

MEDIÇÃO DE INTENSIDADE LUMINOSA DE GRUPOS FOCAIS DE LEDs

Sun Hsien Ming *

1. OBJETIVO

O objetivo do presente documento é relatar uma experiência realizada em São Paulo, no cruzamento da Av. Alcântara Machado (Av. Radial Leste) com a R. Almirante Brasil em 12/03/2000, visando medir a intensidade luminosa de grupos focais de LEDs.

A medição foi realizada com 3 grupos focais (um grupo focal veicular fixado em braço projetado, um grupo focal veicular fixado em coluna e um grupo focal de pedestres) em diferentes ângulos, representados por diferentes posições de observação.

A metodologia empregada nessa experiência está descrita na seção 5. Basicamente, a experiência consistiu em duas etapas: uma em campo e outra em laboratório.

2. DEFINIÇÕES

2.1. Ângulo horizontal

O ângulo horizontal α está mostrado na Figura 1. É o ângulo compreendido entre a reta que une a vista do condutor do veículo (ponto A da Figura 1) à projeção ortogonal do grupo focal ao plano horizontal na altura da vista do motorista (ponto B da Figura 1) e a projeção do eixo do grupo focal ao mesmo plano (reta r da Figura 1).

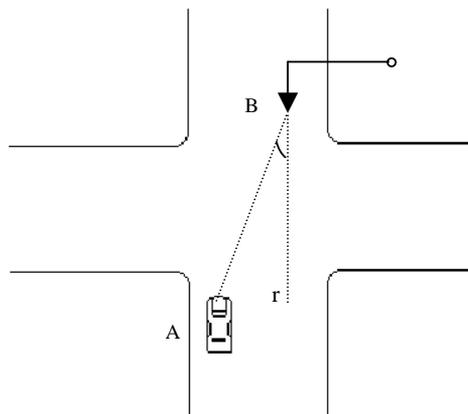


Figura 1 - Ângulo horizontal α

2.2. Ângulo vertical

O ângulo vertical β é o ângulo compreendido entre a reta que une o topo do grupo focal (ponto C da Figura 2.a) com a vista do motorista (ponto A das Figuras 2.a e 2.b) e a reta que une a vista do motorista (ponto A das Figuras 2.a e 2.b) com a projeção do grupo focal ao plano horizontal na altura da vista do motorista (ponto B das Figuras 2.a e 2.b).

