EDUARDO FAGUNDES CARVALHO

A POTENCIABILIDADE DO USO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS URBANOS NA CONFECÇÃO DE TACHAS REFLETIVAS VIÁRIAS

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil. Área de Concentração: Tecnologia das Construções.

Orientador: Prof. PROTASIO FERREIRA E CASTRO, Ph.D.

Niterói

2005

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca da Escola de Engenharia e Instituto de Computação da UFF

C 331 Carvalho, Eduardo Fagundes

A potenciabilidade do uso de resíduos industriais urbanos na confecção de tachas refletivas viárias / Eduardo Fagundes Carvalho. – Niterói: UFF/CTC, 2005.

95 f.

Orientador: Protasio Ferreira e Castro.

Dissertação (Mestrado) – Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, 2005.

1. Engenharia Civil. 2. Resíduo industrial. 3. Materiais compósitos. 4. Sinas e sinalização horizontal. 5. Construção civil - Tecnologia. I. Título.

CDD 624

EDUARDO FAGUNDES CARVALHO

A POTENCIABILIDADE DO USO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS URBANOS NA CONFECÇÃO DE TACHAS REFLETIVAS VIÁRIAS

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Área de Concentração: Tecnologia das Construções.

Aprovada em 20 de dezembro de 2005

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof. Protasio Ferreira e Castro, Ph.D.
Universidade Federal Fluminense

_____

Prof. Orlando Celso Longo, D.Sc.
Universidade Federal Fluminense

_____

Prof. Vanderley Moacyr John, D.Sc.
Universidade de São Paulo

Niterói

2005

AGRADECIMENTOS

A Deus pela família espetacular que eu tenho, pelos meus familiares que são queridos e pelos amigos que conquistei.

Ao meu orientador, professor Protasio Ferreira e Castro, sempre disponível para tirar minhas dúvidas, com amplo conhecimento e toda a confiança depositada podendo assim, contribuir para o meu crescimento profissional.

Aos meus companheiros de mestrado, em especial Alexandre Machado, Bruno, Cláudio Dutra, Miguel Ribeiro, por terem contribuído para o meu crescimento ao longo desta etapa.

Aos funcionários da secretaria pela a atenção e favores prestados.

A Trigonal, na pessoa do Engº Paulo Chagas, pelas explicações quanto à confecção da tachas.

Ao professor Pedro Paulo Akil e ao amigo José Carlos pela ajuda na realização dos ensaios, no laboratório da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ.

Ao amigo Engº Élson Peçanha, pela ajuda no fornecimento do pó de ferro.

Ao amigo e chefe Arq. Marcos Couto, pela ajuda na liberação do trabalho e no incentivo.

Este trabalho é dedicado

As minhas queridas esposa e filha, pelo amor, fé e compreensão, em todas as fases das nossas vidas, até nos momentos que estive ausente.

Aos meus pais, pelo carinho, amor e fé depositados.

A todos aqueles que tiveram participação nas minhas conquistas.

SUMARIO

AGRADECIMENTOS 3

SUMARIO..... 5

LISTA DE FIGURAS 7

LISTA DE TABELAS 9

LISTA DE SÍMBOLOS..... 10

RESUMO..... 13

ABSTRACT 14

1 INTRODUÇÃO 15
1.1 OBJETIVO DA DISSERTAÇÃO.....18
1.2 METODOLOGIA.....18

2 – HISTÓRICO DA SINALIZAÇÃO..... 20
2.1. EVOLUÇÃO DOS TRANSPORTES NO RIO DE JANEIRO.....27
2.2. EVOLUÇÃO DA SINALIZAÇÃO.....30

3 – SINALIZAÇÕES GRÁFICAS VIÁRIAS..... 35
3.1. SINALIZAÇÃO VERTICAL 35
3.2. SINALIZAÇÃO HORIZONTAL.....37
3.3. SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA 40
3.4. DISPOSITIVOS E SINALIZAÇÃO AUXILIARES 41
3.5. NORMAS DE PROJETO.....44
3.5.1. Ondulações Transversais (OT´s) 44
3.5.2. Tachas Refletivas Viárias – NBR 14.636.....49
3.5.3. Tachas Refletivas Viárias – ASTM 4280 - 04 51

4 – O MEIO AMBIENTE E OS MATERIAIS 53
4.1. RESÍDUOS SÓLIDOS NA INDÚSTRIA.....54
4.2. CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS 55
4.2.1. Quanto à Origem.....55
4.2.2. Quanto à Periculosidade 55

4.3. GESTÃO DE RESÍDUOS....56
4.3.1. Diminuição dos Resíduos....56
4.3.2. Redução....57
4.3.3. Reuso....57
4.3.4. Reciclagem....57
4.4. TRATAMENTO E DESTINO FINAL DOS RESÍDUOS....57
4.4.1. Tipos de Tratamento....58
4.4.2. Destino Final - Aterros....58
4.4.3. Destino Final - Incineração....59
4.5. GERAÇÃO DOS RESÍDUOS....59
4.6. RESÍDUOS ESCOLHIDOS PARA A FABRICAÇÃO DE TACHAS DE SINALIZAÇÃO VIÁRIA....60
4.6.1. Resíduo do Processo de Forjamento de Peças Metálicas – Pó-De-Ferro....61
4.6.2. Resíduo do Processo de Corte de Rochas Ornamentais (Mármore Branco) – Pó-de-Mármore....62
4.6.3. Resíduo do Processo de Trituração e Peneiramento Proveniente do Entulho da Construção Civil – Pó-de-Entulho....63

5 – PROGRAMA EXPERIMENTAL....67
5.1 PRODUÇÃO DAS FORMAS....68
5.2 PRODUÇÃO DAS TACHAS....70
5.2.1 Tachas refletivas viárias com a utilização de pó-de-ferro....71
5.2.2 Tachas refletivas viárias com a utilização de pó-de-entulho....73
5.2.3 Tachas refletivas viárias com a utilização de pó-de-mármore....73
5.3 ENSAIO À COMPRESSÃO....74
5.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS....76

6 – CONCLUSÃO E SUGESTÕES....87

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS....92

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Liteira ou bangüê.....22
Figura 2.2 – Carruagem. 23
Figura 2.3 – Sege.....23
Figura 2.4 – Traquitana. 23
Figura 2.5 – Caleça. 24
Figura 2.6 – Cabriolé. 24
Figura 2.7 – Charrete. 24
Figura 2.8 – Diligência. 25
Figura 2.9 – Bondes de burro. 25
Figura 2.10 – Bondes elétricos. 25
Figura 2.11 – *Trolley bus*. 26
Figura 2.12 – Ônibus. 26
Figura 2.13 – Metrô. 26
Figura 2.14 - Primeira linha central pintada em Michigan (1911). 31
Figura 2.15 – Controle de tráfego chamado *crow's nest.* 32
Figura 2.16 – Faixas coloridas para identificação de rotas. 32
Figura 2.17 – Primeira estrada de quatro faixas. 33
Figura 3.1 – Placa R-19 de velocidade máxima 36
Figura 3.2 – Placa A-18 de lombada ou saliência 36
Figura 3.3 – Placa de orientação 36
Figura 3.4 – Exemplo de utilização de marcas longitudinais em curvas 38
Figura 3.5 – Exemplo de utilização de marcas transversais em cruzamentos 38
Figura 3.6 – Exemplo de utilização de marcas canalização em cruzamentos com canteiros centrais 39
Figura 3.7 – Exemplo de utilização de marcas delimitadoras de estacionamento 39
Figura 3.8 – Exemplo de utilização de inscrições no asfalto (setas) em retornos e agulhas 40
Figura 3.9 – Exemplo de bloco de semáforo principal 41
Figura 3.10 – Exemplo de bloco de semáforo de advertência de pedestre 41
Figura 3.11 – Exemplo de tachas e tachões 42
Figura 3.12 – Exemplo de prismas de concreto 42
Figura 3.13 – Exemplo de dispositivos de sinalização de alerta para viadutos 43
Figura 3.14 – Exemplo de defesa metálica 43
Figura 3.15 – Exemplo de cone 43
Figura 3.16 – Exemplo de painel eletrônico de mensagem variável em pórtico 44
Figura 3.16 – Exemplo de ondulação transversal 45
Figura 3.17 – Tipos de ondulação transversal 45

Figura 3.18 – Lombada eletrônica.....49
Figura 3.19 – Modelo padrão da tacha refletiva viária.....50
Figura 3.20 – Modelo padrão da tacha refletiva viária da Sinasc, vista superior.....50
Figura 3.21 – Modelo padrão da tacha refletiva viária da Sinasc, vista lateral.....51
Figura 4.1 – Triturador em execução. 63
Figura 5.1 – Pó-de-ferro. 67
Figura 5.2 – Pó-de-entulho.....68
Figura 5.3 – Pó-de-mármore. 68
Figura 5.4 – Peça de gesso.....69
Figura 5.5 – Peça existente no mercado. 69
Figura 5.6 – Confecção das formas de silicone.....69
Figura 5.7 – Formas de silicone. 70
Figura 5.8 – Mistura mecânica das peças de pó-de-ferro. 71
Figura 5.9 – Mistura manual das peças de pó-de-ferro. 72
Figura 5.10 – Moldagem das peças de pó-de-ferro.....72
Figura 5.11 – Peças já desmoldadas de pó-de-ferro.....72
Figura 5.12 – Mistura manual das peças de pó-de-entulho. 73
Figura 5.13 – Peças já desformadas de pó-de-entulho. 73
Figura 5.14 – Mistura manual das peças de pó-de-mármore. 74
Figura 5.15 – Peças já desformadas de pó-de-mármore. 74
Figura 5.16 – Equipamento para ensaio à compressão. 75
Figura 5.17 – Detalhe das borrachas na parte inferior e superior das tachas. 76
Figura 5.18 – Detalhe das borrachas na parte superior das tachas. 76
Figura 6.1 – Produtos desenvolvidos com catadores de lixo em Volta Redonda. 88

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 Resultados do ensaio à compressão – pó-de-mármore 76
Tabela 5.2 Resultados do ensaio à compressão – pó-de-entulho 77
Tabela 5.3 Resultados do ensaio à compressão – pó-de-ferro 77
Tabela 5.4 Resultados das médias com os dois tipos de forma 77
Tabela 5.5 Forma simétrica: análise da influência do tipo de resíduo e do tipo de ensaio 78
Tabela 5.6 Forma assimétrica: análise da influência do tipo de resíduo e do tipo de ensaio 79
Tabela 5.7 Pó-de-mármore: análise da influência das formas e do tipo dos ensaios nos resultados 80
Tabela 5.8 Pó-de-entulho: análise da influência das formas e do tipo dos ensaios nos resultados 81
Tabela 5.9 Pó-de-ferro: análise da influência das formas e do tipo dos ensaios nos resultados 81
Tabela 5.10 Valores da carga suportada nos 3 tipos de ensaios 82
Tabela 5.11 Análise da influência dos 3 tipos de ensaios nos resultados 82
Tabela 5.12 Forma simétrica: análise da influência dos 3 tipos de ensaios nos resultados 83
Tabela 5.13 Forma assimétrica: análise da influência dos 3 tipos de ensaios nos resultados 83
Tabela 5.14 Forma simétrica: análise da variação das médias e das variâncias. 85
Tabela 5.15 Forma assimétrica: análise da variação das médias e das variâncias 86

LISTA DE SÍMBOLOS

a) Abreviações

A.C.	Antes de Cristo
ABNT	Associação de Normas Técnicas
ALT	Alternativo
ASTM	American Society for Testing and Materials ou Sociedade Americana de Testes e Materiais
br	Brasil
ca	Canadá
CETRAN	Conselho Estadual de Trânsito
CETRIO	Companhia de Engenharia de Tráfego
CIE	International Commission on Illumination ou Comissão Internacional de Iluminação
CGC	Coordenadoria Geral de Obras
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico
com	comércio
COMLURB	Companhia de Limpeza Urbana
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
Cr	Cromo
CRT-4	Coordenadoria Regional de Tráfego da Área de Planejamento 4
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
CTR	Centro de Tratamento de Resíduos

DER	Departamento de Rodagem
DETRAN	Departamento de Trânsito
ECO-92	Feira Internacional de Meio Ambiente
EUA	Estados Unidos da América
Fe	Ferro
gov	governo
hpg	home page ou página pessoal
MN	Magnésio
NBR	Norma Brasileira
org	Organização
OT´s	Ondulações Transversais
pr	Paraná
RCRO	resíduo do corte de rochas ornamentais
RENACH	Registro Nacional de Carteiras de Habilitação
RENAVAN	Registro Nacional de Veículos
rn	Rio Grande do Norte
RPM	rotações por minuto
Si	Silício
SMTR	Secretaria Municipal de Transportes
SMTU	Superintendência Municipal de Transportes Urbanos
UFF	Universidade Federal Fluminense
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UV	Ultra Violeta
VDM	Volume Médio Diário
www	World Wide Web – Rede Ampla Mundial
XIX	dezenove
XVII	dezessete
XVIII	dezoito
XX	vinte

b) Letras romanas minúsculas

%	porcentagem
°	graus
℃	graus Centígrafos

µm	micrômetro
cm	centímetro
dm^3	decímetro cúbico
kg	quilo
kgf	quilo-grama força
km	quilômetro
m^2	metro quadrado
min	minuto
ml	mililitro
mm	milímetro
t	tonelada

c) Letras romanas maiúsculas

N	Newton

RESUMO

Os resíduos industriais urbanos são gerados em quantidades cada vez maiores, apesar do significativo aumento das ações de redução, reuso e reciclagem de resíduos, seja na produção ou no pós-consumo. Esta dissertação apresenta um estudo sobre utilização de materiais alternativos, resíduos urbano, na produção de artefatos de sinalização refletiva viária, denominados tachas. Para consecução dos objetivos do estudo, foi executado um programa experimental com o desenvolvimento de protótipos em matriz polimérica utilizando resíduos como carga. Nesse caso, os resíduos são oriundos: do processo de forjamento de peças metálicas, do corte de rochas ornamentais e da trituração do entulho da construção civil. Os resultados dos ensaios foram tratados estatisticamente. Além disso, foram avaliados a luz da normalização brasileira, referente às tachas de sinalização gráfica horizontal. Os resultados indicam que os três resíduos podem ser utilizados na produção das tachas e tachões. Logo, esses resíduos são uma alternativa ao uso de talco industrial para fabricação desses tipos de artefatos.

Palavras chave: Sinalização horizontal, Resíduos industriais, Tachas refletivas viárias, Materiais compósitos.

ABSTRACT

Although the increasing of actions to reduce, reuse and recycle residues, either at production or after consume, there is still a significant amount of urban industrial residues being generated. This paper presents a study of raised retro reflective pavement markers by using alternative materials, urban residues, so that technical and ecological performances are linked to the product. The pavement markers are made of polymer matrix with urban residues (forging of metallic devices, cut of marble rocks and building masonry demolition) as filler. Statistical analyses were applied to the compressive strength test results. Also, the tests results were analyzed under the Brazilian Standards. Finally, the research was shown that the three residues are an alternative to the use of industrial talc for manufacturing markers.

Key words: Urban residues, forging of metallic devices, cut of marble rocks, building masonry demolition, composite.

1 INTRODUÇÃO

A cidade pode ser considerada como espaço produzido e modelado pelo homem. Nesse caso, a cidade é a imagem dos seus cidadãos. Por essa razão, as cidades têm identidade própria, caracterizada não apenas pelo contexto topográfico e as atividades econômicas, mas também por seu espírito (a alegria, o humor, a bravura, etc), que traduz o conjunto das almas de seus habitantes.

Tudo que o homem produz será transformado em resíduo: casas, automóveis, móveis, pontes, aviões, além dos resíduos do processo de extração de matérias-primas e de produção dos bens. Assim, em qualquer sociedade, a quantidade de resíduos gerados supera a quantidade de bens consumidos. (JOHN, 2003).

O espaço urbano público é um produto elaborado por meio da ação de diversos agentes, que tendem a agir segundo interesses próprios e desarticulados entre si. Os equipamentos do mobiliário urbano são indicadores dessa ação desarticulada. Em qualquer área do centro de uma cidade é possível notar diferentes tipos de suportes de sinalização de vias, de placas de trânsito, de equipamentos de sinalização, de anúncios publicitários, de barreiras ao estacionamento de veículos, de latas de lixo, etc.

Os resíduos industriais demandam custos de armazenamento, estocagem e gerenciamento. Estes custos podem ser reduzidos com a utilização destes resíduos na execução de equipamentos do mobiliário urbano.

Dentro da sinalização horizontal viária existem vários tipos de equipamentos urbanos, com formas, tamanhos, cores e informações, que foram padronizadas no Código Nacional de Trânsito. A finalidade desse tipo de sinalização é organizar o

fluxo de veículos e pedestres; controlar e orientar os deslocamentos em situações com problema de geometria, topografia ou frente a obstáculos; complementar os sinais verticais de regulamentação, advertência ou indicação.

Desta forma, é interessante o estudo e desenvolvimento de artefatos de sinalização horizontal viária utilizando materiais alternativos, oriundos do lixo urbano. Neste caso, têm-se os dispositivos auxiliares de sinalização gráfica horizontal, tachas e tachões, que são produzidos na maioria dos casos com resinas poliméricas e talco industrial.

A partir dessas premissas, esta dissertação desenvolveu componentes do equipamento urbano de sinalização viária com a produção que pode ser adequada às condições socioeconômicas e culturais do segmento populacional de baixa renda, por meio da aplicação de técnicas eficientes em relação ao meio ambiente e de produção limpa.

