

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM LOGÍSTICA E TRANSPORTES**

PAULO STANLEY JÚNIOR

**ECONOMIA E MELHOR APROVEITAMENTO DA MASSA ASFÁLTICA PRÉ -
MISTURADA A FRIO (PMF) E DO COMPOSTO BETUMINOSO USINADO A
QUENTE NAS VIAS DO MUNICÍPIO DE BOTUCATU COM VISTAS À
DIMINUIÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL (ENTULHO)**

Botucatu-SP
Dezembro – 2010

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM LOGÍSTICA E TRANSPORTES

PAULO STANLEY JÚNIOR

**ECONOMIA E MELHOR APROVEITAMENTO DA MASSA ASFÁLTICA PRÉ -
MISTURADA A FRIO (PMF) E DO COMPOSTO BETUMINOSO USINADO A
QUENTE NAS VIAS DO MUNICÍPIO DE BOTUCATU COM VISTAS À
DIMINUIÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL (ENTULHO)**

Orientador: Prof. Ms. Ivan Fernandes de Souza

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à FATEC - Faculdade de Tecnologia de Botucatu, para obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Logística e Transportes.

Botucatu-SP
Dezembro – 2010

DEDICATÓRIA

À melhor mãe do mundo, dona Marta Rosa Stanley: reclama, pertuba, briga, mas mesmo assim, é de longe a melhor mãe do mundo... mãe, depois de quatorze anos me formei... obrigado por sempre estar ao meu lado.

À minha inabalável irmã Cássia. Mãe de quatro filhos, que não pensa em si, e sim, trabalha empregando todos seus rendimentos em pró do futuro da criançada. Incansável, trabalha fora; e, quando chega ao lar, lá vai ela arrumar a casa e fazer comida a seus filhos. Apesar de tanta labuta, sempre tenho a felicidade de encontrá-la sorrindo, mesmo em face dos infortúnios da vida.

A minha irmã Ana Paula que sempre quando precisei me deu força para resolver as situações difíceis. Só uma reclamação: seus doces me deixaram mais gordo.

A minha irmã Sara, que ajudei em sua criação. Valeu os esforços de nossa mãe e meus. Mesmo muitas vezes sendo duros, com acertos, com erros, sempre foi pensando no melhor para sua vida.

Aos meus sobrinhos Nathã, Welligton, Rebeca, Calebe, Isabelle e Lorryne a quem amo muito e cunhados Fábio e Danilo que fazem parte de minha família.

Para finalizar, dedico este estudo a maravilhosa cidade de Botucatu: Município com suas cachoeiras, seu clima, sua paisagem; cidade que acolheu - me carinhosamente e me fez crescer com ser humano.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, minha inteligência, minha inspiração, meus pensamentos bons, minha força nos tempos de fraqueza.

Ao Professor Mestre Ivan Fernandes de Souza, pela orientação, em rumo certo na resolução de minhas dúvidas, que não foram poucas... sempre com paciência e disposição para que meus objetivos fossem 100% alcançados;

Agradeço ao engenheiro Leandro e ao Sr. Tarcizio, da Garagem Municipal, que me deu informações importantes para a conclusão deste trabalho;

A Sra. Neide Pinheiro Manoel e Sr. Vinícius Pinheiro dos Santos Manoel, agradeço pela imensa atenção que foi me dada para o fechamento deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Ao Secretário Municipal de Obras de Botucatu, Edson Bertani, por ter aberto as portas para eu fazer minhas pesquisas;

Ao Sr. José Marchis Filho e ao Sr. Wilson Theodoro que com presteza, deram informações que serviram de base para meu trabalho;

Agradeço ao Sr. Fernando Garcia de Oliveira e a Sra. Lúcia de Fátima Corrêa que sempre quando precisei me ajudaram.

Agradeço ao professor Luís Fernando Nicolosi Bravin por ter esclarecido minhas dúvidas no início deste trabalho;

Aos professores Ieoshua Katz e José Bendito Leandro pela disponibilização do tempo precioso e pela correção deste trabalho;

Ao pessoal da Secretaria do Meio Ambiente: Irene Andradre Menezes, Igor , Elisa Nazira Bursi, Juliane Fumes Bazzo que se propuseram a ajudar-me no término de conclusão deste curso.

E, por fim, as minhas queridas amigas Neusa Belvel, Lucinha e amigos: Leonardo Vettorato, Luciano, Inácio Fernandes, Fabrício Zerves, Luciano (Botucatu), Marquinhos, Kátia, Dani, Mauri, Jane, Cipriano, Alcides, João Carlos Martins, Romero, Zeila, Roger, Silas e Wilson, que nas horas de tensão, foram presentes de Deus, para eu continuar cumprindo as etapas de minha jornada.

RESUMO

Botucatu utilizou em 2008, aproximadamente, 31.391 (trinta e uma mil trezentos e noventa e uma) toneladas de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) nas vias do Município. Os gastos só com esta massa asfáltica chegaram a patamares acima dos R\$ 5.730.000,00 (cinco milhões setecentos e trinta mil reais). A partir destes dados surgiu a necessidade de avaliar se o Município poderia economizar no custo do asfalto, mantendo a mesma qualidade dos serviços de pavimentação ou melhorando - a, através de uma maior distribuição dos recursos disponíveis e, se possível, diminuir a degradação ambiental, que é um problema enfrentado pelos gestores dos municípios e províncias em toda parte do mundo. Destas metas nasceu a oportunidade do estudo comparativo das utilizações do concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), comprado de empresa terceirizada, e a massa asfáltica pré - misturada a frio (PMF), feita pela prefeitura do Município, já que a Prefeitura Municipal de Botucatu aluga do Departamento de Estradas e Rodagem (DER) uma usina para fabricar este composto, agregando a este estudo a possibilidade de uma diminuição de entulho, aproveitando parte dos componentes deste na pavimentação. Para chegar a estes objetivos foi empregado o método indutivo, sempre tendo em foco as questões relativas à pavimentação em Botucatu. Foram entrevistados funcionários no local de trabalho, visitas em sites de faculdades e empresas especializadas no ramo, entrevistas por telefones, e-mails, pesquisas em livros, entre outros... Do estudo realizado, verificou-se uma ótima oportunidade no aumento da utilização da massa asfáltica PMF para reduzir custos e sem a perda da qualidade do pavimento; falhas nos procedimentos de execução dos serviços asfálticos: que fazem à durabilidade do pavimento ficar aquém do esperado; além de diminuição da degradação ambiental através de uma maior utilização do PMF, um menor uso do CBUQ e o aproveitamento de componentes que formam o entulho na fabricação da massa asfáltica pré – misturada a frio.

Palavras - chave: Concreto betuminoso usinado a quente. Custo. Degradação ambiental. Massa asfáltica pré – misturada a frio.

ABSTRACT

Botucatu has used in 2008, approximately, 31.391 (thirty one thousand and three hundred ninety one) tons of hotly industrialized bituminous concrete on the city's roads. Spendings only for this asphaltic bulk have reached levels above R\$ 5,730,000.00 (five millions seven hundred thirty thousand of reais). From these data it became necessary to assess whether the council could save from the cost of the asphalt, keeping the same quality of paving service or improving it, through a wider distribution of available resources and, if possible, reduce environmental degradation, which is a problem faced by managers of the municipalities and provinces throughout the world. From these goals, started the opportunity of a comparative study of the uses between the hotly industrialized bituminous concrete purchased from an outsourced company and the coldly premixed asphalt bulk made by the City Council, as the Botucatu's City Council rents from the Highway Department and a factory to manufacture this compound, aggregating to the research the possibility of a reduction of rubble appropriating some parts of its components on the pavement. To achieve these goals, the inductive method has been used, keeping in focus the issues related to the paving in Botucatu. Employees at work were interviewed, visits to sites of colleges and specialist companies in the industry, interviews by phone, e-mail, research books, and more... From the completed search, it's been possible to realize a great opportunity to increase the use of the coldly premixed asphalt bulk to reduce costs and without loss the pavement's quality; failures in the asphalt services' procedures execution: making the durability of the pavement be beyond of the expected; besides a reduction of environmental degradation in relation of the greater use of the coldly premixed asphalt bulk, the lower use of the hotly industrialized bituminous concrete and use of the rubble's components in the manufacture of coldly premixed asphalt bulk.

