



FIGURA 37 – Céu parcialmente encoberto



FIGURA 38- céu claro



FIGURA 39- Céu encoberto

Para eliminar a reflexão externa, a maquete fica posicionada em local alto, sem qualquer parede ou elemento sólido próximo e no momento da medição o executor das medições posicionou-se abaixo da parte superior da maquete. Nesse estudo, a maquete ficou posicionada em cima de um reservatório de água localizado sobre a casa de máquinas do elevador, em um prédio de 10 pavimentos. Não havia em qualquer direção parede que contribuísse com reflexão de luz, por estar desobstruído de qualquer obstáculo.

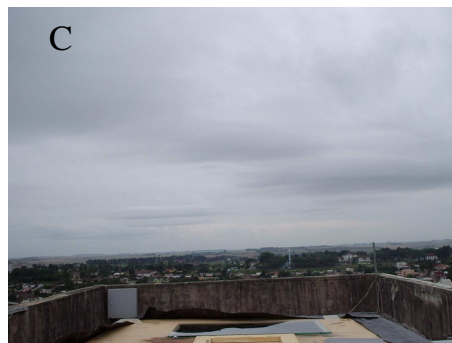
Este posicionamento da maquete, ainda permitiu que nenhuma parcela significativa da abóbada celeste ficasse encoberta em todas as direções. A observação deste dado pode ser verificada na figura 40, através das fotos A, B, C e D, obtidas no local.



Vista Norte



Vista Sul



Vista Leste



Vista Oeste

FIGURA 40- Vistas do local no ponto de posicionamento da maquete (norte, sul, leste e oeste)

A Figura 41 representa a localização da maquete posicionada sobre o reservatório de água de prédio e apresenta a relação entre esta posição e os outros prédios com a abóbada celeste.

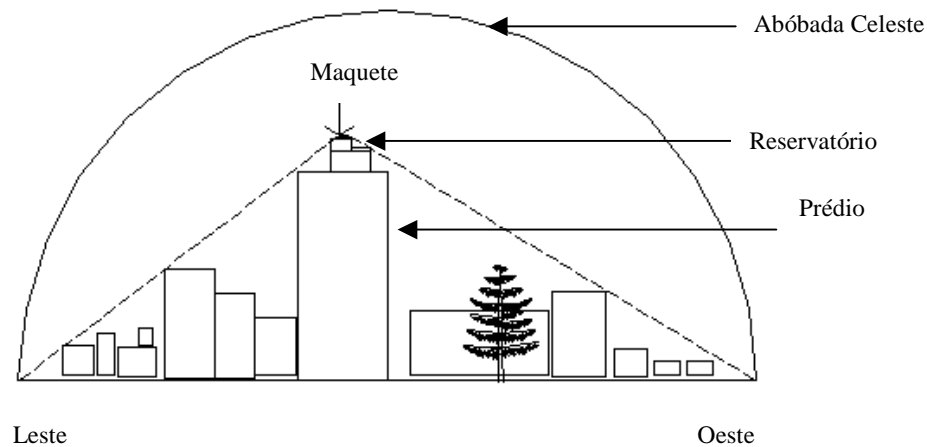


FIGURA 41 - Localização da maquete.

#### 4.1.3.4- Procedimentos na medição

As figuras 42 e 43 a seguir, representam a sistemática adotada na execução das medições. As posições no momento da leitura procuram obter índices de iluminância provenientes da abóbada celeste completamente desobstruída e sem a interferência do observador. As posições no momento do intervalo representam a distribuição de tarefas, sistematizada de modo a ter o menor intervalo de tempo possível entre a anotação dos dados de cada ponto.

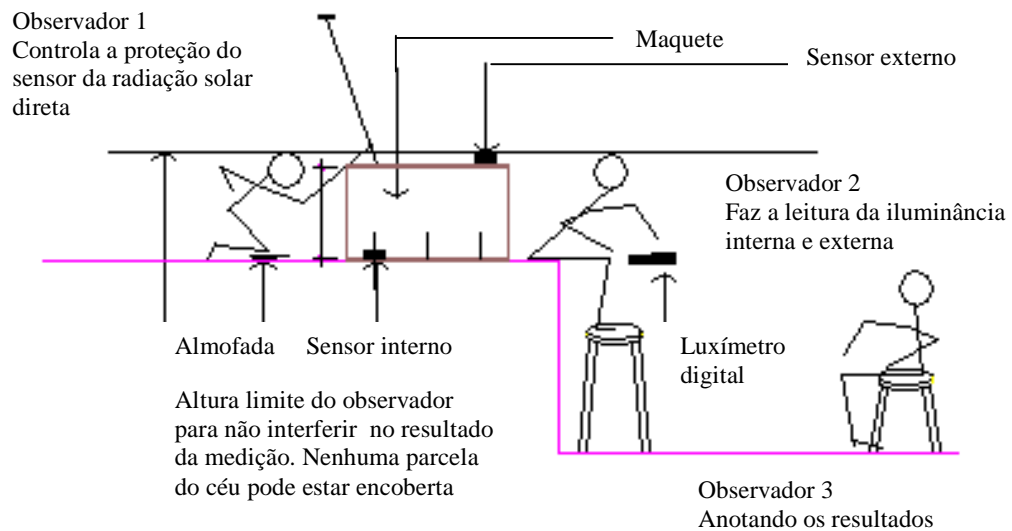


FIGURA 42 - Posição no momento da leitura.

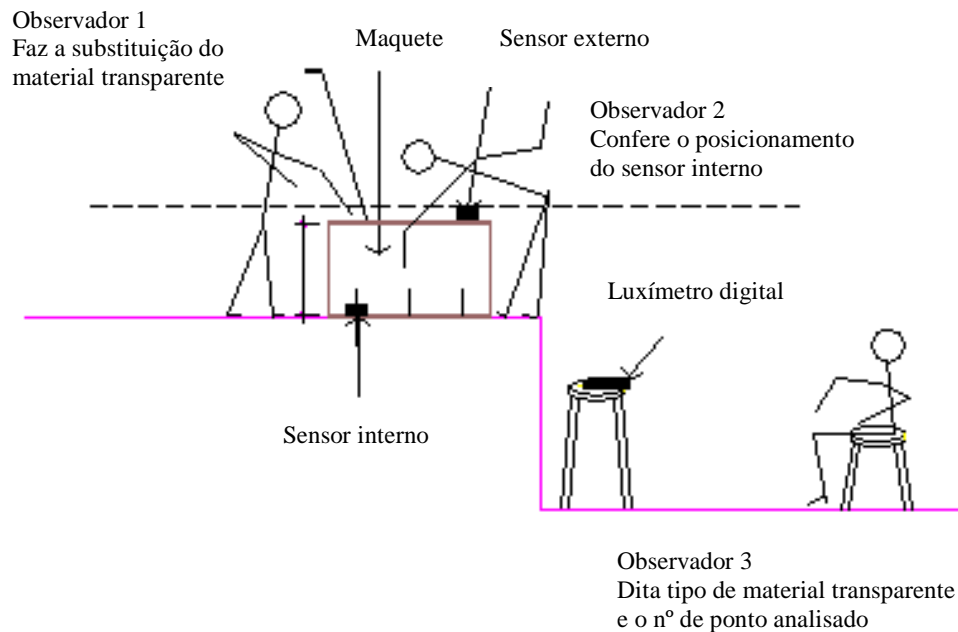


FIGURA 43 - Posição no momento do intervalo entre as medições.

Dessa maneira, a seqüência do procedimento da medição foi a seguinte conforme observa-se nas figuras 42 e 43:

- 1- Instalação dos equipamentos nos lugares estabelecidos;
- 2- Posicionamento do sensor no ponto 1;
- 3- Verificação se há sol direto no sensor interno para posicionar a proteção;
- 4- Colocação do material transparente a ser analisado sobre a abertura ;
- 5- Posicionamento da proteção da radiação direta sobre sensor externo;
- 6- Acionamento do aparelho;
- 7- Leitura e anotação dos dados internos e externos;
- 8- Troca os materiais analisados fazendo as leituras correspondentes;
- 9- Acionamento do aparelho;
- 10 - Posiciona o sensor interno no ponto 2;
- 11 -Repete os passos de 5 ao 9 até completar os nove pontos internos.

A cada hora são realizados todos esses passos, gerando uma tabela. Ao final do dia são geradas 12 tabelas, correspondendo às horas medidas.

Nas horas pares (8, 10, 12, 14, 16 e 18hs) medições na abertura zenital centralizada e nas horas ímpares (9, 11, 13, 15, 17 e 17:30 hs) medições na abertura zenital lateralizada.

## 4.2- Métodos Computacionais de Cálculo do CLD

Os métodos de cálculo da parcela celeste de iluminância em um ponto interno de um ambiente relacionam a iluminância proveniente da abóbada celeste recebida pelo ponto qualquer dentro do ambiente, e a iluminância em um ponto externo que recebe luz de toda a abóbada celeste. Essa relação é a componente celeste do Coeficiente de Luz do Dia (CLD), que foi calculada nesse trabalho por três diferentes métodos. Um primeiro método ( $M_1$ ), que considera o céu com distribuição uniforme de luminâncias e o valor da transmitância da luz visível do elemento transparente para incidência normal. O segundo método ( $M_2$ ), que considera o céu com distribuição não uniforme de luminâncias e o valor da transmitância da luz visível para incidência normal. E um terceiro método ( $M_3$ ), que considera o céu com distribuição não uniforme de luminâncias e o valor da transmitância da luz visível do elemento transparente de acordo com o ângulo de incidência da luz sobre o mesmo.

Para a execução do cálculo por estes três métodos foi utilizado o Aplicativo VB, um programa computacional<sup>1</sup>, que envolveu em seu desenvolvimento os seguintes procedimentos:

a) Divisão da abóbada celeste em “retalhos”, denominados parcelas do céu, os quais têm como coordenadas no céu a altura angular e o azimute. Para essa divisão foi adotada a variação de dois (2) graus, tanto no ângulo da altura como do azimute, considerando-se como pontos de partida, ou seja, ângulo zero, no horizonte para a altura e na direção do norte verdadeiro para o azimute. Essa divisão

---

<sup>1</sup> Desenvolvido junto ao professor Maurício Roriz da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

define um número de 8100 parcelas de céu, resultado da divisão da altura em 45 intervalos entre  $1^\circ$  e  $89^\circ$ , e do azimute em 180 intervalos entre  $0^\circ$  e  $358^\circ$ , ambos de 2 em 2 graus. Um exemplo dessa divisão, observado em uma projeção estereográfica da abóbada, é apresentado na figura 44, sendo considerada a variação de 10 em 10 graus para melhor visualização.

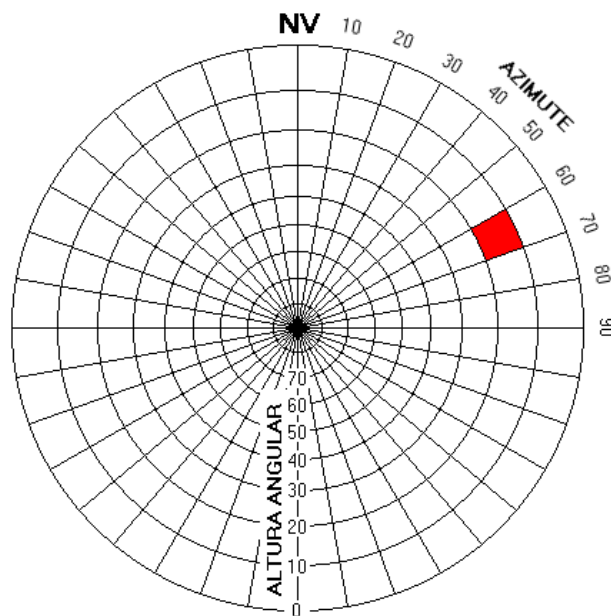


FIGURA 44: Exemplo de divisão da abóbada celeste em “retalhos” (parcelas) de 10 em 10 graus.

b) Definição da geometria do ambiente, considerando a localização do ponto dentro do mesmo e a posição da abertura zenital, de acordo com a figura 45, a seguir. A geometria foi definida de acordo com as medidas do ambiente no qual foram realizadas as medições “*in situ*”, para possibilitar as análises comparativas posteriores.

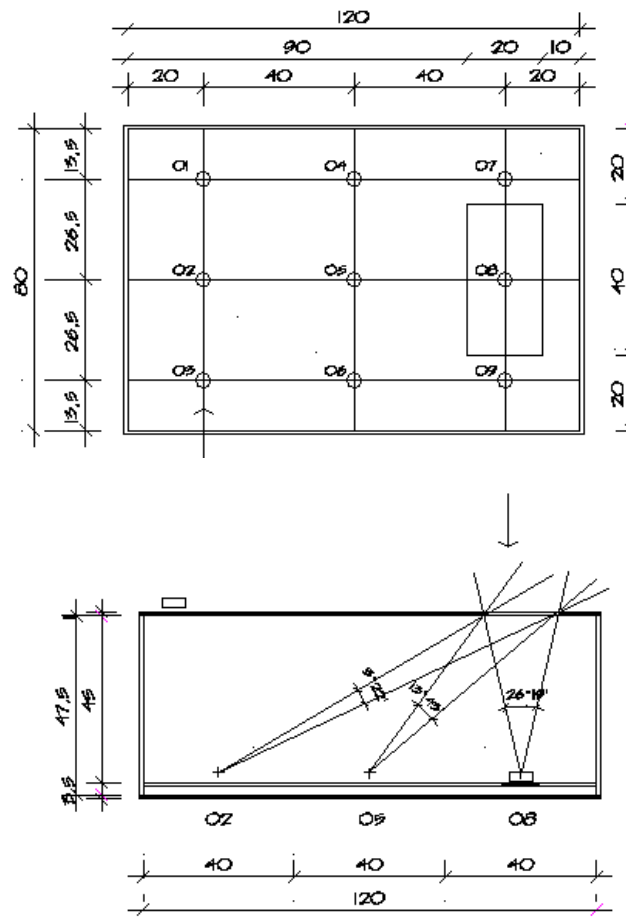


FIGURA 45: Definição das medidas e geometria do ambiente em estudo

A partir desses dados, utilizando-se cálculos trigonométricos, foi possível a definição da área da abóbada celeste visualizada a partir do ponto, através da abertura zenital. Esta área na abóbada fica então limitada por valores de ângulos de alturas e azimutes, sendo composta de parcelas de céu, tendo as mesmas coordenadas que foram já definidas no item 4.2. A figura 46 apresenta o contorno das áreas visualizadas na abóbada celeste a partir dos pontos considerados no interior do ambiente estudado (1 a 9), considerando a abertura zenital lateralizada.