Portanto, ao privilegiar as populações carentes, no seu extrato mais humilde, criando um produto alternativo com maior valor agregado, a fabricação dos produtos como mostrados nesta dissertação pode ser considerada uma proposta de fonte de renda com a redução de custos sociais, possibilitando a redução da marginalidade social, do vandalismo e do furto.

A fabricação das tachas é relativamente fácil e simples, possibilitando que uma comunidade carente possua instalação para sua produção. Portanto, a linha de produção não faz exigências de treinamento sofisticado ou de elevado nível de escolaridade. Por esta razão, este produto poderá trazer impactos positivos mais imediatos sobre as comunidades, gerando uma fonte de renda e sobre administrações municipais, que terão uma alternativa de componente e de tecnologia para sinalização viária, aliada ao desempenho ambiental.

O Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Fluminense (UFF) tem desenvolvido pesquisas sobre tecnologias aplicadas aos resíduos industriais para obtenção de materiais e produtos alternativos destinados à construção civil. Neste caso, pode-se citar as seguintes dissertações:

- LOUZADA (1991) – Emprego da escória siderúrgica na fabricação de blocos pré-moldados de concreto – um estudo de caso;
- AKIL (1992) – Potenciabilidade dos compósitos de cimento Portland reforçados com fibras vegetais;
- CAMPOS (1993) – Um estudo compósito de argamassa de cimento com raspa de pneu;
- CARNEIRO (1993) – Emprego de escórias siderúrgicas integradas na construção civil;
- PICCOLI (1993) – Influência da adição de cinzas volantes, nas principais propriedades do concreto;
- SILVA (1994) – Utilização de escória de cobre como agregado miúdo em peças pré-moldadas de concreto;
- SEPÚLVIDA (1994) – Entulho de obra: reaproveitamento como agregado miúdo para a confecção de argamassa na indústria da construção civil;
- NEM (1995) – Utilização de escória de cobre na fabricação de tijolos maciços em solo-cimento;
- FREITAS (1996) – Obtenção de tijolos de solo cimento com adição de cinzas de bagaço da cana para uso na construção civil;
- BRAGA (1996) – A potenciabilidade da reciclagem de sacos de polipropileno na construção civil;
- MARINHO (1996) – Os vegetais produtores de fibras e suas utilizações nos compósitos de cimentos: o sisal como elemento de reforço;
- PIRES (2001) – Comportamento do concreto utilizando o rejeito do processo de jateamento de peças metálicas recém-forjadas;
- BIGNO (2002) – Aproveitamento do resíduo de corte de rochas ornamentais como fíler mineral em compósitos de matriz polimérica e cimentícia;

- RIBEIRO (2002) – A potenciabilidade do uso do rejeito de carvão vegetal em artefatos de concreto;
- OLIVEIRA (2002) – Rejeito em plástico: um estudo do potencial de aplicação na construção;
- LEAL (2004) – Adição de rejeitos granulares aos concretos asfálticos;
- MATTOS (2005) – Blocos em concreto leve: aplicação de materiais alternativos e desenvolvimento de auto-sustentabilidade;
- RIBEIRO (2005) – Placas de sinalização em compósito de matriz polimérica reforçado com fibra de sisal.

1.1 OBJETIVO DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho tem como objetivo verificar a potenciabilidade do uso de resíduos urbanos (pó da forja, do corte de mármore e do entulho de obra), como carga na fabricação de tachas para sinalização gráfica horizontal viária, em material compósito de matriz polimérica, em substituição ao talco industrial.

Esse trabalho faz parte do projeto de pesquisa “LIXO URBANO E PLACAS DE SINALIZAÇÃO VIÁRIA”, coordenado pelo Prof. Protasio Ferreira e Castro, que obteve recursos por meio do Edital Universal do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico).

1.2 METODOLOGIA

Foi realizado um levantamento bibliográfico para obter referências para o desenvolvimento do tema. A partir deste levantamento fez-se uma análise do caso em questão e as implicações da associação dos materiais escolhidos e sua aplicabilidade.

Em um segundo momento executou-se uma pesquisa experimental com o desenvolvimento de alguns protótipos em materiais compósitos no estudo, com

algumas arquiteturas e opções de composição, que foram testados e comparados os resultados e foi verificada a sua aplicabilidade.

Portanto, foi desenvolvida metodologia para testes que possibilitem a avaliação e comparação de resultados da pesquisa, nos diversos rejeitos industriais utilizados. Além disso, serão propostas técnicas de manufatura e aplicação dos produtos utilizando tais materiais.

A apresentação deste trabalho está formulada da seguinte forma:

- Capítulo 1: Introdução. Aborda-se, neste capítulo, a relevância e justificativa do tema, bem como a metodologia adotada e os meios para concretizar o trabalho;
- Capítulo 2: Histórico da Sinalização. Apresenta-se nesta parte da dissertação o desenvolvimento da sinalização viária mundial e brasileira;
- Capítulo 3: Sinalizações Gráficas Viárias. Tipos de sinalização e normatização das tachas são mostrados neste capítulo;
- Capítulo 4: O Meio Ambiente e os Materiais. Neste capítulo são feitos comentário sobre os materiais, produtos e o meio ambiente;
- Capítulo 5: Programa experimental. Aborda-se, neste capítulo, as peças produzidas e os ensaios executados. Além disso, é apresentada a análise estatística dos resultados;
- Capítulo 6: Conclusões e sugestões.

2 – HISTÓRICO DA SINALIZAÇÃO

O primeiro meio de transporte que o homem utilizou para a movimentação das cargas foi exatamente ele próprio. As cargas eram transportadas diretamente nos braços, cabeça ou costas. Neste caso, a primeira evolução foi transportar cargas em quadrúpedes domesticados.

Em seguida, observou-se experimentalmente que, ao arrastar cargas, o homem podia transportar quantidades quatro vezes maiores. Houve uma preocupação em criar um veículo que diminuiu o atrito das cargas no solo, como, por exemplo, o trenó. Neste caso, era importante que o veículo fosse o mais leve possível, pois o peso total das cargas foi acrescido do peso do veículo.

Começou-se também a ser desenvolvido o transporte por água, que não será descrito aqui por estar fora do âmbito desta dissertação.

A descoberta da roda fornece um salto qualitativo na evolução do transporte de cargas. Isto é, chegou-se a uma etapa mais adiantada, pois além de diminuir o esforço, transportava-se até quarenta vezes mais carga do que antes, além de também aumentar a velocidade do transporte.

Os primeiros veículos de roda surgiram na Mesopotâmia, cerca de 4.000 anos (Antes de Cristo - A.C.). Eles eram frágeis e de madeira e destinavam-se ao transporte de pequenas cargas.

No Egito, cerca de 3.000 anos (Antes de Cristo - A.C.), realizavam-se transportes por meio de rolos, para elevar os grades blocos de pedras para as partes superiores das pirâmides.

Após a Mesopotâmia e o Egito, o veículo à roda foi para o Ocidente. Recebeu melhoramentos na Grécia e foi aprimorado pelo Império Romano, que os utilizou para atender a longas viagens. Desta forma, os romanos construíram importantes redes de estradas que integravam o império tanto no aspecto comum como na ocupação bélica.

Em Roma, Júlio César tirou de circulação os veículos durante o dia e Adriano, no mesmo século, limitou o número total de carros a cavalo no período urbano. Foram criadas ruas para pedestres, locais de estacionamento privilegiado e zona de interdição absoluta, segundo DE CARVALHO (1981).

Com a decadência do Império Romano no século III depois de Cristo, as estradas ficaram abandonadas, sendo reformada e ampliada apenas em torno do século XVII, com a formação dos principais países da atual Europa Ocidental.

No início do século XIX, surge à locomotiva a vapor, rebocando diversos carros, rodando sobre trilhos. Portanto, diminuiu-se, desde que em terreno plano e velocidade moderada, o esforço da carga bruta em quatrocentas vezes.

A primeira locomotiva a vapor foi construída na Inglaterra por Georges Stephenson em 1814, para transporte de carvão de uma mina no País de Galles.

No Brasil, a Estrada de Ferro Mauá, que liga o antigo Porto de Mauá Inhomirim, foi a primeira estrada de ferro construída com dezesseis quilômetros de extensão, inaugurada em 1854.

Devido a diversas descobertas, dentre as quais pode-se destacar: vulcanização da borracha, pneumáticos, materiais metalúrgicos mais resistentes, motor a explosão e produção do petróleo em larga escala, tornou-se possível o advento do veículo automotor, que Henry Ford em 1909 iniciou nos Estados Unidos sua construção em série.

Comparando o esforço trator do veículo automotor em relação ao da locomotiva, pode-se dizer que é seis vezes maior para a mesma carga útil. Entretanto, para pequenas distâncias, o caminhão e o ônibus levam vantagem sobre

os trens, em relação as despesas totais, principalmente por se tratar de transporte direto, de porta a porta, com apenas uma carga e descarga.

No Brasil, até 1922, os veículos eram poucos e por quase não existir estradas de rodagem, serviam para transportes urbanos. Em 1925 o eixo Rio-São Paulo possuía aproximadamente 9.000 caminhões.

A primeira grande viagem de automóvel no Brasil foi entre Rio de Janeiro e São Paulo, em 1908, demorando 876 horas, por caminhos de carros de boi das fazendas. Já em 1925, por caminhos melhorados, numa extensão de 580 km e de 144 horas de duração. Hoje em dia, pela Via Dutra (420 km), pode-se fazer o mesmo percurso em 6 horas.

A evolução dos veículos de passageiros no Brasil ocorreu de forma gradual e progressiva, seguindo mais ou menos esta ordem:

- liteira ou bangüê – uma caixa com cobertura, suportadas por varas de madeira, carregadas por cavalos, burros ou escravos (Figura 2.1);

Figura 2.1 – Liteira ou bangüê.

Fonte: www.paratyvirtual.com.br.

- carruagens – eram vindas de Lisboa (Figura 2.2);

Figura 2.2 – Carruagem.

Fonte: www.carretarusso.com.br.

- sege – duas rodas grandes, com dois assentos no interior da caixa sobre correias puxadas por dois animais (Figura 2.3);

Figura 2.3 – Sege.

Fonte: www.asacerdotisa.hpg.ig.com.br.

- traquitana – parecida com a sege, mas com quatro rodas (Figura 2.4);

Figura 2.4 – Traquitana.

Fonte: www.xeducaterra.terra.com.br.

- caleça – quatro rodas, dois bancos, puxada por um muar (Figura 2.5);

Figura 2.5 – Caleça.

Fonte: www.e-prefeituras.pr.gov.br.

- cabriolé – leve, sobre molas, puxado por animal e condutor sentado na parte traseira (Figura 2.6);

Figura 2.6 – Cabriolé.

Fonte: www.postalpeople.stampsofmexico.org.

- charrete – para transportar apenas dois passageiros (Figura 2.7);

Figura 2.7 – Charrete.

Fonte: www.guiaacampar.com.br.

- diligência – quatro rodas, puxada por duas parrelhas, veículo de transporte coletivo (Figura 2.8);

Figura 2.8 – Diligência.

Fonte: www.espeschit.com.br.

- bondes de burro – bondes puxados por animais (Figura 2.9);

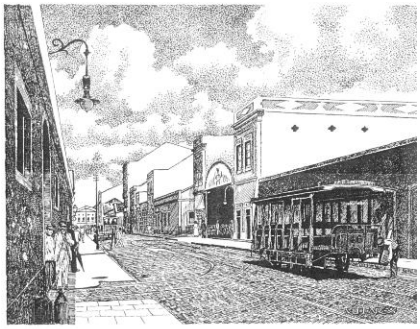

Figura 2.9 – Bondes de burro.

Fonte: www.meurecife.com.br.

- bondes elétricos – bondes movidos por eletricidade (Figura 2.10);

Figura 2.10 – Bondes elétricos.

Fonte: www.fetranspor.com.br.

- *trolley bus* - ônibus movidos por eletricidade (Figura 2.11);

Figura 2.11 – *Trolley bus*.

Fonte: www.transit.toronto.on.ca.

- ônibus – movido por gasolina (Figura 2.12);

Figura 2.12 – Ônibus.

Fonte: www.duo.com.br.

- trens subterrâneos – chamado também de metrô (Figura 2.13).

Figura 2.13 – Metrô.

Fonte: www.metrorio.com.br.

Atualmente, a construção de estradas com traçados, pavimentação e sinalização adequadas ao automóvel tipo de veículo estende-se em todo o mundo.

2.1. EVOLUÇÃO DOS TRANSPORTES NO RIO DE JANEIRO

Em 1905 foi construída a Avenida Central, na cidade do Rio de Janeiro, com 2 km de comprimento e 33 metros de largura onde circulavam os automóveis que davam ao país ares de progresso, riqueza e modernidade. E como a cidade continuou crescendo no mesmo ritmo acelerado, logo esse bulevar virou um verdadeiro inferno, impossível de ser atravessado com tranqüilidade.

Nesta época, as vias de mais movimento eram a Avenida do Mangue e a Rua Senador Euzébio, hoje Francisco Bicalho e Presidente Vargas. E ninguém dirigia a mais de 20 km por hora e não havia congestionamento de trânsito. Mas desde quando a frota no Estado aumentou muito chegando a três milhões e duzentos mil veículos hoje em dia, os congestionamentos já são rotina na vida de qualquer cidadão.

Até 1924, o controle de toda a frota ficava por conta da Inspectoria de Veículos, que era subordinada ao Departamento de Polícia. Mas já no outro século surge a Inspectoria de Tráfego, responsável por todo e qualquer veículo que circulasse pela cidade, até mesmo bicicletas, que tinham que ter licenças de emplacamento como qualquer outro veículo.

Em 1966 foi criado o Código Nacional de Trânsito pela Lei Nº 5.108, regendo o trânsito de qualquer natureza nas vias terrestres de todo o território nacional, e também foi criada a Delegacia de Trânsito Público, antecessora do atual Departamento de Trânsito - DETRAN, subordinada à Secretaria de Justiça e Segurança Pública. O Rio de Janeiro tinha em seus registros uma frota de pouco mais de 300 mil veículos

A partir dessa data, foi necessária uma fiscalização mais rigorosa para e exigência do cumprimento da lei. Pois seria a mesma para todo o País e nenhum veículo poderia circular sem estar previamente registrado e de ter o licenciamento expedido pelo município de origem.

Em 23 de fevereiro de 1967, o decreto-lei n.º 237, assinado pelo então Presidente da República, Marechal Castello Branco, modificava o Código Nacional,

criando o Sistema Nacional de Trânsito. - o SNT - composto pelo Conselho Nacional - CONTRAN, pelos Conselhos Estaduais - CETRANs, pelos Departamentos Nacional e Estaduais.

Este decreto criava, também, o Registro Nacional de Veículos Automotores - o RENAVAN, para centralizar o controle dos veículos e dos certificados de Registro em todo o País, assim como o RENACH - Registro Nacional de Carteira de Habilitação.

O novo Código Nacional não se limitava a determinar diretrizes para o controle dos veículos e emissão de carteiras de habilitação. Determinava também a sinalização ao longo das vias públicas para orientar motoristas e pedestres, determinando que esta seria feita por placas, marcas, luzes, gestos, sons, marcos e barreiras, definindo, inclusive, formas, cores e dimensões.

Em 1975, devido ao caos do trânsito foi criado o Departamento de Trânsito, que era composto pelas divisões de emplacamento, fiscalização, administração e habilitação.

A Engenharia de Trânsito só chegou no Rio de Janeiro na década de sessenta, com a nomeação para a direção geral do Coronel Américo Fontenelle, que criou o serviço de engenharia no Departamento de Trânsito - DETRAN.

Para implantar o Serviço de Engenharia, Fontenelle contratou uma equipe considerada de primeira linha, comandada pelo engenheiro Faria Junior, que até então trabalhava no Departamento de Rodagem - DER.

O alojamento do grupo de engenharia era um imenso salão do prédio 67, onde foi montado um autorama, que permitia que fossem feitas simulações que ajudavam na busca de soluções para o trânsito da cidade. A Engenharia era dividida em dois setores: a chefia do Serviço de Sinalização Gráfica e Luminosa e a parte de Análise.

Os projetos desenvolvidos pela Engenharia do Detran para a área central do Rio de Janeiro, considerados moderníssimos para a época, eram de modificação e

sinalização de área, com pintura de ruas para a sinalização horizontal, e desenho e confecção de placas para a sinalização vertical.

A produção de postes, blocos de sinal, placas de trânsito, gabaritos para pintar ruas só deixou de ser do DETRAN em 1986, com a criação da Secretario Municipal de Transportes - SMTR e a Companhia de Engenharia de Tráfego - CETRIO, quando à parte de engenharia de trânsito passou a ser responsabilidade da prefeitura, e o Detran passa a cuidar apenas dos documentos do motorista e do veículo.

Compete à Secretaria Municipal de Transportes gerir o sistema de transportes urbanos de uso público da Cidade do Rio de Janeiro, compreendendo as vias e as modalidades de transporte de competência municipal, seus respectivos itinerários, pontos iniciais e finais, paradas intermediárias, terminais, estacionamentos e garagens, da seguinte forma:

I. operar serviços de transportes coletivos no Município do Rio de Janeiro;
II. conceder, permitir ou autorizar a exploração dos serviços públicos de transporte municipal, em quaisquer de suas modalidades, ou contratar sua prestação por terceiros, expedindo a respectiva regulamentação e fiscalizando sua execução;
III. propor tarifas e outros preços públicos remuneratórios dos serviços públicos sob sua administração;
IV. planejar, implantar, administrar e regulamentar a operação do sistema viário e de circulação municipal;
V. implantar sinalização nas vias sob sua jurisdição;
VI. vistoriar, licenciar veículos e fiscalizar o seu uso;
VII. disciplinar as operações de carga e descarga nas vias públicas municipais;
VIII. celebrar convênio com o Estado do Rio de Janeiro para a coordenação das atividades de policiamento do trânsito no Município do Rio de Janeiro.