Keywords: Hotly industrialized bituminous concrete. Costs. Environmental degradation. Coldly premixed asphalt bulk.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Objetivo.....	14
1.2 Justificativa.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 Transporte rodoviário.....	15
2.1.1 Situação do transporte rodoviário.....	16
<u>2.1.1.1 Modal rodoviário brasileiro: vantagens e desvantagens.....</u>	<u>18</u>
<u>2.1.1.2 Modal rodoviário brasileiro: questões de perigo, saúde e ecologia.....</u>	<u>18</u>
2.2 Pavimento.....	20
2.2.1 O papel do pavimento na estrutura da sociedade.....	20
2.2.2 Tipos de pavimento.....	21
2.2.3 História do asfalto.....	24
2.2.4 Pavimentos flexíveis (ou asfálticos).....	24
<u>2.2.4.1 Defeitos de pavimento asfáltico.....</u>	<u>25</u>
<u>2.2.4.2 Formas de deterioração do pavimento asfáltico.....</u>	<u>26</u>
<u>2.2.4.3 Avaliação na condição dos pavimentos.....</u>	<u>27</u>
2.2.4.3.1 Avaliação subjetiva da superfície de rolamento.....	27
2.2.4.3.2 Avaliação objetiva na condição dos pavimentos.....	28
<u>2.2.4.4 Levantamento de defeitos no campo.....</u>	<u>29</u>
2.2.4.4.1 Manual para identificação de defeitos.....	29
2.2.5 Manutenção e reabilitação de pavimento asfáltico.....	30
<u>2.2.5.1 Gerência em nível de rede.....</u>	<u>31</u>
<u>2.2.5.2 Gerência em nível de projeto.....</u>	<u>31</u>
<u>2.2.5.3 Seleção das atividades de manutenção e reabilitação.....</u>	<u>32</u>
2.2.5.3.1 Atividades de manutenção.....	32
2.2.5.3.2 Atividades de reabilitação.....	34
2.2.6 Pavimento com concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ).....	35
<u>2.2.6.1 Definição.....</u>	<u>35</u>
<u>2.2.6.2 Aplicações.....</u>	<u>35</u>
2.2.7 Pré - misturado a frio (PMF).....	37
<u>2.2.7.1 Histórico.....</u>	<u>37</u>
<u>2.2.7.2 Definição do pré – misturado a frio.....</u>	<u>37</u>
<u>2.2.7.3 Aplicações.....</u>	<u>38</u>
2.3 Situação dos agregados que servirão para a composição da massa asfáltica e a diminuição dos passivos ambientais.....	39
2.3.1 Resíduos de construção e demolição (RCD).....	39
2.3.2 Características dos resíduos de construção e demolição e natureza.....	39
2.4 Conceito de viabilidade econômica e viabilidade de mercado.....	43
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	44
3.1 Materiais empregados.....	44
3.2 Métodos empregados.....	44
3.3 Estudo de caso.....	45
3.3.1 História de Botucatu.....	45
3.3.2 Prefeitura Municipal de Botucatu.....	46
3.3.3 Passivos ambientais.....	47
<u>3.3.3.1 Destino dos resíduos de construção e demolição (RCD).....</u>	<u>47</u>
3.4 Pavimentação nas ruas do município.....	47

3.4.1 Bloquete de concreto.....	48
3.4.2 Paralelepípedo.....	48
3.4.3 Asfalto de penetração.....	50
3.4.4 Pavimentação com massa asfáltica a quente.....	50
3.4.5 Pavimentação asfáltica a frio.....	51
3.4.5.1 Procedimento no preparo da massa asfáltica a frio na Prefeitura.....	53
3.4.6 Pavimentação, recapeamento, tapa buracos, remendos em galerias e pintura de ligação.....	54
3.4.7 Pavimentação nas ruas das cidades vizinhas.....	54
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
4.1 Resultados.....	55
4.1.1 Gastos com funcionários e manutenção de equipamentos.....	55
4.1.2 Asfalto pré - misturado a frio.....	58
4.1.3 Asfalto CBUQ com CAP 50/70.....	60
4.1.4 Passivos ambientais do município.....	60
4.1.4.1 Resíduos de construção e demolição (RCD).....	60
4.2 Discussão.....	61
4.2.1 Conceituação.....	61
4.2.2 Comentários gerais.....	62
4.2.3 Asfalto pré - misturado a frio X CBUQ.....	62
5 CONCLUSÕES.....	65
5.1 Dados gerais.....	65
5.2 Cidade de Botucatu.....	65
5.3 CBUQ x PMF X economia X meio ambiente.....	67
5.4 Considerações finais.....	68
REFERÊNCIAS.....	69
APÊNDICE.....	76

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Comparação entre pavimentos rígidos e pavimentos flexíveis.....	23
2	Estrutura básica de uma via com pavimento flexível.....	25
3	Modelo de bloquete de concreto – dados de 2009.....	48
4	Modelo de paralelepípedo – dados de 2009.....	49
5	Usina pré – misturado a frio, mostrando os dois silos onde são colocadas as misturas sem ainda emulsão, 2009.....	52
6	Silos onde as misturas (areia, pedrisco e pó de pedra) entram em contato com a emulsão asfáltica RL – 1C, 2009.....	52
7	Tanques de 25.000 litros e 15.000 litros para o estoque de emulsão.....	52
8	Duas esteiras que transportam o material misturado (areia, pedrisco e pó de pedra) caem nos silos para se unirem a emulsão asfáltica.....	52
9	Um dos dois silos, capacidades 3 metros cúbicos e 5 metros cúbicos.....	52
10	Caixa de proteção da bomba centrífuga.....	53
11	Misturador. Em baixo ficam os caminhões que recebem a massa asfáltica.....	53
12	Detalhe do misturador. Neste já vem os compostos da massa asfáltica (pó de pedra, pedrisco, areia e emulsão) onde são misturados. Dependendo da mistura, no olho, o funcionário adiciona ou não água a massa asfáltica.....	53
13	Caminhão que esparge asfalto – prefixo C - 14, ano de fab. 1986, mod. 1987....	57
14	Caminhão que puxa acabadora – prefixo CB – 14, ano de fab. 1983, mod. 1983.	57
15	Acabadora – prefixo C - 02.....	57
16	Caminhão toco – prefixo CB -18, ano de fab. 1994, mod. 1994.....	57
17	Pá carregadeira – prefixo PA – 03, ano de fab. 1989.....	57
18	Caminhão toco – prefixo CB – 10, ano de fab. 1990, mod. 1990.....	57
19	Caminhão toco – prefixo CB – 01, ano de fab. 1991, mod. 1991.....	58
20	Caminhão pipa – prefixo CI – 03, ano fab. 1991, mod. 1991.....	58
21	Rolo compactador - prefixo RC – 03. ano de fab. 1997.....	58
22	Exsudação.....	66
23	Trincas em blocos: a foto revela o nível de severidade média.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1. Distribuição percentual das rodovias por região brasileira- 2000.....	17
2. Demonstrativa das causas dos principais defeitos dos pavimentos asfálticos.....	30
3. Estimativa de custo de funcionários do setor de Pavimentação para a Prefeitura.....	55
4. Estimativa de custos com manutenção e combustível dos veículos utilizados no setor de Pavimentação, ano letivo 2008.....	56
5. Quantidade de componentes utilizados para a confecção de 09 toneladas de asfalto pré – misturado a frio.....	59
6. Diferença de valores (em R\$) com gastos de 01 tonelada em massa asfáltica no município de Botucatu – 2009.....	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHTO ROAD TEST - AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS

AASHTO - AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS

ARCRET – ARTEFATOS DE CONCRETO DA SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS

CAC - CÂMARA AMBIENTAL DA CONSTRUÇÃO

CBUQ - CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE

CBR - CALIFÓRNIA BEARING RATIO

CECAM – CONSULTORIA ECONÔMICA, CONTÁBIL E ADMINISTRATIVA MUNICIPAL S/ S LTDA.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE

CONFEA - CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA

COPPEAD - INSTITUTO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA – ESTRUTURA DE TRANSPORTES

ECMT - EUROPEAN CONFERENCE OF MINISTERS OF TRANSPORT

GEIPOT – GRUPO EXECUTIVO DE INTEGRAÇÃO DA POLÍTICA DE TRANSPORTE

IBAM – INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA

ISA – ÍNDICE DE SERVENTIA ATUAL

IME - INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

IPEADATA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA/ BANCO DE DADOS

NBR – NORMA BRASILEIRA

PIB – PRODUTO INTERNO BRUTO

PMF – PRÉ - MISTURADO A FRIO

RCD - RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

RSU - RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

SHRP (STRATEGIC HIGHWAY RESEARCH PROGRAM)

VSA – VALOR DE SERVENTIA ATUAL

1 INTRODUÇÃO

O pavimento é fruto de desenvolvimento do intelecto humano construído para suportar cargas de tráfego com vida útil estimada entre 10 a 50 anos. A função desta obra da engenharia civil é suportar o tráfego em condições de velocidade, segurança, conforto e economia. É um cargo intrínseco ligado ao estado da superfície de rolamento (SÓRIA, 1997 citado por MORAES et al., 2007, p. 1).

A boa conservação do pavimento tem uma importância fundamental para o Brasil já que em toda sua extensão territorial (com seus 8.514.876 quilômetros quadrados), cerca de 60% de toda a produção é transportada pela malha rodoviária (GONÇALVES; MARTINS, 2009). No entanto, a situação atual das vias de rolamento, tanto estaduais como federais, está aquém do que se espera para as condições deste importante modal, onde 45,9% das rodovias brasileiras encontravam - se com o pavimento, regular, ruim, ou péssimo (CNT, 2010).

Segundo Giopato (2010) os malefícios de uma malha viária em mau estado acarretam o crescimento em até 38% com os custos operacionais dos transportes automotores, em 58% com gastos de combustíveis, em até 100% do tempo de deslocamento de um ponto ao outro, além de ampliar em até 50% os índices de acidentes.