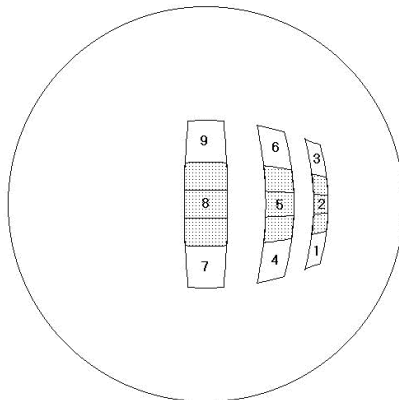


FIGURA 46 - Áreas da abóboda celeste visualizadas a partir dos pontos internos, através da abertura zenital lateralizada

c) Cálculo da luminância relativa das parcelas do céu em relação à luminância no zênite. Dessa forma, temos uma ponderação da luminância de cada parcela do céu, juntamente com sua posição na abóboda celeste.

Este cálculo foi efetuado conforme Perez et all (1993) *apud* Munner (1997), sendo considerado três diferentes tipos de céu; céu claro, parcialmente encoberto e encoberto. Adotando-se a cidade de Cruz Alta no Rio Grande do Sul, latitude 28,65 S, longitude 53,60 W, as distribuições de luminância para os diferentes tipos de céu, considerando-se determinadas horas do dia, podem ser observadas nas figuras 47, 48 e 49. Os dias escolhidos para esse cálculo correspondem aos dias para os quais foram realizadas as medidas “in situ” de iluminâncias.

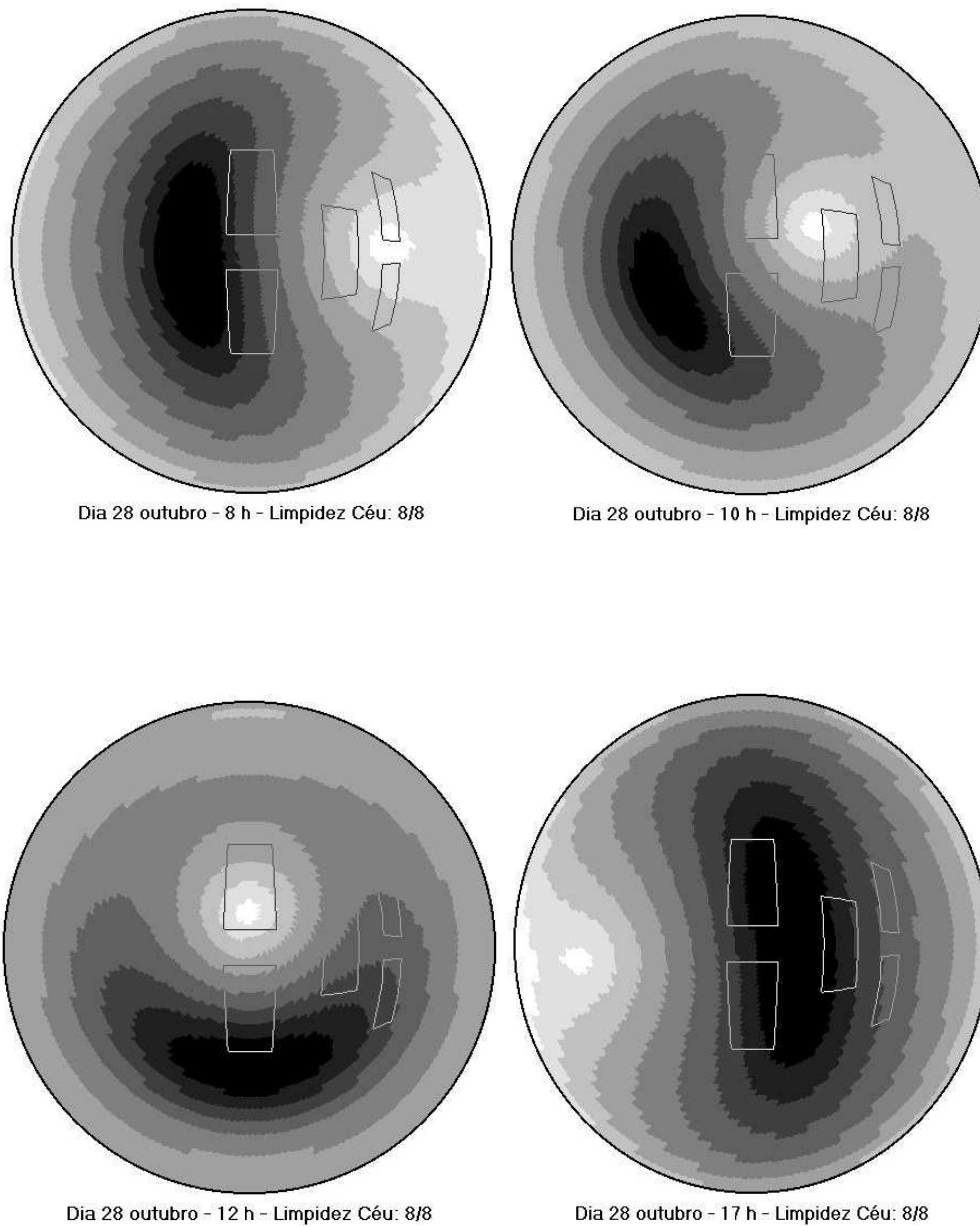


FIGURA 47- Representação da distribuição de luminâncias do céu para o dia 28/10/2003. Cruz Alta- RS. Céu limpo- limpidez 8/8.

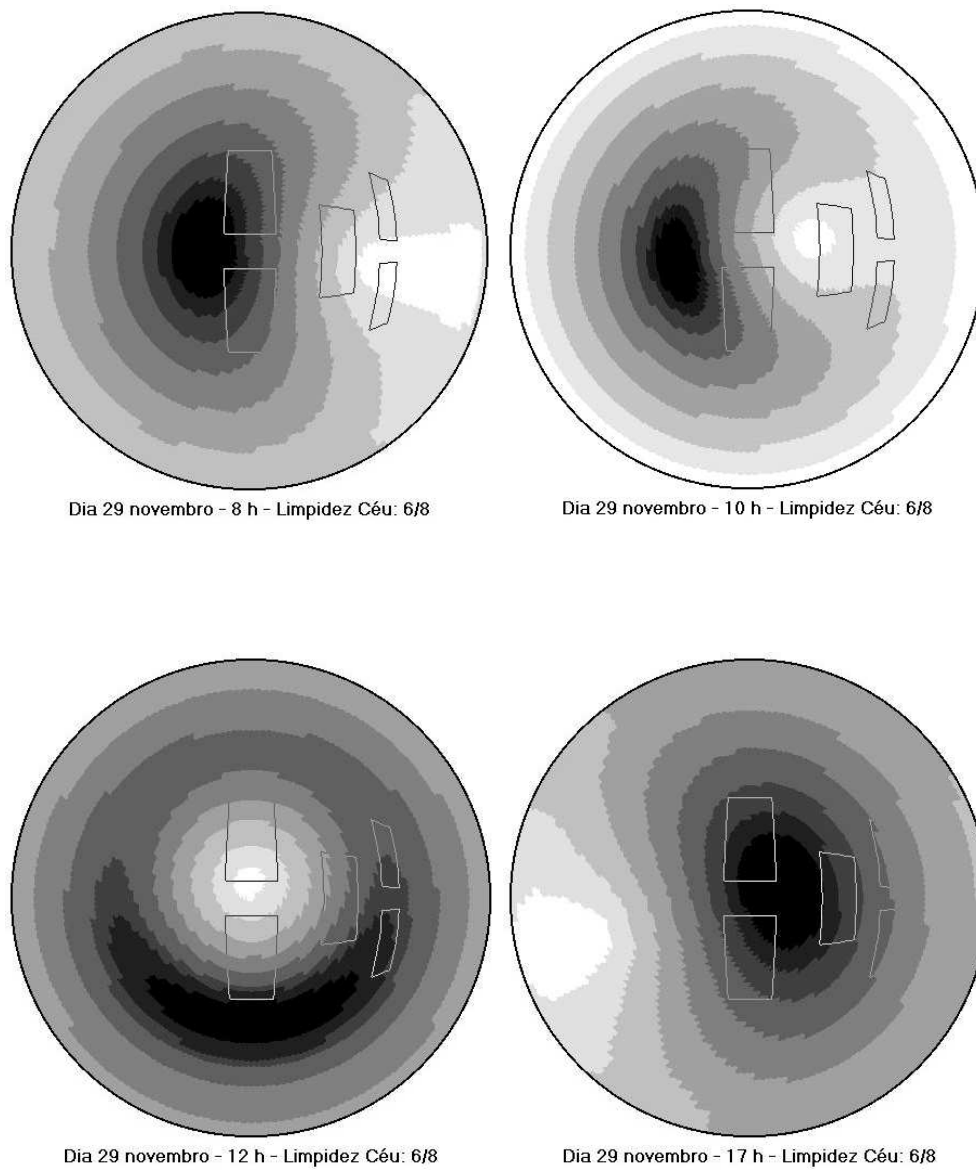


Figura 48- Representação da distribuição de luminâncias do céu para o dia 29/11/2003. Cruz Alta- RS. Céu parcialmente nublado- limpidez 6/8.

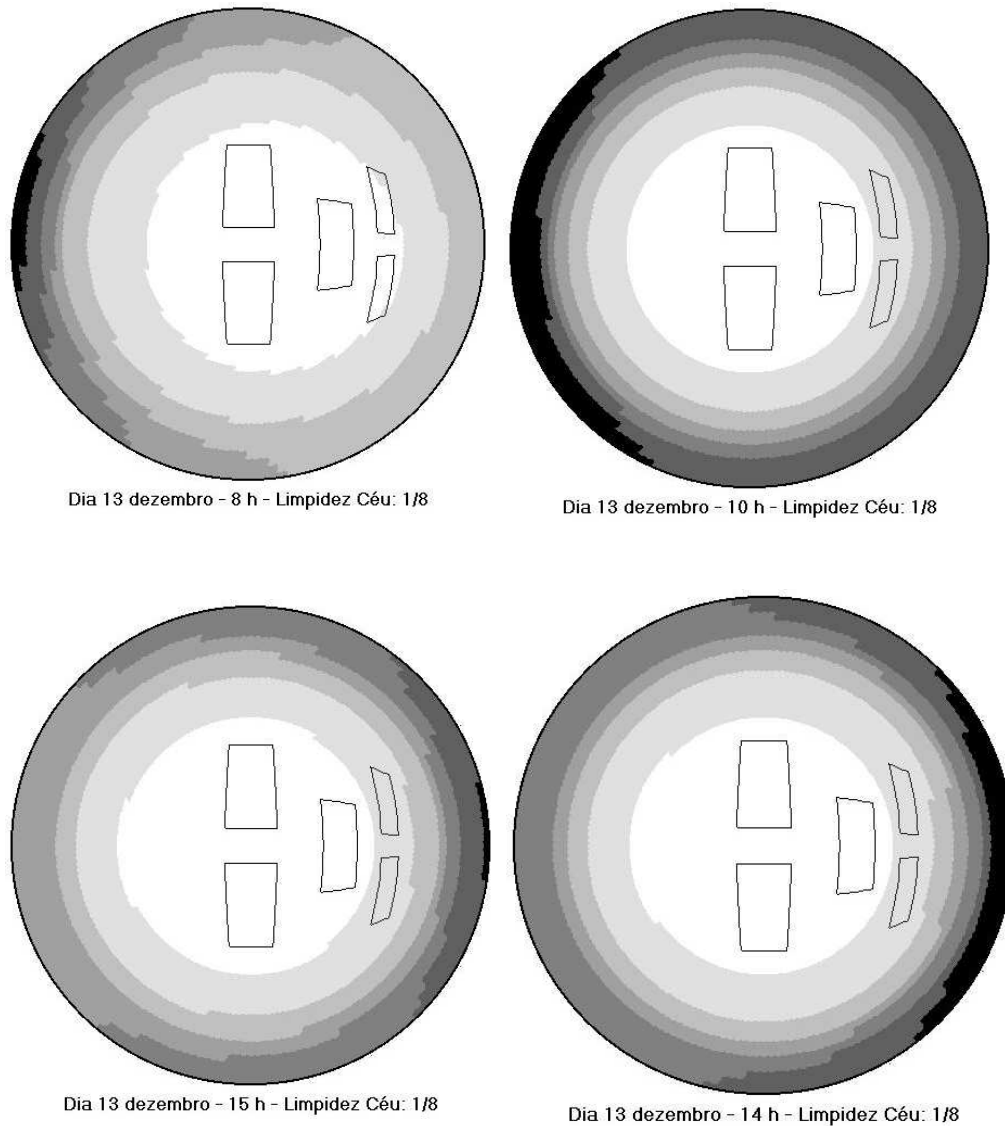


FIGURA 49- Representação da distribuição de luminâncias do céu para o dia 13/12/2003. Cruz Alta-RS. Céu encoberto-limpidez 1/8.

Para escala de cores do desenho da figura 50, definiu-se um Índice de Distribuição das Luminâncias do Céu (IDL), conforme a seguinte equação:

$$IDL = 100 * (L_{pt} - L_{min}) / (L_{max} - L_{min}) \quad (\%)$$

sendo:

$L_{pt}$  = Luminância média da parcela do céu

$L_{min}$  = Luminância mínima do céu na hora considerada

$L_{max}$  = Luminância máxima do céu na hora considerada

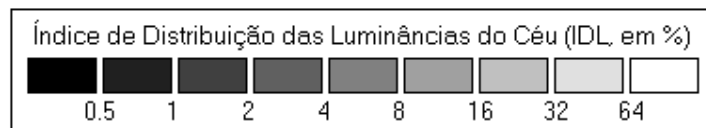


FIGURA 50– Escala de cores da distribuição de luminâncias

d) Cálculo da luminância no zênite, de acordo com Perez e et all (1990) *apud* Munner (1997). Segundo o autor, esse modelo de cálculo independe do local, estação do ano e tipo de céu, pois possui coeficientes variados de acordo com a intensidade da radiação direta e difusa, com a limpeza do céu e com a posição do sol na abóbada celeste.

A partir desses procedimentos, fica definido na abóbada celeste a área visualizada a partir do ponto interno considerado, as luminâncias das parcelas que a compõem, a posição da mesma no céu e, conseqüentemente, o ângulo de incidência da luz proveniente de cada uma das parcelas sobre a superfície transparente.

Com esses dados é possível o cálculo da parcela celeste de contribuição da luz difusa sobre um ponto interno, usando-se qualquer dos métodos estudados nesse trabalho, conforme é listado a seguir.