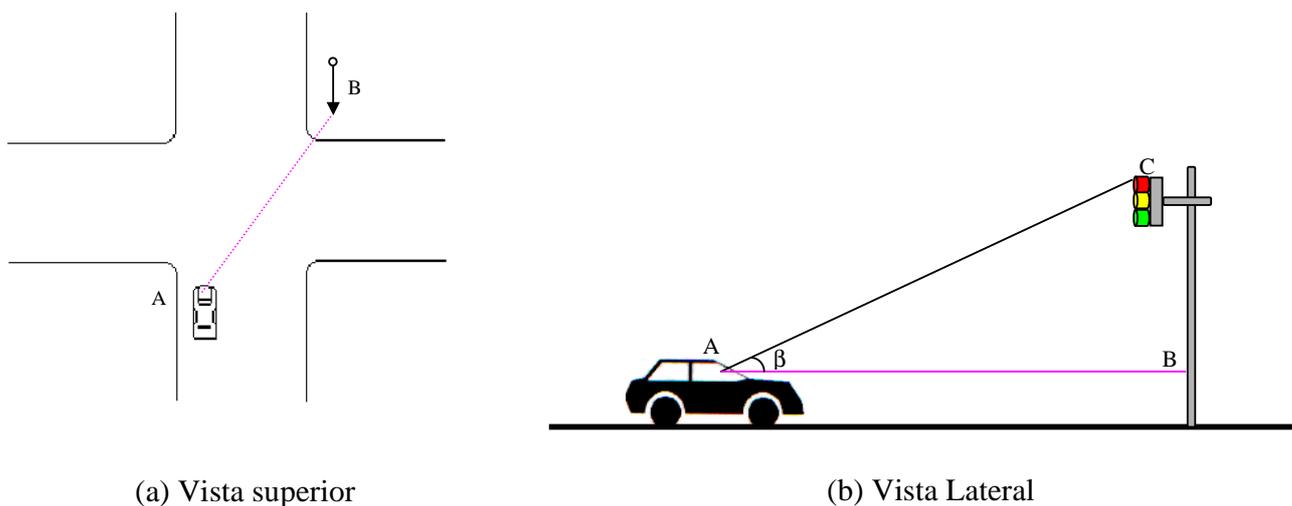


Figura 2.2 - Ângulo vertical β

3. DETERMINAÇÃO DOS ÂNGULOS HORIZONTAL α E VERTICAL β

3.1. Visibilidade de grupo focal veicular fixado em coluna pelo motorista

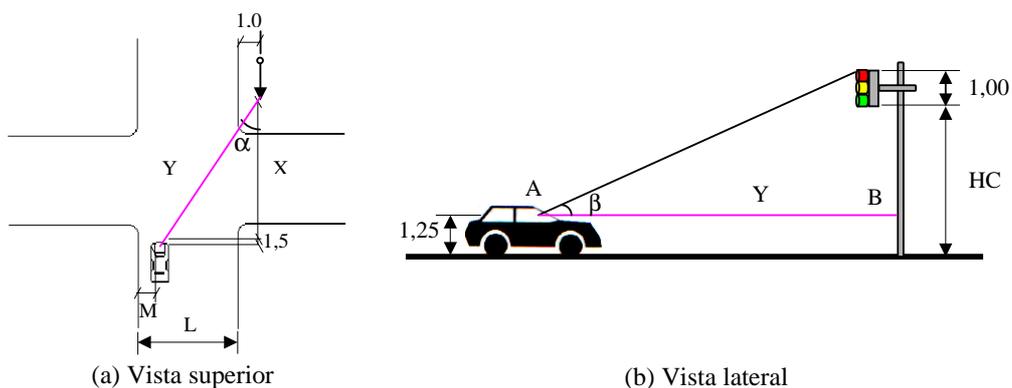


Figura 3 - Ângulos horizontal e vertical – Visibilidade de grupo focal veicular fixado em coluna por motorista

A Figura 3 permite que sejam obtidas as seguintes expressões:

$$\alpha = \frac{180}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{L - M + 1,00}{X + 1,5} \quad (1)$$

$$\beta = \frac{180}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{Hc - 1,25 + 1,00}{Y} \quad (2)$$

onde $Hc = 2,39$ m é a altura do grupo focal fixado em coluna ao piso e Y é dado pela expressão:

$$Y = \frac{L - M + 1,00}{\operatorname{sen} \alpha} \quad (3)$$

3.2. Visibilidade de grupo focal veicular fixado em braço projetado pelo motorista

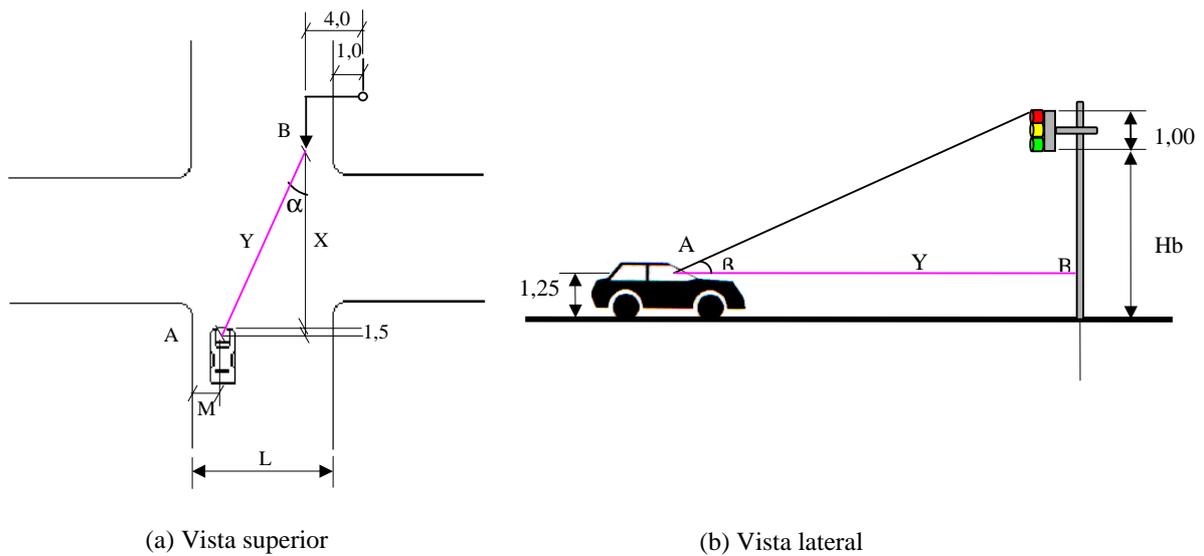


Figura 4 - Ângulos horizontal e vertical – Visibilidade de grupo focal veicular fixado em braço projetado por motorista

