

Projeto de Modelagem do Processo para Concessão do Rodoanel da Região Metropolitana de BH

Estudos de Engenharia - Iluminação – Alça Sudoeste

Resumo

Este documento contém os requisitos técnicos para os sistemas de iluminação viária do Projeto de Modelagem do Processo para Concessão do Rodoanel da Região Metropolitana de Belo Horizonte, a ser desenvolvido pela Secretaria de Estado de Infraestrutura e Mobilidade do Governo do Estado de Minas Gerais, em parceria com o Movimento Brasil Competitivo e a Accenture.

Julho, 2021

ÍNDICE

1.	Apresentação	2
2.	Mapa de situação	3
3.	Normas	4
3.1.	Normas e regulamentações aplicáveis	4
4.	Critérios de Projeto	5
4.1.	Iluminação de vias	5
4.1.1.	Alimentação elétrica das luminárias	5
4.1.2.	Queda de tensão	6
4.1.3.	Classificação de vias	6
4.1.4.	Equipamentos de iluminação para vias	6
4.1.5.	Cálculos Luminotécnicos de vias	10
4.2.	Iluminação de tuneis e trincheiras	24
4.2.1.	Alimentação elétrica das luminárias	24
4.2.2.	Alimentação elétrica de emergência para luminárias instaladas em tuneis	25
4.2.3.	Queda de tensão	25
4.2.4.	Nível de luminância para tuneis e trincheiras	25
4.2.5.	Equipamentos de iluminação para tuneis e trincheiras	25
4.2.6.	Cálculos Luminotécnicos de tuneis e trincheiras	33
4.2.7.	Resumo dos trechos com iluminação e suas topologias	52
5.	Especificação da implantação	53
5.1.	Levantamento de cargas	53
5.2.	Alimentação Elétrica	54
5.3.	Geradores	54
5.4.	Comandos	54
5.5.	Condutores	54
5.6.	Caixas de passagem	54
5.7.	Aterramento	54
5.8.	Poste Metálico	55
5.9.	Método Não Destrutivo (MND)	55
5.10.	Especificação de infraestrutura	56
5.10.1.	Valetas	56
5.10.2.	Eletrodutos	56
5.10.3.	Caixas de Passagem	57
5.10.4.	Aterramento	58
5.10.5.	Postes Metálicos	58



**MINAS
GERAIS**

GOVERNO
DIFERENTE.
ESTADO
EFICIENTE.

accentureconsulting

**Estudos de Engenharia - Iluminação
Alça Sudoeste**

Data: 08/12/2020

Versão: 02

5.10.6. Acessórios para Luminárias e Postes.....	59
5.10.7. Relé Fotoelétrico	61
5.10.8. Condutores.....	61
5.11. Resumo e especificação de quantidades de serviços.....	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de situação	3
Figura 2 - Vista aérea	3
Figura 3 - Nath L RJ optic 15100lm 5000K 134W	7
Figura 4 - Fotometria Nath L RJ optic 15100lm 5000K 134W	8
Figura 5 - Nath L RJ optic 24300lm 5000K 204W;	9
Figura 6 - Fotometria Nath L RJ optic 24300lm 5000K 204W	10
Figura 7 - Milos M RJ optic 1600lm 5000K 13W	26
Figura 8 - Fotometria Milos M RJ optic 3000lm 5000K 27W.....	27
Figura 9 - Milos M RJ optic 3000lm 5000K 27W	28
Figura 10 - Fotometria Milos M RJ optic 3000lm 5000K 27W.....	29
Figura 11 - Milos S RE optic 4600lm 5000K 39W	30
Figura 12 - Fotometria Milos S RE optic 4600lm 5000K 39W.....	31
Figura 13 - Milos M RJ optic 11400lm 5000K 96W	32
Figura 14 – FOTOMETRIA Milos M RJ optic 11400lm 5000K 96W.....	33
Figura 15 – Banco de dutos.....	56
Figura 16 – Eletrodutos flexíveis.....	57
Figura 17 – Eletrodutos rígidos	57
Figura 18 – Caixa de passagem	57
Figura 19 – Aterramento	58
Figura 20 – Postes metálicos.....	59
Figura 21 – Acessório para luminárias e postes simples e duplos	59
Figura 22 – Fixação lateral em mureta.....	60
Figura 23 - Relés fotoelétricos	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Iluminância média mínima e uniformidade para cada classe de iluminação (Tabela 5 NBR 5101)	6
Tabela 2 - Requisitos de luminância e uniformidade	6
Tabela 3 - Folha de dados Nath L RJ optic 15100lm 5000K 134W	7
Tabela 4 - Folha de dados Nath L RJ optic 24300lm 5000K 204W	9
Tabela 5 - Folha de dados Milos M RJ optic 3000lm 5000K 27W	27
Tabela 3 - Folha de dados Milos M RJ optic 3000lm 5000K 27W	28
Tabela 7 - Folha de dados Milos S RE optic 4600lm 5000K 39W	30
Tabela 8 – Folha de dados Milos M RJ optic 11400lm 5000K 96W.....	32



**MINAS
GERAIS**

GOVERNO
DIFERENTE.
ESTADO
EFICIENTE.

accentureconsulting

**Estudos de Engenharia - Iluminação
Alça Sudoeste**

Data: 08/12/2020

Versão: 02

1. Apresentação

Este documento apresenta os requisitos técnicos básicos, memórias de cálculos elétricas e luminotécnicas, além das topologias de instalação para os sistemas de iluminação a serem instalados na Alça Sudoeste do Rodoanel RMBH.

Além disso, é apresentando os sistemas previstos, especificações, parâmetros de dimensionamento, normas técnicas correspondentes e especificação dos equipamentos utilizados.

As marcas de fabricantes citadas neste memorial servem de referência para os cálculos. Quaisquer alterações nos materiais, fornecedores ou mesmo no conceito devem ser previamente aprovadas pela Accenture, para certificação do mesmo comportamento fotométrico e de intensidade luminosa.



**RODOANEL
METROPOLITANO
DE BELO HORIZONTE**

Projeto de Modelagem do Processo para Concessão do
Rodoanel da Região Metropolitana de BH

2. Mapa de situação

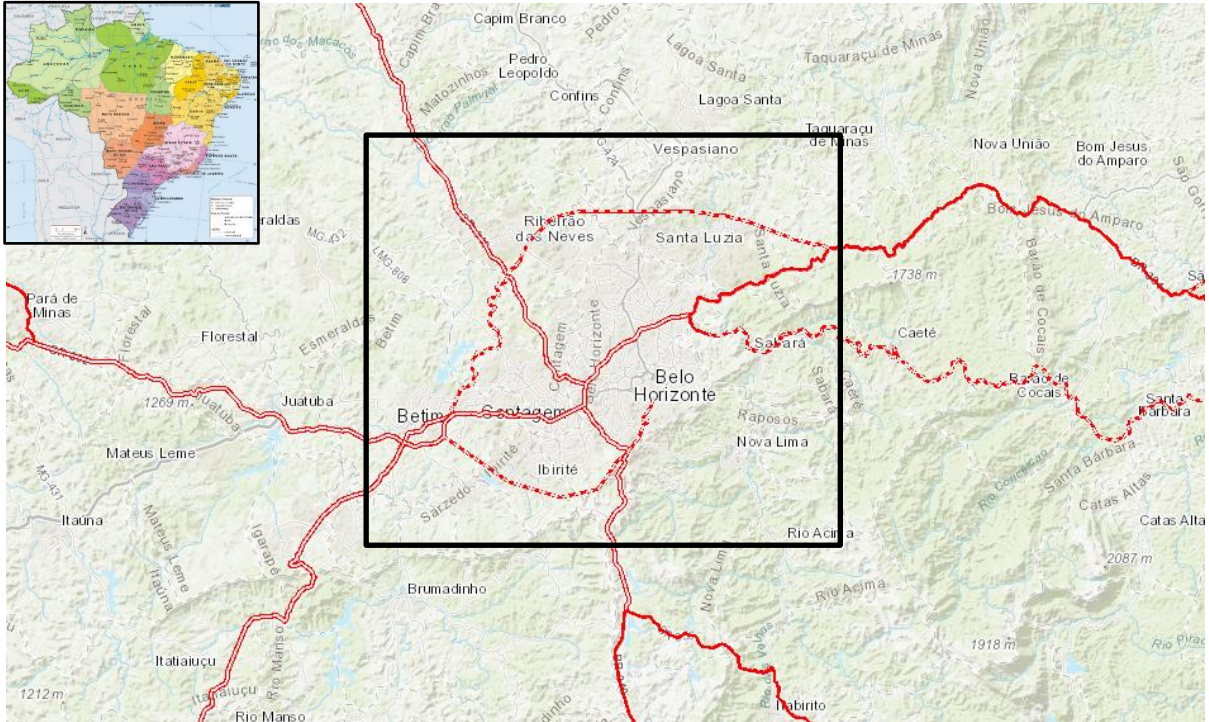


FIGURA 1 - MAPA DE SITUAÇÃO

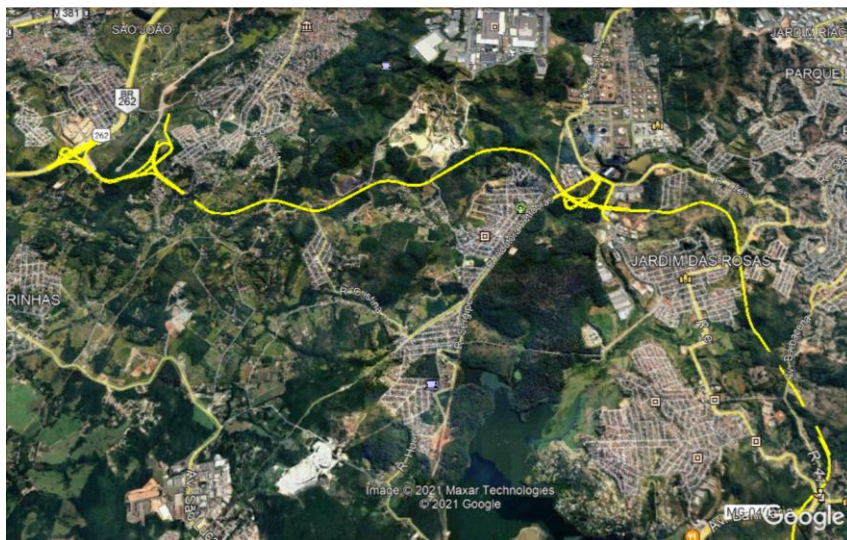


FIGURA 2 - VISTA AÉREA

3. Normas

3.1. Normas e regulamentações aplicáveis

As definições conceituais elétricas e luminotécnicas foram elaboradas estritamente de acordo com as normas e critérios estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) conforme abaixo:

- NBR 5410:2004 Versão corrigida 2008 – Instalações elétricas de baixa tensão.
- NBR 5419-1:2015 – Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 1: Princípios gerais.
- NBR 5419-2:2015 – Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 2: Gerenciamento de risco.
- NBR 5419-3:2015 – Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 3: Danos físicos a estruturas e perigos à vida.
- NBR 5419-4:2015 – Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 4: Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura.
- NBR 5101:2018 – Iluminação Pública - Procedimento.
- NBR 5181:2013 – Sistemas de iluminação de túneis – Requisitos.
- NBR 7288 – Cabos de potência com isolamento sólida extrudada de cloreto de polivinila (PVC) ou polietileno (PE) para tensões de 1 kV a 6 kV.
- NM 243:2009 – Cabos isolados com policloreto de vinila (PVC) ou isolados com composto termofixo elastomérico, para tensões nominais até 450/750 V, inclusive – Inspeção e recebimento.
- NM 247-3:2002 – Cabos isolados com policloreto de vinila (PVC) para tensões nominais até 450/750 V, inclusive - Parte 3: Condutores isolados (sem cobertura) para instalações fixas (IEC 60227-3, MOD).
- NBR 15465 – Sistemas de eletrodutos plásticos para instalações elétricas de baixa tensão - Requisitos de desempenho.
- NBR 5598 – Eletroduto de aço-carbono e acessórios, com revestimento protetor e rosca BSP - Requisitos.
- NBR 5624:2011 – Eletroduto rígido de aço-carbono, com costura, com revestimento protetor e rosca ABNT NBR 8133 - Requisitos.
- NBR 5597:2013 – Eletroduto de aço-carbono e acessórios, com revestimento protetor e rosca NPT - Requisitos.
- NBR 9513:2010 – Emendas para cabos de potência isolados para tensões até 750 V - Requisitos e métodos de ensaio.

- NBR 8133:2010 – Roscas para tubos onde a vedação não é feita pela rosca - Designação, dimensões e tolerâncias.
- NBR IEC 6094:2013 – Dispositivo de manobra e comando de baixa tensão. NBR 13249 – Cabos e cordões flexíveis para tensões até 750V - Especificação.
- NBR 9113 – Cabos flexíveis multipolares com isolamento sólida extrudada de borracha sintética para tensões até 750V - Especificação.
- NBR 6148 – Condutores isolados com isolamento extrudada de cloreto de polivinila (PVC) para tensões até 750V - Sem cobertura - Especificação.
- NBR 5361 – Disjuntores de baixa tensão - Especificação.
- NBR 5680 – Dimensões de tubos de PVC rígido - Padronização.
- NBR IEC 60947-3:2014 – Dispositivos de manobra e controle de baixa tensão - Parte 3: Interruptores, seccionadores, interruptores-seccionadores e unidades combinadas com fusíveis.
- NBR 15715:2009 – Sistemas de dutos corrugados de polietileno (PE) para infraestrutura de cabos de energia e telecomunicações – requisitos.
- CEMIG ND 5.1:2019 - Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária - Rede de Distribuição Aérea Edificações Individuais.

Para o empreendimento, foram utilizadas as normas citadas acima, sendo que durante a implantação, sempre que um determinado material for regulamentado por prescrições ABNT/Inmetro, será exigido o respectivo Certificado de Conformidade.

Os certificados deverão ser entregues pelos fornecedores, com os demais documentos do projeto.

Todos os equipamentos utilizados neste empreendimento devem estar de acordo com a legislação nacional vigente, normas ABNT e CEMIG. Em caso de incongruência e/ou incompatibilidade deste projeto com as normas vigentes, permanecerá o descrito pelas normas.

4. Critérios de Projeto

4.1. Iluminação de vias

4.1.1. Alimentação elétrica das luminárias

Para este projeto foram adotadas as tensões fornecidas pela concessionária local (CEMIG), 220V/127V.

Para o sistema de iluminação foi adotado o sistema bifásico em 220V, para um melhor dimensionamento (economia) de cabos e disjuntores.

4.1.2. Queda de tensão

O limite máximo de queda de tensão adotado para cada circuito foi de 5%.

É aconselhável que todos os circuitos, atendidas as premissas de temperatura ambiente, carga, demanda e fator de potência, atendem a condição de capacidade de corrente e queda de tensão abaixo dos 5% estipulados.

4.1.3. Classificação de vias

O escopo deste projeto trata da iluminação das vias, viadutos, alças, acostamentos e passeios, dentro do trecho da rodovia citado no item 2 deste relatório. As vias foram classificadas, de acordo com a NBR 5101 como classe de iluminação V1: Via de alta velocidade e tráfego intenso. Para os passeios, foram adotados os critérios para as classes de iluminação P3.

Os dados de luminância, uniformidade, e ofuscamento encontram-se de acordo com os requisitos da NBR 5101, a saber:

Classe de Iluminação	Iluminância média mínima requerida (Lux)	Fator de uniformidade mínimo $U = E_{min}/E_{med}$
V1	30	0,4
P3	5	0,2

TABELA 1 - ILUMINÂNCIA MÉDIA MÍNIMA E UNIFORMIDADE PARA CADA CLASSE DE ILUMINAÇÃO (TABELA 5 NBR 5101)

Classe de Iluminação	Luminância média mínima	Uniformidade global mínima	Uniformidade longitudinal mínima	Incremento limiar máximo (%)	Razão das áreas adjacentes à via mínima
V1	2,00	0,40	0,70	10	0,5

TABELA 2 - REQUISITOS DE LUMINÂNCIA E UNIFORMIDADE

4.1.4. Equipamentos de iluminação para vias

Os cálculos luminotécnicos foram feitos com base nas luminárias referenciadas neste documento. Para especificação de outros modelos de luminária, diferentes dos especificados neste ou em outro documento pertencente a este projeto, a seleção deve ser feita com base nas características técnicas e curvas fotométricas, que devem ser

similares às especificadas. Em caso de incompatibilidade técnica, o estudo luminotécnico será invalidado.

Qualquer alteração deverá ser previamente aprovada pela Accenture.

Para os cálculos luminotécnicos de vias, tomou-se como referência, as seguintes luminárias, instaladas em poste:

- Simon - Nath L RJ optic 15100lm 5000K 134W

Istanium® LED

**FIGURA 3 - NATH L RJ OPTIC 15100LM 5000K 134W**

Folha de dados	
Potência	134W
Fluxo luminoso da lâmpada	15100lm
Fluxo luminoso da luminária	15100lm
Rendimento	100%
Cct	5000K
Cri	100
Rendimento Luminoso	112.7lm/W

TABELA 3 - FOLHA DE DADOS NATH L RJ OPTIC 15100LM 5000K 134W

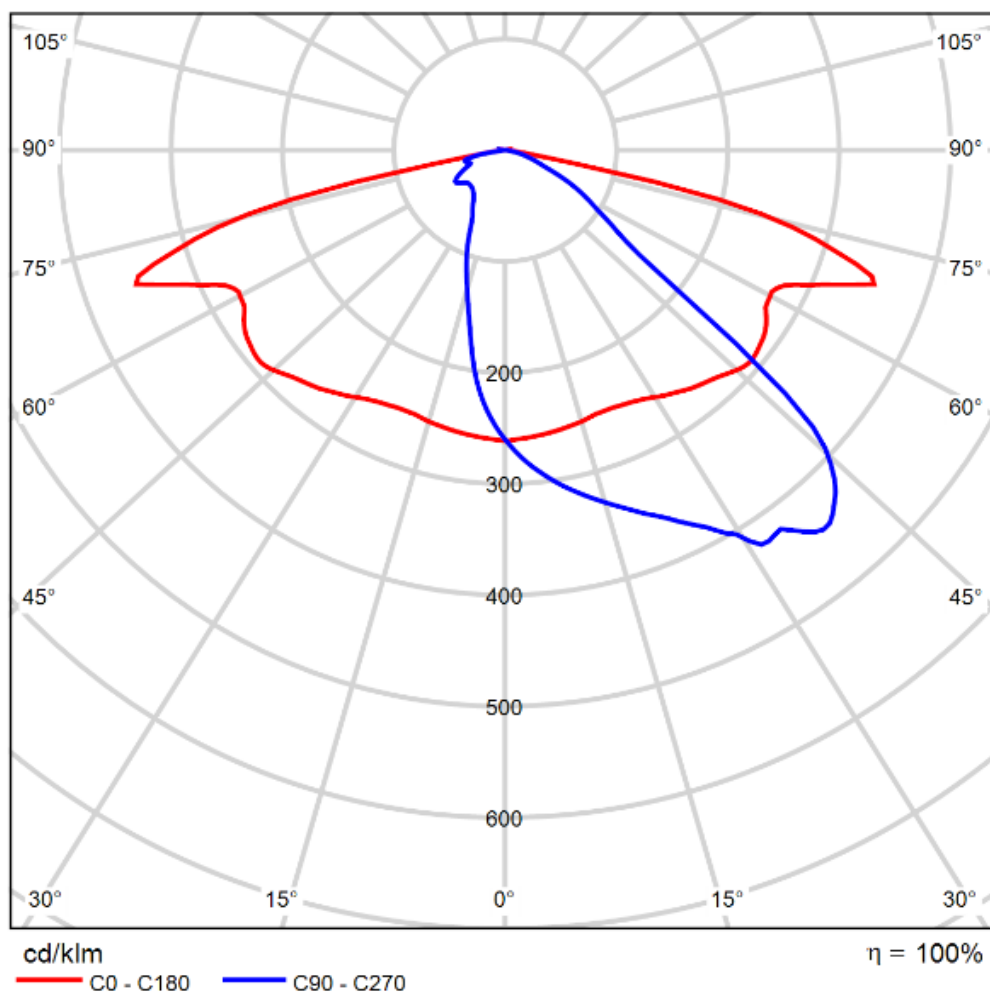


FIGURA 4 - FOTOMETRIA NATH L RJ OPTIC 15100LM 5000K 134W

- Simon - Nath L RJ optic 24300lm 5000K 204W

Istanium® LED

**FIGURA 5 - NATH L RJ OPTIC 24300LM 5000K 204W;**

Folha de dados	
Potência	204W
Fluxo luminoso da lâmpada	24300lm
Fluxo luminoso da luminária	24300lm
Rendimento	100%
Cct	5000K
Cri	100
Rendimento Luminoso	119.1lm/W