Em Botucatu, os registros de estradas municipais foram cedidos pela Secretaria Municipal de Planejamento (2010). Na planta feita por esta secretaria¹, a malha viária de estradas municipais é de 535,4 quilômetros, dos quais, 52,6 quilômetros são vicinais asfaltadas e 482,8 quilômetros são vicinais não asfaltadas, ou seja, aproximadamente 10,9% destas vias possuem asfalto no Município.

¹ Perímetro 1.522 Quilômetros Quadrados em escala de 1:100.000

Atualmente, apesar da falta de base concreta de dados, o que se vê nas vias (aqui estão incluídas todas as vias, como exemplo ruas e avenidas, sob responsabilidade do Município) é a necessidade constante de serviços emergenciais. Serviços que nem sempre são feitos de forma correta, resultando na precária durabilidade do pavimento; especialmente considerando que Botucatu utiliza quase exclusivamente o concreto betuminoso usinado a quente, massa asfáltica que exige uma rigorosa atenção na hora de sua aplicação na via para se ter um bom rendimento de qualidade e durabilidade.

Além do concreto betuminoso a quente, em pouquíssimos casos a prefeitura do Município utiliza a massa asfáltica pré - misturada a frio, composto fabricado em usina alugada pelo DER, instalada, próxima ao Ribeirão Lavapés, no setor de Artefatos de Concreto (Arctet), na Rodovia Marechal Rondon.

A partir destes dados considerados, somados o da questão de um dos maiores passivos ambientais do Município: que é o entulho, surgiram questões pertinentes para a elaboração deste trabalho. Questões que envolvem a otimização dos recursos econômicos com vistas às questões ambientais. Vamos a elas.

1.1 Objetivo

O presente estudo visou analisar a possibilidade de diminuir custos e a degradação ambiental com a aplicação das massas asfálticas CBUQ, comprada de empresa terceirizada, e PMF, feita pela usina da Prefeitura Municipal de Botucatu.

1.2 Justificativa

A relevância deste estudo justifica – se pela responsabilidade do Município em administrar bem os recursos públicos, aproveitando ao máximo da qualidade de um produto (neste caso, o revestimento asfáltico), com o mínimo de gastos (preço).

Outro fator importante justificável é a utilização dos produtos com a diminuição da agressão ao meio ambiente e, se possível, diminuição dos déficits de entulhos jogados na natureza, aproveitando parte de sua composição, com intenção de diminuir o empobrecimento do solo, assoreamento dos rios e diminuição no número de doenças provocadas por vetores;

Este estudo foi uma pequena contribuição e incentivo para que outros estudos possam ser realizados e Botucatu chegue a ser excelência e referência na administração de custos/benefícios em pavimentação e integração com o meio ambiente.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Transporte rodoviário

No Brasil, um dos desafios para nossos especialistas está em solucionar o problema do setor de transportes que é de extrema importância para um país, pois movimenta pessoas e produtos, proporcionando o crescimento econômico das regiões que o compõe. Por conseguinte, o desempenho deste setor influencia diretamente na competitividade de todos os outros setores da economia, principalmente no Brasil pela sua grande extensão continental (ARAÚJO, 2006). Segundo Francisco (2009), a extensão territorial nacional é de 8.514.876 quilômetros quadrados. No sentido leste - oeste alcança a distância de 4.319,4 Km (onde os extremos são a Serra Contamana, a oeste, e Ponta do Seixas, a leste) e no sentido norte – sul apresenta a distância de 4.394,7 Km (onde suas extremidades são ao norte, Monte Caburá, e Arroio Chuí, ao sul).

Para a CNT - Confederação Nacional dos Transportes (2006), o modal rodoviário é o principal meio de transporte de pessoas e produtos em terras tupiniquins. Pesquisa feita pela mesma revelou que este modal detém, no Brasil, cerca de 96,2% da matriz de transportes de passageiros e 61,8% da matriz de transporte de cargas.

Só em 2008, o transporte rodoviário movimentou cerca de 8,5 bilhões de toneladas, em exportações e importações, o equivalente a mais de 15 bilhões de dólares (UNITED BUSINESS MEDIA LIMITED, 2009).

2.1.1 Situação do transporte rodoviário

Gonçalves e Martins (2009) dizem que no Brasil cerca de 60% de toda produção brasileira é transportada pela malha rodoviária, seguida pelas ferrovias 21%, modal aquaviário 14% e modais duto viários e aéreos 5% da parcela do bolo. Este modal é fruto de uma política rodoviarista, iniciada na década de 20, com a administração do governo do presidente Washington Luiz, com o lema “Governar é abrir estradas”. Na época o governo decidiu encampar este discurso sem se preocupar com os impactos que viriam anos mais tarde.

Gonçalves e Martins (2009) ainda relatam que a atual distribuição dos modais de cargas no Brasil, tendo como base o domínio excessivo das rodovias, é maléfica aos cofres públicos e geram passivos ambientais.

Só para avaliar uma destas afirmativas, Rodrigues (2002), diz que os custos aproximados de implantação por quilômetro de rodovia, no Brasil, ficam na ordem de R\$ 600.000,00; já na hidrovía, o custo por quilometro abaixaria na ordem de R\$ 100.000,00.

Segundo a CNT (2007), a eficiência deste tipo de transporte é restringida por alguns gargalos; dentre os quais, destacam-se a baixa oferta de infra-estrutura viária de qualidade, o que causa expressivas dificuldades operacionais aos transportadores e demais usuários; as imposições de riscos de segurança para aqueles que o utilizam e o resultado de custos maiores e perdas de competitividade do país. Outra situação detectada foi à disparidade regional em relação às estradas brasileiras, Tabela 1. Segundo o Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (2003), a CNT revelou que 75% das melhores rodovias estão nas regiões Sudeste e Sul e 80% das piores condições de tráfego encontra-se nas estradas nordestinas.

Tabela 1- Distribuição percentual das rodovias por região brasileira- 2000.

	Norte	Nordeste	Sudeste	Centro- Oeste	Sul	Brasil
Total de rodovias	6,0	23,5	29,7	13,2	27,6	100
Total de rodovias pavimentadas	7,5	27,4	32,9	12,6	19,6	100
Total de rodovias não pavimentadas	5,8	23,1	29,4	13,3	28,4	100

Fonte: Ministério dos Transportes (2003a citado por ARAÚJO, 2006, p.30)².

Araújo (2006) diz que em 2000 o Produto Interno Bruto da região Sudeste foi quase três vezes o da região Nordeste. O Ipeadata e Geipot (2004; 2003 citados por ARAÚJO, 2006) demonstram que a região Sudeste, em 2000, tinha um PIB per capita de R\$ 8.788,00 (oito mil, setecentos e oitenta e oito reais), uma densidade de transporte de 58,4 quilômetros / 1.000 quilômetros quadrados, com participação territorial de 10,8% do território nacional. Já a região Nordeste possuía um PIB per capita de R\$ 3.019,00 (três mil e dezenove reais), 29 quilômetros / 1.000 quilômetros quadrados de densidade de transporte e 18,3% de participação territorial.

Essa dessemelhança para Castro (2001), afeta indiretamente os custos de transporte e determinam quais mercados cada região está apta a atender. Para ele, ao afetar a renda e os preços de cada região, estes custos podem influenciar no processo de concentração regional do fluxo de comércio e conseqüentemente no desenvolvimento regional.

Os fatores de conseqüência das condições das rodovias, descritos por Castro (2001), podem ser entendidos nos resultados de uma pesquisa feita pela (GIOPATO, 2010). Segundo esta, uma malha viária em mau estado acarreta o crescimento em até 38% com os custos operacionais dos transportes automotores, em 58% com gastos de combustíveis, em até 100% do tempo de deslocamento de um ponto ao outro, além de ampliar em até 50% os índices de acidentes.

² Tanto no Ministério dos Transportes, como na Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (Geipot) não foram divulgadas pesquisas depois de 2000 referente à distribuição percentual das rodovias por região brasileira. Favor consultar o site: <<http://www.geipot.gov.br/NovaWeb/IndexAnuario.htm>>. Acesso em: 16 dez 2010.

2.1.1.1 Modal rodoviário brasileiro: vantagens e desvantagens

Para David (2007), o domínio do modal rodoviário gera algumas conseqüências perversas, entre elas:

- Maior vulnerabilidade a ação de criminosos, em comparação aos outros modais. David (2007) cita a pesquisa da CNT/ COPPEAD 2002b, onde relata que os prejuízos com roubos e furtos de cargas chegam à ordem de R\$ 500 milhões por ano;

- Elevado grau de acidentes. O índice de mortes por 1.000 quilômetros chega a ser 70 vezes superior a dos países ricos (o número de mortes por ano se equipara a um acidente fatal de um Boeing 737 lotado a cada 36 horas);

- Alto custo para a manutenção da malha viária pelo Estado.

