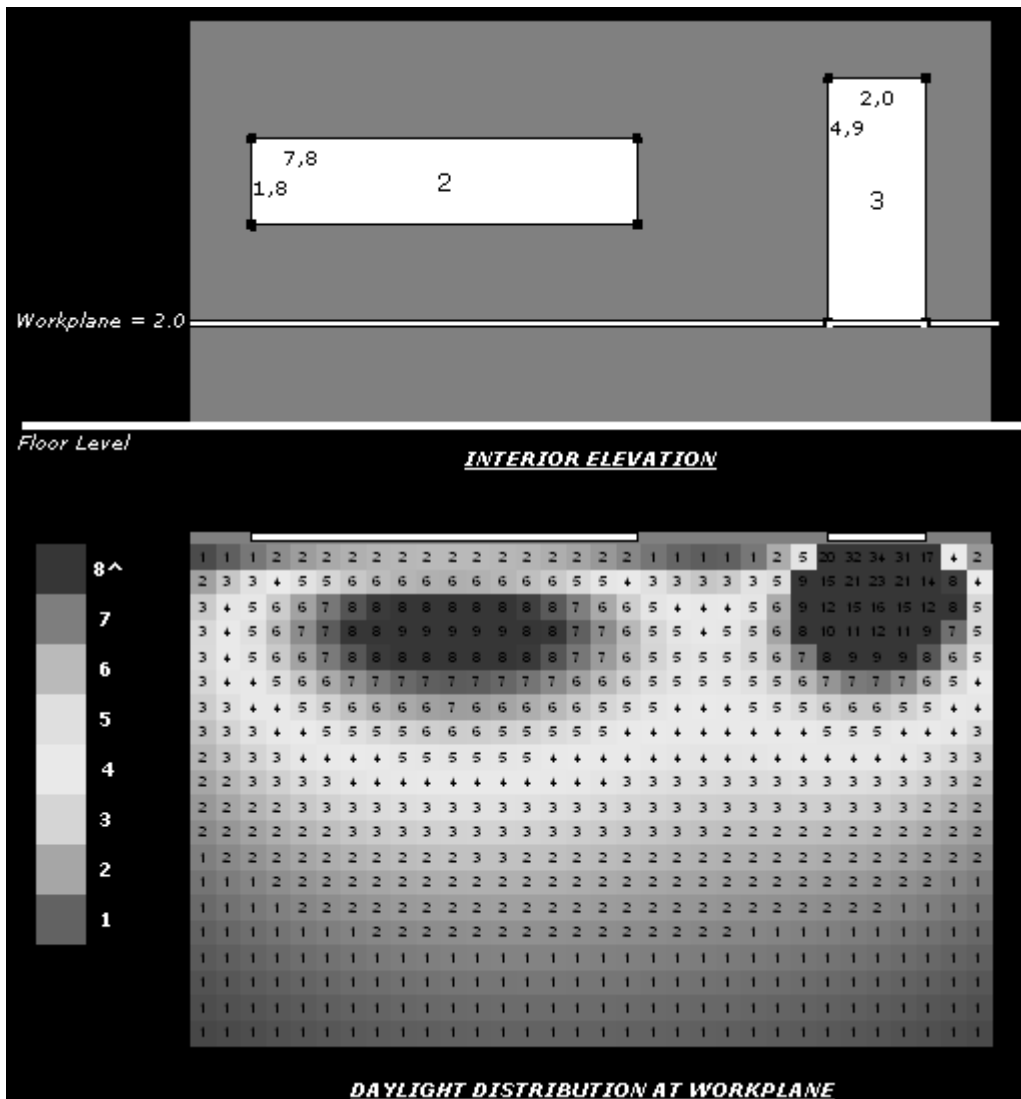


Figura 59: Distribuição da iluminação no plano de trabalho
 Fonte: Daylight, 2009.

Tipos de resultado.

Visual e fornece valores numéricos, mas há dificuldade na sua compreensão.

Dados de entrada.

Tipo de vidro da janela (permite até 3 janelas em uma fachada só).

Tipo de parede (composições limitadas).

Dimensões: altura, largura e profundidade da sala.

Escala da grelha de representação e cor (escala cinza ou colorida).

Banco de dados.

Tipos de vidro e parede (materiais restritos).

Não é explicado de que clima/local se refere o programa.

Fase de projeto para aplicação.

Estudo preliminar e anteprojeto.

Comentários.

O programa é simples e de fácil compreensão. As aberturas podem ser dimensionadas arrastadas e a altura do plano de trabalho também pode ser mudada.

Dificuldades na compreensão das unidades das grandezas e para qual clima se refere.

3.2.3 Programa MIT DESIGN ADVISOR (Versão 1.1)

Referência. Glicksman, L. R. et al. Mit Design Advisor version 1.1. Massachusetts Institute of Technology, USA. 2009.

Disponibilidade. Online e gratuito.

Endereço de Acesso: <http://designadvisor.mit.edu/design/>

Língua: inglês.

Nível de dificuldade. Médio.

Validação e testes

Validado contra o EnergyPlus com resultados entre 15%.

O que o programa faz?

- Consumo de energia para aquecimento, refrigeração e iluminação de cargas são exibidos de forma independente em uma base anual ou mensal.
- Permite a comparação dos resultados para 4 cenários diferentes, modificando-se os dados de entrada.
- Representa o nível de conforto para cada cenário, de acordo com a distância do ocupante à janela, um em junho e um em janeiro, para ajudar a mostrar os extremos de verão e inverno. É determinado o conforto pelo cálculo do (PMV), conforme descrito no ASHRAE.
- Um desenho 3D que mostra a distribuição da luz natural (luz direta e difusa) que entra numa sala durante todo o dia.
- Um desenho da quantidade de iluminação que incide sobre o plano de trabalho em diferentes lugares da sala.
- Ao especificar o custo por unidade de aquecimento e eletricidade, ano de operação, e uma taxa de desconto apropriada anuais (para contabilizar o valor do dinheiro no tempo), o usuário pode estimar o custo energético do edifício proposto.
- Permite localizar automaticamente uma configuração de baixa energia de um edifício que atenda às exigências necessárias.
- Gera um relatório de cenários salvos (estudos anteriormente realizados). Os arquivos de relatório detalhado incluem dados de configuração e os resultados da simulação.

Categoria de análise.

Insolação (iluminação natural), desempenho do edifício como um todo e outras (análise do ciclo de vida; custo de energia e emissão de CO₂).

Figuras que exemplificam os tipos de resultados fornecidos.

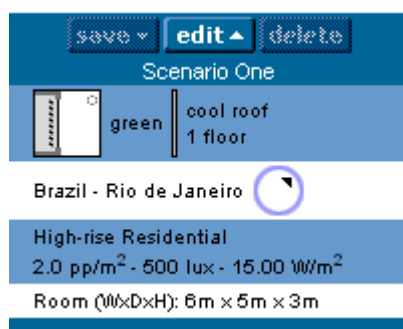


Figura 60: Quadro de cenário salvo.

Fonte: Design Advisor, 2009.

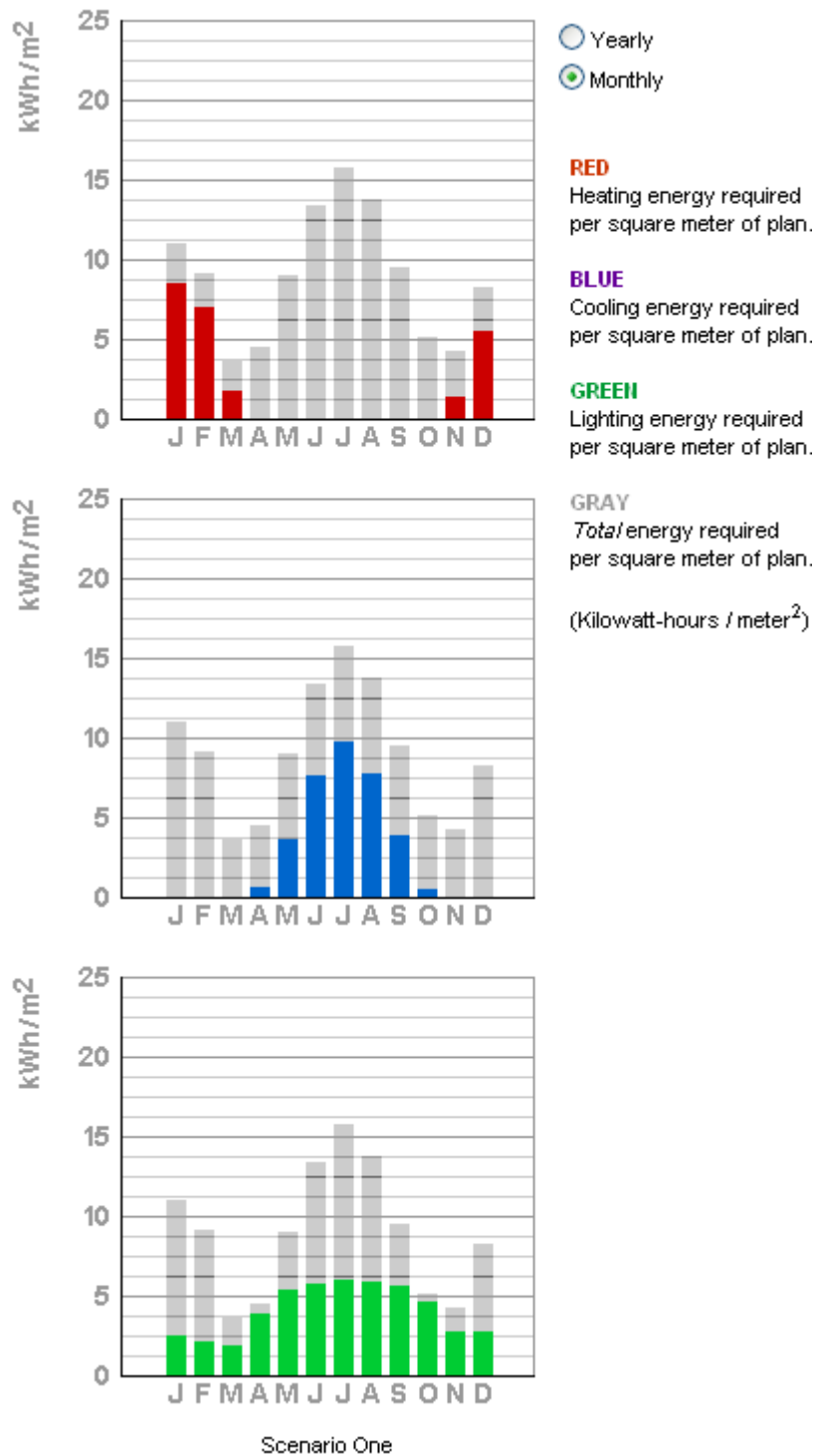
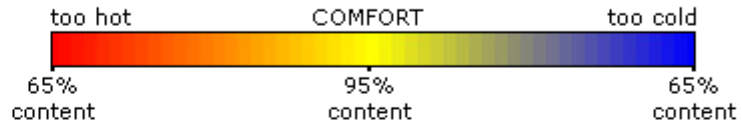


Figura 61: Gráficos de aquecimento, resfriamento e iluminação (KWh/m² por mês).
Fonte: Design Advisor, 2009.

Comfort: Thermal Comfort in a Representative Room

The following figures represent the thermal comfort level within a room as a function of the occupant's distance from the window.



Time of Day:

Scenario One: January



window

back of room

Scenario One: June



window

back of room

Figura 62: Nível de conforto térmico do ambiente.

Fonte: Design Advisor, 2009.

Natural Ventilation: Indoor Air Temperature Histogram

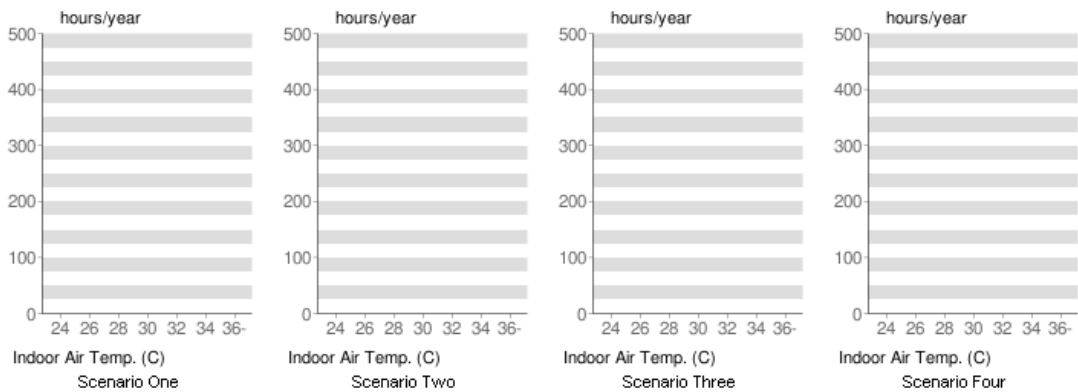


Figura 63: Gráfico de ventilação natural.

Fonte: Design Advisor, 2009.

Daylighting: 3D Representation of a Typical Room



Daylighting: 3D Representation of a Typical Room



Figura 64: Representação 3D da iluminação natural no interior do ambiente.

Fonte: Design Advisor, 2009.

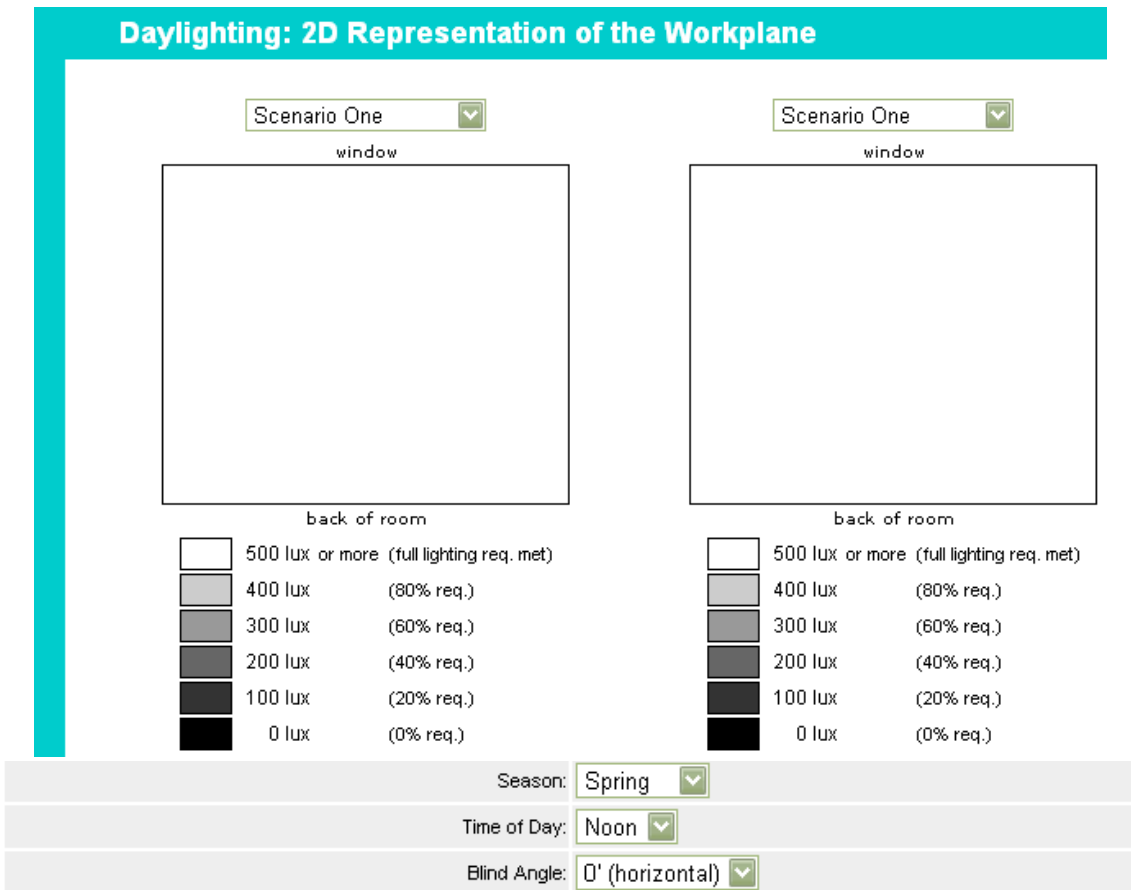
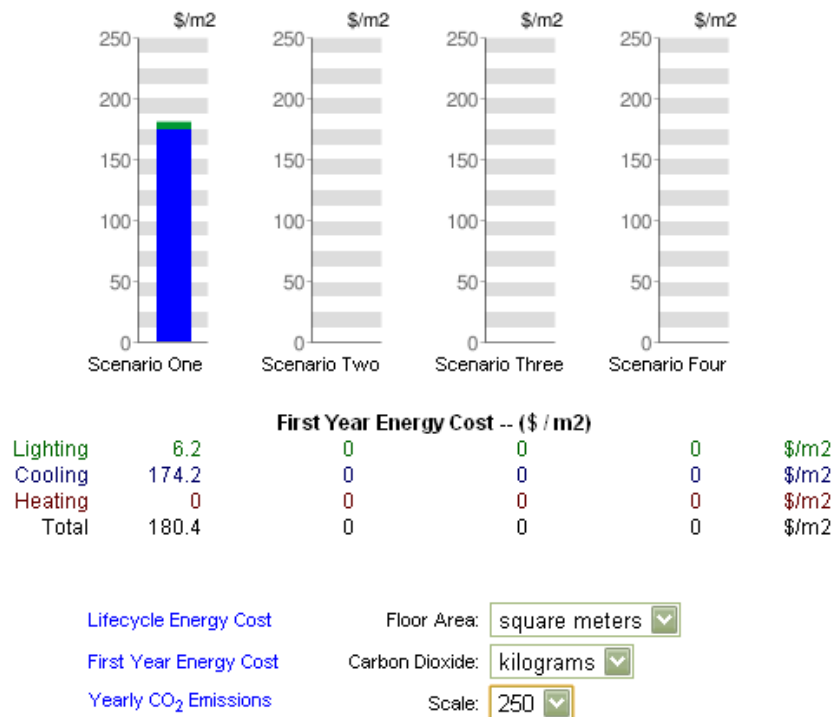


Figura 65: Representação 2D da iluminação natural no plano de trabalho.
 Fonte: Design Advisor, 2009.