TABELA 4 - FOLHA DE DADOS NATH L RJ OPTIC 24300LM 5000K 204W

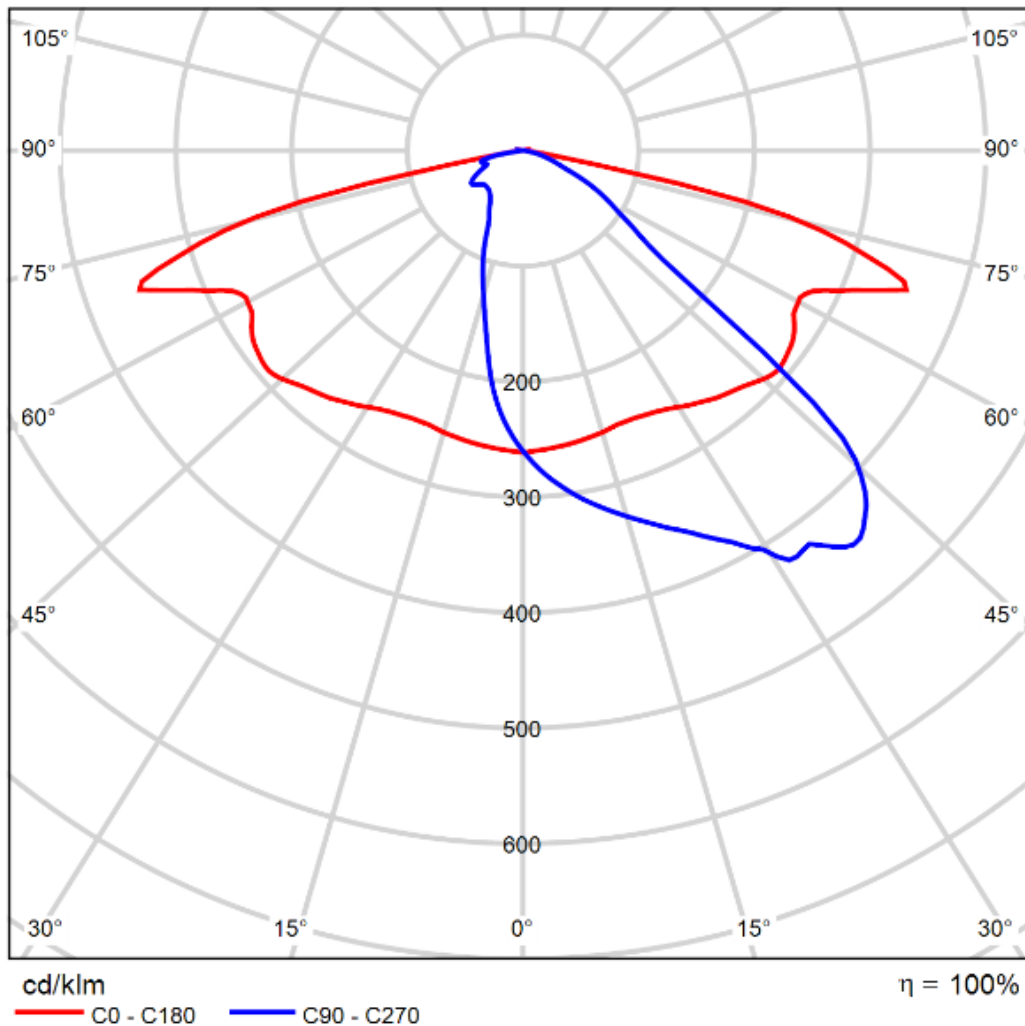


FIGURA 6 - FOTOMETRIA NATH L RJ OPTIC 24300LM 5000K 204W

4.1.5. Cálculos Luminotécnicos de vias

Os cálculos luminotécnicos foram desenvolvidos de acordo com a seção das vias e os critérios normativos estabelecidos neste documento.

As luminárias especificadas neste documento possuem garantia de manutenção do fluxo luminoso original de 102.000 horas. Dessa forma, o fator de manutenção para os cálculos luminotécnicos foi estabelecido em 0,9 em todas os cálculos.

Visando facilitar as atividades da montagem, sem deixar de lado a economicidade da instalação, pode-se definir cinco topologias padronizada para a instalação de iluminação viária:

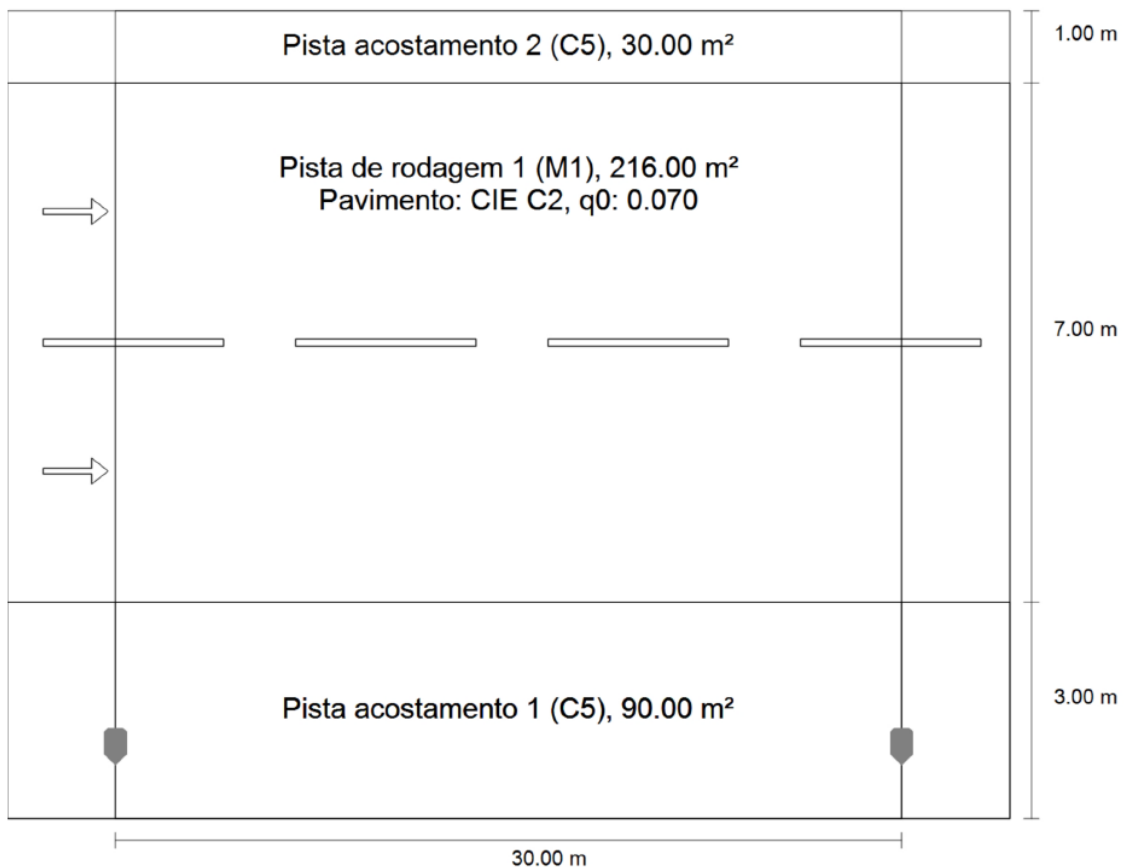
4.1.5.1. Trecho típico 01

O trecho típico 01 é adequado às seções típicas do Rodoanel.

O espaçamento entre luminárias adotado como padrão para esta topologia é de 30m, cujos postes possuem altura de 10m.

Para trechos em active/declive e curvas, as distâncias devem ser ajustadas, de acordo com o item 6.2.1 da NBR 5101, para obter-se uma melhor uniformidade na iluminância das vias.

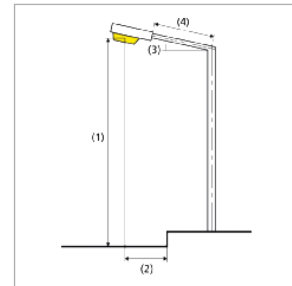
A luminária utilizada nessa topologia é Simon - Nath L RJ optic 24300lm 5000K 204W.



Estudos de Engenharia - Iluminação
Alça Sudoeste
Data: 08/12/2020

Versão: 02

Distância entre postes	30.000 m
(1) Altura de ponto de luz	10.000 m
(2) Saliência de ponto de luz	-2.000 m
(3) Inclinação de braço extensor	0.0°
(4) Comprimento braço extensor	0.000 m
Horas de funcionamento anual	4000 h: 100.0 %, 204.0 W
Consumo	6732.0 W/km
ULR / ULOR	0.00 / 0.00
Intensidades luminosas máx. Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.	≥ 70°: 805 cd/klm ≥ 80°: 80.2 cd/klm ≥ 90°: 4.63 cd/klm
Classe de potência luminosa	G*3
Os valores de intensidade luminosa em [cd/klm] para o cálculo da classe de intensidade luminosa referem se ao fluxo luminoso das luminárias de acordo com EN 13201:2015.	



Resultados para os campos de avaliação

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Pista acostamento 2 (C5)	E_m	36.02 lx	≥ 7.50 lx	✓
	U_o	0.86	≥ 0.40	✓
Pista de rodagem 1 (M1)	L_m	2.51 cd/m ²	≥ 2.00 cd/m ²	✓
	U_o	0.73	≥ 0.40	✓
	U_l	0.70	≥ 0.70	✓
	TI	10 %	≤ 10 %	✓
	$R_{E1}^{(1)}$	0.69	-	-
Pista acostamento 1 (C5)	E_m	38.99 lx	≥ 7.50 lx	✓
	U_o	0.55	≥ 0.40	✓

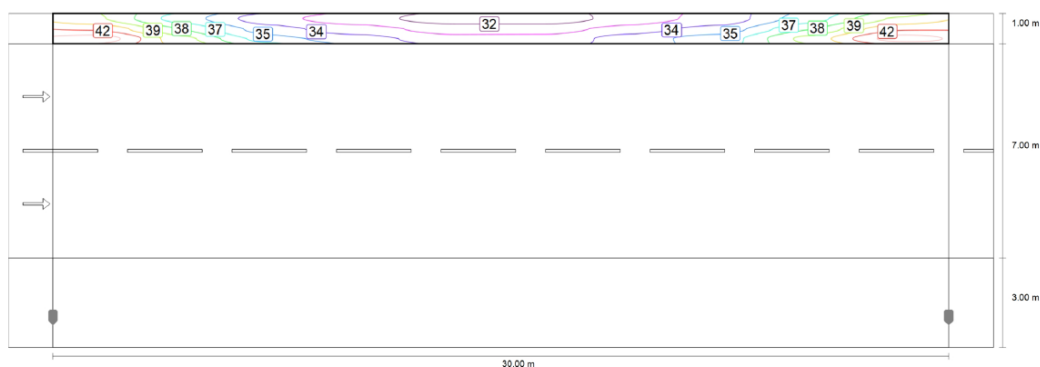
Estudos de Engenharia - Iluminação
Alça Sudoeste
Data: 08/12/2020

Versão: 02

Pista acostamento 2 (C5)

Resultados para o campo de avaliação

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Pista acostamento 2 (C5)	E_m	36.02 lx	≥ 7.50 lx	✓
	U_o	0.86	≥ 0.40	✓



	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de manutenção de iluminância horizontal	36.0 lx	30.9 lx	43.9 lx	0.858	0.704

Estudos de Engenharia - Iluminação
Alça Sudoeste
Data: 08/12/2020

Versão: 02

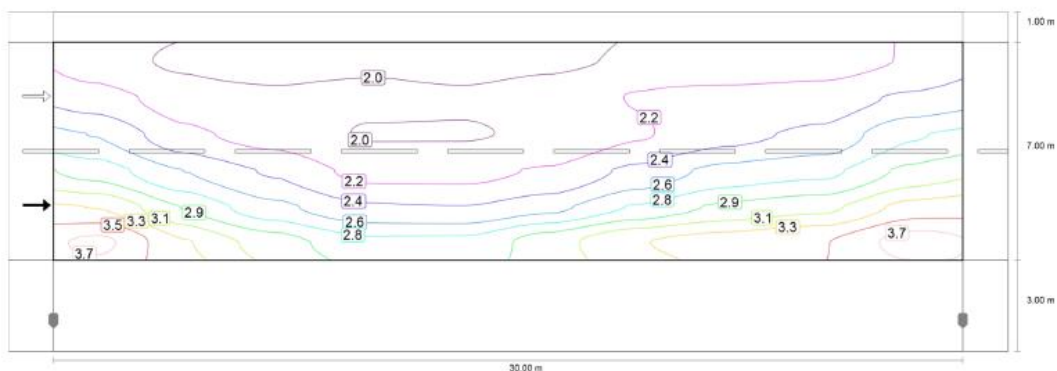
Pista de rodagem 1 (M1)

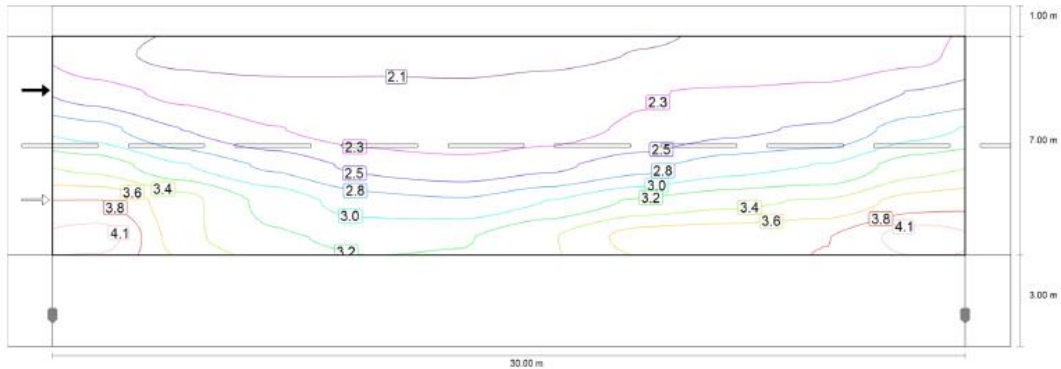
Resultados para o campo de avaliação

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Pista de rodagem 1 (M1)	L_m	2.51 cd/m ²	≥ 2.00 cd/m ²	✓
	U_o	0.73	≥ 0.40	✓
	U_i	0.70	≥ 0.70	✓
	TI	10 %	≤ 10 %	✓
	$R_{el}^{(1)}$	0.69	-	-

Resultados para o observador

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Observador 1 Posição: -60.000 m, 4.800 m, 1.500 m	L_m	2.51 cd/m ²	≥ 2.00 cd/m ²	✓
	U_o	0.76	≥ 0.40	✓
	U_i	0.70	≥ 0.70	✓
	TI	10 %	≤ 10 %	✓
Observador 2 Posição: -60.000 m, 8.400 m, 1.500 m	L_m	2.77 cd/m ²	≥ 2.00 cd/m ²	✓
	U_o	0.73	≥ 0.40	✓
	U_i	0.85	≥ 0.70	✓
	TI	9 %	≤ 10 %	✓


 Observador 1: Valor de manutenção de luminância com via de rodagem seca [cd/m²] (Linhas de isolux)

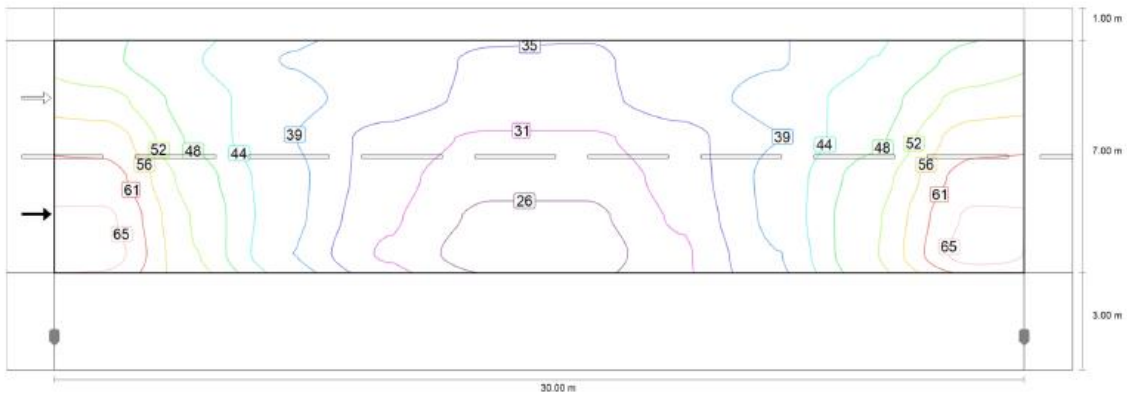


Observador 2: Valor de manutenção de luminância com via de rodagem seca [cd/m^2] (Linhas de isolux)

Pista de rodagem 1 (C1)

Resultados para o campo de avaliação

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Pista de rodagem 1 (C1)	E_m	42.12 lx	≥ 30.00 lx	✓
	U_o	0.58	≥ 0.40	✓



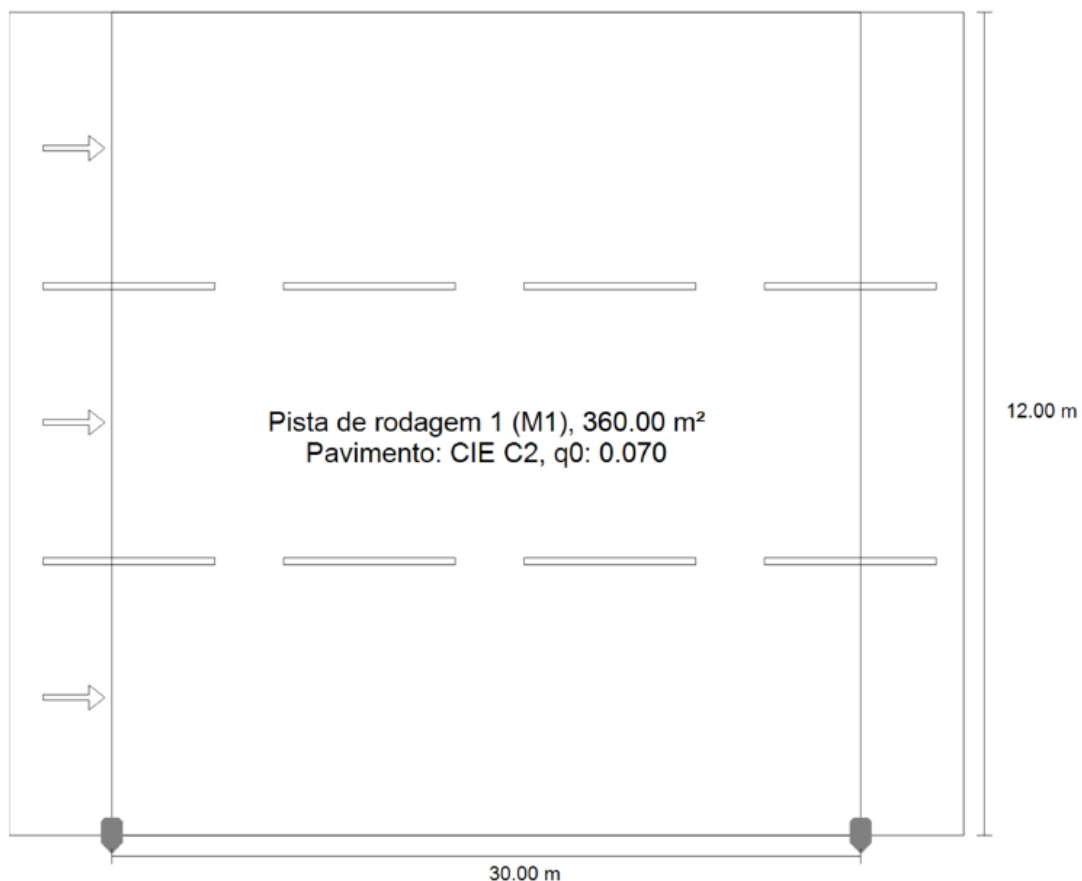
4.1.5.2. Trecho típico 02

O trecho típico 02 é adequado às vias e alças, com largura da pista de rodagem entre 8,0 e 12 metros.

O espaçamento entre luminárias adotado como padrão para esta topologia é de 30m, cujos postes possuem altura de 10m.

Para trechos em active/declive e curvas, as distâncias devem ser ajustadas, de acordo com o item 6.2.1 da NBR 5101, para obter-se uma melhor uniformidade na iluminância das vias.

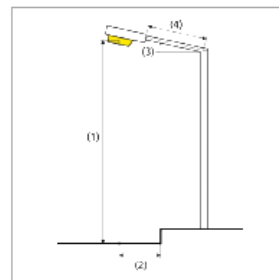
A luminária utilizada nessa topologia é Simon - Nath L RJ optic 24300lm 5000K 204W.



