

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**

**PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES**

**ESTUDO DO DESEMPENHO DA SINALIZAÇÃO HORIZONTAL A FRIO EM  
VIAS URBANAS RECÉM RECAPEADAS NO MUNICÍPIO DE FORTALEZA**

**Marcelo Fortuna França Rodrigues**

**Dissertação submetida ao Programa de  
Mestrado em Engenharia de Transportes  
da Universidade Federal do Ceará, como  
parte dos requisitos para a obtenção do  
título de Mestre em Engenharia de  
Transportes**

**ORIENTADOR: Prof. Dr. Sérgio Armando de Sá e Benevides**

**Fortaleza**

**2008**

## FICHA CATALOGRÁFICA

RODRIGUES, MARCELO FORTUNA FRANÇA

Estudo do desempenho da sinalização horizontal a frio em vias urbanas recém recapeadas no município de Fortaleza , 2008.

101 fls., Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

- |                        |                           |
|------------------------|---------------------------|
| 1. Sinalização viária  | 2. Sinalização Horizontal |
| 3. Retrorrefletividade | 4. Pintura a frio         |

CDD 388

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

RODRIGUES, M. F. F. (2008). Estudo do desempenho da sinalização horizontal a frio em vias urbanas recém recapeadas no município de Fortaleza  
Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia do Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 101 fls.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Marcelo Fortuna França Rodrigues

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO:

Estudo do desempenho da sinalização horizontal a frio em vias urbanas recém recapeadas no município de Fortaleza.

Mestre / 2008

É concedida à Universidade Federal do Ceará permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Marcelo Fortuna França Rodrigues

Rua Lavras da Mangabeira, 582

60325-780 – Fortaleza/CE – Brasil

ESTUDO DO DESEMPENHO DA SINALIZAÇÃO HORIZONTAL A FRIO EM  
VIAS URBANAS RECÉM RECAPEADAS NO MUNICÍPIO DE FORTALEZA

Marcelo Fortuna França Rodrigues

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE  
MESTRADO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CEARÁ COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À  
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Aprovada por:

---

Prof. Sérgio Armando de Sá e Benevides, D. Sc.  
(Orientador)

---

Prof. Suelly Helena de Araújo Barroso, Dra. Eng.  
(Examinadora Interna)

---

Profª Sandra Oda, Dra. Eng.  
(Examinadora Externa)

FORTALEZA, CE – BRASIL

DEZEMBRO DE 2008

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus que me deu sua força para que eu conseguisse chegar até aqui.

Agradeço também ao meu orientador prof. Sergio Benevides que pegou o barco andando e quase naufragando e ajudou a conduzir a um porto seguro.

À minha companheira Eri que em sua grandiosa paciência me agüentou e me incentivou nesta jornada.

À minha mãe a “tia Marta” para muitos e mãe sempre presente para mim, meu irmão Rômulo com seu sempre bom humor e companheirismo.

Aos meus familiares que muito me apoiaram em horas difíceis nas pessoas de Mary, Julieta, Mementa, minha madrinha Lúcia e meu padrinho Juarez.

Aos meus amigos de faculdade que me mostraram a Engenharia de Transportes, Regis Tavares, Hélio Souza, Carlos Henrique, Filipe Gurgel, Marcus Vinicius, Marcos Timbó. A minha sempre amiga-chefe Sueli Rodrigues pelos conselhos e conversas. A todos da AMC, Patricia, Hermânia, Séfora, Emiliana, a todos os EX-AMC, Gabrielle, Saulo, Daniele.

A todos da TARGA ENGENHARIA, em especial ao Felipe pela ajuda nas medidas em campo.

Ao Júlio Cavalcanti pelo tempo me dado no trabalho para finalizar este estudo.

Aos meu companheiros e companheiras de uma vida toda, Luiz Eduardo e sua esposa Erika, Ricardo Brito e Ana Wladia, Ricardo Leite e Vera, Everaldo, Tales e Sabrina. Obrigado a vocês por não se chatearem às vezes que não estive presente nos bares, shows de metal e outras confraternizações.

E um agradecimento muito especial à Fabiana Marques, pois sem ela esse trabalho não estaria pronto.

Resumo da Dissertação submetida ao PETRAN/UFC como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências (M.Sc.) em Engenharia de Transportes

ESTUDO DO DESEMPENHO DA SINALIZAÇÃO HORIZONTAL A FRIO EM VIAS URBANAS RECÉM RECAPEADAS NO MUNICÍPIO DE FORTALEZA

MARCELO FORTUNA FRANÇA RODRIGUES

Dezembro/2008

Orientador: Prof. Sérgio Armando de Sá e Benevides

O uso de tintas aplicadas a frio na sinalização horizontal em vias urbanas é muito comum em todo o mundo, inclusive no Brasil. Na cidade de Fortaleza, as tintas aplicadas a frio são utilizadas em praticamente todas as vias pavimentadas. Nas operações de manutenção, de reabilitação ou de reconstrução das vias de Fortaleza, observa-se que a durabilidade da sinalização horizontal não está correspondendo à expectativa de vida útil dada pelos fabricantes das tintas. Apesar da execução da pintura atender às normas técnicas e aos manuais fornecidos pelos fabricantes e de todos os materiais apresentarem laudos de laboratórios credenciados para tal, a sinalização horizontal tem apresentado um desempenho bem inferior ao esperado. O presente trabalho de dissertação investiga fenômenos que podem estar contribuindo para esta reduzida vida útil das sinalizações horizontais, como, por exemplo, o tempo de cura da mistura asfáltica, que mostrou influenciar positivamente as medidas de retrorreflectância.

Abstract of Thesis submitted to PETRAN/UFC as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.) in Transportation Engineering

MARCELO FORTUNA FRANÇA RODRIGUES

December/2008

Advisor: Prof. Sérgio Armando de Sá e Benevides

The use of cold painting on horizontal signs in urban driveways is very common worldwide, as also in Brazil. In Fortaleza City, the cold paintings are used in almost all paved driveways. During maintenance, recovery, or reconstruction practices, it has been observed that the lengths of the horizontal signs are not matching the expectations provided by their manufacturers. Even complying with the technical standards and the product user's guide, and using tested and approved materials, the horizontal paintings have been largely underperformed. This dissertation investigates some features that may be influencing this reduced length of the horizontal signs, such as the curing time of the asphalt mix, which showed to influence positively the measures of Reflectivity of Pavement Markings.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. PROBLEMA DA PESQUISA.....</b>	<b>5</b>
<b>1.3. OBJETIVOS DA PESQUISA.....</b>	<b>5</b>
<b>1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO.....</b>	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO 2 HISTÓRICO DA SINALIZAÇÃO HORIZONTAL.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1. HISTÓRICO.....</b>	<b>8</b>
2.1.1 Evolução das leis.....	8
2.1.2 Evolução dos materiais.....	10
<b>2.2. DEFINIÇÃO DE SINALIZAÇÃO HORIZONTAL.....</b>	<b>13</b>
<b>2.3. PRINCÍPIOS BÁSICOS.....</b>	<b>13</b>
<b>2.4. PADRÕES.....</b>	<b>15</b>
2.4.1 Padrão de forma.....	15
2.4.2 Padrão de cor.....	17
<b>2.5. CLASSIFICAÇÃO.....</b>	<b>23</b>
2.5.1 Marcas Longitudinais.....	24
2.5.2 Marcas transversais.....	36
2.5.3 Marcas de Canalização.....	44
2.5.4 Marcas de Delimitação e Controle de Parada e/ou Estacionamento.....	47

2.5.5 Inscrições no Pavimento.....	51
<b>CAPÍTULO 3 MATERIAIS, EQUIPAMENTOS E ESPECIFICAÇÕES UTILIZADOS PARA EXECUÇÃO DA SINALIZAÇÃO HORIZONTAL.....</b>	<b>63</b>
<b>3.1. MATERIAIS.....</b>	<b>63</b>
3.1.1. Tintas.....	63
3.1.2. Termoplásticos.....	66
3.1.3. Laminados pré-fabricados.....	68
3.1.4. Microesfera de vidro.....	70
<b>3.2 EQUIPAMENTOS.....</b>	<b>73</b>
3.2.1 Retrorefletômetro.....	73
3.2.2 Sistema integrado de simulação de tráfego normatizado.....	76
3.2.3. Medidores de espessura.....	79
<b>3.3 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS.....</b>	<b>83</b>
<b>CAPÍTULO 4 PROCEDIMENTOS.....</b>	<b>89</b>
<b>4.1. ESCOLHA DA MASSA ASFÁLTICA.....</b>	<b>89</b>
<b>4.2. ESCOLHA DO ESQUEMA DE PINTURA E PINTURA DO CORPO DO PROVA.....</b>	<b>90</b>
<b>4.3. COMPACTAÇÃO DO CORPO DE PROVA.....</b>	<b>91</b>
<b>4.4. SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO NO CORPO DE PROVA.....</b>	<b>94</b>
<b>4.5. MEDIDA DA RETRORREFLETÂNCIA.....</b>	<b>95</b>

<b>4.6. DETERMINAÇÃO DO DIA ÓTIMO PARA PINTURA.....</b>	<b>96</b>
<b>4.7. ESTUDO DE CAMPO.....</b>	<b>97</b>
<b>CAPÍTULO 5 ANÁLISE DOS RESULTADOS CONCLUSÕES E</b>	
<b>RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>99</b>
<b>5.1. DIA ÓTIMO PARA PINTURA.....</b>	<b>99</b>
<b>5.2. VERIFICAÇÃO EM CAMPO.....</b>	<b>101</b>
<b>5.3. RECOMENDAÇÕES PARA NOVAS PESQUISAS.....</b>	<b>104</b>

**LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura 1.1: Frota cadastrada.....</b>	<b>2</b>
<b>Figura 1.2: Número de acidentes.....</b>	<b>2</b>
<b>Figura 2.1: Via Apia.....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 2.2: Linhas contínuas sem interrupção.....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 2.3: Linha tracejada ou seccionada.....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 2.4: Legenda no pavimento.....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 2.5: Fluxos opostos.....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 2.6: Regulamentação de ultrapassagem.....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 2.7: Delimitação de espaço proibido para estacionamento ou parada..</b>	<b>19</b>
<b>Figura 2.8: Lombada física.....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 2.9: Movimento no mesmo sentido.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 2.10: Delimitar áreas de circulação.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 2.11: Estacionamento regulamentado.....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 2.12: Faixa de pedestre.....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 2.13: Legenda “PARE”.....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 2.14: Ciclovia.....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 2.15: Ciclofaixa.....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 2.16: estacionamento para ambulância.....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 2.17: Vaga para deficiente físico.....</b>	<b>23</b>

<b>Figura 2.18: Linha longitudinal contínua dupla amarela.....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 2.19: Linha longitudinal seccionada simples amarela.....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 2.20: Linha de bordo contínua branca.....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 2.21: linhas longitudinais brancas seccionadas.....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 2.22: LFO-1.....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 2.23: LFO-2.....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 2.24: LFO-3.....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 2.25: LFO-4.....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 2.26: LMS-1.....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 2.27: LMS-2.....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 2.28: LBO.....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 2.29: LCO.....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 2.30: MFE.....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 2.31: MFP.....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 2.32: MFR.....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 2.33: MCI.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 2.34: LRE.....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 2.35: LRV.....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 2.36: LDP.....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 2.37a: FTP-1: “Tipo Zebrada” .....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 2.37b: FTP-2: “Tipo paralela” .....</b>	<b>40</b>

<b>Figura 2.38: MCC.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 2.39: MAC.....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 2.40: MAE.....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 2.41: MCF.....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 2.42: LCA.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 2.43: ZPA.....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 2.44: LPP.....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 2.45: MVE.....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 2.46: MER.....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 47 a,b,c: Estacionamento Simples Paralelo ao Meio Fio.....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 2.48: Estacionamento Simples Paralelo ao Meio Fio (guia).....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 2.49 a,b,c: Estacionamento em Ângulo.....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 2.50: Estacionamento em Áreas Isoladas .....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 2.51: Estacionamento para Motocicletas .....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 2.52: PEM.....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 2.53: IMC.....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 2.54: SIP.....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 2.55: SIF.....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 2.56: gabarito para SIF.....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 2.57: SIC.....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 2.58: SAS.....</b>	<b>58</b>

<b>Figura 2.59: DEF .....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 2.60: Legenda mais larga que a faixa.....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 2.61: Mensagem mais larga que a faixa.....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 2.62: Legenda PARE.....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 3.1: pintura manual.....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 3.2: pintura mecanizada.....</b>	<b>66</b>
<b>Figura 3.3: pintura com termoplástico extrudado.....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 3.4: pintura com termoplástico hot spray.....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 3.5: aplicação do laminado pré-fabricado.....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 3.6a: efeito retrorrefletivo.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 3.6b: efeito retrorrefletivo detalhado.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 3.7a: película sem desgaste.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 3.7b: película com desgaste.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 3.8: reflectômetro tipo Mirolux plus MP E-12 e MP E – 30.....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 3.9: Ângulo de entrada.....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 3.10: Ângulo de iluminação.....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 3.11: Ângulo de observação.....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 3.12: retrorrefletômetro utilizado na pesquisa.....</b>	<b>76</b>
<b>Figura 3.13: Módulo compactador.....</b>	<b>77</b>
<b>Figura 3.14: Painel eletro-eletrônico do compactador do LMP.....</b>	<b>78</b>
<b>Figura 3.15: Módulo simulador.....</b>	<b>79</b>
<b>Figura 3.16: Pente de medição de espessura.....</b>	<b>80</b>

<b>Figura 3.17: Medidor <i>interchemical</i>.....</b>	<b>81</b>
<b>Figura 3.18: Balança.....</b>	<b>81</b>
<b>Figura 3.19: Micrômetro.....</b>	<b>82</b>
<b>Figura 3.20: Relógio comparador.....</b>	<b>82</b>
<b>Figura 4.1: Recapeamento em vias de Fortaleza.....</b>	<b>92</b>
<b>Figura 4.2: Posição inicial do compactado.....</b>	<b>93</b>
<b>Figura 4.3: Posições do pneu 93</b>	<b>93</b>
<b>Figura 4.4: Placa de calibração.....</b>	<b>95</b>
<b>Figura 4.5: Painel de aferição do retrorrefletômetro.....</b>	<b>96</b>
<b>Figura 4.6. Localização da Av. Santos Dumont.....</b>	<b>98</b>
<b>Figura 4.7. Desenho esquemático dos locais de medição das f. de pedestres....</b>	<b>99</b>
<b>Figura 5.1 a: 1 dia.....</b>	<b>102</b>
<b>Figura 5.1 b: 7 dias.....</b>	<b>102</b>
<b>Figura 5.1 c: 28 dias.....</b>	<b>102</b>
<b>Figura 5.1 d: 11 meses.....</b>	<b>102</b>
<b>Figura 5.2: Corpo de prova pintado com 28 dias de cura.....</b>	<b>102</b>
<b>Figura 5.2: gráfico comparativo de resultados.....</b>	<b>103</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.1 : frota cadastrada no município de Fortaleza.....</b>	<b>2</b>
<b>Tabela 1.2 : número de acidentes por ano.....</b>	<b>2</b>
<b>Tabela 1.3: Custo de acidentes.....</b>	<b>3</b>
<b>Tabela 2.1: Critérios de utilização de cores.....</b>	<b>17</b>
<b>Tabela 2.2: Espaços em função da velocidade da via.....</b>	<b>27</b>
<b>Tabela 2.3: Medidas de traço e intervalo.....</b>	<b>31</b>
<b>Tabela 2.3: Largura da linha conforme a velocidade da via.....</b>	<b>38</b>
<b>Tabela 2.4: Dimensões recomendadas para a MAC.....</b>	<b>42</b>
<b>Tabela 2.5: Critérios para colocação de setas em vias urbanas.....</b>	<b>53</b>
<b>Tabela 2.6: Critérios para colocação de setas em vias rurais.....</b>	<b>53</b>
<b>Tabela 2.7: Critérios para colocação da MOF em vias urbanas.....</b>	<b>54</b>
<b>Tabela 2.8: Critérios para colocação da MOF em vias rurais.....</b>	<b>55</b>
<b>Tabela 2.9: Critérios para colocação da SIF.....</b>	<b>57</b>
<b>Tabela 2.10: Altura das letras ou números em função da velocidade</b>	
<b>em vias urbanas.....</b>	<b>60</b>
<b>Tabela 2.11: Altura das letras ou números em função da velocidade</b>	
<b>em vias rurais.....</b>	<b>60</b>
<b>Tabela 3.1: Comparativo entre os diversos tipos de pintura.....</b>	<b>69</b>
<b>Tabela 5.1: Retrorrefletância do Corpo de Prova (mcd/lux/m<sup>2</sup>).....</b>	<b>99</b>
<b>Tabela 5.2: Retrorrefletância Campo (mcd/lux/m<sup>2</sup>).....</b>	<b>101</b>

**LISTA DE ABREVEATURA**

**AASHO** (American Association of State Highway Officials)

**AASHTO** (American Association of State Highway and Transportation Officials)

**AAUQ** (Areia Asfáltica Usinada a Quente)

**AMC** (Autarquia Municipal de Trânsito, Serviços Públicos e de Cidadania de Fortaleza)

**APA** (Asphalt Pavement Analyzer)

**CBUQ** (Cimento Betuminoso Usinado a Quente)

**CEN** (Comitê Europeu de Normalização)

**CONTRAN** (Conselho Nacional de Trânsito)

**CTB** (Código de Trânsito Brasileiro)

**DEF** (Símbolo Indicativo de Local de Estacionamento de Veículos que Transportam ou que Sejam Conduzidos por Pessoas Portadoras de Deficiências Físicas)

**DETRAN-CE** (Departamento Estadual de Trânsito de Ceará)

**EUA** (Estados Unidos Da América)

**FTP** (Faixa de Travessia de Pedestres)

**IMC** (Seta Indicativa de Movimento em Curva)

**IPEA** (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada)

**LBO** (Linha de bordo)

**LCA** (Linha de Canalização)

**LCO** (Linha de continuidade)

**LCPC** (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)

**LFO** (Linhas de divisão de fluxos opostos)

**LMP** (Laboratório de Mecânica dos Pavimentos)

**LMS** (Linhas de divisão de fluxos de mesmo sentido)

**LPP** (Linha de Indicação de Proibição de Estacionamento e/ou Parada)

**LRE** (Linha de retenção)

**LRV** (Linhas de estímulo à Redução de Velocidade)

**MAC** (Marcação de Área de Conflito)

**MAE** (Marcação de Área de Cruzamento com Faixa Exclusiva)

**MCC** (Marcação de Cruzamento Rodociclovitário)

**MCF** (Marcação de Cruzamento Rodoferroviário)

**MCI** (Marcação de Ciclofaixa ao Longo da Via)

**MER** (Marca Delimitadora de Estacionamento Regulamentado)

**MFE** (Marcação de Faixa Exclusiva)

**MFP** (Marcação de Faixa Preferencial)

**MFR** (Marcação de Faixa Reversível no contra-fluxo)

**MOF** (Seta Indicativa de Mudança Obrigatória de Faixa)

**MUTCD** (Uniform Traffic Control Devices)

**MVASHD** (Mississippi Valley Association of Highway Departments)

**MVE** (Marca Delimitadora de Parada de Veículos Específicos)

**NCSHS** (First National Conference on Street and Highway Safety)

**PEM** (Setas Indicativas de Posicionamento na Pista para a Execução de Movimentos)

**SAS** (Símbolo Indicativo de Área ou Local de Serviços de Saúde)

**SEINF** (Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Infra-Estrutura)

**SIAT-FOR** (Sistema de Informações de Acidentes de Trânsito do município de Fortaleza)

**SIC** (Símbolo Indicativo de Via, Pista ou Faixa de Trânsito de uso de Ciclistas)

**SIF** (Símbolo Indicativo de Cruzamento Rodoferroviário)

**SIP** (Símbolo Indicativo de Interseção com Via que tem Preferência)

**SISTRAN** (Sistema integrado de simulação de tráfego normatizado)

**UFC** (Universidade Federal do Ceará)

**USP** (Universidade de São Paulo)

**ZPA** (Zebrado de Preenchimento da Área de Pavimento não utilizável)

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Desde a invenção da roda, o homem passou a cada vez mais usar as máquinas com diferentes objetivos, como força motriz, transporte de cargas e pessoas e até mesmo como status social. Devido a esses diferentes objetivos, o trânsito, que se insere no contexto social, acaba sofrendo interferências individuais, como se cada pessoa tivesse suas próprias regras ajustando-as aos seus interesses particulares, criando conflitos.

Foi a partir destes conflitos, entre os usuários do espaço público, que surgiram as primeiras leis reguladoras para disciplinar o trânsito. Elas foram criadas da necessidade de um ordenamento jurídico, para poder regulamentar a vida em sociedade.

Desrespeito às regras de segurança no trânsito, excesso de velocidade dos motoristas, a má conservação das ruas, o número elevado de veículos circulante, são alguns dos fatores que causam os acidentes. Esses fatores são os principais problemas de trânsito na maioria das cidades do mundo e a cidade de Fortaleza também está inclusa nestas condições.

O município de Fortaleza enfrenta problemas crescentes no que se diz respeito aos acidentes de trânsito e congestionamentos. O número de automóveis e motocicletas está aumentando a uma taxa elevada e a cidade tem crescido sem um planejamento adequado a esta realidade.

O resultado disso é o aumento do número de acidentes e dos custos sociais a eles vinculados, como cuidados em saúde, previdência e absenteísmo ao trabalho e à escola, não esquecendo a dor e a tristeza dos familiares dos acidentados. Outros aspectos são a lentidão e a poluição, gerados pelo excesso de veículos nas vias causando engarrafamentos.

Conforme o DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO DE CEARÁ-DETRAN-CE a frota de veículos vem aumentando a uma taxa média anual de 5,88% (Tabela 1.1), e dados do SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE ACIDENTES DE TRÂNSITO DO MUNICÍPIO DE FORTALEZA-SIAT-FOR os acidentes estão aumentando a uma taxa média anual de 7,1 % (Tabela 1.2).

**Tabela 1.1 :** frota cadastrada no município de Fortaleza

Frota cadastrada no município de fortaleza veículos	ANO						
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	353.620,00	379.408,00	402.386,00	422.490,00	441.949,00	466.291,00	497.967,00

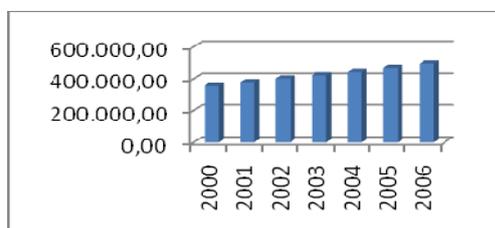
Fonte: DETRAN-CE

**Tabela 1.2 :** número de acidentes por ano

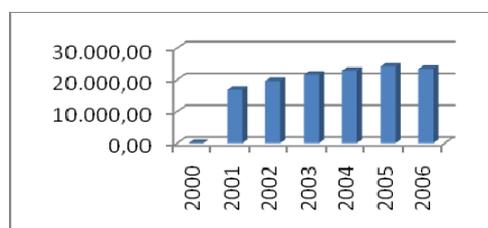
Número de acidentes no município de Fortaleza acidentes	ANO						
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	-	16.789,00	19.623,00	21.541,00	22.835,00	24.170,00	23.443,00

Fonte: SIAT-FOR

Em 2006 a situação é diferenciada, com um aumento da frota neste ano, há e uma diminuição dos acidentes em relação a 2005 (figura 1.1 e 1.2), mas para confirmar essa tendência serão necessárias mais séries históricas nos próximos anos. Hoje pode-se analisar que o aumento de veículos tem estimulado o aumento do número de acidentes no município de Fortaleza.



**Figura 1.1:** Frota cadastrada



**Figura 1.2:** Número de acidentes

Pesquisa realizada pelo INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA -IPEA (2003), entre os anos 2001 e 2003 (Tabela 1.3), quantificou os

custos dos acidentes de trânsito em áreas urbanas e concluiu que as perdas anuais são da ordem de R\$ 5,3 bilhões de reais.