Life Cycle Figures: Cost of Energy and CO2 Emissions



Cost of Heating: 1.00 \$ per therm
 Cost of Electricity: 0.18 \$ per kWh
 Years of Operation: 15 years
 Discount Rate: 5.0 % per year
 CO2 Emission Rate: 0.2 kg per kWh

update

Figura 66: Custo energético do edifício.

Fonte: Design Advisor, 2009.

1. Select inputs to hold fixed	2. Select a Scenario to Optimize				Specify Thresholds	
	One	Two	Three	Four	Low	High
<input type="checkbox"/> Window Typology		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/> Glazing Type	green	--	--	--		
<input type="checkbox"/> Window Area	50	--	--	--	50	90 %
<input checked="" type="checkbox"/> Room Depth	5	--	--	--	4	15 m
<input checked="" type="checkbox"/> Room Height	3	--	--	--	2.5	5 m
<input type="checkbox"/> Insulation Thickness	undefined	--	--	--	2	10 cm
<input checked="" type="checkbox"/> Insulation Type	Residential (Medium Insulation)	--	--	--		
<input checked="" type="checkbox"/> Orientation	north-east	--	--	--		

3. Click a Scenario Box (below) to Save

Figura 67: Otimização de um cenário salvo.

Fonte: Design Advisor, 2009.

Relatório:

Scenario *One* *(blue)*
 Mon Oct 05 2009 11:29:39 GMT-0300 (Hora oficial do Brasil)

Setup Information:

Building

Location Brazil - Rio de Janeiro
 Building length, side A 30 m
 Building length, side B 10 m

Simulation Type

Simulation Type four_sided_mixed

Window Description

Typology sgu
 Glazing Type green
 Window Area 50%

Blind Parameters

Blind Width 25 mm
 Blind Schedule (daytime) responds to solar intensity
 Blind Schedule (nighttime) always open
 Blind Angle when closed 90 degrees
 Blind Color White Plastic
 Blind Emissivity 0.77
 Blind Absorptivity 0.38

Wall Description

Insulation R-Value 2 m²-K/W

Occupancy

Type High-rise Residential
 Occupancy Load 2.0 people per m²
 Lighting Requirements 500 lux
 Equipment Load 15.00 W/m²

Room Ventilation

Air Change Rate per 15.0 liters / sec per person

Occupant

Total Air Change Rate 36.0 roomfuls per hour

Lighting Control

Lighting Control lights respond to sunlight: all lights controlled by a single dimming switch

Representative Room

Orientation north-east

Room Depth 5 m

Room Width 6 m

Room Height 3 m

Thermal Mass

Thermal Mass low

Overhang

Overhang Depth 0 m

Roof

Roof Type cool roof

Roof Insulation R-Value 2 m²-K/W

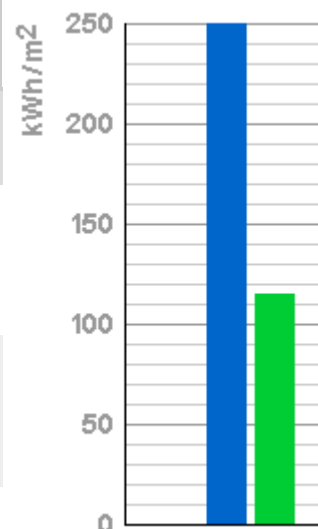
Roof Insulation Location bottom of roof slab

Number of Floors 1 floor(s)

Simulation Results:

Primary Energy Use and CO₂ Emissions

	heating energy	cooling energy	lighting energy	total energy	CO ₂ emissions
	(kWh/m ²)	(kWh/m ²)	(kWh/m ²)	(kWh/m ²)	(kg/m ²)
January	0.0	352.6	8.7	361.3	72.3
February	0.0	386.8	8.4	395.2	79.0
March	0.0	496.2	9.4	505.6	101.1
April	0.0	400.2	9.6	409.8	82.0
May	0.0	274.0	10.7	284.7	56.9
June	0.0	254.4	10.5	264.9	53.0
July	0.0	144.3	10.9	155.2	31.0
August	0.0	133.6	10.2	143.8	28.8



September	0.0	127.0	9.5	136.5	27.3	
October	0.0	170.9	9.2	180.1	36.0	
November	0.0	224.1	8.7	232.8	46.6	
December	0.0	262.4	8.8	271.2	54.2	
Total	0.0	3226.5	114.6	3341.1	668.2	yearly energy

June

	solar altitude	solar azimuth	direct radiation	diffuse radiation	outdoor temp.	indoor temp.	window temp.	heating load	blinds closed
	(degrees)	(degrees)	(W-h/m ²)	(W-h/m ²)	(K)	(K)	(K)	(W-h/m ²)	(% time)
midnight	-83.0	39.2	0.0	0.0	294.5	297.7	0.0	-34.3	0
1 am	-69.3	39.1	0.0	0.0	294.4	297.6	0.0	-32.1	0
2 am	-55.6	36.5	0.0	0.0	294.4	297.5	0.0	-33.6	0
3 am	-41.9	33.4	0.0	0.0	294.5	297.6	0.0	-33.9	0
4 am	-28.5	29.8	0.0	0.0	294.4	297.6	0.0	-32.1	0
5 am	-15.3	25.6	0.0	0.0	294.3	297.6	0.0	-31.1	0
6 am	-2.5	20.6	0.0	0.0	294.0	297.4	0.0	-28.2	0
7 am	9.7	14.3	173.2	123.1	295.2	297.9	0.0	-41.9	0
8 am	21.1	6.3	234.6	244.8	295.8	298.2	0.0	-49.2	0
9 am	31.1	-4.2	231.6	350.3	296.6	298.5	0.0	-58.6	0
10 am	38.8	-18.1	240.8	355.2	297.3	298.8	0.0	-70.8	0
11 am	43.2	-35.5	250.7	291.9	298.2	298.9	0.0	-86.9	0
noon	43.2	-54.4	181.3	235.1	298.6	299.0	0.0	-94.6	0
1 pm	38.8	-71.8	102.2	181.3	298.5	298.9	0.0	-94.5	0
2 pm	31.1	-85.7	20.0	120.6	298.2	298.9	0.0	-87.8	0
3 pm	21.1	-96.3	0.0	71.8	297.3	298.7	0.0	-73.1	0
4 pm	9.7	-104.3	0.0	26.7	296.6	298.5	0.0	-61.6	0
5 pm	-2.5	-110.6	0.0	0.0	295.9	298.3	0.0	-52.0	0
6 pm	-15.3	-115.6	0.0	0.0	295.4	298.2	0.0	-45.2	0
7 pm	-28.5	-119.8	0.0	0.0	295.3	298.0	0.0	-44.3	0
8 pm	-41.9	-123.4	0.0	0.0	295.1	297.9	0.0	-41.9	0
9 pm	-55.6	-126.5	0.0	0.0	294.8	297.9	0.0	-36.7	0

10 pm	-69.3	-129.1	0.0	0.0	294.6	297.8	0.0	-35.4	0
11 pm	-83.0	-129.2	0.0	0.0	294.5	297.7	0.0	-34.4	0

December

	solar altitude	solar azimuth	direct radiation	diffuse radiation	outdoor temp.	indoor temp.	window temp.	heatin g load	blinds close d
	(degrees)	(degrees)	(W- h/m ²)	(W- h/m ²)	(K)	(K)	(K)	(W- h/m ²)	(% time)
midnight	-43.2	125.5	0.0	0.0	295.1	298.8	0.0	-21.2	0
1 am	-38.8	108.1	0.0	0.0	295.0	298.8	0.0	-19.6	0
2 am	-31.1	94.2	0.0	0.0	294.8	298.8	0.0	-16.3	0
3 am	-21.1	83.6	0.0	0.0	294.8	298.8	0.0	-15.1	0
4 am	-9.7	75.6	0.0	0.0	294.8	298.8	0.0	-14.5	0
5 am	2.5	69.3	32.2	24.6	295.2	298.9	0.0	-22.6	0
6 am	15.3	64.3	70.8	91.5	295.7	299.0	0.0	-30.3	0
7 am	28.5	60.1	102.0	189.9	296.2	299.0	0.0	-41.1	0
8 am	41.9	56.5	103.9	258.1	297.0	299.0	0.0	-57.6	0
9 am	55.6	53.4	114.1	290.5	297.7	299.1	0.0	-72.8	0
10 am	69.3	50.8	77.3	265.5	298.4	299.1	0.0	-89.6	0
11 am	83.0	50.8	26.7	261.5	298.9	299.1	0.0	-101.4	0
noon	83.0	-140.8	0.0	233.1	299.4	299.1	0.0	-110.8	0
1 pm	69.3	-140.8	0.0	188.4	299.5	299.1	0.0	-113.1	0
2 pm	55.6	-143.4	0.0	170.7	299.2	299.1	0.0	-106.9	0
3 pm	41.9	-146.5	0.0	125.5	298.7	299.1	0.0	-96.6	0
4 pm	28.5	-150.1	0.0	80.2	298.0	299.1	0.0	-82.8	0
5 pm	15.3	-154.3	0.0	39.9	297.3	299.1	0.0	-67.3	0
6 pm	2.5	-159.3	0.0	1.3	296.7	299.1	0.0	-53.0	0
7 pm	-9.7	-165.6	0.0	0.0	296.2	299.0	0.0	-43.7	0
8 pm	-21.1	-173.6	0.0	0.0	295.8	298.9	0.0	-36.2	0
9 pm	-31.1	175.7	0.0	0.0	295.4	298.9	0.0	-27.5	0
10 pm	-38.8	161.8	0.0	0.0	295.2	298.9	0.0	-23.6	0
11 pm	-43.2	144.4	0.0	0.0	295.1	298.9	0.0	-21.3	0

Tipos de resultado.

Gráficos, imagens e relatório.

Dados de entrada.

- CLIMA: Região, país (com apenas uma cidade); temperatura; intensidade de iluminação; umidade relativa.
- OCUPAÇÃO E EQUIPAMENTOS: função e tipo de edifício; período (tempo) de ocupação; densidade demográfica; nível de iluminação (lux); equipamentos (W/m^2).
- SISTEMA DE VENTILAÇÃO: temperatura máxima e mínima do ar interior; máxima umidade relativa; categoria de ventilação, ar fresco (litros/seg por pessoa, taxa de renovação do ar (renovação de ar/hora).
- MASSA TÉRMICA.
- GEOMETRIA DO EDIFÍCIO: orientação e dimensões do edifício.
- DESCRIÇÃO DO TIPO DE TELHADO.
- DIMENSÕES DA SALA: largura, comprimento e altura. Orientação da fachada que contém abertura.
- DESCRIÇÃO DA JANELA: porcentagem da área da janela com relação à área da parede; tipo de vidro.
- PROTEÇÃO SOLAR HORIZONTAL LOCALIZADA LOGO ACIMA DA JANELA: dimensão.
- DESCRIÇÃO DA PAREDE: é possível entrar com o valor da resistência térmica diretamente.

Banco de dados.

Cada cidade está ligada a um arquivo de dados meteorológicos, com valores horários de temperatura exterior, direta e difusa de intensidade da luz solar e umidade relativa. Alguns países com apenas uma cidade. Para o Brasil o banco de dados possui apenas a cidade do Rio de Janeiro.

Possui também algumas opções de vidros, paredes, telhado, indicações de ganhos internos e de equipamentos e iluminação artificial.

Fase de projeto para aplicação.

Concepção, estudo preliminar e anteprojeto.

Comentários.

O MIT Design Advisor é uma ferramenta que permite descrever e simular um prédio em pouco tempo, ou seja, uma simulação anual de energia pode ser executada de maneira rápida e resultados gráficos ficam imediatamente disponíveis para revisão. Nenhuma experiência ou formação técnica é necessária. Além de ser altamente explicativo, pois explica todos os seus tópicos, tanto dos dados de entrada como dos resultados apresentados.

O programa permite a simulação de apenas edifícios monograma em formato de paralelepípedo, com a orientação N-S/E-O (90°) ou NE-SO/SE-NO (45°).

3.2.4 Programa OPAQUE

Referência. Bapat, Anjali. Opaque version 2.0. Graduate School of Architecture and Urban Design. University of California, EUA. 1999.

Disponibilidade. Gratuito, com obtenção direta pelo site.

Endereço de Acesso: <http://www.energy-design-tools.aud.ucla.edu/>

Língua: inglês

Nível de dificuldade. Médio.

Validação e testes

Não há.

O que o programa faz?

- Seu principal resultado é o cálculo da resistência e da transmitância térmicas totais, o atraso e o amortecimento de um fechamento.
- Plota a variação da temperatura ao longo da seção do fechamento.
- Plota em gráficos a variação das temperaturas exterior, sol-ar, radiação solar (direta, difusa, refletida e total) e ganhos e perdas de calor pelo envelope.

Categoria de análise.

Materiais opacos (propriedades térmicas).

Figuras que exemplificam os tipos de resultados fornecidos.