#### 4.2.1- Cálculo pelo método do Coeficiente de Luz do Dia (CLD)

Esse método considera a luminância uniforme das parcelas do céu, e a transmitância da luz visível para o ângulo normal de incidência ( $T_{vn}$ ). O CLD é obtido de forma simplificada, sendo feito o cálculo da soma das áreas das parcelas de céu observadas pelo ponto e o cálculo da área total da abóbada celeste, levando-se em consideração o cosseno do ângulo de incidência da luz sobre a superfície horizontal considerada  $\cos(90-Alt)$ , por:

$$A_p = \cos(Alt) \cdot (\pi / 90)^2 \cdot \cos(90-Alt)$$

$$A_v = \sum A_p \text{ visualizadas}$$

$$A_t = \sum A_p$$

$A_p$  = Área de cada parcela do céu

$A_v$  = Área da abóbada visualizada a partir do ponto interno

$Alt$  = Altura angular do centro da parcela

$A_t$  = Área total da abóbada celeste

Em seguida a soma das áreas visualizadas a partir do ponto interno é multiplicada pela  $T_{vn}$  do elemento transparente considerado.

O CLD é então calculado fazendo-se uma relação entre essa soma das parcelas que são visualizadas pelo ponto através do elemento transparente e a área total da abóbada celeste, que seria a máxima área possível de ser visualizada por um ponto localizado sobre uma superfície horizontal.

$$CLD = (A_v \cdot T_{vn} / A_t) \cdot 100 (\%)$$

#### 4.2.2- Método do Coeficiente de Luz do Dia Relativa (CLDR)

Nesse método, além das áreas das parcelas do céu que são observadas pelo ponto interno, são consideradas as luminâncias de cada parcela. Dessa maneira, o cálculo do CLD é feito pela relação entre a soma das iluminâncias do céu que passam pelo elemento transparente e são observadas pelo ponto e a iluminância total da abóboda celeste.

O cálculo da iluminância de cada parcela ( $\Delta IL$ ) é dado pela multiplicação de sua luminância relativa ( $L$ ) pela luminância no zênite ( $L_z$ ) e por sua área ( $A_p$ ), e o total de iluminância do céu sobre um ponto em um plano horizontal ( $IL_t$ ) sem anteparos, pelo somatório das iluminâncias de todas as parcelas da abóboda celeste, conforme fórmulas abaixo:

$$\Delta(IL) = L \cdot L_z \cdot A_p$$

$$IL_t = \sum \Delta(IL)$$

A iluminância total sobre o ponto ( $IL_p$ ) será calculado pelo somatório das iluminâncias das parcelas observadas pelo ponto ( $\Delta(IL)_{vis}$ ), multiplicado pela  $TV_n$  do material transparente, ou seja:

$$IL_p = \sum \Delta(IL)_{vis} \cdot TV_n$$

Resultando para o cálculo do Coeficiente de Luz do Dia Relativa (CLDR):

$$CLDR = (IL_p / IL_t) \cdot 100 (\%)$$

### 4.2.3- Método CLDR com Ângulo de Incidência (CLDRA)

Esse método diferencia-se do anterior por utilizar a transmitância da luz visível do elemento transparente considerando o ângulo de incidência da luz proveniente de cada parcela do céu. Dessa maneira, o cálculo da iluminância sobre o ponto é calculado pelo somatório da iluminância de cada parcela do céu observada pelo ponto, multiplicada pela Transmitância no Visível ( $T_v$ ) relacionada ao ângulo de incidência da luz da parcela sobre a superfície transparente ( $\alpha$ ). Nesse caso:

$$IL_p = \sum (\Delta(IL)_{vis} \cdot T_v)$$

$$CLDRA = (IL_p / IL_t) \cdot 100 (\%)$$

$$\text{Para superfície horizontal } \alpha = (90 - Alt)$$

O cálculo de  $T_v$  é realizado de acordo com o tipo de material, utilizando-se o material hipotético de referência e o Coeficiente de Admissão de Luz (CAL), conforme descrito no item 3.8 desse trabalho.



## 5. RESULTADOS

### 5.1- Resultados das Medições

As tabelas originadas nos levantamentos foram reorganizadas de forma a constar o cálculo do CLD a partir das medições, dividindo o valor interno pelo valor externo da iluminância. As tabelas assumiram a configuração do exemplo a seguir:

TABELA 6 – CLD das medições “*in situ*”

Data: 28/Out    Hora: 9:30 mim    Abertura: Zenital-Centralizada    Céu: Claro									
Valor Iluminância nos Diversos Pontos									
MATERIAL	PTO 01	PTO 02	PTO 03	PTO 04	PTO 05	PTO 06	PTO 07	PTO 08	PTO 09
Sem vidro Ext. medida	13.540,00	13.180,00	13.860,00	13.680,00	13.680,00	13.820,00	13.670,00	13.790,00	13.780,00
Ext. média	13.667,00	13.667,00	13.667,00	13.667,00	13.667,00	13.667,00	13.667,00	13.667,00	13.667,00
Sem vidro Interno	650,60	2.940,00	558,00	522,40	955,00	532,40	197,80	268,00	164,40
CLD	4,7604	21,5117	4,0828	3,8223	6,9876	3,8955	1,4473	1,9609	1,2029
Vidro Incolor 5 mm	573,10	2.180,00	294,40	471,30	869,00	483,40	169,30	230,80	139,80
CLD	4,1933	15,9508	2,1541	3,4485	6,3584	3,5370	1,2388	1,6887	1,0229
Vidro Bronze 5 mm	299,20	1.421,00	268,30	253,50	483,00	261,00	87,40	121,60	72,10
CLD	2,1892	10,3973	1,9631	1,8548	3,5341	1,9097	0,6395	0,8897	0,5275
Vidro Reflexivo 5 mm	97,30	448,00	85,40	79,60	145,70	81,00	27,60	36,50	22,40
CLD	0,7119	3,2780	0,6249	0,5824	1,0661	0,5927	0,2019	0,2671	0,1639
Policarbonato Incolor	544,40	2.520,00	500,90	465,60	886,00	475,80	169,60	226,80	139,20
CLD	3,9833	18,4386	3,6650	3,4067	6,4828	3,4814	1,2409	1,6595	1,0185
Policarbonato Fumê	96,20	450,10	90,80	95,50	195,70	97,00	30,80	43,70	27,90
CLD	0,7039	3,2933	0,6644	0,6988	1,4319	0,7097	0,2254	0,3197	0,2041
Policarbonato Bronze	297,40	629,90	272,80	261,80	510,80	267,40	90,60	126,00	82,40
CLD	2,1760	4,6089	1,9960	1,9156	3,7375	1,9565	0,6629	0,9219	0,6029

As tabelas originadas nos levantamentos foram reorganizadas de forma a constar o valor do CLD calculado a partir da divisão do valor interno de iluminância pelo valor externo.

Dessa maneira as tabelas geradas assumiram a configuração exemplificada na tabela 5. Os valores completos das mesmas estão inseridos no Apêndice A desse trabalho.

Essas tabelas apresentam valores considerando as seguintes variáveis:

- Posição da abertura zenital centralizada ou lateralizada;
- Tipos do céu: claro, parcialmente encoberto e encoberto;
- Horas do dia: 8:00 às 18 hs (variando de hora em hora)
- Diferentes pontos dentro do ambiente: 1 a 9
- Diversos tipos de materiais transparentes:
  - Vidro incolor
  - Vidro bronze
  - Vidro reflexivo
  - Policarbonato incolor
  - Policarbonato fumê
  - Policarbonato bronze

Estas tabelas apresentam além das medições internas e externas à maquete de estudo, o valor do CLD calculado a partir das medições que será posteriormente inserido nas tabelas juntamente com o CLD calculado pelos diferentes métodos computacionais, conforme item a seguir.

## 5.2- Resultados dos Procedimentos Computacionais

Esses resultados foram obtidos considerando-se as mesmas variáveis das medições reais, para possibilitarem a análise comparativa posterior.

As tabelas 7 a 12 apresentam esses resultados, sendo divididas por tipo de material. Cada tabela tem resultados apresentados por ponto, nas diferentes horas medidas e pelos diferentes tipos de céu.

Estas tabelas apresentam os resultados das medições obtidas pela abertura zenital lateralizada, escolhida em detrimento da abertura zenital centralizada por apresentar maior ângulo de incidência e conseqüentemente maior variação em relação ao CLD calculado.

Os valores calculados são apresentados por:

$M_1$  – Cálculo pelo método original do CLD;

$M_2$  – Cálculo pelo CLD considerando a contribuição relativa de luz dependendo da zona do céu enxergada pelo ponto e posição do sol naquela hora ( CLDR);

$M_3$  – Cálculo pelo CLDR, acrescentando a influência do ângulo de incidência na transmitância da luz visível ( CLDRA);

$M_4$  – CLD calculado a partir das medições “in situ” internas e externas.

TABELA 7 – Resultados pelos 3 métodos de cálculo e medições reais - Abertura Zenital Lateralizada – Vidro Bronze – Céu Claro, Parcialmente Encoberto e Céu Encoberto

	1				2				3				4				5				6				7				8				9							
H	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Céu Claro																																								
9	0.4	0.6	0.4	0.3	0.5	1.4	1.0	0.5	0.3	1.0	0.7	0.5	1.7	2.5	2.1	1.6	2.4	8.2	7.2	7.3	1.6	5.4	4.6	4.4	4.1	2.2	2.1	2.6	6.2	3.8	3.8	4.3	4.1	2.6	2.5	2.8				
11	0.4	0.3	0.2	0.1	0.5	0.4	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	1.7	1.3	1.1	0.7	2.4	2.8	2.5	1.1	1.6	2.3	2.0	1.0	4.1	2.7	2.6	2.2	6.2	9.5	9.4	8.4	4.1	7.7	7.4	7.2				
13	0.4	0.2	0.1	0.1	0.5	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	1.7	0.8	0.6	0.5	2.4	1.2	1.1	0.7	1.6	1.0	0.8	0.5	4.1	2.7	2.6	2.2	6.2	9.4	9.3	8.0	4.1	7.6	7.4	6.7				
15	0.4	0.2	0.1	0.1	0.5	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.2	1.7	0.7	0.6	0.5	2.4	0.9	0.8	1.0	1.6	0.7	0.6	0.8	4.1	2.2	2.1	2.0	6.2	3.8	3.7	3.6	4.1	2.6	2.5	2.5				
17	0.4	0.3	0.2	0.3	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	1.7	0.9	0.8	0.7	2.4	1.3	1.1	1.0	1.6	0.9	0.8	0.5	4.1	2.2	2.1	1.7	6.2	3.3	3.2	2.5	4.1	2.1	2.0	1.6				
Céu Parcialmente Encoberto																																								
9	0.4	0.8	0.6	0.4	0.5	1.3	0.9	0.6	0.3	0.8	0.5	0.4	1.7	3.5	3.0	2.8	2.4	7.4	6.5	9.0	1.6	3.3	2.8	3.0	4.1	2.5	2.4	2.1	6.2	4.0	3.9	4.6	4.1	2.5	2.3	2.7				
11	0.4	0.3	0.2	0.1	0.5	0.4	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	1.7	1.5	1.3	0.8	2.4	3.0	2.6	1.7	1.6	2.0	1.7	1.2	4.1	3.7	3.5	3.3	6.2	9.7	9.6	8.6	4.1	5.6	5.4	4.7				
13	0.4	0.2	0.1	0.1	0.5	0.3	0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0.1	1.7	0.9	0.8	0.6	2.4	1.4	1.2	0.8	1.6	1.0	0.8	0.5	4.1	4.1	4.0	3.4	6.2	11.0	10.9	11.8	4.1	6.3	6.1	7.1				
15	0.4	0.2	0.2	0.1	0.5	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	1.7	0.7	0.6	0.6	2.4	0.9	0.8	0.8	1.6	0.7	0.6	0.8	4.1	2.1	2.0	2.7	6.2	3.1	3.1	3.2	4.1	2.0	1.9	2.9				
17	0.4	0.3	0.2	0.6	0.5	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	1.7	0.7	0.6	0.8	2.4	1.0	0.9	1.0	1.6	0.7	0.6	0.7	4.1	1.8	1.7	2.1	6.2	2.2	2.2	3.0	4.1	1.5	1.4	1.8				
Céu Encoberto																																								
9	0.4	0.3	0.2	0.2	0.5	0.5	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	1.7	1.8	1.5	1.4	2.4	2.5	2.3	1.5	1.6	1.7	1.5	1.2	4.1	4.5	4.3	4.6	6.2	7.0	6.9	7.4	4.1	4.4	4.3	4.1				
11	0.4	0.3	0.2	0.2	0.5	0.5	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	1.7	1.7	1.5	1.3	2.4	2.5	2.2	1.4	1.6	1.7	1.5	1.0	4.1	4.6	4.4	4.2	6.2	7.1	7.0	7.5	4.1	4.5	4.3	4.2				
13	0.4	0.3	0.2	0.2	0.5	0.5	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	1.7	1.7	1.5	1.3	2.4	2.5	2.2	1.4	1.6	1.7	1.5	1.1	4.1	4.5	4.4	5.1	6.2	7.1	7.0	7.4	4.1	4.5	4.3	4.1				
15	0.4	0.3	0.2	0.2	0.5	0.4	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	1.7	1.7	1.5	1.4	2.4	2.5	2.2	1.5	1.6	1.7	1.4	1.2	4.1	4.5	4.3	4.6	6.2	7.0	6.9	7.4	4.1	4.4	4.3	4.1				
17	0.4	0.3	0.2	0.2	0.5	0.4	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	1.7	1.7	1.5	1.3	2.4	2.5	2.2	1.4	1.6	1.7	1.4	1.1	4.1	4.5	4.3	3.1	6.2	7.0	6.9	7.4	4.1	4.4	4.3	4.1				

Sendo: CLD (coeficiente de Luz do Dia) =  $M_1$

CLDR (Coeficiente de Luz do Dia Relativo) =  $M_2$

CLDRA (CLDR + Ângulo de Incidência) =  $M_3$

MEDIÇÕES =  $M_4$

TABELA 8 – Resultados pelos 3 métodos de cálculo e medições reais - Abertura Zenital Lateralizada – Vidro Incolor – Céu Claro, Parcialmente Encoberto e Céu Encoberto