**Tabela 1.3:** Custo de acidentes

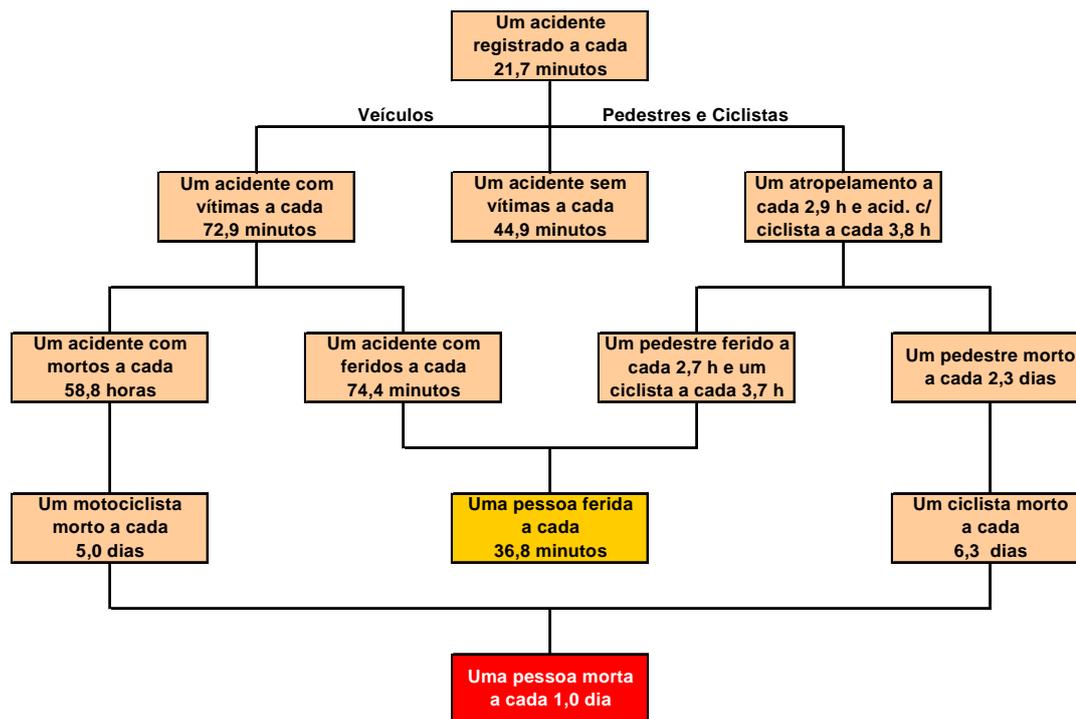
ACIDENTES	CUSTO R\$
com vítimas fatais	144.477,50
com vítimas feridas	17.459,00
sem vítimas	3.261,54

Fonte: IPEA (2003)

Em 2006, o IPEA demonstrou que os impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras são bastante significativos, estimados em R\$ 24,6 bilhões, principalmente relacionados à perda de produção relacionada às mortes das pessoas ou à interrupção das atividades das vítimas. Também integraram o cálculo os custos com os cuidados em saúde e aqueles associados aos veículos, entre diversos outros. Além dos custos diretos, há vários outros, como a desestruturação familiar e pessoal.

Também de acordo com o SIAT-FOR o município de Fortaleza gastou com acidentes de trânsito R\$ 252 milhões de reais no ano de 2003, com hospitais, atendimentos e infraestrutura. Os principais motivos para a causa desses acidentes são imperícia, imprudência, sinalização deficiente e falha mecânica. Desses itens a sinalização deficiente é uma das causas de acidentes a qual o poder público pode agir com mais eficiência, pois é ele que é responsável diretamente pela implantação e manutenção da sinalização.

Os dados mostram que Fortaleza vive uma epidemia silenciosa que ataca os cofres públicos sem que a sociedade se atente para o problema (figura 1.3). Por isso a segurança viária deve ser tratada com mais esmero, pois ela é um item essencial para a diminuição da morbimortalidade no país.



**Figura 1.3:** Cronologia de acidentes de 2005 do Município de Fortaleza

Assim a segurança viária assume papel importante na engenharia de transporte. Ela aponta as ações desenvolvidas pela engenharia para maximizar a segurança e minimizar os custos públicos.

Dados da AUTARQUIA MUNICIPAL DE TRÂNSITO, SERVIÇOS PÚBLICOS E DE CIDADANIA DE FORTALEZA-AMC (relatório anual de sinalização da gerência de sinalização), o município de Fortaleza em 2006, gastou aproximadamente R\$ 980.000,00 (novecentos e oitenta mil reais) em sinalização horizontal, no que se refere à pintura aplicada no pavimento. No ano de 2007, alguns desses locais precisaram ser refeitos. Isso gera um alto custo de retrabalho bem como desgaste com a população que tende a não mais acreditar na qualidade do serviço realizado.

Do exposto, vem à motivação de se estudar a sinalização, mais especificamente a sinalização horizontal, que tem evoluído bastante nas últimas décadas. Novos materiais e novas técnicas de aplicação têm sido desenvolvidos no sentido de melhorar a visibilidade e durabilidade das mensagens que são transmitidas aos condutores e pedestres apostas sobre o pavimento da pista de rolamento.

Não existem estudos específicos no município de Fortaleza, sobre qual processo de aplicação ou tipo de tinta, dentre muitas existentes no mercado, que melhor se adapta a realidade do município, levando assim a dúvidas técnicas de como receber ou especificar um serviço de pintura no pavimento. Portanto este trabalho visa contribuir com a melhoria da qualidade dos serviços de sinalização realizados pela PMF.

## **1.2. PROBLEMA DA PESQUISA**

É estabelecido em contrato de prestação de serviços de manutenção de sinalização em vias urbanas em Fortaleza de a sinalização deva estar 100% visível após seis meses de sua aplicação.

Mas esses fatos não vêm acontecendo, pois o desgaste na pintura nesse período é maior que o previsto no contrato entre a prefeitura e a empresa executora, apesar de serem obedecidos os critérios de aplicação dos produtos.

Aspectos como a área pintada e a retrorefletância da sinalização executada são usados como parâmetros de recebimento dos serviços. A área pintada deve estar visível e sem falhas. A retrorefletância é a quantidade de luz que volta ao condutor, a partir de uma fonte luminosa como os faróis de um veículo. Ela é hoje o principal critério de avaliação das condições de uma sinalização implantada.

Desta forma é preciso averiguar qual a causa da baixa vida útil da pintura nos pavimentos de Fortaleza, levando em conta o clima, os tipos de misturas asfálticas, volume de tráfego e a técnica usada para pintar.

## **1.3. OBJETIVOS DA PESQUISA**

O objetivo geral desta pesquisa é analisar a retrorefletância das tintas emulsionadas em água, em diferentes datas de aplicação sobre pavimentos recém recapeados. As medidas serão executadas em pavimentos que receberam novo recapeamento e conseqüentemente nova pintura.

Os objetivos específicos são:

- a) Quantificar a retrorrefletância da pintura usada em Fortaleza em diversos períodos de tempo;
- b) Determinar o dia ótimo para execução de pintura em pavimentos recapeados;
- c) Simular em laboratório o esquema de pintura usado em Fortaleza.

Com este trabalho buscou-se melhorar as condições visibilidade da sinalização horizontal aumentando a segurança viária, uma vez que é um dos fatores mais importantes na elaboração de projetos de sinalização, assim como também de projetos de geometria de vias.

#### **1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO**

O Capítulo 1 é uma introdução ao assunto mostrando o problema da pesquisa, os objetivos gerais e objetivos específicos.

O Capítulo 2 é um histórico de como a sinalização horizontal se desenvolveu através da evolução da sociedade e da tecnologia, bem como uma revisão bibliográfica que resume com base na literatura nacional, internacional e de catálogos de fabricantes de tinta o desenvolvimento da sinalização viária. Compreende desde a concepção de projetos até os produtos usados em demarcações viárias, cada vez mais resistentes e acessíveis.

O Capítulo 3 trata dos materiais, equipamentos e especificações técnicas mais comumente utilizadas no município de Fortaleza para a execução da sinalização horizontal. Mostrando os critérios mínimos de recebimento de serviços e os tipos básicos de equipamentos utilizados para a pintura e execução desta pesquisa.

No Capítulo 4 são descritos os procedimentos dos ensaios efetuados no LMP e no campo, desde a coleta dos materiais até medição da retrorrefletância dos corpos de prova.

No capítulo 5 são apresentados os resultados dos ensaios as conclusões e as recomendações para futuras pesquisas.

## CAPÍTULO 2

# HISTÓRICO DA SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

## 2.1. HISTÓRICO

### 2.1.1 Evolução das leis

No início, os sinais eram quase que exclusivamente verticais e foram implantados nos EUA e Europa através de entidades como o *Automovel Club* e *Touring Club*.

Embora não houvesse nenhuma norma reguladora estabelecida na época, estas organizações perceberam a necessidade de uniformizar os sistemas usados para torná-los mais efetivos e assim, por iniciativa própria, mantiveram contato entre si na tentativa de padronizar seus trabalhos.

No início dos anos 20, representantes de Wisconsin, Minnesota, Indiana e de vários outros estados excursionaram pelos ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA – EUA com a intenção de desenvolver uma base uniforme para a sinalização rodoviária e de marcação. O grupo apresentou esta padronização para a MISSISSIPPI VALLEY ASSOCIATION OF HIGHWAY DEPARTMENTS – MVAHD, em 1932. Os seus esforços resultaram em padrões para uniformizar as inscrições no pavimento e placas de sinalização.

Em 1924, um encontro nacional conhecido como FIRST NATIONAL CONFERENCE ON STREET AND HIGHWAY SAFETY – NCSHS melhorou a proposta anterior. Os esforços foram dirigidos para padronizar as cores e dispositivos para controlar o tráfego. Muitos elementos desta padronização continuam em uso hoje. Por exemplo, a sinalização com letras brancas sobre um fundo vermelho indicando “STOP” (“PARE” no caso brasileiro).

Também em 1924, a AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY OFFICIALS – AASHO, que viria a ser a futura AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS – AASHTO emitiu

relatórios que se tornaram base para o primeiro guia americano de padronização para sinalização. No entanto esse manual era mais voltado a vias rurais, assim foi criado outro guia que se reportava as situações no meio urbano.

A existência dos dois guias gerou confusão em torno da aplicabilidade de um e de outro. Desta forma em 1932 a AASHTO e a NCSHS formaram uma comissão mista e publicaram em 1935 O UNIFORM TRAFFIC CONTROL DEVICES – MUTCD. Este se tornando a referência na padronização da sinalização americana.

No Brasil a legislação do trânsito começou depois da americana e também passou por ajustes ao longo do tempo. O Código de Trânsito Brasileiro é uma lei que define atribuições das diversas autoridades e órgãos ligados ao trânsito, fornece diretrizes para a Engenharia de Tráfego e estabelece normas de conduta, infrações e penalidades para os diversos usuários desse complexo sistema. Ele tem como base a constituição do Brasil, respeitando a Convenção de Viena e o Acordo do Mercosul.

O primeiro Código Nacional de Trânsito foi instituído pelo Decreto-lei nº 2.994, de 28/01/41, logo revogado pelo Decreto-lei nº 3.651, de 25/09/41, que finalmente foi substituído pela Lei nº 5.108, de 21/09/66, cujo Regulamento foi aprovado pelo Decreto nº 62.127, de 16/01/68.

Após algumas alterações ao longo dos anos e uma tentativa frustrada de substituição do Código de Trânsito na década de 1970, somente em 1991 é que o Vice-Presidente da República, no exercício da Presidência, expediu Decreto criando Comissão Especial com o objetivo de elaborar novo anteprojeto do Código Nacional de Trânsito.

Na preparação do projeto, foram apreciadas sugestões e incluídas emendas, sendo encaminhado pelo Poder Executivo em 24/05/93, para tramitar na Câmara na condição de “Projeto de Código”. No entanto, a Presidência da Câmara determinou a constituição de Comissão Especial de modo a não ser apreciado pelo Plenário o substitutivo apresentado, o que fez com que a matéria fosse dada como definitivamente aprovada em face do poder terminativo da Comissão Especial.

Em 23/09/97, foi publicada a Lei nº 9.503/97, que, afinal, instituiu o atual CÓDIGO DE TRÂNSITO BRASILEIRO-CTB, tendo entrado em vigor somente em 22/01/98. De 1998 até hoje, o código já teve várias alterações legislativas, por meio das seguintes Leis federais: 9.602/98, 9.792/99, 10.350/01, 10.517/02, 10.830/03, 11.275/06 e 11.334/06.

A divisão formal da Lei nº 9.503/97, que instituiu o Código de Trânsito Brasileiro, compreende um total de 341 artigos, divididos em 20 Capítulos, ao final dos quais se encontram 2 Anexos, sendo o Anexo I de Conceitos e Definições e o Anexo II relativo à Sinalização de trânsito (alterado, mais recentemente, pela Resolução do CONTRAN nº 160/04).

### **2.1.2 Evolução dos materiais**

A sinalização horizontal, da forma como é conhecida hoje, começou a ser desenvolvida efetivamente com o advento do automóvel no final do século XIX, fato que marcou o início de uma nova era nos transportes, e como consequência, também da sinalização aplicada no setor.

Registros em ruínas (HAGIWUARA 2003) indicam que os egípcios faziam uso de mistura de resinas, pigmentos e areias para demarcar suas estradas. Já os Incas e Astecas chegaram a sinalizar com setas e outros sinais o leito carroçável de duas estradas. Embora primitivas e rudimentares estas podem ser consideradas as primeiras manifestações de demarcação de solo.

Os romanos colocavam tijolos ou pedras no centro das estradas para manter as carruagens em sua mão de direção. O Imperador romano César, ao banir o tráfego de carruagens do centro de Roma criou o protótipo da faixa de pedestre, como é hoje, pois, naquele tempo, em vez de pintadas no formato horizontal, linha após linha, eram instalados blocos para o auxílio na travessia dos andantes, separados entre si por curtos intervalos, de largura suficiente para que passassem as rodas das carruagens (figura 2.1).



**Figura 2.1:** Via Ápia

Durante o período entre 1910 e 1932, enquanto os clubes automobilísticos desenvolviam as marcas viárias, outras entidades desenvolviam dispositivos para controlar o fluxo de tráfego. Dentre esses dispositivos os mais importantes foram:

- a) 1914, o primeiro sinal elétrico de tráfego é instalado em Cleveland.
- b) 1915, o primeiro sinal “STOP” é implantado em Detroit.
- c) 1920, o primeiro sinal de tráfego de três cores é utilizado em Detroit.

Em termos de sinalização horizontal, o primeiro registro que se tem conhecimento nos Estados Unidos relata uma experiência realizada em Michigan, EUA, em 1921, por Edward Himes, Engenheiro – chefe do Condado de Wayne, em que uma faixa preta foi pintada, a mão, ao longo de uma quadra. A expectativa dos técnicos era que esta faixa induzisse os motoristas a permanecerem do lado direito da via.

Posteriormente, foi criada uma máquina para execução de pintura em pavimentos, um dos primeiros equipamentos desenvolvidos para a execução de pintura de solo consistia em um carrinho de mão com um tanque de 20 litros e uma roda recoberta com uma faixa de lona. À medida que um operador empurrava esse carrinho, a tinta gotejava sobre a lona demarcando uma faixa no centro da estrada.

Mesmo rudimentar, esta máquina se tornou muito popular. Com relação ao material, a cor preta foi substituída pela branca, mudança que certamente melhorou a visibilidade das faixas, mas, apesar dessa evolução, a pintura ainda permanecia pouco visível à noite. Com o tempo, verificou-se que a tinta sofria rápido desgaste reduzindo a eficácia e a durabilidade da sinalização.

No ano de 1920 alguns órgãos técnicos rodoviários americanos desenvolveram formulações de tinta. Em virtude deste processo, surgiram os primeiros ensaios químicos qualitativos e quantitativos.

Terminada a segunda guerra mundial, iniciou-se na Europa uma fase de reconstrução e os países que mais intensamente haviam desenvolvido sua indústria automobilística tiveram de enfrentar um novo problema: a segurança no trânsito. O aumento do parque automobilístico e a maior velocidade dos modernos veículos tornaram as demarcações existentes inadequadas.

As sinalizações tinham que ser refeitas e faltavam matérias primas para as tintas que, por sua vez, sofriam desgaste cada vez mais rápido. O desempenho destes materiais não era adequado e havia a necessidade do desenvolvimento de novos produtos.

Mesmo antes da segunda guerra, as primeiras tentativas foram realizadas em 1935 por uma companhia de Liverpool, Inglaterra, que utilizou uma massa plástica à base de resinas. Na Alemanha do pós-guerra, desenvolveu-se outra tentativa. Foi utilizada uma fresadora de pavimento para recortar um baixo relevo de 8 a 12 mm, onde se aplicava, posteriormente, em estado pastoso e com ferramentas manuais especiais, um material bastante próximo às modernas massas termoplásticas. Embora esse tipo de demarcação apresentasse evidentes vantagens em relação à durabilidade, três problemas foram verificados: alto custo, lentidão operacional e irreversibilidade da demarcação executada.

A partir de 1960, os norte-americanos passaram a desenvolver maior interesse pelos termoplásticos em detrimento as tintas e, desde então, vários aperfeiçoamentos foram incorporados à concepção original até a obtenção da composição e técnicas de aplicação atuais, hoje largamente utilizadas na sinalização viária urbana e rodoviária.

## **2.2. DEFINIÇÃO DE SINALIZAÇÃO HORIZONTAL**

A sinalização horizontal (CONTRAN, 2007) é definida como um subsistema da sinalização viária, formada por marcas e inscrições colocadas sobre a pista de rolamento. As marcas são compostas de marcas longitudinais, transversais, de canalização, de delimitação e controle de parada e estacionamento. As inscrições são divididas em setas, símbolos e legendas.

Tem como objetivo organizar o fluxo de veículos e pedestres; controlar e orientar os deslocamentos em situações com problemas de geometria, topografia ou frente a obstáculos; complementar os sinais verticais de regulamentação, advertência ou indicação.

## **2.3. PRINCÍPIOS BÁSICOS**

A sinalização horizontal, ainda segundo o CONTRAN 2007, é regida por princípios que no estudo do projeto e na execução dos serviços, os mesmos não podem ser esquecidos. Desta forma os seguintes preceitos devem ser atendidos:

- a. legalidade: a sinalização deve atender ao CTB ou alguma legislação complementar vigente;
- b. suficiência: deve existir a compatibilidade entre a quantidade e necessidade da sinalização para que o usuário tenha uma rápida percepção;
- c. padronização: devido ao seu poder de comunicação, a sinalização deve ser de fácil compreensão, independente do usuário ou da frequência que o mesmo use a via;
- d. uniformidade: os critérios de implantação de projetos devem ser os mesmos para as mesmas situações;
- e. clareza: as mensagens transmitidas devem ser objetivas e facilmente entendidas pelo usuário;

- f. precisão e confiabilidade: a credibilidade do usuário vem da exatidão da sinalização na forma de mensagens precisas;
- g. visibilidade e legibilidade: as distâncias de percepção deve estar de acordo com o tempo de reação do usuário;
- h. manutenção e conservação: a sinalização deve sempre estar limpa e visível.

A aplicação destes princípios é de responsabilidade dos órgãos ou entidades de trânsito quando da implantação da sinalização, não só a horizontal, como também a vertical.

Outra característica é a forma legal que se dá a sinalização horizontal. Conforme o CTB a sinalização horizontal é um complemento da sinalização viária, tendo a função de orientar os fluxos de veículos e não de regulamentar a via. Apesar de serem casos específicos a sinalização horizontal deixa de apenas orientar e passa a regulamentar a via nos seguintes artigos do CTB:

- artigo 70 - define que os pedestres têm prioridade de passagem nas faixas destinadas à travessia, exceto nos locais com sinalização semafórica;
- artigo 181 – VIII – proíbe o estacionamento sobre faixas de pedestres, ciclofaixas e marcas de canalização, entre outros locais;
- artigo 181 – XIII – proíbe o estacionamento onde houver sinalização horizontal delimitadora de ponto de ônibus;
- artigo 182 – VI – proíbe a parada sobre faixas de pedestres e marcas de canalização;
- artigo 183 - proíbe a parada de veículos sobre a faixa de pedestres na mudança do sinal luminoso;
- artigo 185 – quando o veículo estiver em movimento, deixar de conservá-lo na faixa a ele destinada;

- artigo 193 – proíbe o trânsito sobre ciclofaixas e marcas de canalização entre outros locais;
- artigo 2003 – II – ultrapassar na contramão nas faixas de pedestre;
- artigo 203 – V – proíbe a ultrapassagem pela contramão onde houver linha de divisão de fluxos opostos do tipo linha dupla contínua ou simples contínua amarela;
- artigo 206 – I proíbe a operação de retorno em locais proibidos pela sinalização (linha contínua amarela);
- artigo 206 – III – proíbe a operação de retorno passando por cima de faixas de pedestres;
- artigo 207 – proíbe a operação de conservação à direita ou à esquerda em locais proibidos pela sinalização (linha contínua amarela);
- artigo 214 – I – considera infração, não dar preferência de passagem a pedestres e a veículo não motorizado que se encontre em faixa a ele destinada.

Outros fatores de importância da sinalização horizontal são: o maior aproveitamento da via orientando o condutor, o aumento da segurança em condições de tempo adversa. No entanto ela possui algumas limitações, como a baixa durabilidade quando sujeita ao tráfego intenso e visibilidade deficiente quando existe neblina, sujeira ou água na pista de rolamento.

## **2.4. PADRÕES**

A forma como a sinalização horizontal é constituída, permite combinações de cores e traçados que são características das marcas viárias (MANUAL BRASILEIRO DE SINALIZAÇÃO DE TRÂNSITO, VOL. IV).

### **2.4.1 Padrão de forma**

As formas da sinalização horizontal se dividem em:

1. contínua: são linhas sem interrupção (figura 2.2);



**Figura 2.2:** Linhas contínuas sem interrupção

2. tracejada ou seccionada: são aquelas interrompidas, aplicadas com cadência variável dependendo do tipo de via e situação (figura 2.3);



**Figura 2.3:** Linha tracejada ou seccionada

3. setas, símbolos e legendas: são informações na forma de desenhos, formas pré-definidas e escritas, utilizadas no pavimento como complemento da sinalização vertical (figura 2.4).



**Figura 2.4:** Legenda no pavimento

#### 2.4.2 Padrão de cor

A utilização das cores deve ser feita obedecendo-se aos critérios abaixo (Tabela 2.1) e ao padrão *Munsell* indicado ou outro que venha a substituir, de acordo com as normas da ABNT.

**Tabela 2.1:** Critérios de utilização de cores

Cor	Tonalidade
Amarela	10 YR 7,5/14
Branca	N 9,5
Vermelha	7,5 R 4/14
Azul	5 PB 2/8
Preta	N 0,5

Fonte: Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito vol IV

As cores têm as seguintes utilizações:

a. Amarela:

- Separar movimentos veiculares de fluxos opostos (figura 2.5);



**Figura 2.5:** Fluxos opostos

- Regularizar ultrapassagem e deslocamento lateral (figura 2.6);



**Figura 2.6:** Regulamentação de ultrapassagem

- Delimitar espaços proibidos para estacionamento e/ou parada (figura 2.7);



**Figura 2.7:** Delimitação de espaço proibido para estacionamento ou parada

- Demarcar obstáculos transversais à pista (lombada) (figura 2.8).



**Figura 2.8:** Lombada física

b. Branca:

-Separar movimentos veiculares de mesmo sentido (figura 2.9);



**Figura 2.9:** Movimento no mesmo sentido

-Delimitar áreas de circulação (figura 2.10);



**Figura 2.10:** Delimitar áreas de circulação

-Delimitar trechos de pistas, destinados ao estacionamento regulamentado de veículos em condições especiais (figura 2.11);



**Figura 2.11:** Estacionamento regulamentado

-Regulamentar faixas de travessias de pedestres (figura 2.12)



**Figura 2.12:** Faixa de pedestre

-Inscrever setas, símbolos e legendas (figura 2.13).



**Figura 2.13:** Legenda “PARE”

c. Vermelha

- Demarcar ciclovias (figura 2.14) ou ciclofaixas (figura 2.15);

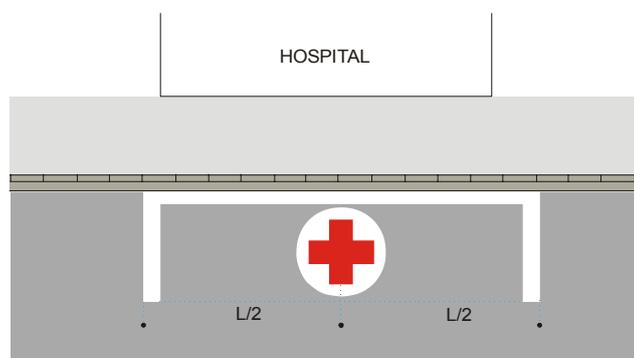


**Figura 2.14:** Ciclovía



**Figura 2.15:** Ciclofaixa

- Inscrever símbolo (cruz) (figura 2.16).



**Figura 2.16:** estacionamento para ambulância

d. Azul

- utilizada como base para inscrever símbolo em áreas especiais de estacionamento ou de parada para embarque e desembarque para pessoas portadoras de deficiência física (figura 2.17).