Estudos de Engenharia - Iluminação
Alça Sudoeste
Data: 08/12/2020

Versão: 02

Distância entre postes	30.000 m
(1) Altura de ponto de luz	10.000 m
(2) Saliência de ponto de luz	0.000 m
(3) Inclinação de braço extensor	0.0°
(4) Comprimento braço extensor	0.000 m
Horas de funcionamento anual	4000 h: 100.0 %, 204.0 W
Consumo	6732.0 W/km
ULR / ULOR	0.00 / 0.00
Intensidades luminosas máx. Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.	$\geq 70^\circ$: 805 cd/klm $\geq 80^\circ$: 80.2 cd/klm $\geq 90^\circ$: 4.63 cd/klm
Classe de potência luminosa	G*3
Os valores de intensidade luminosa em [cd/klm] para o cálculo da classe de intensidade luminosa referem se ao fluxo luminoso das luminárias de acordo com EN 13201:2015.	


Resultados para os campos de avaliação

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Pista de rodagem 1 (M1)	L_m	2.37 cd/m ²	≥ 2.00 cd/m ²	✓
	U_o	0.50	≥ 0.40	✓
	U_l	0.73	≥ 0.70	✓
	$Tl^{(1)}$	11 %	-	-
	$Re^{(1)}$	0.36	-	-

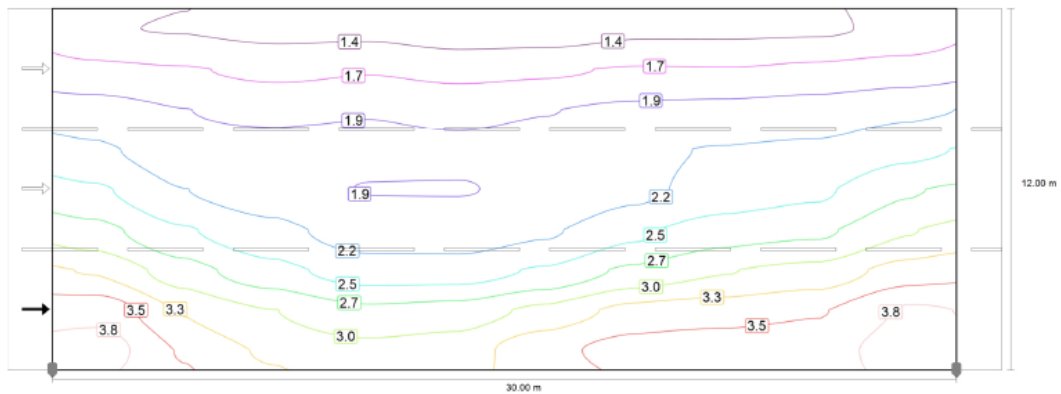
Estudos de Engenharia - Iluminação
Alça Sudoeste

Data: 08/12/2020

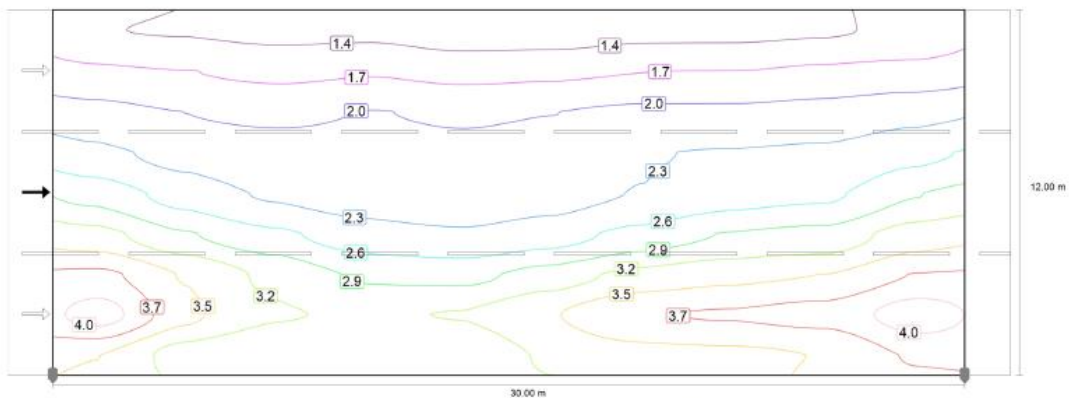
Versão: 02

Resultados para o observador

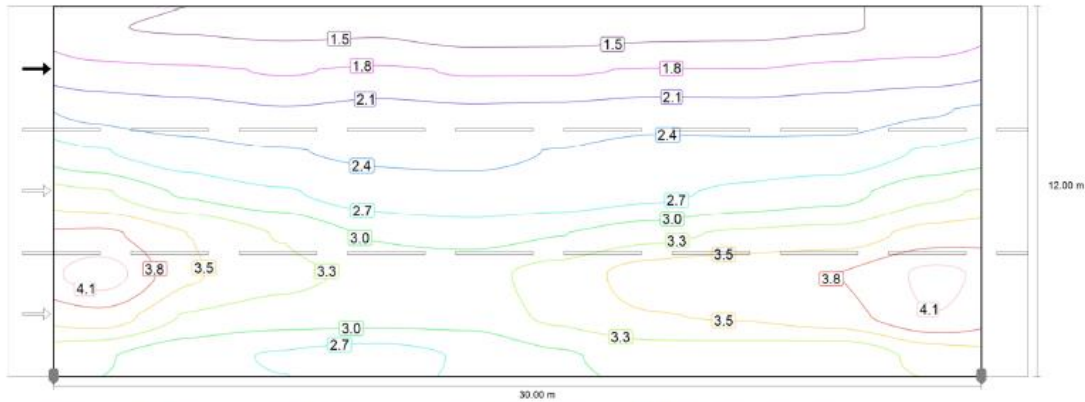
	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Observador 1 Posição: -60.000 m, 2.000 m, 1.500 m	L _m	2.37 cd/m ²	≥ 2.00 cd/m ²	✓
	U _o	0.53	≥ 0.40	✓
	U _l	0.73	≥ 0.70	✓
	TI ⁽¹⁾	11 %	-	-
Observador 2 Posição: -60.000 m, 6.000 m, 1.500 m	L _m	2.53 cd/m ²	≥ 2.00 cd/m ²	✓
	U _o	0.51	≥ 0.40	✓
	U _l	0.74	≥ 0.70	✓
	TI ⁽¹⁾	10 %	-	-
Observador 3 Posição: -60.000 m, 10.000 m, 1.500 m	L _m	2.66 cd/m ²	≥ 2.00 cd/m ²	✓
	U _o	0.50	≥ 0.40	✓
	U _l	0.91	≥ 0.70	✓
	TI ⁽¹⁾	7 %	-	-



Observador 1: Valor de manutenção de luminância com via de rodagem seca [cd/m²] (Linhas de isolux)

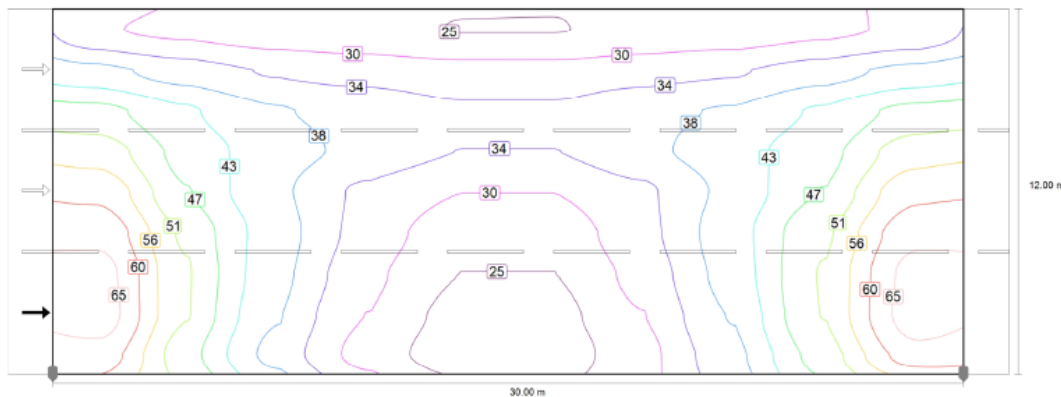


Observador 2: Valor de manutenção de luminância com via de rodagem seca [cd/m²] (Linhas de isolux)



Observador 3: Valor de manutenção de luminância com via de rodagem seca [cd/m²] (Linhas de isolux)

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Pista de rodagem 1 (C1)	E_m	39.34 lx	≥ 30.00 lx	✓
	U_o	0.58	≥ 0.40	✓



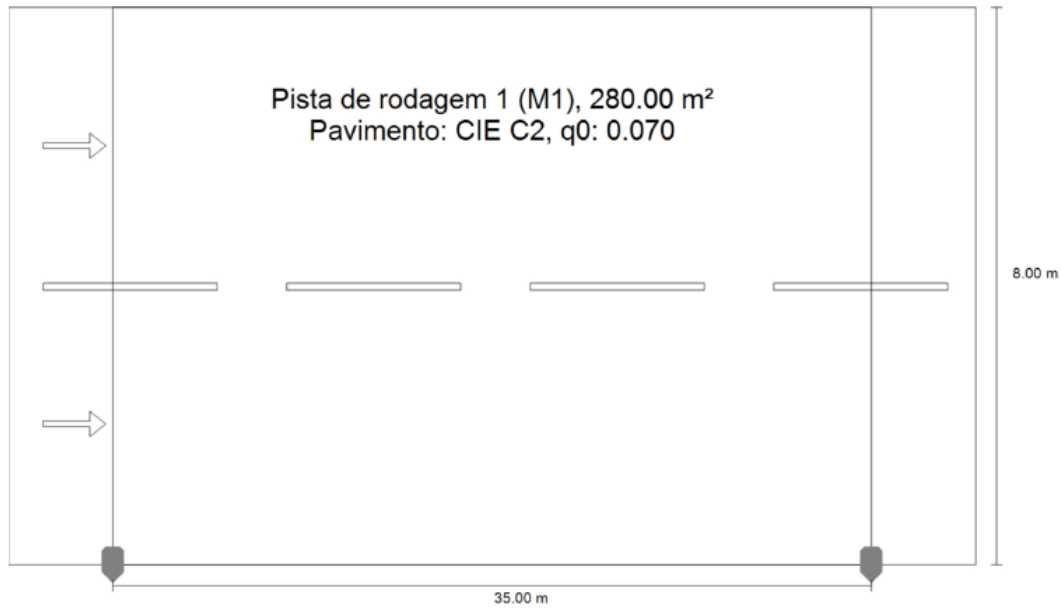
4.1.5.1. Trecho típico 03

O trecho típico 03 é adequado às vias e alças, com largura da pista de rodagem entre 6,5 e 8,0 metros.

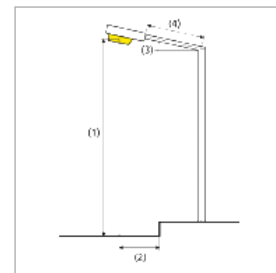
O espaçamento entre luminárias adotado como padrão para esta topologia é de 35m, cujos postes possuem altura de 11m.

Para trechos em aclave/declive e curvas, as distâncias devem ser ajustadas, de acordo com o item 6.2.1 da NBR 5101, para obter-se uma melhor uniformidade na iluminância das vias.

A luminária utilizada nessa topologia é Simon - Nath L RJ optic 24300lm 5000K 204W.



Distância entre postes	35.000 m
(1) Altura de ponto de luz	11.000 m
(2) Saliência de ponto de luz	0.000 m
(3) Inclinação de braço extensor	0.0°
(4) Comprimento braço extensor	0.000 m
Horas de funcionamento anual	4000 h: 100.0 %, 204.0 W
Consumo	5916.0 W/km
ULR / ULOR	0.00 / 0.00
Intensidades luminosas máx. Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.	$\geq 70^\circ$: 805 cd/klm $\geq 80^\circ$: 80.2 cd/klm $\geq 90^\circ$: 4.63 cd/klm
Classe de potência luminosa Os valores de intensidade luminosa em [cd/klm] para o cálculo da classe de intensidade luminosa referem se ao fluxo luminoso das luminárias de acordo com EN 13201:2015.	G*3



Estudos de Engenharia - Iluminação
Alça Sudoeste

Data: 08/12/2020

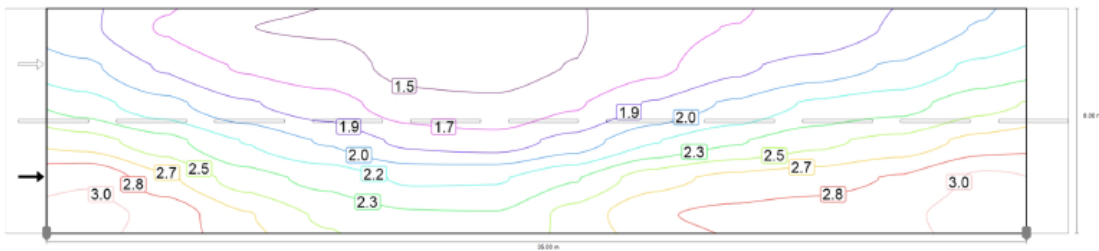
Versão: 02

Resultados para os campos de avaliação

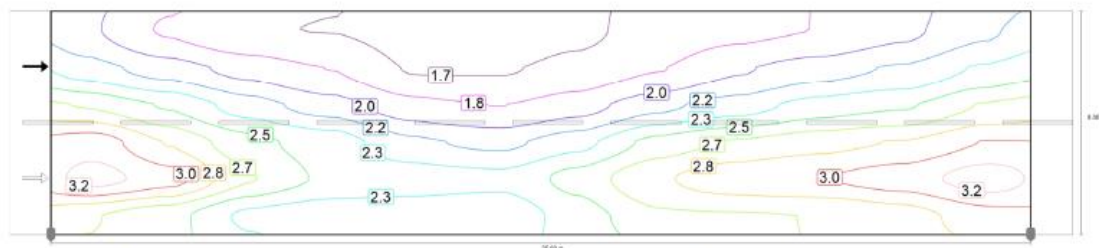
	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Pista de rodagem 1 (M1)	L_m	2.16 cd/m ²	≥ 2.00 cd/m ²	✓
	U_o	0.67	≥ 0.40	✓
	U_i	0.70	≥ 0.70	✓
	TI	9 %	≤ 10 %	✓
	$R_{Et}^{(1)}$	0.67	-	-

Resultados para o observador

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Observador 1 Posição: -60.000 m, 2.000 m, 1.500 m	L_m	2.16 cd/m ²	≥ 2.00 cd/m ²	✓
	U_o	0.67	≥ 0.40	✓
	U_i	0.71	≥ 0.70	✓
	TI	9 %	≤ 10 %	✓
Observador 2 Posição: -60.000 m, 6.000 m, 1.500 m	L_m	2.32 cd/m ²	≥ 2.00 cd/m ²	✓
	U_o	0.68	≥ 0.40	✓
	U_i	0.70	≥ 0.70	✓
	TI	9 %	≤ 10 %	✓

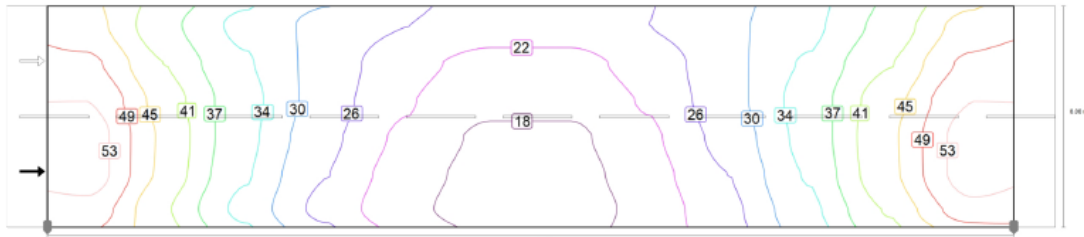


Observador 1: Valor de manutenção de luminância com via de rodagem seca [cd/m²] (Linhas de isolux)



Observador 2: Valor de manutenção de luminância com via de rodagem seca [cd/m²] (Linhas de isolux)

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Pista de rodagem 1 (C1)	E_m	32.66 lx	≥ 30.00 lx	✓
	U_o	0.50	≥ 0.40	✓



Valor de manutenção de iluminação horizontal [lx] (Linhas de isolux)

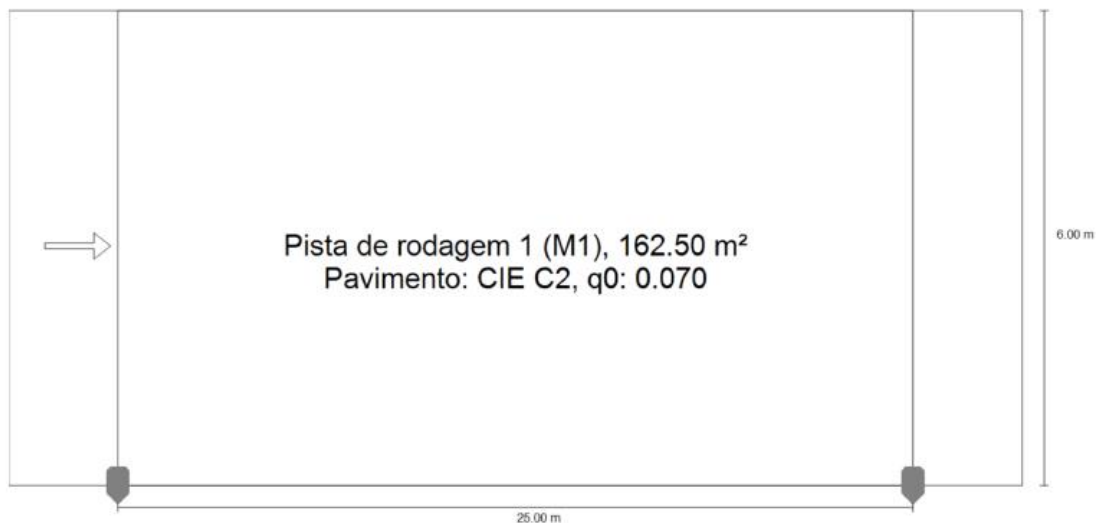
4.1.5.1. Trecho típico 04

O trecho típico 04 é adequado às vias e alças com largura da pista de rodagem entre menores ou iguais a 6,5 metros.

O espaçamento entre luminárias adotado como padrão para esta topologia é de 25m, cujos postes possuem altura de 9m.

Para trechos em active/declive e curvas, as distâncias devem ser ajustadas, de acordo com o item 6.2.1 da NBR 5101, para obter-se uma melhor uniformidade na iluminação das vias.

A luminária utilizada nessa topologia é Simon - Nath L RJ optic 15100lm 5000K 134W.