H	1				2				3				4				5				6				7				8				9						
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3
Céu Claro																																							
9	0.6	1.0	0.8	0.7	0.8	2.1	1.8	1.0	0.5	1.5	1.3	0.9	2.6	3.8	3.6	2.9	3.6	12.6	12.1	12.0	2.5	8.2	7.8	7.9	6.3	3.3	3.3	4.7	9.5	5.9	5.9	7.6	6.2	4.0	4.0	5.1			
11	0.6	0.4	0.3	0.2	0.8	0.7	0.6	0.3	0.5	0.5	0.4	0.3	2.6	1.9	1.8	1.3	3.6	4.3	4.1	2.1	2.5	3.5	3.3	1.9	6.3	4.2	4.1	4.1	9.5	14.5	14.5	15.4	6.2	11.7	11.6	13.8			
13	0.6	0.3	0.2	0.3	0.8	0.4	0.3	0.3	0.5	0.3	0.2	0.2	2.6	1.2	1.1	1.0	3.6	1.9	1.8	1.4	2.5	1.5	1.4	1.0	6.3	4.2	4.1	4.1	9.5	14.4	14.4	14.3	6.2	11.6	11.6	12.3			
15	0.6	0.3	0.3	0.3	0.8	0.4	0.3	0.4	0.5	0.3	0.2	0.4	2.6	1.0	1.0	1.1	3.6	1.4	1.3	1.8	2.5	1.0	1.0	1.0	6.3	3.3	3.3	3.6	9.5	5.8	5.8	6.4	6.2	4.0	3.9	7.0			
17	0.6	0.4	0.3	0.7	0.8	0.6	0.5	0.8	0.5	0.4	0.3	0.5	2.6	1.3	1.3	1.5	3.6	1.9	1.8	1.5	2.5	1.4	1.3	1.1	6.3	3.4	3.3	3.3	9.5	5.0	5.0	4.7	6.2	3.2	3.1	3.1			
Céu Parcialmente Encoberto																																							
9	0.6	1.3	1.0	0.9	0.8	2.0	1.7	1.3	0.5	1.2	1.0	1.0	2.6	5.4	5.1	5.1	3.6	11.3	10.9	14.8	2.5	5.1	4.8	5.1	6.3	3.8	3.8	3.9	9.5	6.1	6.1	8.2	6.2	3.7	3.7	4.9			
11	0.6	0.5	0.4	0.3	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	2.6	2.3	2.2	1.6	3.6	4.5	4.4	3.2	2.5	3.0	2.9	2.8	6.3	5.6	5.6	5.7	9.5	14.8	14.8	16.8	6.2	8.6	8.5	14.4			
13	0.6	0.3	0.2	0.2	0.8	0.4	0.3	0.3	0.5	0.3	0.2	0.2	2.6	1.4	1.3	1.4	3.6	2.1	2.0	1.6	2.5	1.5	1.4	1.1	6.3	6.3	6.2	6.4	9.5	16.8	16.8	21.2	6.2	9.6	9.5	12.0			
15	0.6	0.3	0.3	0.4	0.8	0.4	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3	0.4	2.6	1.1	1.0	1.4	3.6	1.4	1.3	2.2	2.5	1.0	1.0	1.4	6.3	3.2	3.1	5.2	9.5	4.7	4.7	6.6	6.2	3.1	3.0	9.2			
17	0.6	0.4	0.3	2.6	0.8	0.5	0.4	1.2	0.5	0.4	0.3	0.6	2.6	1.1	1.1	2.9	3.6	1.5	1.4	2.8	2.5	1.1	1.1	1.5	6.3	2.7	2.6	4.0	9.5	3.4	3.4	5.7	6.2	2.3	2.3	3.4			
Céu Encoberto																																							
9	0.6	0.5	0.4	0.4	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	2.6	2.7	2.5	2.7	3.6	3.9	3.8	3.0	2.5	2.6	2.5	2.4	6.3	6.9	6.8	8.4	9.5	10.7	10.7	13.1	6.2	6.8	6.7	7.7			
11	0.6	0.5	0.4	0.4	0.8	0.7	0.6	0.4	0.5	0.5	0.4	0.3	2.6	2.6	2.5	2.5	3.6	3.8	3.7	2.2	2.5	2.6	2.5	2.1	6.3	6.9	6.9	7.6	9.5	10.8	10.8	13.8	6.2	6.9	6.8	7.4			
13	0.5	0.4	0.4	0.5	0.8	0.7	0.8	0.4	0.5	0.5	0.4	0.3	2.6	2.6	2.5	2.5	3.6	3.7	3.7	2.2	2.5	2.6	2.5	2.1	6.3	6.9	6.9	7.6	9.5	10.8	10.7	13.8	6.2	6.9	6.8	7.4			
15	0.6	0.5	0.4	0.4	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	2.6	2.6	2.5	2.7	3.6	3.8	3.7	3.0	2.5	2.6	2.4	2.4	6.3	6.9	6.8	8.6	9.5	10.7	10.7	13.2	6.2	6.8	6.7	7.6			
17	0.6	0.5	0.4	0.4	0.8	0.6	0.5	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	2.6	2.6	2.5	2.7	3.6	3.8	3.7	3.0	2.5	2.6	2.4	2.4	6.3	6.9	6.8	8.6	9.5	10.7	10.7	13.2	6.2	6.8	6.7	7.6			

Sendo: CLD (coeficiente de Luz do Dia) =  $M_1$

CLDR (Coeficiente de Luz do Dia Relativo) =  $M_2$

CLDRA (CLDR + Ângulo de Incidência) =  $M_3$

MEDIÇÕES =  $M_4$

TABELA 9 – Resultados pelos 3 métodos de cálculo e medições reais - Abertura Zenital Lateralizada – Policarbonato Bronze – Céu Claro, Parcialmente Encoberto e Céu Encoberto

	1				2				3				4				5				6				7				8				9							
H	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Céu Claro																																								
9	0.3	0.6	0.4	0.3	0.4	1.3	0.9	0.5	0.3	0.9	0.6	0.5	1.5	2.2	1.9	1.6	2.1	7.4	6.5	7.6	1.5	4.8	4.1	3.9	3.7	2.0	1.9	1.6	5.6	3.4	3.4	4.6	3.6	2.3	2.2	2.9				
11	0.3	0.3	0.2	0.1	0.4	0.4	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	1.5	1.1	1.0	0.7	2.1	2.5	2.2	1.2	1.5	2.1	1.8	1.0	3.7	2.5	2.4	2.4	5.6	8.5	8.4	10.1	3.6	6.8	6.6	7.1				
13	0.3	0.2	0.1	0.1	0.4	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	1.5	0.7	0.6	0.5	2.1	1.1	1.0	0.7	1.5	0.9	0.7	0.5	3.7	2.4	2.3	2.3	5.6	8.4	8.4	9.2	3.6	6.8	6.6	7.1				
15	0.3	0.2	0.1	0.1	0.4	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	1.5	0.6	0.5	0.5	2.1	0.8	0.7	0.9	1.5	0.6	0.5	0.5	3.7	1.9	1.9	2.0	5.6	3.4	3.3	6.2	3.6	2.3	2.2	4.4				
17	0.3	0.2	0.2	0.2	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	1.5	0.8	0.7	0.7	2.1	1.1	1.0	0.9	1.5	0.8	0.7	0.5	3.7	2.0	1.9	1.8	5.6	2.9	2.9	5.4	3.6	1.9	1.8	1.6				
Céu Parcialmente Encoberto																																								
9	0.3	0.7	0.5	0.5	0.4	1.2	0.8	0.8	0.3	0.7	0.5	0.5	1.5	3.2	2.7	4.1	2.1	6.6	5.8	7.8	1.5	3.0	2.5	4.0	3.7	2.2	2.1	2.4	5.6	3.6	3.5	4.9	3.6	2.2	2.1	2.8				
11	0.3	0.3	0.2	0.1	0.4	0.4	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	1.5	1.4	1.2	0.8	2.1	2.7	2.4	2.0	1.5	1.8	1.5	1.4	3.7	3.3	3.2	3.9	5.6	8.7	8.6	10.2	3.6	5.0	4.9	8.8				
13	0.3	0.2	0.1	0.1	0.4	0.2	0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0.1	1.5	0.8	0.7	0.6	2.1	1.2	1.1	0.8	1.5	0.9	0.7	0.5	3.7	3.7	3.5	3.6	5.6	9.9	9.8	11.0	3.6	5.6	5.4	7.7				
15	0.3	0.2	0.1	0.2	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.2	1.5	0.6	0.5	0.7	2.1	0.8	0.7	1.1	1.5	0.6	0.5	0.8	3.7	1.9	1.8	3.0	5.6	2.8	2.7	4.3	3.6	1.8	1.7	5.2				
17	0.3	0.2	0.2	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	1.5	0.7	0.6	0.8	2.1	0.9	0.8	1.3	1.5	0.7	0.5	0.7	3.7	1.6	1.5	2.2	5.6	2.0	2.0	3.2	3.6	1.4	1.3	1.8				
Céu Encoberto																																								
9	0.3	0.3	0.2	0.2	0.4	0.4	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	1.5	1.6	1.3	1.3	2.1	2.3	2.0	1.6	1.5	1.5	1.3	1.1	3.7	4.0	3.9	4.5	5.6	6.3	6.2	7.3	3.6	4.0	3.8	4.2				
11	0.3	0.3	0.2	0.1	0.4	0.4	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	1.5	1.5	1.3	1.2	2.1	2.2	2.0	1.7	1.5	1.5	1.3	1.0	3.7	4.1	3.9	4.5	5.6	6.3	6.3	7.0	3.6	4.0	3.8	3.8				
13	0.3	0.3	0.2	0.1	0.4	0.4	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	1.5	1.5	1.3	1.3	2.1	2.2	2.0	1.6	1.5	1.5	1.3	1.1	3.7	4.1	3.9	4.5	5.6	6.3	6.2	7.2	3.6	4.0	3.8	4.0				
15	0.3	0.3	0.2	0.2	0.4	0.4	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	1.5	1.5	1.3	1.3	2.1	2.2	2.0	1.6	1.5	1.5	1.3	1.1	3.7	4.0	3.9	4.5	5.6	6.3	6.2	7.2	3.6	4.0	3.8	4.2				
17	0.3	0.3	0.2	0.1	0.4	0.4	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	1.5	1.5	1.3	1.3	2.1	2.2	2.0	1.6	1.5	1.5	1.3	1.0	3.7	4.0	3.9	4.5	5.6	6.3	6.1	7.2	3.6	4.0	3.8	4.2				

Sendo: CLD (coeficiente de Luz do Dia ) =  $M_1$

CLDR (Coeficiente de Luz do Dia Relativo) =  $M_2$

CLDRA ( CLDR + Ângulo de Incidência) =  $M_3$

MEDIÇÕES REAIS =  $M_4$

TABELA 10 – Resultados pelos 3 métodos de cálculo e medições reais - Abertura Zenital Lateralizada – Policarbonato Incolor – Céu Claro, Parcialmente Encoberto e Céu Encoberto

	1				2				3				4				5				6				7				8				9							
H	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Céu Claro																																								
9	0.5	0.9	0.8	0.7	0.7	2.1	1.7	1.0	0.5	1.5	1.2	0.9	2.5	3.6	3.5	2.9	3.5	12.1	11.7	12.0	2.4	7.9	7.5	6.9	6.1	3.2	3.2	3.6	9.2	5.7	5.7	4.7	6.0	3.9	3.8	5.0				
11	0.5	0.4	0.3	0.2	0.7	0.6	0.5	0.3	0.5	0.5	0.4	0.3	2.5	1.9	1.8	1.3	3.5	4.1	4.0	2.1	2.4	3.4	3.2	1.8	6.1	4.0	4.0	4.1	9.2	14.0	14.0	12.6	6.0	11.3	11.2	16.4				
13	0.5	0.3	0.2	0.2	0.7	0.4	0.3	0.2	0.5	0.3	0.2	0.2	2.5	1.1	1.1	1.0	3.5	1.8	1.7	1.3	2.4	1.4	1.3	1.0	6.1	4.0	4.0	4.0	9.2	13.9	13.9	11.0	6.0	11.3	11.2	13.2				
15	0.5	0.3	0.2	0.3	0.7	0.4	0.3	0.3	0.5	0.3	0.2	0.3	2.5	1.0	0.9	1.0	3.5	1.3	1.3	1.7	2.4	1.0	0.9	1.6	6.1	3.2	3.2	3.5	9.2	5.6	5.6	4.8	6.0	3.8	3.8	7.0				
17	0.5	0.4	0.3	0.5	0.7	0.6	0.5	0.7	0.5	0.4	0.3	0.4	2.5	1.3	1.2	1.3	3.5	1.8	1.8	1.9	2.4	1.3	1.3	1.0	6.1	3.3	3.2	3.2	9.2	4.8	4.8	4.3	6.0	3.0	3.0	3.9				
Céu Parcialmente Encoberto																																								
9	0.5	1.2	1.0	0.9	0.7	2.0	1.6	1.4	0.5	1.2	0.9	1.0	2.5	5.2	4.9	5.1	3.5	10.9	10.5	12.5	2.4	4.9	4.7	4.9	6.1	3.7	3.7	4.0	9.2	5.9	5.9	8.4	6.0	3.6	3.6	5.0				
11	0.5	0.4	0.4	0.3	0.7	0.7	0.6	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	2.5	2.3	2.2	1.5	3.5	4.4	4.2	2.7	2.4	2.9	2.8	2.5	6.1	5.4	5.4	5.1	9.2	14.3	14.3	20.0	6.0	8.3	8.3	9.9				
13	0.5	0.3	0.2	0.2	0.7	0.4	0.3	0.2	0.5	0.3	0.2	0.2	2.5	1.3	1.3	1.2	3.5	2.0	1.9	1.5	2.4	1.4	1.4	0.9	6.1	6.1	6.0	6.3	9.2	16.2	16.2	20.6	6.0	9.3	9.2	10.9				
15	0.5	0.3	0.3	0.3	0.7	0.4	0.4	0.4	0.5	0.3	0.3	0.4	2.5	1.0	1.0	1.3	3.5	1.3	1.3	2.1	2.4	1.0	0.9	1.6	6.1	3.0	3.0	5.2	9.2	4.6	4.6	5.2	6.0	3.0	3.0	4.1				
17	0.5	0.4	0.3	1.1	0.7	0.5	0.4	1.0	0.5	0.4	0.3	0.6	2.5	1.1	1.0	2.6	3.5	1.4	1.4	2.8	2.4	1.1	1.0	1.4	6.1	2.6	2.5	4.0	9.2	3.3	3.3	5.6	6.0	2.2	2.2	3.4				
Céu Encoberto																																								
9	0.5	0.5	0.4	0.3	0.7	0.7	0.6	0.4	0.5	0.5	0.4	0.3	2.5	2.6	2.4	2.5	3.5	3.7	3.6	2.8	2.4	2.5	2.4	2.2	6.1	6.7	6.6	8.0	9.2	10.3	10.3	12.7	6.0	6.6	6.5	7.3				
11	0.5	0.5	0.4	0.3	0.7	0.7	0.6	0.3	0.5	0.5	0.4	0.2	2.5	2.5	2.4	2.2	3.5	3.7	3.6	2.7	2.4	2.5	2.4	1.8	6.1	6.7	6.7	8.0	9.2	10.4	10.4	12.3	6.0	6.6	6.6	7.3				
13	0.5	0.5	0.4	0.3	0.7	0.7	0.6	0.3	0.5	0.5	0.4	0.3	2.5	2.5	2.4	2.4	3.5	3.7	3.5	2.7	2.4	2.5	2.4	2.0	6.1	6.7	6.7	8.0	9.2	10.4	10.4	12.4	6.0	6.6	6.6	7.3				
15	0.5	0.5	0.4	0.3	0.7	0.7	0.6	0.4	0.5	0.5	0.4	0.3	2.5	2.5	2.4	2.6	3.5	3.7	3.5	2.8	2.4	2.5	2.3	2.2	6.1	6.6	6.6	8.0	9.2	10.3	10.3	12.4	6.0	6.6	6.5	7.3				
17	0.5	0.5	0.4	0.3	0.7	0.7	0.6	0.4	0.5	0.5	0.4	0.3	2.5	2.5	2.4	2.6	3.5	3.7	3.5	2.7	2.4	2.5	2.3	2.0	6.1	6.6	6.6	8.0	9.2	10.3	10.3	12.4	6.0	6.6	6.5	7.3				