**Figura 2.17:** Vaga para deficiente físico

e. Preta

- Proporcionar contraste entre a marca viária/inscrição e o pavimento, (utilizada principalmente em pavimento de concreto) não constituindo propriamente uma cor de sinalização.

## 2.5. CLASSIFICAÇÃO

A sinalização horizontal é classificada segundo o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito vol IV em:

- marcas longitudinais - separam e ordenam as correntes de tráfego;
- marcas transversais - ordenam os deslocamentos frontais dos veículos e disciplinam os deslocamentos de pedestres;
- marcas de canalização - orientam os fluxos de tráfego em uma via;

- marcas de delimitação e controle de carada e/ou estacionamento - delimitam e propiciam o controle das áreas onde é proibido ou regulamentado o estacionamento e/ou a parada de veículos na via;
- inscrições no pavimento - melhoram a percepção do condutor quanto as características de utilização da via.

### 2.5.1 Marcas Longitudinais

As marcas longitudinais separam e ordenam as correntes de tráfego, definindo a parte da pista destinada à circulação de veículos, a sua divisão em faixas de mesmo sentido, a divisão de fluxos opostos, as faixas de uso exclusivo ou preferencial de tipo de veículo, as faixas reversíveis, além de estabelecer as regras de ultrapassagem e transposição tais como:

- As marcas longitudinais amarelas, contínuas simples ou duplas, podem regulamentar, separam os movimentos veiculares de fluxos opostos e regulamentam a proibição de ultrapassagem e os deslocamentos laterais, exceto para acesso a imóvel lindeiro (figura 2.18);



**Figura 2.18:** Linha longitudinal contínua dupla amarela

- As marcas longitudinais amarelas, simples ou duplas seccionadas ou tracejadas, não podem regulamentar, apenas ordenam os movimentos veiculares de sentidos opostos (figura 2.19);



**Figura 2.19:** Linha longitudinal seccionada simples amarela

- As marcas longitudinais brancas contínuas são utilizadas para delimitar a pista (linha de bordo) e, para separar faixas de trânsito de fluxos de mesmo sentido (figura 2.20). Neste caso, podem regulamentar de proibição de ultrapassagem e transposição;



**Figura 2.20:** Linha de bordo contínua branca

- As marcas longitudinais brancas seccionadas ou tracejadas, não têm poder de regulamentação, apenas ordenam os movimentos veiculares de mesmo sentido (figura 2.21).

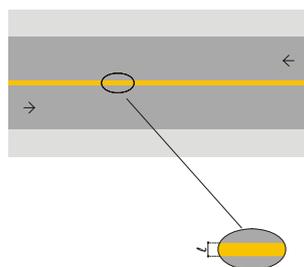


**Figura 2.21:** linhas longitudinais brancas seccionadas

De acordo com a sua função as Marcas Longitudinais são subdivididas nos seguintes tipos:

1. Linhas de divisão de fluxos opostos (LFO): As marcações constituídas por LFO separam os movimentos veiculares de sentidos opostos e indicam os trechos da via em que a ultrapassagem é permitida ou proibida. Apresentam-se nas seguintes formas:

- a. Linha Simples Contínua (LFO-1) – Cor amarela;



**Figura 2.22:** LFO-1

A LFO-1 (Figura 2.22) divide fluxos opostos de circulação, delimitando o espaço disponível para cada sentido e regulamentando os trechos em que a ultrapassagem e os deslocamentos laterais são proibidos para os dois sentidos, exceto para acesso a imóvel lindeiro.

Pode ser utilizada em toda a extensão ou em trechos de via com sentido duplo de circulação e largura inferior a 7,0 m e/ou baixo volume veicular, principalmente onde

haja problema de visibilidade para efetuar a ultrapassagem em pelo menos um dos sentidos de circulação. Utiliza-se esta linha em situações, tais como, em via urbana em situações em que houver apenas uma faixa de trânsito por sentido, em via com alinhamento vertical ou horizontal irregular (curvas acentuadas), que comprometa a segurança do tráfego por falta de visibilidade.

**b. Linha Simples Seccionada (LFO-2) – Cor amarela;**

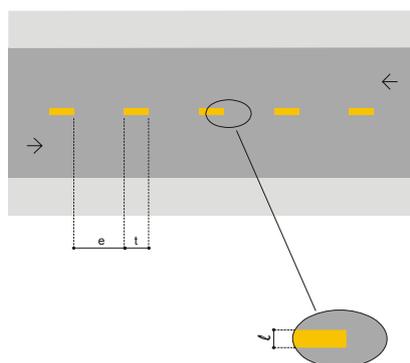


Figura 2.23: LFO-2

A LFO-2 (Figura 2.23) divide fluxos opostos de circulação, delimitando o espaço disponível para cada sentido e indicando os trechos em que a ultrapassagem e os deslocamentos laterais são permitidos. Esta linha deve ter medidas de traço e espaçamento (intervalo entre traços), definidas em função da velocidade regulamentada na via, conforme a Tabela 2.2, a seguir:

**Tabela 2.2:** Espaços em função da velocidade da via

VELOCIDADE - $v$ (km/h)	LARGURA DA LINHA - $l$	CADÊNCIA $t : e$	TRAÇO - $t$ (m)	ESPAÇAMENTO - $e$ (m)
$v < 60$	0,10*	1 : 2*	1*	2*
	0,10	1 : 2 1 : 3	2 2	4 6
$60 \leq v < 80$	0,10**	1 : 2	3	6
		1 : 2	4	8
		1 : 3 1 : 3	2 3	6 9
$v \geq 80$	0,15	1 : 3	3	9
		1 : 3	4	12

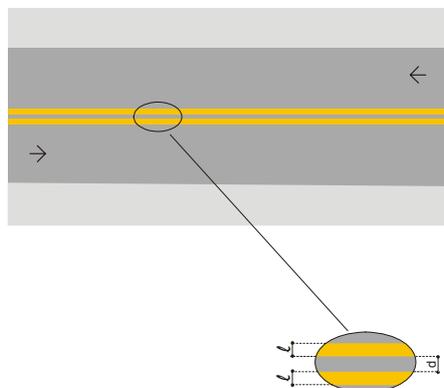
Fonte: Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito vol IV

(\*) Situações restritas às ciclovias

(\*\*) Poderá ser utilizada largura maior em casos que estudos de engenharia indiquem a necessidade por questões de segurança.

A LFO-2 pode ser utilizada em toda a extensão ou em trechos de vias de sentido duplo de circulação. Em geral é aplicada sobre o eixo da pista de rolamento, ou deslocada quando estudos de engenharia indiquem a necessidade. Utiliza-se esta linha em situações, tais como: em via urbana com velocidade regulamentada superior a 40 km/h, em via urbana, em que a fluidez e a segurança do trânsito estejam comprometidas em função do volume de veículos, em rodovia, independentemente da largura, do número de faixas, da velocidade ou do volume de veículos.

a. Linha Dupla Contínua (LFO-3) – Cor amarela;



**Figura 2.24:** LFO-3

A LFO-3 (Figura 2.24) divide fluxos opostos de circulação, delimitando o espaço disponível para cada sentido e regulamentando os trechos em que a ultrapassagem e os deslocamentos laterais são proibidos para os dois sentidos, exceto para acesso a imóvel lindeiro.

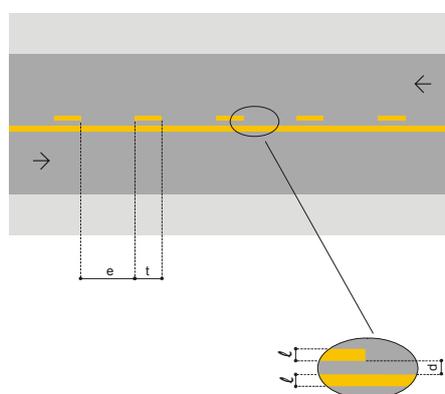
A LFO-3 deve ser utilizada em toda a extensão ou em trechos de via com sentido duplo de circulação, com largura igual ou superior a 7,00 m e/ou volume veicular significativo, nos casos em que é necessário proibir a ultrapassagem em ambos os sentidos.

Utiliza-se esta linha em situações, tais como: em via urbana onde houver mais de uma faixa de trânsito em pelo menos um dos sentidos, em via com traçado geométrico vertical ou horizontal irregular (curvas acentuadas) que comprometa a segurança do tráfego por falta de visibilidade. Também em casos específicos como as

faixas exclusivas de ônibus no contrafluxo, em locais de transição de largura de pista, aproximação de obstrução, proximidades de interseções ou outros locais onde os deslocamentos laterais devam ser proibidos.

Em vias urbanas, para maior segurança junto às interseções que apresentam volume considerável de veículos, recomenda-se o uso de linha dupla contínua nas aproximações, numa extensão mínima de 15,0 m, contada a partir de 2,0 m do alinhamento da pista transversal ou da faixa de pedestres, ou junto à linha de retenção.

**b. Linha Contínua / Seccionada (LFO-4) – Cor amarela;**



**Figura 2.25: LFO-4**

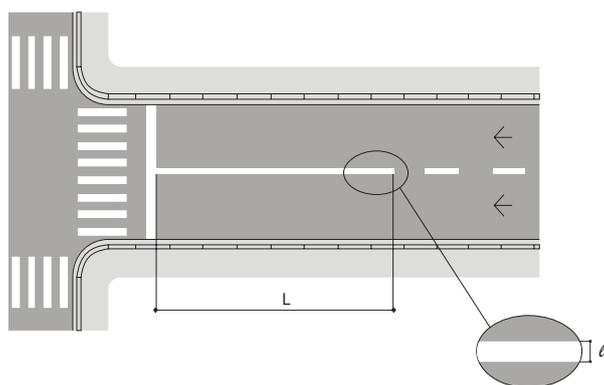
A LFO-4 (Figura 2.25) divide fluxos opostos de circulação, delimitando o espaço disponível para cada sentido e regulamentando os trechos em que a ultrapassagem, a transposição e deslocamento lateral são proibidos ou permitidos.

Deve ser utilizada em toda a extensão, ou em trechos de vias com sentido duplo de circulação com traçado geométrico vertical ou horizontal irregular (curvas acentuadas) que comprometa a segurança do tráfego por falta de visibilidade e nas aproximações de pontes, viadutos e túneis.

Nas aproximações de pontes, viadutos e túneis, em rodovias com largura de pista superior a 7,0 m, devem ser utilizadas linhas de proibição de ultrapassagem com início 150,00 m antes da obra de arte e término 80 m depois, de acordo com o sentido do tráfego.

2. Linhas de divisão de fluxos de mesmo sentido (LMS): Separam os movimentos veiculares de mesmo sentido e regulamentam a ultrapassagem e a transposição. Apresentam-se nas seguintes formas:

a. Linha Simples Contínua (LMS-1) – Cor branca;

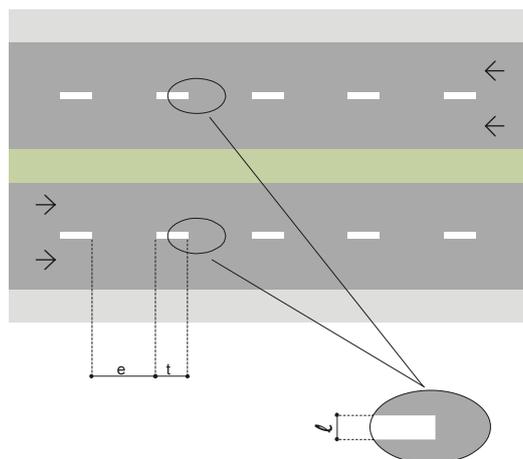


**Figura 2.26:** LMS-1

A LMS-1 (Figura 2.26) ordena fluxos de mesmo sentido de circulação delimitando o espaço disponível para cada faixa de trânsito e regulamentando as situações em que são proibidas a ultrapassagem e a transposição de faixa de trânsito, por comprometer a segurança viária.

Ela deve ser utilizada nos seguintes casos: aproximação de interseções semaforizadas, interseções ou locais com faixa específica para movimento de conversão ou de retorno, aproximação de ilhas, obstáculos, estruturas de pontes ou viadutos, separação de fluxos, dando continuidade à marca de canalização, curvas acentuadas (vertical e/ou horizontal).

b. Linha Simples Seccionada (LMS-2) – Cor branca



**Figura 2.27:** LMS-2

A LMS-2 (Figura 2.27) ordena fluxos de mesmo sentido de circulação, delimitando o espaço disponível para cada faixa de trânsito e indicando os trechos em que a ultrapassagem e a transposição são permitidas.

Esta linha deve ter medidas de traço e espaçamento (intervalo entre traços), definidas em função da velocidade regulamentada na via, conforme a Tabela 3.3:

**Tabela 2.3:** Medidas de traço e intervalo

VELOCIDADE – v (km/h)	LARGURA – l (m)	CADÊNCIA t : e	TRAÇO – t (m)	ESPAÇAMENTO – e (m)
v < 60	0,10*	1 : 2*	1*	2*
	0,10	1 : 2 1 : 3	2 2	4 6
60 ≤ v < 80	0,10**	1 : 2	3	6
		1 : 2	4	8
		1 : 3 1 : 3	2 3	6 9
v ≥ 80	0,15	1 : 3	3	9
		1 : 3	4	12

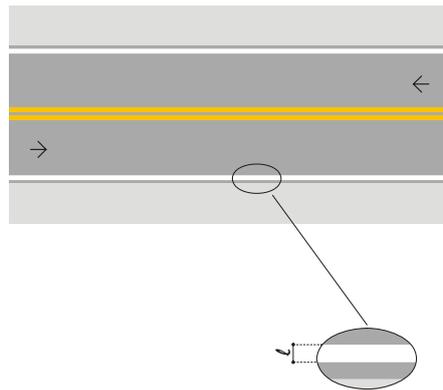
Fonte: Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito vol IV

(\*) situações restritas às ciclovias

(\*\*) Poderá ser utilizada largura maior em casos que estudos de engenharia indiquem a necessidade por questões de segurança.

A LMS-2 pode ser utilizada em toda extensão ou em trechos de via de sentido único de circulação ou de via de sentido duplo com mais de uma faixa por sentido, onde a transposição e a ultrapassagem entre faixas de mesmo sentido são permitidas.

3. Linha de bordo (LBO): delimita (Figura 2.28), através de linha contínua, a parte da pista destinada ao deslocamento dos veículos, estabelecendo seus limites laterais.



**Figura 2.28: LBO**

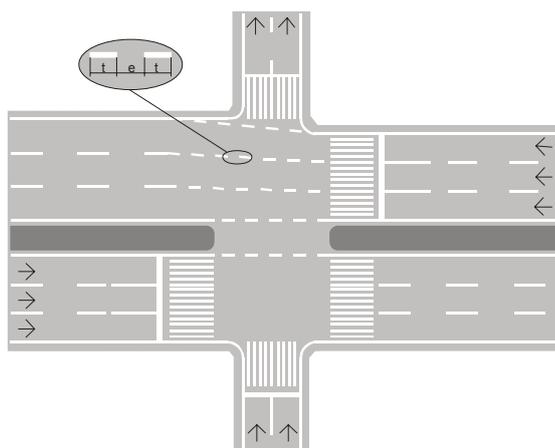
É recomendada nos seguintes casos:

- quando o acostamento não for pavimentado;
- quando o acostamento for pavimentado e de cor semelhante à superfície de rolamento;
- antes e ao longo de curvas mais acentuadas;
- na transição da largura da pista;
- em locais onde existam obstáculos próximos à pista ou apresentam situação com potencial de risco;
- em locais onde ocorram, com frequência, condições climáticas adversas à visibilidade, tais como chuva e neblina;
- em vias sem guia;

- em vias com iluminação insuficiente, que não permitam boa visibilidade dos limites laterais da pista;
- em rodovias e vias de trânsito rápido;
- nos trechos urbanos, onde se verifica um significativo fluxo de pedestres.

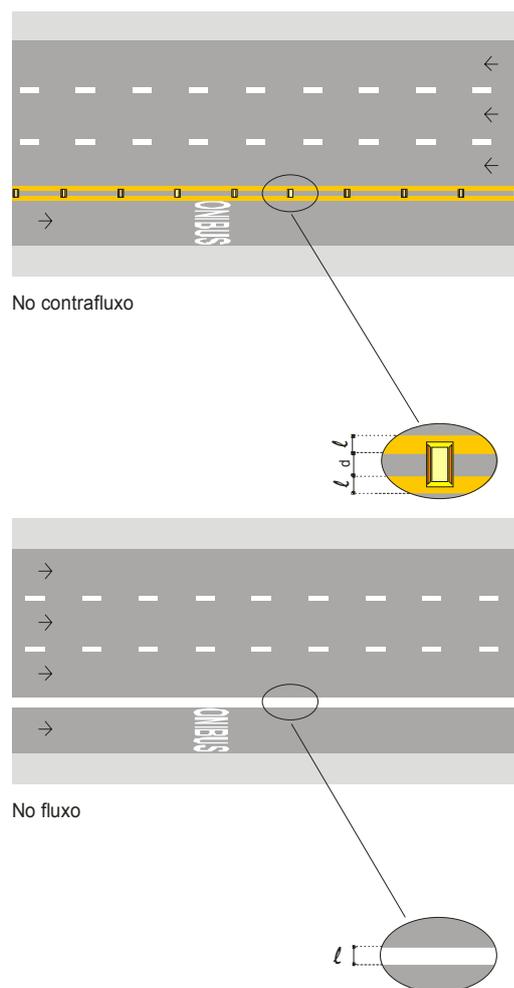
4. Linha de continuidade (LCO): dá continuidade (Figura 2.29) visual às marcações longitudinais principalmente quando há quebra no alinhamento em trechos longos ou em curvas.

É utilizada para dar continuidade à linha de divisão de fluxos no mesmo sentido, quando há supressão ou acréscimo de faixas de rolamento, dando seqüência ao alinhamento da marcação à qual complementa.



**Figura 2.29:** LCO

5. Marcas longitudinais específicas: visam a segregação do tráfego e o reconhecimento imediato do usuário. Apresentam-se nos seguintes tipos:
  - a. Marcação de Faixa Exclusiva (MFE) – Cor branca ou amarela



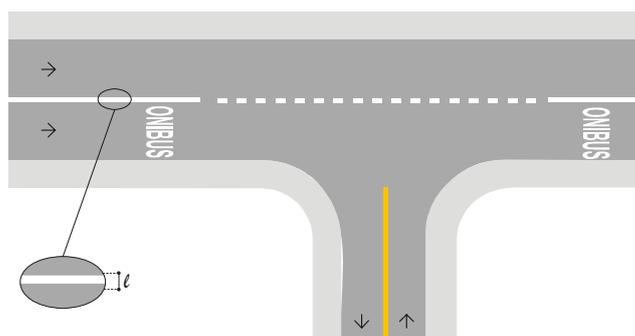
**Figura 2.30: MFE**

A MFE (Figura 2.30) delimita a faixa de uso exclusivo para determinada espécie e/ou categoria de veículo:

- Faixa Exclusiva no Fluxo: faixa destinada à circulação de determinada espécie e/ou categoria de veículo no mesmo sentido do fluxo dos demais veículos. Cor branca.
- Faixa Exclusiva no Contrafluxo: faixa destinada à circulação de determinado tipo de veículo em sentido oposto ao dos demais veículos. Cor amarela.

A MFE deve ser utilizada quando se pretende dar exclusividade à circulação de determinada espécie e/ou categoria de veículo, com o objetivo de garantir seu melhor desempenho.

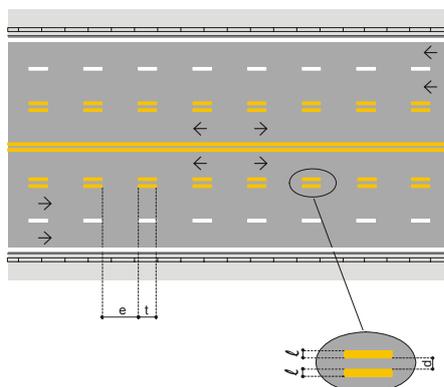
b. Marcação de Faixa Preferencial (MFP) cor branca:



**Figura 2.31: MFP**

A MFP (Figura 2.31) delimita na pista a faixa de mesmo sentido, de uso preferencial, para determinada espécie e/ou categoria de veículo. Deve ser utilizada quando se pretende a circulação preferencial de determinada espécie e/ou categoria de veículo, com o objetivo de garantir seu melhor desempenho.

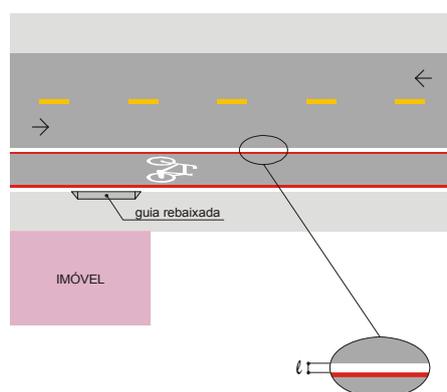
c. Marcação de Faixa Reversível no contra-fluxo (MFR) cor amarela:



**Figura 2.32: MFR**

A MFR (Figura 2.32) delimita a faixa que pode ter seu sentido de circulação invertido temporariamente, em função da demanda do fluxo de veículos. Pode ser utilizada onde há predominância do volume de tráfego de um sentido em relação ao outro, em determinados períodos.

- d. Marcação de Ciclofaixa ao Longo da Via (MCI). Cor branca com contraste vermelho:



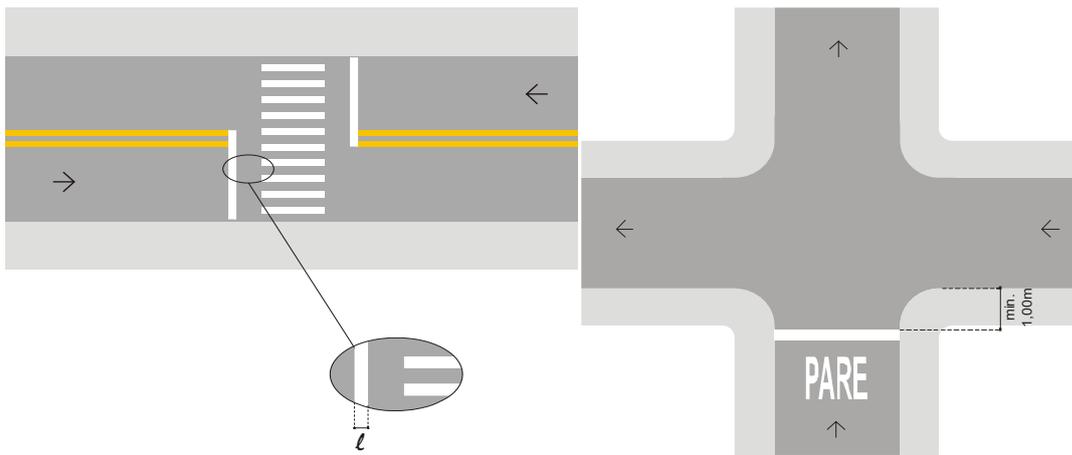
**Figura 2.33: MCI**

A MCI (Figura 2.33) delimita a parte da pista de rolamento destinada à circulação exclusiva de bicicletas, denominada ciclofaixa. Deve ser utilizada quando for necessário separar o fluxo de veículos automotores do fluxo de bicicletas.

### 2.5.2 Marcas transversais

As marcas transversais ordenam os deslocamentos frontais dos veículos e os harmonizam com os deslocamentos de outros veículos e dos pedestres, assim informam os condutores sobre a necessidade de reduzir a velocidade e indicam travessia de pedestres e posições de parada. De acordo com sua função, as marcas transversais são subdivididas nos seguintes tipos:

1. Linha de retenção (LRE): indica ao condutor o local limite em que deve parar o veículo:



**Figura 2.34:** LRE

A largura ( $l$ ) mínima é de 0,30 m e a máxima de 0,60 m de acordo com estudos de engenharia (Figura 2.34). A LRE deve ser utilizada:

- em todas as aproximações de interseções semaforizadas;
- em cruzamento rodociclovitário;
- em cruzamento rodoferroviário;
- junto a faixa de travessia de pedestre;
- em locais onde houver necessidade por questões de segurança.