Da Figura 4, podem ser obtidas as expressões:

$$\alpha = \frac{180}{\pi} \arctg \frac{L - M - 4,00 + 1,00}{X + 1,5} \quad (4)$$

$$\beta = \frac{180}{\pi} \arctg \frac{Hb - 1,25 + 1,00}{Y} \quad (5)$$

onde $Hb = 5,20$ m é a altura do grupo focal instalado em braço projetado e Y é dado pela expressão:

$$Y = \frac{L - M - 4,00 + 1,00}{\text{sen } \alpha} \quad (6)$$

3.3. Visibilidade de grupo focal veicular fixado em coluna pelo pedestre

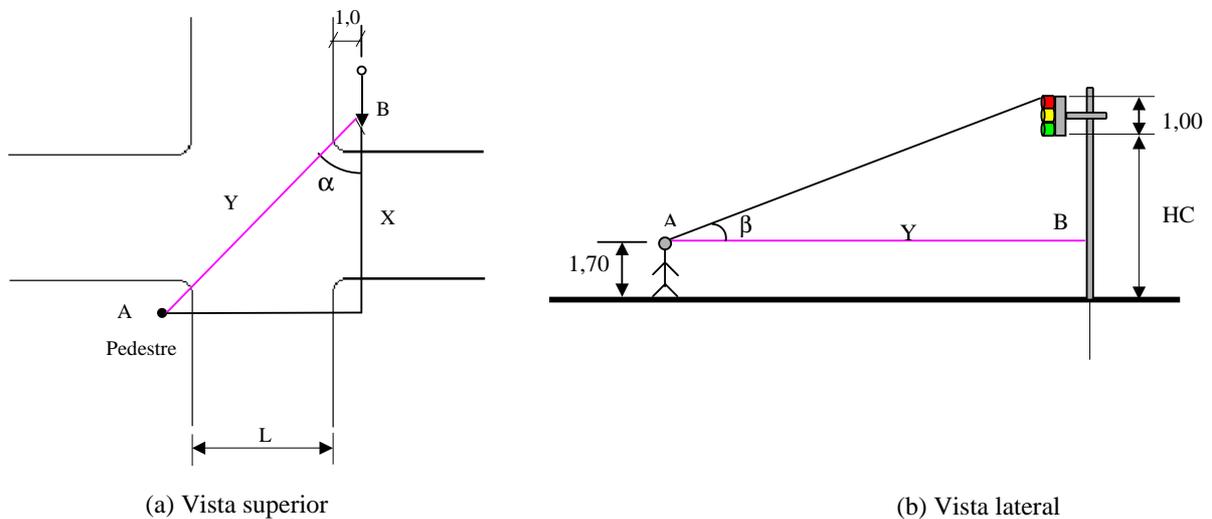


Figura 5 - Ângulos horizontal e vertical - Visibilidade do grupo focal veicular, fixado em coluna, pelo pedestre

A Figura 5 fornece as seguintes expressões:

$$\alpha = \frac{180}{\pi} \arctg \frac{L + 1,00}{X} \quad (7)$$

$$\beta = \frac{180}{\pi} \arctg \frac{Hc + 1,00 - 1,70}{Y} \quad (8)$$

onde 1,70 é a altura do pedestre, $Hc = 2,39$ m é a altura do grupo focal fixado em coluna e Y é dado pela expressão:

$$Y = \frac{L + 1,00}{\text{sen } \alpha} \quad (9)$$

3.4. Visibilidade de grupo focal veicular fixado em braço projetado pelo pedestre

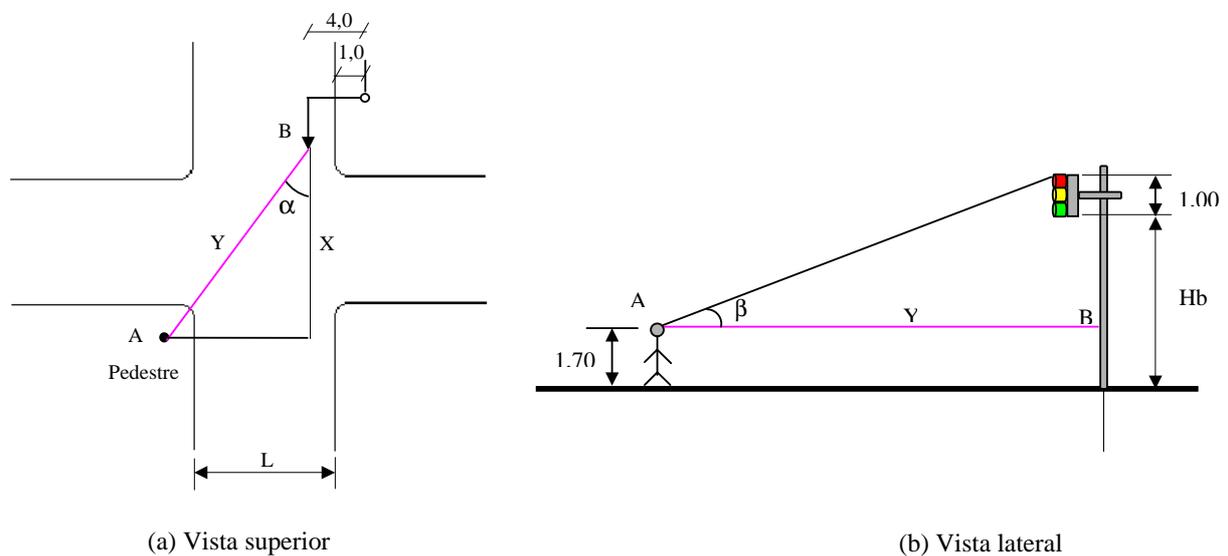


Figura 6 - Ângulos horizontal e vertical - Visibilidade do grupo focal veicular, fixado em braço projetado, pelo pedestre

A Figura 6 fornece as seguintes expressões:

$$\alpha = \frac{180}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{L - 4,00 + 1,00}{X} \quad (10)$$

$$\beta = \frac{180}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{Hb - 1,70 + 1,00}{Y} \quad (11)$$

onde $Hb = 5,20$ m é a altura do grupo focal fixado em braço projetado, 1,70 m é a altura do pedestre e Y é dado pela expressão:

$$Y = \frac{L - 4,00 + 1,00}{\operatorname{sen} \alpha} \quad (12)$$

3.5. Visibilidade do grupo focal de pedestre

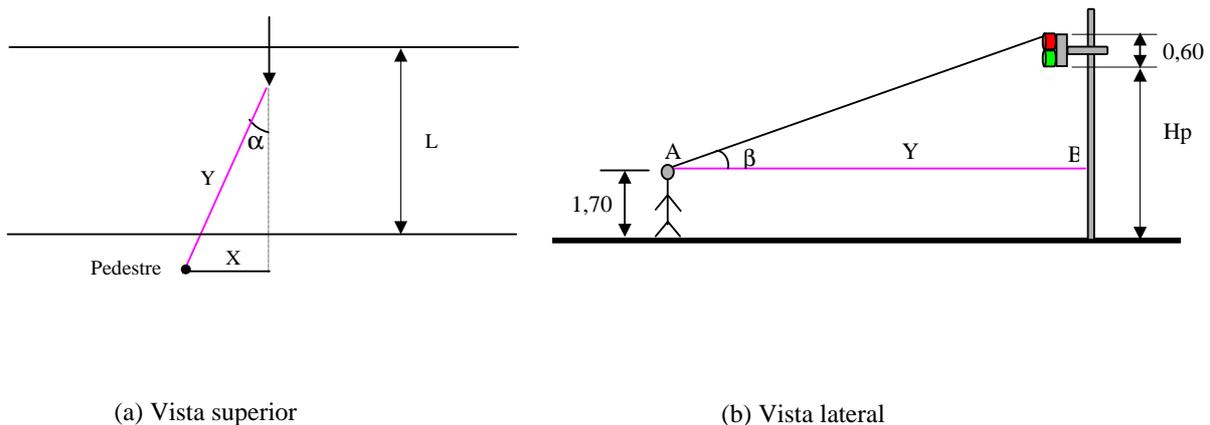


Figura 7 - Ângulos horizontal e vertical - Grupo focal de pedestre

A Figura 7 fornece as seguintes expressões:

$$\alpha = \frac{180}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{X}{L} \quad (13)$$

$$\beta = \frac{180}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{Hp - 1,70 + 0,60}{Y} \quad (14)$$

onde $H_p = 1,75$ m e Y é dado por:

$$Y = \frac{X}{\text{sen } \alpha} \quad (15)$$

4. PONTOS DE MEDIÇÃO

A Figura 7 mostra os pontos de medição e os grupos focais avaliados.

Foram avaliados 3 grupos focais (um grupo focal veicular fixado em braço projetado, um grupo focal veicular fixado em coluna e um grupo focal de pedestres)

Foram marcados 15 pontos de observação.

Na Figura 7, os pontos A, B, C, D, E e F se referem ao grupo focal veicular instalado em braço projetado; G e H ao grupo focal veicular fixado em coluna; I, J, K, L, M, N e O se referem ao grupo focal de pedestres; num total de 15 pontos de observação.

Desses 15 pontos, 10 são pontos de observação de pedestres. Os pontos A e D são pontos de observação de pedestres referentes ao grupo focal veicular fixado em braço projetado; o ponto H se refere ao grupo focal veicular fixado em coluna; I, J, K, L, M, N e O se referem ao grupo focal de pedestres.

5. METODOLOGIA EMPREGADA

O método consistiu em:

- a) determinar e marcar os pontos de observação;
- b) calcular os ângulos horizontal α e vertical β utilizando as expressões de 1 a 15;
- c) preparar os grupos focais a serem avaliados;
- d) instalar no cruzamento substituindo os existentes;
- e) formar um grupo de pessoas como observadores;
- f) utilizando um controlador de voltagem e voltímetro AC “true RMS”, ir reduzindo a tensão que alimenta a lâmpada até que o grupo de observadores consiga determinar, através de inspeção visual, uma intensidade luminosa limite, abaixo da qual se julgue haver uma condição insegura para o usuário do sistema viário;
- g) anotar a tensão para a qual a intensidade luminosa foi considerada não mais segura.

Os procedimentos das letras “f” e “g” foram repetidos para cada cor do grupo focal em cada ponto de observação.

Após a medição, os três grupos focais avaliados foram retirados do cruzamento (voltando os grupos focais anteriormente existentes) e levados ao laboratório. No laboratório, numa câmara escura, utilizando-se de um goniômetro, foram reproduzidos os ângulos horizontal α e vertical β , bem como as tensões elétricas anotadas no campo. Utilizando-se de um luxímetro, mediu-se, a uma distância de 1 metro do grupo focal, a intensidade luminosa de cada cor.

6. RESULTADOS

Os cálculos dos ângulos horizontal α e vertical β , utilizando-se as expressões de (1) a (15), estão sintetizados na tabela abaixo, onde L, X, M e Y são expressos em metros e α e β estão expressos em graus.

Ponto	L	X	M	α	Sen α	Y	β
-------	---	---	---	----------	--------------	---	---------

Visibilidade de grupo focal veicular fixado em braço projetado por motorista

B	14,0	12,0	11,0	0,00	0,00	12,00	6,55
C	14,0	12,0	4,0	27,41	0,46	15,21	5,17
E	14,0	30,0	1,0	17,01	0,30	33,05	2,38
F	14,0	60,0	1,0	9,24	0,16	62,31	1,26

Visibilidade de grupo focal veicular fixado em braço projetado por pedestre

A	14,0	12,0		14,04	0,24	12,37	19,99
D	14,0	12,0		42,51	0,68	16,28	15,45

Visibilidade de grupo focal veicular fixado em coluna por motorista

G	10,0	6,0	8,5	18,43	0,32	7,91	15,15
---	------	-----	-----	-------	------	------	-------

Visibilidade de grupo focal veicular fixado em coluna por pedestre

H	10,0	6,0		61,39	0,88	12,53	7,68
---	------	-----	--	-------	------	-------	------

Visibilidade de grupo focal de pedestre por pedestre

I	7,0	4,0		29,74	0,50	8,06	4,61
J	7,0	3,0		23,20	0,39	7,62	4,88
K	7,0	2,0		15,95	0,27	7,28	5,10
L	7,0	0,0		0,00	0,00	7,00	5,31
M	7,0	2,0		15,95	0,27	7,28	5,10
N	7,0	3,0		23,20	0,39	7,62	4,88
O	7,0	4,0		29,74	0,50	8,06	4,61

Os resultados das medições estão mostrados na tabela a seguir, onde a tensão é dada em Volts AC. A letra N representa a tensão normal da rede, sem nenhuma redução e a intensidade luminosa (Intens.) é medida em lux.