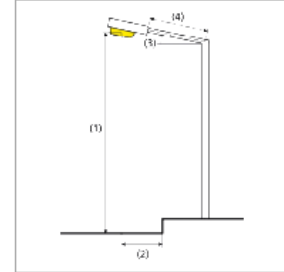


Estudos de Engenharia - Iluminação
Alça Sudoeste
Data: 08/12/2020

Versão: 02

Nath L RJ optic 15100lm 4000K 134W (unilateral em baixo)

Distância entre postes	25.000 m
(1) Altura de ponto de luz	9.000 m
(2) Saliência de ponto de luz	0.000 m
(3) Inclinação de braço extensor	0.0°
(4) Comprimento braço extensor	0.000 m
Horas de funcionamento anual	4000 h: 100.0 %, 134.0 W
Consumo	5360.0 W/km
ULR / ULOR	0.00 / 0.00
Intensidades luminosas máx. Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.	≥ 70°: 805 cd/klm ≥ 80°: 80.2 cd/klm ≥ 90°: 4.63 cd/klm
Classe de potência luminosa Os valores de intensidade luminosa em [cd/klm] para o cálculo da classe de intensidade luminosa referem se ao fluxo luminoso das luminárias de acordo com EN 13201:2015.	G*3



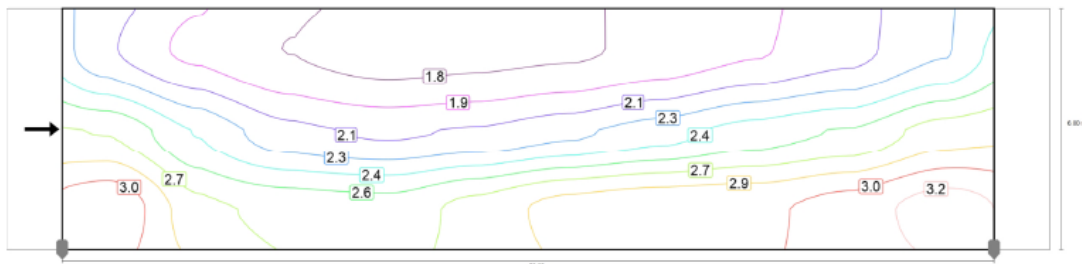
Resultados para os campos de avaliação

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Pista de rodagem 1 (M1)	L_m	2.41 cd/m ²	≥ 2.00 cd/m ²	✓
	U_o	0.70	≥ 0.40	✓
	U_l	0.74	≥ 0.70	✓
	TI	9 %	≤ 10 %	✓
	$R_{E1}^{(1)}$	0.44	-	-

Resultados para o observador

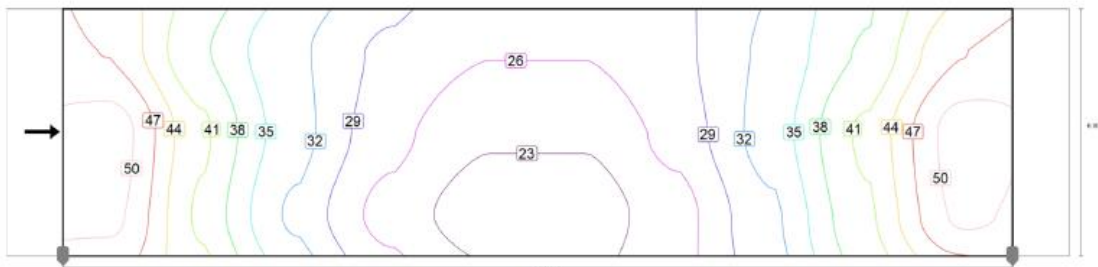
	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Observador 1	L_m	2.41 cd/m^2	$\geq 2.00 \text{ cd/m}^2$	✓
Posição: -60.000 m, 3.250 m, 1.500 m	U_o	0.70	≥ 0.40	✓
	U_l	0.74	≥ 0.70	✓
	TI	9 %	$\leq 10 \%$	✓

(1) informativo, não faz parte da avaliação



Observador 1: Valor de manutenção de luminância com via de rodagem seca [cd/m^2] (Linhas de isolux)

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Pista de rodagem 1 (C1)	E_m	34.71 lx	$\geq 30.00 \text{ lx}$	✓
	U_o	0.62	≥ 0.40	✓



Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Linhas de isolux)

4.2. Iluminação de tuneis e trincheiras

4.2.1. Alimentação elétrica das luminárias

Para este projeto foram adotadas as tensões fornecidas pela concessionária local (CEMIG), 220V/127V.

Para o sistema de iluminação foi adotado o sistema bifásico em 220V, para um melhor dimensionamento (economia) de cabos e disjuntores.

Nos tuneis, conforme disposto no item 6.1 da ABNT 5181, é recomendado que a alimentação primária do sistema de iluminação seja em circuito duplo, oriundo de fontes distintas.

4.2.2. Alimentação elétrica de emergência para luminárias instaladas em tuneis

De acordo com a NBR 5181, é necessário sistema ininterrupto de iluminação de emergência, alimentado por gerador, ligado em paralelo com a alimentação da concessionária em um quadro de transferência automática (QTA).

No caso de interrupção de fornecimento de energia pela concessionária, o gerador deve ser acionado e a interrupção da iluminação deve ser inferior a 0,5s.

O sistema ininterrupto deve ter autonomia conforme item 4.2.3.

4.2.3. Queda de tensão

O limite máximo de queda de tensão adotado para cada circuito foi de 5%.

É aconselhável que todos os circuitos, atendidas as premissas de temperatura ambiente, carga, demanda e fator de potência, atendem a condição de capacidade de corrente e queda de tensão abaixo dos 5% estipulados.

4.2.4. Nível de luminância para tuneis e trincheiras

Os níveis de luminância noturnos requeridos para trincheiras e tuneis com sentido único de fluxo, de acordo com a ABNT 5181 é de 2,5cd/m².

A luminância diurna deve ser realizada preferencialmente em luz natural, e na ausência dessa, sistemas artificiais devem ser previstos. Em tuneis de alto tráfego, com velocidade média de 60km/h, o nível de luminância deve ser de 6cd/m².

Em trincheiras e tuneis com comprimento menores que 50m, não é necessário sistema de iluminação artificial diurno, ou sistemas de iluminação de emergência.

Os tuneis com mais de 50 metros, necessitam de sistema ininterrupto de iluminação de emergência, alimentado pelo gerador. O nível de iluminamento deve ser de 10lux com autonomia de 1 hora, sendo que posterior a esse tempo, deve ser mantido no mínimo 1 lux de luminância de forma continua.

4.2.5. Equipamentos de iluminação para tuneis e trincheiras

Os cálculos luminotécnicos foram feitos com base nas luminárias referenciadas neste documento. Para especificação de outros modelos de luminária, diferentes dos especificados neste ou em outro documento pertencente a este projeto, a seleção deve ser feita com base nas características técnicas e curvas fotométricas, que devem ser

similares às especificadas. Em caso de incompatibilidade técnica, o estudo luminotécnico será invalidado.

Qualquer alteração deverá ser previamente aprovada pela Accenture.

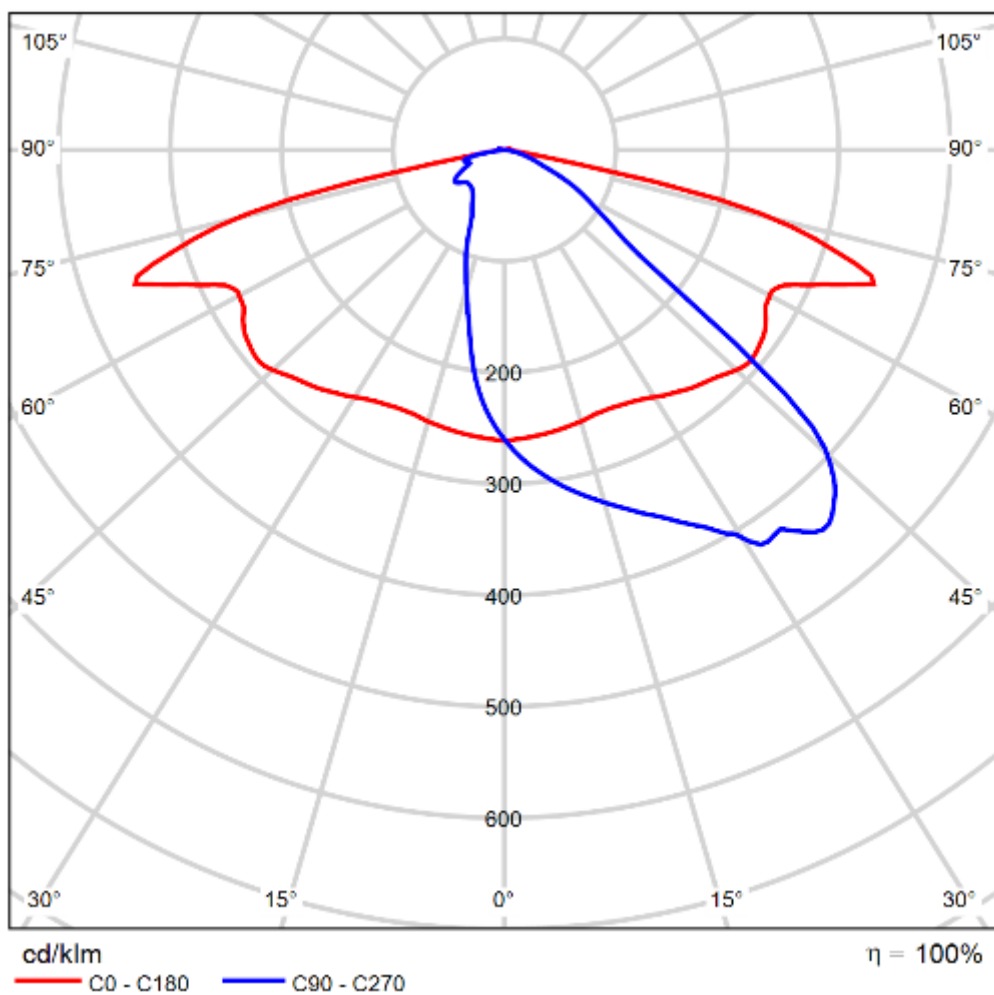
Para os cálculos luminotécnicos de vias, tomou-se como referência, as seguintes luminárias, instaladas em poste:

- Simon - Milos M RJ optic 1600lm 5000K 13W



FIGURA 7 - MILOS M RJ OPTIC 1600LM 5000K 13W

Folha de dados	
Potência	13W
Fluxo luminoso da lâmpada	1600lm
Fluxo luminoso da luminária	1600lm
Rendimento	100%
Cct	5000K
Cri	100
Rendimento Luminoso	123.1lm/W

TABELA 5 - FOLHA DE DADOS MILOS M RJ OPTIC 3000LM 5000K 27W

FIGURA 8 - FOTOMETRIA MILOS M RJ OPTIC 3000LM 5000K 27W

- Simon - Milos M RJ optic 3000lm 5000K 27W

**FIGURA 9 - MILOS M RJ OPTIC 3000LM 5000K 27W**

Folha de dados	
Potência	27W
Fluxo luminoso da lâmpada	3000lm
Fluxo luminoso da luminária	3000lm
Rendimento	100%
Cct	5000K
Cri	100
Rendimento Luminoso	111.1lm/W

TABELA 6 - FOLHA DE DADOS MILOS M RJ OPTIC 3000LM 5000K 27W

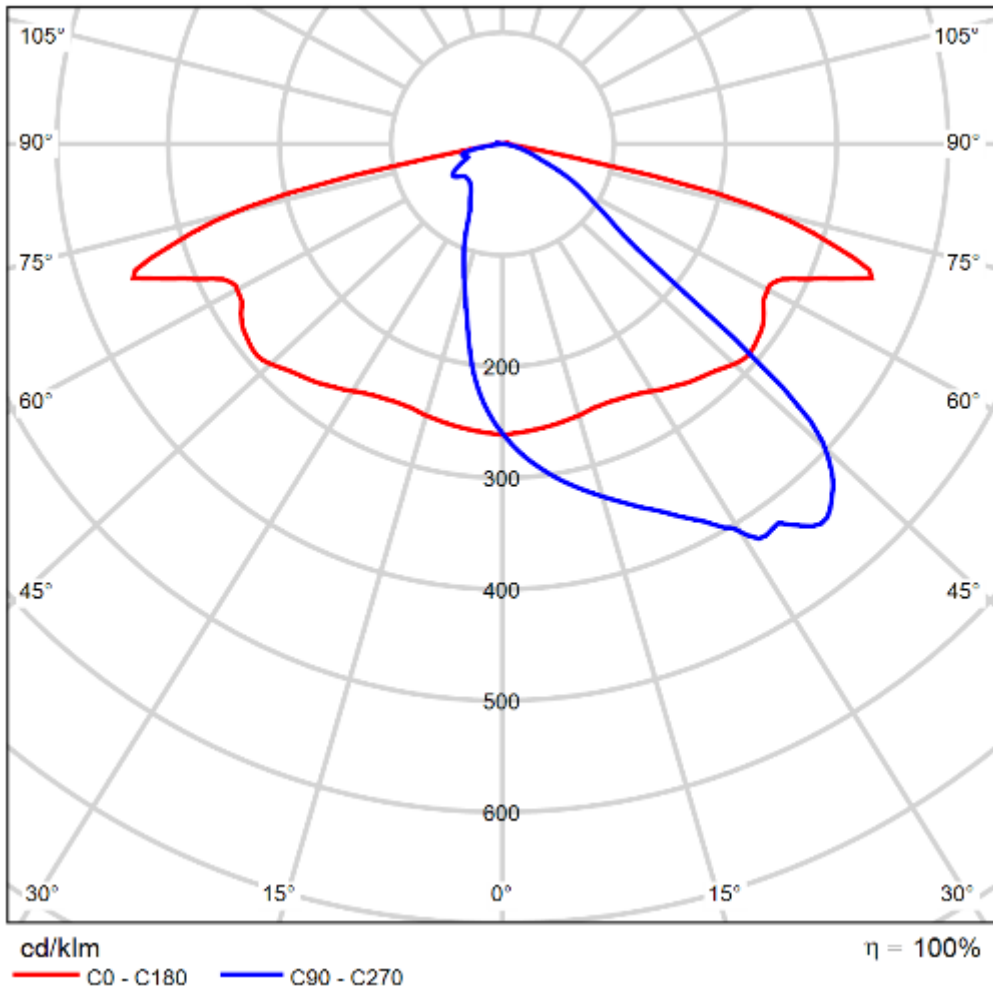


FIGURA 10 - FOTOMETRIA MILOS M RJ OPTIC 3000LM 5000K 27W

- Simon - Milos S RE optic 4600lm 5000K 39W

**FIGURA 11 - MILOS S RE OPTIC 4600LM 5000K 39W**

Folha de dados	
Potência	39W
Fluxo luminoso da lâmpada	4600lm
Fluxo luminoso da luminária	4600lm
Rendimento	100%
Cct	5000K
Cri	100
Rendimento Luminoso	117.9lm/W

TABELA 7 - FOLHA DE DADOS MILOS S RE OPTIC 4600LM 5000K 39W

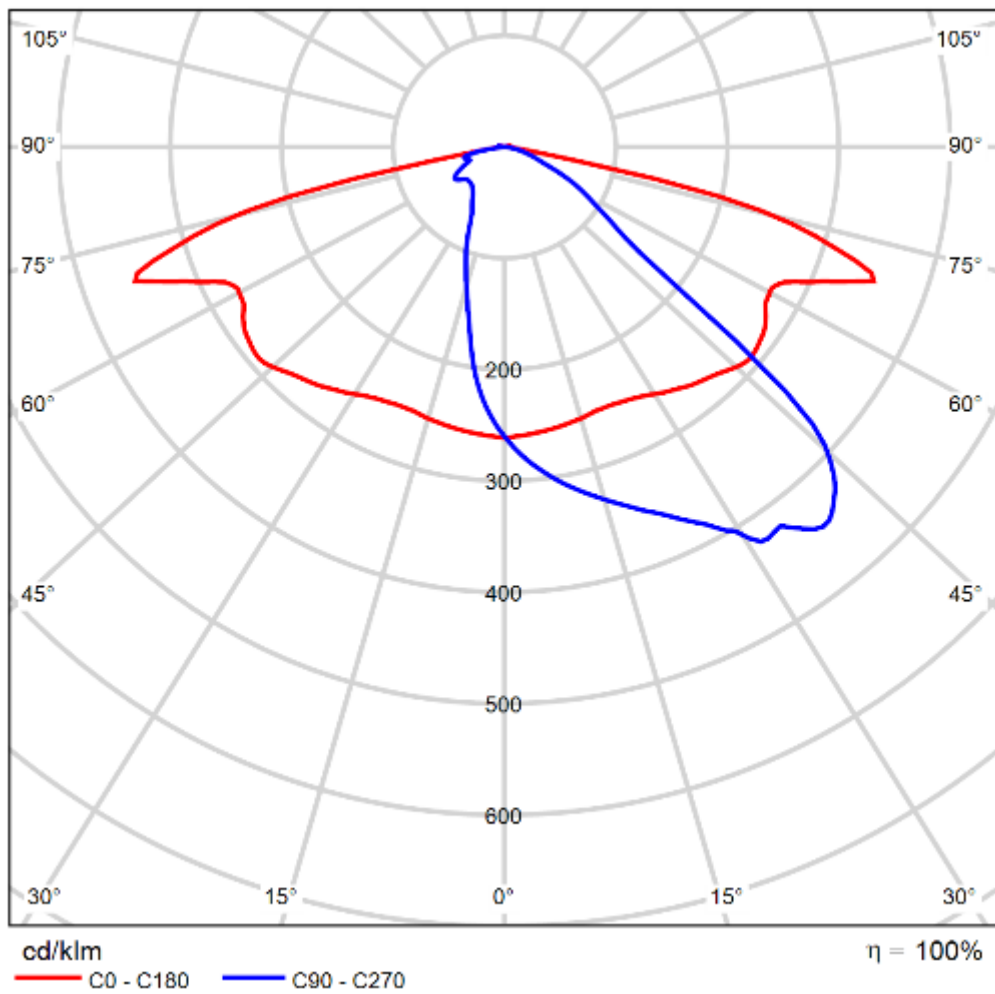


FIGURA 12 - FOTOMETRIA MILOS S RE OPTIC 4600LM 5000K 39W

- Simon - Milos M RJ optic 11400lm 5000K 96W

**FIGURA 13 - MILOS M RJ OPTIC 11400LM 5000K 96W**

Folha de dados	
Potência	96W
Fluxo luminoso da lâmpada	1140lm
Fluxo luminoso da luminária	11400lm
Rendimento	100%
Cct	5000K
Cri	100
Rendimento Luminoso	118.7lm/W

TABELA 8 – FOLHA DE DADOS MILOS M RJ OPTIC 11400LM 5000K 96W

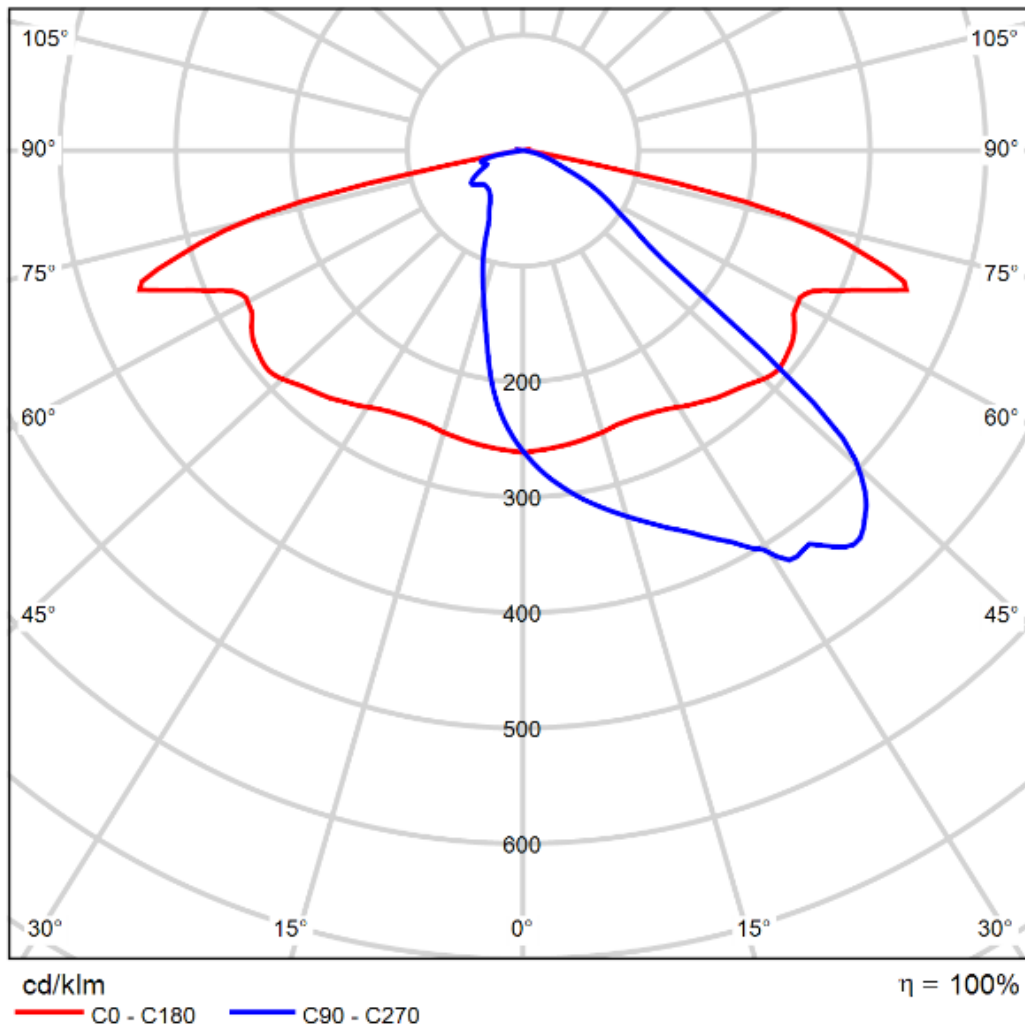


FIGURA 14 – FOTOMETRIA MILOS M RJ OPTIC 11400LM 5000K 96W

4.2.6. Cálculos Luminotécnicos de tuneis e trincheiras

Os cálculos luminotécnicos foram desenvolvidos de acordo com as dimensões típicas de túnel, trincheiras e os critérios normativos estabelecidos neste documento.

As luminárias especificadas neste documento possuem garantia de manutenção do fluxo luminoso original de 102.000 horas. No entanto, devido às condições de poluição no interior dos tuneis e trincheiras, o fator de manutenção para os cálculos luminotécnicos foi estabelecido em 0,8 em todas os cálculos.