A gestão do Sistema de Transportes Urbanos do Município do Rio de Janeiro compreenderá as atividades de planejamento, pesquisa, regulamentação, coordenação, operação, exploração, controle, vistorias, auditorias, fiscalização,

aplicação de sanções, estudo e fixação de tarifas e outros preços públicos e demais providências de competência da Secretaria.

Passam a estar vinculadas à Secretaria Municipal de Transportes:

I. Companhia de Engenharia de Tráfego - CETRIO: Sociedade de Economia Mista.
II. Superintendência Municipal de Transportes Urbanos - SMTU: Autarquia, que passa a se desvincular da Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos.

Em 22 de janeiro de 1998 entrou em vigor o Código de Trânsito Brasileiro – CTB, instituído pela Lei Federal nº 9.503, de 23 de setembro de 1997 que, dentre diversas inovações, transferiu para os municípios a responsabilidade de operar o trânsito urbano e interurbano nas cidades brasileiras.

Atualmente são quase três milhões e duzentos mil veículos rodando pela cidade. As estradas e vias públicas representam muito mais do que os dois quilômetros da Avenida Central. Para o futuro esperam-se carros e motoristas cibernéticos. Desta forma, é necessário estudos que trarão novas soluções na parte de sinalização, principalmente horizontal, tão carente nas vias hoje em dia.

2.2. EVOLUÇÃO DA SINALIZAÇÃO

Existem registros em que os egípcios misturavam resinas, pigmentos e areia para sinalizar horizontalmente suas estradas. Já os romanos utilizavam pedras dividindo os fluxos em vias de contra-mão. Os Incas e os Astecas utilizaram sinais e setas em suas estradas, conforme MENEGON (2003)

O distrito de Michigan foi o um dos primeiros com automóveis na América e desde cedo houve a preocupação em capitalizar para financiar construções de estradas com os mais diversos materiais, serviços rodoviários e sinalizações. Por volta de 1900, devido ao número de bicicletas e proprietários de automóveis, foi desenvolvido e construído o primeiro quilômetro e meio de estrada lisa e

pavimentada em concreto, chamada de *Woodward Avenue,* a construção demorou menos de três meses e custou mais de 13.500 dólares americanos.

Na próxima década o sistema de transportes de Michigan estava focado em aumentar a segurança para os motoristas, ciclistas e pedestres. Em 1911, o Chefe da Comissão de Estradas do distrito de Michigan nos Estados Unidos Edward Hines desenvolveu a primeira linha central pintada para vias de tráfego opostos (Figura 2.14), um dispositivo simples e revolucionário que prolonga até hoje, sendo um dos mais importantes e seguros dispositivos na história do transporte de veículos.

Figura 2.14 - Primeira linha central pintada em Michigan (1911).

Fonte: site oficial do distrito de Michigan – Estados Unidos da América - EUA

Foi idealizado e construído também um equipamento urbano para direcionar o tráfego nas interseções, permitindo passagem segura para ciclistas, pedestres e motoristas chamado *crow's nest* (figura 2.15). Era necessário a utilização de pessoal treinado, guarda de trânsito comandando os movimentos conflitantes.

Figura 2.15 – Controle de tráfego chamado *crow's nest.*

Fonte: site oficial do distrito de Michigan – Estados Unidos da América - EUA

Este conceito foi o percussor para o sistema nacional de uniformização para sinalização de auto estradas e foi completado com a colocação de faixas coloridas nos postes identificando rotas de viagens (Figura 2.16).

Figura 2.16 – Faixas coloridas para identificação de rotas.

Fonte: site oficial do distrito de Michigan – Estados Unidos da América - EUA

Por volta de 1920 houve várias implementações tecnológicas. O *crow's nest* foi trocado pelo primeiro sinal sincronizado e foi necessário o estudo para a utilização de um equipamento que possibilitasse a remoção da neve, por causa das variações climáticas que impossibilitavam a utilização das estradas.

Devido ao aumento de turistas foi desenvolvida a primeira placa que tinha dizeres como “Não passe / Passe com cuidado” ao longo das estradas que necessitavam de tais informações. Após o envolvimento dos EUA com a Segunda

Guerra Mundial foi necessária a construção da primeira estrada com quatro faixas (Figura 2.17), facilitando a viagem de 42.000 trabalhadores para uma indústria de bombas.

Figura 2.17 – Primeira estrada de quatro faixas.

Fonte: site oficial do distrito de Michigan – Estados Unidos da América – EUA

Como o uso do automóvel foi disseminado em todo o mundo, o aperfeiçoamento das pistas com sinalização horizontal adequada também tornou-se imprescindível, passando a ser usado na América e na Europa a partir de 1920.

Sinalizações nos pavimentos fornecem guia para o tráfego, separando fluxos opostos, proibindo movimentos conflitantes e delineando margem das estradas. Estas sinalizações conduzem regulamentos e avisos para os motoristas, mas sua efetividade depende da visibilidade destas marcações, sendo algumas retrorefletivas, podendo ser brancas ou amarelas, dependendo do pigmento utilizado. Retrorefletividade é a reflexão da luz na direção da onde ela veio. Um efetivo sistema de marcação viária traz conforto e segurança para os motoristas.

Já em meados de 1926, as tintas para marcações viárias eram testadas. Foram listados os mais significantes fatores que afetam a qualidade das tintas como: consistência, taxa de dilatação, poder de cobertura ou impermeabilidade, tempo de secura, resistência a deteriorização devido à luz solar, visibilidade dia e noite e resistência e durabilidade ao maio ambiente e abrasão.

Tintas a base de solventes foram desenvolvidas por serem baratas e fáceis de trabalhar. Materiais termoplásticos foram desenvolvidos na Inglaterra depois da 2ª Guerra Mundial e não contem solventes. Marcações termoplásticas consistem em resinas, bolhas de vidro, pigmentos e material de enchimento.

Para melhorar a visibilidade em alguns pontos foram criados as chamadas tachas e tachões que se tornaram muito popular nos EUA na década de 50. Estas tachas aumentam a retrorefletividade por causa de elemento refletivo acima da superfície das estradas. De qualquer forma, estes elementos estão suscetíveis a danos devido à passagem de veículos, por causa disto tem que ser bastante resistentes.

Tais elementos serão estudados nesta dissertação para que seja possibilitado a elaboração de réplicas mais simples com a utilização de rejeitos industriais e com formas mais fáceis de serem feitas, pois tais elementos são tão importantes, dependendo do caso, quanto às pinturas propriamente ditas.

3 – SINALIZAÇÕES GRÁFICAS VIÁRIAS

Com o advento do novo Código de Trânsito Brasileiro, a partir de 1997, em relação a sistemas de sinalização, os dispositivos e os equipamentos de controle viário fica a competência de implantar, manter e operar, aqui na cidade do Rio de Janeiro, ao órgão denominado CETRIO, Companhia de Engenharia de Tráfego, respondendo também pela sua falta, insuficiência ou incorreta colocação.

Dentro destes sistemas de sinalização encontram-se as marcas viárias, que são conjunto de sinais constituídos de linhas, marcações, símbolos e legendas, em tipos e cores diversas, apostos ao pavimento da via e a sinalização propriamente dita, que são os conjuntos de sinais de trânsito e dispositivos de segurança colocados na via pública com o objetivo de garantir sua utilização adequada, possibilitando melhor fluidez no trânsito e maior segurança dos veículos e pedestres que nela circulam.

A sinalização gráfica viária pode ser dividida em quatro tipos: sinalização vertical, sinalização horizontal, sinalização semafórica e dispositivos e sinalizações auxiliares.

3.1. SINALIZAÇÃO VERTICAL

Sinalização vertical é um subsistema de sinalização viária, que se utiliza de placas e o meio de comunicação (sinal) está na posição vertical, fixada ao lado ou suspenso sobre a pista, transmitindo mensagens de caráter permanente e, eventualmente, variáveis, mediante símbolos e / ou legendas pré-conhecidas e legalmente instituídas.

As placas podem ser classificadas, de acordo com as suas funções em: sinalização de regulamentação, advertência e indicação.

As sinalizações de regulamentação informam aos usuários as condições, proibições ou restrições ao uso das vias. São mensagens imperativas, não sendo tolerado o desrespeito, pois assim, é constituída uma infração de trânsito (Figura 3.1).

Figura 3.1 – placa R-19 de velocidade máxima

Fonte: www.detran.rn.gov.br.

As sinalizações de advertência alertam aos usuários condições potencialmente perigosas, indicando sua natureza. São mensagens de recomendação (Figura 3.2).

Figura 3.2 – placa A-18 de lombada ou saliência

Fonte: www.detran.rn.gov.br.

As sinalizações de indicação identificam as vias, os destinos e os locais de interesse, além de orientar os percursos, destinos, distâncias, serviços auxiliares e possivelmente educação para o usuário. São mensagens apenas informativas (Figura 3.3).

Figura 3.3 – placa de orientação

Fonte: www.detran.rn.gov.br.

3.2. SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

Sinalização horizontal é um subsistema da sinalização viária que se utiliza linhas, marcações, símbolos e legendas, pintados ou apostos sobre o pavimento das vias. Tem caráter de organizar o fluxo de veículos e pedestres; controlar e orientar os deslocamentos em situações com problema de geometria, topografia ou frente a obstáculos; complementar os sinais verticais de regulamentação, advertência ou indicação.

Segundo MENEGON (2003), 99% das informações recebidas pelo ser humano são captadas através da visão. Ao transitar pelas vias, ainda mais as urbanas, os condutores estão expostos a grande quantidade de informações visuais durante o trajeto, sendo obrigado a selecionar as mais importantes em relação à segurança. Entretanto, o olho humano está mais atento a sinalização horizontal que a sinalização vertical, pois ao dirigir, os olhos do condutor estão voltados para frente e para baixo (pavimento). Portanto, para que esta sinalização seja eficiente e cumpra seu papel, deve-se conter requisitos no sentido de atrair a atenção do motorista, impor respeito ao usuário, transmitir mensagens e ser possível a visibilidade.

A sinalização horizontal deve ser visível a uma distância longa o suficiente para que o condutor a enxergue, identifique e execute a manobra com segurança, de acordo com a velocidade do veículo.

Existem cinco cores que são utilizadas na sinalização horizontal: amarela (fluxos opostos, estacionamentos e obstáculos), branca (fluxos no mesmo sentido, faixas de pedestres, símbolos e legendas), vermelha (símbolos de ciclovias, hospitais e farmácias), azul (símbolos especiais de estacionamento) e preta (fazendo um contraste entre pavimentos claros e as pinturas propriamente ditas).

Existem três padrões de traçado que são utilizados na sinalização horizontal: contínua (sem interrupções), tracejada ou seccionada (seccionadas com espaçamentos iguais ou maiores que o traço) e símbolo e legendas (escritas ou desenhadas no pavimento).

Existem cinco classificações da sinalização horizontal:

- marcas longitudinais - separam e ordenam o tráfego (Figura 3.4);
- marcas transversais - ordenam os deslocamentos (Figura 3.5);
- marcas de canalização - orientam os fluxos de tráfego (Figura 3.6);
- marcas de delimitação - controlam áreas onde é proibido ou regulamentado estacionamento e a parada de veículos (Figura 3.7);
- inscrições no pavimento - melhoram a percepção do condutor quanto às condições de operação da via (Figura 3.8).

Figura 3.4 – exemplo de utilização de marcas longitudinais em curvas

Fonte: www.detran.rn.gov.br.

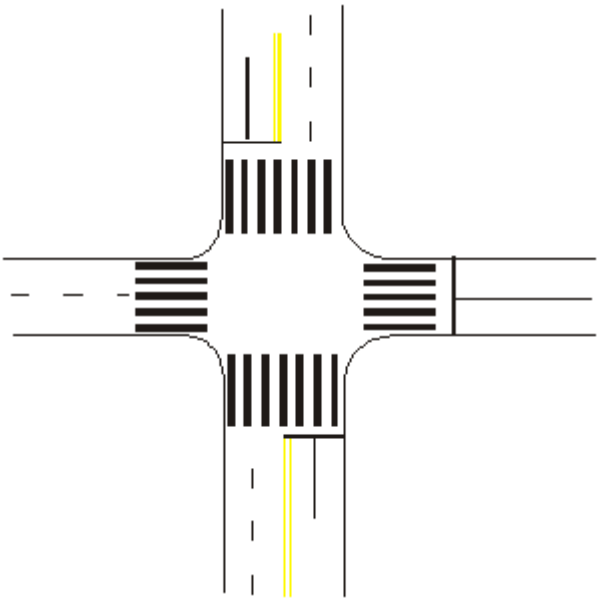

Figura 3.5 – exemplo de utilização de marcas transversais em cruzamentos

Fonte: www.detran.rn.gov.br.

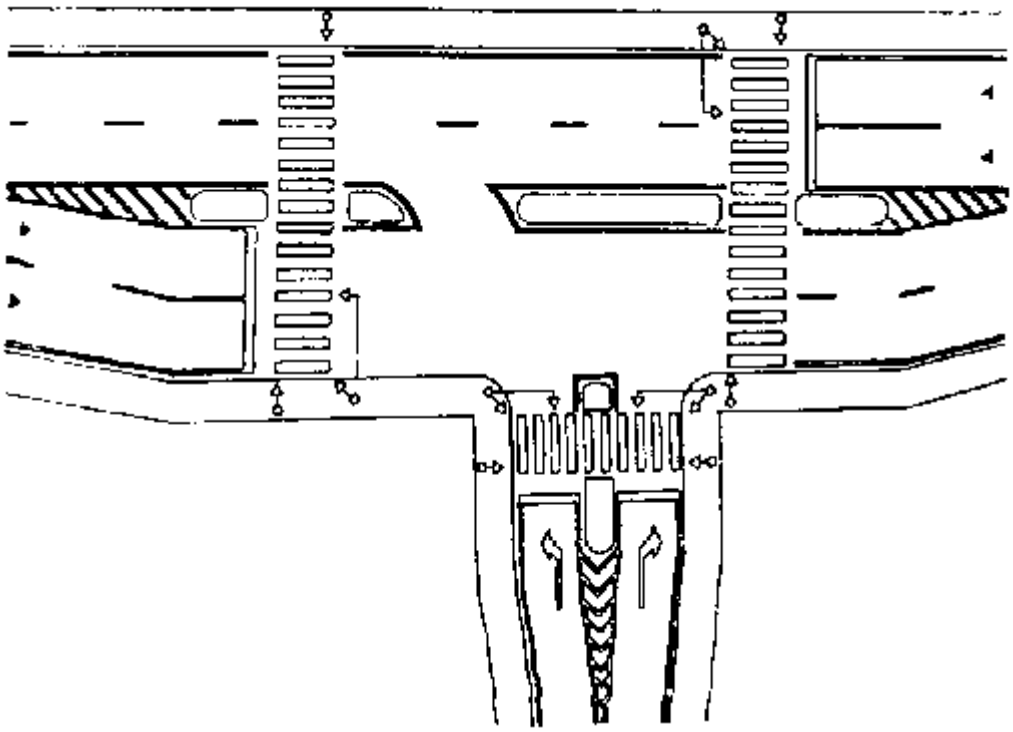

Figura 3.6 – exemplo de utilização de marcas canalização em cruzamentos com canteiros centrais

Fonte: www.detran.rn.gov.br.

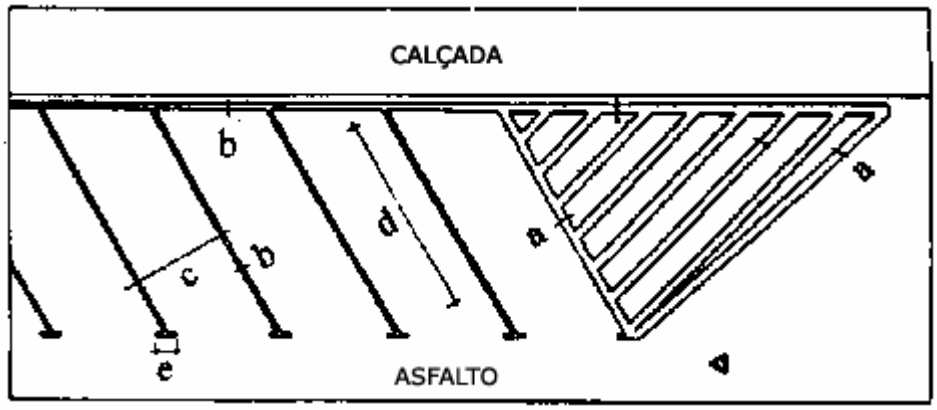

Figura 3.7 – exemplo de utilização de marcas delimitadoras de estacionamento

Fonte: www.detran.rn.gov.br.