Para se ter uma idéia das conseqüências da situação do modal rodoviário no país, Pires (1997), com dados retirados de pesquisa, relata que no Brasil todos os dias, aproximadamente, 100 pessoas são mortas e outras 1000 são feridas nos trânsitos das ruas e estradas tupiniquins, sem contar os prejuízos aos que adquirem deficiências físicas permanentes. Estes números geram um desembolso que chega a patamares financeiros em torno de 9,5 bilhões de dólares por ano.

Já Pereira (2005), em contra – partida, enfatiza os efeitos benéficos do modal rodoviário. Para ele, a concentração em torno do transporte de cargas por rodovias gera algumas vantagens em relação a outros modais:

- Facilidade em se adquirir equipamentos de transporte e a malha é construída pelo governo;

- Custo do diesel barato no mercado nacional, apesar de ser mais caro que os modais ferroviários, marítimos e dutoviários;

- Maior rapidez em relação aos três modais acima e boa confiabilidade;

- É o único que praticamente abarca todo o país e, também faz o transporte porta – a – porta e boa freqüência.

2.1.1.2 Modal rodoviário brasileiro: questões de perigo, saúde e ecologia

Souza, Schroeder e Castro (1997), dizem que o setor de transportes consumiu, em 1995, 21,2% do final energético do país, só perdendo para o setor de indústrias, que ficou com

um consumo de 40,8%. Segundo os autores, dos 21,2%, o segmento rodoviário abarcou uma fatia aproximada de 90%.

Boa parte dos altos gastos energéticos do modal rodoviário (incluindo, cargas e passageiros), no ano de 1995, em território nacional, vem da gasolina e álcool, 43,97%, seguido pelo diesel, 47,52% (outras fontes, 8,51%), o que propicia altas emissões de gases poluentes na atmosfera, além da dependência enorme do petróleo, bem considerado raro daqui alguns anos (SOUZA; SCHROEDER; CASTRO, 1997).

Apesar destes problemas, no ano de 2000, verificou - se o aumento do transporte rodoviário leve de passageiros e o pesado de cargas, tanto nos países desenvolvidos, como em países em fase de desenvolvimento e eram escassas as alternativas “e continua sendo, em 2010” para a substituição de combustíveis gerados do petróleo (ECMT, 2000 citado por MATTOS, 2001).

Em 2002, só o Estado de São Paulo detinha 13,5 milhões de veículos, ou seja, 40% da frota motorizada do País. Na região metropolitana deste estado a frota multiplicou – se 6 vezes em 20 anos (1980 a 2000). Estes indicativos produziram o aumento de poluentes emitidos pelos veículos na atmosfera (CO: monóxido de carbono; HC: hidrocarbonetos; NOx: óxidos de nitrogênio; SOx: óxidos de enxofre; MP: material particulado) gerando, entre algumas conseqüências, a poluição do ar, doenças respiratórias e o óbito de muitas pessoas (CETESB, 2002).

Pesquisa publicada nas revistas científicas “Science e Environmental Health Perspectives” (DEPARTAMENTO DE MEDICINA PREVENTIVA DA FACULDADE DE MEDICINA DA USP, 2001 citado por TRAUMANN, 2001), diz que, se conseguíssemos reduzir a emissão de somente dois poluentes, como partículas inaláveis e ozônio, em 10%, no prazo de 20 anos, poderíamos evitar:

- A morte de 700 pessoas;
- A internação de 7 mil indivíduos;
- A falta de 100 mil trabalhadores em seus serviços devido a doenças como asma, bronquite e rinite causadas pelos escapamentos de veículos motorizados.

2.2 Pavimento

2.2.1 O papel do pavimento na estrutura da sociedade

Segundo Merighi (2004) pavimento é uma estrutura apoiada em uma camada de terraplanagem, destinada a receber o movimento de veículos, pessoas e mercadorias, proporcionando segurança e conforto a quem o utiliza. Ainda o mesmo autor, diz que o pavimento é constituído por várias camadas com vários materiais de composições diferentes de resistência e deformidade, formando assim, uma estrutura que se apresenta com alto grau de complexidade no que se refere ao cálculo de tensões e deformações.

Luft (2000) define pavimento como um substantivo masculino que significa revestimento do chão com pedra, asfalto, madeira, entre outros.

A Norma Brasileira Registrada, NBR – 7207, (1982 citada por GIUBLIN, 2002, p. 7) diz que o pavimento pode ser definido como estrutura construída sobre a terraplanagem. A norma estabelece três objetivos para esta estrutura:

- Resistir e distribuir à camada de subleito os esforços verticais oriundos do tráfego;
- Melhorar as condições de rolamento (conforto e segurança);
- Resistir esforços horizontais permitindo uma superfície de rolamento durável.

Para *Barber Greene Company* (1963, p. 1-3), em seu manual de pavimentação betuminosa, as finalidades básicas das vias pavimentadas são cinco:

- Suportar as cargas produzidas pelo tráfego;
- Proteger o leito da estrada contra a entrada de água;
- Reduzir a perda dos materiais superficiais;
- Obter uma textura superficial adequada;
- Promover resistência a intempéries.

Segundo a Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano do Paraná (2000), entre as causas mais importantes para o mau estado das vias, podem-se citar as falhas de construção e de projetos, falhas nas propriedades dos materiais utilizados e manutenção inadequada ou inexistente das vias pavimentadas.

Em pesquisa realizada pela Confederação Nacional do Transporte - CNT (2010), as condições das rodovias estaduais e federais brasileiras encontravam – se da seguinte forma³:

³ Foram avaliadas 90.945 Km de rodovias estaduais e federais de todas as regiões do Brasil.

- 58,8% Estado geral das vias regular, ruim ou péssimo;
- 58,2% Apresentam sinalização regular, ruim ou péssima⁴;
- 45,9% Com pavimento regular, ruim ou péssimo⁵;
- 75% Com geometria da via regular, ruim ou péssima⁶.

Pitta e Marciano Júnior (1998) relatam outras variáveis que deve haver na escolha de um pavimento urbano (sob conhecimento dos engenheiros), além de permitir boas condições de rolamento:

- Ser o menos agressivo possível para o ambiente urbano no qual ele se insere;
- Estar integrado com as edificações e com a paisagem do seu entorno;
- Ser construído observando estritamente os princípios de economicidade, sem prejuízo para a qualidade técnica;
- Proporcionar boa aderência aos pneus com pista molhada;

Segundo Silveira (2003), há uma base fortemente empírica constituída entre os profissionais de engenharia rodoviária, onde se tem o consenso de que se o pavimento resiste bem à ação do tráfego, durante sua vida útil, ele é adequado para a via que foi constituída.

Silveira (2003) relata ainda que cada via tem sua característica ímpar e merece atenção na escolha do pavimento adequado.

2.2.2 Tipos de pavimento

Segundo o Instituto Militar de Engenharia – IME (2008), os pavimentos podem ser classificados em dois tipos básicos: flexíveis e rígidos, conforme definido a seguir:

Pavimentos flexíveis: possuem revestimentos feitos com materiais betuminosos (ou asfálticos). A estrutura apresenta deflexão (movimento com que se abandona uma linha que se descrevia, para seguir outra) de acordo com as cargas de tráfego. Agregados e ligantes asfálticos são à base da composição destes pavimentos. Estes são formados por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito. O

⁴ Algumas características analisadas pela CNT: Faixas centrais e laterais; placas de limite de velocidade; visibilidade e legibilidade das placas.

⁵ Algumas características analisadas pela CNT: Condição de superfície (perfeito, desgastado, com buracos, etc); pavimento do acostamento.

⁶ Algumas características analisadas pela CNT: Tipo de rodovia (pista simples de mão dupla, pista dupla, etc); faixa adicional de subida (3ª faixa) e sua condição; condição de pontes e viadutos; acostamento.

revestimento asfáltico pode ser composto por camada de rolamento em contato direto com as rodas dos veículos e por camadas intermediárias ou de ligação, por vezes denominada de binder;

Pavimentos rígidos: aqueles cuja superfície da via é feita com concreto de cimento Portland⁷. Nesses tipos de revestimentos a espessura é determinada em função da resistência à flexão das placas de concreto e das resistências das camadas que estão abaixo. As placas de concreto têm capacidade para serem armadas ou não com barras de aço. É comum determinar a subcamada desse pavimento como sub-base, uma vez que as características da subcamada são compatíveis com as da sub-base de pavimentos asfálticos.

Cada tipo de pavimento distribui de maneira diferente a carga pela sub-base. Devido à rigidez do concreto de cimento Portland a carga é distribuída numa área extensa da sub-base. A placa de concreto sozinha preenche a maior parte da aptidão estrutural de um pavimento rígido. Já o pavimento flexível não ocorre este fato: a transmissão da carga se dá por uma área menor da sub-base, atingindo a transmissão de carga nas camadas inferiores, conforme explicitado pela Figura 1 (INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA – IME, 2008).

⁷ Nome de um revestimento de via, pertencente à classe do pavimento rígido.