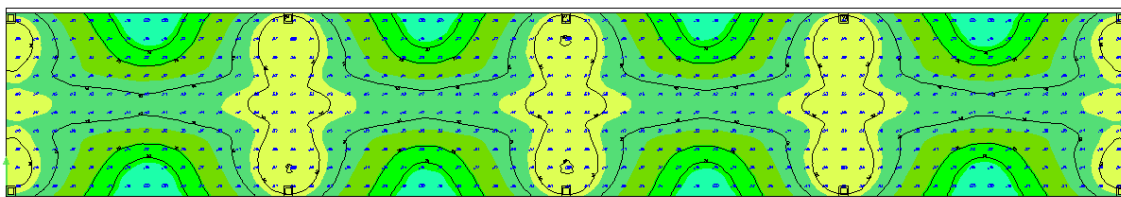
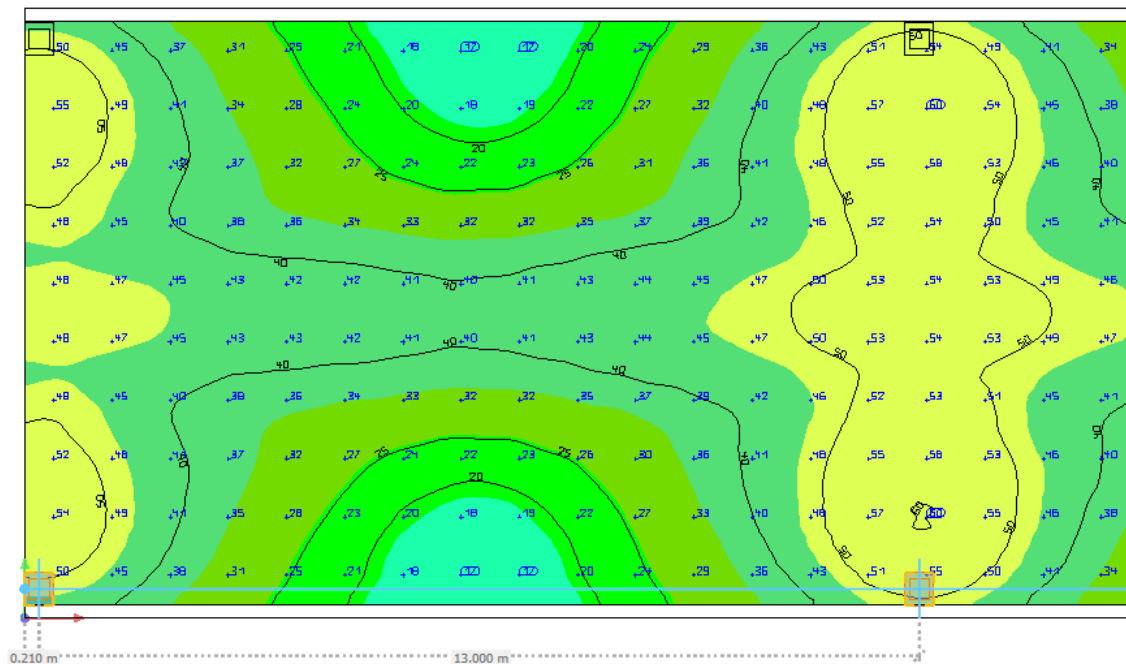
Para eliminação do efeito flicker e o conseqüente desconforto visual acarretado por este, a frequência de passagem dos motoristas aos equipamentos de iluminação não deve estar no interior da faixa de 4 a 11Hz. Para isto, considerando velocidades de até 100km/h, a distância entre luminárias deve ser superior a 7 metros.

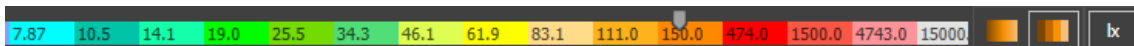
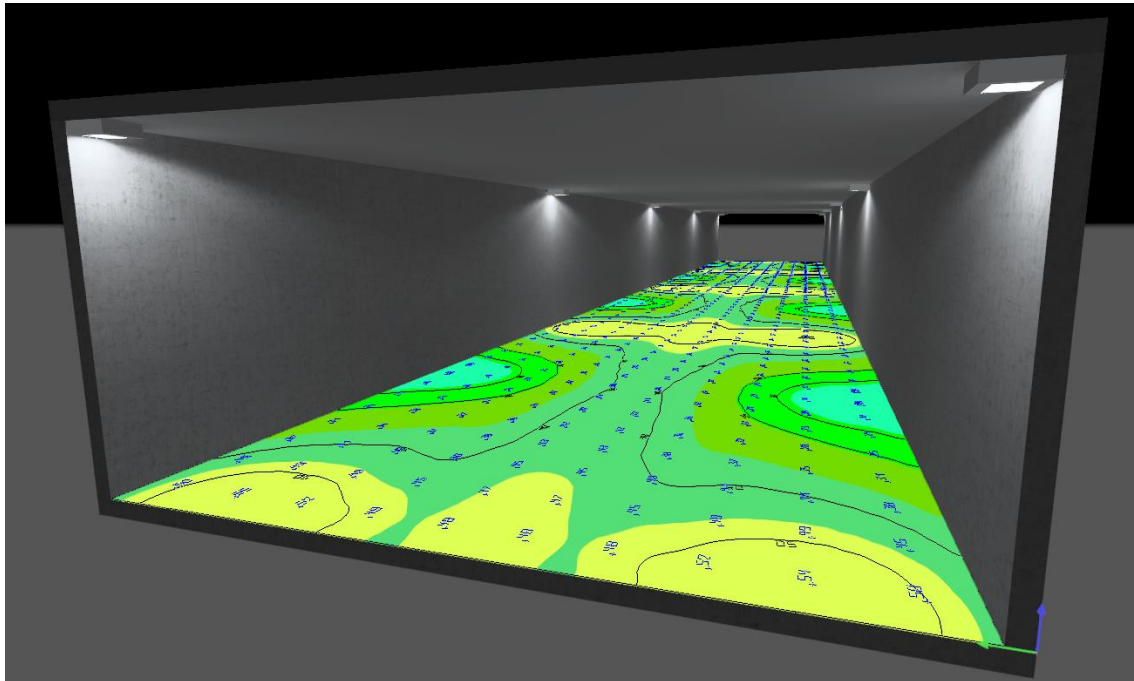
4.2.6.1. Trincheira de 9 metros de largura e até 4 metros de altura.

Para trincheiras de 9 metros de largura, com altura de até 4 metros, espaçamento entre luminárias adotado como padrão para esta topologia é de 13m, com luminárias em ambos os lados das trincheiras, instaladas no teto.

A luminária utilizada nessa topologia é Simon - Milos M RJ optic 3000lm 5000K 27W

Propriedades	Ø	mín	máx	g ₁	g ₂	Índice
Objecto de resultado de superfície 1 (Piso/tecto) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.000 m	38,1 lx	16,0 lx	60,4 lx	0,42	0,26	S1
Objecto de resultado de superfície 1 (Piso/tecto) Densidade de luminância Altura: 0.000 m	2,16 cd/m ²	0,91 cd/m ²	3,43 cd/m ²	0,42	0,27	S1





4.2.6.2. Trincheira de 9 metros de largura e até 7 metros de altura.

Para trincheiras de 9 metros de largura, com altura de até 7 metros, espaçamento entre luminárias adotado como padrão para esta topologia é de 11m, com luminárias em ambos os lados das trincheiras, instaladas no teto.

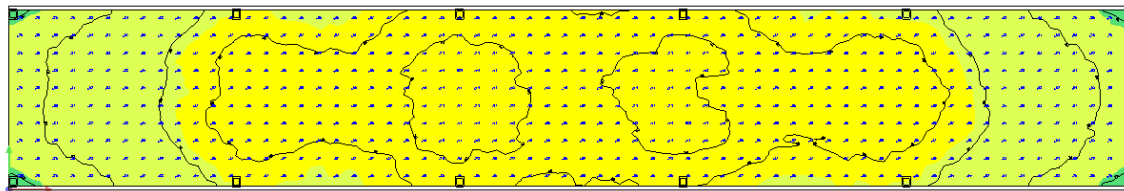
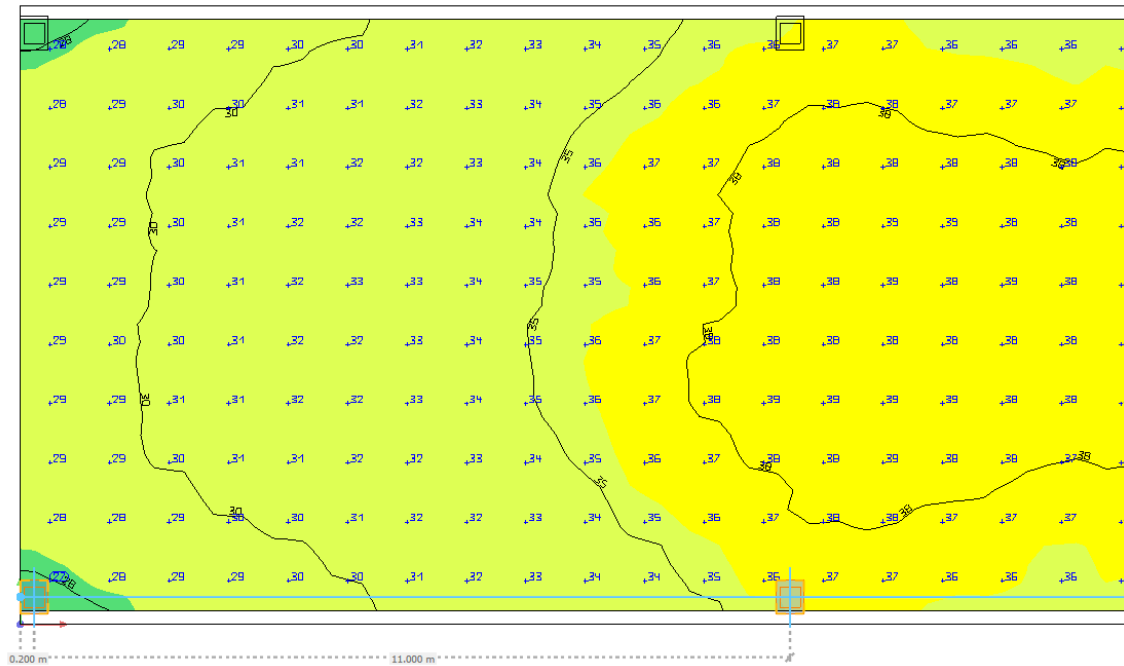
A luminária utilizada nessa topologia é Simon - Milos M RJ optic 4600lm 5000K 39W

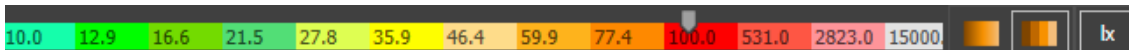
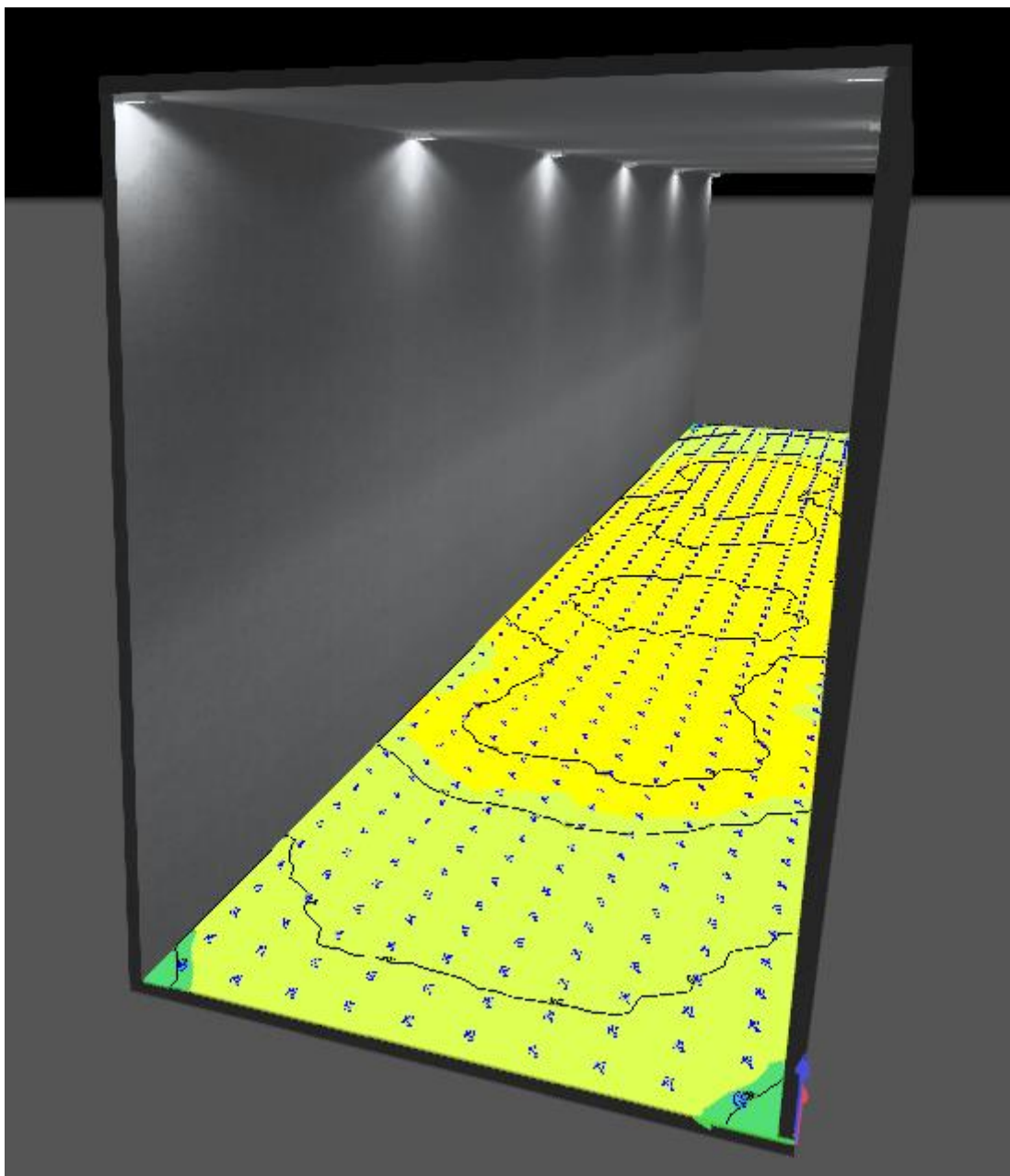
Superfícies

Propriedades	Ø	mín	máx	g ₁	g ₂	Índice
Objecto de resultado de superfície 4 (Piso/tecto) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.000 m	36.2 lx	26.7 lx	41.5 lx	0.74	0.64	S1
Objecto de resultado de superfície 4 (Piso/tecto) Densidade de luminância Altura: 0.000 m	2.06 cd/m ²	1.52 cd/m ²	2.36 cd/m ²	0.74	0.64	S1

Estudos de Engenharia - Iluminação
Alça Sudoeste

Data: 08/12/2020
Versão: 02





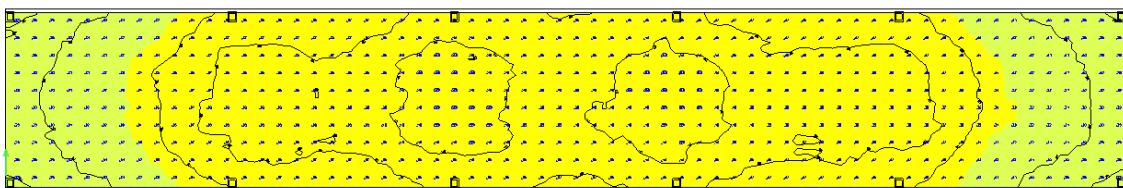
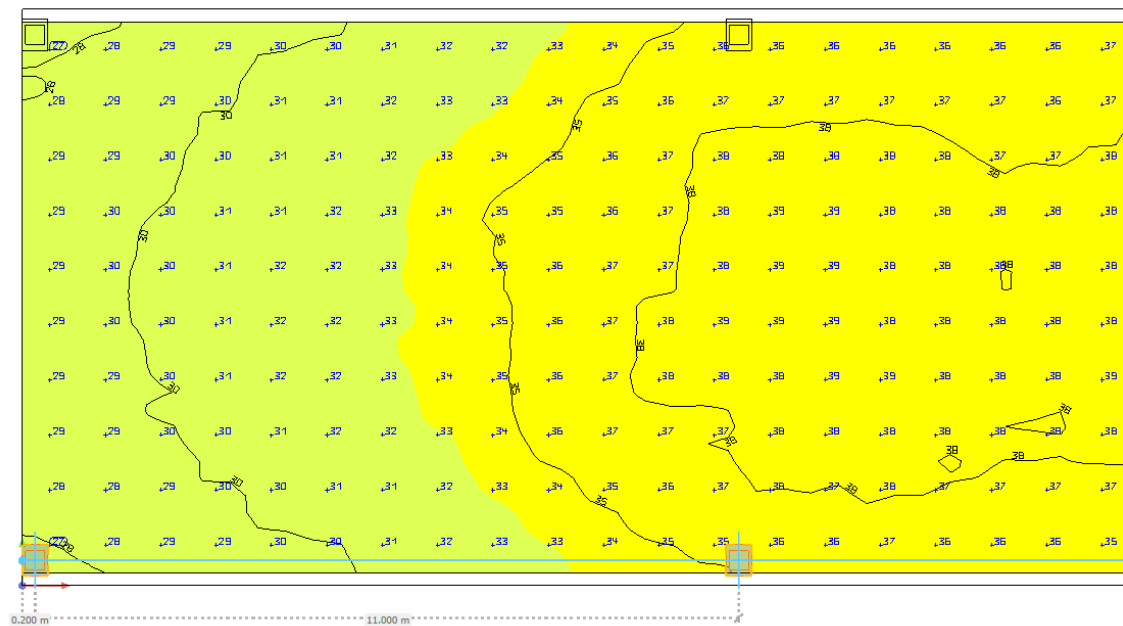
4.2.6.3. Trincheira de 9 metros de largura e até 12 metros de altura.

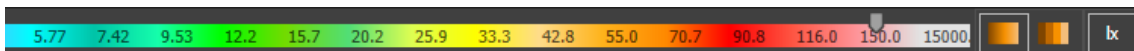
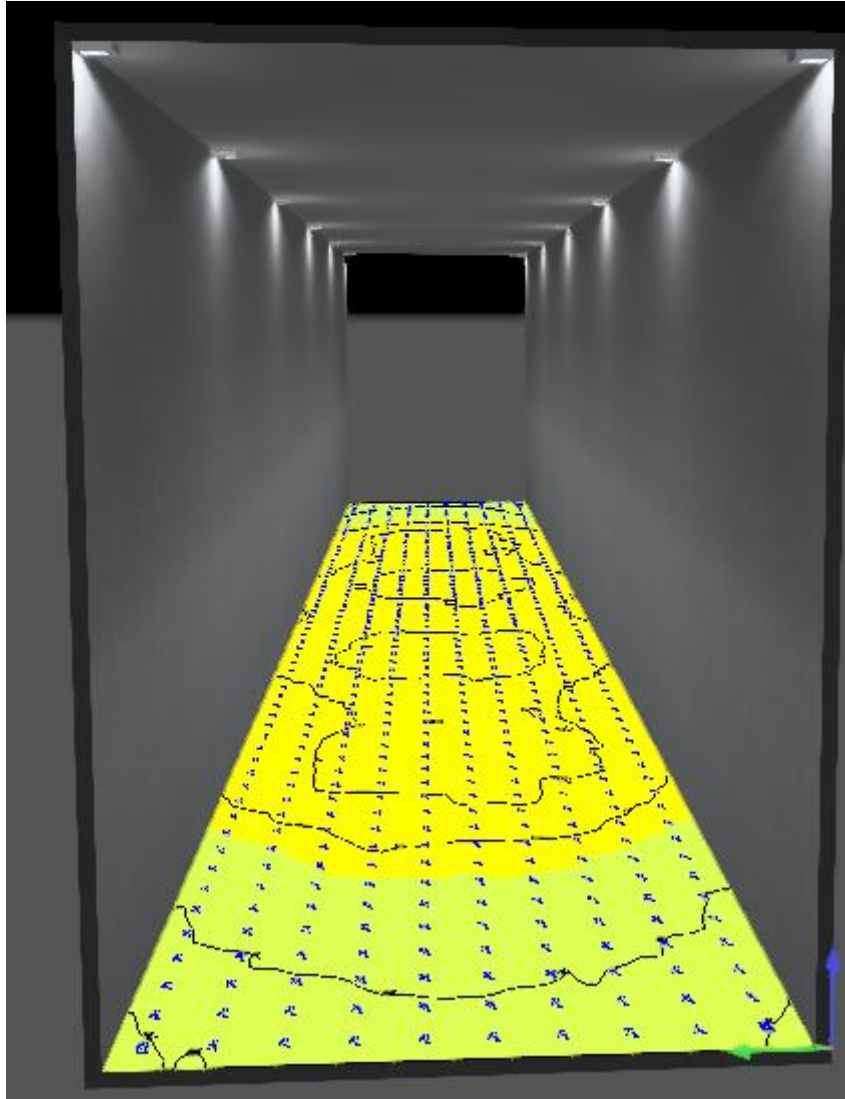
Para trincheiras de 9 metros de largura, com altura de até 12 metros, espaçamento entre luminárias adotado como padrão para esta topologia é de 11m, com luminárias em ambos os lados das trincheiras, instaladas no teto.