Sendo: CLD (coeficiente de Luz do Dia ) =  $M_1$

CLDR (Coeficiente de Luz do Dia Relativo) =  $M_2$

CLDRA ( CLDR + Ângulo de Incidência) =  $M_3$

MEDIÇÕES =  $M_4$

TABELA 11 – Resultados pelos 3 métodos de cálculo e medições reais - Abertura Zenital Lateralizada – Policarbonato Fumê– Céu Claro, Parcialmente Encoberto e Céu Encoberto

	1				2				3				4				5				6				7				8				9							
H	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Céu Claro																																								
9	0.2	0.3	0.2	0.1	0.2	0.7	0.5	0.3	0.2	0.5	0.3	0.1	0.8	1.2	1.0	0.5	1.2	4.0	3.6	2.3	0.8	2.6	2.3	1.4	2.0	1.1	1.0	1.0	3.1	1.9	1.9	1.2	2.0	1.3	1.2	1.1	1.1			
11	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.8	0.6	0.5	0.2	1.2	1.4	1.2	0.9	0.8	1.1	1.0	0.7	2.0	1.3	1.3	0.9	3.1	4.7	4.6	3.2	2.0	3.8	3.6	3.6				
13	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.8	0.4	0.3	0.1	1.2	0.6	0.5	0.4	0.8	0.5	0.4	0.2	2.0	1.3	1.3	0.9	3.1	4.6	4.6	3.2	2.0	3.8	3.6	2.8				
15	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.8	0.3	0.3	0.1	1.2	0.4	0.4	0.5	0.8	0.3	0.3	0.2	2.0	1.1	1.0	0.7	3.1	1.9	1.8	1.6	2.0	1.3	1.2	1.9				
17	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.8	0.4	0.4	0.2	1.2	0.6	0.5	0.4	0.8	0.4	0.4	0.1	2.0	1.1	1.0	0.6	3.1	1.6	1.6	1.3	2.0	1.0	1.0	0.6				
Céu Parcialmente Encoberto																																								
9	0.2	0.4	0.3	0.1	0.2	0.7	0.5	0.4	0.2	0.4	0.3	0.2	0.8	1.7	1.5	1.3	1.2	3.6	3.2	2.7	0.8	1.6	1.4	1.3	2.0	1.2	1.2	0.8	3.1	2.0	1.9	1.7	2.0	1.2	1.1	1.0				
11	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.8	0.8	0.6	0.3	1.2	1.5	1.3	0.7	0.8	1.0	0.8	0.7	2.0	1.8	1.7	1.4	3.1	4.8	4.7	4.0	2.0	2.8	2.7	2.3				
13	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.8	0.4	0.4	0.6	1.2	0.7	0.6	0.3	0.8	0.5	0.4	0.2	2.0	2.0	2.0	1.2	3.1	5.4	5.4	5.7	2.0	3.1	3.0	3.0				
15	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.8	0.3	0.3	0.2	1.2	0.4	0.4	0.4	0.8	0.3	0.3	0.2	2.0	1.0	1.0	1.1	3.1	1.5	1.5	1.8	2.0	1.0	0.9	0.8				
17	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.8	0.4	0.3	0.4	1.2	0.5	0.4	0.4	0.8	0.4	0.3	0.2	2.0	0.9	0.8	0.7	3.1	1.1	1.1	1.1	2.0	0.7	0.7	0.6				
Céu Encoberto																																								
9	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	1.0	0.8	0.9	0.7	0.4	1.2	1.3	1.1	0.6	0.8	0.8	0.7	0.3	2.0	2.2	2.1	1.4	3.1	3.4	3.4	2.5	2.0	2.2	2.1	1.3				
11	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	1.0	0.8	0.9	0.7	0.3	1.2	1.2	1.1	0.8	0.8	0.8	0.7	0.3	2.0	2.2	2.1	1.5	3.1	3.5	3.5	2.4	2.0	2.2	2.1	1.3				
13	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	1.0	0.8	0.9	0.7	0.3	1.2	1.2	1.1	0.6	0.8	0.8	0.7	0.3	2.0	2.2	2.1	1.4	3.1	3.5	3.5	2.4	2.0	2.2	2.1	1.3				
15	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	1.0	0.8	0.8	0.7	0.4	1.2	1.2	1.1	0.6	0.8	0.8	0.7	0.3	2.0	2.2	2.1	1.4	3.1	3.4	3.4	2.5	2.0	2.2	2.1	1.3				
17	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	1.0	0.8	0.8	0.7	0.3	1.2	1.2	1.1	0.6	0.8	0.8	0.7	0.3	2.0	2.2	2.1	1.4	3.1	3.4	3.4	2.4	2.0	2.2	2.1	1.3				

Sendo: CLD (coeficiente de Luz do Dia) =  $M_1$

CLDR (Coeficiente de Luz do Dia Relativo) =  $M_2$

CLDRA (CLDR + Ângulo de Incidência) =  $M_3$

MEDIÇÕES =  $M_4$



TABELA 12 – Resultados pelos 3 métodos de cálculo e medições reais - Abertura Zenital Lateralizada – Vidro Reflexivo– Céu Claro, Parcialmente Encoberto e Céu Encoberto

H	1				2				3				4				5				6				7				8				9			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Céu Claro																																				
9	0.6	1.1	0.8	0.2	0.9	2.5	1.9	0.6	0.6	1.8	1.3	0.2	2.9	4.3	4.0	0.9	4.2	14.4	13.5	2.8	2.9	9.4	8.6	0.9	7.2	3.8	3.8	0.6	10.9	6.7	6.7	1.4	7.1	4.6	4.5	0.8
11	0.6	0.5	0.4	0.2	0.9	0.8	0.6	0.1	0.6	0.6	0.4	0.1	2.9	2.2	2.0	0.3	4.2	4.9	4.6	0.6	2.9	4.1	3.7	0.4	7.2	4.8	4.7	1.0	10.9	16.6	16.6	5.3	7.1	13.4	13.3"	1.5
13	0.6	0.3	0.2	0.1	0.9	0.4	0.3	0.4	0.6	0.3	0.3	0.2	2.9	1.4	1.2	0.2	4.2	2.1	2.0	0.3	2.9	1.7	1.5	0.1	7.2	4.8	4.7	1.1	10.9	16.5	16.5	4.1	7.1	13.4	13.2"	2.0
15	0.6	0.3	0.3	0.1	0.9	0.5	0.3	0.2	0.6	0.3	0.3	0.2	2.9	1.2	1.1	0.2	4.2	1.6	1.5	0.3	2.9	1.2	1.1	0.2	7.2	3.8	3.7	0.9	10.9	6.6	6.6	4.3	7.1	4.5	4.5	1.5
17	0.6	0.5	0.4	0.2	0.9	0.7	0.5	0.2	0.6	0.5	0.4	0.2	2.9	1.5	1.4	0.4	4.2	2.2	2.1	0.4	2.9	1.6	1.4	0.2	7.2	3.9	3.8	0.7	10.9	5.7	5.7	1.0	7.1	3.6	3.6	0.6
Céu Parcialmente Encoberto																																				
9	0.6	1.4	1.1	0.2	0.9	2.3	1.8	0.7	0.6	1.4	1.0	0.1	2.9	6.2	5.7	0.5	4.2	13.0	12.2	2.0	2.9	5.8	5.4	1.1	7.2	4.4	4.3	0.8	10.9	7.0	7.0	1.3	7.1	4.3	4.2	0.8
11	0.6	0.5	0.4	0.1	0.9	0.8	0.6	0.1	0.6	0.6	0.4	0.2	2.9	2.7	2.5	0.2	4.2	5.2	4.9	0.3	2.9	3.5	3.2	0.3	7.2	6.5	6.4	0.7	10.9	17.0	16.9	4.4	7.1	9.9	9.8	3.3
13	0.6	0.3	0.3	0.1	0.9	0.5	0.4	0.1	0.6	0.3	0.3	0.1	2.9	1.6	1.5	0.1	4.2	2.4	2.3	0.2	2.9	1.7	1.6	0.1	7.2	7.2	7.1	0.6	10.9	19.3	19.3	2.2	7.1	11.0	10.9"	2.1
15	0.6	0.4	0.3	0.1	0.9	0.5	0.4	0.2	0.6	0.4	0.3	0.1	2.9	1.2	1.1	0.1	4.2	1.6	1.5	0.3	2.9	1.2	1.1	0.3	7.2	3.6	3.5	0.6	10.9	5.4	5.4	3.2	7.1	3.5	3.5	2.8
17	0.6	0.4	0.3	0.2	0.9	0.6	0.4	0.1	0.6	0.4	0.3	0.1	2.9	1.3	1.2	0.2	4.2	1.7	1.6	0.3	2.9	1.3	1.2	0.2	7.2	3.1	3.0	0.6	10.9	3.9	3.9	0.8	7.1	2.6	2.6	0.5
Céu Encoberto																																				
9	0.6	0.6	0.4	0.1	0.9	0.8	0.6	0.1	0.6	0.6	0.4	0.1	2.9	3.1	2.8	0.4	4.2	4.5	4.2	0.5	2.9	3.0	2.8	0.4	7.2	7.9	7.8	1.4	10.9	12.3	12.2	2.2	7.1	7.8	7.7	1.2
11	0.6	0.6	0.4	0.1	0.9	0.8	0.6	0.1	0.6	0.6	0.4	0.1	2.9	3.0	2.8	0.4	4.2	4.4	4.1	0.5	2.9	3.0	2.7	0.3	7.2	8.0	7.8	1.3	10.9	12.4	12.4	2.2	7.1	7.9	7.8	1.3
13	0.6	0.6	0.4	0.1	0.9	0.8	0.6	0.1	0.6	0.4	0.4	0.1	2.9	3.0	2.8	0.4	4.2	4.2	4.1	0.5	2.9	3.0	2.7	0.3	7.2	8.0	7.8	1.6	10.9	12.4	12.4	2.2	7.1	7.9	7.8	1.2
15	0.6	0.6	0.4	0.1	0.9	0.8	0.6	0.1	0.6	0.6	0.4	0.1	2.9	3.0	2.7	0.4	4.2	4.3	4.1	0.5	2.9	3.0	2.7	0.4	7.2	7.9	7.8	1.4	10.9	12.3	12.2	2.2	7.1	7.8	7.7	1.2
17	0.6	0.6	0.4	0.1	0.9	0.8	0.6	0.1	0.6	0.4	0.5	0.1	2.9	3.0	2.7	0.4	4.2	4.3	4.1	0.5	2.9	3.0	2.7	0.3	7.2	7.9	7.8	1.4	10.9	12.3	12.20	2.2	7.1	7.8	7.8	1.2

Sendo: CLD (coeficiente de Luz do Dia ) =  $M_1$

CLDR (Coeficiente de Luz do Dia Relativo) =  $M_2$

CLDRA ( CLDR + Ângulo de Incidência) =  $M_3$

MEDIÇÕES =  $M_4$

## 6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O número de valores obtidos nas tabelas anteriores é muito grande (tabela 6 a tabela 12) dificultando uma análise comparativa mais conclusiva.

Dessa maneira para análise dos resultados foram consideradas apenas as medições realizadas pela abertura zenital lateralizada, por perceber que desta forma seria evidente a consideração do ângulo de incidência da luz nos pontos internos.

Foram também analisados apenas três pontos representativos, em lugar dos nove pontos medidos no interior da maquete de estudo. Os pontos 2, 5 e 8 foram escolhidos por representarem bem a variação do ângulo de incidência da luz.

### **6.1- Comparação entre os diferentes métodos de cálculo e as medições**

Neste item foi realizado um estudo comparativo entre os resultados obtidos pelos diferentes métodos de cálculo (procedimento computacional) e as medições realizadas.

Nas tabelas a seguir estão apresentados os resultados da divisão do valor de cálculo de cada método ( $M_1$ ,  $M_2$  e  $M_3$ ) pelo valor medido ao longo do dia ( $M_4$ ). O valor dessa divisão equivale ao percentual de erro, denominado desvio. Está também calculada a média de desvio

dos valores obtidos para os diversos materiais. Dessa maneira, nesse item, as tabelas e os gráficos apresentam a média de desvio entre os valores calculados pelos três métodos e os valores medidos.