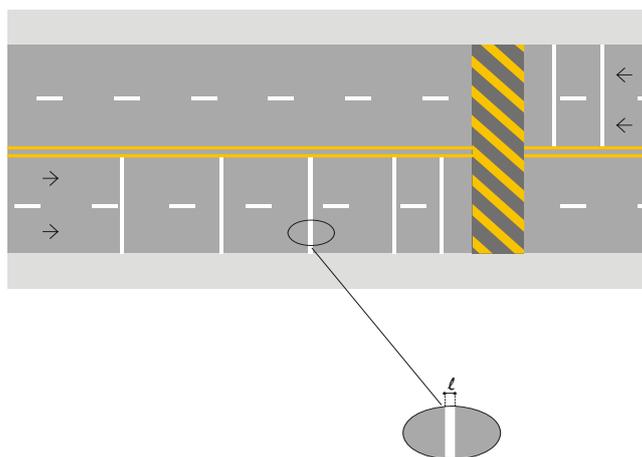
Para seu correto posicionamento na via se tem os seguintes critérios:

Em vias controladas por semáforos deve ser posicionada de tal forma que os motoristas parem em posição frontal ao foco semafórico;

- quando existir faixa para travessia de pedestres, a LRE deve ser locada a uma distância mínima de 1,60 m do início desta;
- quando não existir faixa para travessia de pedestres, a LRE deve ser locada a uma distância mínima de 1,00 m do prolongamento do meio fio da pista de rolamento transversal;
- deve abranger a extensão da largura da pista destinada ao sentido de tráfego ao qual está dirigida a sinalização;

–admitem-se outras distâncias da LRE, e colocação por faixas de tráfego quando estudos de engenharia indiquem a necessidade.

## 2. Linhas de estímulo à Redução de Velocidade (LRV) - cor branca



**Figura 2.35:** LRV

A LRV (Figura 2.35) é um conjunto de linhas paralelas que, pelo efeito visual, induz o condutor a reduzir a velocidade do veículo, de maneira que esta seja ajustada ao limite desejado em um ponto adiante na via. A largura ( $l$ ) da linha varia conforme a velocidade regulamentada na via, conforme a tabela 2.3:

**Tabela 2.3:** Largura da linha conforme a velocidade da via

VELOCIDADE (km/h)	LARGURA DA LINHA - $l$ (m)
$v < 60$	0,20
$60 \leq v \leq 80$	0,30
$v > 80$	0,40

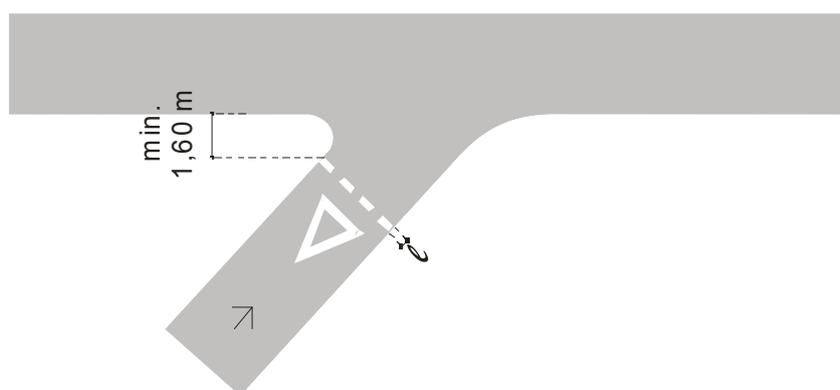
Fonte: Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito vol IV

A LRV pode ser utilizada antes de curvas acentuadas, declives acentuados, cruzamentos rodoferroviários, ondulações transversais, ou onde estudos de engenharia indiquem a necessidade.

Não é recomendável generalizar o seu uso, preservando assim sua eficácia. Em cruzamentos e ondulações transversais, a última linha da LRV deve estar a uma distância mínima de 2,00 m, do ponto onde a velocidade já deva estar reduzida.

O número de linhas e espaçamento entre elas varia à medida que se aproximam do local onde o veículo deva estar com a velocidade reduzida, conforme método no anexo 1.

### 3. Linha de “Dê a Preferência” (LDP) – cor branca



**Figura 2.36: LDP**

A LDP (Figura 2.36) indica ao condutor o local limite em que deve parar o veículo, quando necessário, em local sinalizado com o sinal R-2 “Dê a Preferência”.

A largura (l) mínima é de 0,20 m e a máxima de 0,40 m de acordo com estudos de engenharia. Esta linha deve ter medidas de traço e espaçamento (intervalo entre traços) iguais com dimensões recomendadas de 0,50 m. deve ser localizada/locada a uma distância mínima de 1,60 m do alinhamento do meio fio da pista transversal, também deve ser complementada com a aplicação no pavimento do símbolo “Dê a Preferência”.

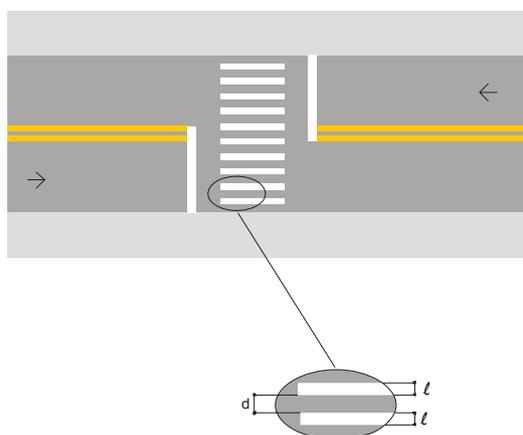
A LDP pode ser utilizada em aproximação com via que tem a preferência, geralmente caracterizada por volume de tráfego e/ou velocidade mais elevada, onde as condições geométricas e de visibilidade do acesso permitam o entrelaçamento dos fluxos.

### 4. Faixa de Travessia de Pedestres (FTP) - cor branca

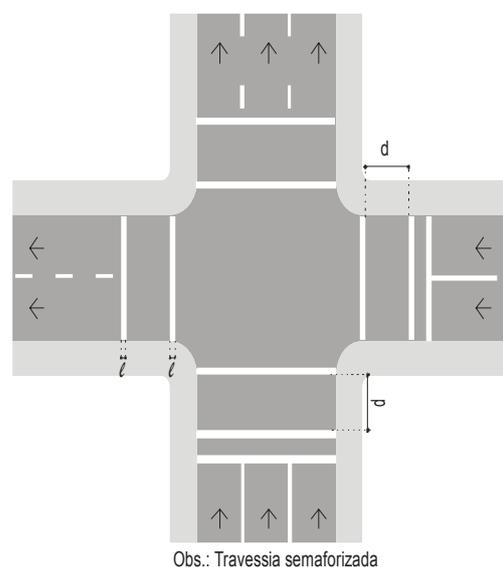
A FTP delimita a área destinada à travessia de pedestres e regulamenta a prioridade de passagem dos mesmos em relação aos veículos, nos casos previstos pelo CTB.

A locação da FTP deve respeitar, sempre que possível, o caminhar natural dos pedestres, sempre em locais que ofereçam maior segurança para a travessia. A FTP compreende dois tipos, conforme a Resolução n 160/04 do CONTRAN:

- Zebrada (FTP-1)
- Paralela (FTP-2)



**Figura 2.37a:** FTP-1: “Tipo Zebrada”



**Figura 2.37b:** FTP-2: “Tipo paralela”

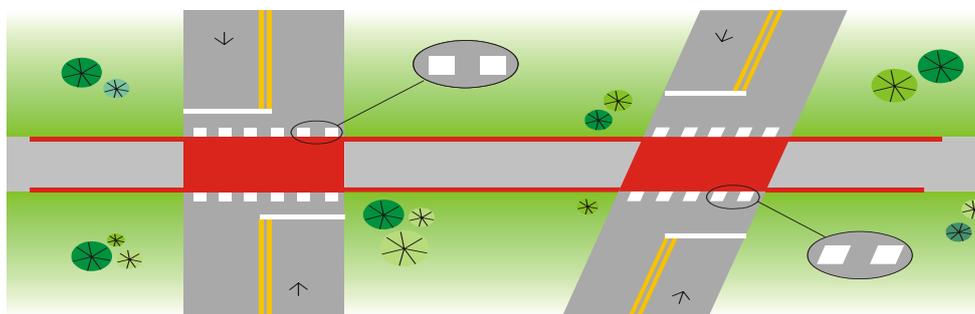
FTP-1 (Figura 2.37a):

A largura ( $l$ ) das linhas varia de 0,30 m a 0,40 m e a distância ( $d$ ) entre elas de 0,30 m a 0,80 m. A extensão mínima das linhas é de 3,00 m, podendo variar em função do volume de pedestres e da visibilidade, sendo recomendados 4,00 m. Deve ser utilizada em locais, semaforizados ou não, onde o volume de pedestres é significativo nas proximidades de escolas ou pólos geradores de tráfego, em meio de quadra ou onde estudos de engenharia indicarem sua necessidade.

FTP-2 (Figura 2.37b):

A largura (l) das linhas varia de 0,40 m a 0,60 m. A distância (d) mínima entre as linhas é de 3,00 m sendo recomendada 4,00 m. A FTP-2 pode ser utilizada somente em interseções semaforizadas. Nos casos em que o volume de pedestres indique a necessidade de uma faixa de travessia com largura superior a 4,00 m, esta deve ser a FTP-1.

#### 5. Marcação de Cruzamento Rodociclovitário (MCC) – cor branca

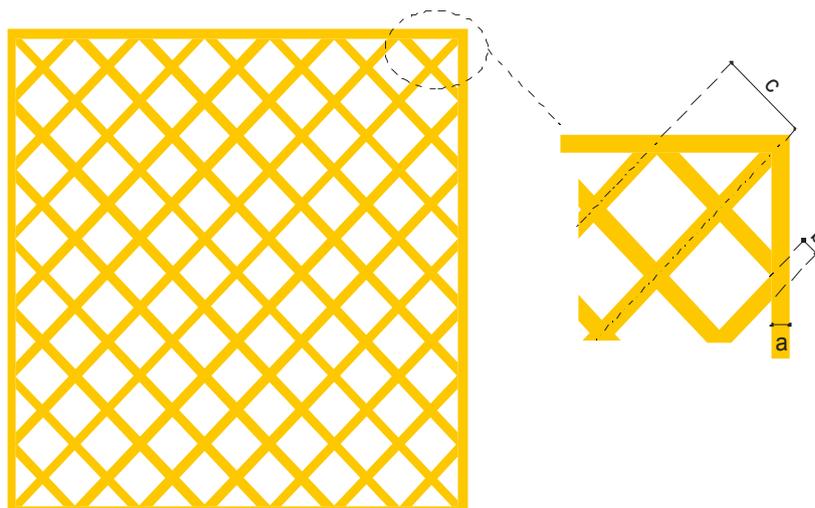


**Figura 2.38:** MCC

A MCC (Figura 2.38) indica ao condutor de veículo a existência de um cruzamento em nível, entre a pista de rolamento e uma ciclovia ou ciclofaixa. A MCC é composta de duas linhas paralelas constituídas por paralelogramos, que seguem no cruzamento os alinhamentos dos bordos da ciclovia ou ciclofaixa.

Estes paralelogramos devem ter dimensões iguais de base e altura, variando entre 0,40 m e 0,60 m, determinando-se estas medidas em função da magnitude do cruzamento. Assumem forma quadrada quando o cruzamento se der a 90°. Os espaçamentos entre os paralelogramos devem ter medidas iguais às adotadas para a sua base.

#### 6. Marcação de Área de Conflito (MAC)



**Figura 2.39:** MAC

A MAC (Figura 2.39) indica aos condutores a área da pista em que não devem parar os veículos, prejudicando a circulação. Deve obedecer a Tabela 2.4:

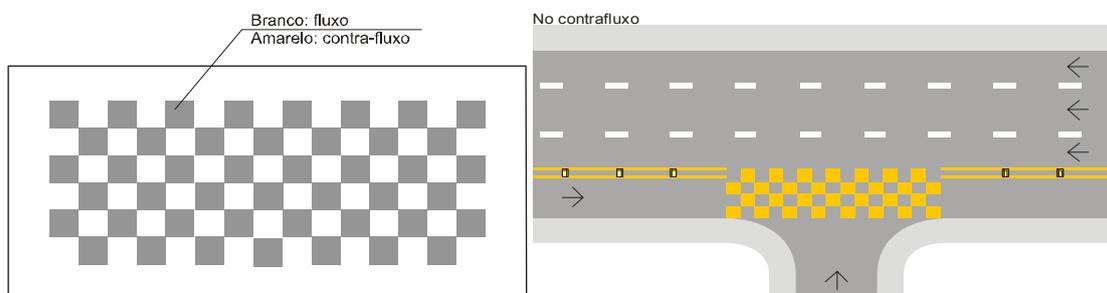
**Tabela 2.4:** Dimensões recomendadas para a MAC

<b>DIMENSÕES RECOMENDADAS (m)</b>	
Largura da linha da borda externa - <b>a</b>	0,15
Largura das linhas internas - <b>b</b>	0,10
Espaçamento entre os eixos das linhas internas - <b>c</b>	2,50

Fonte: Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito vol IV

A MAC é utilizada para reforçar a proibição de parada ou estacionamento de veículos na área da interseção que prejudica a circulação. A MAC deve ser aplicada cobrindo toda a área formada pela interseção que prejudica a circulação.

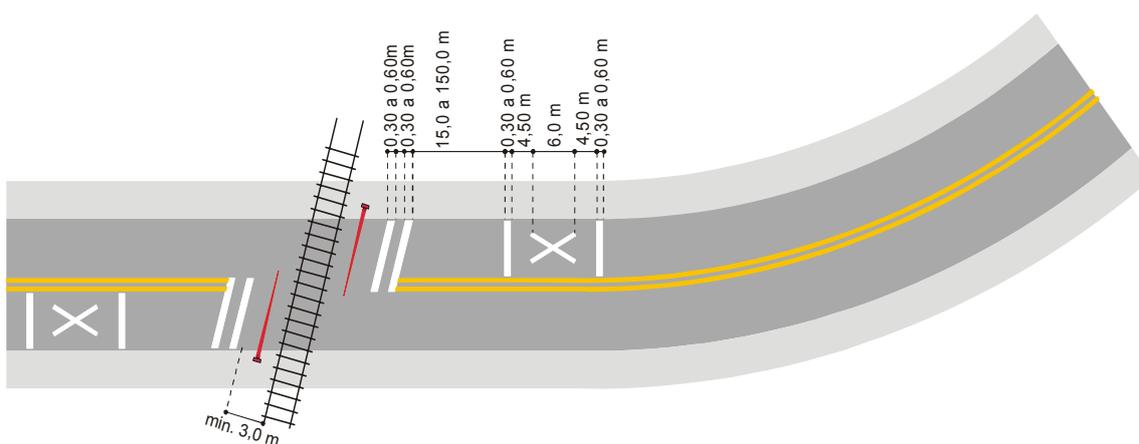
## 7. Marcação de Área de Cruzamento com Faixa Exclusiva (MAE) – cor amarela ou branca



**Figura 2.40: MAE**

A MAE (Figura 2.40) indica ao condutor a existência de faixa(s) exclusiva(s) na via que ele vai adentrar ou cruzar. Os quadrados que formam a MAE devem ter no mínimo 1,00 m de lado. A MAE deve ser utilizada para alertar o motorista da existência de faixa(s) exclusiva(s) no contra-fluxo de veículos automotores na via que vai adentrar ou cruzar em todas as aproximações não semaforizadas. Pode ser utilizada, também, na(s) faixa(s) exclusiva(s) no fluxo.

## 8. Marcação de Cruzamento Rodoferroviário (MCF) - cor branca



**Figura 2.41: MCF**

A MCF (Figura 2.41) indica ao condutor a aproximação de um cruzamento em nível com uma ferrovia e o local de parada do veículo. Esta marcação se constitui de:

- Linha de Retenção – duas linhas com largura variando de 0,30m a 0,60m, cada uma e igual espaçamento entre elas;
- Retângulo de Advertência – é a área contida entre as linhas longitudinais que regulam a circulação da via e duas linhas transversais ao eixo da pista de rolamento, cada uma com largura igual à adotada para a Linha de Retenção, espaçadas de 15 m entre si. No retângulo de advertência deve estar inscrito o símbolo “Cruz de Santo André”, cujas características estão descritas no item próprio.

A MCF é utilizada em aproximações de cruzamentos em nível da pista de rolamento com ferrovia. A Linha de Retenção deve ser colocada a uma distância de no mínimo 3,00 m do trilho externo mais próximo e paralela a este. Deve existir um retângulo de advertência para cada faixa de trânsito, o qual precede a Linha de Retenção em uma distância que pode variar entre 15,00 m e 150,00 m, em função das características da via. No trecho entre o primeiro sinal de advertência e a linha de retenção devem ser implantadas as marcas longitudinais correspondentes à proibição de transposição de faixa e ultrapassagem.

### **2.5.3 Marcas de Canalização**

As Marcas de Canalização são utilizadas para orientar e regulamentar os fluxos de veículos em uma via, direcionando-os de modo a propiciar maior segurança e melhor desempenho, em situações que exijam uma reorganização de seu caminamento natural.

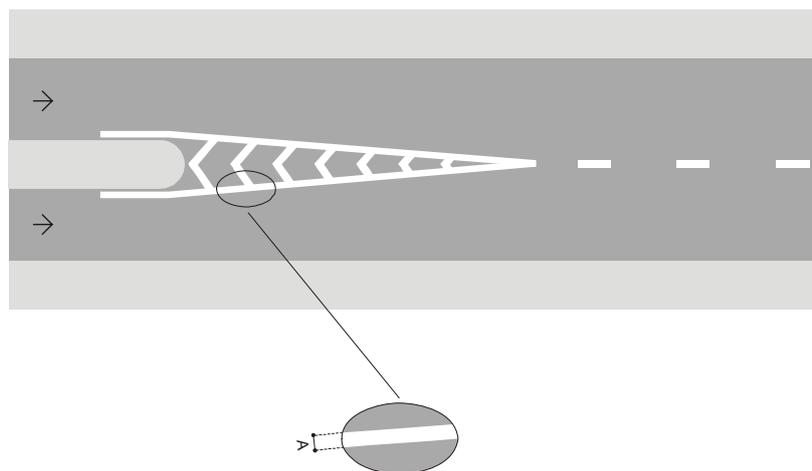
Possuem a característica de transmitir ao condutor uma mensagem de fácil entendimento quanto ao percurso a ser seguido, tais como:

- quando houver obstáculos à circulação;
- interseções de vias quando varia a largura das pistas;

- mudanças de alinhamento;
- acessos;
- pistas de transferências e entroncamentos;
- interseções em rotatórias.

As Marcas de Canalização são constituídas pela Linha de Canalização e pelo Zebrado de Preenchimento da Área não utilizável, sendo este aplicado sempre em conjunto com a linha. São divididas em:

A) Linha de Canalização (LCA) – cor branca ou amarela



**Figura 2.42: LCA**

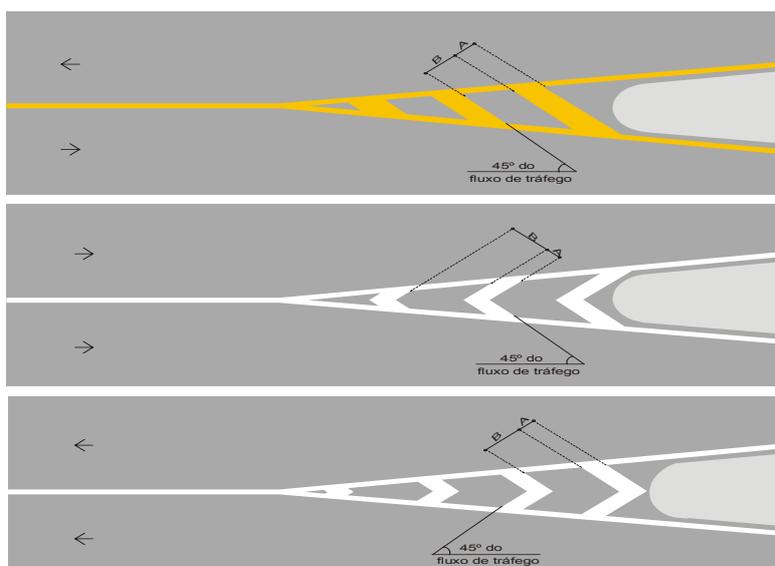
A LCA (Figura 2.42) delimita o pavimento reservado à circulação de veículos, orientando os fluxos de tráfego por motivos de segurança e fluidez. Deve ter a largura (A) variando de 0,10 m a 0,30 m.

A LCA é utilizada em várias situações, pois separam o conflito entre movimentos convergentes ou divergentes, desvia os veículos nas proximidades de ilhas e obstáculos, altera a função do acostamento, demarca canteiros centrais e ilhas, alerta para a alteração na largura da pista, possibilita o entrelaçamento do fluxo veicular em

interseções em mini-rotatória e rotatória, bem como proteção de área de estacionamento.

Uma vez determinada a área destinada à circulação de veículos, esta deve ser delimitada pelas linhas de canalização (LCA).

B) Zebrado de Preenchimento da Área de Pavimento não utilizável (ZPA) – cor branca ou amarela



**Figura 2.43: ZPA**

O ZPA (Figura 2.43) destaca a área interna às linhas de canalização, reforçando a idéia de área não utilizável para a circulação de veículos, além de direcionar os condutores para o correto posicionamento na via. O ZPA deve ter as dimensões da largura da linha interna A, variando entre 0,30 m e 0,50 m e distância entre linhas B variando entre 1,10 m e 3,50 m para os casos de circulação e para os casos de Área de proteção de estacionamento a linha A varia de 0,10 m a 0,40 m e a linha B varia de 0,30 m a 0,60 m.

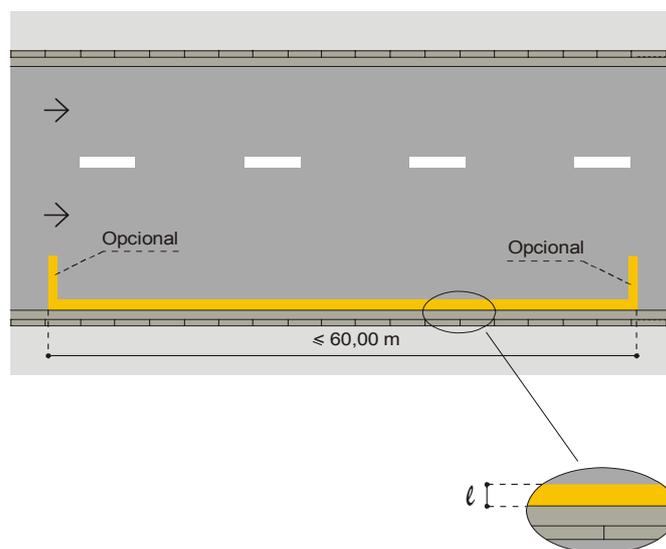
A marcação do zebrado é feita com linhas inclinadas de 45° em relação à direção dos fluxos de tráfego, acompanhando o sentido de circulação dos veículos nas faixas adjacentes à área de pavimento não utilizável. O ZPA deve ser aplicado em função da situação apresentada na via, quando envolve sinalização para fluxos de tráfego de

sentidos opostos ou para fluxos de mesmo sentido e deve preencher toda a área de pavimento não utilizável, interna às linhas de canalização.

#### 2.5.4 Marcas de Delimitação e Controle de Parada e/ou Estacionamento

As Marcas de delimitação e controle de estacionamento e/ou parada delimitam e proporcionam melhor controle das áreas onde é proibido ou regulamentado o estacionamento e a parada de veículos, quando associadas à sinalização vertical de regulamentação. Nos casos previstos no CTB, essas Marcas têm poder de regulamentação. De acordo com sua função as marcas de delimitação e controle de estacionamento e parada são subdivididas nos seguintes tipos:

- A) Linha de Indicação de Proibição de Estacionamento e/ou Parada (LPP) – cor amarela

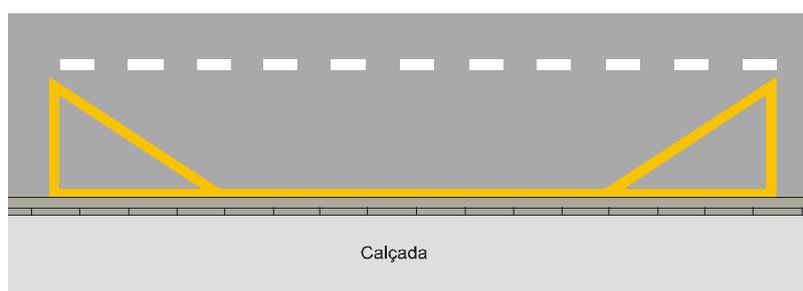


**Figura 2.44: LPP**

Indica a extensão ao longo da pista de rolamento em que é proibido o estacionamento e/ou parada de veículos, estabelecidos pela sinalização vertical de regulamentação correspondente. A LPP (Figura 2.44) deve ter largura ( $l$ ) de no mínimo 0,10 m e no máximo 0,20 m.

Pode ser utilizada opcionalmente linha(s) de fechamento transversal(is). A LPP deve ser aplicada na pista ao longo do limite da superfície destinada à circulação de veículos, junto à sarjeta, acompanhando seu traçado.