A luminária utilizada nessa topologia é Simon - Milos M RJ optic 4600lm 5000K 39W

Superfícies

Propriedades	Ø	mín	máx	g ₁	g ₂	Índice
Objecto de resultado de superfície 1 (Piso/tecto) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.000 m	36.2 lx	26.6 lx	41.3 lx	0.73	0.64	S1
Objecto de resultado de superfície 1 (Piso/tecto) Densidade de luminância Altura: 0.000 m	2.06 cd/m ²	1.51 cd/m ²	2.35 cd/m ²	0.73	0.64	S1





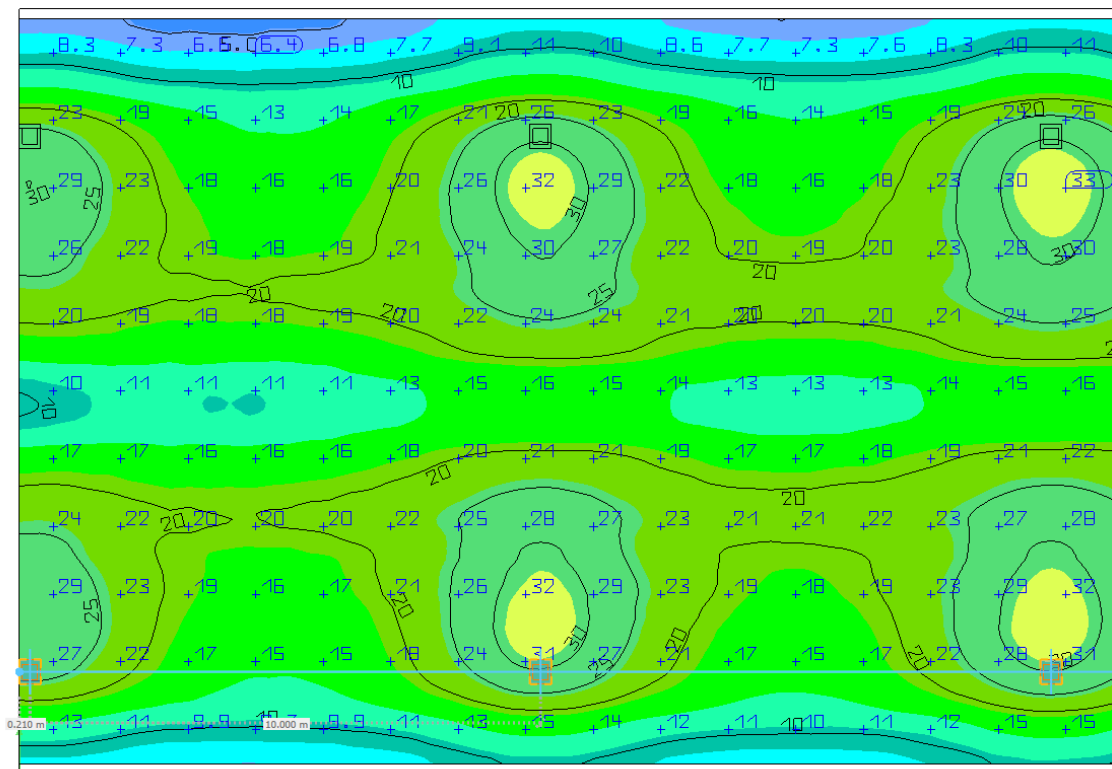
4.2.6.4. Trincheira de 15 metros de largura e até 4 metros de altura.

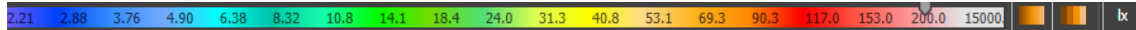
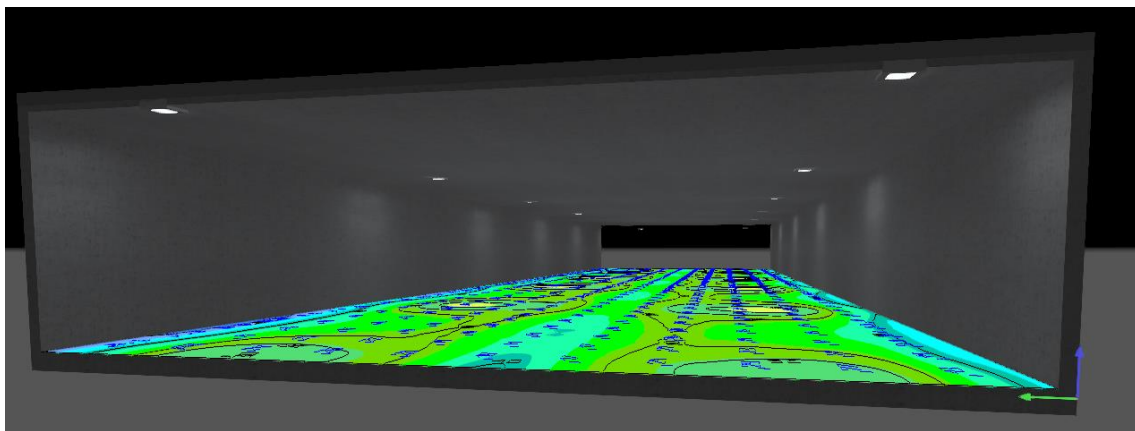
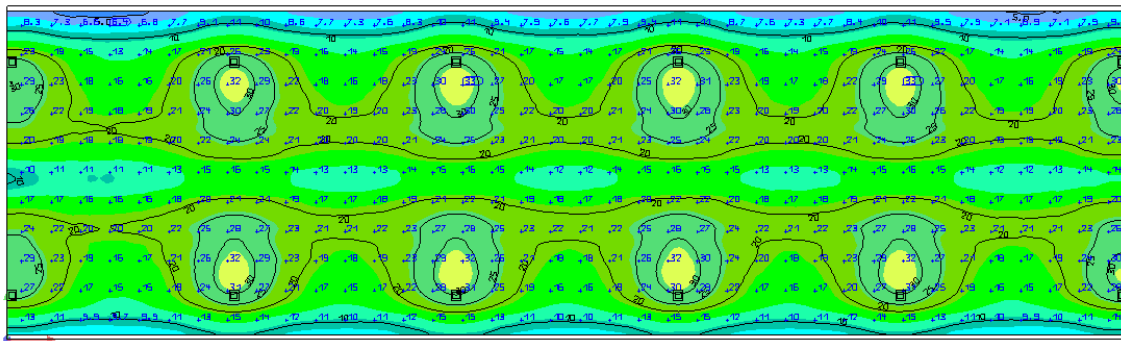
Para trincheiras de 15 metros de largura, com altura de até 4 metros, espaçamento entre luminárias adotado como padrão para esta topologia é de 10m, com luminárias em ambos os lados, instaladas no teto a dois metros das paredes.

A luminária utilizada nessa topologia é Simon - Milos M RJ optic 1600lm 5000K 13W

Superfícies

Propriedades	Ø	mín	máx	g ₁	g ₂	Índice
Objecto de resultado de superfície 3 (Parede) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.100 m	18.8 lx	4.44 lx	33.2 lx	0.24	0.13	S1
Objecto de resultado de superfície 3 (Parede) Densidade de luminância Altura: 0.100 m	2.57 cd/m ²	0.61 cd/m ²	4.53 cd/m ²	0.24	0.13	S1





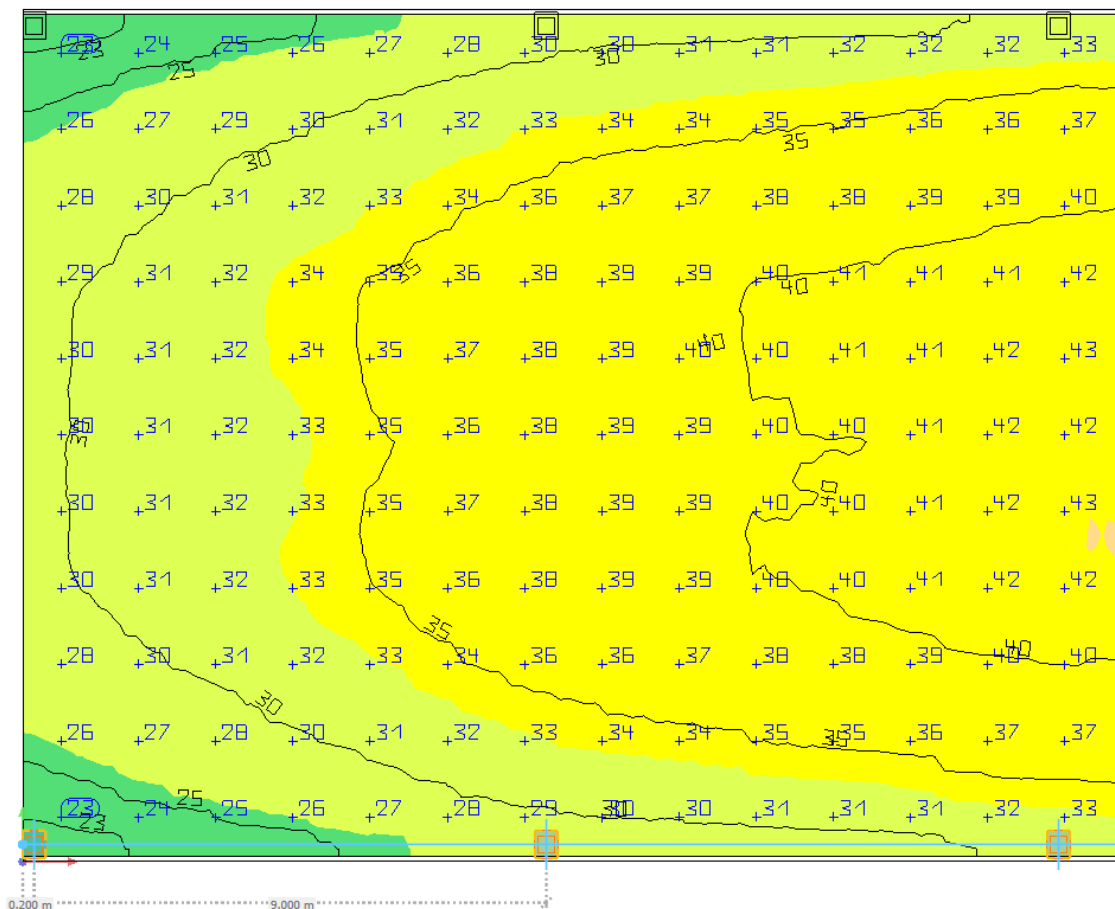
4.2.6.5. Trincheira de 15 metros de largura e até 7 metros de altura.

Para trincheiras de 15 metros de largura, com altura de até 7 metros, espaçamento entre luminárias adotado como padrão para esta topologia é de 9m, com luminárias em ambos os lados das trincheiras, instaladas no teto.

A luminária utilizada nessa topologia é Simon - Milos M RJ optic 4600lm 5000K 39W

Superfícies

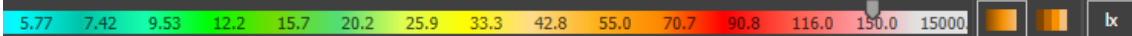
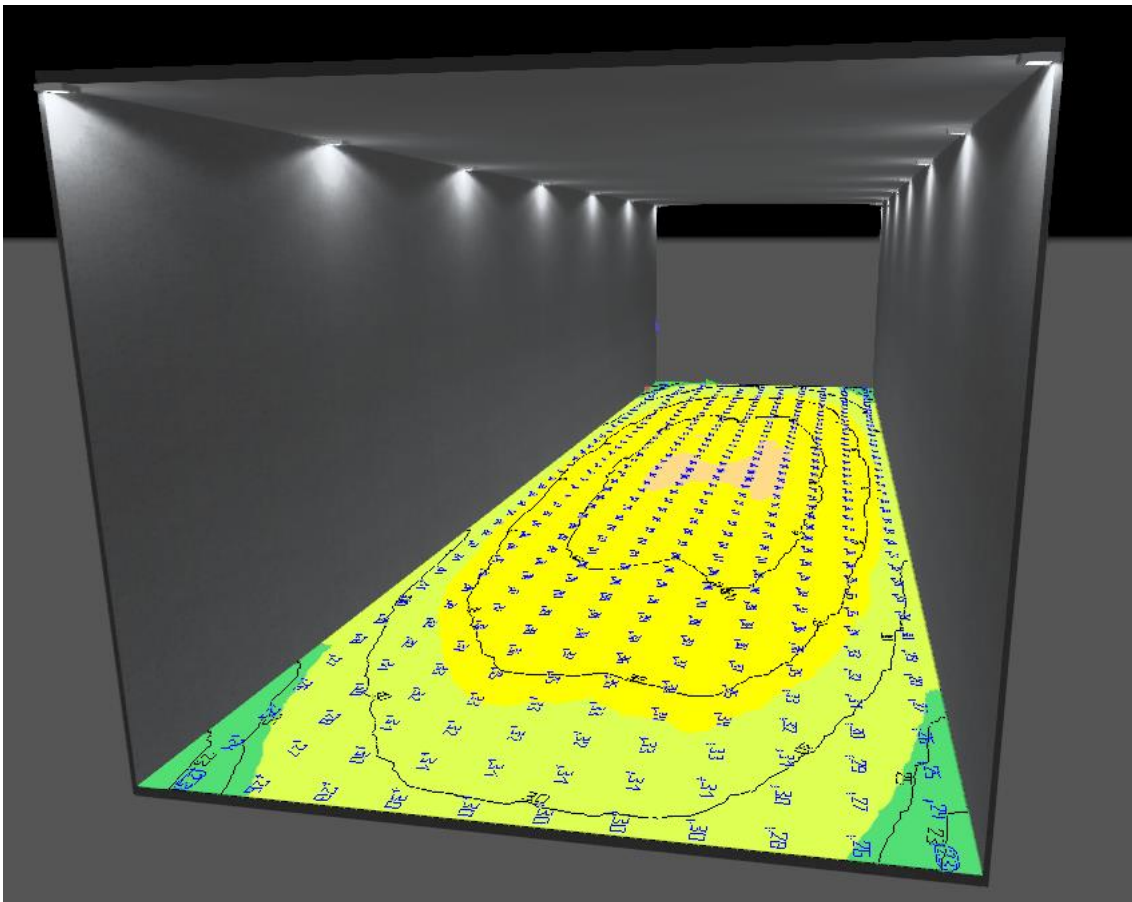
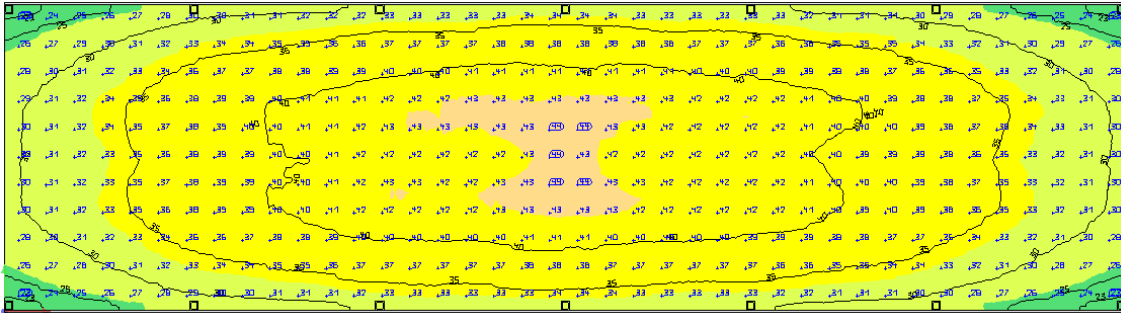
Propriedades	Ø	mín	máx	g ₁	g ₂	Índice
Objecto de resultado de superfície 6 (Piso/tecto) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.000 m	35.9 lx	21.0 lx	43.8 lx	0.58	0.48	S1
Objecto de resultado de superfície 6 (Piso/tecto) Densidade de luminância Altura: 0.000 m	2.04 cd/m ²	1.19 cd/m ²	2.49 cd/m ²	0.58	0.48	S1



Estudos de Engenharia - Iluminação
Alça Sudoeste

Data: 08/12/2020

Versão: 02



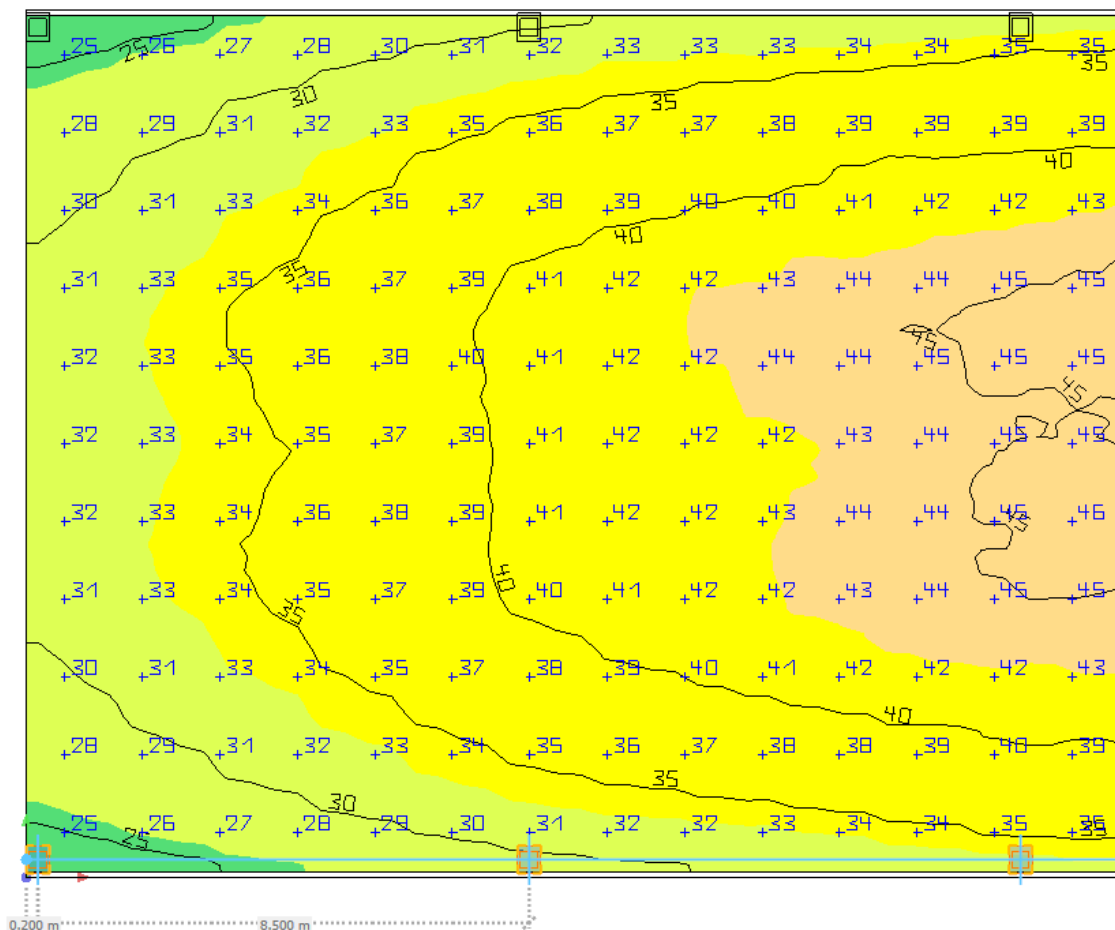
4.2.6.6. Trincheira de 15 metros de largura e até 12 metros de altura.

Para trincheiras de 15 metros de largura, com altura de até 12 metros, espaçamento entre luminárias adotado como padrão para esta topologia é de 8,5m, com luminárias em ambos os lados das trincheiras, instaladas no teto.