TABELA 13 – Desvio entre os diferentes métodos de cálculo ( $M_1$ ,  $M_2$  e  $M_3$ ) e os valores medidos ( $M_4$ ) – Abertura Zenital Lateralizada - Ponto 02 – Céu Claro

$M_1 / M_4$						
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>M</b>
<b>VI</b>	0,80	2,66	2,66	2,00	1,00	1,82
<b>VB</b>	1,00	2,50	2,25	2,50	1,67	1,98
<b>PI</b>	0,70	2,33	3,50	2,33	1,00	1,97
<b>PF</b>	0,67	2,00	2,00	2,00	2,00	1,73
<b>PB</b>	0,80	2,00	2,00	2,00	2,00	1,76
<b>Méd.</b>	0,79	2,30	2,48	2,17	1,53	1,85

$M_2 / M_4$						
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>M</b>
<b>VI</b>	2,10	2,33	1,33	1,00	0,75	1,50
<b>VB</b>	2,80	2,00	1,50	1,50	1,33	1,83
<b>PI</b>	2,10	2,00	2,00	1,33	0,85	1,65
<b>PF</b>	2,33	2,00	1,00	1,00	2,00	1,67
<b>PB</b>	2,60	2,00	1,00	1,00	1,50	1,62
<b>Méd.</b>	2,39	2,07	1,37	1,17	1,29	1,65

$M_3 / M_4$						
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>M</b>
<b>VI</b>	1,80	2,00	1,00	0,75	0,63	1,24
<b>VB</b>	2,00	1,50	1,00	1,00	1,00	1,30
<b>PI</b>	1,70	1,66	1,50	1,00	0,71	1,31
<b>PF</b>	1,67	2,00	1,00	1,00	1,00	1,33
<b>PB</b>	1,80	1,50	1,00	1,00	1,00	1,26
<b>Méd.</b>	1,79	1,73	1,10	0,95	0,87	1,28

TABELA 14– Desvio existente entre os diferentes métodos de cálculo ( $M_1$ ,  $M_2$  e  $M_3$ ) e os valores medidos ( $M_4$ ). Abertura Zenital lateralizada – Ponto 02 – Céu Parcialmente Encoberto

$M_1 / M_4$						
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>M</b>
VI	0,61	1,60	2,66	1,60	0,66	1,42
<b>VB</b>	0,83	2,50	5,00	2,50	2,50	2,67
<b>PI</b>	0,50	1,75	3,50	1,75	0,70	1,64
<b>PF</b>	0,50	2,00	2,00	2,00	2,00	1,70
<b>PB</b>	0,50	2,00	4,00	2,00	2,00	2,10
<b>Méd.</b>	0,59	1,97	3,43	1,97	1,57	1,90

$M_2 / M_4$						
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>M</b>
VI	1,53	1,40	1,33	0,80	0,41	1,09
<b>VB</b>	2,16	2,00	3,00	1,50	1,50	2,03
<b>PI</b>	1,42	1,75	2,00	1,00	0,50	1,33
<b>PF</b>	1,75	2,00	1,00	1,00	2,00	1,55
<b>PB</b>	1,50	2,00	2,00	1,50	1,50	1,70
<b>Méd.</b>	1,67	1,83	1,87	1,16	1,18	1,54

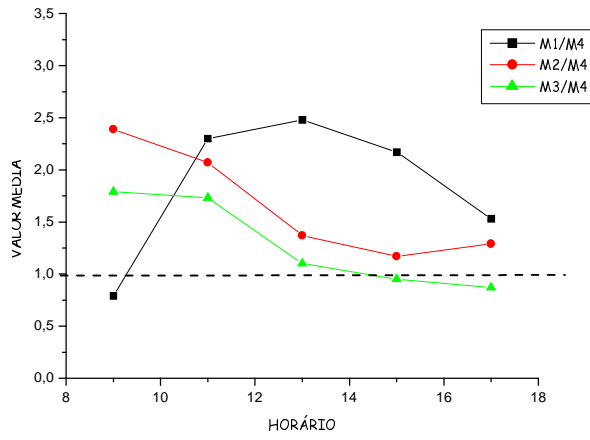
$M_3 / M_4$						
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>M</b>
VI	1,30	1,20	1,00	0,80	0,33	0,92
<b>VB</b>	1,50	1,50	2,00	1,00	1,50	1,50
<b>PI</b>	1,14	1,50	1,50	1,00	0,40	1,10
<b>PF</b>	1,25	2,00	1,00	1,00	1,00	1,25
<b>PB</b>	1,00	1,50	2,00	1,00	1,00	1,30
<b>Méd.</b>	1,24	1,54	1,50	0,96	0,85	1,21

TABELA 15 – Desvio existente entre os diferentes métodos de cálculo ( $M_1$ ,  $M_2$  e  $M_3$ ) e os valores medidos ( $M_4$ ) - Abertura Zenital Lateralizada - Ponto 02 – Céu Encoberto

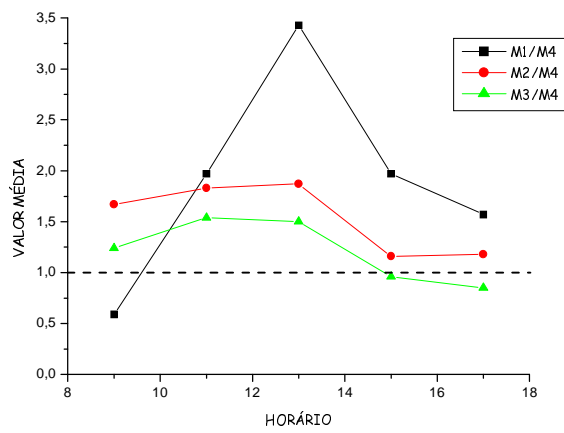
	$M_1 / M_4$					
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>M</b>
<b>VI</b>	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	1,84
<b>VB</b>	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
<b>PI</b>	1,75	2,33	2,33	1,75	1,75	1,98
<b>PF</b>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>PB</b>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>Méd.</b>	1,97	2,17	2,17	1,97	2,05	2,06

	$M_2 / M_4$					
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>M</b>
<b>VI</b>	1,40	1,75	1,75	1,40	1,50	1,56
<b>VB</b>	2,50	2,50	2,50	2,00	2,00	2,30
<b>PI</b>	1,75	2,33	2,33	1,75	1,75	1,98
<b>PF</b>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>PB</b>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>Méd.</b>	1,93	2,12	2,12	1,83	1,85	1,96

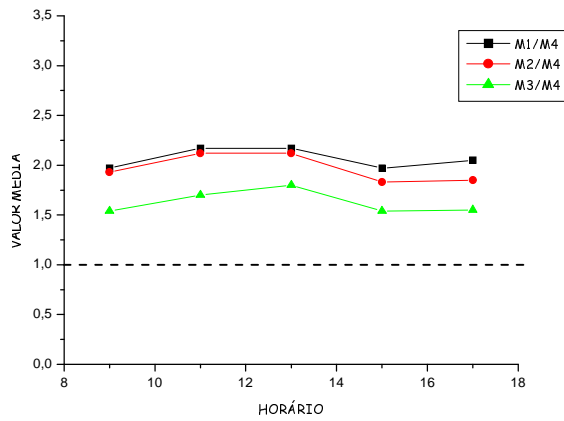
	$M_3 / M_4$					
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>M</b>
<b>VI</b>	1,20	1,50	2,00	1,20	1,25	1,43
<b>VB</b>	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
<b>PI</b>	1,50	2,00	2,00	1,50	1,50	1,70
<b>PF</b>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>PB</b>	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
<b>Méd.</b>	1,54	1,70	1,80	1,54	1,55	1,62



a) céu claro



b) céu parcialmente encoberto



c) céu encoberto

FIGURA 51 – Gráficos da Média dos valores de desvio entre os diferentes métodos e as medições “in situ” – Abertura Zenital Lateralizada – Ponto 02

## Ponto 02

O ponto 2 é o que tem o maior ângulo de incidência da luz em relação aos outros pontos analisados.

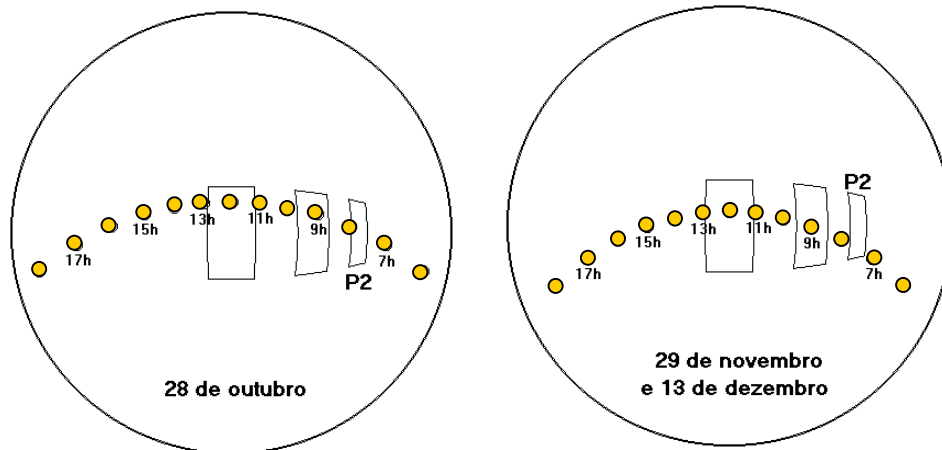


FIGURA 52 – Área do céu vista pelo ponto 02

O método  $M_1$  apresenta desvios mais elevados que  $M_2$  e  $M_3$  para o céu claro e parcialmente encoberto, o que demonstra o acerto da consideração da distribuição de luminâncias relativas nesses tipos de céu. Para o céu encoberto a diferença entre  $M_1$  e  $M_2$  é reduzida, pois as luminâncias das parcelas do céu são mais uniformes, existindo uma diferença para  $M_3$  devido ao ângulo de incidência.

Para o ponto 02 os resultados de desvios obtidos pelos métodos  $M_2$  e  $M_3$ , apresentam uma diferença proporcional, independente do tipo de céu, com valores sempre menores para o método  $M_3$ . Essa diferença é mais acentuada para esse ponto devido ao maior ângulo de incidência.

TABELA 16 – Desvio existente entre os diferentes métodos de cálculo ( $M_1$ ,  $M_2$  e  $M_3$ ) e os valores medidos ( $M_4$ ) - Abertura zenital lateralizada - Ponto 05 – céu claro

$M_1 / M_4$						
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>M</b>
<b>VI</b>	0,30	1,71	2,57	2,00	2,40	1,80
<b>VB</b>	0,33	2,18	3,43	2,40	2,40	2,14
<b>PI</b>	0,29	1,66	2,69	2,05	1,84	1,70
<b>PF</b>	0,52	1,33	3,00	2,40	3,00	2,05
<b>PB</b>	0,28	1,75	3,00	2,33	2,33	1,94
<b>Méd.</b>	0,34	1,73	2,94	2,24	2,39	1,92

$M_2 / M_4$						
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>M</b>
<b>VI</b>	1,02	2,04	1,35	0,77	1,90	1,42
<b>VB</b>	1,12	2,54	1,71	0,90	1,30	1,51
<b>PI</b>	1,00	1,95	1,38	0,76	0,94	1,20
<b>PF</b>	1,73	1,55	1,50	0,80	1,50	1,42
<b>PB</b>	0,97	2,08	1,57	0,88	1,22	1,34
<b>Méd.</b>	1,17	2,03	1,50	0,82	1,37	1,37

$M_3 / M_4$						
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>M</b>
<b>VI</b>	1,00	1,95	1,28	0,72	1,80	1,35
<b>VB</b>	0,99	2,27	1,57	0,80	1,10	1,34
<b>PI</b>	0,97	1,90	1,30	0,76	0,94	1,17
<b>PF</b>	1,56	1,33	1,25	1,25	1,25	1,33
<b>PB</b>	0,85	1,83	1,43	0,78	1,11	1,20
<b>Méd.</b>	1,07	1,82	1,37	0,86	1,24	1,28



TABELA 17 – Desvio existente entre os diferentes métodos de cálculo ( $M_1$ ,  $M_2$  e  $M_3$ ) e os valores medidos ( $M_4$ ) - Abertura Zenital Lateralizada - Ponto 05 – Céu Parcialmente Encoberto

	$M_1 / M_4$					
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>M</b>
VI	0,24	1,12	2,25	1,63	1,28	1,30
<b>VB</b>	0,26	1,41	3,00	3,00	2,40	2,01
<b>PI</b>	0,28	1,29	2,33	1,66	1,25	1,36
<b>PF</b>	0,44	1,71	4,00	3,00	3,00	2,43
<b>PB</b>	0,26	1,05	2,62	1,90	1,61	1,48
<b>Méd.</b>	0,30	1,32	2,84	2,24	1,91	1,71

	$M_2 / M_4$					
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>M</b>
VI	0,76	1,40	1,31	0,63	0,53	0,93
<b>VB</b>	0,82	1,76	1,75	1,13	1,00	1,29
<b>PI</b>	0,87	1,62	1,33	0,61	0,50	0,98
<b>PF</b>	1,33	2,14	2,33	1,00	1,25	1,61
<b>PB</b>	0,84	1,35	1,50	0,72	0,69	1,02
<b>Méd.</b>	0,92	1,65	1,64	0,82	0,79	1,16

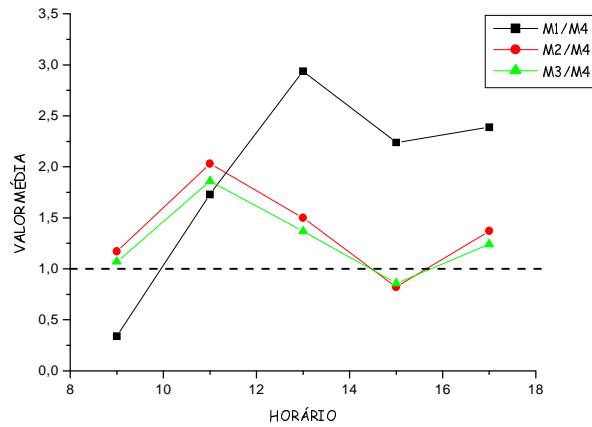
	$M_3 / M_4$					
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>M</b>
VI	0,73	1,37	1,25	0,60	0,50	0,89
<b>VB</b>	0,72	1,53	1,50	1,00	0,90	1,13
<b>PI</b>	0,84	1,55	1,26	0,61	0,50	0,95
<b>PF</b>	1,18	1,85	2,00	1,00	1,00	1,40
<b>PB</b>	0,74	1,20	1,37	0,63	0,61	0,91
<b>Méd.</b>	0,84	1,50	1,48	0,77	0,70	1,05

TABELA 18 – Desvio existente entre os diferentes métodos de cálculo ( $M_1$ ,  $M_2$  e  $M_3$ ) e os valores medidos ( $M_4$ ) - Abertura Zenital Lateralizada - Ponto 05 – Céu Encoberto

$M_1 / M_4$						
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>M</b>
VI	1,20	1,63	1,63	1,20	1,20	1,37
<b>VB</b>	1,60	1,71	1,60	1,60	1,71	1,66
<b>PI</b>	1,25	1,29	1,29	1,25	1,29	1,27
<b>PF</b>	2,00	1,50	2,00	2,00	2,00	1,90
<b>PB</b>	1,31	1,23	1,31	1,31	1,31	1,29
<b>Méd.</b>	1,47	1,47	1,59	1,47	1,50	1,49

$M_2 / M_4$						
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>M</b>
VI	1,30	1,72	1,68	1,26	1,26	1,44
<b>VB</b>	1,67	1,78	1,78	1,67	1,78	1,73
<b>PI</b>	1,32	1,37	1,37	1,32	1,37	1,35
<b>PF</b>	2,16	1,50	2,00	2,00	2,00	1,93
<b>PB</b>	1,43	1,29	1,37	1,37	1,37	1,36
<b>Méd.</b>	1,58	1,53	1,64	1,52	1,56	1,56

$M_3 / M_4$						
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>M</b>
VI	1,27	1,68	1,68	1,23	1,23	1,41
<b>VB</b>	1,53	1,57	1,57	1,47	1,57	1,54
<b>PI</b>	1,28	1,33	1,29	1,25	1,29	1,28
<b>PF</b>	1,83	1,37	1,83	1,83	1,83	1,74
<b>PB</b>	1,25	1,18	1,25	1,25	1,25	1,23
<b>Méd.</b>	1,43	1,43	1,52	1,41	1,43	1,44



a) céu claro

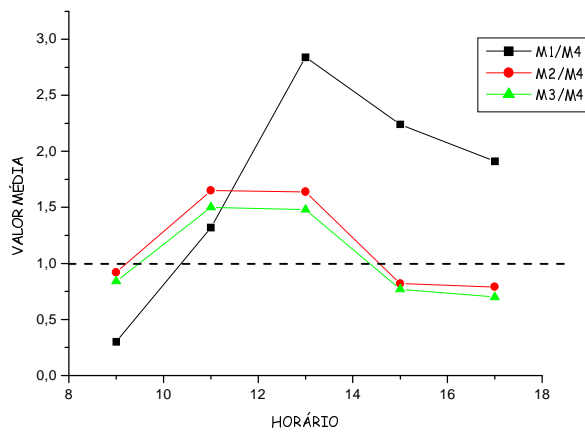
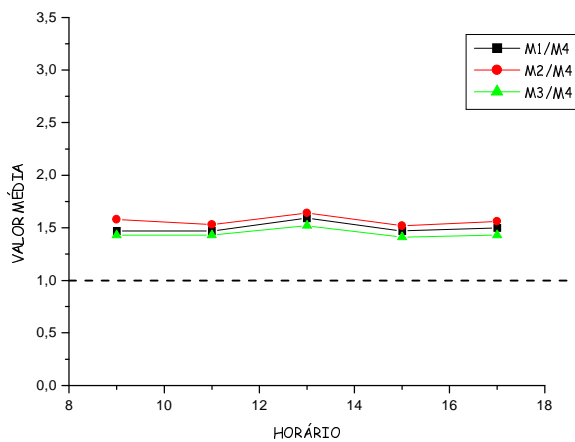
b) céu  
parcialmente  
encobertoc) céu  
encoberto

FIGURA 53 - Gráficos da Média dos Valores de desvio entre os diferentes métodos e as medições "in situ" - Abertura Zenital Lateralizada - Ponto 05

### Ponto 05

O ponto 05 tem valor médio de ângulo de incidência da luz em relação aos outros pontos analisados.