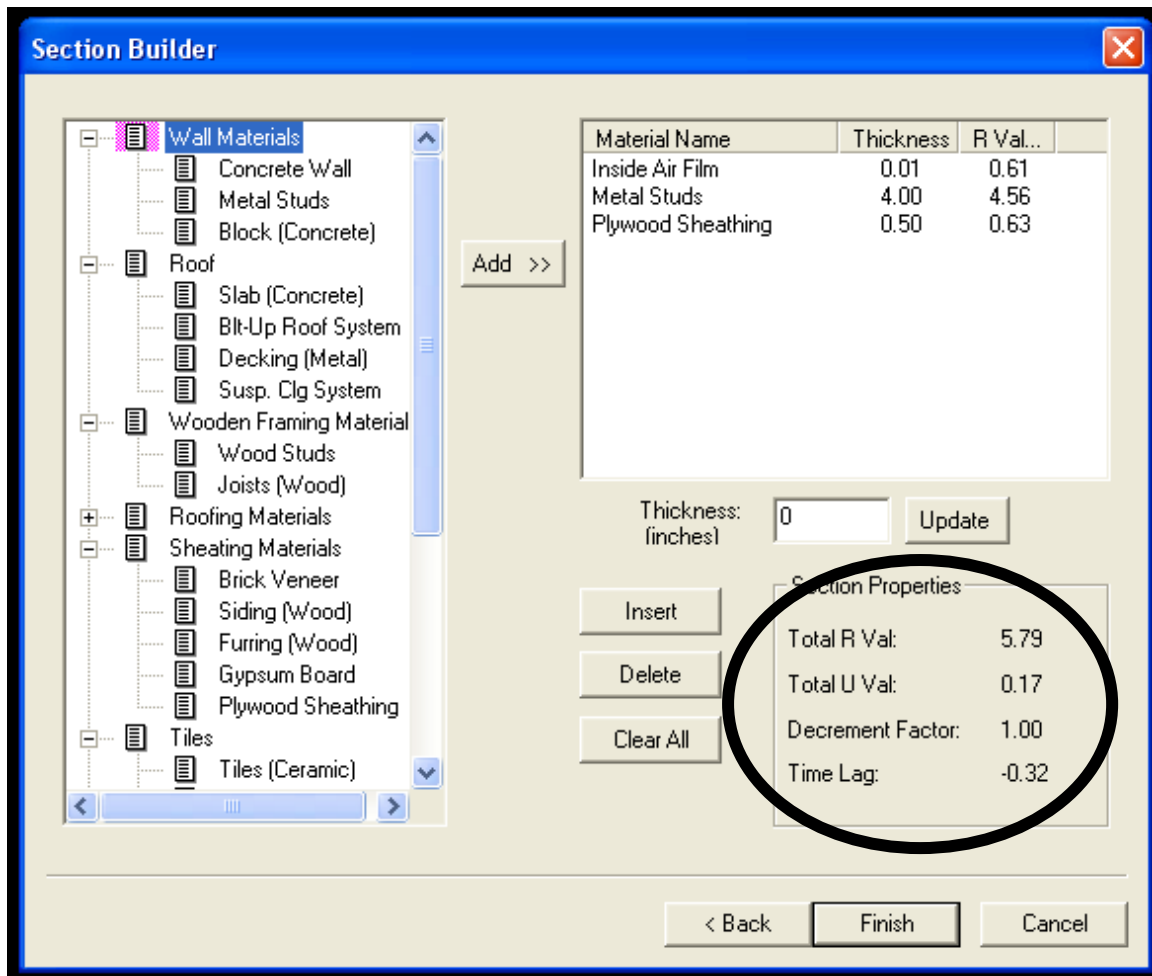


Figura 68: Resultado do programa OPAQUE: propriedades térmicas do fechamento
 Fonte: Anjali, 1999.

Tipos de resultado.

Numérico e em formato de gráficos.

Dados de entrada.

Dados climáticos do local: temperaturas médias mensais máximas e mínimas e latitude.

Temperatura interior de conforto.

Tipo de fechamento a ser calculado: parede ou telhado.

Características do fechamento: orientação em relação ao norte, ângulo que forma com o solo, absorvidade da superfície exterior e coeficiente de reflexão do solo ao redor.

Composição de cada camada do fechamento: material, espessura, densidade, resistência térmica, calor específico e condutância..

Banco de dados.

Possui dados de cidades dos EUA, mas permite a entrada de dados de outros climas.

Possui dados de alguns materiais, mas permite a entrada de novos.

Fase de projeto para aplicação.

Anteprojeto.

Comentários.

A ajuda do programa é bastante insuficiente, o que dificulta o seu uso e entendimento de seu funcionamento. A entrada de dados não é no Sistema internacional de Unidades, o que dificulta bastante o seu uso (as temperaturas são em Fahrenheit, as dimensões em polegadas, e assim por diante). Quanto aos resultados, não foi possível entender a que data se refere a variação da temperatura ao longo da seção do fechamento. Os métodos de cálculo adotados não são claros no programa.

3.2.5 Programa PARASOL 5.0

Referência. Hellstrom, Bengt e Kvist, Hasse. Parasol version 5.0. Lund Institute of Technology, Division of Energy and Building Design, Department of Architecture and Built Environment. Sweden. 2009.

Disponibilidade. Gratuito, mas com a exigência de identificação do usuário (nome, profissão, empresa ou universidade, país e email) através do site:

Endereço de Acesso: <http://www.parasol.se/>

Língua: inglês e sueco.

Nível de dificuldade. Médio.

Validação e testes

Não há.

O que o programa faz?

- Avaliação do efeito de uma proteção solar, combinada a um determinado tipo de vidro, em uma sala retangular com uma janela.
- As análises fornecidas são as seguintes:
 - Diagramas de duração da temperatura interna operativa, da radiação solar e do gasto de energia para resfriamento e aquecimento, com ou sem utilização de protetor solar, ao longo de um ano.
 - Para o dia de projeto, ele fornece diagramas com a carga de pico, a insolação e a temperatura exterior.
- Análises de conforto variadas que indicam, na planta da sala, os valores correspondentes às variáveis.
- Análises de iluminação natural que indicam, na planta da sala, as isolinhas do nível de iluminação.

Categoria de análise.

Insolação (iluminação natural)

Materiais transparentes (propriedades térmicas)

Desempenho do edifício como um todo.

Figuras que exemplificam os tipos de resultados fornecidos.

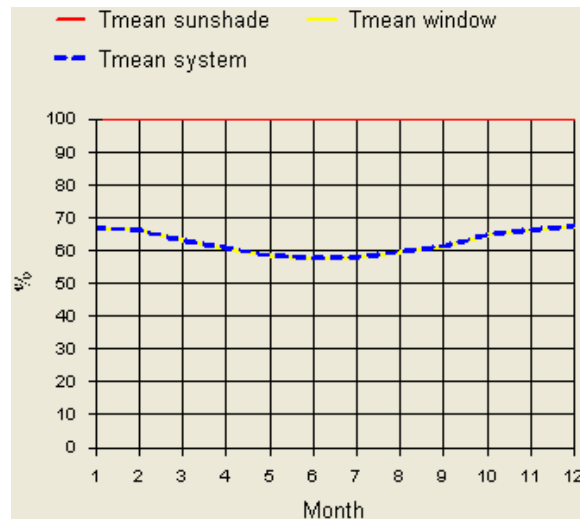


Figura 69: Transmitância solar.
 Fonte: Parasol, 2009.

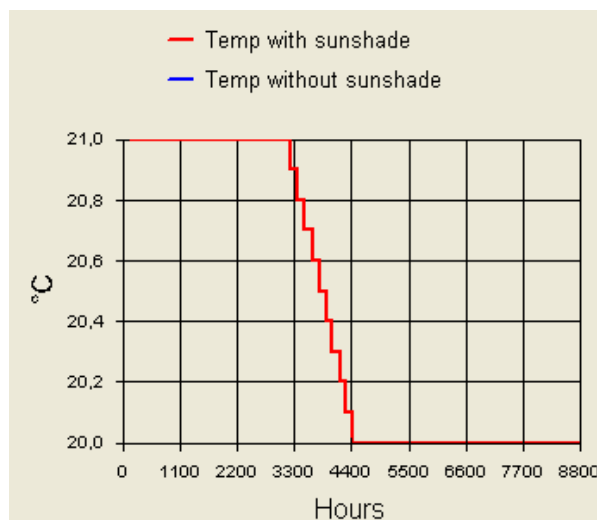


Figura 70: Gráfico de temperatura interna com ou sem proteções solares por hora.
 Fonte: Parasol, 2009.

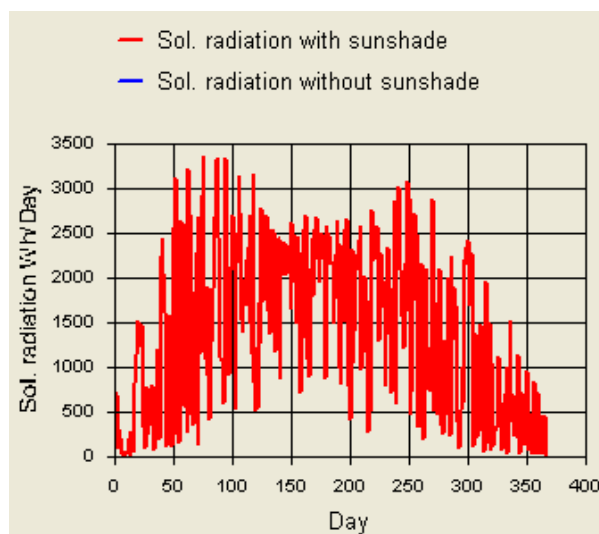


Figura 71: Gráfico de insolação por dia com ou sem proteção solar.
Fonte: Parasol, 2009.

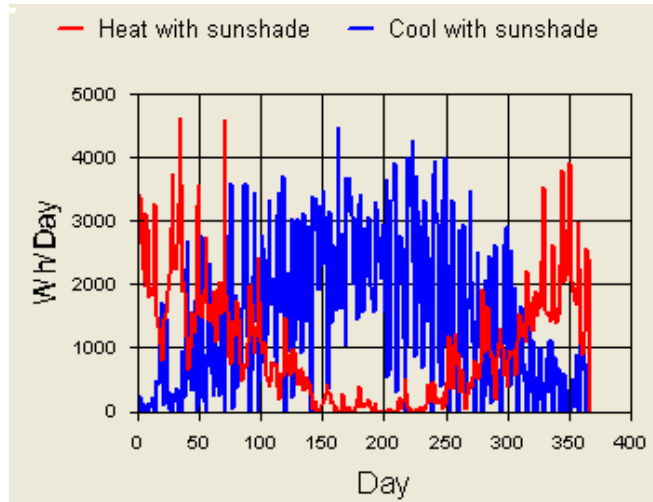


Figura 72: Gráfico de energia para período quente com ou sem proteção solar.
Fonte: Parasol, 2009.

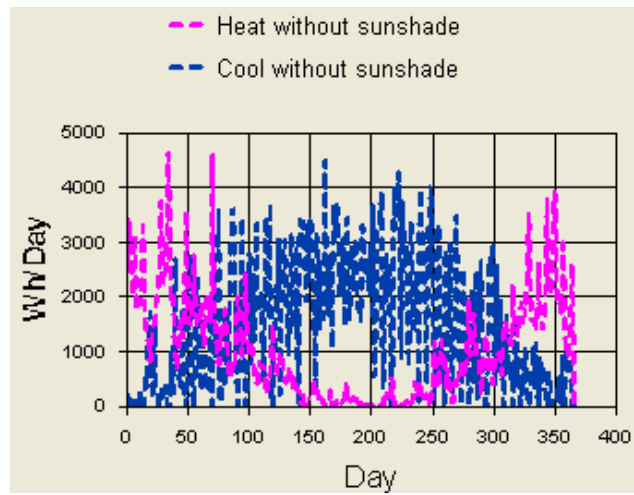


Figura 73: Gráfico de energia para período frio com ou sem proteção solar.
Fonte: Parasol, 2009.

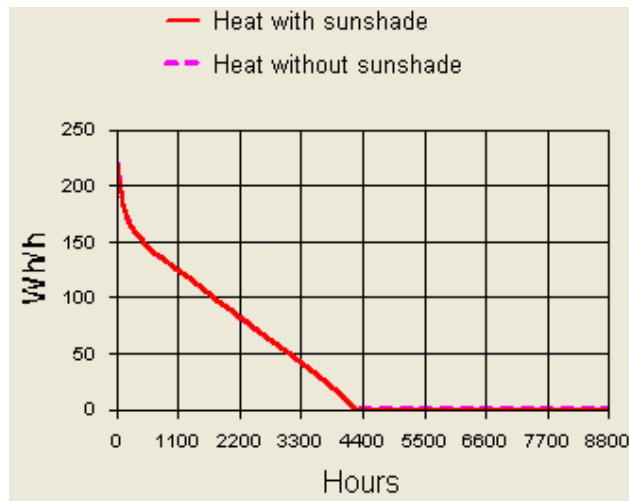


Figura 74: Diagrama de duração de aquecimento com ou sem proteção solar.
 Fonte: Parasol, 2009.

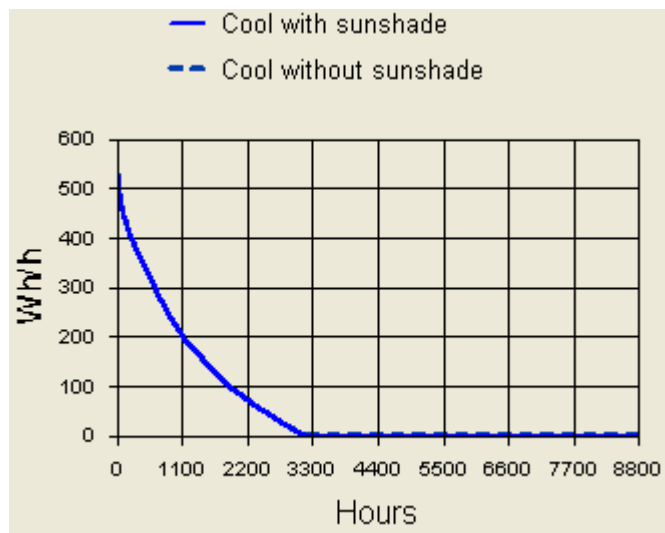


Figura 75: Diagrama de duração de resfriamento com ou sem proteção solar.
 Fonte: Parasol, 2009.

Global Operative Temperature
Dec 22, 15.00 Room Air: 21.00°C Level: 1.20 m Calc.Step: 34 pixels
1.0 clo Abs: 70% Emm: 50% MR: 1.0 met WR: 0.4 met WS: 1.0 m/s RH: 60%

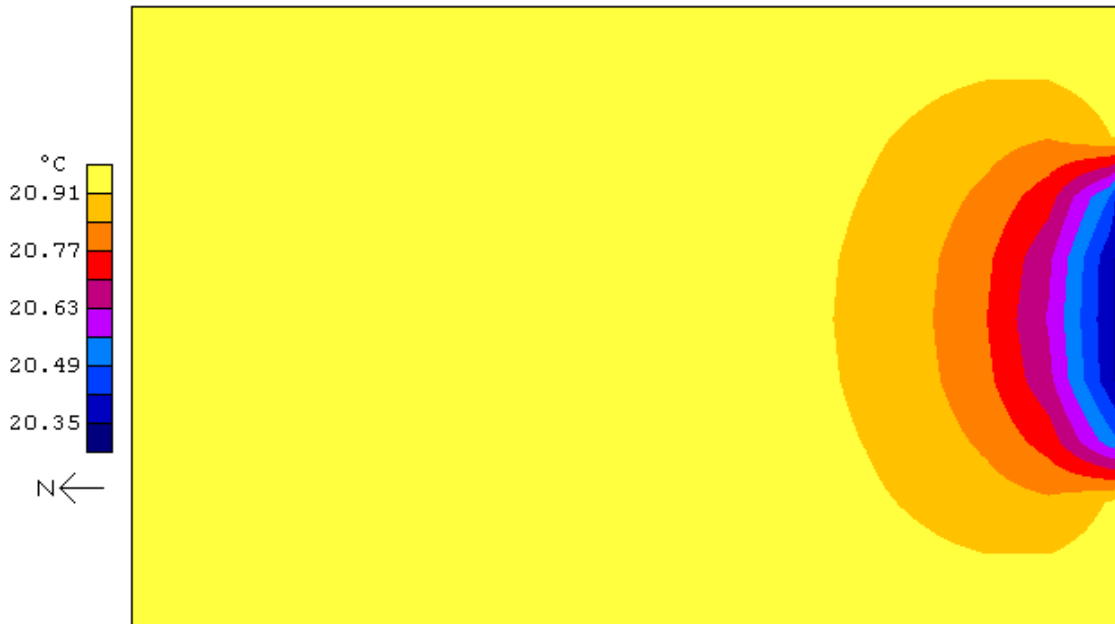


Figura 76: Análise de conforto térmico, temperatura operativa global.
Fonte: Parasol, 2009.