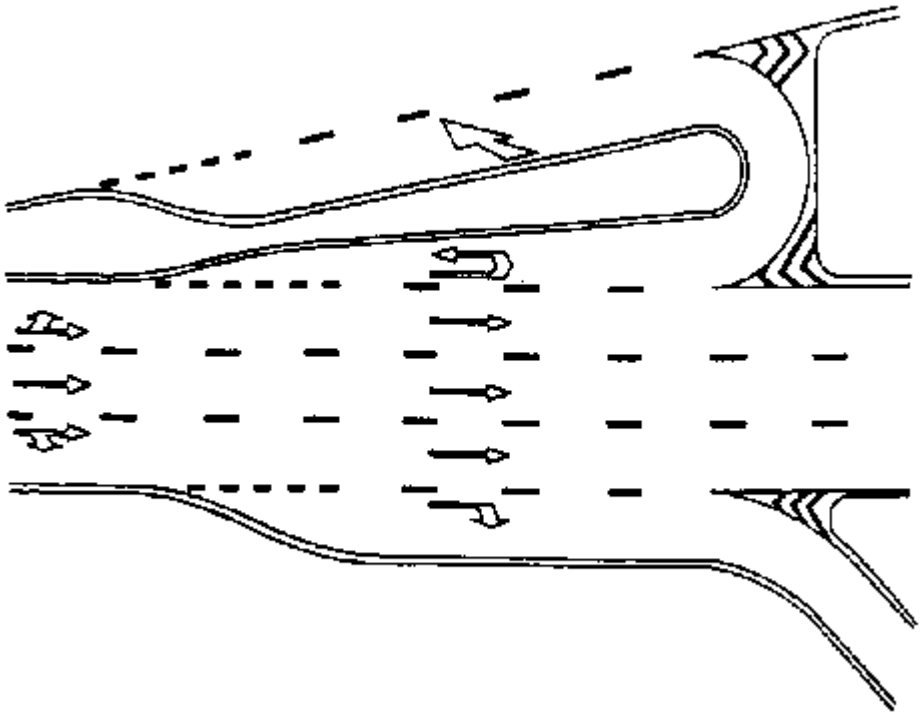

Figura 3.8 – exemplo de utilização de inscrições no asfalto (setas) em retornos e agulhas

Fonte: www.detran.rn.gov.br.

3.3. SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA

Sinalização semafórica é um subsistema da sinalização viária que compõe de luzes acionadas alternada ou intermitentemente através de sistema elétrico / eletrônico, cuja função é controlar os deslocamento eliminando movimentos conflitantes.

Existem dois grupos de sinalização semafórica:

- regulamentação - efetua o controle do trânsito através de indicações luminosas (Figura 3.9);
- advertência - advertem a existência de obstáculo ou situação perigosa (Figura 3.10)

Figura 3.9 – exemplo de bloco de semáforo principal

Fonte: www.cobrasin.com.br.

Figura 3.10 – exemplo de bloco de semáforo de advertência de pedestre

Fonte: www.cobrasin.com.br.

3.4. DISPOSITIVOS E SINALIZAÇÃO AUXILIARES

Dispositivos e sinalização auxiliares são construídos em diversos materiais, formas, cores e refletividade, incrementando a visibilidade da sinalização ou de obstáculos à circulação, tornando mais eficiente e segura a operação da via.

Os dispositivos estão inseridos em um desses grupos, dependendo das suas funções:

- dispositivos delimitadores - balizadores, tachas e tachões (Figura 3.11);
- dispositivos de canalização - prismas de concreto (Figura 3.12);
- dispositivos e sinalização de alerta - marcação de obstáculos, de perigo e de alinhamento (Figura 3.13);
- alterações nas características do pavimento - pavimentos rugosos, fresados e ondulações transversais (Figura 3.14);
- dispositivos de proteção contínua - defensas, barreira de concreto e gradis (Figura 3.14);
- dispositivos de uso temporário - cones, cavaletes e tapumes (Figura 3.15);

- painéis eletrônicos - fornecem informações de advertência, educativas, regulamentações de velocidade e outras (Figura 3.16).

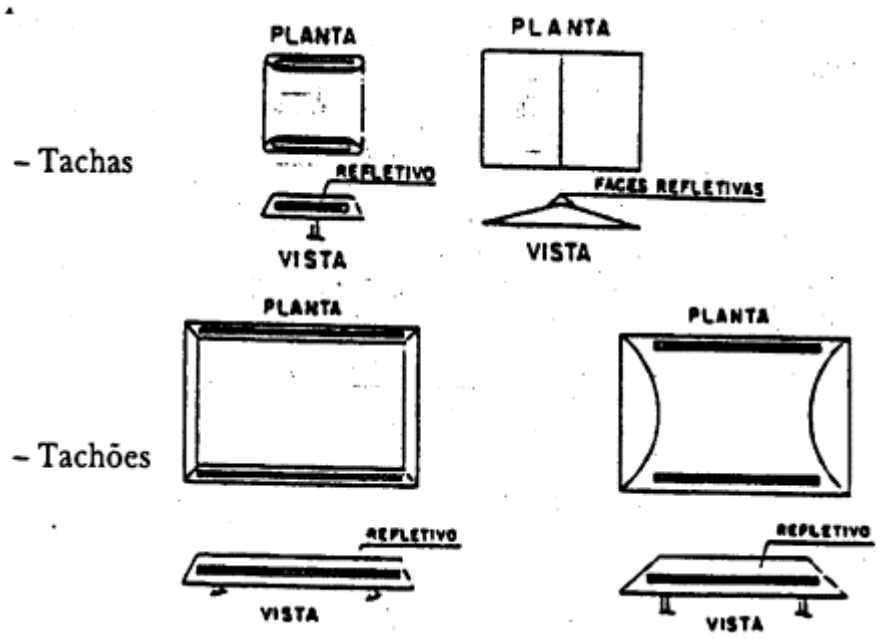

Figura 3.11 – exemplo de tachas e tachões

Fonte: www.detran.rn.gov.br.

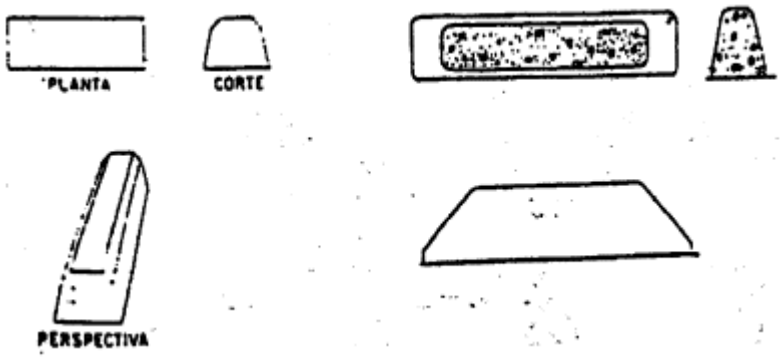

Figura 3.12 – exemplo de prismas de concreto

Fonte: www.detran.rn.gov.br.

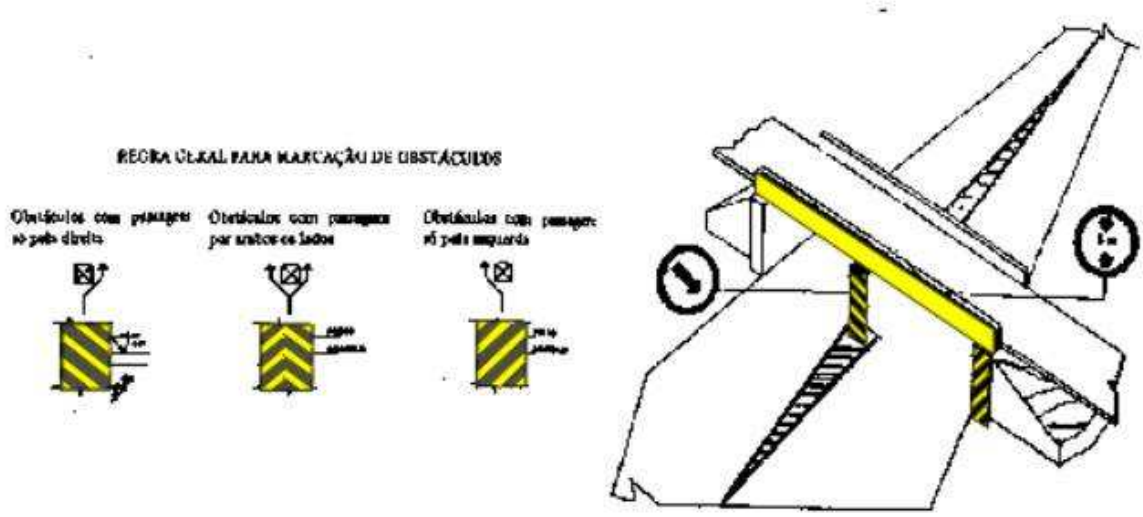

Figura 3.13 – exemplo de dispositivos de sinalização de alerta para viadutos

Fonte: www.detran.rn.gov.br.

Figura 3.14 – exemplo de defesa metálica

Fonte: web.cip.com.br.

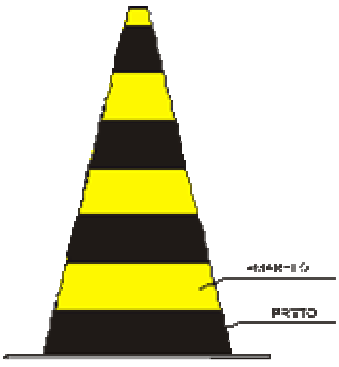

Figura 3.15 – exemplo de cone

Fonte: www.detran.rn.gov.br.

Figura 3.16 – exemplo de painel eletrônico de mensagem variável em pórtico
Fonte: www.estradas.com.br.

Como a utilização de dispositivos delimitadores, de canalização e alterações nas características do pavimento, tais como: tachas, mini-tachões, tachões e ondulações transversais, são muito importantes para o aumento do nível de segurança e de serviço das vias, esta dissertação estudará a utilização de materiais provenientes de resíduos industriais atendendo a normatização, diminuindo os impactos ecológico, eficiente de fabricação e social, se forem fabricados por uma comunidade.

3.5. NORMAS DE PROJETO

Seguem comentários sobre a Resolução nº 39 do CONTRAN que estabelece padrões e critérios para a instalação de ondulações transversais nas vias públicas, além das novas lombadas eletrônicas e uma revisão bibliográfica das normas que regem as características mínimas exigíveis para as tachas refletivas destinadas à sinalização horizontal viária (NBR 14.636 e ASTM D 4.280 – 04).

3.5.1. Ondulações Transversais (OT´s)

Na cidade do Rio de Janeiro, a implantação de ondulações transversais (Figura 3.17) dependerá de autorização expressa da CET-Rio, podendo ser colocada após estudo de alternativas de engenharia de tráfego, quando se mostrarem ineficazes em locais onde se pretenda diminuir a velocidade do veículo, ainda mais onde há grande movimentação de pedestres.

Figura 3.16 – exemplo de ondulação transversal

Fonte: www.clubedotipo.com.br.

Existem dois tipos de ondulações que variam as medidas e as utilizações, sendo construídas pelo órgão da prefeitura chamado CGC (Coordenadoria Geral de Conservação) e feitas em asfalto. A do tipo I tem 1,50 m de comprimento e 0,08 m de altura, já a do tipo II tem 3,70 m de comprimento e 0,10 m de altura, sendo a largura dos dois tipos igual à da pista.

Para trechos onde a velocidade máxima será de 20 km / h utiliza-se a OT do tipo I, já de 30 km / he em vias coletoras e que passam coletivos utiliza-se a do tipo II (Figura 3.17).

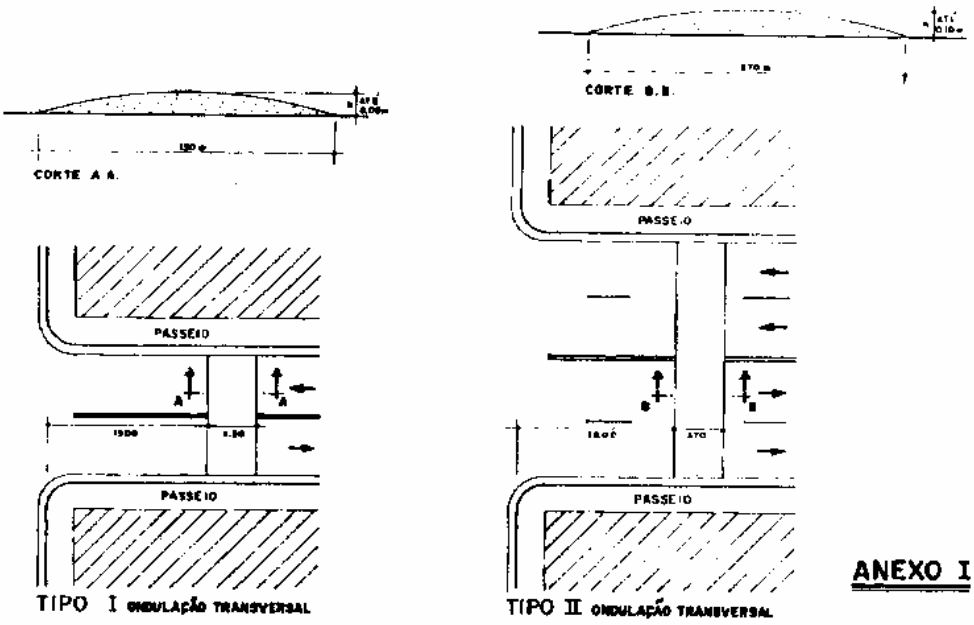

Figura 3.17 – tipos de ondulação transversal

Fonte: www.denatran.gov.br.

Esta resolução recomenda que a CETRIO monitore o desempenho da Ondulação Transversal por um período de um ano, devendo estudar outra solução de tráfego, quando não for verificada expressiva redução no índice de acidentes no local.

Para que uma OT seja implantada deverá ser observado simultaneamente: número de acidentes acentuado, ausência de rampas maiores que 6 % ao longo da via, ausências de elementos que prejudiquem a boa visibilidade do dispositivo e existência de pavimentos em bom estão de conservação.

Deve-se acompanhar a implantação de OT placa de regulamentação de velocidade máxima, placas de advertência antes e junto ao dispositivo e marcas oblíquas pintadas de amarelo alternadas sobre o obstáculo.

É importante também garantir um espaçamento mínimo de 15 m de uma esquina, em caso de cruzamento e de 50 m entre OT´s sucessivas.

As ondulações transversais também são chamadas de lombada e quebra-molas e nos demais países também existem ondulações transversais. Nos Estados Unidos são chamadas de *speed bumps*, ondulações para reduzir a velocidade. Por suas formas e dimensões, servem apenas como alerta para quem está entrando em zona de menor velocidade. Desta forma não ocorre o impacto que se verifica com freqüência no Brasil. Pode até ser atravessada sem diminuir a velocidade. Mas vêm-se lombadas, nos Estados Unidos e outros países, apenas em ruas estritamente residenciais e em alamedas de clubes. Já aqui no Brasil, são encontradas em toda parte, inclusive em rodovias federais.

O mesmo quadro poderia existir aqui caso fossem respeitadas as dimensões das ondulações transversais estabelecidas pelo Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN, não impondo esforço anormal aos veículos. Mas ondulações transversais de dimensões regulamentares são encontradas em um número muito reduzido.

Problema ainda mais grave é a falta de sinalização adequada. Há situações à noite em que lombadas simplesmente não são avistadas. Ainda mais se estiver chovendo. Como é um recurso antinatural para reduzir a velocidade do tráfego,

deveria ser totalmente sinalizado. Como na maior parte da cidade do Rio de Janeiro as ondulações transversais são executadas com asfalto há necessidade de pintar faixas amarelas, que normalmente são apagadas ao longo da utilização.

Em linhas férreas, rios e lagoas, e espaço aéreo não é muito comum o uso de interrupções do mesmo modo que uma lombada. No entanto, nesses três elementos veículos têm de cumprir limites de velocidade em certos casos. Por exemplo, nas chamadas áreas terminais os aviões não podem ultrapassar 250 milhas por hora (400 km/h), de maneira a permitir o melhor ordenamento do tráfego aéreo. O mesmo ocorre nos trevos rodoviários, onde a velocidade deve ser mais baixa, propiciando condições de cruzamento de pista menos arriscadas, pois todo os cruzamentos são perigosos.

No Brasil, as ondulações transversais começaram a aparecer em Curitiba, bem no começo dos anos 80. De repente, a cidade se viu repleta de lombadas, desde em ruas residenciais até nas avenidas importantes como a que leva ao aeroporto. Desta forma a moda atravessou divisas dos municípios para chegar aos outros estados.

São muitos os pedidos de lombadas feitas a CETRIO, pois para a população em geral as ondulações transversais são tratadas como uma questão de status, tanto quanto possuir iluminação pública ou rede de esgotos. Só na área de Jacarepaguá, de cada 100 pedidos de intervenções no trânsito feitos a Coordenadoria Regional de Tráfego, 56 são de ondulações transversais, segundo a CETRIO / CRT-4.

A indústria chegou a tal ponto em que os carros fabricados no Brasil e a maioria dos importados oficialmente estão mais altos. Fazendo com que apareçam efeitos que não são muito aceitáveis: menos estabilidade, maior arrasto aerodinâmico, mais consumo de combustível.

Existe ainda um efeito relacionado a essa grande quantidade de ondulações transversais: o motorista passa a se condicionar apenas por elas quanto a ter cuidado ao dirigir, somente diminuindo a velocidade para passar por elas.

Há outros efeitos menos importantes ocasionados pelas ondulações transversais. Aumenta a carga de poluentes lançados na atmosfera, resultado da necessidade de acelerar de novo após transpô-las; pelo mesmo motivo, aumenta o ruído produzido pelos veículos.

Sem contar a maior solicitação mecânica em todos os veículos. As ondulações transversais influenciam na composição das planilhas de custo que levam ao estabelecimento das tarifas de táxis, ônibus e cargas em caminhões.