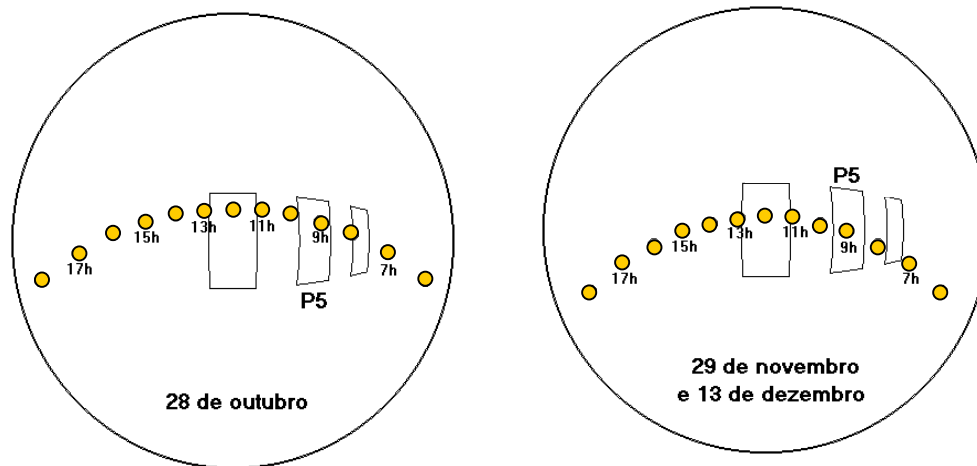


FIGURA 54- Parcela vista do céu pelo ponto 05

Para o céu claro e parcialmente encoberto, neste ponto, o método  $M_1$  apresenta valores de desvios elevados com variação não proporcional aos outros métodos. Para o céu encoberto não existe diferença significativa entre os três métodos, não havendo influência nem do ângulo, nem da distribuição de luminância celeste.

Nesse ponto, o resultado dos desvios obtidos pelos métodos  $M_2$  e  $M_3$  também apresentam uma diferença proporcional, independente do tipo de céu; com valores menores de  $M_3$ . Essa diferença é menor que no ponto 02, pois o ângulo de incidência diminuiu.

TABELA 19 – Desvio existente entre os diferentes métodos de cálculo ( $M_1$ ,  $M_2$  e  $M_3$ ) e os valores medidos ( $M_4$ ). Abertura Zenital Lateralizada – Ponto 08 – Céu Claro.

$M_1 / M_4$						
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>M</b>
<b>VI</b>	1,25	0,62	0,66	1,48	2,02	1,21
<b>VB</b>	1,44	0,74	0,77	1,72	2,48	1,43
<b>PI</b>	1,96	0,73	0,84	1,92	2,04	1,50
<b>PF</b>	2,58	0,97	0,97	1,94	2,38	1,77
<b>PB</b>	1,21	0,55	0,61	0,90	1,04	0,86
<b>Méd.</b>	1,69	0,72	0,77	1,60	1,99	1,35

$M_2 / M_4$						
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>M</b>
<b>VI</b>	0,77	0,94	1,00	0,91	1,06	0,94
<b>VB</b>	0,88	1,13	1,17	1,06	1,32	1,11
<b>PI</b>	1,21	1,11	1,26	1,17	1,12	1,17
<b>PF</b>	1,58	1,47	1,44	1,19	1,23	1,38
<b>PB</b>	0,73	0,84	0,91	0,55	0,54	0,71
<b>Méd.</b>	1,03	1,10	1,16	0,98	1,05	1,06

$M_3 / M_4$						
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>M</b>
<b>VI</b>	0,77	0,94	1,00	0,91	1,06	0,94
<b>VB</b>	0,88	1,12	1,16	1,03	1,28	1,09
<b>PI</b>	1,21	1,11	1,26	1,17	1,12	1,17
<b>PF</b>	1,58	1,44	1,44	1,12	1,23	1,36
<b>PB</b>	0,74	0,83	0,91	0,53	0,54	0,71
<b>Méd.</b>	1,04	1,09	1,15	0,95	1,05	1,05

TABELA 20 – Desvio existente entre os diferentes métodos de cálculo ( $M_1$ ,  $M_2$  e  $M_3$ ) e os valores medidos ( $M_4$ ). Abertura Zenital Lateralizada – Ponto 08 – Céu Parcialmente Encoberto.

$M_1 / M_4$						
	09	11	13	15	17	M
<b>VI</b>	1,15	0,56	0,44	1,44	1,66	1,05
<b>VB</b>	1,34	0,72	0,52	1,94	2,06	1,32
<b>PI</b>	1,09	0,46	0,44	1,77	1,64	1,08
<b>PF</b>	1,82	0,78	0,54	1,72	2,81	1,53
<b>PB</b>	1,14	0,55	0,51	1,30	1,75	1,05
<b>Méd.</b>	1,31	0,61	0,49	1,63	1,98	1,20

$M_2 / M_4$						
	09	11	13	15	17	M
<b>VI</b>	0,74	0,88	0,79	0,71	0,60	0,74
<b>VB</b>	0,86	1,13	0,93	0,97	0,73	0,92
<b>PI</b>	0,70	0,71	0,78	0,88	0,58	0,73
<b>PF</b>	1,17	1,20	0,94	0,83	1,00	1,03
<b>PB</b>	0,73	0,85	0,90	0,65	0,62	0,75
<b>Méd.</b>	0,84	0,95	0,87	0,81	0,71	0,83

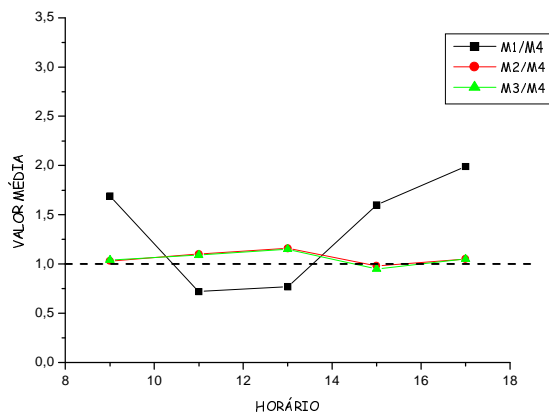
$M_3 / M_4$						
	09	11	13	15	17	M
<b>VI</b>	0,74	0,88	0,79	0,71	0,60	0,74
<b>VB</b>	0,85	1,12	0,92	0,97	0,73	0,92
<b>PI</b>	0,70	0,71	0,78	0,88	0,58	0,73
<b>PF</b>	1,11	1,17	0,94	0,83	1,00	1,01
<b>PB</b>	0,71	0,84	0,89	0,63	0,62	0,74
<b>Méd.</b>	0,82	0,94	0,86	0,80	0,71	0,82

TABELA 21 – Desvio existente entre os diferentes métodos de cálculo ( $M_1$ ,  $M_2$  e  $M_3$ ) e os valores medidos ( $M_4$ ). Abertura Zenital Lateralizada – Ponto 08 – Céu Encoberto.

$M_1 / M_4$						
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>M</b>
VI	0,72	0,68	0,68	0,71	0,71	0,70
<b>VB</b>	0,83	0,82	0,83	0,83	0,83	0,83
<b>PI</b>	0,72	0,74	0,74	0,74	0,74	0,73
<b>PF</b>	1,24	1,29	1,29	1,24	1,29	1,27
<b>PB</b>	0,76	0,80	0,77	0,77	0,77	0,77
<b>Méd.</b>	0,85	0,87	0,86	0,86	0,87	0,86

$M_2 / M_3$						
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>M</b>
VI	0,81	0,78	0,78	0,81	0,81	0,79
<b>VB</b>	0,94	0,94	0,95	0,94	0,94	0,94
<b>PI</b>	0,81	0,84	0,83	0,83	0,83	0,82
<b>PF</b>	1,36	1,46	1,46	1,36	1,42	1,41
<b>PB</b>	0,86	0,90	0,87	0,87	0,87	0,87
<b>Méd.</b>	0,96	0,98	0,98	0,96	0,97	0,96

$M_3 / M_4$						
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>M</b>
VI	0,81	0,78	0,77	0,81	0,81	0,80
<b>VB</b>	0,93	0,93	0,94	0,93	0,93	0,93
<b>PI</b>	0,81	0,84	0,83	0,83	0,83	0,82
<b>PF</b>	1,36	1,46	1,46	1,36	1,42	1,41
<b>PB</b>	0,85	0,90	0,86	0,86	0,85	0,86
<b>Méd.</b>	0,95	0,98	0,97	0,96	0,97	0,96



a) céu claro

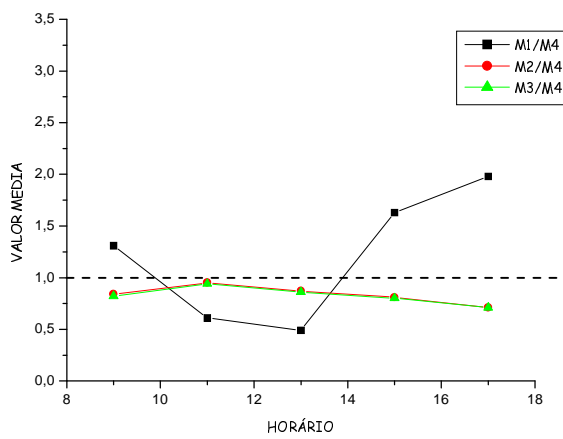
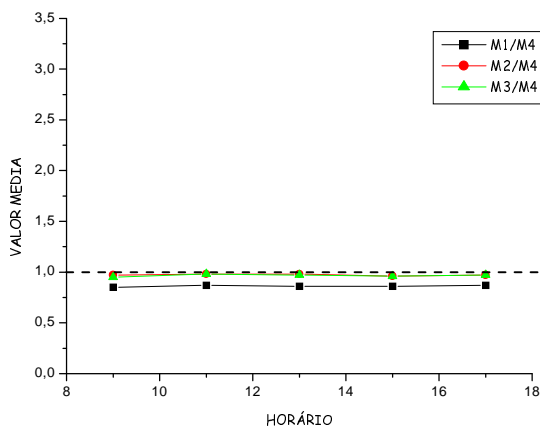
b) céu  
parcialmente  
encobertoc) céu  
encoberto

FIGURA 55 – Gráficos da média dos valores de desvio entre os diferentes métodos e as medições *in situ* – Abertura Zenital Lateralizada – Ponto 08



### Ponto 08

O ponto 08 encontra-se centralizado em relação a abertura zenital lateralizada. Apresenta, portanto o menor ângulo de incidência comparativamente aos outros dois pontos analisados.

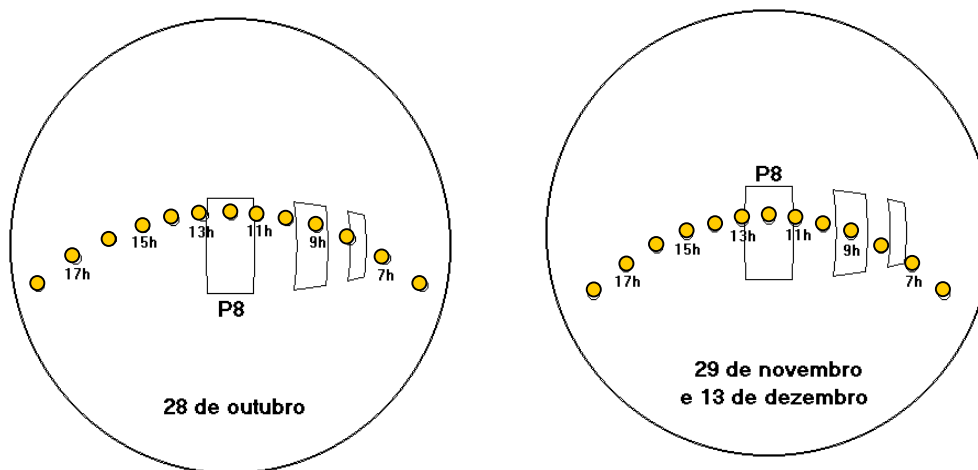


FIGURA 56– Área visualizada da abóbada celeste pelo ponto 08

O método  $M_1$  apresenta os desvios maiores que  $M_2$  e  $M_3$  para todos os tipos de céu, resultado da consideração do céu homogêneo. Apenas no céu encoberto os valores por esse método se aproximam nos valores medidos.

Observa-se, pelos resultados do ponto 08, que para qualquer tipo de céu não existe um desvio significativo entre os valores calculados pelos métodos  $M_2$  e  $M_3$ , isso ocorre devido ao reduzido valor do ângulo de incidência da luz proveniente da área observada do céu resultando em um  $T_v$  aproximado do valor de  $T_v$  para incidência normal, praticamente invariável.

Também, independentemente do tipo de céu, o uso desses dois métodos de cálculo ( $M_2$  e  $M_3$ ) não causam um desvio acentuando em relação aos valores medidos ( $M_4$ ). Esse fato evidencia uma

distribuição de luminâncias coerente na região do zênite celeste, área visualizada pelo ponto 08.

### **6.1.1- Considerações Gerais para os três pontos (02, 05, 08)**

Independente do tipo de céu e posição dos pontos, o método  $M_3$  apresenta menores valores de desvio, em relação a  $M_4$ , do que os métodos  $M_1$  e  $M_2$ . Essa diferença está diretamente relacionada o ângulo de incidência.