Predicted Mean Vote (PMV)
Dec 22, 15.00 Room Air: 21.00°C Level: 1.20 m Calc.Step: 34 pixels
1.0 clo Abs: 70% Emm: 50% MR: 1.0 met WR: 0.4 met WS: 1.0 m/s RH: 60%

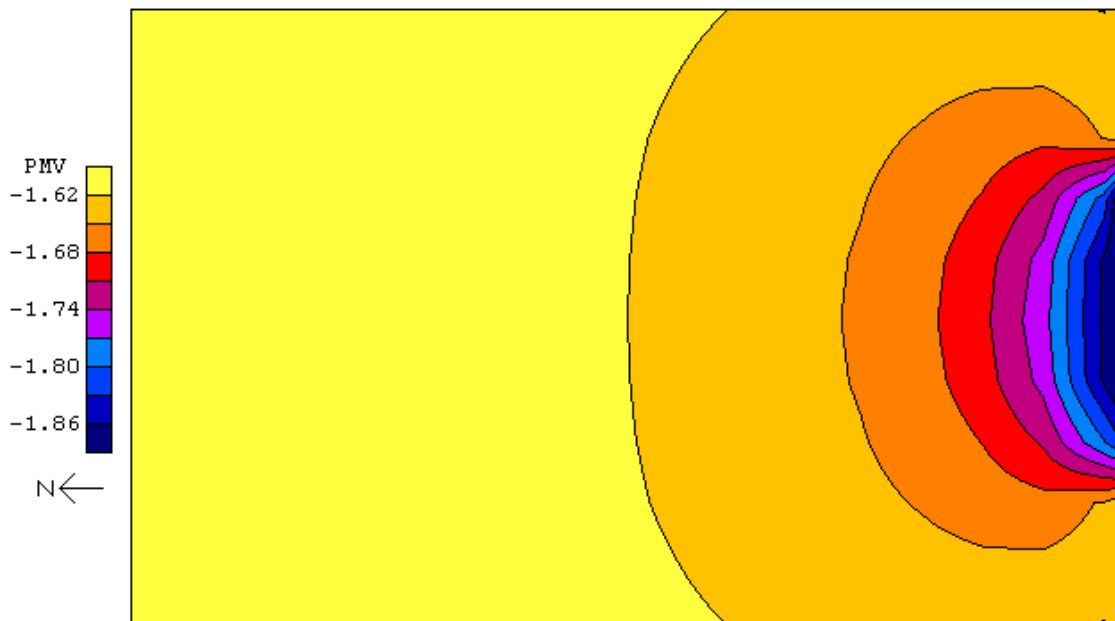


Figura 77: Análise de conforto térmico, PMV.
Fonte: Parasol, 2009.

E:\PROGRAMAS\PARASOL\PROJECT\shade\temporar
Illuminance at Right Side, Dec 31 15:00, Dir.rad. 0 W/m2
Clear Level: 200 W/m2, Used factors: 103 & 121 lm/W, Tv/Ts: 1.16
0.80 m above floor, Calc.steps 25 pixels(0.18 m)

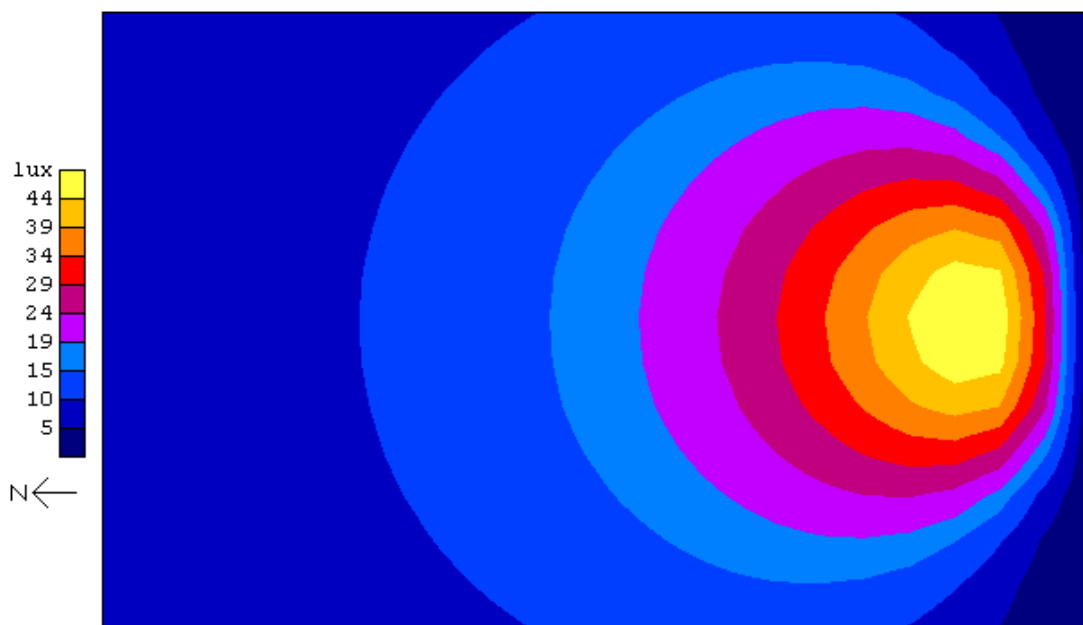


Figura 78: Iluminância no lado direito da superfície.

Fonte: Parasol, 2009.

Tipos de resultado.

Predominantemente visual.

Dados de entrada.

Geometria: dimensões da sala e da abertura.

Montagem da janela: dimensões do caixilho e do vidro.

Orientação da fachada, localização (cidade), material do solo (para determinar a porcentagem de refletância).

Capacidade de armazenamento e U das paredes exteriores e interiores, piso e teto (valores leves, médios ou pesados).

Estrutura da janela: tipo de vidro; conjunto de descrições da janela (podem ser criados outros tipos de janelas); biblioteca de características dos materiais que compõem a janela (porcentagens de transmitância, reflexão podem ser alteradas). Há uma opção em marcar (considerar) janela ventilada/ fachada dupla, a qual é considerada a altura das aberturas, a temperatura interior e exterior.

Proteção solar- externa: tipo de proteção; dimensões; fornecedor; produto; emitância; refletância; largura das ripas, no caso de brise-soleil, espaçamento entre as mesmas; ângulos das ripas e do brise em relação à parede. Entre vidros (entre janela dupla): tipo de proteção; fornecedor; produto; largura, espaçamento; porcentagens de transmissão de radiação de onda curta e de onda longa. Interna: mesmos dados anteriores.

Ganhos internos e temperaturas de set point.

Banco de dados.

Contém poucas cidades mundiais, mas podem ser baixadas outras cidades através de um atalho que o próprio programa propõe. Para o Brasil, possui os dados da cidade do Rio de Janeiro.

Possui uma grande biblioteca de dados de vidro e também uma biblioteca de fabricantes de brises.

Fase de projeto para aplicação.

Concepção, estudo preliminar e anteprojeto.

Comentários.

A ferramenta é destinada principalmente para simulações de escritórios, escolas, hospitais e prédios de apartamentos. Apresenta uma interface de fácil compreensão e com atalhos explicativos e de ajuda ao usuário, porém alguns tópicos de análise e de inserção de dados não são de compreensão rápida deixando dúvidas quanto ao resultado final apresentado. Seu banco de dados pode ser acessado pelo próprio Menu do programa, em *Climate data files* e *Download climate data files* onde podem ser acrescentados arquivos climáticos de outras cidades do mundo. Os arquivos são em formato CLI, neste caso, foi utilizado o clima da cidade do Rio de Janeiro. Os dados climáticos compreendem os seguintes valores por hora durante um ano: tempo (ano, mês, dia, hora), temperatura exterior ($^{\circ}$ C), intensidade da radiação solar difusa sobre uma superfície horizontal (W/m^2), intensidade da radiação solar direta sobre uma superfície normal aos raios do sol (W/m^2) e o comportamento do céu ($^{\circ}$ C).

O modelo geométrico representa apenas um modelo de sala retangular com uma janela, o que é a sua principal limitação. O módulo pressupõe-se rodeado por outros quartos com semelhantes condições térmicas. A parede em que a janela está situada é uma parede externa exposta ao clima externo. É importante notar que no programa é necessário indicar a dimensão do caixilho, diferenciando-se como “janela” somente a parte efetivamente envidraçada.

A biblioteca, bastante completa, contém os tipos de vidro com diferentes funções, tais como de vidro transparente, vidro absorvente, vidro de energia e vidro de controle solar. As propriedades ópticas com resolução espectral são indicadas para alguns tipos de vidro. Todas as simulações para o vidro e janelas levam em conta a variação de propriedades ópticas, dependendo do ângulo de incidência da radiação solar sobre a janela. Os cálculos são feitos para condições de contorno, em conformidade com a norma ISO 15099. Podem ser adicionados tipos de janelas e materiais, assim como porcentagem e valores de transmitância, reflexão, emissividade e etc. Esta parte do programa é bastante detalhada e completa.

O programa também realiza, à parte, uma análise de conforto térmico. Esta função desenha valores calculados para os parâmetros de temperatura operativa global, a temperatura operacional para diferentes direções, e os índices PMV-PPD. O PMV e PPD são calculados de acordo com a norma ISO 7730. Os valores são apresentados em diagramas de superfície em uma superfície especificada horizontal no quarto. Há também uma análise do conforto térmico para luz natural. Esta função desenha os valores de iluminância sobre uma superfície horizontal para direções diferentes. Os valores são apresentados em diagramas de superfície em uma superfície especificada horizontal no quarto.

3.2.6 Programa SUNPOSITION 1.7

Referência. Brackenridge, Mike. SunPosition Calculator version 1.7. Egon Gombra Services. Spain. 2009.

Disponibilidade. Gratuito e online somente para algumas cidades. Para ser membro e poder utilizar todo o banco de dados é necessário se cadastrar e pagar.

Endereço de Acesso: <http://www.sunposition.info/sunposition/spc/locations.php#1>

Língua: inglês.

Nível de dificuldade. Fácil.

Validação e testes

Durante os testes muitos cálculos foram conferidos fazendo-se uso de cliômetros *Sunnto* de alta precisão e compassos.

O que o programa faz?

- Apresenta a trajetória solar de forma precisa para um dia do ano em intervalos de hora definidos, detalhando os ângulos de azimute e altura solar.

Categoria de análise.

Insolação (incidência solar).

Figuras que exemplificam os tipos de resultados fornecidos.

Tabela 2: Azimute e altura solar para vários horários do dia 22 de dezembro de 2009, para a cidade de Brasília.

« Tuesday, 22nd December 2009 »

Time (24 hr)	Azim.	Alt.
05:30	135°	-3°
05:45	134°	1°
06:00	133°	4°
06:15	132°	7°
06:30	131°	11°
06:45	130°	14°
07:00	130°	17°

07:15	129°	21°
07:30	129°	24°
07:45	128°	28°
08:00	128°	31°
08:15	127°	34°
08:30	127°	38°
08:45	127°	41°
09:00	127°	45°
09:15	127°	48°
09:30	127°	52°
09:45	128°	55°
10:00	129°	58°
10:15	130°	62°
10:30	131°	65°
10:45	134°	69°
11:00	137°	72°
11:15	142°	75°
11:30	150°	78°
11:45	162°	80°
12:00	182°	82°
12:15	207°	82°
12:30	230°	81°
12:45	245°	79°
13:00	254°	76°
13:15	260°	73°
13:30	264°	70°
13:45	267°	66°
14:00	269°	63°
14:15	270°	60°
14:30	271°	56°
14:45	271°	53°
15:00	272°	49°
15:15	272°	46°
15:30	272°	43°
15:45	272°	39°
16:00	272°	36°

16:15	271°	32°
16:30	271°	29°
16:45	271°	25°
17:00	270°	22°
17:15	270°	19°
17:30	269°	15°
17:45	268°	12°
18:00	267°	9°
18:15	267°	5°
18:30	266°	2°
18:45	265°	-1°

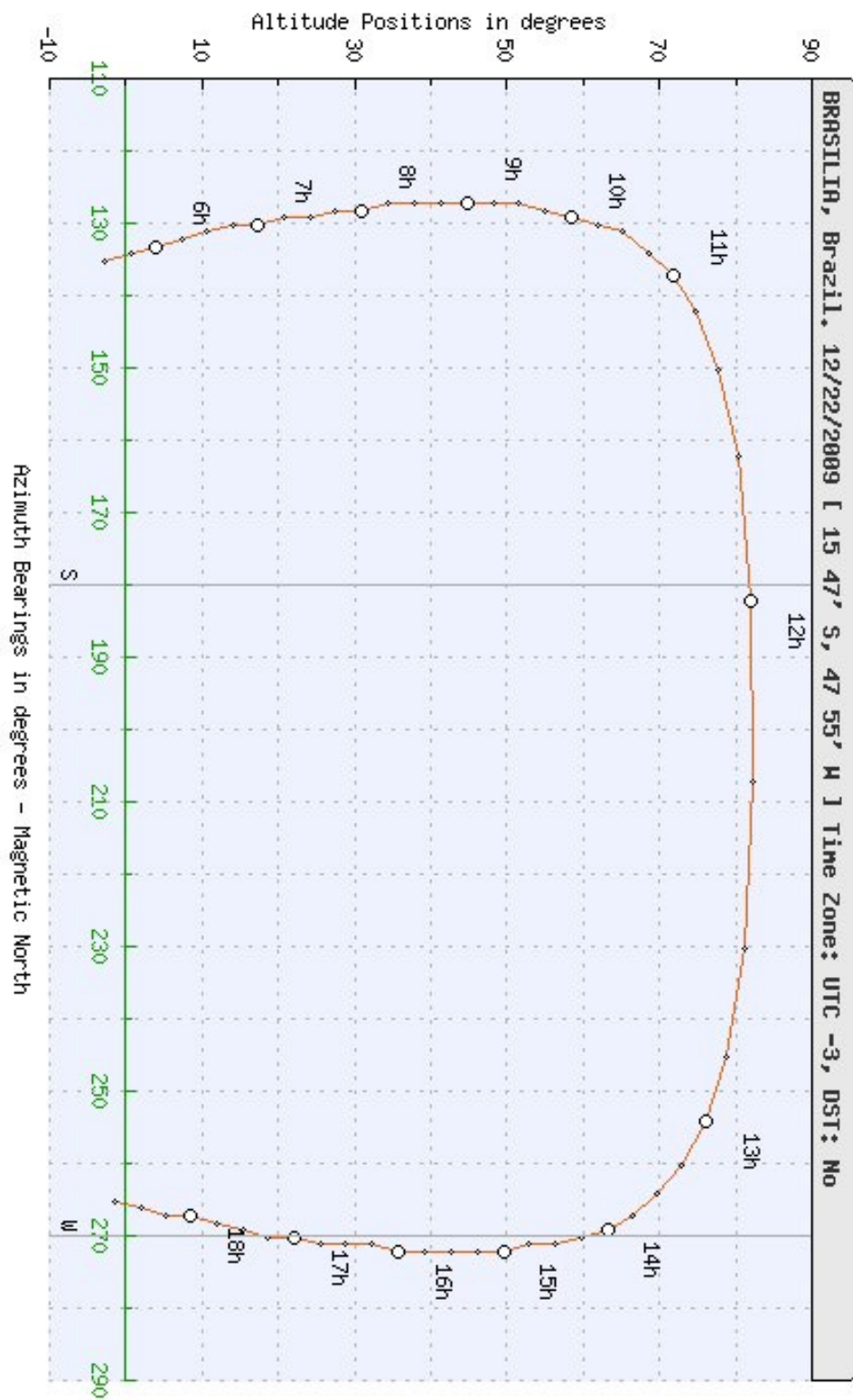


Figura 79: Trajetória solar em 22 de dezembro de 2009 referente à Brasília.
 Fonte: SunPosition, 2009.

Tipos de resultado.

Tabelas e gráficos.

Dados de entrada.

Continente, país, estado, cidade. Dependendo da cidade, considerar ou não horário de verão.

Escolher entre norte magnético e norte verdadeiro.

Escolher um dia do ano em que se quer analisar.

Banco de dados.

Contém 8.000 localidades do mundo todo em acesso gratuito e 48.083 para acesso restrito (pago). Quanto às cidades brasileiras, possui poucas cidades de médio ou grande porte acessíveis gratuitamente.

Fase de projeto para aplicação.

Concepção.

Comentários.

SunPosition é gratuito para uso básico, podendo fazer cálculos para pouco mais de 8.000 localidades que estão disponíveis para não-membros nos menus de localização. Para os membros oferece a flexibilidade para adicionar novos locais; obter uma impressão gráfica do caminho do sol durante todo o dia e salvar seus locais mais utilizados no seu menu de favoritos; acesso total para a lista completa dos 48.083 em todo o mundo; fazer cálculos específicos para a latitude e longitude; acesso a uma página especialmente formatada para imprimir o intervalo de datas ou cálculos; acesso aos locais de outros membros.

O local escolhido para a visualização da trajetória solar pode ser visto em imagem do Google maps proposta pelo próprio programa em um atalho.

3.2.7 Programas:

- 1- LOUVER SHADING;
- 2- OVERHANG ANNUAL ANALYSIS;
- 3- SOL PATH;
- 4- SUNANGLE;
- 5- SUNPOSITION;
- 6- VERTICAL FIN SHADING;
- 7- WINDOW HEAT GAIN;
- 8- WINDOW OVERHANG DESIGN.

Referência. Gronbeck, Christopher. SunAngle, SunPosition, Sol Path, Window Overhang Design, Overhang Annual Analysis, Louver Shading, Vertical Fin Shading and Window Heat Gain. Sustainable by design. USA. Acessado em 05-nov-2009.

Disponibilidade. Online e gratuitos.

Endereço de Acesso: <http://www.susdesign.com/tools.php>

Língua: inglês.