Ponto	α	β	Sit.	Vermelho		Amarelo		Verde	
				Tensão	Intens.	Tensão	Intens.	Tensão	Intens.

Visibilidade de grupo focal veicular fixado em braço projetado por motorista

B	0,00	6,55	Bom	N	11	---	---	N	20
			Ruim	---	---	N	10	107	10
C	27,41	5,17	Bom	---	---	---	---	---	---
			Ruim	N	2	N	3	N	6
E	17,01	2,38	Bom	N	52	---	---	N	71
			Ruim	---	---	N	54	136	56
F	9,24	1,26	Bom	N	130	---	---	N	303
			Ruim	---	---	N	210	103	151

Visibilidade de grupo focal veicular fixado em braço projetado por pedestre

A	14,04	19,99	Bom	N	7	---	---	N	20
			Ruim	---	---	N	5	114	11
D	42,51	15,45	Bom	---	---	---	---	---	---
			Ruim	N	1	N	3	N	4

Visibilidade de grupo focal veicular fixado em coluna por motorista

G	18,43	15,15	Bom	N	25	---	---	N	26
			Ruim	---	---	N	7	80	7

Visibilidade de grupo focal veicular fixado em coluna por pedestre

H	61,39	7,68	Bom	---	---	---	---	---	---
			Ruim	N		N		N	

Visibilidade de grupo focal de pedestre por pedestre

I	29,74	4,61	Bom	---	---	---	---	---	---
			Ruim	N	6	---	---	N	6
J	23,20	4,88	Bom	N	22	---	---	N	7
			Ruim	---	---	---	---	---	---
K	15,95	5,10	Bom	N	40	---	---	N	5
			Ruim	---	---	---	---	---	---
L	0,00	5,31	Bom	N	113	---	---	N	49
			Ruim	---	---	---	---	---	---
M	15,95	5,10	Bom	N	40	---	---	N	5
			Ruim	---	---	---	---	---	---
N	23,20	4,88	Bom	N	22	---	---	N	7
			Ruim	---	---	---	---	---	---
O	29,74	4,61	Bom	---	---	---	---	---	---
			Ruim	N	6	---	---	N	6

Nota: O ponto H não foi medido.

7. CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos, pode-se tirar as seguintes conclusões:

- a) Mesmo sem reduzir a tensão, não houve nenhum ponto de observação em que a cor amarela apresentasse uma condição satisfatória de intensidade luminosa.
- b) No ponto C, nenhuma cor apresentou condição satisfatória de intensidade luminosa.
- c) A intensidade luminosa das cores vermelha e verde veiculares apresentou condições satisfatórias para o motorista (com exceção do ponto C).
- d) A visibilidade, em termos de intensidade luminosa, de grupo focal veicular por pedestre que está na calçada (ponto D) pode ficar bastante prejudicada.
- e) A visibilidade do grupo focal de pedestres fica prejudicada com ângulo horizontal em torno de 30° .

Do acima exposto, conclui-se que, à época em que foram realizadas estas experiências, que era necessário reduzir as deficiências verificadas. Seria interessante repetir o mesmo teste com os novos produtos disponíveis para avaliar as melhorias tecnológicas que ocorreram desde então.

Entretanto, muito mais importante que os resultados obtidos, é o fato de que esta experiência demonstrou claramente que não se pode, simplesmente, restringir o estudo de LEDs a detalhes da sua eletrônica, mas é de fundamental importância complementar a análise com um estudo de engenharia de tráfego relacionado à visibilidade por motoristas e pedestres.

Outra consideração importante a fazer é que esta experiência apresenta uma metodologia para determinar, para posições previamente determinadas, o nível de intensidade luminosa adequado. Essas posições podem ser estrategicamente determinadas em função da visibilidade à distância e na linha de retenção, sempre visando resguardar a segurança de motoristas e pedestres. Essa experiência foi apenas um ensaio nesse sentido. Seria necessária uma aplicação mais metódica e sistemática para a obtenção de resultados mais consistentes.