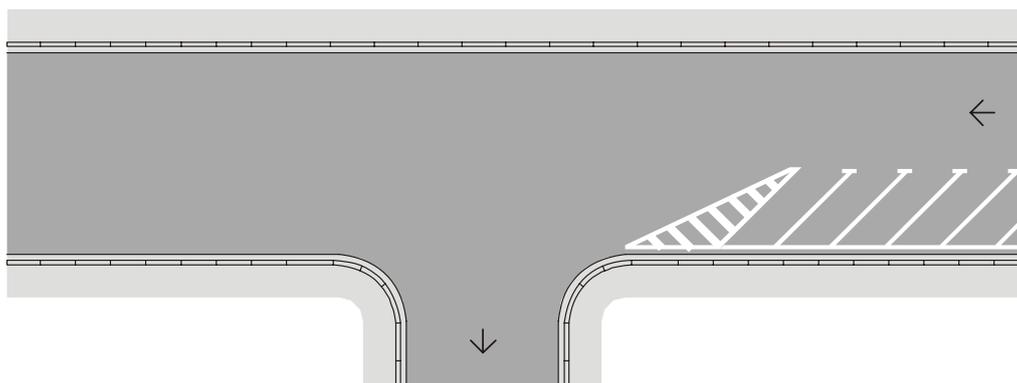
B) Marca Delimitadora de Parada de Veículos Específicos (MVE) – cor amarela



**Figura 2.45:** MVE

A MVE (Figura 2.45) delimita a extensão da pista destinada à operação exclusiva de parada. Deve estar associada ao sinal de regulamentação correspondente, exceto nos pontos de parada de transporte coletivo. O comprimento da MVE é determinado em função do comprimento e da quantidade de veículos que podem fazer uso da parada. Para automóveis, recomenda-se que a linha de fechamento se prolongue a uma distância de 2,20 m, contados a partir do meio fio e, para veículos comerciais, a distância é de 2,70 m.

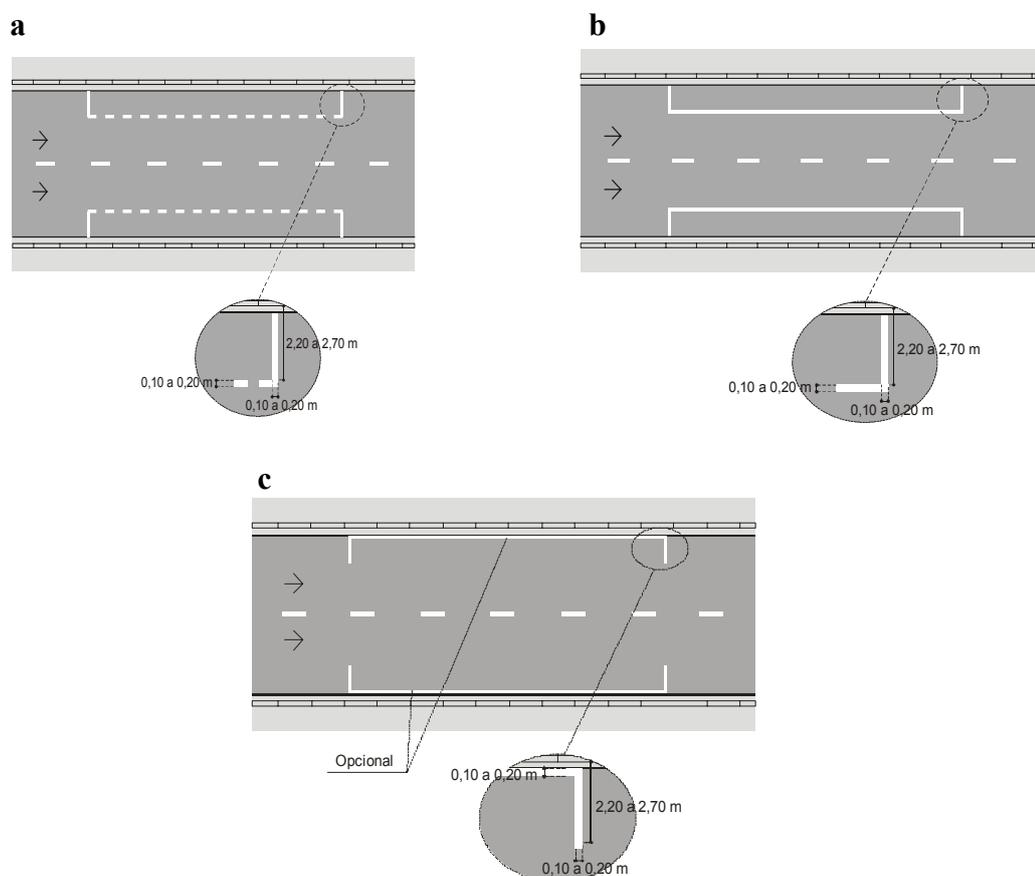
C) Marca Delimitadora de Estacionamento Regulamentado (MER) – Cor branca



**Figura 2.46: MER**

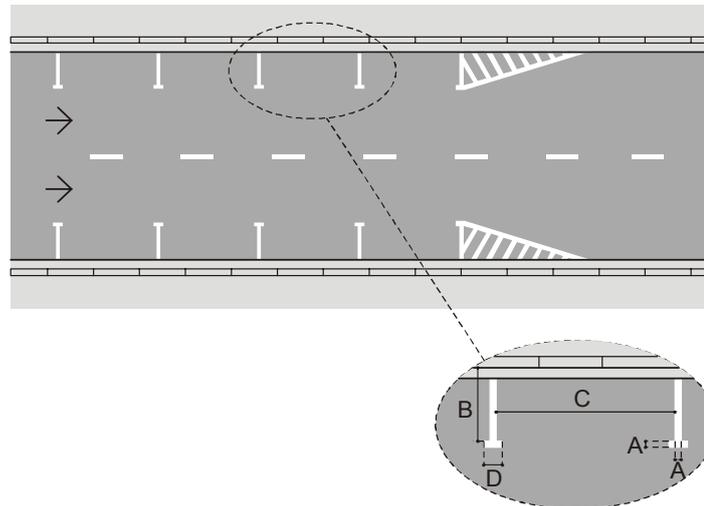
A MER (Figura 2.46) delimita o trecho de pista no qual é permitido o estacionamento estabelecido pelas normas gerais de circulação e conduta ou pelo sinal R-6b - “Estacionamento Regulamentado”. A MER deve apresentar dimensões conforme cada caso específico:

- a. Estacionamento simples paralelo ao meio fio com demarcação ao longo do trecho (Figura 3.47 a,b,c):



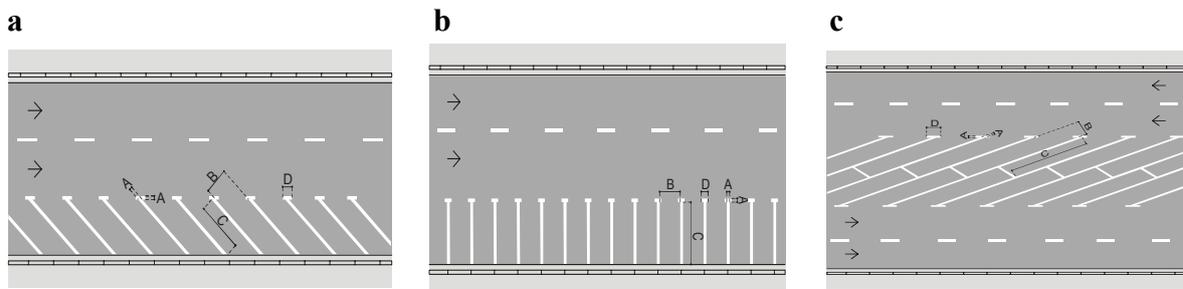
**Figura 47 a,b,c: Estacionamento Simples Paralelo ao Meio Fio**

- b. Estacionamento paralelo ao meio-fio (guia) com delimitação de cada vaga (Figura 2.48):



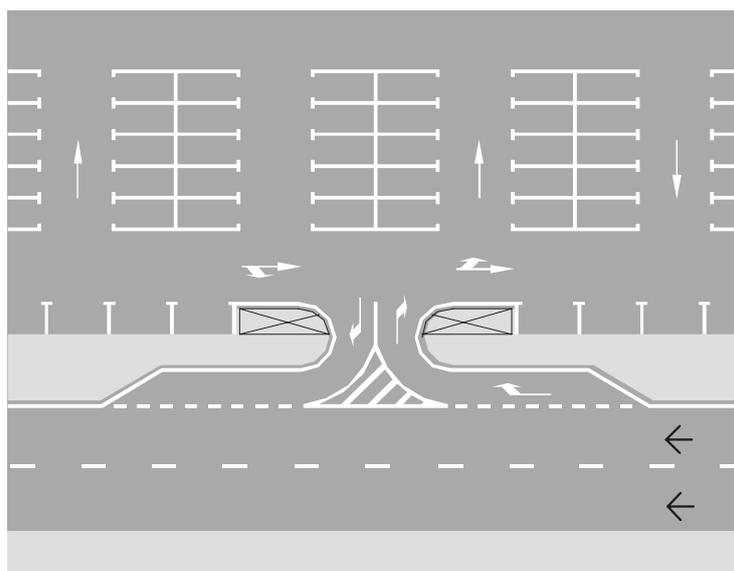
**Figura 2.48:** Estacionamento Simples Paralelo ao Meio Fio (guia)

- c. Estacionamento em ângulo (Figura 2.49 a,b,c):



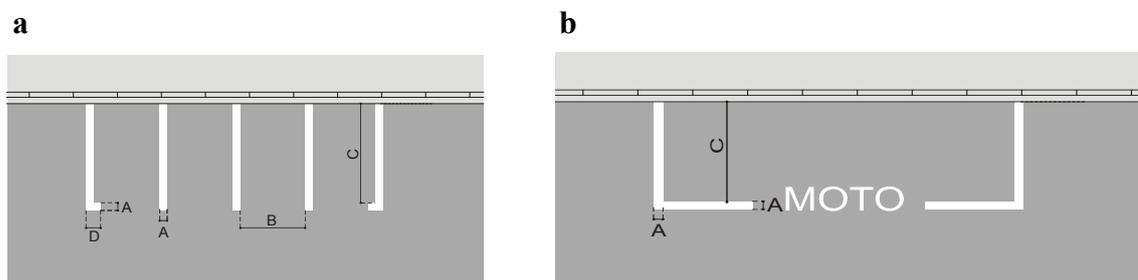
**Figura 2.49 a,b,c:** Estacionamento em Ângulo

- d. Estacionamento em áreas isoladas (fora da pista de rolamento) (Figura 2.50):



**Figura 2.50:** Estacionamento em Áreas Isoladas

- e. Marcação de área de estacionamento para motocicletas (Figura 2.51 a,b):



**Figura 2.51:** Estacionamento para Motocicletas

### 2.5.5 Inscrições no Pavimento

As inscrições no pavimento melhoram a percepção do condutor quanto às condições de operação da via, permitindo-lhe tomar a decisão adequada, no tempo apropriado, para as situações que se lhes apresentarem.

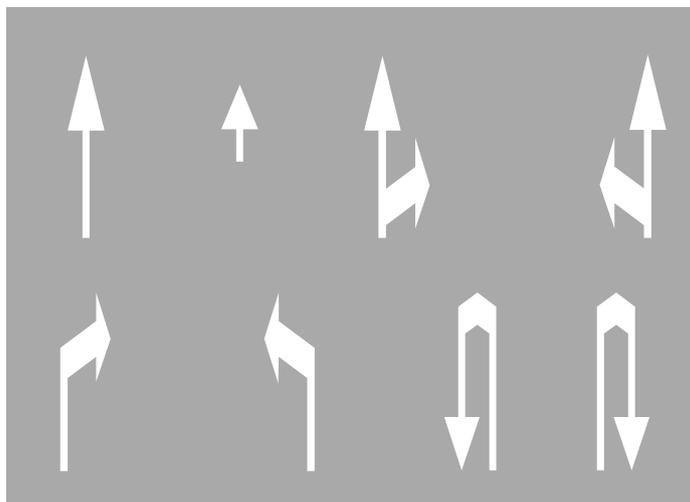
Possuem função complementar ao restante da sinalização, orientando e, em alguns casos, advertindo certos tipos de operação ao longo da via.

As inscrições no pavimento podem ser de três tipos:

### 1) Setas direcionais

Orientam os fluxos de tráfego na via, indicando o correto posicionamento dos veículos nas faixas de trânsito de acordo com os movimentos possíveis e recomendáveis para aquela faixa. Existem três tipos de setas, de características e funções distintas, as quais são detalhadas a seguir:

#### A) Setas Indicativas de Posicionamento na Pista para a Execução de Movimentos (PEM) – COR BRANCA



**Figura 2.52: PEM**

A PEM (Figura 2.52) indica em que faixa de trânsito o veículo deve se posicionar, para efetuar o movimento desejado, de forma adequada e sem conflitos com o movimento dos demais veículos. É utilizada na aproximação de interseções onde existem faixas de trânsito destinadas a movimentos específicos, havendo, portanto a necessidade de orientar os condutores para o adequado posicionamento na pista, de forma que não efetuem mudanças bruscas no seu trajeto, comprometendo a segurança no local.

Existem sete conformações diferentes de setas indicativas de posicionamento, conforme o tipo de movimento recomendado para a faixa em que estão localizadas:

- Siga em Frente;
- Vire à Esquerda;

- Vire à Direita;
- Siga em Frente ou Vire à Esquerda;
- Siga em Frente ou Vire à Direita;
- Retorne à Esquerda;
- Retorne à Direita.

Deve existir uma seta para cada faixa de trânsito, posicionada no centro da mesma, com a conformação adequada ao movimento nela permitido.

Recomenda-se implantar pelo menos duas em seqüência na mesma faixa, sendo opcional a colocação de uma terceira.

Os espaçamentos entre as setas numa mesma faixa de trânsito são determinados em função da velocidade regulamentada na via. É recomendável que, quando as condições físicas da via assim o permitirem, sua colocação obedeça aos seguintes critérios nas Tabelas 2.5 e 2.6:

### Vias Urbanas

**Tabela 2.5:** Critérios para colocação de setas em vias urbanas

VELOCIDADE REGULAMENTADA (km/h)	DISTÂNCIA (m)			COMPRIMENTO DA SETA
	<b>d</b>	<b>d1</b>	<b>d2</b>	
$v < 60$	10	30	45	5,0
$60 \leq v \leq 80$	15	40	60	5,0
$v > 80$	15	50	75	7,5

Fonte: Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito vol IV

### Vias Rurais

**Tabela 2.6:** Critérios para colocação de setas em vias rurais

VELOCIDADE REGULAMENTADA (km/h)	DISTÂNCIA (m)		COMPRIMENTO DA SETA
	<b>d=d1</b>	<b>d2</b>	
$v < 60$	30	45	5,0
$60 \leq v \leq 80$	40	60	7,5
$v > 80$	50	75	7,5

Fonte: Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito vol IV

Onde:

$d$  = distância considerada a partir do ponto de saída da faixa de trânsito, onde não pode mais haver transposição de faixa (início da linha simples contínua de aproximação).

$d1$  = distância entre a primeira e a segunda fileira.

$d2$  = distância entre a segunda e a terceira fileira.

#### B) Seta Indicativa de Mudança Obrigatória de Faixa (MOF) – COR BRANCA

A MOF indica a necessidade de mudança de faixa em virtude de estreitamento ou obstrução da pista. A MOF deve ser utilizada sempre que houver a necessidade de mudança de faixa de circulação, em trechos com obstrução na pista, alteração do uso de faixas de trânsito, ou quaisquer outros casos em que haja diminuição do número de faixas em um determinado sentido.

A MOF deve ser sempre posicionada no centro da faixa a ser suprimida e colocada somente nesta faixa. A ponta da seta deve estar indicando a faixa de trânsito para a qual os veículos devem se deslocar.

Se as condições físicas da via assim o permitirem devem ser utilizadas no mínimo três setas em cada faixa de trânsito a ser suprimida, distanciadas conforme Tabelas 2.7 e 2.8:

#### Vias Urbanas

**Tabela 2.7:** Critérios para colocação da MOF em vias urbanas

VELOCIDADE REGULAMENTADA (km/h)	DISTÂNCIA (m)			COMPRIMENTO DA SETA
	$d$	$d1$	$d2$	
$v < 60$	10	30	45	5,0
$60 \leq v \leq 80$	15	40	60	5,0
$v > 80$	15	50	75	7,5

Fonte: Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito vol IV

## Vias Rurais

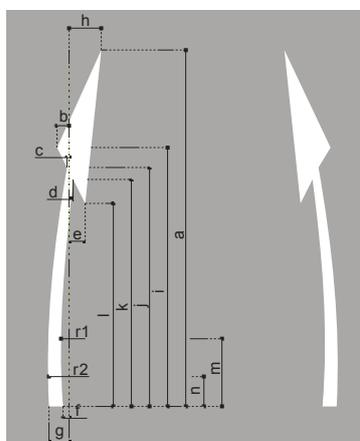
**Tabela 2.8:** Critérios para colocação da MOF em vias rurais

VELOCIDADE REGULAMENTADA (km/h)	DISTÂNCIA (m)		COMPRIMENTO DA SETA
	d=d1	d2	
$v < 60$	30	45	5,0
$60 \leq v \leq 80$	40	60	7,5
$v > 80$	50	75	7,5

Fonte: Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito vol IV

### C) Seta Indicativa de Movimento em Curva (IMC) – COR BRANCA

A IMC (Figura 2.53) indica aproximação de curva acentuada ou movimentos circulares. É utilizada para advertir a existência de curva acentuada adiante ou movimentos circulares onde seja difícil a compreensão por parte do condutor, sendo aplicada no centro de cada faixa para indicar a aproximação de curva acentuada.



**Figura 2.53:** IMC

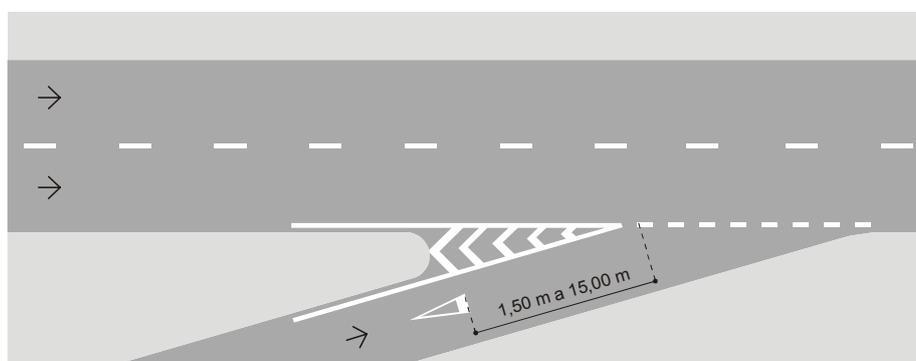
## 2) Símbolos

Indicam e alertam o condutor sobre situações específicas na via. São utilizados os seguintes símbolos:

- Dê a Preferência - indicativo de interseção com via que tem preferência;

- Cruz de Santo André - indicativo de cruzamento rodoferroviário;
- Bicicleta - indicativo de via, pista ou faixa de trânsito de uso de Ciclistas;
- Serviços de saúde – indicativo de áreas ou local de serviços de saúde;
- Deficiente físico – indicativo de local de estacionamento de veículos que transportam ou que sejam conduzidos por pessoas portadoras de deficiências físicas.

A) Símbolo Indicativo de Interseção com Via que tem Preferência (SIP) “Dê a Preferência” - COR BRANCA

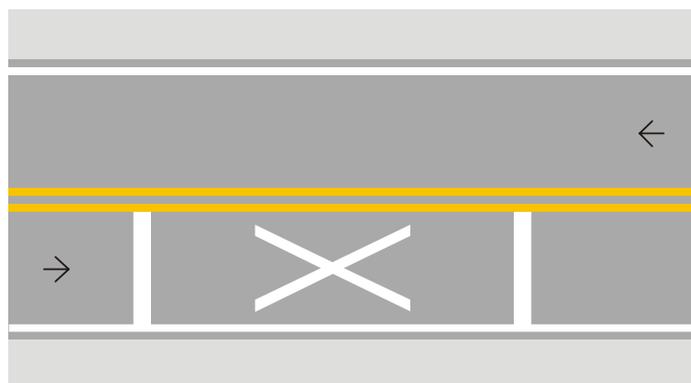


**Figura 2.54: SIP**

A SIP (Figura 2.54) é utilizada como reforço ao sinal de regulamentação R-2 - "Dê a Preferência", indicando a existência de cruzamento com via que tem preferência. Suas dimensões variam de acordo com a velocidade regulamentada no local. É utilizada para reforçar o sinal de regulamentação R-2 - “Dê a preferência” quando for necessário melhorar a informação prestada por questão de segurança.

O triângulo deve ser colocado de forma que aponte contra o sentido de circulação, inscrito entre 1,50 m a 15,00 m de distância da interseção, a partir do prolongamento do meio fio da via transversal, no centro da faixa onde estiver inserido.

B) Símbolo Indicativo de Cruzamento Rodoferroviário (SIF) “Cruz de Santo André” – Cor branca



**Figura 2.55:** SIF

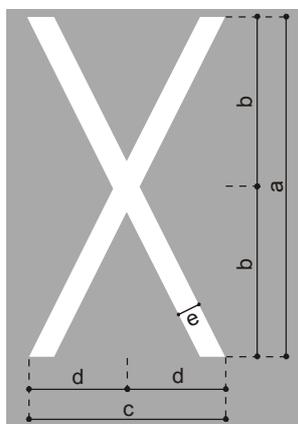
O SIF (Figura 2.55) é utilizado para indicar a aproximação de uma interseção em nível com ferrovia. O SIF tem a forma de uma cruz inserida num retângulo formado pelas linhas longitudinais da pista e duas linhas transversais ao sentido do tráfego.

O seu comprimento é constante e igual a 6,00 m independente da velocidade regulamentada na via. O SIF deve estar centralizado na faixa de trânsito a que está destinado. A largura do símbolo varia de acordo com a largura da faixa de trânsito onde o mesmo será aplicado, conforme Tabela 2.9 e figura 2.56:

**Tabela 2.9:** Critérios para colocação da SIF

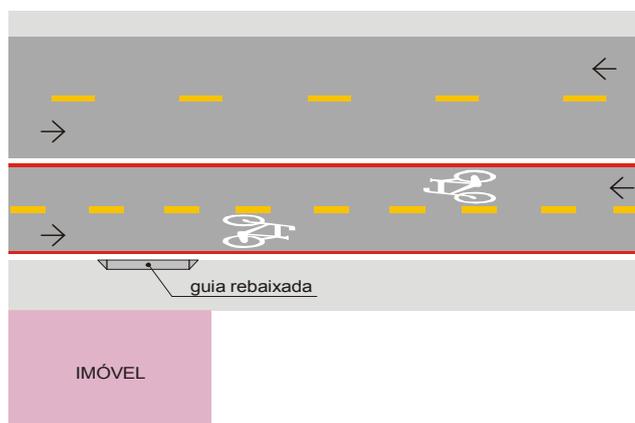
DIMENSOES (m)					
Largura da Faixa	a	b	c	d	e
≤ 3,5	6,00	3,00	2,40	1,20	0,40
>3,5	6,00	3,00	3,00	1,50	0,40

Fonte: Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito vol IV



**Figura 2.56:** gabarito para SIF

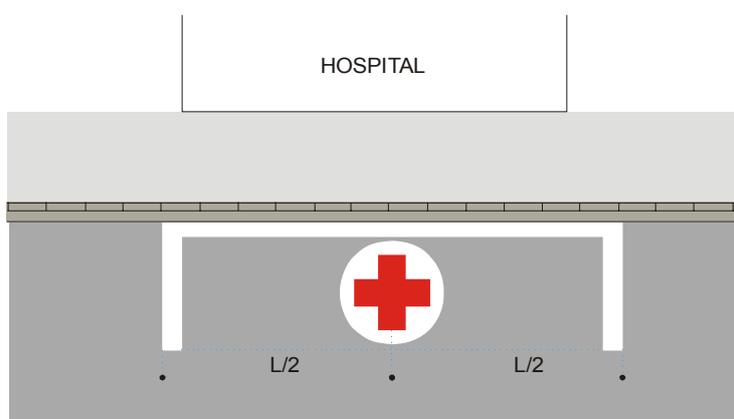
- C) Símbolo Indicativo de Via, Pista ou Faixa de Trânsito de uso de Ciclistas (SIC) “Bicicleta” – Cor branca



**Figura 2.57: SIC**

O SIC (Figura 2.57) é utilizado para indicar a existência de faixa ou pista exclusiva de ciclistas. Deve ser posicionado no centro da faixa a que se destina.

- D) Símbolo Indicativo de Área ou Local de Serviços de Saúde (SAS) “Serviços de Saúde” COR cruz vermelha inscrita em um círculo branco.