Nível de dificuldade. Fácil.

Validação e testes

- 1: Dados de saída verificados pelo autor através de vários sistemas de modelos 3D de sistemas de brises.
- 2: Dados de saída verificados de acordo com uma metodologia independente, também produzida pelo autor, de uma calculadora de sombra de proteções solares.
- 3,4,5,6, 7 e 8: Não há.

O que o programa faz?

- Os programas 1, 2 e 6 permitem calcular o sombreamento fornecido por placas paralelas horizontais, beiral horizontal e placas paralelas verticais, respectivamente, tais como cortinas persianas, um brise soleil, ou uma treliça de madeira. Produzem tabelas que mostram o grau de sombreamento fornecido pelo sistema de placas e pelo beiral, para cada hora do dia, para cada mês do ano.
- A ferramenta 3 fornece uma representação gráfica da trajetória aparente do Sol no céu. O diagrama é uma grade, com o eixo vertical que representa a altura do sol no céu (ângulo de altitude), e o eixo horizontal representa a direção da bússola do sol (ângulo de azimute).
- A ferramenta 4 calcula os dados de ângulo solar com base na data, horário e local, disponibilizando as informações num quadro com o mesmo formato dos dados de entrada.
- O programa 5 calcula uma matriz de dados de ângulo solar, por várias vezes e os dias durante o ano, que podem ser copiados em planilhas e outros documentos.

Diferente de SunAngle que calcula dados solar para um único dia, SunPosition calcula os valores para diferentes dias e horários durante todo o ano.

- O programa 7 calcula o ganho de calor solar através de janelas verticais em latitudes temperadas.
- A ferramenta 8 fornece um feedback visual sobre o desempenho de uma saliência horizontal na janela. A interface consiste em uma janela gráfica, à esquerda, na qual é apresentada uma sequência de projeções do sombreamento, e entradas à direita.

Categoria de análise.

Insolação (dimensionamento de brises, iluminação natural, análise da incidência solar nas diversas orientações).

Figuras que exemplificam os tipos de resultados fornecidos.

	MORNING										AFTERNOON								
	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00		
Jan								70%	70%	70%								Jan	
Feb						60%	60%	60%	60%	60%	60%						Feb		
Mar				50%	50%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	50%	50%				Mar		
Apr				0%	10%	20%	20%	30%	30%	30%	20%	20%	10%	0%			Apr		
May				0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%			May		
Jun				0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%			Jun		
Jul				0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%			Jul		
Aug				0%	0%	10%	10%	20%	20%	20%	10%	10%	0%	0%			Aug		
Sep				20%	30%	30%	40%	40%	40%	40%	40%	30%	30%	20%			Sep		
Oct					60%	60%	50%	50%	50%	50%	60%	60%					Oct		
Nov							70%	60%	60%	60%	70%						Nov		
Dec																	Dec		
	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00		
	MORNING										AFTERNOON								

Figura 80: Tabela de porcentagem de incidência solar para cada hora e mês (22°S).

Fonte: Louver Shading, 2009.

	MORNING											AFTERNOON								
	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00			
Jan								30%	30%	30%							Jan			
Feb						40%	40%	40%	40%	40%	40%						Feb			
Mar				50%	50%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	50%	50%			Mar			
Apr				100%	90%	80%	80%	70%	70%	70%	80%	80%	90%	100%			Apr			
May				100%	100%	100%	100%	90%	90%	90%	100%	100%	100%	100%			May			
Jun				100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%			Jun			
Jul				100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%			Jul			
Aug				100%	100%	90%	90%	80%	80%	80%	90%	90%	100%	100%			Aug			
Sep				80%	70%	70%	60%	60%	60%	60%	60%	70%	70%	80%			Sep			
Oct					40%	40%	50%	50%	50%	50%	50%	40%	40%				Oct			
Nov							30%	40%	40%	40%	30%						Nov			
Dec																	Dec			
	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00			
	MORNING											AFTERNOON								

Figura 81: Tabela de porcentagem de sobreamento para cada hora e mês (22°S).

Fonte: Louver Shading, 2009.

	MORNING											AFTERNOON								
	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00			
Jan									0%	0%	0%						Jan			
Feb						0%	0%	0%	0%	0%	0%						Feb			
Mar				0%	13%	23%	27%	28%	29%	29%	27%	24%	15%	0%			Mar			
Apr				100%	94%	84%	79%	76%	75%	76%	79%	84%	94%	100%			Apr			
May				100%	100%	100%	98%	95%	94%	95%	98%	100%	100%	100%			May			
Jun				100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%			Jun			
Jul				100%	100%	100%	100%	99%	98%	99%	100%	100%	100%	100%			Jul			
Aug				100%	100%	95%	89%	86%	85%	86%	89%	95%	100%	100%			Aug			
Sep				81%	66%	59%	56%	55%	54%	55%	56%	59%	65%	79%			Sep			
Oct					0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%				Oct			
Nov							0%	0%	0%	0%	0%						Nov			
Dec																	Dec			
	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00			
	MORNING											AFTERNOON								

Figura 82: Tabela de porcentagem de iluminação para cada hora e mês (22°S).

Fonte: Overhang Annual Analysis, 2009.

		MORNING										AFTERNOON									
		4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00			
Jan									0%	0%	0%							Jan			
Feb							0%	0%	0%	0%	0%	0%						Feb			
Mar					0%	2%	5%	8%	9%	10%	9%	8%	5%	2%	0%			Mar			
Apr					25%	32%	35%	38%	39%	40%	39%	38%	35%	32%	25%			Apr			
May					39%	48%	55%	59%	61%	61%	61%	59%	55%	48%	39%			May			
Jun					46%	54%	61%	66%	70%	71%	70%	66%	61%	54%	46%			Jun			
Jul					43%	51%	59%	64%	67%	67%	67%	64%	59%	51%	43%			Jul			
Aug					32%	41%	46%	48%	50%	50%	50%	48%	46%	41%	32%			Aug			
Sep					12%	16%	19%	21%	23%	23%	23%	21%	18%	15%	12%			Sep			
Oct					0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%				Oct			
Nov								0%	0%	0%	0%							Nov			
Dec																		Dec			
		4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00			
		MORNING										AFTERNOON									

Figura 83: Tabela de porcentagem de energia para cada hora e mês (22°S).
 Fonte: Overhang Annual Analysis, 2009.

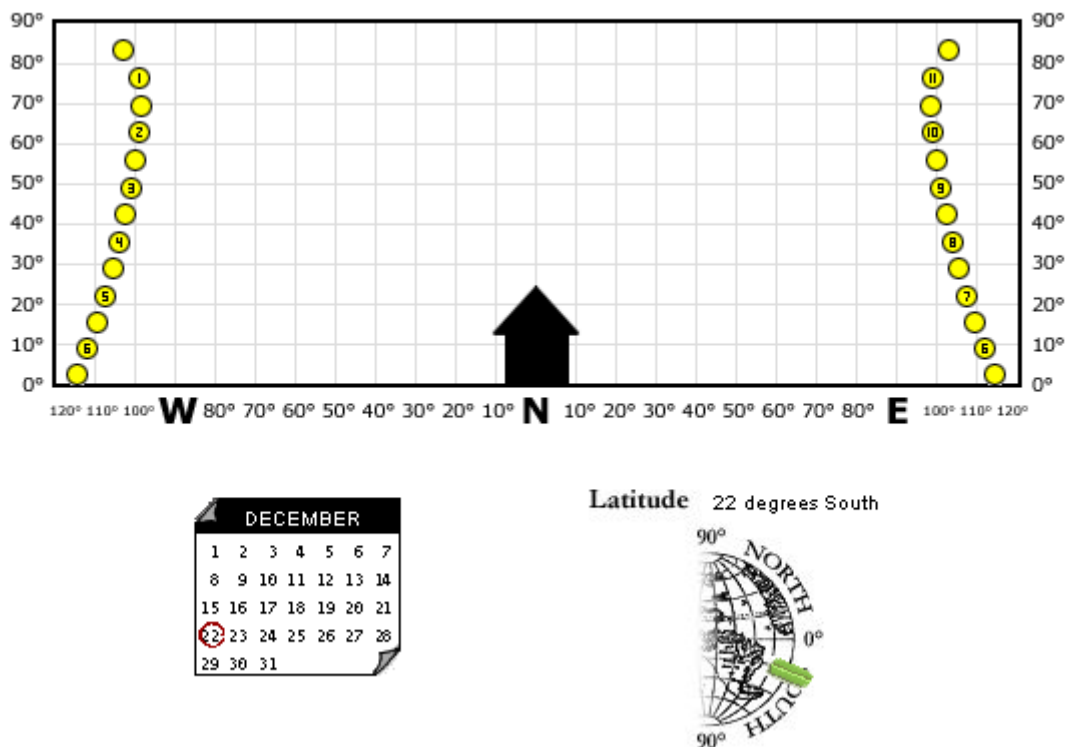


Figura 84: Gráfico da trajetória aparente do sol.
 Fonte: Sol Path, 2009.

INPUTS

longitude
latitude
date
year
elevation
time
time zone
time basis
daylight saving
zero azimuth

OUTPUTS

altitude angle
azimuth angle
clock time
solar time
hour angle
declination
equation of time
time of sunrise
time of sunset

Figura 85: Dados de ângulo solar.
 Fonte: Sun Angle, 2009.

OUTPUT

```

SunPosition output complete
Latitude is -22.01 degrees south
Longitude is 47.53 degrees west
Time zone offset from GMT is -3 hours
Output angle units are degrees

date      clock time      altitude      azimuth hour angle
22 January 00:00      -47.99  7.63      185.42
22 January 03:00      -33.17  45.80      140.42
  
```

Figura 86: Formato de saída da matriz de dados de ângulo solar.
 Fonte: SunPosition, 2009.

	MORNING									AFTERNOON								
	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	
Jan								100%	39%	100%								Jan
Feb						100%	100%	100%	39%	100%	100%	100%						Feb
Mar				100%	100%	100%	100%	100%	39%	65%	100%	100%	100%	100%				Mar
Apr				100%	100%	100%	100%	87%	39%	36%	89%	100%	100%	100%				Apr
May				100%	100%	100%	100%	76%	39%	24%	64%	100%	100%	100%				May
Jun				100%	100%	100%	100%	72%	39%	20%	55%	92%	100%	100%				Jun
Jul				100%	100%	100%	100%	73%	39%	22%	59%	98%	100%	100%				Jul
Aug				100%	100%	100%	100%	81%	39%	30%	76%	100%	100%	100%				Aug
Sep				100%	100%	100%	100%	100%	39%	49%	100%	100%	100%	100%				Sep
Oct					100%	100%	100%	100%	39%	100%	100%	100%	100%					Oct
Nov							100%	100%	39%	100%	100%							Nov
Dec																		Dec
	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	
	MORNING									AFTERNOON								

Figura 87: Tabela de porcentagem de sobreamento para cada hora e mês (22°S).

Fonte: Vertical Fin Shading, 2009.

Tipos de resultado.

Gráficos, tabelas e imagens.

Dados de entrada.

- 1-6: largura da placa (seção transversal); espessura da placa (seção transversal); espaçamento entre as placas; tipo de sistema de placas (horizontal ou vertical e de que maneira são inclinadas); inclinação das placas; latitude (de 0 a 90° e N ou S); escolha de valores (porcentagem de incidência solar ou de sobreamento); orientação (possibilidade de vários ângulos de orientação).
- 2-8: latitude (de 0 a 90° e N ou S); altura da janela; espaçamento do beiral (entre a parte superior da janela e a inferior do beiral); escolha de valores (porcentagem de iluminação, de sobreamento ou energia total); orientação (possibilidade de vários ângulos de orientação); profundidade do beiral (a distância que se estende horizontalmente).
- 4: latitude; longitude; data; ano; elevação (não é a altitude, é a altura com relação ao entorno); tempo de análise; fuso horário; tempo do relógio ou solar; considerar ou não horário de verão; declinação (distância angular do sol ao norte ou ao sul do equador da Terra).
- 5: determinar tempo solar ou do relógio; escolher dados de saída (altitude, azimute, declinação, equação do tempo, ângulo de horas, duração dos dias em minutos, tempo do relógio); escolher a representação e o formato dos resultados (frequência de dias, meses, dia específico), o intervalo entre as horas, data e horário, tipo de formato, unidades, incluir horário de verão, forma de representar dia e hora.

Banco de dados.

Aplicados para todas as latitudes e longitudes.

Fase de projeto para aplicação.

Concepção e anteprojeto.

Comentários.

1,2 e 6: O programa é voltado para o dimensionamento de sistemas de proteções solares simples (placas horizontais e verticais, ou beirais). O ano inteiro é apresentado, assim pode-se avaliar rapidamente o desempenho do sistema de proteções solares sobre uma base anual, e modificar as entradas para alcançar o projeto desejado. Assim, qualquer modificação nos dados de entrada pode ser recalculada para se obter uma nova análise de sombreamento.

A cor da célula indica a fração da área da janela que é sombreada. Uma célula preta significa que a janela é totalmente sombreada; uma célula branca significa que a janela é totalmente iluminada; células cinza indicam o grau de sombreamento parcial; uma célula verde indica que o sol está abaixo do horizonte; uma célula azul indica que o sol está acima do horizonte, mas não brilha na janela. Ele apenas fornece uma análise quando o sol está acima do horizonte.

3: O caminho do sol é descrito por uma série de pequenos globos amarelos, cada um dos quais é um intervalo de tempo de meia-hora. Os globos têm números que representam a hora do dia. Todos os horários são tempo solar local, a hora do relógio (para não converter LST a hora do relógio, consulte o programa SunAngle).

5: Basta clicar no "E-mail me these outputs" para ter os dados por e-mail, ou realizar o procedimento para exportar os dados para uma planilha ou outra aplicação: clique em qualquer lugar no campo de texto, escolher "Selecionar tudo" a partir do menu "Editar" do seu programa navegador, ou tente o comando-A (Mac OS) ou Control-A (Windows) escolha a opção "Copiar" do menu "Editar", ou use o comando-C / control-C, abrir ou ir para a sua planilha ou outra aplicação, escolha a opção "Colar" do menu "Editar", ou use o comando-controle V /-V. Assim, os dados serão colados em sua planilha, com dados em células separadas e linhas preservadas corretamente.

8: Este programa usa orientação verdadeira (solar, ou geográfica), e não a magnética.

4 ORGANIZAÇÃO DOS RESULTADOS ENCONTRADOS

4.1 Montagem dos quadros-resumo

A partir do estudo detalhado do funcionamento dessas ferramentas, foi possível criar vários quadros que resumem as suas características (quadros 1 a 3). Através deles é possível rapidamente ter-se acesso às funcionalidades de cada programa, de modo a facilitar a escolha de cada um deles para a utilização durante o projeto, de acordo com as necessidades específicas da questão que se deseja trabalhar no momento.

No quadro 1, têm-se informações gerais sobre os programas, sendo este o primeiro quadro a ser observado pelo usuário. Nas colunas correspondentes às categorias de análise, é possível rapidamente identificar que programas podem ser úteis para a análise desejada. Nesta opção estão colocadas todas as funcionalidades dos programas estudados, mesmo que estas não se constituam o seu tipo de análise principal. Informações adicionais e de caráter geral, como a disponibilidade, o nível de dificuldade, a língua e as categorias de análise também se encontram nesse quadro.

Quadro 1 – Informações gerais dos programas estudados. (Parte 1):

Programa	Disponibilidade			Língua		Nível de Dificuldade		Categorias de Análise					
	Gratuito	Gratuito (com cadastro)	Online	Português	Inglês	Fácil	Médio	Análise do Clima	Insolação	Ventilação	Materiais opacos e transparentes	Desempenho do edifício	Outras
Analysis Bio 2.1.5 (LABEEE, 2009a)								Carta bioclimática					
Analysis Sol-ar 6.2 (LABEEE, 2009b)								Ventos e carta solar.	Análise da incidência solar nas diversas orientações e dimensionamento de brises.				
Arquitrop 3.0 (RORIZ; BASSO, 1990)													
Brise 1.3 (ALUCCI, 2006)								Dimensionamento de brises.					