Há outro efeito ainda pior, a dificuldade de veículos de serviços públicos, como ambulâncias e corpo de bombeiros, de trafegarem com maior rapidez nas emergências.

Mesmo com todos esses efeitos, acentuados pelo mau estado de conservação e a não padronização das ondulações transversais regulamentadas e as ondulações transversais não regulamentadas, tal assunto é carente de bibliografias aqui no Brasil, ainda mais se tratando da utilização de outros tipos de materiais, tais como materiais compósitos (resíduos industriais pesados) para a fabricação de tais peças.

Desta forma, é interessante o estudo e desenvolvimento destas peças, podendo ser uma forma de padronização e posterior pré-moldagem com a qualidade necessária que não é encontrada nas peças confeccionadas normalmente.

Devido ao tamanho das ondulações transversais, existe uma dificuldade muito grande na obtenção dos materiais, tanto para construção de formas modelos quanto aos materiais propriamente ditos, além do mais, hoje em dia a CETRIO tem adotado a implantação de dispositivos eletrônicos chamados de lombadas eletrônicas, que funcionam bem melhor que as OT em asfalto, pois os condutores que excederem as velocidades regulamentadas, têm os veículos fotografados e infracionados.

A Lombada Eletrônica (Figura 3.18) é um dispositivo fixo de medição de velocidade que vem acoplada também uma câmera, em que pode ser visualizado um ângulo de 360º. Ele foi desenvolvido para controlar a velocidade em determinado trecho viário, de forma análoga à ondulação transversal, com a vantagem de não interromper o fluxo. Este dispositivo propõe uma redução pontual de velocidade,

abaixo da regulamentada. O condutor é alertado, devido à fácil visualização do equipamento, para um determinado evento nas suas proximidades, tais como, travessia de pedestres, saídas e entradas de grandes pólos geradores, etc.

Figura 3.18 – lombada eletrônica

Fonte: www.pcrj.rj.gov.br.

Por causa destes motivos esta dissertação ficará limitada à confecção de dispositivos delimitadores e canalizadores, auxiliares de sinalização gráfica horizontal, como as tachas, os tachões e as calotas semi-esféricas, sendo possível assim à fabricação e a implantação experimental nas vias da cidade do Rio de Janeiro.

3.5.2. Tachas Refletivas Viárias – NBR 14.636

Tacha refletiva viárias é um dispositivo auxiliar a sinalização horizontal fixado na superfície do pavimento, sendo constituído de um corpo resistente aos esforços provocados pelo tráfego, possuindo uma ou duas faces retrorrefletivas, nas cores, nas cores compatíveis com a marca viária.

Existem quatro tipos de tachas em relação a sua constituição e que suas retrorrefletividades variam em função do VDM (volume médio diário de veículos):

- tacha tipo I – sem revestimento anti-abrasivo;
- tacha tipo II – com revestimento anti-abrasivo e face do material não vítreo;

- tacha tipo III – com revestimento anti-abrasivo e face do material de vidro;
- tacha tipo IV – com esferas de vidro espelhadas.

As dimensões podem variar na altura entre 1,7 e 2,2 cm; na largura entre 9,6 e 13 cm; no comprimento entre 7,4 e 11 cm. Normalmente é utilizada com dimensões conforme as figuras 3.19, 3.20 e 3.21.

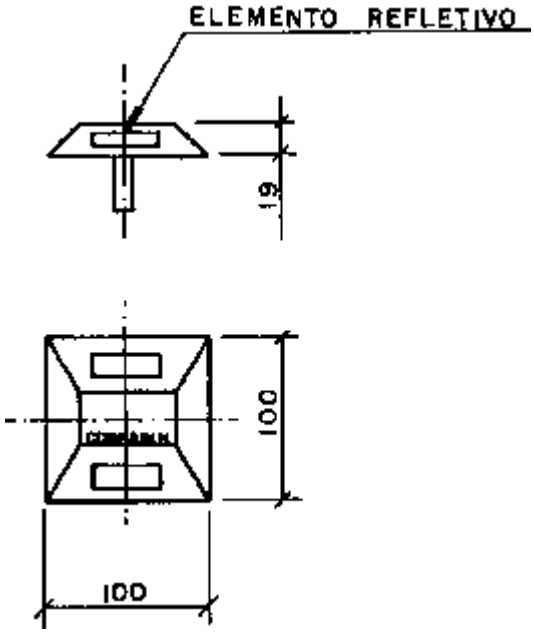

Figura 3.19 – modelo padrão da tacha refletiva viária

Fonte: www.cobrasin.com.br.

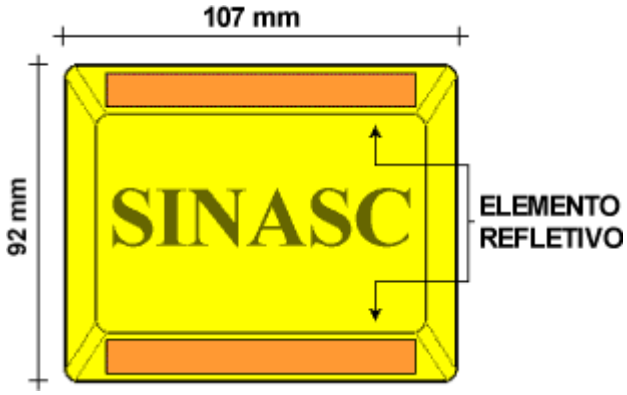

Figura 3.20 – modelo padrão da tacha refletiva viária da Sinasc, vista superior

Fonte: www.sinasc.com.br.

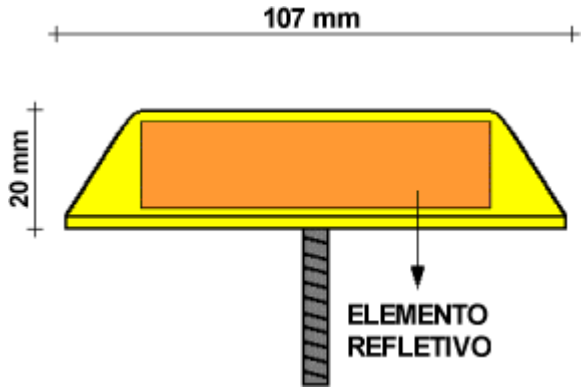

Figura 3.21 – modelo padrão da tacha refletiva viária da Sinasc, vista lateral
Fonte: www.sinasc.com.br.

As tachas podem ser fixadas aos pavimentos por meios químicos e / ou mecânico-químicos e obrigatoriamente ter pinos na forma de parafusos de cabeça tipo francesa, com dimensões que assegurem sua perfeita fixação, devendo ser parte do corpo da tacha (mesmo material), não podendo ser fixado depois da fabricação da tacha. Normalmente é utilizado adesivo epóxi para a colagem no pavimento e é necessário um tempo para liberação ao tráfego de aproximadamente 30 min.

As tachas devem ter como identificação o nome do fabricante em relevo no seu corpo e tem que atender os requisitos da ASTM 4280-04 em relação à cor.

Devem ser verificados os valores mínimos de referência para desempenho da retrorrefletividade, conforme Tabela 1 da norma, os coeficientes mínimos de intensidade luminosa, conforme Tabela 2 e 3 da norma, a resistência a abrasão, conforme tabela 4 da norma, resistência à compressão para uma carga de no mínimo 15.000 Kgf, resistência à penetração de água sem apresentar manchas, resistência a temperatura verificando a diferença do coeficiente de intensidade luminosa e resistência ao impacto existindo quebras de largura máxima 2 mm e extensão máxima de 6,4 mm.

3.5.3. Tachas Refletivas Viárias – ASTM 4280 - 04

As tachas podem ser classificadas pelo tipo, pela cor e pela resistência a abrasão.

As classificações por tipo são três: Tipo A (tachas bi-refletivas, uma cor), Tipo B (tachas refletivas, uma cor) e Tipo E (tachas bi-refletivas e duas cores). Podemos ter cinco tipos de cores: W (branca), Y (amarela), R (vermelha), B (azul) e G (verde).

A classificação por resistência a abrasão é somente uma: H (tacha com forte resistência a abrasão na superfície da lente. Para a força a flexão, as tachas são designadas F (tacha com suficiente força longitudinal para aplicação nos pavimentos flexíveis, asfálticos e de concreto).

As tachas têm que ser elaboradas com adequadas resistências químicas, a água e a UV para o uso. Sua altura não pode passar de 2,03 cm. Sua largura não pode passar de 13,0 cm. Normalmente o ângulo entre a face da tacha e a base não pode ser maior que 45º. A base da tacha tem que estar livre de brilho ou substâncias que reduzam sua aderência com o adesivo. A base da tacha tem que ter um desnível horizontal menor que 0,13 cm e as outras faces não podem sobressair 0,13 cm da base.

Dependendo da cor, as tachas têm que atender a coeficientes de intensidade luminosos (Ri em mcd/lx), não podendo ser menores para um ângulo de entrada de 0º: W (279), Y (167), R (70), G (93), B (26), sendo os demais valores indicados na Tabela 1 da norma.

A força de flexão que as tachas tem que suportar é de 8914 N, se quebrar. Já a força de compressão é uma carga de 2727 kg, sem quebrar ou deformando no máximo de 0,33 cm.

As cores têm que seguir a norma padrão A do CIE, seguindo a figura 1 da norma com seus valores nos itens 6.2.4.1 a 6.2.4.5.

Com 0,19 kg de força de impacto nas lentes refletivas das tachas a face não pode mostrar mais de duas fissuras radiais maiores que 0,64 mm.

Deve-se utilizar materiais de adesivo conforme anexo A1 da norma. E é importante ressaltar que para armazenamento utiliza-se cobertos e protegidos por quaisquer tipos de materiais que possam interferir nas características ditas acima, sendo um fator relevante à umidade.

4 – O MEIO AMBIENTE E OS MATERIAIS

O ser humano transforma a superfície terrestre conforme suas conveniências. De acordo com as suas necessidades, moradia, alimentação, higiene, dentre outras, o homem habita quase todas as regiões do planeta. A mudança na parte hidrológica, o desmatamento de florestas, a modificação da topografia são exemplos das modificações impostas ao meio ambiente.

Após a Revolução Industrial, em meados do século XVIII, as alterações tornaram-se cada vez maiores e mais rápidas, sendo caracterizadas pela substituição da energia física por energia mecânica, da ferramenta por máquina e da manufatura por fábrica no processo produtivo. Acelerando assim, o crescimento das cidades. As pessoas esvaziaram o campo e foi estabelecido, uma nova ordem social, onde a escravidão e os produtos agrícolas davam lugar ao trabalho assalariado e os produtos industrializados.

Com o crescimento da população urbana, foi constatado que não havia infra-estrutura para receber a massa de trabalhadores. Os resíduos industriais e urbanos eram jogados em qualquer lugar e não existiam redes de água e de esgoto, fazendo com que os vetores se proliferassem, espalhando doenças e levando pessoas à morte.

Mesmo com o advento da Segunda Revolução Industrial, a partir de meados do século XIX, o problema do aumento dos resíduos continuou, ainda mais que, com a introdução da linha de montagem em série, a produtividade foi aumentada e as mercadorias atingiram padronização e superproduções, gerando o estímulo ao consumo.

Apenas a partir de meados do século XX que apareceram algumas publicações sobre meio ambiente. Um dos maiores marcos do movimento ecológico foi a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, conhecida como ECO-92 que foi realizada em 1992, na cidade do Rio de Janeiro. Nela foram discutidos meios para um desenvolvimento industrial amparado em questões ambientais. O documento gerado da reunião sugere: redução de resíduos, reutilização de subprodutos, reciclagem de resíduos e adoção de sistemas de tratamento e disposição de resíduos.

Após tal evento, as teorias e conceitos sobre o “Desenvolvimento Sustentável” e “Responsabilidade Social Corporativa” estão cada vez mais em evidência. A sociedade, cada vez mais preocupada com o futuro do planeta, está mais consciente e exigente com os produtos e serviços que consome, optando cada vez mais por itens ecologicamente corretos.

Embora de forma lenta e gradual, os aspectos sócio-ambientais fazem com que as empresas assumam novas posturas, envolvendo vários segmentos agrupados, ao invés de iniciativas pontuais, adotadas no passado. A gestão de resíduos, sólidos ou não, abrange diversos aspectos técnicos, econômicos e sociais. Deve-se não somente entender estes processos, mas também implantá-los e monitorá-los, buscando uma boa relação custo x benefício. A indústria deve propor e implantar alternativas concretas de tratamento e redução da geração de resíduos.

4.1. RESÍDUOS SÓLIDOS NA INDÚSTRIA

Conforme a NBR 10004/2004, pode-se classificar resíduos sólidos como: “resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes dos sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível".

4.2. CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

Os resíduos podem ser classificados de duas formas, principalmente: quanto à origem e quanto à periculosidade.

4.2.1. Quanto à Origem

Os resíduos sólidos podem ser classificados quanto sua origem nas seguintes denominações com as respectivas responsabilidade do gerenciamento do resíduo: domiciliares (Prefeitura); comerciais (Prefeitura); públicos (Prefeitura); entulhos (gerador); agrícolas (gerador); portos (gerador), aeroportos (gerador), terminais rodoviários e ferroviários (gerador); industriais (gerador).

4.2.2. Quanto à Periculosidade

A NBR10004/2004, é a norma brasileira que classifica os resíduos sólidos de acordo com a periculosidade e riscos ambientais que representam. Tem como finalidade caracterizá-los, para que recebam um destino final suficiente às suas necessidades. Devido à sua natureza, os resíduos radioativos não se incluem nessa norma, tendo a CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear) competência sobre os mesmos.

São divididos em dois tipos:

- Resíduos Classe I – Perigosos;
- Resíduos Classe II – Não Perigosos;
    - Resíduos Classe II A – Não Inertes;
    - Resíduos Classe II B – Inertes.

Classe I – Perigosos

Os resíduos denominados como Classe ! – Perigosos são resíduos que apresentam risco potencial significativo à saúde pública. Caracterizam-se por possuir

uma ou mais das propriedades: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade.

Classe II – Não Perigosos – Classe II A – Não Inertes

Os resíduos denominados como Classe II – Não Perigosos – Classe II A – Não Inertes são resíduos que não se enquadram nas classificações de resíduos Classe I – Perigosos ou de Classe II B – Inertes. Podem ter propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Classe II – Não Perigosos – Classe II B – Inertes

Os resíduos denominados como Classe II – Não Perigosos – Classe II B – Inertes são os resíduos que, quando submetidos ao ensaio de solubilização, padronizados pela ABNT, não apresentam quaisquer de seus constituintes solubilizados à concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

4.3. GESTÃO DE RESÍDUOS

Existem serviços que possibilitam de alguma forma trabalhar com as características dos resíduos sólidos, de forma a tornar tais resíduos menos impactantes no ponto de vista ambiental.

4.3.1. Diminuição dos Resíduos

O serviço denominado diminuição dos resíduos é de vital importância à preocupação com a diminuição dos resíduos, podendo incluir qualquer prática, ambientalmente segura, de redução na fonte, reuso, reciclagem e recuperação de materiais e / ou do conteúdo energético dos resíduos, visando reduzir a quantidade ou volume dos resíduos a serem tratados e adequadamente dispostos.

4.3.2. Redução

Toda matéria prima que existe em qualquer produto gera impacto ambiental, por menor que seja. Seja na extração imprópria dos materiais na natureza ou após o uso. Para diminuir tal impacto é necessário desenvolver ações: redução de desperdícios, conservação de recursos naturais, redução ou eliminação de substâncias tóxicas, redução da quantidade de resíduos gerados por processos e produtos, e conseqüentemente, redução de poluentes lançados para o ar, solo e águas.

4.3.3. Reuso

O serviço denominado reuso é qualquer prática ou técnica que permite a reutilização do resíduo, sem que o mesmo seja submetido a um tratamento que altere as suas características físico-químicas.

É a forma mais simples de minimização de resíduos, pois propicia acréscimo nos lucros pelo reuso do resíduo ou pela sua venda a outras indústrias, como também, sob aspecto ambiental, uma vez que diminui a quantidade de resíduos lançados no meio e a quantidade de recursos naturais utilizados.

4.3.4. Reciclagem

O serviço denominado reciclagem é qualquer técnica ou tecnologia que permite o reaproveitamento de um resíduo, após o mesmo ter sido submetido a um tratamento que altere as suas características físico-químicas.

A reciclagem pode ser classificada como: reciclagem dentro do processo e reciclagem fora do processo.

4.4. TRATAMENTO E DESTINO FINAL DOS RESÍDUOS

É de vital importância a preocupação quanto o tratamento e destino final dos resíduos.

4.4.1. Tipos de Tratamento

Os principais métodos de tratamento são: secagem do lodo, co-processamento e “landfarming”.

O tratamento por secagem do lodo consiste numa alternativa para a diminuição do peso e volume de lodos, com conseqüente diminuição dos custos de transporte e disposição final. Além disso, para dispor resíduos em aterros industriais é necessário que o material tenha um teor de umidade baixo (<70%), para evitar a formação de chorume.

Os métodos mais comumente empregados são: centrifugação, filtragem em filtros-prensa, filtragem a vácuo, leitos de secagem e processos térmicos.

O tratamento por co-processamento consiste na utilização de um resíduo de um processo industrial em outro diferente do que lhe deu origem e de forma a substituir uma das matérias primas do processo ou a permitir a redução do consumo de combustível do processo através do aproveitamento energético do resíduo. Esta técnica é aplicável para substâncias oleosas, areia ou terra contaminada com óleo, embalagens de produtos químicos, resinas, emborrachados, produtos fotográficos entre outros tipos de resíduos que possam ser utilizados como combustível auxiliar.