A luminária utilizada nessa topologia é Simon - Milos M RJ optic 4600lm 5000K 39W

Superfícies

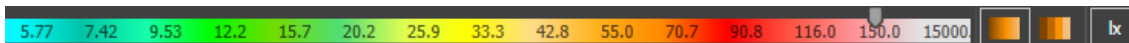
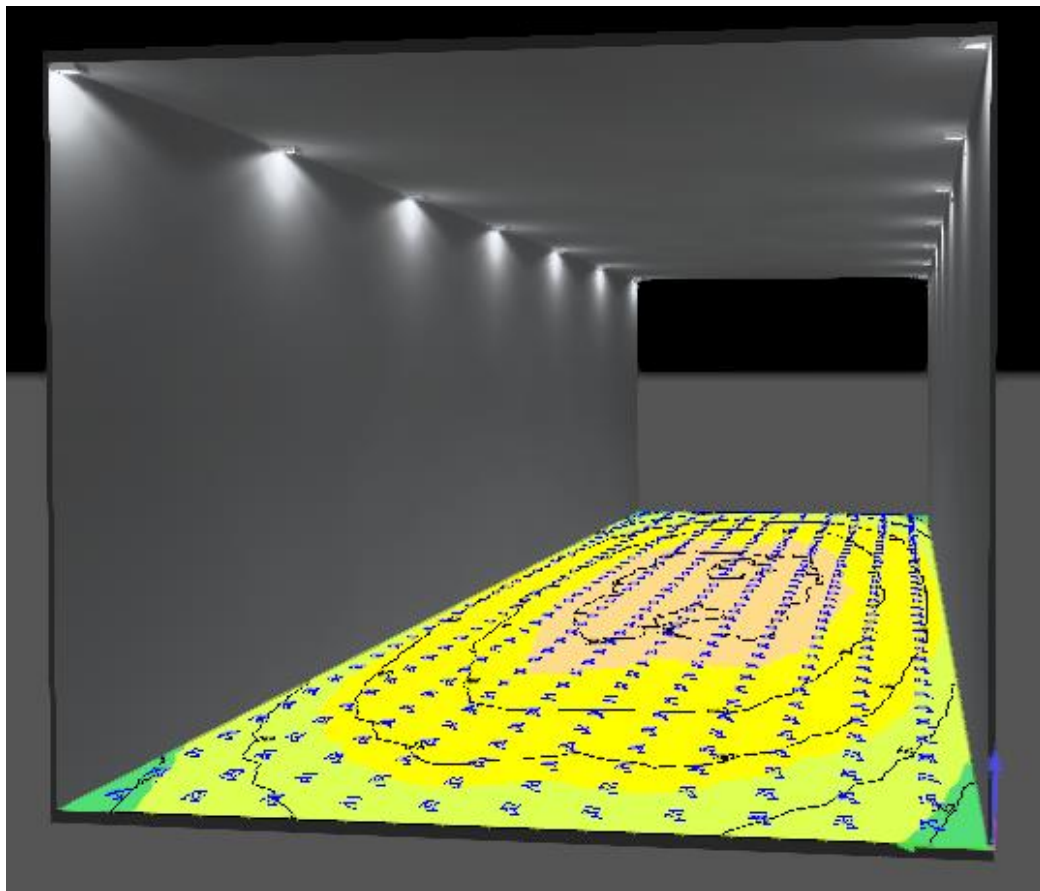
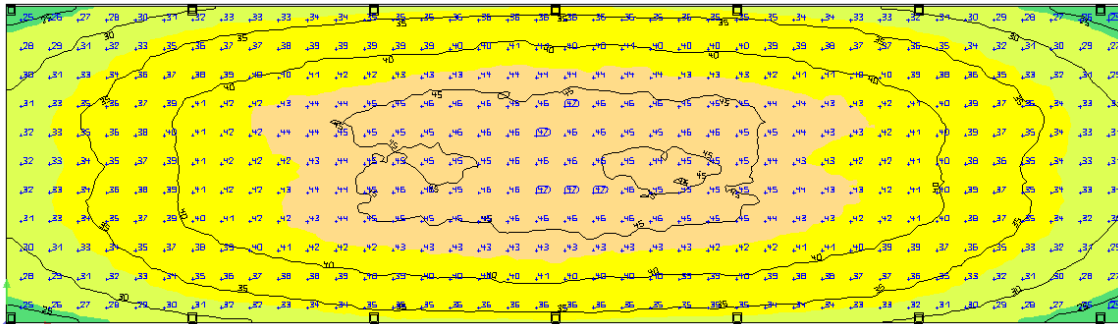
Propriedades	Ø	mín	máx	g ₁	g ₂	Índice
Objecto de resultado de superfície 3 (Piso/tecto) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.000 m	38.2 lx	21.8 lx	47.1 lx	0.57	0.46	S1
Objecto de resultado de superfície 3 (Piso/tecto) Densidade de luminância Altura: 0.000 m	2.17 cd/m ²	1.24 cd/m ²	2.68 cd/m ²	0.57	0.46	S1



**Estudos de Engenharia - Iluminação
Alça Sudoeste**

Data: 08/12/2020

Versão: 02



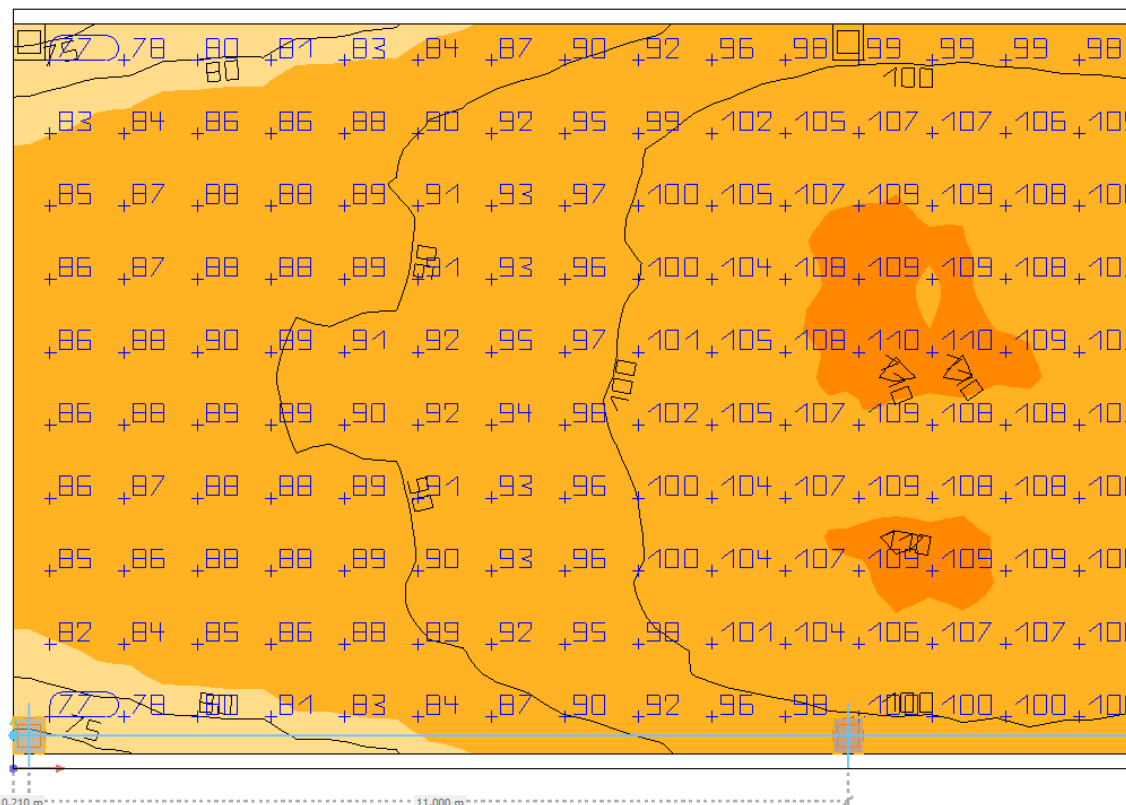
4.2.6.1. Túnel de 10,2 metros de largura e até 11 metros de altura – Iluminação Diurna

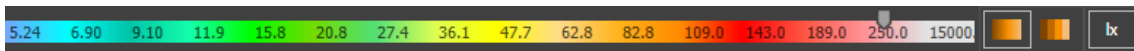
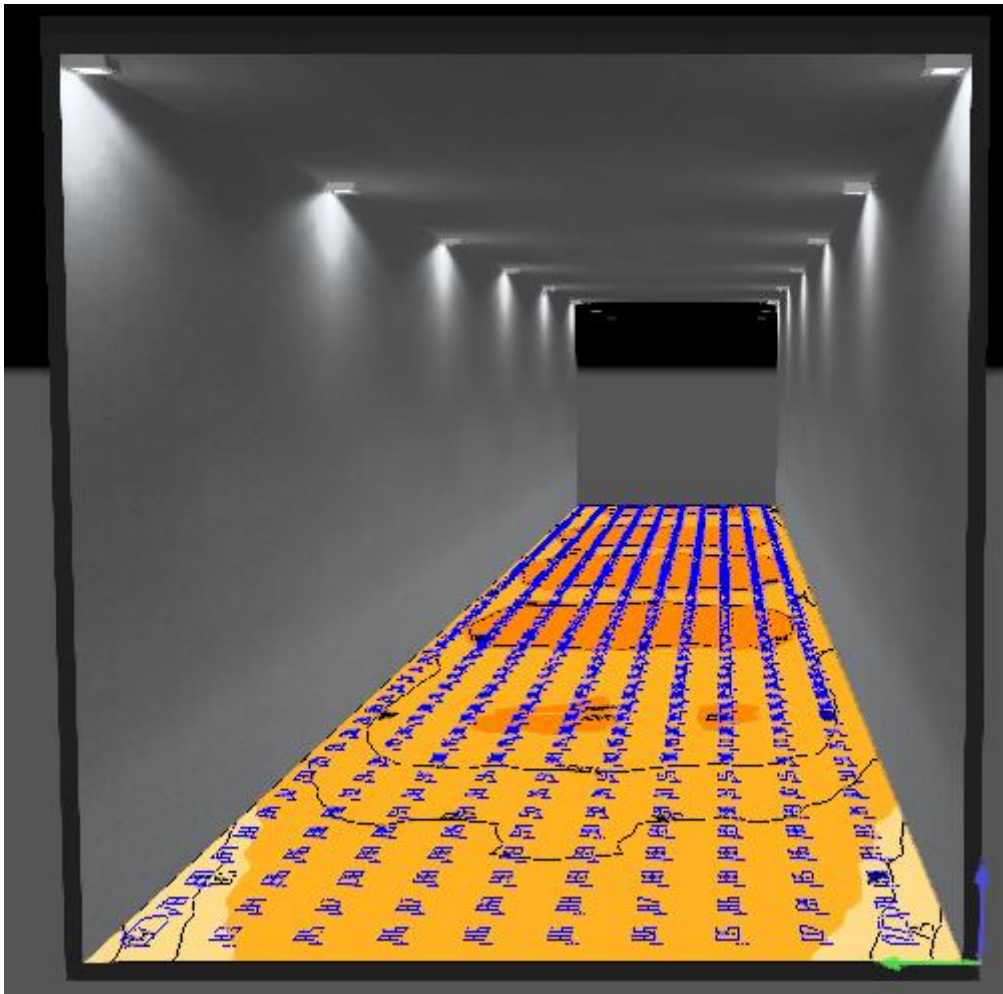
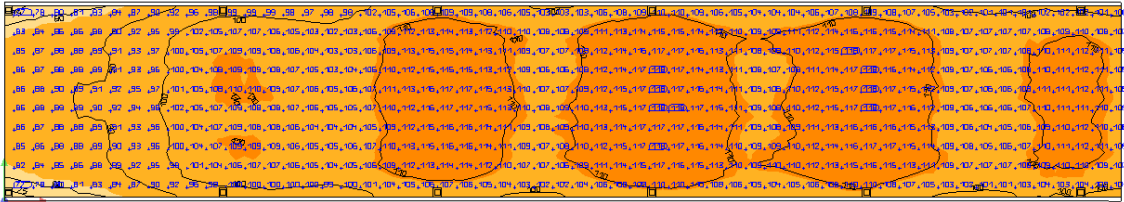
Para os túneis de 10,2 metros de largura, com altura de até 11 metros, espaçamento entre luminárias adotado como padrão para esta topologia é de 11m, com luminárias em ambos os lados do túnel, instaladas no teto.

Dessa forma obteve-se o índice de luminância maior que 6cd/m², necessário para o período diurno, com veículos a 60km/h.

A luminária utilizada nessa topologia é Simon - Milos M RJ optic 11400lm 5000K 96W

Propriedades	Ø	mín	máx	g ₁	g ₂	Índice
Objecto de resultado de superfície 5 (Piso/tecto) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.000 m	106 lx	73.4 lx	118 lx	0.69	0.62	S1
Objecto de resultado de superfície 5 (Piso/tecto) Densidade de luminância Altura: 0.000 m	6.03 cd/m ²	4.17 cd/m ²	6.72 cd/m ²	0.69	0.62	S1





4.2.6.1. Túnel de 10,2 metros de largura e até 11 metros de altura – Iluminação Noturna

Para os túneis de 10,2 metros de largura, com altura de até 11 metros, espaçamento entre luminárias adotado como padrão para esta topologia é de 22m, com luminárias em ambos os lados do túnel, instaladas no teto de forma intercalada.

Estudos de Engenharia - Iluminação
Alça Sudoeste

Data: 08/12/2020
Versão: 02

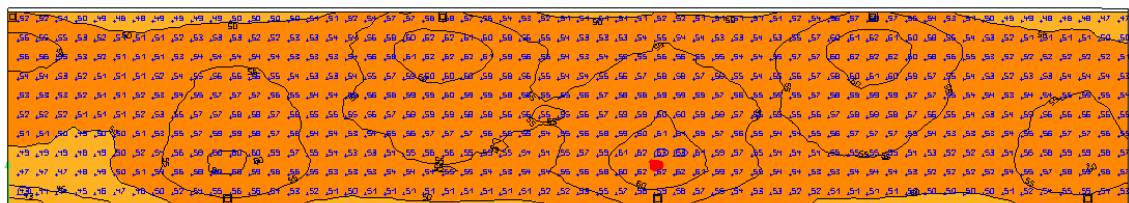
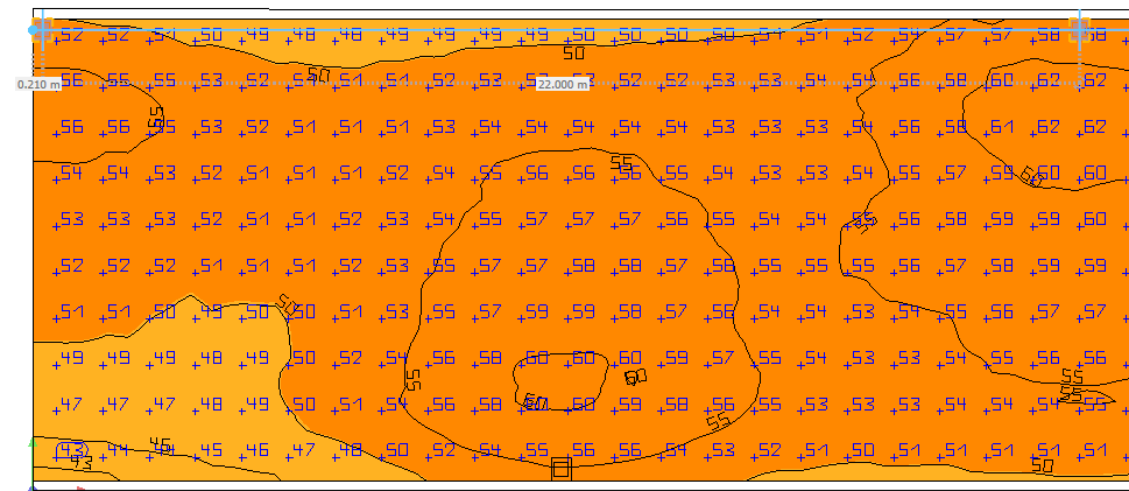
Sendo assim, no período noturno devem ser acionadas metade das luminárias disponíveis, já instaladas para o período diurno.

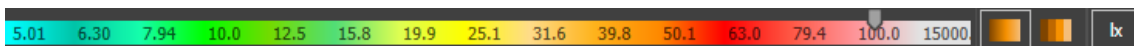
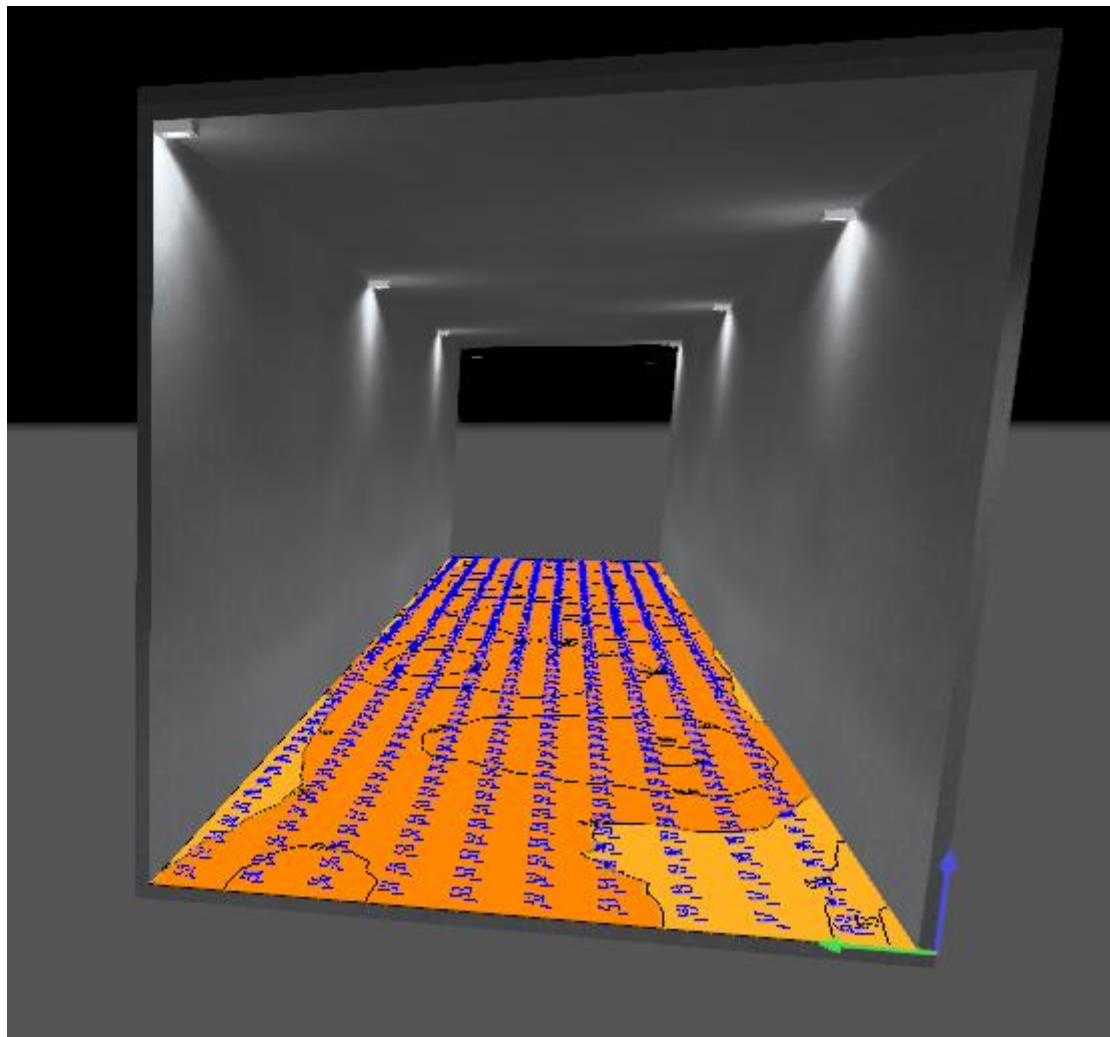
Dessa forma obteve-se o índice de luminância maior que 2,5cd/m², necessário para a iluminação noturna de tuneis com vias de um sentido.