Quadro 1 – Informações gerais dos programas estudados. (Parte 2):

Programa	Disponibilidade			Língua		Nível de Dificuldade		Categorias de Análise					
	Gratuito	Gratuito (com cadastro)	Online	Português	Inglês	Fácil	Médio	Análise do Clima	Insolação	Ventilação	Materiais opacos e transparentes	Desempenho do edifício	Outras
Chaminé 2.5 (ALUCCI, 2002c)								Quantidade e tamanho das aberturas e taxa de renovação de ar.					
Climate Consultant 4.0 (LIGGETT; MILNE, 2008)													
Climaticus 4.2 (ALUCCI, 2005e)													
CTCA (MARINS; RIBEIRO, 1999)													
Daylight (PETERS, 2009)								Iluminação natural.					
DLN 2.06 (ALUCCI, 1997)								Disponibilidade de luz natural.					
Fachada 2.1 (ALUCCI, 2005f)													
Lux 2.0 (ALUCCI, 2002d)								Iluminação natural.					
Luz do Sol 1.1 (RORIZ, 1995)								Iluminação natural, análise da incidência solar nas diversas orientações, dimensionamento de brises.					
Mit Design Advisor 1.1 (GLICKSMAN, 2009)								Iluminação natural.			Análise do ciclo de vida; custo de energia e emissão de CO ₂ .		

Quadro 1 – Informações gerais dos programas estudados. (Parte 3):

Programa	Disponibilidade			Língua		Nível de Dificuldade	Categorias de Análise						
	Gratuito	Gratuito (com cadastro)	Online	Português	Inglês		Fácil	Médio	Análise do Clima	Insolação	Ventilação	Materiais opacos e transparentes	Desempenho do edifício
Opaque 2.0 (BAPAT, 1999)								Propriedades térmicas.					
Parasol 5.0 (HELLSTROM; KVIST, 2009)								Iluminação natural.		Propriedades térmicas.			
SunPath 1.0 (RORIZ, 2000)								Trajetória solar.					
SunPosition 1.7 (BRACKENRIDGE, 2009)								Incidência solar.					
Transmitância 1.0 (LEE; LAMBERTS, s/d)								Propriedades térmicas.					
ZBBR 1.1 (RORIZ, 2004)								Recomendações da norma ABNT e carta bioclimática de Givoni.					
Louver Shading; Overhang Annual Analysis; Sol path; Sunangle; Sunposition; Vertical Fin Shading; Window Heat Gain; Window Overhang Design (GRONBECK, 2009)								Dimensionamento de brises, iluminação natural, análise da incidência solar nas diversas orientações.					

Caso o usuário necessite de informações mais detalhadas sobre o programa, ele pode consultar o quadro 2, que apresenta o texto referente ao “o que o programa faz” da

ficha de caracterização, embora de forma mais resumida e a relação dos dados de entrada necessários. Ou seja, o usuário, após selecionar possíveis programas de interesse através do quadro 1, avalia no quadro 2 em mais detalhes os resultados que o programa fornece e os seus dados de entrada necessários.

Quadro 2 – Utilização dos programas. (Parte 1):

Programa	O que o programa faz?	Dados de Entrada
Analysis Bio 2.1.5 (LABEEE, 2009a)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Temperatura e umidade na Carta Bioclimática (utilização do TRY, <i>Test Reference Year</i>) e as normais climatológicas (médias mensais). 2. Estratégias de projeto 	<ol style="list-style-type: none"> a. Local. b. Inserção de normais manualmente, via arquivo. c. Pressão. d. Altitude.
Analysis Solar 6.2 (LABEEE, 2009b)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Carta solar, transferidor auxiliar e máscara de sombra (proteções verticais e horizontais simples). 2. Rosa dos ventos do local (velocidade e frequência). 	<ol style="list-style-type: none"> a. Latitude. b. Ano climático típico do local c. Ângulos das proteções horizontais e verticais.
Arquitrop 3.0 (RORIZ; BASSO, 1990)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desempenho térmico, adequação climática de edificações. 2. Recomendações de projeto (método Mahoney adapt.); gráficos de dados climáticos; conforto térmico em projetos; temperaturas intermediárias em camadas de componentes; cargas para condicionamento artificial de ar e variação horária do fluxo térmico nos componentes construtivos opacos. 	<ol style="list-style-type: none"> a. Cidade. Valores médios, mês a mês, da pressão atmosférica, temperaturas média, máxima, mínima, máxima e mínima absolutas, umidade relativa, nebulosidade, precipitação total, precipitação máxima em 24 horas, evaporação total e insolação total (horas). Latitude, longitude e orientação. b. Dia, mês. c. Descrição construtiva.
Brise 1.3 (ALUCCI, 2006)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Eficiência de brise-soleil, dimensionado, horizontal, vertical ou misto, durante todas as horas do ano. 2. Carta solar e máscaras de sombra equivalentes. 	<ol style="list-style-type: none"> a. Dimensionamento de placa horizontal e de placas verticais: largura, altura, comprimento, distâncias, etc.
Chaminé 2.5 (ALUCCI, 2002c)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cálculos de ventilação natural por efeito chaminé, com aberturas laterais e zenitais: número de renovações de ar por hora. 2. Vazão de entrada e de saída de ar. 3. Taxa de renovação para remoção do calor acumulado no ambiente. 	<ol style="list-style-type: none"> a. Volume do ambiente. b. Diferença entre as temperaturas interna e externa. c. Dimensões das aberturas (até 7 aberturas): largura, altura superior e inferior da abertura, altura inferior da abertura e sua eficiência (em porcentagem de vão livre). d. Aberturas zenitais. e. Carga térmica excedente.

Quadro 2 – Utilização dos programas. (Parte 2):

Programa	O que o programa faz?	Dados de Entrada
Climate Consultant 4.0 (LIGGETT; MILNE, 2008)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cálculos das 20 principais diretrizes de projeto. 2. Gráfico psicrométrico. 3. Estratégias de projeto com ilustrações. 4. Gráfico com os dados de vento. 	<ol style="list-style-type: none"> a. Arquivo EPW. b. Sistema de unidades. c. Possibilidade de alterar os limites das zonas na carta psicrométrica, para cada estratégia.
Climaticus 4.2 (ALUCCI, 2005e)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Carta Bioclimática de Givoni, classificação do clima segundo Mahoney e diagramas de geometria ótima. 2. Gráficos de dados climáticos. 3. Consumo e o custo médio mensal de energia de um ambiente (eficiência energética). 	<ol style="list-style-type: none"> a. Cidade, valores médios, mês a mês, da pressão atmosférica, temperaturas média, máxima, mínima, máxima e mínima absolutas, umidade relativa, nebulosidade, precipitação total, precipitação máxima em 24 horas, evaporação total e insolação total (horas). b. Azimute da fachada. c. Área da edificação e altura total. d. Início e fim da jornada de trabalho, dimensões do ambiente, Tc (temperatura e conforto), ganho e perda de calor no ambiente, mês mais quente (em W). e. Valor da tarifa de energia elétrica.
CTCA (MARINS; RIBEIRO, 1999)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desempenho térmico de edificações, método CSTB (<i>Centre Scientifique et Technique du Batiment</i>). 2. Ganhos de calor solar, por elemento construtivo. 	<ol style="list-style-type: none"> a. Localização. b. Dados do ambiente. c. Dados de projeto. d. Dados de ocupação.
Daylight (PETERS, 2009)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Distribuição da luz natural no plano de trabalho de acordo com o tipo de vidro das aberturas e a quantidade (até 3) das mesmas. 	<ol style="list-style-type: none"> a. Tipo de vidro da janela. b. Tipo de parede (composições limitadas). c. Dimensões da janela.
DLN 2.06 (ALUCCI, 1997)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Disponibilidade de luz natural em um dia típico, vários dias do ano ou em determinado ponto para diferentes orientações. 	<ol style="list-style-type: none"> a. Cidade. b. Tipo de dados. c. Plano horizontal ou vertical, hora solar verdadeira ou legal, iluminâncias (luz do sol e/ou luz do céu) e azimute.

Quadro 2 – Utilização dos programas. (Parte 3):

Programa	O que o programa faz?	Dados de Entrada
Fachada 2.1 (ALUCCI, 2005f)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Temperatura interna do ar em um ambiente (monozona), sem condicionamento artificial. 2. Consumo de energia elétrica pelo sistema de ar condicionado no período quente. 3. Desempenho e condições de conforto térmico do ambiente. 	<ol style="list-style-type: none"> a. Cidade. b. Dimensões do ambiente e da abertura. c. Orientação e exposição das fachadas. d. U ($W/m^2^{\circ}C$), transmitância e absorção de acordo com o tipo de vidro e fechamentos opacos. e. Inércia da construção, de 0,1 a 1. f. Ocupação. g. Potência do sistema instalado. h. Taxa de ventilação (mínimo de Norma) NBR 6401 e taxa de renovação de ar.
Lux 2.0 (ALUCCI, 2002d)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Distribuição do Fator de Luz Diurna (%) no ambiente. 2. Consumo de energia elétrica complementar à iluminação natural. 3. Gráfico da distribuição da iluminância (em lux) no ambiente, para variadas freqüências de ocorrência. 	<ol style="list-style-type: none"> a. Cidade. b. Dimensões e características das aberturas (até 4) e das paredes. c. Potência do sistema de iluminação artificial; tempo de utilização do sistema; número de meses/ano; hora de início e de final do período; nível de iluminância exigido pela NBR 5413. d. Dados do ambiente. e. Refletância para revestimentos internos.
Luz do Sol 1.1 (RORIZ, 1995)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Quantidade de calor e de luz solar emitidos que entram pelas aberturas pré-dimensionadas. 2. Tabela e gráfico de radiação solar (Wh/m^2). Relógio solar. 3. Distribuição da Componente Celeste do Coeficiente de Luz Diurna. 	<ol style="list-style-type: none"> a. Latitude, dia, mês, orientação (N, S, L, NO e etc.). b. Nebulosidade. c. Local. d. Dimensionamento das aberturas, e protetores solar.
Mit Design Advisor 1.1 (GLICKSMAN, 2009)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Consumo energético para aquecimento, refrigeração e iluminação de cargas em uma base anual ou mensal. 2. Nível de conforto determinado pelo cálculo do (PMV), conforme ASHRAE. 3. Distribuição da luz natural numa sala e sobre o plano de trabalho, durante todo o dia. 4. Indicação de configuração de um edifício com baixo consumo de energia. 	<ol style="list-style-type: none"> a. Clima. b. Ocupação e equipamentos do edifício. c. Sistema de ventilação. d. Massa térmica. e. Geometria do edifício. f. Descrição do tipo de telhado. g. Dimensões da sala. h. Descrição da janela e parede. i. Proteção solar horizontal: dimensão.

Quadro 2 – Utilização dos programas. (Parte 4):

Programa	O que o programa faz?	Dados de Entrada
Opaque 2.0 (BAPAT, 1999)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Resistência, transmitâncias térmicas totais, atraso e amortecimento de um fechamento. 2. Gráficos da variação das temperaturas exterior e do fechamento, sol-ar, radiação solar e ganhos e perdas de calor pelo envelope. 	<ol style="list-style-type: none"> a. Dados climáticos do local. b. Temperatura interior de conforto. c. Tipo de fechamento a ser calculado: parede ou telhado. d. Características do fechamento. e. Composição de cada camada do fechamento: material, espessura, densidade, resistência térmica, calor específico e condutância.
Parasol 5.0 (HELLSTROM ; KVIST, 2009)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Avaliação de uma proteção solar, combinada a um determinado tipo de vidro, em uma sala retangular com uma janela. 2. Diagramas de duração da temperatura interna operativa, da radiação solar e do gasto de energia para resfriamento e aquecimento, com ou sem utilização de protetor solar, ao longo de um ano. 3. Análises variadas de conforto e iluminação natural. 	<ol style="list-style-type: none"> a. Geometria: dimensões da sala e da abertura. b. Montagem da janela: dimensões do caixilho e do vidro. c. Orientação, localização (cidade), material do solo (porcentagem de refletância). d. Capacidade de armazenamento e U dos elementos construtivos. e. Proteção solar- externa e interna. f. Ganhos internos e temperaturas de set point.
SunPath 1.0 (RORIZ, 2000)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desenho da trajetória solar em várias datas do ano mudando-se o ângulo e a inclinação de observação das curvas solares. 	<ol style="list-style-type: none"> a. Latitude.
SunPosition 1.7 (BRACKENRIDGE, 2009)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Trajetória solar para um dia do ano em intervalos de hora definidos, detalhando azimute e altura solar. 	<ol style="list-style-type: none"> b. Local (com ou sem horário de verão). c. Norte magnético ou verdadeiro. d. Dia da análise.
Transmitância 1.0 (LEE; LAMBERTS, s/d)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cálculo das propriedades térmicas de componentes construtivos, pelo método da NBR 15220-3 (ABNT, 2005). 	<ol style="list-style-type: none"> a. Dados do elemento/componente. b. Seções de A a J: altura e comprimento. Camadas de 1 a 7: propriedades térmicas.
ZBBR 1.1 (RORIZ, 2004)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Classificação bioclimática dos municípios brasileiros e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, conforme a ABNT NBR 15220-3 (ABNT, 2005). 	<ol style="list-style-type: none"> a. Estado e cidade.

Quadro 2 – Utilização dos programas. (Parte 5):

Programa	O que o programa faz?	Dados de Entrada
1.Louver Shading; 2.Overhang Annual Analysis; 3.Sol path; 4.Sunangle; 5.Sunposition; 6.Vertical Fin Shading; 7.Window Heat Gain; 8.Window Overhang Design (GRONBECK, 2009)	1. Em 1, 2 e 6, nível de sombreamento fornecido por brises, para cada hora do dia, em cada mês do ano. 2. Em 3, representação gráfica da trajetória aparente do Sol. 3. Em 4, cálculo dos dados de ângulo solar. 4. Em 5, matriz de dados de ângulo solar. 5. Em 7, cálculo do ganho de calor solar através de janelas verticais em latitudes temperadas. 6. Em 8, janela gráfica que apresenta uma sequência de projeções do sombreamento resultado por um beiral.	a. 1-6: dimensionamento e sistema das placas; inclinação; latitude; orientação. b. 2-8: latitude; altura da janela; espaçamento e profundidade do beiral; orientação. c. 4: latitude; longitude; data; ano; elevação (altura com relação ao entorno); tempo de análise; fuso horário; tempo do relógio ou solar; horário de verão; declinação. d. 5: tempo solar ou do relógio; dados de saída (altitude, azimute, declinação, equação do tempo, ângulo de horas, duração dos dias em minutos, tempo do relógio); representação e formato dos resultados.

Informações adicionais sobre os programas são então obtidas no quadro 3, onde constam as características do banco de dados (caso este exista), o tipo de resultado e os comentários (críticas, observações interessantes, limitações, etc.). Caso o usuário necessite ainda de mais informações para embasar a sua escolha, poderá consultar as fichas de caracterização, onde poderá visualizar figuras que exemplificam os resultados fornecidos.

Quadro 3 – Especificações. (Parte 1):

Programa	Tipo de Resultado					Banco de Dados	Comentários
	Gráficos	Visual	Relatório	Númericos	Tabelas		
Analysis Bio 2.1.5 (LABEEE, 2009a)						Normais climatológicas e TRY para várias cidades do Brasil e da Argentina.	
Analysis Sol-ar 6.2 (LABEEE, 2009b)						Principais capitais brasileiras.	Na construção da máscara de sombra, o programa não delimita as áreas de eficiência total e parcial. Há dificuldade de inserção dos dados.

Quadro 3 – Especificações. (Parte 2):

Programa	Tipo de Resultado				Banco de Dados	Comentários
Arquitrop 3.0 (RORIZ; BASSO, 1990)					Dados climáticos de várias cidades brasileiras. Propriedades físicas de materiais e componentes construtivos.	Algumas de suas limitações é o banco de dados de ventos não atualizado (de 1970 a 1990) e a sua interface que se encontra em MS-Dos, o que dificulta o seu uso.
Brise 1.3 (ALUCCI, 2006)					Dados climáticos de algumas cidades brasileiras.	Conta com um atalho de ajuda. Pode-se substituir uma única placa por várias placas menores na interface do programa.
Chaminé 2.5 (ALUCCI, 2002c)					Não possui.	Deve-se saber fornecer o valor da carga térmica do ambiente e estimar valores adequados para a diferença entre as temperaturas interna e externa. Observar a orientação das aberturas em relação ao vento predominante, para evitar que o efeito chaminé seja reduzido devido ao efeito dos ventos.
Climate Consultant 4.0 (LIGGETT; MILNE, 2008)					Arquivos EPW disponíveis no site do Energy Plus.	Atalho de ajuda bem explicativo. No gráfico psicrométrico, podem ser plotadas as temperaturas de bulbo seco, radiação global horizontal, nebulosidade ou velocidade do vento. As estratégias de projeto auto-explicativas, com ilustrações (demonstração), se referem ao hemisfério norte. Programa baseado nos trabalhos de Baruch Givoni e Murray Milne.
Climaticus 4.2 (ALUCCI, 2005e)					Dados climáticos de 58 cidades brasileiras.	A fonte dos dados são as Normais Climatológicas (1961-1990) do Departamento Nacional de Meteorologia, Brasília, 1992. Não é possível saber como certos cálculos são feitos, como o referente à eficiência energética ou à geometria ótima. Está sendo elaborada uma nova análise para o programa, a iluminância em plano vertical.