O tratamento por “landfarming” consiste numa técnica comum, utilizada inicialmente no tratamento de resíduos petroquímicos. São sistemas que utilizam as propriedades físico-químicas (aeração mecânica, adubação química) para aumentar e intensificar a atividade microbiana do solo, de modo a transformar, biodegradar e eliminar a atividade tóxica dos resíduos tratados, reduzindo os riscos de contaminação no meio-ambiente.

4.4.2. Destino Final - Aterros

O serviço denominado destino final – aterros é chamado quando há o enterramento planejado dos resíduos sólidos controlado tecnicamente quanto aos aspectos ambientais, de modo a evitar a proliferação de vetores e roedores e outros riscos à saúde.

O tipo de aterro mais adequado à destinação final de resíduos sólidos urbanos, devido às características técnicas empregadas em sua construção, é o chamado aterro sanitário.

Já os aterros industriais são os aterros que têm como finalidade a disposição final de resíduos oriundos de indústrias. Entende-se por disposição final destes resíduos o depósito dos mesmos em células previamente protegidas e impermeabilizadas.

4.4.3. Destino Final - Incineração

O serviço denominado destino final – incineração é o processo que destrói os compostos tóxicos através da queima por equipamentos em alta temperatura, por volta de 1150 ºC, sob condições controladas, podendo ser dos seguintes tipos: injeção líquida, forno rotativo, leito fluidizado e forno de múltiplos estágios.

Dentre as vantagens da utilização do processo de incineração estão a velocidade de destruição do resíduo e a possibilidade do aproveitamento do mesmo como combustível auxiliar, devido ao seu alto poder calorífico. Como desvantagens tem-se o alto custo normalmente.

4.5. GERAÇÃO DOS RESÍDUOS

Ao estimar a quantidade de resíduo gerada por determinado tempo e eventuais sazonalidades pode-se determinar a estrutura necessária para gerir o processo e realizar a reciclagem, indicar a escala de produção de reciclagem necessária e indicar tendências futuras de geração de resíduo (JOHN, 2003).

Os resíduos devem ser gerados em quantidade para que não seja necessário o armazenamento e proteção quanto a intempéries.

Segundo JOHN (2003), devem ser consideradas mais favoráveis, as alternativas para a escolha dos resíduos que:

- Minimizem a necessidade de separação, classificação e transformação industrial do resíduo;
- Minimizem impactos de transporte do resíduo;
- Minimizem o risco de lixiviação ou volatização;
- Não utilizem ou libertem produtos tóxicos;
- Resultem potencialmente em produto reciclável;
- Resultem potencialmente em um novo produto com vantagem competitiva sobre os existentes no mercado;
- Apresentem baixo risco de fracasso no processo de pesquisa e desenvolvimento;
- Apresentem o mais alto potencial financeiro.

4.6. RESÍDUOS ESCOLHIDOS PARA A FABRICAÇÃO DE TACHAS DE SINALIZAÇÃO VIÁRIA

Após a análise de todos os fatores explicados nos itens acima, foram escolhidos três tipos de resíduos. Pó-de-ferro, proveniente do processo de forjamento de peças metálicas, pó-de-mármore, proveniente do processo de corte de rochas ornamentais e pó-de-entulho, proveniente do processo de trituração do entulho da construção civil para a fabricação de tachas de sinalização viária, nesta dissertação.

Estes três tipos de resíduos em forma de pó já foram objetos de estudo para dissertações de mestrado na Universidade Federal Fluminense: PIRES (2001) – comportamento do concreto utilizando o resíduo do processo de jateamento de peças metálicas recém-forjadas; RIBEIRO (2005) – placas de sinalização em compósito de matriz polimérica reforçado com fibra de sisal e SEPÚLVIDA (1994) – entulho de obra reaproveitamento como agregado miúdo para confecção de argamassas na indústria da construção.

Desta forma, por tratarem de resíduos de fácil obtenção e bem finos, serão utilizados nesta dissertação como carga para a fabricação de peças em materiais compósitos para a sinalização viária – tachas refletivas viárias.

4.6.1. Resíduo do Processo de Forjamento de Peças Metálicas – Pó-De-Ferro

Forja é definida como: “conjunto de fornalha, fole e bigorna de que no seu orifício se servem os ferreiros e outros artífices que trabalham em metal; oficina de ferreiro; fundição; frágua”. (DICIONÁRIO BRASILEIRO, 1971).

Conforme PIRES (2001), para a obtenção do resíduo da forja nos processos de beneficiamento do aço são utilizadas como matéria-prima barras de aço que são cortados por equipamentos denominados tesouras de fricção. É necessário o aquecimento do aço a uma temperatura de 1200 ºC, para obtenção de elevada ductilidade.

Para ser possível chegar à forma desejada, é utilizado impacto de martelos em queda livre de 3200 t e prensado com prensas de 1000 a 3150 t. Para a rebarbação e calibragem é utilizado prensas de menor porte.

Após esses tratamentos, as peças são submetidas a tratamentos térmicos para melhorar sua usinabilidade e suas propriedades mecânicas. O tratamento posterior é o de jateamento com granalhas de aço.

Os resíduos foram obtidos na indústria FORJAS BRASILEIRAS, sendo o utilizado nesta dissertação o pó-de-ferro, que são obtidos numa quantidade de aproximadamente 8 (oito) t/mês e não é reutilizada de nenhuma maneira.

Este material é proveniente do jateamento com granalhas de aço, sobre o metal base e coletado em tambores, sendo constituído por partículas provenientes do metal que está sendo tratado.

Conforme PIRES (2001), a massa específica real do resíduo é de 5,3 kg/dm^3, 80% em peso passa na peneira 200 e 80% do material que passa tem entre 5 µm e 75 µm e a área específica é de 86,17 m^2/kg. O elemento químico predominante é o ferro com baixo teor de carbono, caracterizando um aço de baixo carbono. Os

elementos estão dispostos dessa maneira: 1,09 % de MN, 98,05 % de Fe, 0,22 % de SI e 0,64% de Cr.

Pires (2001) concluiu que a utilização deste resíduo como substituição de parte do cimento ou parte da areia é adequada ao uso no concreto simples.

4.6.2. Resíduo do Processo de Corte de Rochas Ornamentais (Mármore Branco) – Pó-de-Mármore

A cadeia produtiva do setor das rochas ornamentais é dividida em três etapas: extração, beneficiamento primário e beneficiamento secundário. Sendo que nas três etapas é um produzido percentual de resíduos de 40%, 25 % e 10%, respectivamente BIGNO (2002).

A etapa mais importante devido ao resíduo proveniente dela e que será estudada nesta dissertação é de beneficiamento primário, que gera o chamado RCRO (resíduo do corte de rochas ornamentais), que tem origem das perdas da: lama abrasiva, imperfeições dos casqueiros (laterais dos blocos), quebras de placas por falhas no empilhamento e serragem de placas defeituosas.

O corte pode ser feito com tear de lâminas, discos diamantados e fio diamantado.

Devido ao grande volume produzido de pó no processo de serragem, são gerados problemas no transporte, estocagem, manutenção de depósitos, ambientais, de saúde para a população e operários, além do destino final.

Para os operários que trabalham direto com o pó, existe a possibilidade de inalação da poeira contendo sílica cristalizada, podendo gerar após a excessiva inalação hiperprodução de muco, proliferação crônica, fibrose, câncer, dentre outros.

RIBEIRO (2005) concluiu que o uso do RCRO em substituição ao tal co industrial como carga para o compósito na produção de placa de sinalização viária é tecnicamente viável

Desta forma, nesta dissertação será utilizada RCRO somente do mármore branco, para facilitar a padronização impostas pelo sistema de sinalização viária existente, tachas refletivas brancas e amarelas.

4.6.3. Resíduo do Processo de Trituração e Peneiramento Proveniente do Entulho da Construção Civil – Pó-de-Entulho

Entulho é definido como: “caliça, pedregulhos; materiais inúteis provenientes de demolição; conjunto de fragmentos de tijolo, argamassa, etc., provenientes da construção de uma obra; escombros; ruínas; aquilo que atravanca ou enche” (DICIONÁRIO BRASILEIRO, 1971).

Nesta dissertação, o entulho será tratado como material proveniente da demolição para reforma de prédio, localizado no bairro de Jacarepaguá, Rio de Janeiro, devidamente separados os blocos de concreto, o cobogó e a argamassa de amarração. Para utilização, o mesmo foi triturado e peneirado de forma a ficar homogêneo e com grãos que passam na peneira 100 no triturador (Figura 4.1).

Figura 4.1 – Triturador em execução.

Fonte: O autor desta dissertação.

A Resolução nº 307 de 5 de julho de 2002 do CONAMA considera que os geradores de resíduos da construção civil devem ser responsáveis pelos resíduos das atividades de construção, reforma, reparos e demolições de estruturas e estradas, bem como por aqueles resultantes da remoção de vegetação e escavação de solos. E estes geradores deverão ter como objetivo prioritário à não geração de

resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final. É necessário que os resíduos da construção civil deverão ser destinados para serem reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.

Para que o entulho não seja mais apenas um problema, é preciso organizar um sistema de coleta eficiente, minimizando a deposição clandestina. É necessário estimular, facilitando o acesso a locais de deposição regular estabelecidos pela prefeitura. A partir de uma coleta eficaz é possível introduzir práticas de reciclagem para o reaproveitamento do entulho.

Para cidades, como o Rio de Janeiro, é importante que a coleta de entulho seja realizada de forma desconcentrada, com instalações de recebimento de entulho em várias regiões da cidade. Em contrapartida, é preciso lembrar que a concentração dos resíduos torna mais barata a sua reciclagem, reduzindo os gastos com transporte, que, em geral, é a variável mais importante num processo de reciclagem. É necessário estabelecer dias de coleta por bairro, onde a população pode deixar o entulho nas calçadas para ser recolhido por caminhões da prefeitura. Entretanto, só é eficaz se for possível manter a regularidade do atendimento, sem perder a confiança da população.

A divulgação dos locais e dias de recolhimento e o estabelecimento de medidas rigorosas de fiscalização não podem ser dispensadas. Este sistema de coleta, apesar de muito prático para os produtores do entulho, implica altos custos para a prefeitura.

A política de coleta do entulho deve ser integrada aos demais serviços de limpeza pública do município. Pode-se aproveitar programas já existentes ou, ao contrário, a partir do recolhimento de entulho implantar novos serviços como a coleta de "bagulhos" (por exemplo, móveis usados) que normalmente têm o mesmo tipo de deposição irregular e tão danosa quanto o entulho.

Aqui no Rio de Janeiro, a empresa responsável pela coleta do lixo é a COMLURB, que disponibiliza a remoção de entulho de obra (material limpo) de

forma gratuita, para pessoas físicas, desde que devidamente acondicionados em sacos plásticos de até 20 litros e em quantidade não superior a 150 sacos por residência.O intervalo mínimo para uma nova solicitação será de 5 (cinco) dias a contar da data do atendimento anterior. Disponibiliza também o vazamento de entulho de obra (material limpo) de forma gratuita para quantidades até 18 toneladas / dia, do mesmo gerador, dispostas em uma das seguintes unidades: Aterro de Missões (km 0 da Rodovia Washington Luiz) ou Aterro de Gramacho (Av. Monte Castelo nº 1760 - Município de Duque de Caxias) ou no CTR Gericinó (Estr. do Gericinó s/nº - Bangu) e por R$ 11,30 (onze reais e trinta centavos) para quantidades superiores a 18 toneladas / dia dispostas nos mesmos locais acima.

Ainda existe o preconceito quanto à utilização de materiais reciclados geralmente está relacionado à falta de informações e estudos que demonstrem ao usuário o desempenho do produto, garantindo, assim, o seu uso seguro. Com o objetivo de superar esse problema, torna-se necessário o desenvolvimento de projetos-piloto que comprovem, em condição de uso, o seu desempenho, permitindo, ainda, a avaliação da satisfação das necessidades do usuário do material reciclado e possibilitando o monitoramento das suas propriedades ao longo do tempo.

Embora a reciclagem de entulho não seja uma atividade nova, a adequação desse processo a uma atividade econômica é bastante recente. Fatores como envolvimento da iniciativa privada e boa aceitação do mercado podem ser decisivos para o sucesso de uma linha de atuação como essa.

O recente destaque que o conceito de qualidade vem tendo nas empresas deve ser efetivamente aplicado através da redução de perdas, da gestão adequada dos resíduos e da sua reciclagem.

Reduzir a geração do entulho no canteiro reafirma e fortalece o conceito de desenvolvimento sustentável na construção civil. A sustentabilidade das atividades do macrocomplexo da construção civil envolve desde a extração de matérias-primas e a produção dos materiais, até as etapas de construção, manutenção e demolição do empreendimento. Portanto, é de fundamental importância o gerenciamento adequado do canteiro, a otimização das matérias-primas e dos materiais de construção utilizados, bem como dos resíduos gerados nesses processos.

Vale ressaltar que a redução, a reciclagem e o reaproveitamento do entulho beneficiam a sociedade como um todo, especialmente a população de baixa renda, que é a mais atingida pela questão da disposição inadequada de resíduos e a que mais necessita de materiais de construção de baixo custo. Desse modo, essas ações, mais que atos de conscientização, constituem atos de cidadania.

SEPÚLVIDA (1994) concluiu que é possível economia no processo de beneficiamento do entulho da obra para produzir agregado miúdo, como a areia em quase todas as suas formas de emprego, com exceção de casos de elevadas resistências a esforços mecânicos são requisitos fundamentais.

5 – PROGRAMA EXPERIMENTAL

Elaborou-se o programa experimental para verificar a potencialidade da aplicação de resíduos industriais urbanos: pó-de-ferro (figura 5.1), pó-de-entulho (figura 5.2) e pó-de-mármore (figura 5.3) como carga para confecção de tachas refletivas viárias em compósitos de matriz polimérica.

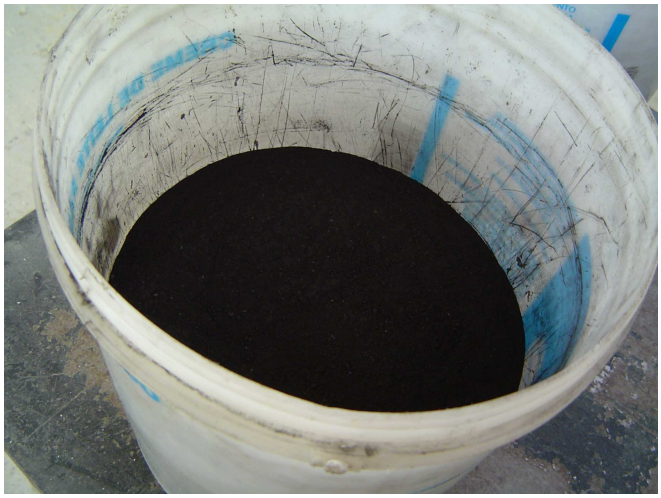

Figura 5.1 – Pó-de-ferro.

Fonte: O autor desta dissertação.

Figura 5.2 – Pó-de-entulho.

Fonte: O autor desta dissertação.

Figura 5.3 – Pó-de-mármore.

Fonte: O autor desta dissertação.

5.1 PRODUÇÃO DAS FORMAS

Na fabricação das formas, utilizou-se silicone que foi moldado com peças pré-moldadas de gesso. Foram criados dois tipos de formas, simétrica e assimétrica. As formas simétricas foram criadas com base em peças de isopor, cortadas e juntadas de forma a reproduzirem os tamanhos definidos em norma (Figura 5.4). As formas assimétricas foram criadas utilizando um protótipo existente no mercado devidamente preparado (Figura 5.5). Desta forma, chegou-se a seis formas com três para cada tipos diferentes de formatos (Figura 5.6 e Figura 5.7).

Figura 5.4 – Peça de gesso.

Fonte: O autor desta dissertação.

Figura 5.5 – Peça existente no mercado.

Fonte: O autor desta dissertação.

Figura 5.6 – Confecção das formas de silicone.

Fonte: O autor desta dissertação.

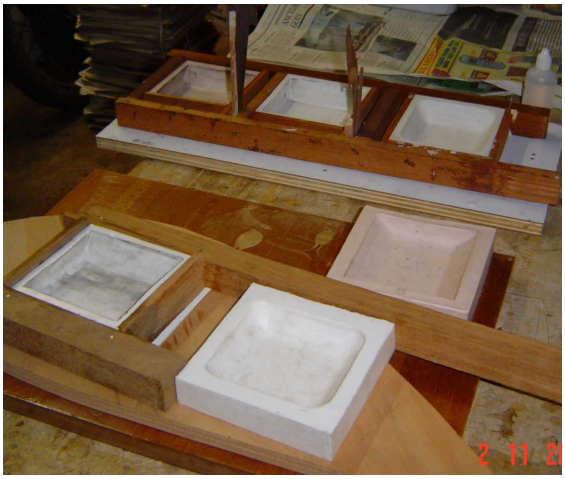

Figura 5.7 – Formas de silicone.

Fonte: O autor desta dissertação.

Utilizou-se formas de silicone, pois a reação química de endurecimento (formação) do compósito libera calor. Além disso, a forma em silicone permite uma fácil desmoldagem, logo sem ser necessária a utilização de desmoldantes.