** Sun Hsien Ming é engenheiro de trânsito e especialista em sistemas de monitoração, controle e fiscalização de trânsito da CET SP*

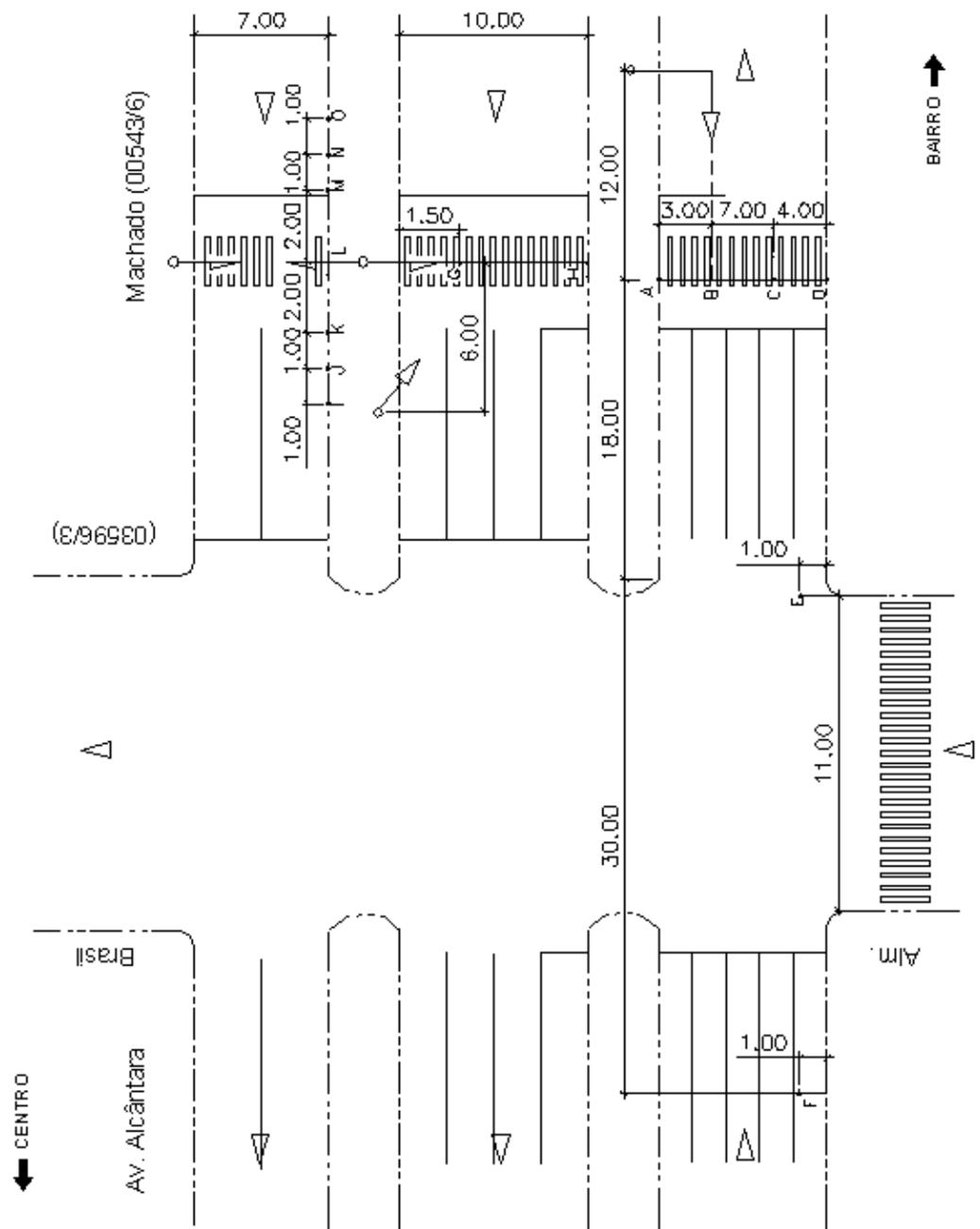


Figura 7 – Av. Alcântara Machado x R. Almirante Brasil
 Pontos de observação