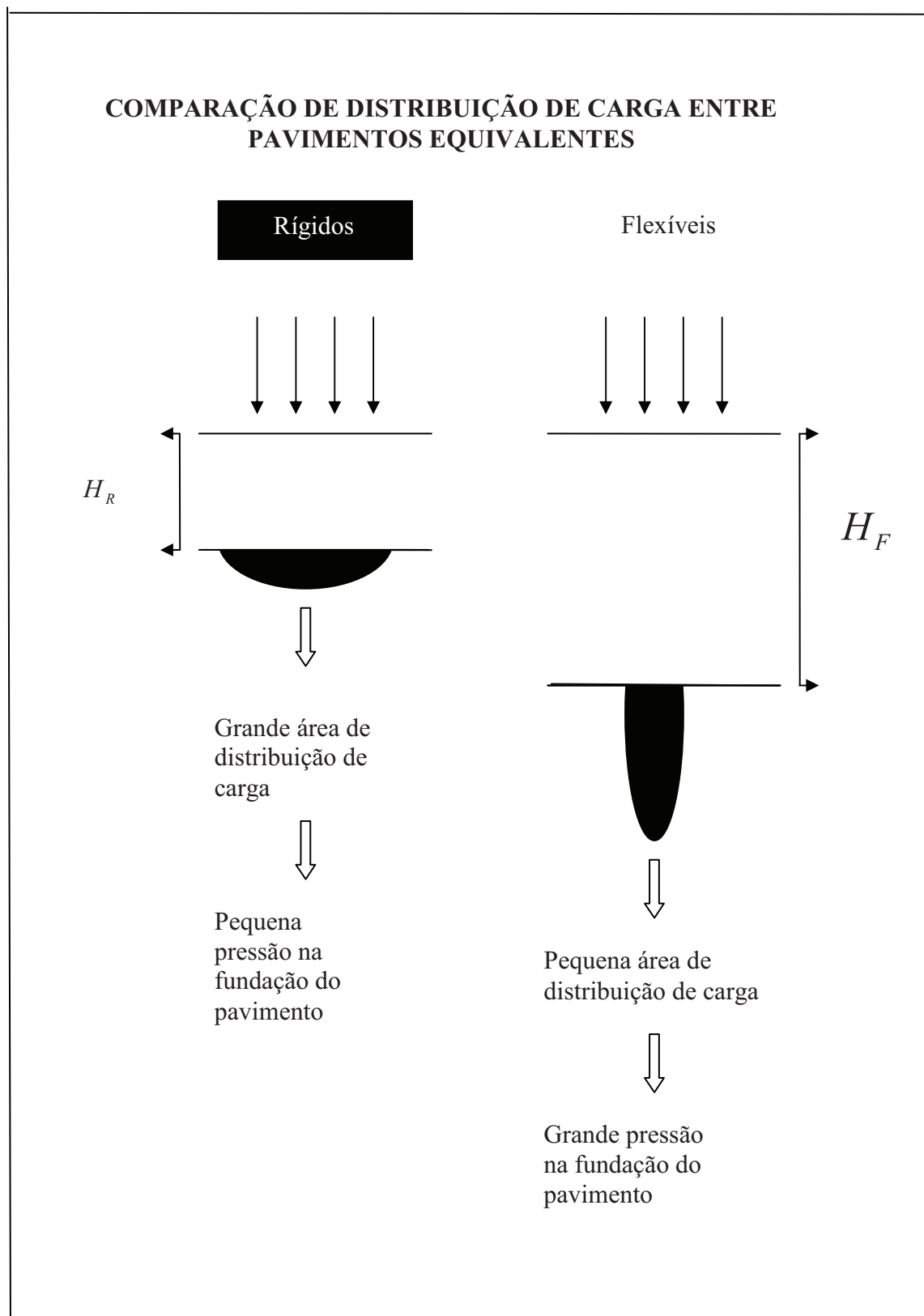


Figura 1 - Comparação entre pavimentos rígidos e pavimentos flexíveis
Fonte: Adaptado de Merighi, 2004.

As escolhas pelos tipos de pavimentos podem ser feitas por diferentes razões (entre elas práticas, comerciais ou até mesmo políticas). Pode-se escolher o pavimento rígido, por exemplo, pela manutenção requerer menores cuidados, apesar dos custos de implantação serem altos (INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA - IME, 2008).

No caso do presente trabalho, vamos nos fixar nas especificações dos pavimentos flexíveis (em especial o CBUQ e o PMF), que é de interesse para a avaliação das conclusões dos objetivos propostos.

2.2.3 História do asfalto

Segundo a Revista Superinteressante (2006), os registros datam de 3.000 a.C., onde o asfalto era utilizado para conter a saída de água dos reservatórios. Logo após, o asfalto já pavimentava estradas do Oriente Médio. Segundo a revista, o asfalto era um piche advindo de “lagos pastosos”; hoje, ele é um subproduto do petróleo”.

O site da Ipiranga Asfaltos (2009) cita que na Mesopotâmia o asfalto era utilizado como aglutinante em trabalhos de alvenaria e construção de estradas e que, na própria Bíblia, há citações que este material teria sido utilizado como impermeabilizante na Arca de Noé.

Ainda a Ipiranga Asfaltos (2009) relata que o Brasil deixou de usar o alcatrão (derivado de carvão) na pavimentação na década de 60, passando a substituí-lo pelo asfalto (derivado de petróleo, que é mais econômico e tem o teor de pureza maior), que é a principal fonte de suprimento para pavimentação nos dias atuais.

2.2.4 Pavimentos flexíveis (ou asfálticos)

Segundo Senço (1997 citado por SILVEIRA, 2003, p. 6), os pavimentos flexíveis são chamados de pavimentos asfálticos, devido à camada superficial ser de procedência asfáltica.

O projeto da estrutura de uma via de rolamento asfáltica é feito através da combinação das camadas de revestimento, base e sub-base. A definição da estrutura do pavimento não é uma ciência exata. Os vários matizes envolvidos tornam impossível solucionar o problema com fórmulas matemáticas exatas fundamentadas inteiramente em teoria (*HIGHWAY DESIGN MANUAL*, 1995 citada por SILVEIRA, 2003, p. 8). Confirmando esta teoria, Silveira (2003) diz que um pavimento asfáltico urbano pode ser construído, sob orientação de um projeto, suprimindo algumas camadas, como exemplos, reforço de subleito ou sub-base.

Medina (1997 citado por SILVEIRA, 2003) define as camadas dos pavimentos flexíveis como, Figura 2:

- Revestimento: superfície da via, com características máximas possíveis de impermeabilidade, de contato direto com a ação do tráfego;
- Base: Camada destinada a suportar as deformações que o tráfego impõe sobre o revestimento;
- Sub – base: Recomendada quando o solo do subleito necessita de uma camada complementar de reforço para suportar o tráfego;
- Subleito: é a fundação do pavimento.

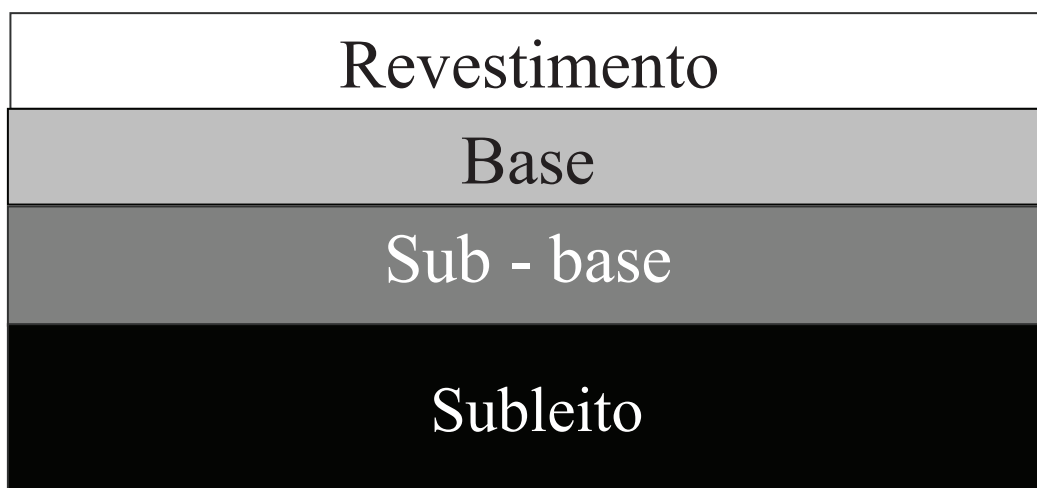


Figura 2 - Estrutura básica de uma via com pavimento flexível

Nota: Os dados desta figura foram gerados dos frutos de pesquisa para elaboração deste trabalho acadêmico

2.2.4.1 Defeitos de pavimento asfáltico

Segundo Haas, Hudson e Zaniewski (1994) a administração de pavimentos vai desde a obtenção de informações para o planejamento e organização de orçamento até a monitoração regular do pavimento em serviço, passando pelo projeto e construção do pavimento e sua conservação e reparos ao longo do tempo.