5.2 PRODUÇÃO DAS TACHAS

Para a produção de tachas utilizou-se catalisador Peróxido Orgânico 5.2 e resina ARAZYN 4.9 de poliéster tereftálica, de reatividade média, pré-acelerada com octoato de cobalto. Esta resina apresenta as seguintes especificações técnicas fornecidas pelo fabricante ARA QUÍMICA, conforme certificado de análise:

- Intervalo simples, min. : 8,05.
- Pico exotérmico ℃ :178,0.
- Viscosidade BKFD 25ºC SP 2/30 RPM, CP : 315,0.
- Gel Time a 25ºC (min.) : 11,60 min.
- Tixitropia a 25℃ sp2/6-60 rpm : 1,56.
- Aspecto : Turvo
- Índice acidez (mg KOH/g) : 17,0.
- Teor de sólidos % P : 57,60.
- Dureza BARCOL A 25ºC.

Para a facilitar o processo de produção, foram utilizadas batedeiras mecânicas para a mistura dos componentes (Figura 5.8). Nesse processo de produção, as proporções volumétricas de cada componente da mistura permitiam o preenchimento de 6 fôrmas, logo, a confecção de seis peças ou tachas. Nesse caso, para cada mistura produzida eram elaboradas três peças simétricas e três peças assimétricas.

Figura 5.8 – Mistura mecânica das peças de pó-de-ferro.

Fonte: O autor desta dissertação.

Desta forma, no total, foram elaboradas 36 (trinta e seis) tachas, 12 (doze) para cada um dos três resíduos. Note-se que para cada uma das 12 mistura eram confeccionadas 6 (seis) tachas com fôrma simétrica e outras 6 (seis) com fôrma assimétrica.

Na fabricação de seis peças (3 simétricas e 3 assimétricas) com a consistência adequada para a mistura manual foram utilizados 600g de resina, 10ml de catalisador e 3 copos de 300ml de carga, isto é de resíduo.

5.2.1 Tachas refletivas viárias com a utilização de pó-de-ferro

Aspectos do processo de produção das tachas em mistura polimérica com carga de pó de ferro é mostrado nas Figuras 5.9, 5.10 e 5.11. Para a desforma das peças foi necessário esperar aproximadamente trinta minutos.

Figura 5.9 – Mistura manual das peças de pó-de-ferro.

Fonte: O autor desta dissertação.

Figura 5.10 – Moldagem das peças de pó-de-ferro.

Fonte: O autor desta dissertação.

Figura 5.11 – Peças já desmoldadas de pó-de-ferro.

Fonte: O autor desta dissertação.

5.2.2 Tachas refletivas viárias com a utilização de pó-de-entulho

Aspectos do processo de produção das tachas em mistura polimérica com carga de pó de entulho é mostrado nas Figuras 5.12 e 5.13. Para a desforma das peças foi necessário esperar aproximadamente quarenta minutos.

Figura 5.12 – Mistura manual das peças de pó-de-entulho.

Fonte: O autor desta dissertação.

Figura 5.13 – Peças já desformadas de pó-de-entulho.

Fonte: O autor desta dissertação.

5.2.3 Tachas refletivas viárias com a utilização de pó-de-mármore

Aspectos do processo de produção das tachas em mistura polimérica com carga de pó de mármore é mostrado nas Figuras 5.14 e 5.15. Para a desforma das peças foi necessário esperar aproximadamente quarenta minutos.

Figura 5.14 – Mistura manual das peças de pó-de-mármore.

Fonte: O autor desta dissertação.

Figura 5.15 – Peças já desformadas de pó-de-mármore.

Fonte: O autor desta dissertação.

5.3 ENSAIO À COMPRESSÃO

Conforme a NBR 14636, as tachas tem que suportar a 15000 kgf de carga contínua e sem choques com equipamento hidráulico e dois pratos de aço com espessura suficiente para evitar deformações durante os ensaios.

A carga deve ser interrompida, assim que a peça apresentar a primeira trinca, observada a olho nu ou quando a deformação for maior de 10 %.

Conforme a ASTM D4280-04, as tachas tem que suportar a 2727 kgf de carga contínua e sem choques com equipamento hidráulico, com uma borracha de pelo menos 8,5 mm na parte superior da peça e com pratos de aço de pelo menos 13 mm de espessura na parte superior e inferior. Sendo o número de amostras determinado em 3 (três).

A carga deve ser interrompida, se a peça apresentar quebra ou deformação maior que 3,3 mm.

Para que o resultado do ensaio esteja correto, deve-se levar em conta a necessidade de uniformização tanto da parte superior quanto da parte inferior das peças. Pois se as peças não estiverem totalmente lisas, o valor encontrado não é o real, devido à criação de carga excêntrica, acontecendo a quebra não por compressão e sim por flexão.

Cabe ressaltar que quando a tacha é colocada no pavimento, utiliza-se normalmente resina epóxi, que além da garantir a ligação pavimento com a tacha, garante uma uniformização da parte inferior.

Desta forma, após a análise das duas normas, foram executados ensaios conforme estabelecido em cada uma delas. Além disso, foi realizado mais um tipo de ensaio (ALT – Alternativo), caracterizado por meio da colocação de uma camada na face superior da tacha, conforme preconizado pela ASTM, e uma camada de borracha de 3 mm na face inferior, podendo assim, garantir a uniformização das superfícies das peças (Figura 5.16, 5.17 e 5.18).

Figura 5.16 – Equipamento para ensaio à compressão.

Fonte: O autor desta dissertação.

Figura 5.17 – Detalhe das borrachas na parte inferior e superior das tachas.

Fonte: O autor desta dissertação.

Figura 5.18 – Detalhe das borrachas na parte superior das tachas.

Fonte: O autor desta dissertação.

5.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos nos ensaios com as trinta e seis peças e suas respectivas médias serão apresentados nas Tabelas 5.1, 5.2 e 5.3.

Tabela 5.1 Resultados do ensaio à compressão – pó-de-mármore

	Identificação da mistura	Carga Suportada NBR (Kgf)	Carga Suportada ALT (Kgf)	Carga Suportada ASTM (Kgf)
Forma simétrica	**1**	33.700	15.300	37.000
	2	30.000	22.200	35.500
	Média	31.850	18.750	36.250
Forma assimétrica	**1**	9.800*	10.300*	40.000
	2	9.000*	11.600*	40.600
	Média	9.400*	10.950*	40.300

Fonte: O autor desta dissertação.

Tabela 5.2 Resultados do ensaio à compressão – pó-de-entulho

	Identificação da mistura	Carga Suportada NBR (Kgf)	Carga Suportada ALT (Kgf)	Carga Suportada ASTM (Kgf)
Forma simétrica	**3**	33.000	9.000*	26.600
	4	27.000	12.200*	23.700
	Média	30.000	10.600*	25.150
Forma assimétrica	**3**	25.600	11.000*	27.500
	4	27.000	9.200*	27.200
	Média	26.300	10.100*	27.350

Fonte: O autor desta dissertação.

Tabela 5.3 Resultados do ensaio à compressão – pó-de-ferro

	Identificação da mistura	Carga Suportada NBR (Kgf)	Carga Suportada ALT (Kgf)	Carga Suportada ASTM (Kgf)
Forma simétrica	**5**	3.500*	17.500	3.000*
	6	47.000	6.800*	48.200
	Média	25.250	12.150*	25.600
Forma assimétrica	**5**	1.200**	9.200*	3.500*
	6	1.400**	9.600*	3.000*
	Média	1.300**	9.400*	3.250*

Fonte: O autor desta dissertação.

Os valores indicados com * representam os resultados inferiores ao limite de carga exigido pela NBR. Valores indicados com ** representam resultados que não atendem as exigências de carga mínima estabelecida na NBR e na ASTM. Os demais valores representam os resultados que atendem as exigências de carga mínima estabelecida pelas duas normas.

A partir dos valores da média das peças para os três tipos de resíduos e os três tipos de ensaios para cada uma das fôrmas (simétrica e assimétrica), foi elaborada a Tabela 5.4.

Tabela 5.4 Resultados das médias com os dois tipos de forma

	Tipo de Resíduo	Carga Suportada NBR (Kgf)	Carga Suportada ALT (Kgf)	Carga Suportada ASTM (Kgf)
Forma simétrica	Mármore	31.850	18.750	36.250
	Entulho	30.000	10.600	25.150
	Ferro	25.250	12.150	25.600
Forma assimétrica	Mármore	9.400	10.950	40.300
	Entulho	26.300	10.100	27.350
	Ferro	1.300	9.400	3.250

Fonte: O autor desta dissertação.

Desta forma, foi possível analisar a existência da influência do tipo de resíduo e do tipo de ensaio nas cargas de compressão quando se utiliza forma simétrica e quando se utiliza a fôrma assimétrica.

Para as peças confeccionadas com a fôrma simétrica, existe influência tanto do tipo de resíduo quanto do tipo de ensaio nas cargas de compressão resistidas pelas peças, pois o F>Fcrítico nas linhas e nas colunas, como mostrado na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 Forma simétrica: análise da influência do tipo de resíduo e do tipo de ensaio

Anova: fator duplo sem repetição

RESUMO	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
Mármore	3	86850	28950	82870000
Entulho	3	65750	21916,66667	1,02E+08
Ferro	3	63000	21000	58772500
Carga Sup	3	87100	29033,33333	11590833
Carga Sup	3	41500	13833,33333	18730833
Carga Sup	3	87000	29000	39472500

ANOVA

Fontede var	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Linhas	113510555,6	2	56755277,78	8,705539	0,034901	6,944276
Colunas	461068888,9	2	230534444,4	35,36106	0,002866	6,944276
Erro	26077777,78	4	6519444,444			
Total	600657222,2	8				

Fonte: O autor desta dissertação.

Para as peças confeccionadas pela forma assimétrica, não existe influência nem do tipo de resíduo nem do tipo de ensaio nas cargas de compressão resistidas pelas peças, pois o F<Fcrítico nas linhas e nas colunas, como mostrado na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 Forma assimétrica: análise da influência do tipo de resíduo e do tipo de ensaio

Anova: fator duplo sem repetição

RESUMO	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
Mármore	3	60650	20216,67	3,03E+08
Entulho	3	63750	21250	93517500
Ferro	3	13950	4650	17872500
Carga Suportada	3	37000	12333,33	1,63E+08
Carga Suportada	3	30450	10150	602500
Carga Suportada	3	70900	23633,33	3,54E+08

ANOVA

Fonte da variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Linhas	518948888,9	2	2,59E+08	2,016375	0,247966	6,944276
Colunas	314257222,2	2	1,57E+08	1,221046	0,385537	6,944276
Erro	514734444,4	4	1,29E+08			
Total	1347940556	8				

Fonte: O autor desta dissertação.

Quando se compara o valor encontrado das cargas suportadas pelas peças para cada tipo de resíduos e cada tipo de forma, pode-se analisar se existe influência das fôrmas e do tipo de ensaio nos resultados das cargas de compressão para amostras dos três tipos de resíduos.

Observa-se que não existe influência das fôrmas e do tipo de ensaio nos resultados das cargas de compressão para amostras com pó-de-mármore, pois F<Fcrítico tanto nas linhas quanto nas colunas, como mostrado na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 Pó-de-mármore: análise da influência das formas e do tipo dos ensaios nos resultados

Anova: fator duplo sem repetição

RESUMO	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
Simétrica	3	86850	28950	82870000
Assimétrica	3	60650	20216,67	3,03E+08
NBR	2	41250	20625	2,52E+08
ALT	2	29700	14850	30420000
ASTM	2	76550	38275	8201250

ANOVA

nte da variaç	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Linhas	1,14E+08	1	1,14E+08	1,298483	0,372576	18,51276
Colunas	5,96E+08	2	2,98E+08	3,380717	0,228273	19,00003
Erro	1,76E+08	2	88107917			
Total	8,86E+08	5				

Fonte: O autor desta dissertação.

Observa-se que não existe influência das formas e existe influência do tipo de ensaio nos resultados das cargas de compressão para amostras com pó-de-entulho, pois F<Fcrítico nas linhas e F>Fcrítico nas colunas, como mostrado na Tabela 5.8.

Tabela 5.8 Pó-de-entulho: análise da influência das formas e do tipo dos ensaios nos resultados

Anova: fator duplo sem repetição

RESUMO	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
Simétrica	3	65750	21916,67	1,02E+08
Assimétrica	3	63750	21250	93517500
NBR	2	56300	28150	6845000
ALT	2	20700	10350	125000
ASTM	2	52500	26250	2420000

ANOVA

nte da variaç	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Linhas	666666,7	1	666666,7	0,152847	0,733546	18,51276
Colunas	3,82E+08	2	1,91E+08	43,81047	0,022316	19,00003
Erro	8723333	2	4361667			
Total	3,92E+08	5				

Fonte: O autor desta dissertação.

Observa-se que não existe influência das formas e do tipo de ensaio nos resultados das cargas de compressão para amostras com pó-de-ferro, pois F<Fcrítico tanto nas linhas quanto nas colunas, como mostrado na Tabela 5.9.

Tabela 5.9 Pó-de-ferro: análise da influência das formas e do tipo dos ensaios nos resultados

Anova: fator duplo sem repetição

RESUMO	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
Simétrica	3	63000	21000	58772500
Assimétrica	3	13950	4650	17872500
NBR	2	26550	13275	2,87E+08
ALT	2	21550	10775	3781250
ASTM	2	28850	14425	2,5E+08

ANOVA

nte da variaç	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Linhas	4,01E+08	1	4,01E+08	5,754646	0,138553	18,51276
Colunas	13930000	2	6965000	0,099957	0,909126	19,00003
Erro	1,39E+08	2	69680000			
Total	5,54E+08	5				

Fonte: O autor desta dissertação.

Para a verificação da influência do tipo de ensaio na carga de compressão das amostras não importando o tipo de resíduo utilizado, utilizou-se todos os valores da carga máxima, como mostrada na Tabela 5.10.

Tabela 5.10 Valores da carga suportada nos 3 tipos de ensaios

Carga Suportada NBR (Kgf)	Carga Suportada ALT (Kgf)	Carga Suportada ASTM (Kgf)
31.850	18.750	36.250
30.000	10.600	25.150
25.250	12.150	25.600
9.400	10.950	40.300
26.300	10.100	27.350
1.300	9.400	3.250

Fonte: O autor desta dissertação.

Observa-se que não existe influência do tipo de ensaio na carga de compressão das amostras não importando o tipo de resíduo utilizado, pois F<Fcrítico, como mostrado na Tabela 5.11.

Tabela 5.11 Análise da influência dos 3 tipos de ensaios nos resultados

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
NBR	6	124100	20683,33	153384667
ALT	6	71950	11991,67	11803417
ASTM	6	157900	26316,67	165843667

ANOVA

nte da varia	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grup	6,25E+08	2	3,12E+08	2,8319199	0,09049	3,682317
Dentro dos	1,66E+09	15	1,1E+08			
Total	2,28E+09	17				

Fonte: O autor desta dissertação.

Quando se compara o valor encontrado nos três tipos de ensaio com a utilização de cada tipo de fôrma, pode-se analisar se existe influência do tipo de ensaio tanto na forma simétrica quanto na forma assimétrica.

Observa-se que existe influência dos tipos de ensaio com a utilização da forma simétrica, pois F>Fcrítico, como mostrado na Tabela 5.12.

Tabela 5.12 Forma simétrica: análise da influência dos 3 tipos de ensaios nos resultados

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
NBR	3	87100	29033,33	11590833
ALT	3	41500	13833,33	18730833
ASTM	3	87000	29000	39472500

ANOVA

nte da varia	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grup	4,61E+08	2	2,31E+08	9,909185	0,012551	5,143249
Dentro dos	1,4E+08	6	23264722			
Total	6,01E+08	8				

Fonte: O autor desta dissertação.

Observa-se que existe não influência dos tipos de ensaio com a utilização da forma simétrica, pois F<Fcrítico, como mostrado na Tabela 5.13.

Tabela 5.13 Forma assimétrica: análise da influência dos 3 tipos de ensaios nos resultados

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
NBR	3	37000	12333,33	1,63E+08
ALT	3	30450	10150	602500
ASTM	3	70900	23633,33	3,54E+08

ANOVA

nte da varia	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grup	3,14E+08	2	1,57E+08	0,912051	0,450973	5,143249
Dentro dos	1,03E+09	6	1,72E+08			
Total	1,35E+09	8				

Fonte: O autor desta dissertação.

Compara-se também os tipos de ensaios, em pares, para cada tipo de forma, em relação à variação das médias e das variâncias para a verificação de variação das médias e de variação das variâncias, podendo mostrar qual ensaio é mais preciso.

Observa-se no Test-t a variação das médias, comparando o Stat t com o t crítico bicaudal e no Test-f a variação das variâcias, comparando F com o Fcrítico.

Para os resultados com a forma simétrica, observa-se o seguinte, como mostrado na Tabela 5.14:

- entre o ensaio NBR e o ensaio ASTM não existe variação nas médias;
- entre o ensaio NBR e o ensaio ASTM existe variação nas variâncias e o ensaio NBR é mais preciso em comparação ao ASTM;
- entre o ensaio NBR e o ensaio ALT existe variação nas médias;
- entre o ensaio NBR e o ensaio ALT existe variação nas variâncias e o ensaio NBR é mais preciso em comparação ao ALT;
- entre o ensaio ASTM e o ensaio ALT existe variação nas médias;
- entre o ensaio ASTM e o ensaio ALT não existe variação nas variâncias, não podendo indicar qual é mais preciso.

Tabela 5.14 Forma simétrica: análise da variação das médias e das variâncias.