A luminária utilizada nessa topologia é Simon - Milos M RJ optic 11400lm 5000K 96W

Superfícies

Propriedades	Ø	mín	máx	g ₁	g ₂	Índice
Objecto de resultado de superfície 5 (Piso/tecto) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.000 m	52.7 lx	23.1 lx	63.8 lx	0.44	0.36	S1
Objecto de resultado de superfície 5 (Piso/tecto) Densidade de luminância Altura: 0.000 m	2.99 cd/m ²	1.31 cd/m ²	3.62 cd/m ²	0.44	0.36	S1





4.2.6.1. Túnel de 10,2 metros de largura e até 11 metros de altura – Iluminação de Emergência

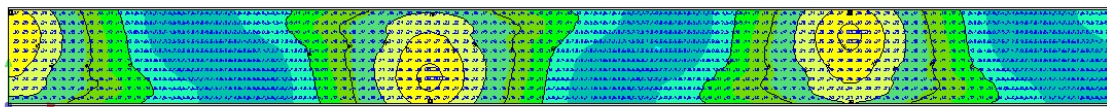
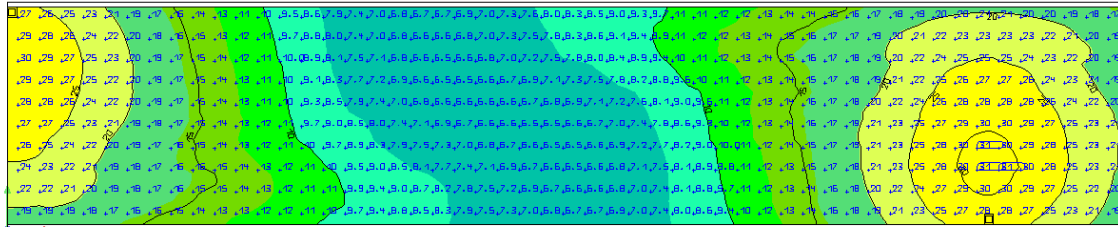
Para os tuneis de 10,2 metros de largura, com altura de até 11 metros, espaçamento entre luminárias adotado como padrão para a iluminação de emergência é de 44m, com luminárias em ambos os lados do túnel, instaladas no teto de forma intercalada.

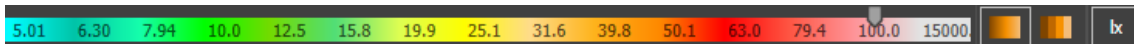
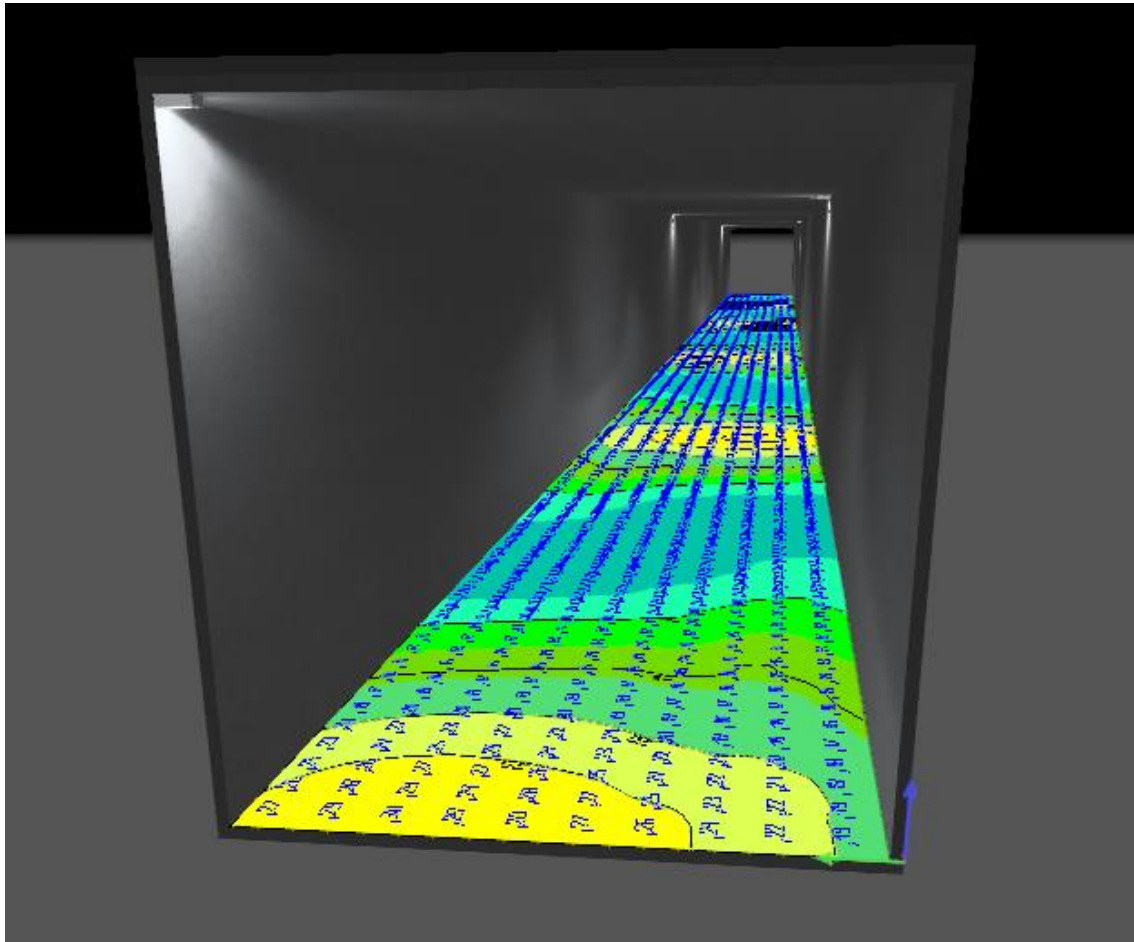
Dessa forma obteve-se o índice de iluminância maior que 10lux.

A luminária utilizada nessa topologia é Simon - Milos M RJ optic 11400lm 5000K 96W

Superfícies

Propriedades	Ø	mín	máx	g ₁	g ₂	Índice
Objecto de resultado de superfície 5 (Piso/tecto) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.000 m	13.7 lx	6.23 lx	30.9 lx	0.45	0.20	S1
Objecto de resultado de superfície 5 (Piso/tecto) Densidade de luminância Altura: 0.000 m	0.78 cd/m ²	0.35 cd/m ²	1.75 cd/m ²	0.45	0.20	S1





4.2.7. Resumo dos trechos com iluminação e suas topologias

Alça Sudoeste:

- Iluminação dos 10Km iniciais da alça:
 - Topologia 1: 2 vias de 10km, totalizando 20km de instalação de topologia 01.

- 7 (sete) transposições de sistema viário local:
 - Trincheiras 9m x 4m de altura: 102m;
 - Trincheiras 15m x 4m de altura: 51m;
 - Trincheiras 15m x 7m de altura: 62m;
 - Trincheiras 15m x 12m de altura: 51m.

- Iluminação da Interseção FIAT – REGAP:
 - Topologia 2: 1,8km;
 - Topologia 3: 1,4km.

- Iluminação da Interseção MG-040 - níveis diferentes e área maior de iluminação:
 - Topologia 3: 4,33km;
 - Topologia 4: 620m.

- Iluminação de área rural:
 - Topologia 1: 2 vias de 12km, totalizando 24km de instalação de topologia 01.

5. Especificação da implantação

5.1. Levantamento de cargas

Alça Sudoeste:

- Iluminação dos 10Km iniciais da alça: 136kW;

- 7 (sete) transposições de sistema viário local:
 - Trincheiras 9m x 4m de altura: 105W por trincheira;
 - Trincheiras 15m x 4m de altura: 66W por trincheira;
 - Trincheiras 15m x 7m de altura: 134W por trincheira;
 - Trincheiras 15m x 12m de altura: 165W por trincheira.

- Iluminação da Interseção FIAT – REGAP: 20,4kW;

- Iluminação da Interseção MG-040 - níveis diferentes e área maior de iluminação: 28,646kW

- Iluminação de área rural: 163,2kW

5.2. Alimentação Elétrica

O sistema de iluminação a ser implantado será alimentado diretamente da rede de energia da CEMIG através de entradas de energias trifásicas, distribuídas ao longo do trecho. Serão entradas de energia tipo C1, com carga máxima de 15kW, construídas conforme critérios específicos contidos nas normas Cemig.

Na ausência de rede de baixa tensão nas proximidades do ponto de entrada de energia, será necessário a construção desde o ponto de derivação em 13,8kV mais próximo até a área a ser alimentada. No local da alimentação, será instalado um transformador rebaixador trifásico, 13,8-0,22/0,127kW, para a instalação da medição em baixa tensão, conforme entrada tipo D, Cemig.

5.3. Geradores

Para atendimento da iluminação de emergência nos tuneis, devem ser previstos motogeradores trifásicos, com quadro de transferência automático (QTA), de instalação ao tempo e potência compatível com as potências dos tuneis.

Os geradores devem ser instalados em área cercada, com dispositivos anti-furto.

5.4. Comandos

As luminárias projetadas serão acionadas por comando individual acionado por Relé Fotoelétrico localizado em cada uma das luminárias.

5.5. Condutores

Os condutores aplicados serão próprios para a instalação subterrânea através de condutores de cobre com isolamento EPR 90°C para 0,6/1kV, instalados em tubulação subterrânea ou diretamente no solo entre os postes e luminárias, salvo indicação contrária.

5.6. Caixas de passagem

Foram previstas caixas de passagem no pé de cada poste e em travessias de ruas e vias, visando facilitar a enfição e possibilitando as derivações do ramal principal para atender aos postes.

As caixas de passagem deverão ser pré-moldadas ou construídas in loco, e suas dimensões estão contidas na simbologia mostrada no projeto.

5.7. Aterramento

O sistema elétrico – alimentado pela rede – será do tipo estrela com Neutro aterrado em um único ponto, conforme Esquema TN-S da NBR-5410.

Todos os equipamentos e cargas serão rigidamente ligados à terra através de condutores de proteção “PE”, que acompanharão os seus respectivos alimentadores ou circuitos. Este condutor NÃO deve ser utilizado, em hipótese alguma, para obtenção de tensão de fase-neutro.

Massas metálicas dos equipamentos ou quadros elétricos de Baixa Tensão são aterradas, obrigatoriamente, pelos condutores de proteção “PE”, que acompanham seus respectivos alimentadores, além de eventuais outros pontos de conexão.

Em cada trajeto de passagem de múltiplos circuitos será lançado um único condutor “PE”, independente do aterramento das massas metálicas dos condutos elétricos.

Os condutores de proteção “PE” não devem conter dispositivos que possam causar sua interrupção, e serão instalados nos condutos dos circuitos, com isolação na cor verde.

Deverá ser do escopo de fornecimento da empresa contratada para a execução desse sistema todos os materiais complementares para a sua completa instalação, testes de resistividade do terreno, incluindo a exigência da realização das medições e testes após a conclusão da execução de todo o sistema de proteção contra descargas atmosféricas e aterramento.

O aterramento dos postes metálicos deve ser feito conforme indicado em projeto, respeitando-se os itens referentes a aterramento e proteção contra descargas atmosféricas, presentes nas normas vigentes – NBR 5410 e NBR 5419.

Não se admite o uso de canalizações metálicas de água nem de outras utilidades como eletrodo de aterramento, o que não exclui as medidas de equipotencialização prescritas no item 6.4.2. (NBR 5410).

Nas entradas de energia previstas, deverão ser instaladas três hastes de aterramento para interligação como o neutro da concessionária. Todo o sistema de aterramento deverá ser interligado, de forma a garantir a equipotencialização do sistema.

Os cabos de aterramento devem ser enterrados diretamente no solo, a uma profundidade mínima de 60cm, não devendo possuir cortes ou emendas. As conexões enterradas de cabos de cobre nu devem ser feitas através de solda exotérmica ou conexões por pressão.

5.8. Poste Metálico

Os postes adotados serão do tipo telecônico, reto, de aço galvanizado a fogo, de 9 a 12 metros de altura (conforme especificação da topologia) e base flangeada retos para luminárias simples.

De acordo com o fabricante de referência, a base para instalação dos postes deverá ter dimensão mínima de 400x400x800mm, porém a característica desta base deve ser confirmada com o calculista estrutural da obra.

5.9. Método Não Destrutivo (MND)

Os chamados Métodos Não Destrutivos utilizam máquinas especiais que perfuram o subsolo horizontalmente, entre dois poços de acesso, por onde serão passadas as tubulações. Desta forma, não é necessário rasgar toda a extensão do piso por sob o qual passará a instalação. Esse método é extremamente útil quando da travessia de vias de grande tráfego, uma vez que o trânsito de veículos não será prejudicado pelas obras. A execução por este processo também evita a reposição do pavimento por abertura de valas, reposição esta que nem sempre é igual à situação original do pavimento.

5.10. Especificação de infraestrutura

5.10.1. Valetas

Para o lançamento dos eletrodutos serão escavadas valetas com profundidade média de 80cm, sendo posteriormente reaterradas com o próprio material retirado durante a abertura.

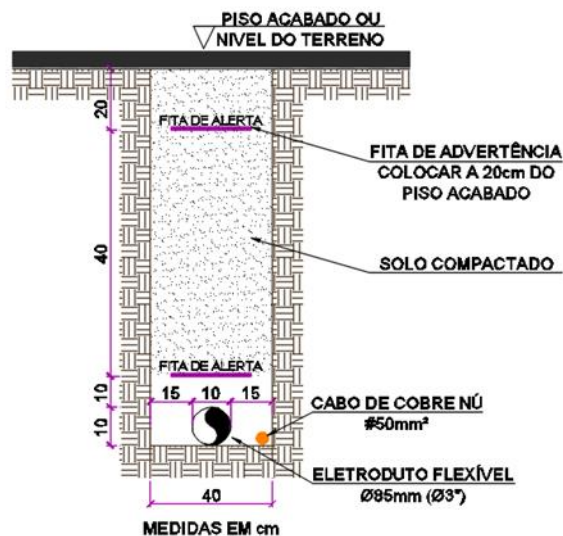


FIGURA 15 – BANCO DE DUTOS

5.10.2. Eletrodutos

Para as instalações subterrâneas serão utilizados eletrodutos flexíveis em PEAD, fabricados conforme a norma NBR 15715 e deverão ter diâmetro interno mínimo de Ø85mm (Ø3'') ao longo de todo o trecho.



FIGURA 16 – ELETRODUTOS FLEXÍVEIS

Para as instalações aparentes (sob viaduto) serão utilizados eletrodutos rígidos em aço galvanizado a fogo, fabricados conforme a norma NBR 5624 e seu diâmetro está especificado em planta.



FIGURA 17 – ELETRODUTOS RÍGIDOS

5.10.3. Caixas de Passagem

As caixas de passagem deverão ser fabricadas em concreto, com tampa cega reforçada, próprias para instalação em piso.

As caixas de passagem poderão ser pré-moldadas ou construídas in loco, e suas dimensões estão contidas na simbologia mostrada no projeto.



FIGURA 18 – CAIXA DE PASSAGEM

5.10.4. Aterramento

Para atender ao sistema de aterramento previsto, serão instaladas no interior de cada caixa de passagem no pé dos postes, uma haste de aterramento com as seguintes características e fornecida com conector em bronze natural tipo cabo/haste modelo GAR para cabos até #70mm²:

Possuir núcleo de aço SAE1010/1020 com revestimento de cobre eletrolítico de pureza mínima de 95% sem traços de zinco. A camada de cobre que constitui o revestimento do aço é obtida através do processo de eletrodeposição anódica de modo a assegurar uma união inseparável e homogênea entre os dois materiais.

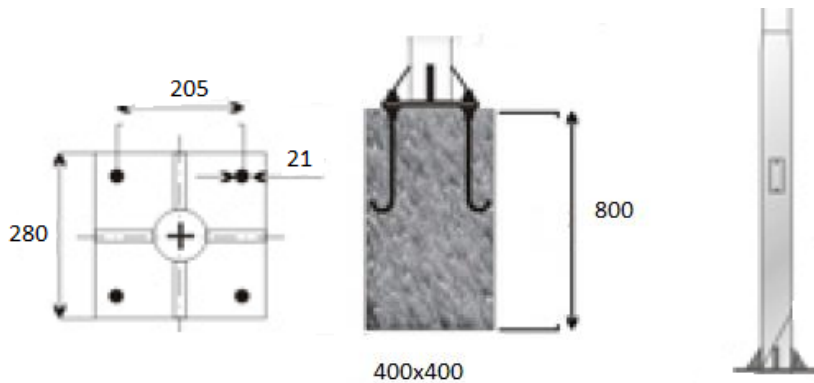


FIGURA 19 – ATERRAMENTO

5.10.5. Postes Metálicos

Postes do tipo telecônico, reto, de aço galvanizado a fogo conforme NBR 6323, simples, 9 a 12 metros de altura, base flangeada, fabricados de acordo com as normas NBR 14744 e NBR 8800 em tubos de aço DIN 2440, fabricados para resistir ao esforço do vento conforme norma NBR 6123.

Os postes serão de padrão Fonini, Conipost ou similar. Modelo de referência: Fonini modelo KRB92 a 1202 com diâmetro de base Ø114MM e diâmetro de topo Ø60mm, fornecido com quadro chumbadores modelo CHJ16 (Ø5/8"x400mm).

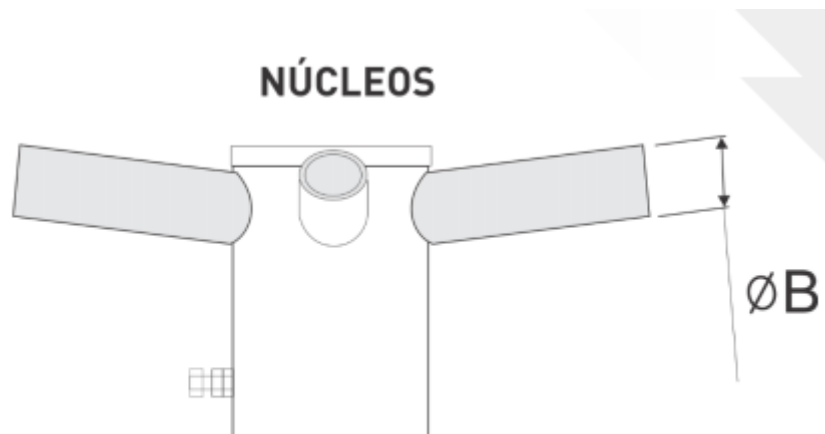

FIGURA 20 – POSTES METÁLICOS

5.10.6. Acessórios para Luminárias e Postes

Caso as luminárias necessitam para sua instalação de um suporte para sustenta-las, estes suportes serão em tubo de aço galvanizado com diâmetro apropriado e deverão possuir tampa superior fixada ao núcleo por meio de parafusos de aço zincado.

As luminárias deverão ser fixadas com ângulo de 10°, formando um ângulo de 100° com relação ao eixo do poste.

Para postes simples, serão utilizados núcleos modelos ZGP-6001, modelo da Fonini.


FIGURA 21 – ACESSÓRIO PARA LUMINÁRIAS E POSTES SIMPLES E DUPLOS

Para os casos onde for conveniente a instalação do poste em muros de contenção, o mesmo deverá ser fixado a uma base de aço galvanizado própria para este fim. O modelo de referência desta base é o SLV-280 da Fonini.

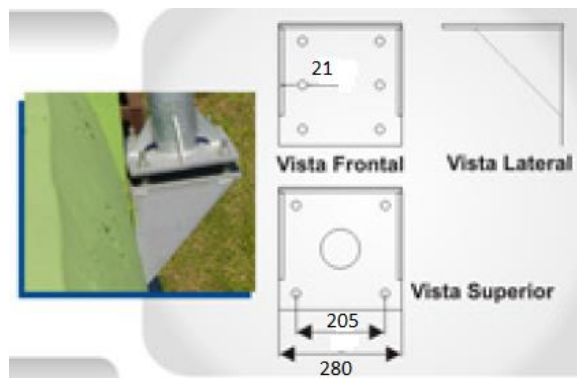


FIGURA 22 – FIXAÇÃO LATERAL EM MURETA

5.10.7. Relé Fotoelétrico

A sua principal finalidade é de acender as lâmpadas ao anoitecer, quando o nível de iluminância é insuficiente para o olho humano e apagar ao amanhecer quando a luz solar for suficiente.

O modelo de referência é o RM-10 da Tecnowatt, com base e tampa injetado em polipropileno preto estabilizado contra irradiações UV resistente a intempéries e choques mecânicos, lente da fotocélula injetada em polipropileno transparente, proteção eletrônica com varistor, acionamento eletromagnético e capacidade de carga de 1000W (220V).



FIGURA 23 - RELÉS FOTOELÉTRICOS

5.10.8. Condutores

Na instalação subterrânea deverão ser utilizados condutores com classe de isolamento 0,6/1kV, em composto EPR para 90°C, sendo as seções nominais especificadas em projeto.

No interior dos postes deverão ser utilizados condutores multipolares com classe de isolamento 0,6/1kV e seção 2x#4mm².

Para o sistema de aterramento serão utilizados condutores de cobre nu #50mm², encordoamento classe 2 conforme norma NBR 6524.

5.11. Resumo e especificação de quantidades de serviços

A planilha de quantitativos e características técnicas dos materiais a serem empregados na implantação do projeto de Iluminação Pública e Instalações Elétricas para o rodoanel metropolitano.

As composições de custos apresentadas na planilha de quantitativos possuem como base as tabelas empregadas em obras públicas no estado de Minas Gerais, tais como SINAPI (Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil) e SETOP (Secretaria de Infraestrutura e Mobilidade).