**Figura 2.58: SAS**

O SAS (Figura 2.58) é utilizado para indicar ao condutor a reserva de vagas destinada à estacionamento de veículos e/ou embarque e desembarque de passageiros e/ou pacientes. Pode ser utilizado como reforço quando se deseja reservar vaga(s) para veículos em serviço de saúde nas condições estabelecidas pela sinalização vertical de regulamentação.

O SAS deve ser posicionado no centro da vaga, quando esta for paralela ao meio-fio. No caso de vagas demarcadas em ângulo em relação ao meio-fio, o símbolo será posicionado de modo que seu eixo vertical fique paralelo à faixa de demarcação da vaga e coincida com o eixo central da mesma.

- E) Símbolo Indicativo de Local de Estacionamento de Veículos que Transportam ou que Sejam Conduzidos por Pessoas Portadoras de Deficiências Físicas (DEF) “Deficiente Físico” – (COR) Pictograma na cor branca, inserido num quadrado de fundo azul.



**Figura 2.59:** DEF

O DEF (Figura 2.59) deve ser utilizado para indicar vaga reservada para estacionamento e/ou parada de uso exclusivo para veículos conduzidos ou que transportem pessoas portadoras de deficiência física. O DEF deve ser utilizado para reservar vaga(s) para veículos conduzidos ou que transportem pessoas portadoras de

deficiência física nas condições estabelecidas pela sinalização vertical de regulamentação.

### 3) Legendas

As legendas são formadas a partir de combinações de letras e algarismos, aplicadas no pavimento da pista de rolamento, com o objetivo de advertir aos condutores acerca das condições particulares de operação da via. As legendas são mensagens com o objetivo de advertir os condutores acerca das condições particulares de operação da via.

As Tabelas 2.10 e 2.11 apresentam as alturas de letras ou números a serem adotadas em função do tipo de via e da velocidade regulamentada:

#### Vias Urbanas

**Tabela 2.10:** Altura das letras ou números em função da velocidade em vias urbanas

VELOCIDADE (km/h)	ALTURA (m)
$v \leq 80$	1,60
$v > 80$	2,40

Fonte: Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito vol IV

#### Vias Rurais

**Tabela 2.11:** Altura das letras ou números em função da velocidade em vias rurais

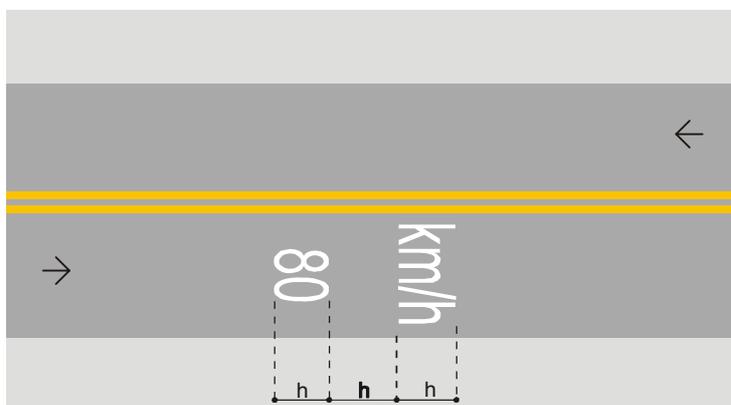
VELOCIDADE (km/h)	ALTURA (m)
$v \leq 60$	2,40
$v > 60$	4,00

Fonte: Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito vol IV

Podem ser utilizadas alturas maiores nos casos que estudos de engenharia indiquem a necessidade, por questões de segurança. As legendas podem complementar a sinalização vertical, comunicando aos condutores informações necessárias para o bom desempenho do fluxo viário, sem desviar a sua atenção da pista de rolamento. As legendas devem conter mensagens simples e curtas.

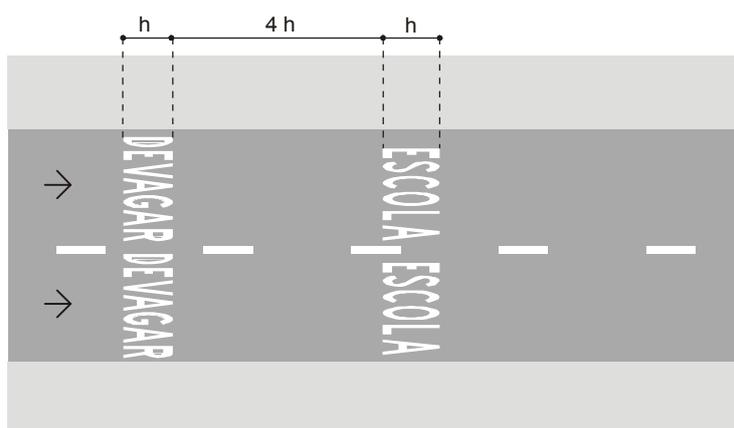
A utilização de inscrições conjuntas pode ser feita de duas maneiras distintas:

- a. Se a legenda for mais larga do que a faixa de tráfego e necessita ser lida integralmente naquela faixa (ex.: "80 km/h"), o texto deve ser dividido, com um espaçamento entre as inscrições igual à altura ( $h$ ) adotada para as letras (Figura 2.60);



**Figura 2.60:** Legenda mais larga que a faixa

Quando a mensagem for mais larga do que a faixa de trânsito e composta por mais de uma palavra as legendas devem ser colocadas de forma que possam ser lidas no sentido do tráfego, obedecendo a um espaçamento entre inscrições igual a quatro vezes a altura ( $h$ ) adotada para as letras (figura 2.61).



**Figura 2.61:** Mensagem mais larga que a faixa

- f. Legenda "PARE"



**Figura 2.62:** Legenda PARE

A legenda “PARE” (Figura 2.62) deve ser posicionada a 1,60 m, antes da linha de retenção, centralizada na faixa de circulação em que está inscrita. Deve ser utilizada como reforço ao sinal de regulamentação R-1 – “Parada obrigatória”.

Outros tipos de legenda também são aplicáveis conforme sua função. As principais são: legendas de velocidade regulamentada, escola, devagar, carga e descarga.

Depois de descrita a padronização da sinalização horizontal, no próximo capítulo, serão vistos os materiais e equipamentos mais comuns para utilização em sinalização viária e as especificações técnicas que regem a pintura sobre o pavimento.

## **CAPÍTULO 3**

# **MATERIAIS, EQUIPAMENTOS E ESPECIFICAÇÕES UTILIZADOS PARA EXECUÇÃO DA SINALIZAÇÃO HORIZONTAL**

### **3.1. MATERIAIS**

Existe uma grande variedade de produtos destinados à execução de sinalização horizontal. Os materiais como tintas, termoplásticos e laminados são os mais utilizados em demarcações viárias tanto no Brasil como no exterior.

Cada material apresenta propriedades que os tornam mais adequados (ou não) para a execução de determinados tipos de serviço. Conhecidas estas particularidades, cabe ao projetista escolher o produto mais adequado ao tipo de sinalização e às condições do local a ser demarcado.

Ao contrário do que se possa imaginar, não existe material melhor ou pior. Os produtos são dimensionados para apresentarem determinados níveis de desenvolvimento em função de critérios técnicos e econômicos. Desempenhos superiores são normalmente associados aos custos mais elevados e assim sendo, dependerá da estratégia do gerenciador do sistema viário a escolha do material.

Segundo suas características, os materiais podem ser divididos em três tipos, tinta, termoplástico e laminados. Como material complementar, por ser utilizado em mistura aos outros três, a microesfera de vidro é um item imprescindível para a sinalização horizontal.

#### **3.1.1. Tintas**

A tinta é uma composição líquida geralmente viscosa, formada por pigmentos dispersos em um aglomerante líquido. Quando acontece o processo de cura forma uma película fina denominada filme que protege ou embeleza as superfícies.

As tintas são constituídas por veículos (resinas e solventes), partículas sólidas (cargas e pigmentos) e em alguns casos aditivos (NBR 7396/87). Quanto ao número de componentes se tem as monocomponentes como as de resina acrílicas e vinílicas e as bicomponentes formuladas à base de resinas epóxi, poliuretano entre outras.

Os componente básicos das tintas são (ASSIS 1993 *apud* PESTANA 2002):

- resinas: dentre os componentes da tinta, as resinas são as que mais influenciam nas propriedades de dureza, flexibilidade, resistência à abrasão, resistência a álcalis, adesão e condições de cura. Constituem a parte não volátil da tinta que tem a finalidade de aglomerar as partículas de pigmentos, podendo ser líquidas ou sólidas;
- pigmento: o pigmento é um material sólido finamente dividido, insolúvel no meio. Dele se define a cor, opacidade e características de consistência. Tem a característica de ser anti-corrosivo e inerte, podendo aparecer nas tintas em cores variadas, metálica ou mesmo incolor. O uso dos pigmentos em sinalização viária tem como principais agentes químicos o dióxido de titânio que é um dos mais importantes pigmentos brancos produzidos e o cromato de chumbo que é uma classe de pigmentos amarelo e laranja. Os pigmentos de cromato de chumbo apresentam alta limpidez e opacidade, bem como não apresenta sangria em solventes.
- Solventes: solventes são produtos que possuem a capacidade de dissolver outros materiais sem alterar suas propriedades químicas. É um líquido volátil, utilizado nas tintas e semelhantes para dissolver a resina, criando o fenômeno denominado solubilização. A solubilização da resina é necessária para que haja um melhor contato da tinta com o substrato em que ela é aplicada, melhorando a aderência. O uso de solventes inadequados pode causar problemas nas tintas, como coagulação ou precipitação da resina que causa perda de brilho e diminuição da resistência à água. Daí a importância de se usar o solvente correto para cada tipo de tinta, água para tintas a base de água e o conhecido como “solvente a granel” para tintas a base de solventes.

- aditivo: apresentam-se em quantidades pequenas na composição das tintas. Podem exercer várias funções como influenciar o tempo de secagem da tinta, regular a fluidez, melhorar o processo produtivo das tintas ou preservar a tinta contra contaminações.

Existem basicamente dois processos de aplicação de tintas a frio:

- Manual: o sistema de aspersão manual oferece grande flexibilidade permitindo a execução tanto de sinalização horizontal quanto de outros serviços de pintura como as barreiras de concreto (*new Jersey*). O equipamento é bastante simples, consiste basicamente de um compressor e tanque pressurizado, este último ligado por mangueiras a uma pistola de pintura. O processo de aspersão produz uma névoa que impede a execução de pinturas com bordas bem definidas. Devido a esta limitação, é necessário o uso de gabaritos que embora impliquem numa pequena perda de material, resulta numa demarcação com melhor acabamento. Apesar da grande flexibilidade da aplicação manual, o processo é inadequado para a pintura de faixas que se estendam por trechos muito longos pois, se a faixa estender o comprimento do gabarito, o serviço terá que ser realizado em etapas podendo prejudicar a sua uniformidade e a qualidade geral da sinalização (figura 3.1).



**Figura 3.1:** pintura manual

- Mecânico: os sistemas mecânicos de aplicação são geralmente montados em carrocerias de caminhões devido à quantidade e porte dos equipamentos.

Normalmente possuem dois tanques pressurizados, um para tinta branca e outro para amarela, de onde saem as mangueiras que conduzem o material até as pistolas que se encontram montadas numa estrutura móvel situada na lateral do caminhão. Todo o conjunto aplicado deve ser mantido a uma altura constante do solo, pois devido ao formato em leque de jato de tinta, esta distância determina a largura das faixas demarcadas. Não apresenta a mesma flexibilidade dos equipamentos manuais e, devido as suas características, destina-se à demarcação de faixas longitudinais de grande extensão (figura 3.2).



**Figura 3.2:** pintura mecanizada

### 3.1.2. Termoplásticos

Dependendo do processo de aplicação, os termoplásticos podem ser denominados:

- Extrudado: quando a aplicação é realizada com dispositivos extrusor manuais ou mecânicos (figura 3.3).



**Figura 3.3:** pintura com termoplástico estrudado

- *Hot Spray*: quando são colocados sobre o pavimento por projeção pneumática e/ou mecânica (figura 3.4).



**Figura 3.4:** pintura com termoplástico hot spray

Apesar desta diferenciação, ambas as formulações são semelhantes, havendo apenas algumas particularidades visando um método de aplicação do material adequado.

Os termoplásticos são fornecidos na forma sólida, em pedras ou em pó, mas, apresentam comportamento plástico, tornando-se massas pastosas ao sofrerem aquecimento. O processo de adesão ao pavimento ocorre por fusão do material com a superfície a ser demarcada, sendo para isso necessário o aquecimento a altas temperaturas. Desta forma esse tipo de pintura é mais recomendando para pavimentos flexíveis. Em pavimento de concreto é preciso o uso de um elemento que funcione como ligante.

### 3.1.3. Laminados pré-fabricados

Os laminados são denominados pré-fabricados, pois todo o processo de conformação é realizado durante a fabricação e o material chega ao campo já em seu estado final. Apresentam alta durabilidade e elevada resistência à abrasão. São indicados para locais que necessitam de pouca quantidade do material para efetuar a demarcação, principalmente em condições severas que exigem frequentes reposições (figura 3.5).



**Figura 3.5:** aplicação do laminado pré-fabricado

A tecnologia destes materiais tem avançado nos últimos anos. As películas podem ser confeccionadas com diversas espessuras e cores variadas, oferecendo características diferenciadas para uma melhor adequação a utilizações específicas. Oferecem como principal vantagem a qualidade do acabamento, com bordas bem definidas tanto em faixas como em legendas e símbolos, embora seu custo considerado alto quando comparado aos outros produtos.

É produto de alta retro-refletividade, sua espessura usual é de 1,5mm, fornecido em faixas de diversas larguras, também como, setas, legendas, símbolos, letras e números, obtendo efeitos visuais eficazes para a sinalização horizontal. Com excelente adaptação à superfícies lisas ou texturizadas, sejam pavimentos asfálticos, concreto rígido, paralelepípedos ou pré-moldados (poliédricos). É antiderrapante, tanto em condições de pavimento seco ou molhado. Sua aplicação é manual, com adesivo de alta resistência.

De tabela 3.1 tem-se um comparativo entre os tipos de materiais onde pode-se concluir que existe um material mais adequado para cada caso a ser utilizado, devendo o projetista saber qual o melhor material para cada situação.

**tabela 3.1:** Comparativo entre os diversos tipos de pintura

CARACTERÍSTICA	MATERIAL								
	TINTA RESINA LIVRE		TINTA RESINA ACRÍLICA (SOLVENTE)	TINTA RESINA ACRÍLICA (ÁGUA)		Termoplástico Extrudado	Termoplástico Aspergido		Elastoplástico ou Fx. Pré-Fabricada
ESTADO FÍSICO (natural)	Líquido		Líquido	Líquido		Sólido	Sólido		Sólido
ESTADO FÍSICO (aplicação)	Líquido		Líquido	Líquido		Pastoso	Pastoso		Sólido
TEMPERATURA DE APLICAÇÃO DO MATERIAL	Ambiente		Ambiente	Ambiente		180° C (branco) 200° C (amarelo)	180° C (branco) 200° (amarelo)		Ambiente
ESPESSURA DA PELÍCULA ÚMIDA (mm)	0,6	0,4	0,6	0,4	0,5	0,3	3,0	1,5	-
ESPESSURA DA PELÍCULA SECA (mm)	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	3,0	1,5	1,5
TEMPO DE SECAGEM (em minutos)	20	15	50	40	10	05	05	01	Imediata
MÉTODO DE APLICAÇÃO	Pistola Pneumática		Pistola Pneumática	Pistola Pneumática		Bico Extrudor ou Sapatas	Pistola Pneumática		Manual
PROTEÇÃO AO TRÁFEGO	Indispensável		Indispensável	Indispensável		Requer pouca	Não requer		Não requer
TIPO DE TRÁFEGO	Leve		Médio	Médio		Intenso	Intenso		Intenso
VDM (veic./faixa/dia)	1.000		1.000 a 3.000	1.000 a 3.000		3.000 a 10.000	3.000 a 10.000		3.000 a 10.000
DURABILIDADE (em meses)	12	06	24	12	24	12	36	24	24

Fonte: DER-MG recomendações técnicas para sinalização viária horizontal 2006

### 3.1.4. Microesfera de vidro

As microesferas de vidro são elementos incorporados tanto à tinta e termoplásticos durante ou após sua aplicação, como nos laminados, já aderidos na superfície. Tem a função de refletir os raios luminosos emitidos pelos faróis dos veículos, tornando a sinalização mais visível durante o período noturno.

Quando aplicada à pintura as microesferas trabalham como lentes que coletam e concentram os raios de luz que incidem em sua superfície. Após sofrerem o efeito de refração (desvio da direção devido a mudança do meio ar para o vidro), os raios de luz encontram a superfície da pintura, atingindo o pigmento integrante da tinta e sofrendo uma reflexão com uma dada refletância, conforme os conceitos:

- reflexão é o fenômeno através dos quais os raios de luz propagados por um meio incidem sobre uma superfície, voltando ao meio que os propagou. Diz-se então que os raios de luz foram refletidos pela superfície.
- refletância é a quantidade de luz que retorna ao observador, a partir de uma fonte luminosa próxima do ponto de vista do observador.

Há três tipos de reflexão: espelho (especular), difusa e retrorreflexão. Na reflexão espelho (ou especular) o feixe de luz incide sobre uma superfície lisa e é redirecionado na direção oposta da fonte que o originou. À noite a água no pavimento age como um espelho refletor devido ao reflexo vindo dos faróis dos veículos.

Na reflexão difusa o feixe de luz incide sobre uma superfície rugosa e é refletido desordenadamente em várias direções. A sinalização horizontal feita sem a adição de microesferas provoca este fenômeno. Na retrorreflexão o feixe de luz incide sobre uma superfície e é redirecionado na direção da fonte que o originou.

Na retrorrefletância a sua angularidade é definida pelos ângulos de entrada de luz e do observador (neste caso o motorista). O ângulo de entrada (incidente) é o ângulo formado entre o feixe de luz que incide na superfície de um sinal e a linha que sai perpendicular a esta superfície. O ângulo do observador é o ângulo entre o raio de luz incidente e o raio de luz refletido, sendo este visto pelo motorista.

Estes ângulos variam com as distâncias entre o veículo e o sinal e são funções da posição do sinal e do veículo (para o ângulo incidente) e a altura da visão do motorista com relação aos faróis do veículo (para o ângulo de observação).

A angularidade de um sinal refere-se então, ao alcance dos ângulos em que um sinal permanecerá retrorrefletivo. Um ângulo de entrada de  $30^\circ$  é considerado bom para uma sinalização de rodovia. Como o material retrorrefletivo deve refletir toda a luz diretamente de volta à sua fonte, o ângulo de observação poderá ser zero. Entretanto, isto não ocorre, pois a visão do motorista é mais alta que o farol do veículo e pode alcançar 0,5 m para carros pequenos até mais do que 1,6 m para caminhões.

Um ângulo de observação razoável é de cerca de  $2^\circ$ . O cone de luz refletido refere-se a distribuição de um raio de luz refletido. Um bom retrorrefletor deve ter um cone muito pequeno, para que a maior parte da luz refletida esteja dentro dos  $3^\circ$  do raio de luz incidente.

A intensidade da retrorreflexão é função dos seguintes parâmetros:

- esfericidade das microesferas;
- granulometria adequada para o tipo de tinta utilizado;
- qualidade e quantidade de pigmento contido na pintura;
- índice de refração;
- quantidade de microesferas emergentes à superfície da pintura;
- grau de ancoragem das microesferas;
- qualidade do vidro das microesferas;
- tratamento superficial correto.

As microesferas de vidro são utilizadas nos diversos processos de sinalização, cada qual com suas peculiaridades, utilizando tipos de microesferas de granulometria diferentes.

Conforme a NBR 6831 as microesferas são classificadas quanto ao seu uso e granulometria:

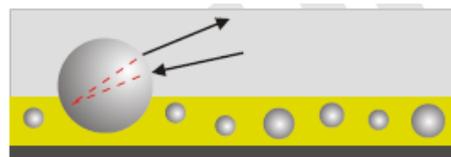
- a) tipo I-A: aquelas aplicadas incorporadas às massas termoplásticas durante sua fabricação, de modo a permanecerem internas à película aplicada, permitindo a retrorrefletorização depois do desgaste da película.
- b) tipo I-B: aquelas incorporadas à tinta antes de sua aplicação, tendo a mesma finalidade da anterior.
- c) tipo II-A, II-B e II-C: aplicadas por aspersão, seja na tinta ou no termoplástico, de modo a permanecerem na superfície da película, permitindo a imediata retrofletorização.

Na pintura de pavimentos as microesferas tipo I-B são conhecidas como PREMIX e as do tipo II-a e II-B são conhecidas como DROP-ON.

O fecho luminoso proveniente dos faróis do veículo penetra nas microesferas de vidro (figuras 3.6 a,b) e, devido ao seu efeito retrorrefletivo, os raios luminosos retornam, permitindo ao motorista uma perfeita visualização das faixas, aumentando substancialmente a segurança do condutor.

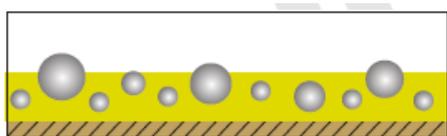


**Figura 3.6a:** efeito retrorrefletivo

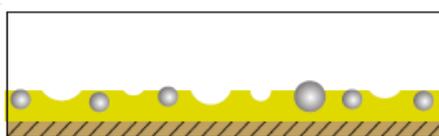


**Figura 3.6b:** efeito retrorrefletivo detalhado

O desgaste provocado pelo rolamento ou arrasto dos pneus faz com que algumas esferas se desprendam da faixa pintada, ao mesmo tempo que aparecem novas esferas dispostas nas camadas inferiores, previamente misturadas na tinta. (figura 3.7 a,b).



**Figura 3.7a:** película sem desgaste



**Figura 3.7b:** película com desgaste

Aplica-se sob a forma de pré-mistura na tinta, microesferas de vidro tipo PREMIX, mantendo-se a agitação no tanque pressurizado de tinta. Sobre a faixa ou símbolo pintado, aplica-se imediatamente antes do início da secagem da tinta, microesferas de vidro tipo DROP - ON , as quais garantirão a refletorização imediata.

## **3.2 EQUIPAMENTOS**

Vários são os equipamentos que foram usados neste trabalho. A familiaridade com eles é de grande importância, já que alguns deles como o retrorrefletômetro e o simulador de tráfego, são mais conhecidos por laboratórios especializados ou profissionais que trabalham diretamente com a sinalização viária.

### **3.2.1 Retrorrefletômetro**

Um dos primeiros métodos de medição da retrorrefletância foi a retirada de um corpo de prova do trecho em que se estava sinalizando e levado a um laboratório, onde se avaliava a retrorrefletância. Esse método é demorado, pois na maioria das vezes não existe um laboratório adequado próximo, causando atrasos. Ou pior, quando o resultado chegava, o trecho já estava sinalizado, causando retrabalho, caso o resultado não fosse satisfatório com relação às especificações exigidas.

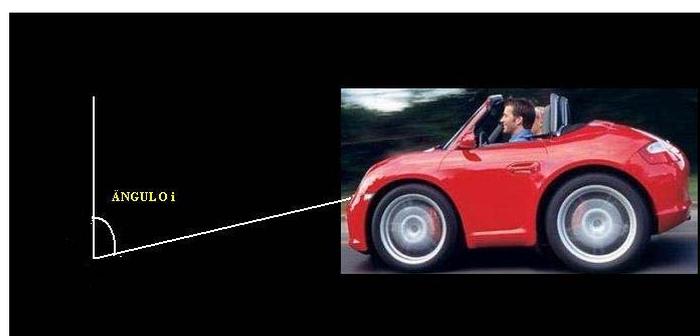
Outro método adotado foi a utilização de observadores que verificavam o trecho através de uma avaliação visual. Esse método é muito subjetivo e variável em seus resultados, pois além de ser afetado por fatores humanos como a qualidade da visão e estado psicológico do observador, fatores externos como intensidade da luz ambiente e qualidade dos faróis do carro usado na vistoria também afetam de forma direta a avaliação.

Com o objetivo de diminuir essa quantidade de variáveis foi criado o retrorrefletômetro (figura 3.8) que é uma caixa onde não se deixa entrar luz exterior. Nessa caixa existe uma fonte de luz que é projetada em uma área conhecida e a luz refletida é medida num fotoreceptor.