Para Yoshizane (2001), antes de tornar mais forte a administração de pavimentos, primeiramente, deve – se desenvolver seções de análise do volume de tráfego na via, o modelo de pavimento, o tipo e a espessura de cada camada, o modelo do subleito e o grau de conservação do pavimento. Em seguida, lança – se mão do grau de conservação da superfície das vias, historiando as extensões e os níveis de severidade de cada forma de degeneração encontrada nas seções. Após estas informações, analisa – se em nível de rede, os modos para

manutenção e reabilitação (exemplos: não há a necessidade de mexer no pavimento; manutenção corretiva; manutenção preventiva; recapeamento; reconstrução). Feito isso, passa-se à etapa de exame em nível de projeto, que define as atividades de manutenção ou, se for o caso, de reconstrução da via. E, no final, são feitas as análises econômicas e de priorização.

Yoshizane (2001) diz ainda que as atividades de manutenção e reabilitação são de suma importância dentro de um sistema de gerência de pavimentos. Para ele, é pouca a escolha do melhor modo de intervenção e o estabelecimento da melhor lista de prioridades: é necessário que os serviços sejam executados de forma correta. O ambiente e o tráfego causam constantemente defeitos, por isto às atividades de manutenção e reabilitação devem ser realizadas de forma contínua nos pavimentos. O mesmo autor cita as causas de deterioração dos pavimentos:

- Solicitações do tráfego: ligadas, geralmente, à carga por eixo, ao tipo de eixo, ao tipo de rodagem, à pressão de ocupação da capacidade dos pneus e ao tipo de suspensão;

- Solicitações climáticas: essencialmente nas modificações de temperatura e no teor de umidade (YOSHIZANE, 2001).

2.2.4.2 Formas de deterioração do pavimento asfáltico

Segundo Yoshizane (2001), as formas de deterioração do pavimento são: trincas, remendos, panelas, distorções, defeitos na superfície, desnível entre pista e acostamento e bombeamento. É importante detectar os defeitos, em suas fases iniciais, para a manutenção do pavimento. Quando este possui trincas e outras fraturas, seu estado pode progredir rapidamente a deterioração, causando sérios problemas, caso estas pequenas falhas não sejam corrigidas (seladas). Um observador (com experiência) pode detectar sérios problemas que ocorrerão no pavimento, imperceptíveis aos usuários, como lama ou água no pavimento ou no acostamento. Após a detecção é necessário a descoberta da causa e o início imediato do reparo.

Para o autor, existem outras maneiras de executar os serviços de manutenção e reabilitação do asfalto, mas, comprovadamente, as técnicas de reparo resultam em uma melhora significativa e duradoura dos pavimentos. A causa da deterioração indicará o método adequado do reparo, para o defeito não tornar a ocorrer. Estes métodos (ou técnicas) podem variar do simples preenchimento das trincas com emulsões asfálticas ou com asfaltos diluídos até a remoção completa da área afetada, instalação de drenagem e execução de um remendo profundo.

Os Sistemas de Gerência de Pavimentos são projetados para extrair o melhor possível dos recursos investidos, garantindo pavimentos seguros, confortáveis e econômicos aos usuários: através da manutenção planejada, e não corretiva, tem - se como objetivo o prolongamento da vida útil da malha viária e a garantia de padrões de serviço mínimos em toda sua extensão. O desenvolvimento destes “Sistemas” inicialmente passa pela definição da análise de seus subsistemas, comumente em função do volume de tráfego, do tipo de pavimento, do tipo e espessura de cada camada, do tipo de subleito e do estado de conservação do pavimento. O próximo passo é o levantamento da atual condição do pavimento, onde registram - se as extensões e os níveis de severidade de cada forma de deterioração encontrada nos subsistemas. Em posse destes dados, em nível de rede, pode-se definir a melhor estratégia de manutenção e reabilitação. Escolhidas estas, passa-se à análise em nível de projeto, que consiste na definição das atividades de manutenção e, quando for o caso, no dimensionamento dos reforços e na reconstrução (YOSHIZANE, 2001).

2.2.4.3 Avaliação na condição dos pavimentos

2.2.4.3.1 Avaliação subjetiva da superfície de rolamento

Fornece o estado de deterioração do pavimento, utilizando - se do conceito de serventia utilizado por Carey e Irick (1960) em estudos feitos nas pistas experimentais da *American Association Of State Highway And Transportation Officials* (AASHO Road Test). A serventia é definida como a habilidade de uma seção de pavimento (na época da observação) em servir ao tráfego de veículos, com elevados volumes e altas velocidades. A capacidade de um pavimento servir a contento ao tráfego durante um determinado tempo e o seu desempenho, que pode ser interpretado como a variação da serventia com o tempo e/ou tráfego. A metodologia utilizada, a princípio, consiste na formação de um grupo de avaliadores que atribuem “notas” ao pavimento. A média aritmética dessas observações subjetivas de serventia é definida como Valor de Serventia Atual (VSA). Posteriormente, há uma análise estatística para correlacionar o VSA com os resultados obtidos mediante as condições físicas de defeitos do próprio pavimento. A previsão do valor do VSA a partir dessas avaliações objetivas é definida como Índice de Serventia Atual (ISA).

A norma do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (1994), DNER - PRO 07/ 94, estabelece algumas imposições:

- Cada avaliador deve considerar somente o estado atual da superfície de rolamento;

- A avaliação deve ser feita sob condições climáticas totalmente favoráveis (sem chuva, nevoeiro, neblina etc.);
- Devem ser ignorados os aspectos do projeto geométrico (largura de faixas, traçado em planta, rampas etc.), assim como a resistência à derrapagem do revestimento;
- Devem ser considerados principalmente os buracos, saliências e as irregularidades transversais e longitudinais da superfície;
- Devem ser desprezadas eventuais irregularidades causadas por recalques de bueiros;
- Cada trecho deve ser avaliado independentemente e não deve haver troca de informações entre os avaliadores;
- Cada avaliador deve considerar o conforto proporcionado pelo pavimento caso tivesse que utilizá-lo dirigindo um veículo durante 8 horas ou ao longo de 800 km (DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM - PRO 07/ 94, 1994).

2.2.4.3.2 Avaliação objetiva na condição dos pavimentos

Segundo Fernandes Júnior; Oda e Zerbini (1999), esta avaliação é dividida em: a) avaliação da irregularidade superficial; b) ensaios estruturais; c) atrito superficial; d) identificação de defeitos superficiais:

a) Na avaliação da irregularidade superficial o exercício da função do pavimento, ou seja, sua aptidão em servir ao tráfego com conforto, segurança e economia, está intrinsecamente relacionada com a falta de regularidade longitudinal. Esta, definida como o desvio de pontos da superfície da via pavimentada em referência a um plano especificado como modelo e medida ao longo do trajeto dos veículos (“trilhas de roda”), afeta a qualidade de rolamento (conforto e segurança), as cargas dinâmicas transportadas ao pavimento e os valores gastos com a operação dos veículos (consumo de combustíveis e lubrificantes, desgaste dos pneus etc.);

b) Os ensaios estruturais têm capacidade para serem destrutivos, mediante o cálculo da capacidade de suporte “*in situ*” e de amostras coletadas, ou não destrutivas, abrangendo a medida de deflexões superficiais originadas por um carregamento conhecido;

c) O atrito superficial pneu – pavimento está relacionado à segurança da via. Avalia-se a fricção dos pneus dos veículos em relação ao pavimento. Para isto, utiliza-se um reboque a diferentes velocidades, com roda travada em uma pista úmida;

d) Na identificação de defeitos superficiais a compreensão do tipo de defeito, a quantificação de sua extensão (quantas vezes ocorre no mesmo local, por exemplo) e a identificação do nível de severidade (usualmente classificado como nível de deterioração baixo, médio e alto), somados a definição das origens dos defeitos, são de suma importância para seleção das estratégias de intervenção e decisão das atividades de manutenção e reabilitação.

2.2.4.4 Levantamento de defeitos no campo

Para Fernandes Júnior; Oda e Zerbini (1999) um bom levantamento de defeitos deve:

- Identificar as seções que não necessitam de manutenção imediata;
- Identificar as seções que requerem apenas manutenção de rotina;
- Identificar e priorizar as seções que requerem manutenção preventiva;
- Identificar as seções que necessitam de reabilitação.

2.2.4.4.1 Manual para identificação de defeitos

Fernandes Júnior; Oda e Zerbini (1999) dizem que durante os levantamentos feitos de problemas no asfalto, várias são as dúvidas em relação ao reconhecimento e a forma de medir os defeitos. Este fato fez com que surgissem vários manuais buscando estabelecer e uniformizar a nomenclatura, as definições, os conceitos e as técnicas de levantamento dos principais problemas averiguados nas vias pavimentadas. Em virtude da uniformização destes dados, os autores recomendam a adoção do manual de levantamento de defeitos no campo do Programa SHRP (Programa Estratégico de Pesquisas Rodoviárias), estabelecido em 1987, pelo Congresso dos Estados Unidos, contando com a participação do Brasil (entre mais de 20 países). Este manual estabelece 15 defeitos em pavimentos flexíveis. Para cada tipo de defeito há a apresentação da descrição, os níveis de severidade e a forma de quantificação da extensão, mostrados na Tabela 2, que utiliza os defeitos considerados no manual do Programa SHRP (1993) distinguindo as suas principais causas através da adaptação do manual AASHTO (1986):

Tabela 2 - Demonstrativa das causas dos principais defeitos dos pavimentos asfálticos

Tipo de defeito	Causa principal	
	Associada ao tráfego	Materiais e meio ambiente
Trincas por Fadiga	X	
Trincas em Blocos		X
Trincas nos Bordos (Laterais)		X
Trincas longitudinais		X
Trincas por Reflexão		X
Trincas Transversais		X
Remendos	X	
Panelas	X	
Deformação Permanente nas Trilhas de Rodas	X	
Corrugação		X
Exsudação		X
Agregados Polidos	X	
Desgaste		X
Desnível Pista Acostamento		X
Bombeamento	X	X

Fonte: Adaptado de Yoshizane (2001)

2.2.5 Manutenção e reabilitação de pavimento asfáltico

Yoshizane (2001) diz que a diligência da administração de pavimentos e os componentes do sistema, usualmente, estão qualificados em dois níveis: gerência em nível de rede e gerência em nível de projeto.