NBR	ASTM
31.850	36.250
30.000	25.150
25.250	25.600

NBR	ALT
31.850	18.750
30.000	10.600
25.250	12.150

ASTM	ALT
36.250	18.750
25.150	10.600
25.600	12.150

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	NBR	*ASTM*
Média	29033,333	29000
Variância	11590833	39472500
Observaçõ	3	3
Variância a	25531667	
Hipótese d	0	
gl	4	
Stat t	0,0080795	
P(T<=t) uni	0,4969702	
t crítico uni	2,1318465	
P(T<=t) bi-	0,9939405	
t crítico bi-c	2,7764509	

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	NBR	*ALT*	
Média	29033,333	13833,333	
Variância	11590833	18730833	
Observaçõ	3	3	
Variância a	15160833		
Hipótese d	0		
gl	4		
Stat t	4,7810984	(*)	
P(T<=t) uni	0,0043842		
t crítico uni	2,1318465		
P(T<=t) bi-	0,0087685		
t crítico bi-c	2,7764509		

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	ASTM	*ALT*	
Média	29000	13833,333	
Variância	39472500	18730833	
Observaçõ	3	3	
Variância a	29101667		
Hipótese d	0		
gl	4		
Stat t	3,4433157	(*)	
P(T<=t) uni	0,0131071		
t crítico uni	2,1318465		
P(T<=t) bi-	0,0262141		
t crítico bi-c	2,7764509		

Teste-F: duas amostras para variâncias

	NBR	*ASTM*	
Média	29033,333	29000	
Variância	11590833	39472500	
Observaçõ	3	3	
gl	2	2	
F	0,2936433	(**)	
P(F<=f) uni	0,2269894		
F crítico un	0,0526317		

Teste-F: duas amostras para variâncias

	NBR	*ALT*	
Média	29033,333	13833,333	
Variância	11590833	18730833	
Observaçõ	3	3	
gl	2	2	
F	0,6188103	(**)	
P(F<=f) uni	0,3822624		
F crítico un	0,0526317		

Teste-F: duas amostras para variâncias

	ASTM	*ALT*
Média	29000	13833,333
Variância	39472500	18730833
Observaçõ	3	3
gl	2	2
F	2,1073542	
P(F<=f) uni	0,3218172	
F crítico un	19,000026	

Fonte: O autor desta dissertação.

Notas:

(*) Rejeita-se a hipótese de que as médias dos resultados sejam iguais.

(**) Rejeita-se a hipótese de que a dispersão dos resultados dos ensaios sejam iguais.

Para os resultados com a forma assimétrica, observa-se o seguinte, como mostrado na Tabela 5.15:

- entre o ensaio ASTM e o ensaio NBR não existe variação nas médias;
- entre o ensaio NBR e o ensaio ASTM não existe variação nas variâncias, não podendo indicar qual é mais preciso;
- entre o ensaio NBR e o ensaio ALT não existe variação nas médias;
- entre o ensaio NBR e o ensaio ALT existe variação nas variâncias e o ensaio ALT é mais preciso em comparação ao NBR;

- entre o ensaio ASTM e o ensaio ALT não existe variação nas médias;
- entre o ensaio ASTM e o ensaio ALT existe variação nas variâncias e o ensaio ALT é mais preciso em comparação ao NBR.

Tabela 5.15 Forma assimétrica: análise da variação das médias e das variâncias

ASTM	NBR
40.300	9.400
27.350	26.300
3.250	1.300

NBR	ALT
9.400	10.950
26.300	10.100
1.300	9.400

ASTM	ALT
40.300	10.950
27.350	10.100
3.250	9.400

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	ASTM	*NBR*	
Média	23633,3333	12333,3333	
Variância	353535833	162703333	
Observaçõ	3	3	
Variância a	258119583		
Hipótese d	0		
gl	4		
Stat t	0,86141731	(*)	
P(T<=t) uni	0,21879236		
t crítico uni	2,13184649		
P(T<=t) bi-	0,43758471		
t crítico bi-(	2,77645086		

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	NBR	*ALT*
Média	12333,3333	10150
Variância	162703333	602500
Observaçõ	3	3
Variância a	81652916,7	
Hipótese d	0	
gl	4	
Stat t	0,29592375	
P(T<=t) un	0,39100768	
t crítico uni	2,13184649	
P(T<=t) bi-	0,78201535	
t crítico bi-(	2,77645086	

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	ASTM	*ALT*
Média	23633,3333	10150
Variância	353535833	602500
Observaçõ	3	3
Variância a	177069167	
Hipótese d	0	
gl	4	
Stat t	1,24099899	
P(T<=t) uni	0,14120744	
t crítico uni	2,13184649	
P(T<=t) bi-	0,28241489	
t crítico bi-(	2,77645086	

Teste-F: duas amostras para variâncias

	ASTM	*NBR*	
Média	23633,3333	12333,3333	
Variância	353535833	162703333	
Observaçõ	3	3	
gl	2	2	
F	2,17288623		
P(F<=f) uni	0,31517046		
F crítico un	19,0000264		

Teste-F: duas amostras para variâncias

	NBR	*ALT*	
Média	12333,3333	10150	
Variância	162703333	602500	
Observaçõ	3	3	
gl	2	2	
F	270,047026	(**)	
P(F<=f) un	0,0036894		
F crítico un	19,0000264		

Teste-F: duas amostras para variâncias

	ASTM	*ALT*	
Média	23633,3333	10150	
Variância	353535833	602500	
Observaçõ	3	3	
gl	2	2	
F	586,781466	(**)	
P(F<=f) un	0,00170131		
F crítico un	19,0000264		

Fonte: O autor desta dissertação.

Notas:

(*) Rejeita-se a hipótese de que as médias dos resultados sejam iguais.

(**) Rejeita-se a hipótese de que a dispersão dos resultados dos ensaios sejam iguais.

6 – CONCLUSÃO E SUGESTÕES

A proposta desta dissertação foi analisar a potencialidade da utilização de materiais alternativos, resíduos industriais urbanos, na produção de artefatos de sinalização refletiva viária, comumente denominados por tachas.

Os resíduos utilizados como carga no material compósito de matriz polimérica, objeto da presente dissertação, foram:

- pó oriundo do processo de forjamento de peças metálicas,
- pó decorrente do corte de rochas ornamentais, notadamente do mármore e
- pó obtido da trituração de entulho da construção de edificação.

O programa de pesquisa foi desenvolvido para avaliar a potencialidade de aplicação dos resíduos. Por esta razão, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre sinalização viária, especialmente sobre tachas, que incluiu a verificação de normas nacionais e internacionais. Dentro do planejamento da pesquisa, foi executado um programa experimental fundamentado em ensaios mecânicos de resistência à compressão. Faz-se necessário notar que para minimizar a dispersão nos resultados do programa experimental, um único operador foi responsável pela elaboração de todas as misturas e um único laboratorista executou todos ensaios, em uma mesma máquina de compressão. Os resultados dos ensaios foram submetidos à análise estatística. Além disso, uma única partilha de cada um dos resíduos foi utilizada no decorrer do programa experimental e mais a origem dos resíduos obedeceu as seguintes condições:

- o pó de entulho é de uma única obra,

- o pó de mármore é de uma única marmoraria e
- o pó de forja é de uma única fábrica de ferramenta.

Nestas condições foi verificado que esses três resíduos podem ser utilizados na produção das tachas e tachões de sinalização refletiva viária. Logo, os resíduos, objeto da pesquisa aqui relatada, são uma alternativa ao uso de talco industrial para fabricação desses tipos de artefatos.

O tema e o objeto de estudo dessa dissertação de mestrado insere-se no projeto de pesquisa “LIXO URBANO E PLACAS DE SINALIZAÇÃO VIÁRIA”, do Edital Universal 19/2004 do CNPq.

Os resultados obtidos mostram, também, que é possível desenvolver uma linha de produtos tipo tachas e tachões, para sinalização horizontal em vias urbanas e em estradas de rodagem, considerada eco-eficiente e com direcionamento para inserção social, a partir do treinamento de pessoal de uma comunidade carente.

Apesar de não ser objetivo e objeto da pesquisa, aqui apresentada, mas devido à proposta elaborada para o referido edital do CNPq, foi realizada, com catadores de resíduos sólidos da cidade de Volta Redonda, uma avaliação da linha de produção proposta no programa experimental dessa dissertação. A Figura 6.1 mostra alguns produtos elaborados pelos catadores após uma manhã de treinamento.

Figura 6.1 – Produtos desenvolvidos com catadores de lixo em Volta Redonda.
Fonte: O autor desta dissertação.

Nesse caso, observou-se a facilidade e simplicidade da fabricação das tachas. Além disso, nota-se que não são necessárias exigências de treinamento sofisticado ou de elevado nível de escolaridade para trabalhar na linha de produção aqui proposta. Por estas razões, este produto pode gerar uma fonte de renda, aliada a diminuição dos impactos ambientais provocados pela retirada de material diretamente da natureza.

Em relação ao ensaio à compressão, as normas NBR e ASTM têm limites e metodologias diferentes e contraditórias. A NBR preconiza que a carga resistida até a primeira trinca a olho nu seja de 15.000 kgf, enquanto a ASTM com a utilização de borracha na parte superior preconiza 2.727 kgf até a quebra. São valores muito diferentes que deveriam ser reavaliados para uma uniformização.

Outro fator que necessita de reavaliação por conta da NBR é a leitura da carga resistida com a primeira trinca a olho nu. Encontrou-se dificuldade para observar a trinca, notadamente a primeira. Sugere-se que a carga normalizada seja aquela referente à ruína, isto é, quando ocorre o colapso da peça, ou melhor carga máxima observada na realização do ensaio. Uma outra forma de avaliação seria a partir da carga máxima observada calcular a resistência de ruptura dividindo-a pela área da seção transversal média da peça. Desta forma, elimina-se a necessidade de estabelecimento de cargas máximas para tachas e tachões de diferentes dimensões e forma.

Falta também, por conta da NBR, a utilização de borracha no ensaio para uma melhor uniformização da superfície. Pode-se utilizar alguma forma de lixamento mecânico nas superfícies das peças, que aliado à borracha fará com que a carga aplicada seja uniformemente distribuída, eliminando a possibilidade de ocorrência de carga excêntrica durante a realização do ensaio. Desta forma, é possível que seja reduzida o valor da dispersão nos resultados dos ensaios.

A fôrma assimétrica é amplamente utilizada nas ruas da cidade do Rio de Janeiro. Entretanto, a forma geométrica simétrica da fôrma proposta nesta dissertação traz vantagens em relação àquela primeira. A forma simétrica permite a utilização das quatro faces laterais com a mesma superfície de reflexão caso seja necessário.

Além disso, a análise estatística dos resultados do ensaio a compressão de peças confeccionadas com a fôrma simétrica indicou que existe influência tanto do tipo de resíduo quanto do tipo de ensaio. Portanto, isto significa que o controle do produto final é mais suscetível à forma de execução do ensaio, o que é uma garantia para o cliente desde que seja normalizado um ensaio. Além disso, ao ser utilizado uma carga de baixa qualidade para o desempenho da peça, no compósito, os resultados do ensaio de compressão são menos suscetíveis a forma geométrica assimétrica da fôrma.

A análise estatística mostrada no capítulo anterior indica que existe influência do tipo de resíduo e do tipo de ensaio nos resultados de carga de ruptura para fôrma simétrica, mas não para as fôrmas assimétricas, quando se faz a análise concomitante dos dois fatores. Logo, sob a ótica do consumidor, em termos de controle da qualidade, a preferência deve ser para a forma simétrica, pois os resultados dos ensaios são mais suscetíveis ao uso de material inadequado e deficiência na execução do ensaio. Outrossim, a análise da variância, para um único fator controlado, mostrou que os resultados dos ensaios com fôrmas assimétricas não são sensíveis ao tipo de ensaio. Desta forma, enfatiza-se que o consumidor deverá optar pela fôrma simétrica, pois os resultados dos ensaios sofrem influência significativa das características do ensaio de compressão no produto.

Os resultados da análise estatística para verificação da influência das fôrmas e do tipo de ensaio nos resultados dos produtos elaborados em compósitos com diferentes tipos de resíduos indicaram que existe influência significativa do tipo da fôrma nos resultados dos ensaios realizados com o compósito que usa pó de entulho como carga. Nesse caso, o pó de entulho deverá ser objeto de coleta seletiva, por exemplo, obtenção de pó a partir de demolição de alvenaria separado do pó oriundo de peças de concreto, isto é, de elementos estruturais.

Face à análise estatística mostrada no capítulo anterior, enfatiza-se que os três resíduos têm elevado potencial para serem utilizados na produção das tachas e tachões de sinalização refletiva viária. Portanto, considerando que os resíduos utilizados são admitidos como uma opção na fabricação de artefatos em material compósito, sugere-se para trabalhos futuros:

- A utilização em peças de maior porte tais como: tachões refletivos viários, ondulações transversais pré-moldadas, balizadores, prismas de sinalização, defensas, barreira, gradis;

- A completa verificação das tachas refletivas viárias em todos os itens da norma, tais como: coeficientes de intensidade luminosa, cor, resistência à abrasão, resistência à penetração de água, resistência à temperatura e resistência ao impacto;

- A utilização de outros resíduos industriais que sejam interessantes, ou pela não utilização ou pela facilidade de obtenção e /ou fabricação na execução de tachas refletivas viárias;

- A elaboração de programas sociais em que pessoas com pouco grau de instrução possam aprender a fabricar tais peças e desta forma gerarem renda e inserção social no mercado de consumo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKIL, P.P.V. **"Potenciabilidade dos Compósitos de Cimento Portland Reforçados com Fibras Vegetais"**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **"Resíduos sólidos - Classificação, NBR – 10004"**. ABNT, Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **"Sinalização horizontal viária – Tachas refletivas viárias - Requesitos, NBR – 14636"**. ABNT, Rio de Janeiro, 2001.

ASTM INTERNATIONAL D 4280 – 04. **"Standard Specification for Extended Life Type, Nonplowable, Raised Retroreflective Pavement Markers"**. ASTM, 2004.

BIGNO, I.C. **"Aproveitamento do Resíduo de Corte de Rochas Ornamentais como Fíler Mineral em Compósitos de Matriz Polimérica e Cimentícia"**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2002.

BRAGA, S.M. **"A Potenciabilidade da Reciclagem de Sacos de Polipropileno na Construção Civil"**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 1996.

CARVALHO, M.P. **"Estudo, Projetos e Locação de Ferrovias e Rodovias"**. Editora Científica, Rio de Janeiro, 1º Volume, 3ª Edição, Rio de Janeiro, 1981.

CARNEIRO, F.A.V. **"Emprego de Escórias Siderúrgicas Integradas na Construção Civil"**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 1993.

CAMPOS JÚNIOR, E.E.T. **"Um Estudo Compósito de Argamassa de Cimento com Raspa de Pneu"**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 1993.

CÓDIGO DE TRÂNSITO BRASILEIRO, "**Lei .nº 9.503"**, de 23 de setembro de 1997.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO, "**Manual de Sinalização de Trânsito: Parte II – Marcas Viárias e Parte III – Dispositivos Auxiliares à Sinalização"**. 2ª ed., Brasília, DENATRAN, 1990.

DIAS DA SILVA, A. C., "**Fiscalização da sinalização horizontal. São Paulo. Companhia de Engenharia de Tráfego – CET"**. São Paulo, 1978.

FREITAS, E.G.A. **"Obtenção de Tijolos de Solo Cimento com Adição de Cinzas de Bagaço da Cana para Uso na Construção Civil"**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 1996.

FUNDAÇÃO JOÃO GOULART, "**Projeto de Sinalização – Concepção e Detalhamento"**. Rio de Janeiro, 1992.

LEAL, C.L.D. **"Adição de Rejeitos Granulares aos Concretos Asfálticos"**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004.

LOUZADA, D.M. **"Emprego da Escória Siderúrgica na Fabricação de Blocos Pré-Moldados de Concreto – Um Estudo de Caso"**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 1991.

JOHN, V. M., ROCHA, J. C., "**Utilização de Resíduos na Construção Habitacional"**. Coletânea HABITARE. Porto Alegre, 2003.

MARINHO, F.J.V. **"Os Vegetais Produtores de Fibras e Suas Utilizações nos Compósitos de Cimentos: o Sisal como Elemento de Reforço"**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 1996.

MATTOS, M.P.C. **"Blocos em Concreto Leve: Aplicação de Materiais Alternativos e Desenvolvimento de Auto-sustentabilidade"**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2005.

MENEGON, R., MOREIRA, H. A. "**Sinalização Horizontal"**. São Paulo, 2003.

NEM, R.W.A. **"Utilização de Escória de Cobre na Fabricação de Tijolos Maciços em Solo-cimento"**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 1995.

OLIVEIRA, T.M. **"Rejeito em Plástico: um Estudo do Potencial de Aplicação na Construção"**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2002.

PICCOLI, G.M. **"Influência da Adição de Cinzas Volantes, nas Principais Propriedades do Concreto"**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 1993.

PIRES, E.F.C. **"Comportamento do Concreto Utilizando o Rejeito do Processo de Jateamento de Peças Metálicas Recém-Forjadas"**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2001.

RIBEIRO, C.S.C. **“A Potenciabilidade do Uso do Rejeito de Carvão Vegetal em Artefatos de Concreto”**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2002.

RIBEIRO, M.F.A. **“Placas de Sinalização em Compósito de Matriz Polimérica Reforçado com Fibra de Sisal”**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2005.

SILVA, F. J. DA **“Utilização de Escória de Cobre como Agregado Miúdo em Peças Pré-Moldadas de Concreto”**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 1994.

SEPÚLVIDA, M.A. **“Entulho de Obra: Reaproveitamento como Agregado Miúdo para Confecção de Argamassas na Indústria da Construção”**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 1996.