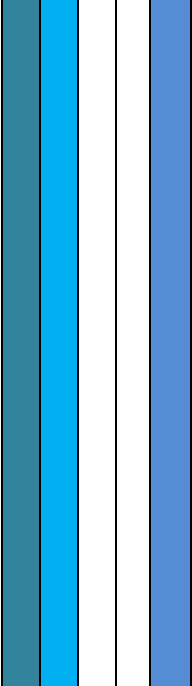
Quadro 3 – Especificações. (Parte 3):

Programa	Tipo de Resultado				Banco de Dados	Comentários
CTCA (MARINS; RIBEIRO, 1999)					Permite a entrada de novos dados pelo usuário. Banco de dados (informações sobre cidades, materiais e propriedades térmicas, atividades, potência de equipamentos e lâmpadas, entre outras).	Há um assistente explicativo sobre o funcionamento e base de cálculo do programa. Ainda não implementado nesta versão, o diagnóstico climático, ainda está no estágio de estudo preliminar.
Daylight (PETERS, 2009)					Tipos de vidro e parede (materiais restritos).	As aberturas podem ser dimensionadas, arrastadas e a altura do plano de trabalho também. Há dificuldades na compreensão das unidades das grandezas e para qual clima se refere.
DLN 2.06 (ALUCCI, 1997)					Dados climáticos das capitais brasileiras.	Na ajuda, não foi possível encontrar a explicação dos tópicos do programa.
Fachada 2.1 (ALUCCI, 2005f)					Dados climáticos de algumas cidades brasileiras.	Realiza análises somente para o período do verão e gráficos referentes somente às 15 horas. O ambiente pode ter paredes internas, mas a janela fica localizada numa única fachada.
Lux 2.0 (ALUCCI, 2002d)					Dados climáticos de algumas cidades brasileiras.	
Luz do Sol 1.1 (RORIZ, 1995)					Latitude entre 65°S e 65°N. Nebulosidade entre 0 e 10. Relógio solar, longitude entre 89°O e 31°L; latitude entre 54°S a 11°N; para várias cidades brasileiras.	A limitação é não permitir o estudo de ambientes com geometrias muito variadas.
Mit Design Advisor 1.1 (GLICKSMAN, 2009)					Dados meteorológicos de algumas cidades do mundo, Para o Brasil, apenas a cidade do Rio de Janeiro. Algumas opções de vidros, paredes, telhado, indicações de ganhos internos e de equipamentos e iluminação artificial.	Uma simulação anual de energia pode ser executada de maneira rápida e resultados gráficos ficam imediatamente disponíveis para revisão. O programa permite a simulação de apenas edifícios monograma em formato de paralelepípedo, com a orientação N-S/E-O (90°) ou NE-SO/SE-NO (45°).

Quadro 3 – Especificações. (Parte 4):

Programa	Tipo de Resultado				Banco de Dados	Comentários
Opaque 2.0 (BAPAT, 1999)					Dados de cidades dos EUA e de alguns materiais, permitindo a entrada de novos dados.	A ajuda é insuficiente e os métodos de cálculo não são claros. Os dados não são no Sistema internacional de Unidades. Nos resultados, não foi possível entender à que data se refere a variação da temperatura ao longo da seção do fechamento.
Parasol 5.0 (HELLSTROM ; KVIST, 2009)					Poucas cidades mundiais, mas o programa propõe novas inserções. Para o Brasil, apenas a cidade do Rio de Janeiro. Biblioteca de dados de vidro, fabricantes de brises, características dos materiais. Podem ser adicionados tipos de janelas e materiais, assim como porcentagem e valores de transmitância, reflexão, emissividade e etc.	Alguns tópicos de análise e de inserção de dados não são de compreensão rápida. O modelo geométrico representa apenas um modelo de sala retangular com uma janela, o que é a sua principal limitação. É necessário indicar a dimensão do caixilho, diferenciando-se como “janela” somente a parte efetivamente envidraçada. Os cálculos de acordo com a norma ISO 15099.
SunPath 1.0 (RORIZ, 2000)					Intervalo de latitude definido entre 65°S e 65°N.	Mostra apenas a trajetória do sol para uma latitude definida.
SunPosition 1.7 (BRACKENRIDGE, 2009)					8.000 localidades do mundo em acesso gratuito e 48.083 em acesso restrito (pago). Possui poucas cidades brasileiras, médio ou grande porte, gratuitas.	O local escolhido pode ser visto em imagem do Google maps proposta pelo próprio programa em um atalho.
Transmitância 1.0 (LEE; LAMBERTS, s/d)					Propriedades térmicas de vários materiais.	Necessidade de um conhecimento prévio das propriedades térmicas e valores equivalentes. Os resultados obtidos são: espessura da seção, área, resistência, capacidade térmica, transmitância, fator solar e atraso térmico.
ZBBR 1.1 (RORIZ, 2004)					330 cidades principais: dados climáticos medidos. Outras 523: clima estimado por interpolação.	

Quadro 3 – Especificações. (Parte 5):

Programa	Tipo de Resultado	Banco de Dados	Comentários
Louver Shading; Overhang Annual Analysis; Sol path; Sunangle; Sunposition; Vertical Fin Shading; Window Heat Gain; Window Overhang Design (GRONBECK, 2009)		Para todas as latitudes e longitudes.	1,2 e 6: A cor da célula indica a fração da área da janela que é sombreada. (Preta- totalmente sombreada; branca- totalmente iluminada; cinza- sombreamento parcial; verde- sol abaixo do horizonte; azul- sol acima do horizonte, mas não brilha na janela. Há análise apenas quando o sol está acima do horizonte. 3: O caminho do sol é descrito por uma série de pequenos globos amarelos, cada um equivale há um intervalo de meia-hora. Os globos têm números que representam a hora do dia com tempo solar local. 8: Este programa usa orientação verdadeira (solar, ou geográfica), e não a magnética.

4.2 Montagem do pôster

A idéia de criar algo que fosse de fácil compreensão e que pudesse mostrar todo o resultado encontrado com a análise dos programas de forma sintetizada e útil para todos os alunos do curso de Arquitetura e Urbanismo possibilitou a criação de um pôster apresentando um diagrama que ilustra o processo de uso dessas ferramentas na concepção inicial do projeto. Ele apresenta os tipos de análise que podem ser feitos durante esta fase, os programas que podem ser utilizados e as conexões entre as saídas e as entradas. Esse pôster ficara à mostra no Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Escola de Engenharia de São Carlos para que sirva de consulta e referência para todos os estudantes.

4.3 Montagem da página na internet

Os resultados encontrados indicaram o potencial de utilização dos programas estudados, obtendo-se grande quantidade de informações sobre os mesmos. As informações resumidas nos quadros-resumo facilitam a escolha do programa a ser utilizado, de acordo com a questão que se deseja trabalhar no projeto no momento, sendo que as fichas fornecem as informações adicionais necessárias. As fichas de todos os programas analisados, bem como os quadros-resumo e o diagrama, serão

disponibilizados em uma página da internet. Este material produzido constitui em uma importante fonte de acesso a projetistas e estudantes de Arquitetura e Urbanismo.

5 ATIVIDADES COMPLEMENTARES

Foram realizadas algumas atividades complementares durante o andamento da pesquisa. A primeira foi a participação em reuniões do grupo de pesquisa do Laboratório de Conforto Ambiental, existente no Departamento de Arquitetura e Urbanismo, assim como uma apresentação deste trabalho para todo o grupo através de slides, o que resultou em ótimas análises sobre o desenvolvimento da pesquisa e sugestões para a organização dos resultados obtidos.

No mês de agosto foi elaborado um resumo sobre esta pesquisa para participar do *17º Simpósio de Iniciação Científica da Universidade de São Paulo*, o SIICUSP. O resumo foi aprovado e a apresentação do trabalho realizou-se no dia 11 de novembro de 2009 com uma apresentação de slides que explicava a pesquisa. O resumo encontra-se disponível nos anexos.

6 ELABORAÇÃO DE ARTIGO CIENTÍFICO

Na fase final deste trabalho, como forma de divulgar os resultados da pesquisa, resultaram:

- um artigo para *Renewable Energy 2010* (International Solar Energy Society Conference), congresso sobre tecnologias avançadas e pesquisas inteligentes abrangendo 12 áreas, entre elas: aplicação térmica solar, arquitetura de baixa energia, utilização do calor e eficiência energética e etc., que ocorrerá em Yokohama, no Japão;
- um resumo para o ENTAC, *XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, com o tema: “Avanços científicos e impactos de pesquisa em tecnologia do ambiente construído: como avaliar?”. O evento ocorrerá no período de 6 a 8 de outubro de 2010, em Canela-RS.

O artigo e o resumo encontram-se anexados ao final do relatório.

7 REFERÊNCIAS

- [1] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220: Desempenho Térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento Bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro, 2005.
- [2] ALUCCI, M. **DLN 2.06**. Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética- FAUUSP. 1997. Disponível em <http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto/index.html>.
- [3] ALUCCI, M. **Chaminé 2.5**. Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética- FAUUSP. 2002c. Disponível em <http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto/index.html>.
- [4] ALUCCI, M. **Lux 2.0**. Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética- FAUUSP. 2002d. Disponível em <http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto/index.html>.
- [5] ALUCCI, M. **Climaticus 4.2** (versão Beta). Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética- FAUUSP. 2005e. Disponível em <http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto/index.html>.
- [6] ALUCCI, M. **Fachada 2.1**. Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética- FAUUSP. 2005f. Disponível em <http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto/index.html>.
- [7] ALUCCI, M. **Brise 1.3**. Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética- FAUUSP. 2006. Disponível em <http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto/index.html>.
- [8] AUGENBROE, G. Trends in building simulation. **Building and Environment**. Volume 37, Issues 8-9, 2002, pp. 891-902.
- [9] BAPAT, A. **Opaque**, version 2.0. Graduate School of Architecture and Urban Design. University of California, EUA. 1999. Disponível em <http://www.energy-design-tools.aud.ucla.edu/>.
- [10] BRACKENRIDGE, M. **SunPosition Calculator**, version 1.7. Egon Gombra Services, Spain. 2009. Disponível em <http://www.sunposition.info/sunposition/spc/locations.php#1>.

- [11] CHVATAL, K. M. S. **Conforto ambiental e projeto arquitetônico: estudo de as metodologias de apoio**. Plano de Pesquisa, Programa Ensinar com Pesquisa. USP, São Carlos, 2009.
- [12] GLICKSMAN, L. R. et al. **Mit Design Advisor**, version 1.1. Massachusetts Institute of Technology, USA. 2009. Disponível em <http://designadvisor.mit.edu/design/>.
- [13] GRONBECK, C. **SunAngle, SunPosition, Sol Path, Window Overhang Design, Overhang Annual Analysis, Louver Shading, Vertical Fin Shading and Window Heat Gain**. Sustainable by design. USA. Acessado em 05 de novembro de 2009. Disponível em <http://www.susdesign.com/tools.php>.
- [14] HELLSTROM, B. e KVIST, H. **Parasol**, version 5.0. Lund Institute of Technology, Division of Energy and Building Design, Department of Architecture and Built Environment. Sweden. 2009. Disponível em <http://www.parasol.se/>
- [15] LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES, LABEEE. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. **Analysis Bio**, versão 2.1.5. 2009a. Disponível em http://www.labeee.ufsc.br/downloads/tabela_software.html.
- [16] LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES, LABEEE. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. **Analysis Sol-ar**. Versão 6.2. 2009b. Disponível em <http://www.labeee.ufsc.br/software/analysisSOLAR.htm>.
- [17] LEE, A. S. e LAMBERTS, R. **Transmitância**, versão 1.0. LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES, LABEEE. Universidade Federal de Santa Catarina, (sem data). Disponível em <http://www.labeee.ufsc.br/software/transmitancia.html>
- [18] LIGGETT, R. e MILNE, M. **Climate Consultant**, version 4.0. UCLA Design Tool Group, USA. 2008. Disponível em <http://www2.aud.ucla.edu/energy-design-tools/>.
- [19] MARINS, K. R. C. e RIBEIRO, T. G. **CCTA, Conforto Térmico, Cálculo e Análise**, versão 1.0b1. Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética-FAUUSP. 1999. Disponível em <http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto/index.html>.
- [20] PETERS, T. N. **Daylight**, USA. 2009. Disponível em <http://www.archiphysics.com/programs/daylight/daylight.htm>.

- [21] PROCEL. PROCEL INFO – Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética. Notícias. Portal: <http://www.eletronbras.com/pci/main.asp>, 2003-2005.
- [22] MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – **Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. 2009. Disponível em <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001424.pdf>. Acesso em: 19/ 01/ 2010.
- [23] RORIZ, M. e BASSO, A. **ARQUITROP**, versão 3.0. São Carlos, SP, 1990. Disponível em <http://www.labeee.ufsc.br/software/arquitrop.html>.
- [24] RORIZ, M. **Luz do Sol**, versão 1.1. Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em construção Civil. 1995. Disponível em <http://www.labeee.ufsc.br/software/luzDoSol.html>.
- [25] RORIZ, M. **Sunpath**, versão 1.0. Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em construção Civil. 2000. Disponível em <http://www.labeee.ufsc.br/software/sunpath.html>.
- [26] RORIZ, M. **ZBBR**, versão 1.1. Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em construção Civil. 2004. Disponível em <http://www.labeee.ufsc.br/software/zbbr.html>.
- [27] US Department of Energy. **Building Energy Software Tools Directory**. http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory. Accessed on 09/01/2009.

8 ANEXOS

ANEXO A - Lista dos programas livres não analisados

3E Plus	FRESA
ABACODE	GenOpt
Athena Model Autodesk Green	GS2000
Building Studio	HAMLab
BASECALC	Heat Pump Design Model
BEES	HEED
BESTEST	HiLight
BLCC	Home Energy Saver
Building Design Advisor	HOMER
Building Energy Modelling and Simulation	HOT2 XP
Building Greenhouse Rating	HOT2000
CATALOGUE	HPSIM
CHP Capacity Optimizer	HVACSIM+
COMcheck	I-BEAM
COMIS	IPSE
CompuLyte	ISE
Construction R-value Calculator	LISA
CONTAM	MOIST
Cool Roof Calculator	MotorMaster+
CtrlSpecBuilder	Panel Shading
Czech National Calculation Tool	Photovoltaics Economics Calculator
DAVID-32	Psychrometric Analysis
Daylight 1-2-3	PVcad
DAYSIM	Quick Calc
Degree Day .Net	Quick Est
Degree Day Forecasts	Radiance
Degree Day Reports	Radiance Control Panel
Demand Response Quick Assessment Tool	RadOnCol
DeST	REEP
DIALux	Rehab Advisor
DIN V 18599	REScheck
Discount	RESEM
Easy EnergyPlus	REFEN
EcoAdvisor	RETScreen
EE4 CBIP	Roanakh
EE4 CODE	Room Air Conditioner Cost Estimator
EMMIS	SBEM
EnergyPlus	SkyVision
ENVSTD and LTGSTD	SMILE
EPB-software	SOLAR-2
ERATES	SOLAR-5
ESP-r	Solar-Estimate.org
	SolArch
	SolarShoeBox

SPARK
SPOT
Star Perfomer
SUNDI
SuperLite
Tariff Analysis Project
Therm
ThermoSim
TOP Energy