2.2.5.1 Gerência em nível de rede

Para Yoshizane (2001) são empregadas em decisões administrativas (planejamento, programação e orçamento). Geralmente, as decisões de intervenção em nível rede são: a) manutenção corretiva; b) manutenção preventiva; c) ação postergada; d) reforço; e) reconstrução:

a) Manutenção corretiva: emendas pouco profundas, concertos locais, impermeabilização de rachaduras e outras atuações de custo unitário baixo. Esta manutenção é indicada para vias em boas condições;

b) Manutenção preventiva: É indicada para conter os danos das vias no estágio de início. Encaixa – se nesta manutenção as ações corretivas, recapeamentos pouco espessos e rejuvenescimento da capa asfáltica;

c) Ação postergada: Indicada para reparos que não podem ser mais adiados. O estágio da deterioração já está além da manutenção preventiva, mas aquém da necessidade de reabilitação;

d) Reforço: Ações de conservação de rotina e preventiva, recapeamento estrutural e reciclagem. Este item merece estudos prioritários, já que os recursos são parcos, aquém das necessidades que lhe devem ser atribuídas;

e) Reconstrução: Aqui há a remoção e colocação de toda a estrutura do pavimento, reestruturação ou instalação de drenagem e benfeitorias de traçado, de segurança e de volume de tráfego. Igual ao reforço, também merece estudos prioritários.

2.2.5.2 Gerência em nível de projeto

Abrange o tamanho, construção, manutenção e reabilitação. São solicitadas informações detalhadas de áreas exclusivas do pavimento, onde há dados detalhados dos defeitos e as formas de corrigi - los. A seguir, alguns exemplos de administração de pavimentos em nível de projeto (YOSHIZANE, 2001):

- Escolha das atividades de manutenção, reabilitação e reconstrução, feita através dos critérios fixados pelos cargos mais elevados da gerência;

- Dados atuais do desempenho do asfalto que irão ser úteis às atividades de projeto, construção e manutenção;

- Consenso final dos parâmetros principais do projeto. Neles estão inclusos: resistência do subleito, número de solicitações do eixo padrão e especificações para os materiais.

2.2.5.3 Seleção das atividades de manutenção e reabilitação

Todos componentes utilizados nos pavimentos apresentam alguma forma de estrago, devido ao tráfego e as condições climáticas a que são submetidos. No começo os danos causados nas vias pavimentadas são lentos; já no fim do tempo de vida dos pavimentos, a taxa de estragos aumenta.

Para eliminar os defeitos, defender os investimentos e dar ao usuário um pavimento cômodo, com segurança e que desgaste o menos possível o veículo, são feitas atividades de reabilitação e manutenção.

2.2.5.3.1 Atividades de manutenção

A manutenção almeja defender ou manter o período do projeto do pavimento, não elevando muito o nível de serventia, contudo, evitando a danificação precoce.

Suas atividades são divididas em duas categorias: a) preventiva; b) corretiva:

a) Preventiva: São ações usadas para proteger o pavimento e diminuir a sua taxa de danificação;

b) Corretiva: São ações empregadas para eliminar as falhas e suas conseqüências que prejudiquem o desempenho do pavimento.

A detecção e o conserto nas fases iniciais são valiosos para a equipe de manutenção sanar o problema. Caso contrário, o defeito pode evoluir, aumentando os gastos com operação de veículos, manutenção e reabilitação do local. Usualmente, é formado por: I) remendo, II) selagem de trincas e III) capas selantes.

I) Remendos: É o modo de manutenção mais utilizado nas rodovias e ruas, devido aos buracos resultantes do trabalho combinado de umidade e tráfego ou por causa das aberturas para consertos de redes de água, gás, esgoto, energia elétrica, entre outros. Conhecidos também como panelas, os buracos devem ser emergencialmente consertados, pois estimulam acidentes, provocam desconforto e, com a entrada de água, debilita a estrutura e acelera o

estrago. Nos remendos é fundamental a seleção de materiais. Estes podem ser misturas usinadas a quente (CBUQ) para concertos permanentes, ou pré – misturadas a frio (PMF), no caso de reparos de emergência, feitos em condições de clima desfavorável. Para os concertos permanentes é recomendado:

- Limpeza da área, através da retirada de água e resíduos, além de instalação de drenagem, caso a água for o objeto do problema;
- Fazer corte, em forma de retângulo, de 20 a 30 cm das extremidades da panela;
- No caso da profundidade deve - se atingir material consistente;
- Colocar imprimadura de ligação nas faces da escavação;
- Aplicar imprimadura impermeabilizante no fundo, se o material for granular;
- Coloca – se a massa asfáltica;
- Compactar com equipamento menor do que o local do remendo, lembrando quando o buraco for maior do que 15 cm de altura, a compactação deve ser feita por camadas, devendo a área remendada ficar nivelada com a superfície do pavimento.

II) Selagem de trincas: Deve haver prioridade no selamento das trincas, pois elas podem evoluir para problemas maiores, causando aumento de custos na operação dos veículos, além dos custos de manutenção e reabilitação das vias.

III) Capas selantes: É a aplicação de ligante asfáltico ou ligante com agregados na superfície do pavimento para rejuvenescer o revestimento asfáltico, aumento do coeficiente de atrito entre pneu e pavimento, anulação de trincas com pequena abertura, além de reforçar o desgaste causado pelo intemperismo e evitar a entrada de água na estrutura do pavimento. Os tipos mais comuns de capas selantes são:

- Selo asfáltico impermeabilizante (“fog seal”): tênue colocação de emulsão asfáltica, de cura demorada, misturada em água, sem composto mineral, utilizada para rejuvenescer os revestimentos das vias asfálticas oxidadas e para eliminar as trincas de pequena abertura e vazios superficiais;

- Tratamentos superficiais (“chip seals”): são aplicações de ligantes e agregados por camadas. Yoshizane (2001) relata que a dimensão máxima do agregado de cada camada sucessiva é, geralmente, a metade da dimensão máxima do agregado da camada subjacente. A espessura total aproxima - se do diâmetro máximo das partículas da primeira camada; coloca - se o ligante, em seguida, aplica – se o agregado, que deve ser compactado logo após;

- Lama selante de emulsão asfáltica ou lama asfáltica (“slurry seal”): composto homogêneo, formado por emulsão asfáltica de ruptura lenta, agregados miúdos bem graduados e materiais de preenchimento mineral, com aplicação de água para produzir a

consistência de lama. No asfalto, aplica - se o material com espessura entre 1,5 e 3 mm , de acordo com as necessidades (preenchimento de trincas, selagem de revestimento com textura média e duas aplicações sobre revestimento muito áspero).

2.2.5.3.2 Atividades de reabilitação

A reabilitação tem o objetivo de prolongar a vida útil do pavimento, fazendo com que este chegue ao máximo de vida útil. Quando ocorre o esgotamento desta, seja pelo tempo excedido da via pavimentada, ou pelo número de repetições das solicitações de tráfego, são necessárias as ações de reabilitação, que tem o intuito de recuperar, reforçar ou adaptar os pavimentos deteriorados.

As atividades mais usadas de reabilitação são: I) fresagem, II) reciclagem, III) recapeamento estrutural e IV) reconstrução.

I) Fresagem: Remove - se o revestimento antigo, tanto para fazer a reciclagem, como para acerto da superfície que será recapeada, ou seja, sua função é a remoção do pavimento danificado para execução de um novo revestimento asfáltico.

II) Reciclagem: Prática usada para renovar e rejuvenescer compostos asfálticos envelhecidos. Corrige defeitos, como pequenas corrugações, agregados polidos e exsudação. Não é aconselhável na correção de defeitos como trincas por fadiga ou panelas. O revestimento asfáltico é escarificado, aquecido no local, revolvido, aplicado e compactado. Geralmente são adicionados agentes recicladores ou ligantes, que têm o objetivo de garantir as propriedades da nova mistura. Se forem acrescentados agregados para ficar exato a curva granulométrica e o cimento asfáltico novo à mistura, esta poderá ser utilizada como revestimento. Se não forem acrescentados, o composto asfáltico resultante será apenas uma camada de ligação (“binder”). O aquecimento e a escarificação do revestimento existente impedem a reprodução de rachaduras e oferecem forte junção entre o pavimento antigo e o recapeamento.