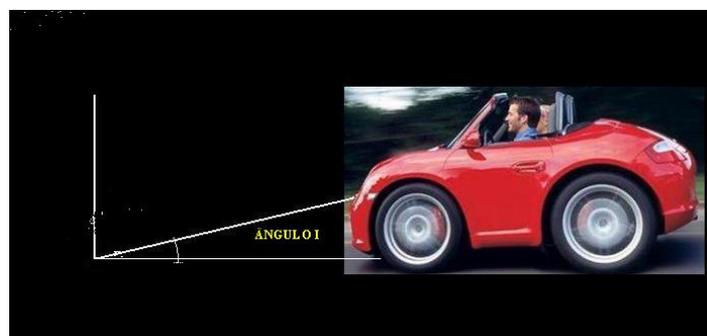
**Figura 3.8:** reflectômetro tipo Mirolux plus MP E-12 e MP E - 30

O ângulo de entrada ( $i$ ) ou ângulo de incidência (Figura 3.9) é o ângulo formado pelo raio de luz incidente e a perpendicular à superfície refletiva.



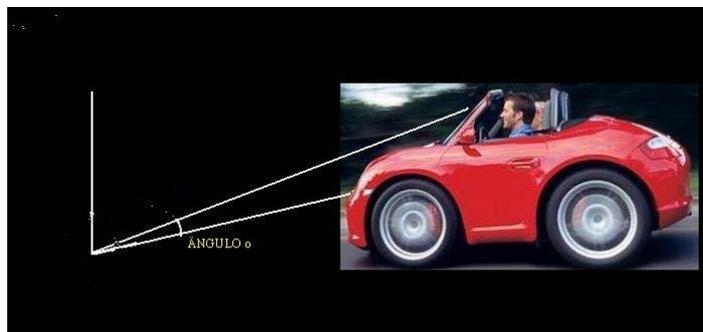
**Figura 3.9:** Ângulo de entrada

O ângulo de iluminação ( $I$ ) é o ângulo formado pelo raio de luz incidente e a superfície refletiva (Figura 3.10).



**Figura 3.10:** Ângulo de iluminação

O ângulo de observação ( $\theta$ ) é o ângulo formado pelo raio incidente e o raio de luz refletido que chega ao olho do observador (Figura 3.11).



**Figura 3.11:** Ângulo de observação

Existe uma divergência entre alguns tipos de retrorrefletômetros. Uns utilizam um ângulo de entrada de  $86,5^\circ$ , um ângulo de iluminação de  $3,5^\circ$  e um ângulo de observação de  $1^\circ$  a  $1,5^\circ$ . Essa geometria corresponde a um motorista dirigindo um carro de passeio com distância visual de 12 metros.

O COMITÊ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO-CEN estabeleceu um ângulo de entrada de  $88,76^\circ$  e um ângulo de observação de  $1,05^\circ$ , com o objetivo de simular um veículo de passeio e um motorista dirigindo a noite, com distância visual de 30 metros.

Os retrorrefletômetros com geometria de 12 metros têm a preferência da comunidade técnica norte-americana, e os com geometria de 30 metros tem a preferência da comunidade técnica Européia. No Brasil a metodologia adotada segue a NBR – 14723 e o retrorrefletômetro utilizado tem geometria de 15 metros e ângulo de observação de  $1,5^\circ$ . Não existe uma geometria melhor que a outra, é necessário apenas observar para qual geometria está associado ao resultado da medição.

O equipamento utilizado neste trabalho (figura 3.12) é um MiroLux com geometria de 15 metros e ângulo de observação de  $1,5^\circ$ .



**Figura 3.12:** retrorefletômetro utilizado na pesquisa

Independente do equipamento utilizado os resultados encontrados em cada um são constantes e representam bem a realidade. Um dado importante é que os valores medidos diferem entre os tipos de equipamentos, não existindo ainda uma correlação entre os mesmos (SCHWAB, 1999).

A medida da retroreflectância é dada pela intensidade luminosa, que é definida como sendo a razão da intensidade luminosa de um refletor na direção do observador pela iluminação de um retrorefletor no plano perpendicular à luz. No sistema métrico, ela é expressada em candelas (cd) por lux (lx). Ela é a medida de eficiência de um retrorefletor porque descreve a quantidade de luminância (candelas) que sai de um retrorefletor pela quantidade de luz (lux) que vem da fonte de luz, por exemplo, o farol de um veículo.

Esta definição trata o retrorefletor como um ponto de luz, mas como os sinais têm uma área relativamente grande, eles são tratados como uma fonte de luz ampliada consistindo em vários pontos de luz, cada qual com uma intensidade luminosa de uma candela. Para calcular este coeficiente de retroreflexão dividimos o coeficiente de intensidade luminosa pela área (candelas por lux por  $m^2$ ).

### **3.2.2 Sistema integrado de simulação de tráfego normatizado**

O SISTEMA INTEGRADO DE SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO NORMALIZADO – SISTRAN é um conjunto formado por dois módulos individuais com dispositivos operacionais mecânicos e hidráulicos acionados por dispositivos elétrico-eletronicos.

O Brasil possui um equipamento francês desenvolvido pelo LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES-LCPC, instalado no laboratório de Tecnologia de Pavimentação da Escola Politécnica da UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO-USP, um Norte-Americano, ASPHALT PAVEMENT ANALYZER-APA da BR Distribuidora e um na UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ- UFC no LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS PAVIMENTOS-LMP.

O simulador instalado na UFC é conhecido como SISTRAN, é dividido em dois módulos. O primeiro é o módulo compactador (figura 3.13) que tem como função compactar amostras de misturas asfálticas e deixá-las em condições pré determinadas, como índice de vazios controlado, de serem usadas no módulo segundo módulo, o de carga rolante.



**Figura 3.13:** Módulo compactador

O módulo compactador é formado por um conjunto mecânico acionado por motores elétricos e um sistema hidráulico acionado por uma unidade hidráulica, ambos comandados por um painel eletro-eletrônico (Figura 3.14).



**Figura 3.14:** Painel eletro-eletrônico do compactador do LMP

O módulo de compactação (mesa compactadora) permite:

1. intercâmbio entre diferentes módulos;
2. ajuste de carga sobre o corpo de prova;
3. seleção de números de passadas;
4. posição do pneu sobre o corpo de prova;

As especificações, por falta de normas brasileiras, para realização dos ensaios são as encontradas na norma francesa NF P 98-250-2.

O equipamento tem a capacidade de compactar amostras em três tipos de moldes, com diferentes volumes: 3,75 dm<sup>3</sup>; 7,50 dm<sup>3</sup> e 15 dm<sup>3</sup>.

O segundo é o módulo simulador (figura 3.15). Este módulo também é formado por um sistema mecânico acionado por um motor elétrico e um sistema hidráulico acionado por uma unidade hidráulica, ambos comandados através de um painel eletro-eletrônico.



**Figura 3.15:** Módulo simulador

Também devido à inexistência de normas nacionais, os ensaios são especificados pela norma francesa NF P 98-253-1

O módulo simulador permite:

1. intercâmbio entre dois moldes, o de 3,75 dm<sup>3</sup> e o de 7,5 dm<sup>3</sup> (o simulador não trabalha com o de 15 dm<sup>3</sup>);
2. ajuste da carga do corpo de prova contra o pneu;
3. seleção do número de ciclos;
4. seleção da temperatura do ambiente interno de simulação;

O equipamento foi projetado para simular amostras para obtenção de resultados sobre a variação da composição da mistura analisada. Na prática o simulador tem como principal objetivo estudar o afundamento de massas asfálticas em diferentes cargas e em diferentes misturas. Este estudo não utilizou esse resultado, a mesa compactadora serviu apenas para desgastar a pintura do corpo de prova.

### **3.2.3. Medidores de espessura**

Vários são os métodos e equipamentos para medição da espessura da tinta aplicada em pavimentos, elas se dividem em medidas de espessura úmida e medidas de espessura seca.

A espessura úmida acontece antes da cura da tinta, ou seja, a mesma ainda se encontra “molhada” e os equipamentos se utilizam do fato da tinta ainda poder marcá-los.

O método de medição em espessura úmida, conhecido como medidor de graus ou pente (Figura 3.16) é um equipamento laminar em forma de degraus. Os dois dentes das extremidades estão em um mesmo plano, e os demais são colocados sucessivamente em alturas maiores que os das extremidades. Assim quando o filme úmido não puder mais tocar (manchar) o dente subsequente a espessura da película será o da última maior altura manchada pelo filme.



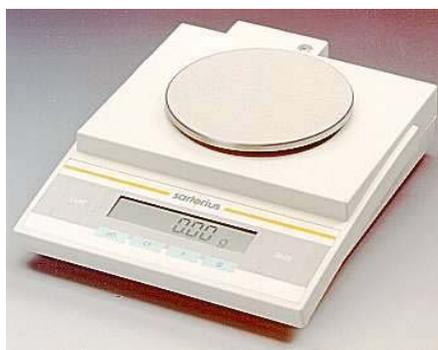
**Figura 3.16:** Pente de medição de espessura

No método do medidor *interchemical* o aparelho atua continuamente sobre o filme úmido permitindo leituras de medidas de filme úmido mais precisas. O aparelho é constituído de dois discos coaxiais e um terceiro interno excêntrico e de menor diâmetro (Figura 3.17). O dispositivo é rodado sobre o filme úmido até chegar a certa espessura onde o disco interno não é mais manchado pelo filme. Neste ponto tem-se uma medida correspondente a uma graduação do corpo no disco externo, verificando-se desta forma a espessura da película.



**Figura 3.17:** Medidor *interchemical*

Outro método é o da balança (Figura 3.18), que consiste na pesagem de uma chapa metálica, por exemplo, e depois submete-se essa chapa à pintura e imediatamente após, realiza-se nova pesagem. Através da diferença da massa do corpo antes e depois da pintura obtêm-se a massa da tinta. Uma vez conhecida a densidade da tinta e a área de aplicação da mesma tem-se como calcular o volume e conseqüentemente a espessura da tinta. Esse processo pode ser utilizado tanto para a espessura úmida, quanto para a espessura seca.



**Figura 3.18:** Balança

Os métodos destrutivos são mais utilizados quando se quer verificar a espessura seca e os equipamentos utilizados já são mais conhecidos em laboratórios convencionais, como o micrômetro.

No uso do micrômetro (Figura 3.19) mede-se a espessura da placa no local em que foi depositada a tinta e depois se raspa a mesma medindo-se somente a placa, de

preferência no mesmo ponto da primeira medida. A diferença das medidas dá o valor da espessura do filme seco.



**Figura 3.19:** Micrômetro

Outro aparelho bastante utilizado para medidas de espessura é o relógio comparador (Figura 3.20). Este é um instrumento de medição por comparação, dotado de uma escala e um ponteiro, ligados a uma ponta de contato.



**Figura 3.20:** Relógio comparador

As diferenças percebidas nele pela ponta de contato são amplificadas mecanicamente e irão movimentar o ponteiro rotativo diante da escala. Quando a ponta de contato sofre uma pressão e o ponteiro gira em sentido horário, a diferença é positiva (peça maior que a dimensão estabelecida). Se o ponteiro girar em sentido anti-horário, a diferença será negativa (peça menor que a dimensão estabelecida).

Existem ainda os acessórios especiais que se adaptam aos relógios comparadores. Sua finalidade é possibilitar controle em série de peças, medições especiais de superfícies verticais, de profundidade, de espessuras de chapas etc.

### 3.3 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

A concorrência de licitação da PMF para execução de sinalização horizontal à base de tinta acrílica segue preceitos como especificações técnicas gerais e específicas. Essas especificações servem para uniformizar as informações e estabelecer critérios para recebimento e execução de serviços.

As especificações gerais definem o que se entende por pintura mecanizada e manual, bem como cria critérios de execução. Essas especificações também definem a forma como vai ser pago o serviço executado do ponto de vista da medição da área pintada. Seguem as principais especificações gerais para a execução da pintura, conforme a CONCORRÊNCIA DA AMC 2006.

- “A pintura mecanizada é definida como as faixas seccionadas e contínuas, a pintura manual é caracterizada pelas faixas de pedestres, retenção, canalização, áreas zebreadas, setas, letreiros, etc., conforme os Projetos de Engenharia elaborados e/ou fornecidos pela Autarquia Municipal de Trânsito, Serviços Públicos e de Cidadania de Fortaleza – AMC.”
- “Para pintura de sinalizações mais simples como faixas e setas devem ser utilizados gabaritos ou chapas dispostas adequadamente sobre uma pré-marcação. Já no caso de sinalizações mais complexas incluindo caracteres ou pictogramas, torna-se necessária a confecção de gabaritos específicos. Apesar da grande flexibilidade da aplicação manual, o processo é inadequado para a pintura de faixas que se estendam por trechos muito longos, devendo utilizar para tal a pintura mecanizada.”
- “Para a remoção de pintura pré-existente deverão ser feitos por processos abrasivos tanto para pintura a base de resina acrílica como para termoplástico, ou seja, a remoção será realizada aquecendo-se o local com maçaricos e procedendo a uma raspagem superficial do pavimento com espátulas. Não é admitido o uso de tinta preta para recobrimento da pintura a ser apagada.”
- “A preparação da superfície a ser pintada deve se apresentar seca, livre de sujeira ou qualquer outro material estranho (óleos, graxas, etc.) que possa

prejudicar a aderência do material ao pavimento. Quando a simples varrição ou jato de ar não forem suficientes para remover todo o material estranho, o pavimento deve ser limpo de maneira adequada e compatível com o tipo de material a ser removido, sendo tal serviço de inteira responsabilidade do executor da pintura.”

- “Quando a superfície a ser sinalizada não apresentar marcas existentes que possam servir de guias, deve ser feita a pré-marcação antes da aplicação da tinta ou do material termoplástico na via, rigorosamente de acordo com as cotas e dimensões fornecidas em projeto. As sinalizações devem ser executadas nos locais e nas dimensões e espaçamentos indicados nos Projetos de Engenharia elaborados e/ou fornecidos pela AMC.”
- “As equipes de pintura deverão portar termômetro e higrômetro portáteis para efetuar a verificação da temperatura ambiente e umidade relativa do ar, sendo que estes deverão estar em conformidade com as NBR’s específicas requeridas”
- “Na aplicação da sinalização horizontal deve ser utilizado material suficiente, de forma a produzir marcas com bordas claras e nítidas e uma película de cor e largura uniformes. As tintas bem como o material termoplástico devem ser aplicadas de tal forma a não ser necessária nova aplicação para atingir a espessura especificada. As sinalizações existentes, a serem repintadas, devem ser recobertas não deixando qualquer marca ou falha que possa prejudicar a nova sinalização.”
- “As sinalizações aplicadas deverão ser protegidas durante o tempo de secagem, de todo tráfego de veículos, bem como de pedestres. O executor será diretamente responsável e deve colocar todos os dispositivos necessários para o adequado isolamento da área.”
- “Na medição dos serviços executados será computada a área individual do retângulo envolvente das letras, algarismos e símbolos de cada caractere. Todas as demais medições serão calculadas tomando-se por base as áreas efetivamente pintadas, tais como zebrações, linha de retenção, faixa de pedestres, linha de separação de fluxos, linha de bordo, etc.”

- “Para a medição da retrorrefletância inicial ou residual deverá ser utilizado um retrorrefletômetro, onde deverão ser efetuadas no mínimo 8 (oito) leituras em cada marca ou inscrição. A medida da retrorrefletância será calculada através da média aritmética das medições efetuadas em cada marca ou inscrição.”

As outras especificações mais detalhadas fornecem valores e quantidades dos materiais a serem utilizados no pavimento. Com base nesses valores é que se tem os critérios de recebimento dos serviços executados. As principais especificações, mais detalhadas, para a execução da pintura, também conforme a CONCORRÊNCIA DA AMC 2006 são:

a. Quanto aos materiais tem-se:

1. tinta a base de resina acrílica e solvente ou água;
2. microesferas de vidro do tipo I-B: de 200g a 250g para cada litro de tinta;
3. microesferas de vidro do tipo II-B: de 250g a 300g para cada metro quadrado de tinta aplicada a base de solvente e 350g a base de água.

b. Quanto aos equipamentos que o executor deve ter:

1. as máquinas para aplicação pelo processo mecânico devem conter no mínimo:
  - i. motor para auto-propulsão;
  - ii. compressor de ar, com tanque e pulmão;
  - iii. tanques pressurizados individualizados para a tinta branca e a amarela;
  - iv. mexedores manuais, mecânicos e hidráulicos;
  - v. tanque pressurizado para solvente, contendo conjunto de mangueiras e torneiras para limpeza automática das pistolas de pintura;

- vi. conjunto para microesferas de vidro, contendo reservatório e semeador, sendo este automatizado ou por gravidade;
  - vii. seqüenciador automático para espaçamentos previamente ajustados;
  - viii. conjunto de pintura contendo no mínimo duas pistolas, devendo ser oscilante para manter constante a distância da pistola do pavimento;
  - ix. pistolas com atuação pneumática que permita a regulagem da largura das faixas;
  - x. discos limitadores de faixas para o perfeito delineamento das bordas;
  - xi. dispositivos balizadores ou miras óticas para direcionamento da unidade aplicadora durante a execução da demarcação;
  - xii. quadro de instrumento de controle operacional contendo minimamente: válvula reguladora do ar do comando, uma por pistola, válvula reguladora do ar do atomizado, uma por pistola, válvula reguladora do ar para pressurização dos tanques de tinta, disposição para acionamento das pistolas.
2. As máquinas para aplicação de tinta pelo processo manual devem conter, no mínimo:
- i. motor para auto-propulsão;
  - ii. compressor de ar, com tanque e pulmão;
  - iii. tanques pressurizados individual para tinta branca e amarela;
  - iv. mexedores manuais, mecânicos ou hidráulicos;
  - v. tanque para solvente para limpeza das mangueiras e pistolas;

vi. pistolas manuais atuadas pneumaticamente com as respectivas mangueiras.

3. Para a limpeza da superfície a ser demarcada:

i. escovas, vassouras, compressores, ventiladores, aspersores e etc.

ii. para a remoção das demarcações:

iii. maçarico e Espátula.

4. Para o controle de qualidade:

i. medidor de película úmida;

ii. chapa de folha de flanges ou similar de dimensões 500mm x 200mm x 0,25mm;

iii. termômetro;

iv. higrômetro e retrorrefletômetro devidamente calibrado.

Os parâmetros quantitativos para se receber e acompanhar a qualidade dos serviços realizados são os seguintes:

1. a espessura da tinta após a aplicação, quando úmida, deverá ser de 0,6mm (a base de solvente) e 0,5mm (a base de água), quando medida sem adição de microesferas de vidro tipo II;
2. a retrorrefletância inicial deverá ser maior do que 220 mcd/lux/m<sup>2</sup> para a demarcação na cor branca e maior do que 170 mcd/lux/m<sup>2</sup> para a demarcação na cor amarela. A retrorrefletância residual para as demarcações nas cores branca ou amarela deverá ser maior do que 130 mcd/lux /m<sup>2</sup>. A retrorrefletância inicial deverá ser medida em até 30 (trinta) dias posteriores a aplicação e a retrorrefletância residual após 30 (trinta) dias da aplicação até o fim da garantia a seguir descrita;

3. independentemente dos ensaios e inspeções e considerando um volume de tráfego de até 10.000 veículos por faixa por dia, a durabilidade da sinalização implantada deve ser de no mínimo 12 (doze) meses, a contar da data de conclusão do serviço. No período de garantia a demarcação viária deve ser refeita imediatamente, sem nenhum ônus para a Contratante, sempre que:

- a) Houver mais de 40% de desgaste por marca e inscrição; e/ou
- b) A medida da retrorrefletância for inferior a 130 mcd/lux/m<sup>2</sup> (retrorrefletância residual) para as demarcações nas cores branca ou amarela.

Essa especificação é um avanço se comparada as especificações dos editais anteriores, que apesar de possuir critérios parecidos para os equipamentos utilizados, deixavam muito a desejar na garantia de qualidade. Na especificação mais antiga a retrorrefletorização inicial mínima da sinalização, quer mecânica ou manual, era de 150 mcd/lux m<sup>2</sup>, mas não se tinha padrão para a retrorrefletância residual.

Desta forma, a retrorrefletância toma um papel importante na qualidade da sinalização implantada, com critérios de garantia que devem ser atendidos, sob pena de ocorrer o retrabalho por parte da contratada. Surge então um novo parâmetro não sendo suficiente apenas o desgaste como medida de qualidade da sinalização.

A medida da retrorrefletância é hoje a que melhor quantifica a qualidade de uma sinalização, pois ela deixa de ser subjetiva porque possui instrumentos como retrorreflectômetro para verificar esses valores e compara-los com os limites aceitáveis dados em editais ou especificações técnicas. No próximo capítulo é visto o processo de medição da retrorreflectância.

No próximo capítulo tem-se de forma mais detalhada a escolha da massa asfáltica utilizada, o esquema de pintura escolhido, bem como os procedimentos de uso do compactador e simulador e do retrorreflectômetro.

## **CAPÍTULO 4**

### **PROCEDIMENTOS**

A forma como foi desenvolvido o trabalho buscou simular a realidade encontrada nos processos de execução de recapeamento e pintura da sinalização feitos pela PMF. Assim as limitações técnicas existentes, tanto na usina de asfalto como nos processos de pintura também foram levados em consideração.

#### **4.1. ESCOLHA DA MASSA ASFÁLTICA**

A Usina de Asfalto de Fortaleza, vinculada à SECRETARIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO E INFRA-ESTRUTURA-SEINF, é a responsável pelo recapeamento do município de Fortaleza.

O recapeamento consiste na colocação de uma nova camada de asfalto em trechos desgastados pela ação do tempo ou do tráfego. Além do recapeamento, essa secretaria, desenvolve a Operação Tapa-buracos. Somente em 2006, a usina produziu 114,8 mil toneladas de asfalto, batendo o recorde de produção dos últimos seis anos. produziu 12.500 toneladas de asfalto somente no último mês de julho. Ao todo, em 2008 já se somam 68.060 toneladas aplicadas na recuperação das vias da cidade, o que equivaleria à cobertura de mais de 104 quilômetros de malha viária. Considerando-se o período compreendido entre os anos 1995 a 2002, a Usina produziu, em média, 84 mil toneladas/ano de massa asfáltica (Assessoria de Comunicação da SEINF).

A produção de massa asfáltica é distribuída nas modalidades AREIA ASFÁLTICA USINADA A QUENTE-AAUQ e CIMENTO BETUMINOSO USINADO A QUENTE-CBUQ. A primeira utilizada nos serviços de tapa-buraco e racapeamentos e a segunda empregada em recapeamentos e pavimentação de novos trechos. Assim, os volumes de AAUQ e CBUQ variam a cada mês, na proporção das demandas de serviços de tapa-buraco e recapeamento/capeamento, respectivamente, em função das solicitações encaminhadas pelas secretarias regionais e de acordo com as orientações da SEINF, a qual a Usina é subordinada.

A Usina produz a AAUQ por meio da mistura do CAP, areia e pó-de-pedra e o CBUQ é obtido através da mistura do CAP, brita, areia e pó-de-pedra, em proporções

que garantam um melhor padrão de qualidade. Como o maior volume de massa asfáltica utilizado nas ruas de Fortaleza no período da pesquisa foi a AAUQ, esta foi a escolhida para ser usada na pesquisa.

#### **4.2. ESCOLHA DO ESQUEMA DE PINTURA E PINTURA DO CORPO DO PROVA**

O esquema de pintura é a escolha do tipo de tinta que será usado bem como sua espessura. No mercado tem-se dois tipos de tintas bastante difundidas, a tintas acrílicas a base de água e as tintas acrílicas a base de solvente. As duas estão previstas nas licitações de contrato de serviço da PMF, como materiais a serem utilizados na demarcação viária de Fortaleza.

Nesse trabalho utilizou-se a tinta a base de água, por ser uma tendência nacional o aumento do seu uso, bem como suas características de durabilidade e ecológicas. As tintas acrílicas a base de água não precisam de solventes químicos para sua diluição, utilizando-se de água para tal, diminuindo assim o lançamento de gases tóxicos na natureza.

Definindo-se o tipo de tinta e analisando o edital da PMF tem-se o seguinte esquema de pintura:

- i. tinta a base de água
- ii. espessura de película úmida de 0,5 mm
- iii. microesferas do tipo I-B de 200g a 250g para cada litro de tinta
- iv. microesferas do tipo II-B com 350g por m<sup>2</sup> de tinta aplicada

A maior parte da execução da sinalização é realizada no período noturno. Assim os corpos de prova também foram pintados neste período, simulando os mesmos procedimentos realizados em campo. Dentro desses procedimentos o controle da espessura da película úmida foi realizado com um medidor de espessura úmida do tipo

*interchemical*, que mediu a espessura úmida numa placa metálica colocada como delimitador da área pintada.

A pintura foi realizada com pistola, sistema esse conhecido como pintura manual. A cada camada de tinta aplicada com a pistola foi realizada a leitura da espessura úmida, esse processo foi repetido até que essa espessura atingi-se 0,5 mm. A microesfera tipo DROP ON foi adicionada depois, jogada com a mão, procedimento muito utilizado na PMF.