UMIDUS
UNorm
VIPWEB
Visual
WATERGY
Window
WISE
WUFI-ORNL/IBP
ZIP

ANEXO B - Pôster

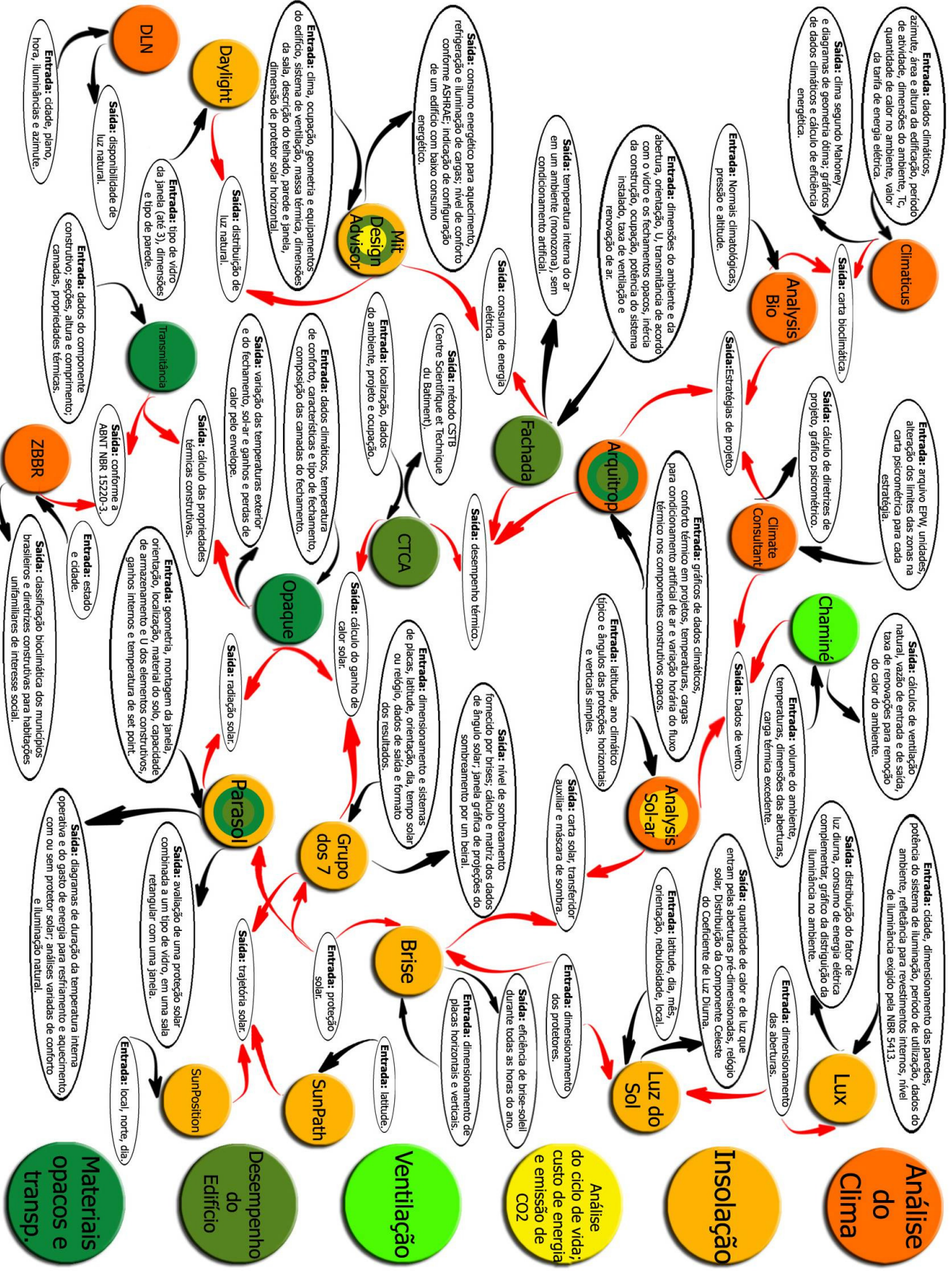


Programa Ensinar com Pesquisa

Conforto Ambiental e Projeto Arquitetônico:
estudo de metodologias de apoio

Diagrama de conexões entre ferramentas computacionais

Maiara Fuzatti Nicolau, orientadora: Karim Maria Soares Chvatal
USP, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Arquitetura e Urbanismo



ANEXO C - Resumo para o SIICUSP

Conforto ambiental e projeto arquitetônico: estudo de metodologias de apoio

Maiara Fuzatti Nicolau, Karin M. S. Chvatal

Departamento de Arquitetura e Urbanismo, EESC – USP

1. Objetivos

Esta iniciação científica visa a um estudo das metodologias de auxílio ao projeto arquitetônico que tratam do conforto ambiental, dando enfoque aos aspectos relacionados à térmica, à iluminação natural e à eficiência energética, selecionando as que possuem um maior apelo didático e um nível de complexidade compatível ao dos alunos. Este trabalho vem possibilitar a experimentação das metodologias selecionadas, tanto na disciplina voltada aos edifícios (SAP 0649: Conforto Ambiental nas Edificações), como para todos os alunos que queiram essa referência para a utilização em outras disciplinas. Com isso, pretende-se incentivar a discussão teórica e a visão crítica dos alunos, analisando as diferentes possibilidades de solução para problemas reais de projeto e podendo integrar estes conceitos às outras disciplinas da graduação.

2. Métodos

Foi realizada uma revisão bibliográfica para o conhecimento da literatura básica de conforto ambiental. Esta revisão, através de livros-texto e do material didático utilizado na disciplina SAP 0649, englobou os seguintes temas: orientação dos edifícios em relação ao sol: movimento aparente do sol; cartas solares e proteções solares; ventilação natural dos edifícios; propriedades termo-físicas dos materiais e elementos construtivos; iluminação natural dos edifícios e bioclimatologia aplicada à arquitetura. Em seguida, iniciou-se o levantamento das metodologias existentes, fase esta que se encontra ainda em andamento. Devido à grande quantidade de possibilidades existentes, optou-se por focar nos programas computacionais de fácil uso, que possam ser utilizados pelos alunos de graduação. Pretende-se levantar as seguintes informações referentes aos mesmos: dados de entrada, banco de dados, dados de saída, tipos de análises possíveis, fase de projeto em que podem ser utilizados e suas limitações.

3. Resultados

A revisão bibliográfica já foi concluída e na segunda etapa, que se encontra em andamento, são coletadas as metodologias de auxílio ao projeto,

voltadas ao conforto ambiental. Foram analisadas, até o momento, as ferramentas Analysis-Bio (LABEEE, 2009a) e Sol-ar (LABEEE, 2009b). O programa Analysis-Bio auxilia durante a fase de concepção, fornecendo as estratégias mais adequadas para garantir o conforto no clima local. Já o programa Sol-ar pode ser útil desde a fase de concepção até o anteprojeto, auxiliando tanto no diagnóstico climático (ventos e carta solar) quanto no dimensionamento de brises.

4. Conclusões

A revisão bibliográfica forneceu informações que serão de grande importância para a etapa de levantamento das metodologias. Os resultados serão de grande utilidade para os alunos do curso de arquitetura. Através da avaliação das metodologias, serão escolhidas as mais interessantes, as quais poderão auxiliar no processo de elaboração do projeto.

5. Referências Bibliográficas

CHVATAL, K. M. S. Conforto ambiental e projeto arquitetônico: estudo das metodologias de apoio. Plano de Pesquisa, Programa Ensinar com Pesquisa. USP, São Carlos, 2009.
LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES, LABEEE. Universidade Federal de Santa Catarina. Analysis Bio, versão 2.1.5. 2009a. LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES, LABEEE. Universidade Federal de Santa Catarina. Analysis Sol-ar. Versão 6.2. 2009b.

. ANEXO D - Artigo para o *Renewable Energy 2010*

**SIMPLE COMPUTATIONAL TOOLS TO HELP THE DESIGN
OF LOW ENERGY BUILDINGS**

Karin M. S. Chvatal¹ and Maiara F. Nicolau¹

¹Department of Architecture and Urbanism, Sao Carlos Engineering School (EESC),
University of Sao Paulo (USP), Brazil

SUMMARY: The main objective of this work is to investigate simple and free computational tools that help in the design of comfortable and low energy buildings during the early design stage. Eleven programs were studied and characterized according to their level of difficulty, type of analysis, input data and results, etc. A table was rendered to give a quick summary of their characteristics and applicability and a diagram was made that illustrates the early design process using these tools.

Keywords: energy efficient design, bioclimatic architecture, software tools

INTRODUCTION

A building that is adequate for the climate and follows the guidelines of the bioclimatic architecture is consequently more comfortable and consumes less energy. Computational tools can help the achievement of good results, especially if they are used from the early design stage. It is during this phase that most important decisions are made, like the building orientation, its volume and materiality. Nowadays there are many such programs available. The most complex ones are restricted to specialists, due to the need of expert knowledge and the difficulty of their application in a routine design process. On the other hand, there are increasingly more tools that are simple and constitute strong allies with the bioclimatic design process. It is very important that their application becomes more common ground amongst students and professionals [1].

OBJECTIVE

The main objective of this work is to investigate computational tools that help the design of comfortable and low energy buildings. Emphasis is given on free programs easy to use and to be incorporated during the early design stage.

METHODOLOGY

The 11 (eleven) programs presented in this paper were obtained from the Building Energy Software Tools Directory [2]. It was decided to analyze free programs written in English that offered the possibility of entering weather data from everywhere in the world. Another criterion for choosing the programs was their simplicity of utilization and the possibility to include them in the early design stage. Each software program was then installed and used during for certain period, in order to be characterized according to the information in Table 1.

Table 1. Characterization of the studied programs.

Information	Description
General information	Name of the program and its bibliographic reference. URL for access.
Level of difficulty	Low or medium, as only simple programs were chosen.
Validation and tests	Indicates if the results of the program were tested against a certain method or standard.
Type of analysis	Climate characterization, analysis of sun incidence and design of solar protectors, calculation of materials thermal properties, natural ventilation analysis, whole building analysis and others.
Purpose of the program	Detailed description of the analyses that the program does.
Type of results	Visual (graphics or drawings), numeric (tables or reports)
Example of results	Figures taken from the computer screen that exemplify the results.
Input data	Description of all the necessary

	input data for using the program.
Data base	Range of the existing data base and the possibility of adding more data to it.
Comments	Report of difficulties found while using the software, its limitations, positive and negative aspects, etc.

RESULTS

The following programs were analyzed:

1. Climate Consultant [3]. This program offers a wide range of guidelines for bioclimatic design in a certain climate, obtained through the Bioclimatic Chart. These guidelines are organized in order of importance and explained in high detail using sketches. Care needs to be taken since the sun position in these drawings refers to the northern hemisphere. It is also possible to alter the limits of the zones on the Bioclimatic chart. The input data is the *epw* annual hourly weather file. This data is organised on variable types of tables and graphics, which help to visualize the variation of the weather data during the year (temperature, humidity, sun radiation and wind). The software offers also a sun shading chart, which indicates when shade or sun are needed.

2. Design Advisor [4]. An online program that provides the heating, cooling and lighting loads and the cost of energy and CO₂ emissions for a monozone building. This program enables the comparison between four different scenarios and also gives the day lighting incidence in the room. Input data are location, building dimensions, orientation, occupation and equipments, ventilation system, constructive materials, type of solar protection and thermal inertia. Its main constraint is the data base. Besides having data from all continents, the amount of cities is very limited and does not offer the option to include new climates.

3. Parasol [5]. Program focused on the evaluation of the impact of a window solar protector on the operative temperature, daylighting level and heating and cooling loads of the room, during one year. It offers the possibility of including hourly weather data.

4. SunAngle, SunPosition, Sol Path, Window Overhang Design, Overhang Annual Analysis, Louver Shading, Vertical Fin Shading and Window Heat Gain [6]. A set of online tools related to the analysis of sun incidence and the shading effect of solar protectors. They are applicable to all latitudes and longitudes.

After the characterization of each program, a table was rendered to give a quick summary of their characteristics and applicability. It included all topics presented on Table 1. An excerpt of this table is given on Table 2.

Table 2. Characterization of the studied programs.

Characteristic	Climate consultant	Design advisor
type of analysis	climate characterization	whole building / day lighting
level of difficulty	low	low

Finally, a diagram was made that illustrates the early design process using these tools. It represents the types of analysis that can be done during this stage, the programs that could be used, and the connections between the outputs and inputs. Figure 1 shows an extract of this diagram.

CONCLUSIONS

At the time of writing, the results of this research are currently being organized to be made available for the students of Architecture and Urbanism from the EESC/USP, in Brazil. A group of programs in Portuguese is also going to be included in the list.

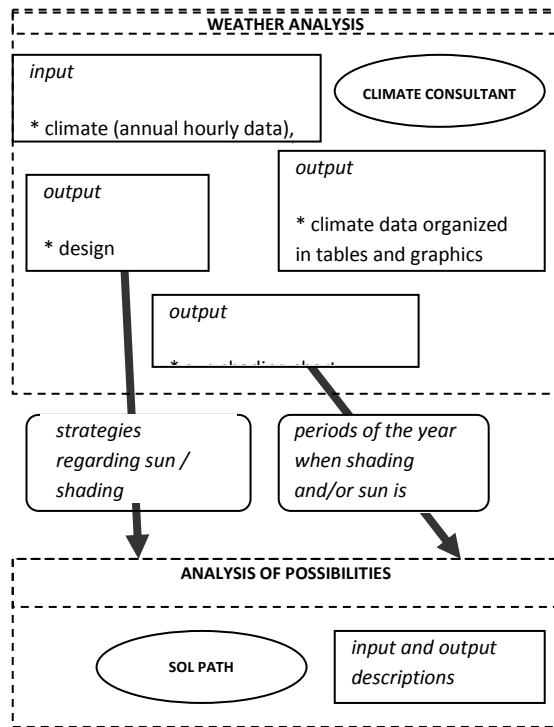


Figure 1. Diagram of the use of the tools during the early design stage.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank the University of Sao Paulo for the financial support of this study.

REFERENCES

- [1] Augenbroe, Godfried. Trends in building simulation. *Building and Environment*. Volume **37**, Issues 8-9, 2002, pp. 891-902.
- [2] US Department of Energy. *Building Energy Software Tools Directory*. http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory. Accessed on 09/01/2009.
- [3] Liggett, Robin e Milne, Murray. *Climate Consultant*. Version 4.0. UCLA Design Tool Group, USA. 2008. <http://www2.aud.ucla.edu/energy-design-tools>. Retrieved on 10/01/2009.
- [4] Glicksman, L. R. et al. *Mit Design Advisor*. Version 1.1. Massachusetts Institute of Technology, USA. 2009. <http://designadvisor.mit.edu/design>. Accessed on 10/30/2009.
- [5] Hellstrom, Bengt and Kvist, Hasse. *Parasol*. Version 5.0. Lund Institute of Technology, Division of Energy and Building Design, Department of Architecture and Built Environment. Sweden. 2009. <http://www.parasol.se>. Retrieved on 10/01/2009.
- [6] Gronbeck, Christopher. *SunAngle, SunPosition, Sol Path, Window Overhang Design, Overhang Annual Analysis, Louver Shading, Vertical Fin Shading and Window Heat Gain*. Sustainable by design. USA. <http://www.susdesign.com/tools.php>. Accessed on 11/05/2009.

ANEXO E - Resumo elaborado para o ENTAC

ANÁLISE DE PROGRAMAS COMPUTACIONAIS SIMPLES

DE APOIO A PROJETOS BIOCLIMÁTICOS

RESUMO

Com a crescente preocupação de que grande parte da energia gerada no Brasil é consumida pelos edifícios, cada vez mais, surgem novas normas e regulamentos que condicionam a construção de edifícios com menor consumo energético, mas que proporcionem o conforto térmico ao usuário. Atualmente, há diversas ferramentas computacionais disponíveis que auxiliam o arquiteto, desde a fase inicial de concepção de um projeto, a realizar as exigências para obtenção do conforto térmico e tantas outras exigências projetuais, e ter como resultado final um edifício que seja confortável, funcional, apresente qualidade estética e eficiência energética. Porém, a complexidade quanto ao uso e o custo, às vezes, as torna prática projetual distante da realidade brasileira. Este artigo vem divulgar os resultados de uma pesquisa sobre o estudo de programas computacionais que dão enfoque aos aspectos relacionados à térmica, à iluminação natural e à eficiência energética dos edifícios, realizada justamente com o objetivo de selecionar programas que possuíssem livre acesso, maior apelo didático e um nível de complexidade compatível a alunos e até mesmo projetistas de arquitetura. Foram analisados 28 programas computacionais tanto em português, desenvolvidos especificamente para os climas brasileiros, quanto em inglês, que permitam a inserção de dados climáticos de qualquer localidade. Foram elaboradas fichas informativas individuais, quadros-resumo de acesso rápido às principais características de cada ferramenta, e uma página na internet para a divulgação das análises e dos resultados obtidos. É muito importante que a aplicação destas ferramentas se torne cada vez mais comum, principalmente entre os estudantes de arquitetura, sendo este material produzido uma considerada fonte de informações a respeito de ferramentas compatíveis às necessidades atuais de elaboração de projetos arquitetônicos.