Para o céu claro e semi-encoberto, os desvios do método  $M_1$  são muito elevados em relação aos outros métodos, isso independente do ponto considerado dentro do ambiente, ou seja, do ângulo de incidência, estando relacionado à distribuição de luminância do céu.

As diferenças entre os desvios dos métodos  $M_2$  e  $M_3$  são, proporcionais, ao longo do dia essas diferenças são mais acentuadas para o ponto 02, em que o ângulo de incidência é maior, e praticamente inexistente para o ponto 08, em que o ângulo é muito reduzido.

Para todos os pontos, com céu claro e parcialmente encoberto observa-se valor maior de desvios para os horários em que o sol não está na área visível pelo ponto, mas próximo dela. Esse erro está associado a uma distribuição incorreta das luminâncias do céu.

Observa-se também que, quando o sol está na semi-esfera oposta a área observada pelo ponto, a distribuição de luminância é mais correta, ocorrendo erros menores.

O método  $M_1$ , que não considera a distribuição relativa das luminâncias da abóbada, apresenta, no gráfico, uma variação de

desvio que está relacionada diretamente a diferença entre a luminância real da parcela visível, que varia de acordo com a posição do sol em cada horário, e a luminância considerada homogênea, do método. Isso se observa para todos os pontos, considerando o céu claro e parcialmente encoberto.

No céu encoberto a distribuição de luminâncias praticamente equivale à distribuição de céu homogêneo, resultando valores reduzidos de desvio do método  $M_1$ .

## **6.2. Influência da Consideração do Ângulo de Incidência**

As tabelas a seguir apresentadas mostram os valores resultantes da comparação entre os métodos de cálculo  $M_2$  e  $M_3$ .

A diferença entre os resultados destes dois métodos está relacionada à consideração da transmitância da luz visível para o ângulo de incidência normal ( $M_2$ ) e para o ângulo de incidência real ( $M_3$ ).

A tabela 19 apresenta os valores do desvio resultante entre  $M_2$  e  $M_3$  nas diferentes horas medidas e nos diversos materiais, nos 03 pontos considerados (2, 5 e 8), e a média entre os valores dos materiais, ao longo do dia, calculados considerando céu claro.

A tabela 20 apresenta os mesmos tipos de cálculo e resultados das anteriores, considerando o céu parcialmente encoberto, enquanto a tabela 21, considera o céu encoberto.

TABELA 22 – Desvio entre os métodos de cálculo  $M_2$  e  $M_3$ - Abertura Zenital Lateralizada  
Pontos 02, 05 e 08 – Céu Claro

<b><math>M_2/M_3</math> – PONTO 02</b>						
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>Média</b>
<b>VI</b>	1,17	1,17	1,33	1,33	1,20	
<b>VB</b>	1,40	1,33	1,50	1,50	1,33	
<b>PI</b>	1,24	1,20	1,33	1,33	1,20	
<b>PF</b>	1,40	1,00	1,00	1,00	2,00	
<b>PB</b>	1,44	1,33	1,00	1,00	1,50	
<b>Média</b>	1,33	1,20	1,23	1,23	1,45	1,29

<b><math>M_2/M_3</math> – PONTO 05</b>						
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>Média</b>
<b>VI</b>	1,04	1,05	1,06	1,08	1,06	
<b>VB</b>	1,14	1,12	1,09	1,13	1,18	
<b>PI</b>	1,03	1,03	1,06	1,00	1,00	
<b>PF</b>	1,11	1,17	1,20	1,00	1,20	
<b>PB</b>	1,14	1,14	1,10	1,14	1,10	
<b>Média</b>	1,09	1,10	1,10	1,07	1,11	1,09

<b><math>M_2/M_3</math> – PONTO 08</b>						
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>Média</b>
<b>VI</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
<b>VB</b>	1,00	1,01	1,01	1,01	1,01	
<b>PI</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
<b>PF</b>	1,00	1,02	1,00	1,06	1,00	
<b>PB</b>	1,00	1,01	1,00	1,03	1,00	
<b>Média</b>	1,00	1,00	1,00	1,02	1,00	1,00

TABELA 23 – Desvio entre os métodos de cálculo  $M_2$  e  $M_3$ - Abertura Zenital Lateralizada pontos 02, 05 e 08 – Céu Parcialmente Encoberto

<b><math>M_2/M_3</math> – PONTO 02</b>						
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>Média</b>
<b>VI</b>	1,18	1,17	1,34	1,00	1,25	
<b>VB</b>	1,44	1,33	1,50	1,50	1,50	
<b>PI</b>	1,25	1,17	1,33	1,00	1,25	
<b>PF</b>	1,40	1,00	1,00	1,00	2,00	
<b>PB</b>	1,50	1,33	1,00	1,50	1,50	
<b>Média</b>	1,35	1,20	1,23	1,20	1,50	1,30

<b><math>M_2/M_3</math> – PONTO 05</b>						
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>Média</b>
<b>VI</b>	1,04	1,02	1,05	1,08	1,07	
<b>VB</b>	1,14	1,15	1,17	1,13	1,11	
<b>PI</b>	1,04	1,05	1,05	1,00	1,00	
<b>PF</b>	1,13	1,15	1,17	1,00	1,25	
<b>PB</b>	1,14	1,13	1,09	1,14	1,13	
<b>Média</b>	1,10	1,10	1,11	1,07	1,11	1,10

<b><math>M_2/M_3</math> – PONTO 08</b>						
	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>Média</b>
<b>VI</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
<b>VB</b>	1,00	1,01	1,00	1,00	1,00	
<b>PI</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
<b>PF</b>	1,05	1,02	1,00	1,00	1,00	
<b>PB</b>	1,03	1,01	1,01	1,04	1,00	
<b>Média</b>	1,02	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00



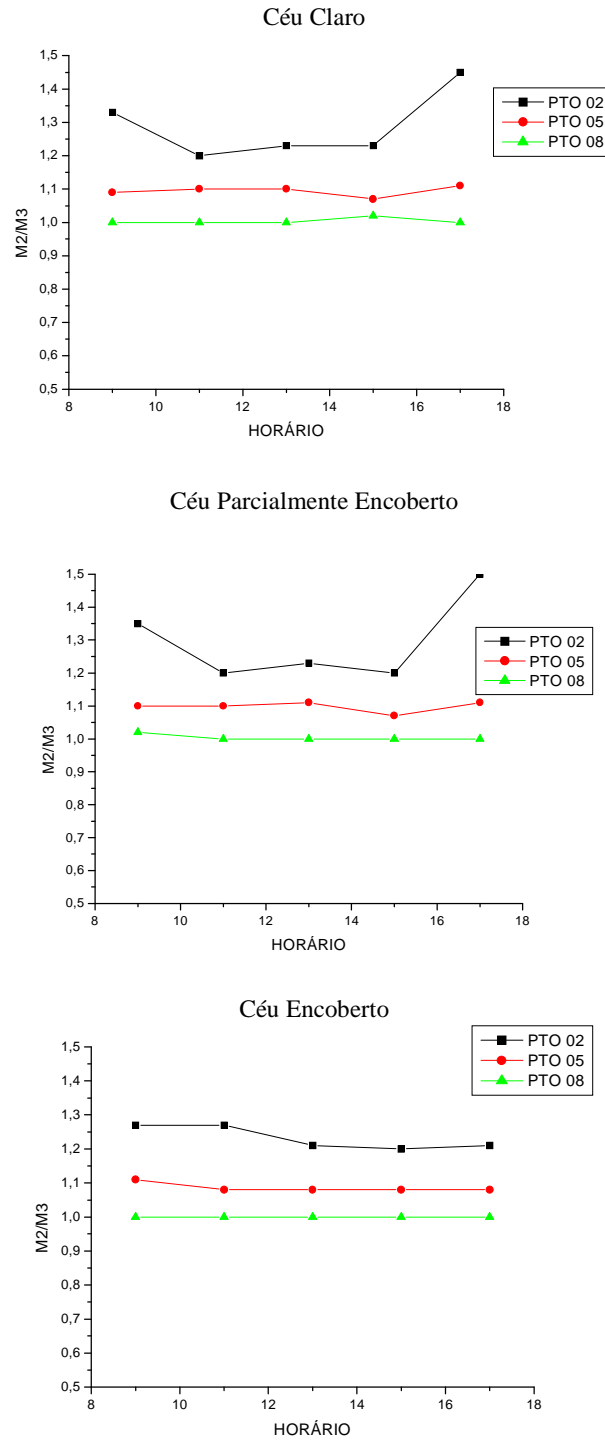


FIGURA 57 – Gráficos representativos do desvio existente entre os métodos  $M_2$  e  $M_3$ , considerando as médias entre os diferentes materiais transparentes, nos pontos 02, 05 e 08, nos 03 tipos de céu

As figuras 58, 59 e 60, apresentam as diferenças nos valores de iluminância calculados pelos métodos  $M_2$  e  $M_3$ , ao longo do dia, em 3 pontos representativos (2, 5 e 8). Estão representados os três tipos de céu. Na análise destes gráficos pode-se observar que o tipo de céu não tem influência significativa no resultado.

A diferença apresentada está relacionada diretamente ao ângulo de incidência da luz sobre o ponto. Assim sendo:

PONTO 08 – Tem localização centralizada em relação a abertura zenital, apresentando ângulo de incidência de luz não significativo, tem a relação de cálculo  $M_2/M_3$  aproximadamente igual a um (1).

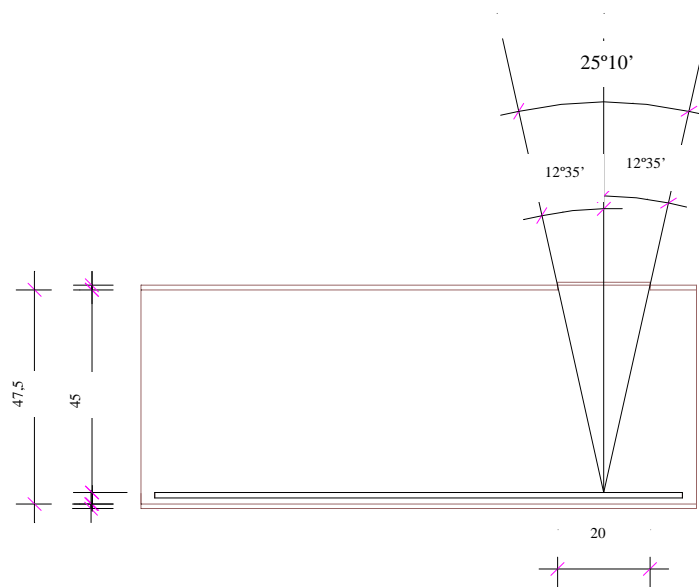


FIGURA 58 - Corte Longitudinal da Maquete e Ângulos de Incidência – Ponto 08



PONTO 05 – Tem ângulo de incidência de  $34^\circ$  à  $48^\circ$  em relação à abertura zenital e a relação dos métodos  $M_2/M_3$  apresenta uma diferença em torno de 10% ao longo do dia.

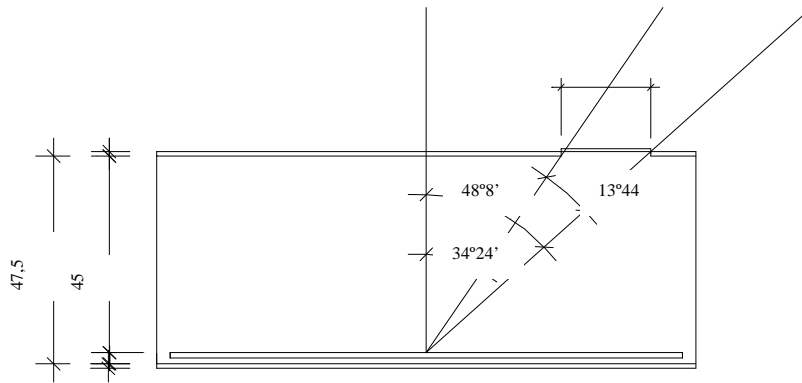


FIGURA 59 – Corte Longitudinal da Maquete e Ângulos de Incidência – Ponto 05

PONTO 02 – O ponto 02 tem o maior ângulo de incidência de luz em relação a abertura zenital lateralizada comparativamente aos outros 2 pontos, de  $57^\circ$  à  $63^\circ$ . O desvio é variável ao longo do dia, podendo ser considerada uma média de  $M_2/M_3$  em torno de 30%.

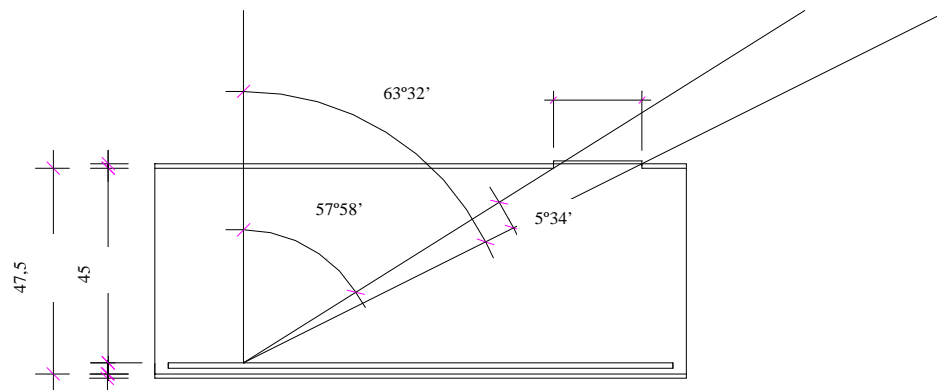


FIGURA 60 – Corte Longitudinal da Maquete e Ângulos de Incidência – Ponto 02

### **6.3 – Diferenças de iluminância pelo emprego de diferentes métodos de cálculo**

A elaboração de cálculos de previsão de iluminação natural em pontos internos da edificação tem como objetivo a obtenção destes dados para servirem de orientação aos profissionais ainda em fase de projeto. É uma informação utilizada tanto no dimensionamento das aberturas zenitais ou laterais como na previsão da complementação da iluminação artificial.

As tabelas e cálculos anteriores relacionavam os métodos entre si sem, no entanto transformar estas diferenças em valores de iluminância.

A norma NBR-5413- estabelece parâmetros mínimos de iluminância a serem observados nos ambientes, dependendo da sua ocupação.

Um projeto energeticamente eficiente procura elaborar sistemas que consideram a iluminação artificial apenas como complementar à iluminação natural.

Por isso, faz-se necessário que os cálculos de previsão de luz natural tenham um resultado mais próximo possível das condições reais.

Os valores de erro entre os métodos M1 e M3 e entre M2 e M3, quando relacionados com a iluminância externa em cada horário e em cada tipo de céu, visam dar respostas em diferenças de iluminâncias, para permitir um melhor entendimento do que representam esses valores.