A diferença existente entre o experimento e o que é feito no campo, foi um maior controle das microesferas de vidro. Como a área a ser pintada tem dimensões que facilitam sua medida (um retângulo), a quantidade em peso de microesfera tipo II – B foi melhor controlada.

A faixa pintada tem a largura de 10 (dez) centímetros, colocada seu centro no centro do corpo de prova para que no simulador de tráfego o pneu passe por uma área pintada e uma área sem pintura. Esse procedimento serve para simular a passagem do pneu de um carro sobre o pavimento novo sem pintura e depois sobre a sinalização.

### **4.3. COMPACTAÇÃO DO CORPO DE PROVA**

Segundo a norma francesa NF P 98-250-2 o princípio da compactação de uma massa asfáltica se dá com a aplicação de uma carga por intermédio de um pneu que executa passagens a uma velocidade constante, definida pelo equipamento, e paralela ao eixo da placa.

Durante a compactação a superfície do corpo de prova é mantida nivelada como a borda superior do molde por um sistema que permite compensar a redução da percentagem dos espaços vazios resultantes.

O volume escolhido para o corpo de prova é o de 3,75 dm<sup>3</sup>. Esse volume não difere em resultados do volume de 7,5 dm<sup>3</sup> desta pesquisa e por se menor, facilita na obtenção de matéria prima e no manuseio, além de poder ser trabalhado no simulador de tráfego, fato que não acontece com o de 15 dm<sup>3</sup>.

Buscando simular a realidade de campo no laboratório, é preciso primeiro saber quais os procedimentos usados pela PMF para a realização do recapeamento das vias. Analisar como o material é transportado e como ele é aplicado são fundamentais para que no laboratório os resultados sejam parecidos com o de campo.

A massa asfáltica, depois de produzida, é levada ao trecho em caminhões descobertos, com a massa exposta ao meio ambiente. Desta forma para se levar a massa para o laboratório foram utilizados tambores metálicos sem tampa, também deixando o material exposto o material ao ar.

A compactação em campo se dá com rolos compactadores (Figura 4.1), utilizando-se de óleos para se evitar o acúmulo da massa nos rolos.



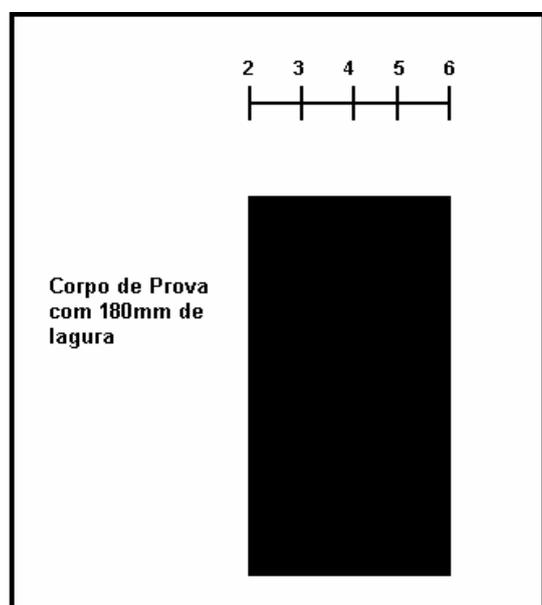
**Figura 4.1:** Recapeamento em vias de Fortaleza

No laboratório o módulo de compactação depois de ligado seu sistema hidráulico o pneu é deslocado até sua posição de inicialização, conforme Figura 4.2. Assim o módulo esta pronto para receber todos os parâmetros.



**Figura 4.2:** Posição inicial do compactado

Para configurar em que posição passará o pneu, é preciso destacar que no total, são 7 as posições passíveis de serem inseridas pelo operador, sendo que as posições de 2 a 6 são para o corpo de prova com 180mm de largura, e as posições de 1 a 7 são para o corpo de prova com 280 mm de largura. Pode-se observar (Figura 4.3) como fica a distribuição das posições em que pode passar o pneu em relação ao corpo de prova de 180 mm em uso.



**Figura 4.3:** Posições do pneu

De acordo com o a norma francesa o pneu passou pelas posições 2, 4 e 6 de modo a deixar o corpo de prova com índice de vazios zero. Isso foi conseguido com um carga de 300 Kgf atuando sobre o corpo de prova 4 vezes sobre a posição 2 e 6 e 8 vezes sobre a 4, levantando-se a mesa até a espessura do corpo de prova atingir 5 cm.

#### 4.4. SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO NO CORPO DE PROVA

Conforme a norma francesa NF P 98-253-1 os corpos de prova só deverão ser aplicados no simulador após dois dias da compactação e dentro de condições onde as características de compactação e dimensão sejam preservadas.

O ensaio deve ser realizado da seguinte maneira:

- a. Contato do pneu com o corpo de prova: 410mm + - 5 mm;
- b. O ensaio deve utilizar dois corpos de prova no mínimo;
- c. Frequência do movimento: 1 Hz + - 0,1 Hz;
- d. Pressão do pneu: 6 bar + - 0,1 bar no começo do ensaio;
- e. Cada corpo de prova deve estar dentro do seu molde e deve ser fixado sobre a placa de suporte;
- f. O corpo de prova deve ser submetido a 1.000 ciclos de carga rolante a uma temperatura de 15 a 25 graus Celsius, depois a temperatura de ensaio é alcançada gradualmente e mantida constante durante 12 horas antes de se iniciar o ensaio;
- g. Após o ensaio os corpos de prova são retirados do simulador.

A simulação é executada com a mesma carga fixa em todos os corpos de prova, com temperatura de simulação seguindo a norma francesa NF P 98-250-2. O ensaio constará de 10.000 (dez mil) passadas sobre o corpo de prova que depois será submetido ao retrorreflectômetro.

Os três processos necessários para se fazer uma simulação, de acordo com a norma, são descritos nos próximos parágrafos.

O primeiro processo começa com a colocação de dois corpos de prova gerados pelo módulo compactador nas mesas de simulação, sendo um em cada mesa. Em seguida foi inserido um termopar em cada corpo de prova, nas suas extremidades, não atrapalhando assim o processo de simulação. Com as portas do simulador fechadas e

foram aplicadas mil voltas de carga rolante a uma pressão de 6bar no corpo de prova à temperatura ambiente.

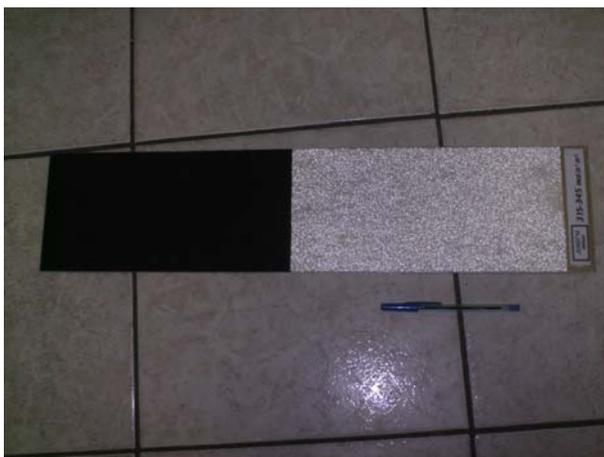
No segundo processo o corpo de prova deve passar por um período de homogeneização da temperatura, com o tempo de doze horas a uma temperatura de 60°C. Esse processo inicia-se automaticamente, logo após o término do processo 1.

O terceiro processo é quando o corpo de prova é submetido a dez mil voltas de carga rolante a uma pressão de 6bar e a uma temperatura de 60°C. Esse processo também entra em operação depois de executado o processo 2.

#### 4.5. MEDIDA DA RETRORREFLETÂNCIA

Após a secagem da tinta e a retirada do excesso de microesferas com uma vassoura, foi realizada a primeira medida da retrorrefletância, conhecida como retrorrefletância inicial. O procedimento executado para a medida da retrorrefletância foi:

- Calibração do equipamento: O retrorreflectômetro vem de fábrica acompanhado com uma chapa metálica pintada na cor branca com um valor de retrorreflecção aferido. Sempre antes de se realizar uma medida deve-se verificar se a calibragem do equipamento está correta, usando essa placa como referência (figura 4.4).



**Figura 4.4:** Placa de calibração

- Limpeza do local: O local deve estar livre de sujeiras e poeiras, bem como do excesso de microesferas, caso seja feita uma leitura imediatamente após a pintura.
- Leitura da retrorrefletividade: Coloca-se o aparelho no local a ser medido. Liga-se o aparelho e anota-se a leitura verificada por ele (figura 4.5).



**Figura 4.5:** Painel de aferição do retrorrefletômetro

O mesmo procedimento será usado depois do corpo de prova ser submetido ao simulador de tráfego. Essa segunda medida de retrorrefletância é conhecida como residual.

#### **4.6. DETERMINAÇÃO DO DIA ÓTIMO PARA PINTURA**

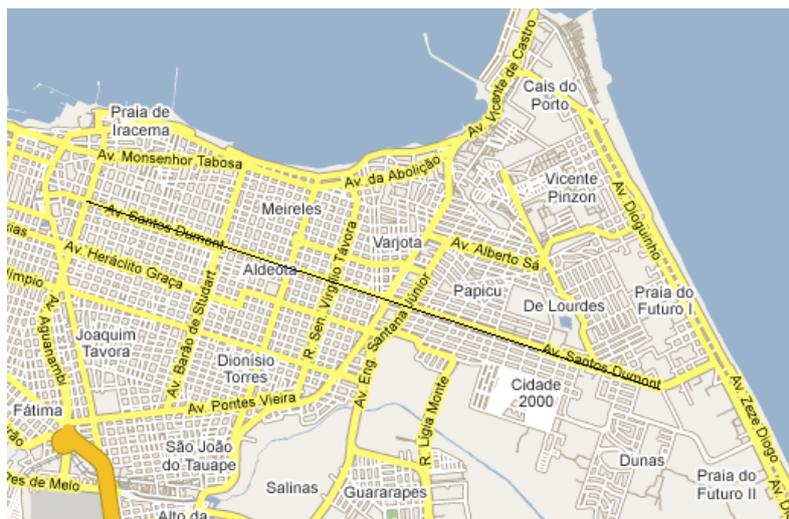
Buscando-se a máxima eficiência da tinta é preciso saber qual o melhor dia para se executar a pintura definitiva. Devido a urgência de se liberar vias após os serviços de recapeamento, são executados serviços de pintura, que devido a não cura da massa asfáltica, diminui a durabilidade da pintura.

Para se avaliar qual o melhor dia para se pintar um pavimento com a massa asfáltica escolhida foram seguidos os seguintes passos:

- a. Compactou-se corpos de prova que foram pintados com três (3), sete (7), quatorze (14), vinte e oito (28) dias, após a compactação;
- b. Com o corpo de prova pintado, verifica-se a retrorrefletância antes e depois do ensaio no simulador, na temperatura escolhida;
- c. Os corpos de prova, até a data da pintura, foram submetidos a passagens de carga com 1000 ciclos todos os dias até o dia da pintura, simulando um tráfego compatível com uma rua sem sinalização e liberada para os usuários.
- d. Com as médias de 4 corpos de prova para cada data de pintura chegou-se a medida da retrorrefletância inicial, residual.

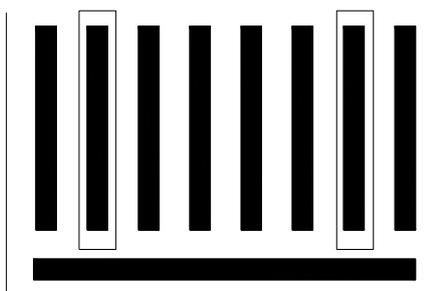
#### **4.7. ESTUDO DE CAMPO**

Com o uso de um retrorrefletômetro foram feitas medidas, numa avenida que foi recentemente recapeada e pintada, com datas de medição que estivessem dentro das especificadas para a retrorrefletância inicial, residual e com um ano de pintura. Assim ficou determinado que as medidas ocorreram no sétimo dia de pintura, no vigésimo oitavo dia de pintura e com uma onze meses em que se deu por concluída a pintura do trecho, conforme o edital de concorrência da PMF. O local escolhido foi a avenida Santos Dumont (figura 4.6), que atende aos itens propostos de via recapeada e possui um VDM conhecido de 16.000 veículos no trecho duplo (VINÍCIUS, 2004). Como existem duas faixas de tráfego temos um VDM de 8.000 veículos por faixa, valor que atende às especificações das tintas utilizadas.



**Figura 4.6.** Localização da Av. Santos Dumont

As medidas foram realizadas nas faixas de pedestre dos cruzamentos sinalizados. Foram executadas oito medidas de cada faixa e se determinou a média dessas medidas, tendo-se assim a retrorrefletância da mesma. Para cada grupo de faixas na via foi escolhida a segunda faixa depois do meio fio ou canteiro central, faixa esta que está mais sujeita a passagem de pneus (figura 4.7).



**Figura 4.7.** Desenho esquemático dos locais de medição das faixas de pedestres

Descritos os procedimentos, no próximo capítulo será feita uma análise dos dados obtidos, e dos resultados destes dados espera-se contribuir com as recomendações para uma melhoria da qualidade na execução de serviços de sinalização.

## CAPÍTULO 5

# ANÁLISE DOS RESULTADOS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 5.1. DIA ÓTIMO PARA PINTURA

Com os dados coletados conforme o item 4.6 chega-se a Tabela 5.1. Com os valores da retrorrefletância inicial e residual.

**Tabela 5.1:** Retrorrefletância do Corpo de Prova (mcd/lux/m<sup>2</sup>)

Dia de Pintura	Retrorrefletância Inicial	Retrorrefletância Residual
3	280	60
7	275	73
14	282	80
28	285	135

Da tabela pode-se ver que quanto mais cedo se pintou o corpo de prova menor foi a retrorrefletância final (residual) do teste. De todos os corpos de prova somente o pintado com 28 (vinte e oito) dias teve sua retrorrefletância residual maior que 130 mcd/lux/m<sup>2</sup>. Assim esse é o único corpo de prova que atende ao valor mínimo de refletorização da concorrência da PMF. Deste modo conclui-se que para pintura desse tipo de massa deve ser acontecer acima de (28) vinte e oito dias de sua compactação.

Outro dado importante é que todas as etapas de pintura seguiram rigorosamente o edital de concorrência, mas mesmo assim, a retrorrefletância residual não foi atingida em três dos quatro corpos de prova. Isto mostra que em muitas situações as condições de cura do pavimento interferem na qualidade da pintura nele realizada.

Nos pavimentos novos para se cumprir a regulamentação vigente, deve-se fazer, de pronto, sinalização provisória, com tinta que atenda a norma ABNT NBR 12935/93, ou seja, tintas com resina livre para sinalização horizontal viária, na espessura úmida de 0,4 mm somente com microesferas do tipo II-B da NBR 6831/96.

A sinalização definitiva deverá ser realizada no mínimo em 28 dias após a conclusão da pavimentação, prazo, conforme verificado, suficiente para que o pavimento possa estar estabilizado, permitindo que a sinalização executada apresente performance que justifique o custo da sinalização provisória e permitindo que o usuário trafegue com segurança.

Dos corpos de prova utilizados no laboratório o que foi pintado com vinte e oito dias atendeu aos requisitos exigidos pela PMF, enquanto os outros não. Um esquema de pintura que pode ser usado segue os seguintes passos:

1. Se a pavimentação tiver menos de vinte e oito dias pintar nos seguintes padrões:

Tinta a base de água

Espessura de película úmida de 0,4 mm

Microesferas do tipo II-B com 350g por m<sup>2</sup> de tinta aplicada

Após vinte e oito dias aplicar nova tinta conforme o recomendado pela PMF

2. Se a pavimentação tiver mais de vinte e oito dias usar o recomendado nas especificações técnicas da PMF

A diferença entre os dois esquemas é devido a pouca vida útil das tintas aplicadas em pavimentos de AAUQ novos fazendo com que uso de microesferas tipo PREMIX não tenham efeito. Não devendo ser utilizado esse tipo de material.

O principal objetivo do uso das microesferas tipo PREMIX é quando acontece o desgaste natural da sinalização no tempo, ela que está por baixo do filme que vai se desgastando, começa a aparecer. Desta forma a PREMIX quando começa a aparecer na superfície assume o papel da microesfera tipo DROP ON.

Com o rápido desgaste da pintura causado pela não cura do pavimento a PREMIX perde sua função. Daí vem o desperdício de material e gasto desnecessário

porque depois de apenas vinte e oito dias, conforme sugerido, a pintura terá que ser refeita.

## 5.2. VERIFICAÇÃO EM CAMPO

Do trecho escolhido conforme item 4.7, foram obtidos os resultados da Tabela 5.2.

**Tabela 5.2:** Retrorefletância Campo (mcd/lux/m<sup>2</sup>)

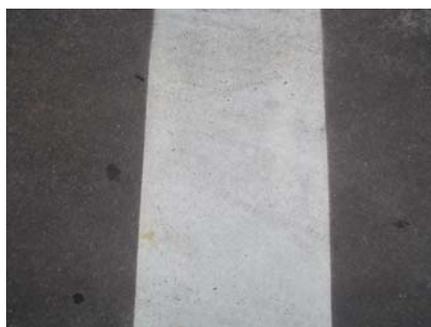
PONTO	INICIAL (7 DIAS)	RESIDUAL (28 DIAS)	ONZE MESES ( 330 DIAS)
1	215	50	35
2	230	120	68
3	241	134	43
4	280	126	21
5	235	99	55
6	222	127	55
7	290	132	14
8	291	71	50
9	233	113	63
10	222	161	93
11	224	80	55
12	221	158	90
13	220	47	21
14	213	24	12
15	240	45	30
16	248	124	56
17	294	139	68
18	301	130	99
19	293	101	93
20	293	140	127
21	241	70	46
22	232	111	62
23	234	50	42
24	234	91	74
25	215	112	74
26	264	99	49
27	272	126	86
28	281	98	71
29	283	141	114
30	279	130	62
31	256	25	20
32	277	77	49
33	266	68	55
34	265	80	55
35	229	100	46
36	245	110	83
37	233	117	62
38	271	229	46
39	280	134	63
40	262	136	43

Dos quarenta pontos medidos tem-se como média para a retrorrefletância inicial, residual e com onze meses respectivamente: 253,13; 105,63 e 58,75 mcd/lux/m<sup>2</sup>.

Visualmente pode-se ver, mesmo sem o uso do retrorreflectômetro, o desgaste da pintura na Av. Santos Dumont, conforme a figura 5.1 a,b,c,d.



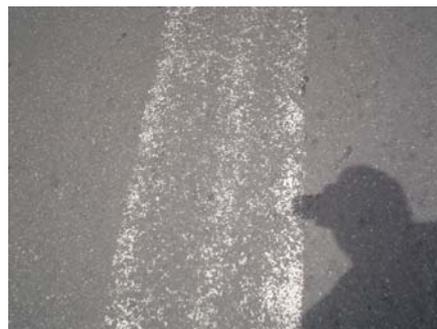
**Figura 5.1 a:** 1 dia



**Figura 5.1 b:** 7 dias



**Figura 5.1 c:** 28 dias



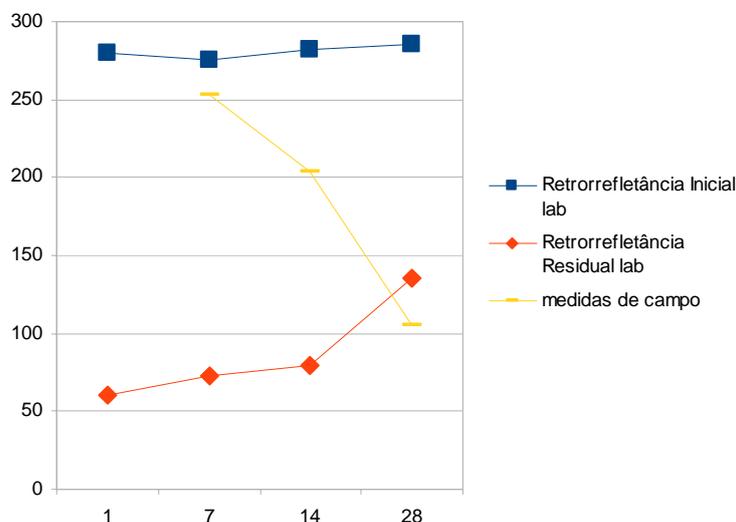
**Figura 5.1 d:** 11 meses

Comparando-se as figuras 5.1 com a figura 5.2, resultado final de uma simulação de um corpo de prova pintado com 28 dias, percebe-se, apesar do estado quebradiço do corpo de prova a pintura reflete bem mais (fato comprovado pelo retrorreflectômetro) que a pintura realizada no campo.



**Figura 5.2:** Corpo de prova pintado com 28 dias de cura

No gráfico da figura 5.2 pode-se tirar as seguintes conclusões:



**Figura 5.2:** gráfico comparativo de resultados

A medida da retroreflectância inicial em laboratório é maior que a de campo, este fato deve-se pelo maior controle no lançamento das microesferas no corpo de prova. No campo existe mais desperdício e menos uniformidade.

A residual aumenta conforme o tempo de cura aumenta, atingindo patamar aceitável com 28 dias, enquanto em apenas 28 dias a pintura executada em campo precisa ser refeita pelo critério da retroreflectância não atingir o valor residual de 130 mcd/lux/m<sup>2</sup>.

Assim realidade em campo não defere muito da encontrada em laboratório. Apesar da retroreflectância inicial ser a até maior que a recomendada pela PMF a retroreflectância residual e final não atingem os valores pedidos.

Por isso se deve ter cuidado quando receber os serviços de pintura em pavimentos novos, pois se for medida a retroreflectância, pelo menos em vias com as características da usada neste estudo, pode ser menor que o exigido. Não devendo se esquecer isto pode acontecer mesmo que todos os itens para execução da pintura tenham sido seguidos com critério.

Desta forma deve existir nas especificações técnicas um item que preveja a pintura em pavimentos novos, já que a cura do mesmo influencia a qualidade e durabilidade da sinalização horizontal executada.

### **5.3. RECOMENDAÇÕES PARA NOVAS PESQUISAS**

Outros estudos podem ser desenvolvidos sobre o tema, tais como:

- a. No município de Fortaleza começou-se a aplicar o termoplástico em alguns corredores. Um estudo sobre as melhores condições de aplicação desse tipo de material nos diversos tipos de pavimentações existentes no município.
- b. Estabelecer a durabilidade entre tintas e termoplásticos buscando o melhor custo benefício para diferentes volumes de tráfego existente.
- c. Verificar para cada tipo de tinta de sinalização ou termoplástico qual o melhor índice de vazios do pavimento buscando melhorar o desempenho dos mesmos.
- d. Estudo do desgaste da sinalização por existir água e/ou areia sobre a pista de rolagem criando o efeito de lixa na pintura.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AMC (2006) Relatório de acidentes de trânsito.

Better Roads (1996) “Pavement Markings Study Nears Completion”, abril, pp. 20-23.

CET-SP. (1995) ET – SH 11 – Especificação Técnica Tinta a Base de Água para Sinalização Horizontal.

Dale, J.M. (1988) “Pavement Markings: Materials and Application for Extended Service Life”, NCHRP Report 138, Board, National Research Council, Washington, D.C. Transportation Research

DENATRAN (2006) Manual de sinalização horizontal.

DER-MINAS GERAIS RT 01.12 Caderno de Sinalização Viária Horizontal.

DER-MINAS GERAIS. (2006) Recomendações Técnicas para Sinalização Viária Horizontal.

GONÇALVES, José Ernesto Lima (1978) Considerações sobre o uso da sinalização refletiva em engenharia de tráfego.

GONÇALVES, José Ernesto Lima (1980). As funções da Sinalização de trânsito.

IPEA (2003) Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas aglomerações urbanas brasileiras.

LEE, J., W. TAYLOR, T. Maleck, and R. Maki. Pavement Marking Materials Evaluation, Final Report. Michigan Department of Transportation, Lansing, June 1999.

OLIVEIRA, M. V. T. (2004). A natureza dos padrões de variação espaço-temporal do volume veicular em ambiente urbano: estudo de caso em Fortaleza. Fortaleza - CE

MCGEE, H. W.: MACE, D. L. Retroreflectivity of roadway signs for adequate visibility: a guide. Virginia, november, 1987

MOREIRA, Hélio Antônio (2003) Sinalização Horizontal. São Paulo.

PESTANA, Fernando Augusto Baptistini (2002). A pintura horizontal a frio de vias urbanas de cidades de médio porte: materiais, execução e controle. Campinas SP.

SCHAWAB, Maria Selma Freitas (1999). Estudo do desempenho dos materiais de demarcação viária retrorrefletivos.