III) Recapeamento estrutural: Colocação de uma ou mais camadas asfálticas em cima do pavimento deteriorado. Usualmente, constrói uma camada para correção do nivelamento do pavimento velho, logo após, aplica – se uma camada com espessura uniforme.

IV) Reconstrução: Esta atividade é indicada no caso de pavimentos que começam a se deteriorar rapidamente, devido não terem sido reabilitados a tempo; A causa freqüente dos defeitos é a falta adequada de drenagem, deixando como única opção, para melhoria do

sistema de drenagem, a reconstrução. Antigamente, a reconstrução significava a colocação de novos materiais; hoje, utiliza – se a reciclagem que combina a mistura velha com ligantes novos e agentes recicladores na produção de base asfáltica. Esta base requer revestimento de concreto asfáltico ou tratamento superficial duplo.

2.2.6 Pavimento com concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ)

2.2.6.1 Definição

Segundo a CEHOP - Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas (2003), concreto betuminoso usinado a quente é uma mistura de agregado mineral graduado, material de enchimento (filler) e ligante betuminoso, colocada na via e comprimida a quente.

2.2.6.2 Aplicações

O CBUQ pode ser utilizado como revestimento, base, regularização ou reforço do pavimento (COMPANHIA ESTADUAL DE HABITAÇÃO E OBRAS PÚBLICAS, 2003).

Segundo a Disbral (2010), o CBUQ tem alto desempenho para resistir esforços sendo aconselhável, sua aplicação, em vias onde o tráfego seja intenso, fazendo – se observância à aplicabilidade imediata deste composto, tendo como conseqüência a não estocagem do mesmo.

Para Maia (2002, p. 22) a temperatura de aplicação do CBUQ influencia em muito o tempo de duração de conservação da via:

A mistura asfáltica pode apresentar aspecto de excesso ou de deficiência de ligante, no caso das temperaturas não terem sido determinadas corretamente, mesmo que o teor de ligante esteja atendendo ao projeto desenvolvido corretamente no laboratório. Esquemáticamente, tem-se:

- temperatura acima da temperatura ótima; exsudação (fluinto do asfalto);
- temperatura abaixo da temperatura ótima; envelhecimento prematuro.

Para Couto et al. (2004) as propriedades fundamentais do CBUQ são: durabilidade, flexibilidade, estabilidade e resistência ao deslizamento.

Fernandes Júnior, Oda e Zerbini (1999 citados por MORAES et al., 2007) dizem que o concreto asfáltico usinado a quente, CAUQ, conhecido como CBUQ, impera na maioria das vias de grande parte dos estados brasileiros, cerca de 95%. Segundo Fernandes Júnior, Oda e Zerbini (1999 citados por MORAES et al., 2007, p. 3) a preferência pelo CBUQ deve-se a seu aspecto:

“textura mais lisa e aparência de menor índice de vazios”. Contudo, os autores fazem uma observação às propriedades fundamentais deste composto, especificado por Couto et al. (2004). Para este, em caso de acúmulo de água no pavimento, estas propriedades do CBUQ reduzem o contato entre pneu e pavimento, aumentando o risco de aquaplanagem.

Moraes et al. (2007) ainda relata que uma das funções das superfícies de rolamento é disponibilizar segurança aos usuários, além de minimizar os índices de acidentes, crítico em condições de pista molhada, devido à diminuição do atrito, entre a superfície e o veículo, e da visibilidade (reflexão da luz e spray de água). Para ele, o acúmulo de água, o aumento do volume de tráfego e a permissão do tráfego de caminhões com maiores cargas por eixo são causas irrefutáveis do aparecimento de trincas e deformações permanentes e, conseqüentemente, inevitáveis pra o surgimento dos buracos.

Quem optar pela implantação do CBUQ, deve - se ter o cuidado para que o mesmo exerça suas melhores habilidades como superfície de rolamento. Para isto, é necessária uma devida atenção nas características dos componentes na hora do projeto de dosagem das misturas asfálticas.

Moraes et al. (2007) diz que a temperatura da mistura pode influenciar no composto betuminoso usinado a quente (CBUQ). Se não controlada (o que muitas vezes não é), o CBUQ implantado de forma inadequada, na superfície da via, acaba não atendendo a maior parte dos das vias pavimentadas com defeitos. Uma alternativa é a troca do CBUQ pelo composto pré - misturado a frio (PMF) em serviços de manutenção de pavimentos (operação tapa - buracos). Este composto não necessita de aquecimento, devido sua produção ser em temperatura ambiente, por este motivo, pode - se aplicá-lo também neste tipo de temperatura. Com as quantidades certas dos componentes, além de boa qualidade destes; com um rigoroso controle na sua aplicação, o PMF é um excelente substituto de baixo custo, sem contar que, diferentemente do CBUQ, o pré - misturado a frio pode ficar estocado dias antes de sua aplicação.

2.2.7 Pré - misturado a frio (PMF)

2.2.7.1 Histórico

Segundo Santana (1993 citado por MORAES et al., 2007) o PMF foi desenvolvido nos Estados Unidos da América nos anos 50 com uma granulometria mais aberta. No início, foi aplicado em camadas de base e, posteriormente, em revestimentos recobertos por um tratamento superficial simples. Em território brasileiro, o PMF teve seu início de fabricação em escala industrial a partir de 1966, sendo utilizado em camadas de regularização, de base e revestimentos. Nos anos 70, o PMF passou a ser largamente empregado como camada de regularização e base nas principais rodovias do país e em menor graduação como revestimento e, nos anos 80, o PMF foi utilizado com escala mais densa em revestimentos finos, sem nenhuma capa selante.

Ribeiro Filho et al.(2005) diz que os fabricantes de emulsão relatam a perda de espaço, com o passar dos anos, do PMF para os revestimentos a quente devido às falhas de projeto e de execução.

2.2.7.2 Definição do pré – misturado a frio

O Portal BR (2006 citado por MORAES et al., 2007, p.5) define pré – misturado a frio (PMF) como um composto de agregados minerais com emulsão asfáltica de ruptura média ou lenta (RM ou RL). Sua confecção é bastante simples, sendo utilizado por vários municípios brasileiros em serviços de pavimentação, conservação das vias e tapa buracos. Tem o benefício de ser estocável, além de ser menos prejudicial ao meio ambiente por não precisar ser aquecido.

A Petrobrás (1996 citada por MORAES et al., 2007, p. 5) diz que o PMF pode ser confeccionado em usina apropriada (móvel ou fixa), e a espessura da camada nas vias pode variar de 3 a 20 cm, dependendo do tipo de serviço e da granulometria final da mistura.

A especificação técnica DER/ PR ET – DE - P00/ 025 (2006) considera que a camada individual acabada ótima do PMF deve ficar entre 3 a 7 centímetros, aconselhando para camadas de maiores espessuras que os serviços devem serem feitos em mais de uma camada. A mesma especificação também aconselha a abertura do tráfego após o término do serviço de compactação da camada recém acabada, desde que não haja deformação ou desagregação sob a ação do tráfego. Para o DER/ PR ET – DE - P00/ 025 (2006) no caso de aplicação da emulsão de ruptura média, a camada deve ficar aberta ao tráfego por um período mínimo de 20 dias anteriormente à colocação da camada subjacente. Quando for utilizada emulsão de ruptura lenta, o tempo é reduzido para 10 dias.

2.2.7.3 Aplicações

O PMF pode ser utilizado camada de nivelamento, regularização, intermediária, *binder*, ou base (DER/ PR ET – DE - P00/ 025, 2006). A norma do DNER - ES390/ 99 (1999) diz que não é aconselhável à aplicação do PMF em dias de chuva e/ou temperatura abaixo de 10 centígrados.

Para a Brasquímica (2010) a porcentagem de vazios influencia diretamente na função do PMF na via de rolamento. A variação nesta porcentagem faz com que esta massa possa servir em serviços de recapeamento, capa – selante ou camada de rolamento. Vamos ver a relação de porcentagem, com estes três tipos de serviços:

- **PMF/A = VAZIOS > 20%:** De granulometria aberta, tipo drenante, empregado em camada intermediária, agregando fator estrutural ao pavimento e com efeito amortecedor da reflexão de trincas de pavimentos antigos (com estrutura preservada) em serviços de recapeamento;
- **PMF/SD = VAZIOS = 15 à 20%:** De granulometria denominada de semi-densa, empregado em camada intermediária, para reforço estrutural do pavimento (em serviços de recapeamento) ou constituir camada final de rolamento em vias de tráfego leve e médio, sendo recomendada a sua proteção com impermeabilização de sua superfície com operação capa - selante;
- **PMF/D = VAZIOS = 7 à 12%: (CONCRETO ASFÁLTICO À FRIO):** Mistura asfáltica com característica específica de granulometria contínua (densa), composta de agregados britados graúdos e miúdos, a areia e material de enchimento (filler) se necessário e emulsão asfáltica de ruptura lenta para promover o envolvimento dos elementos pétreos pela película de ligante asfáltico, para constituir camadas do pavimento asfáltico (camada intermediária ou de rolamento) em rodovias, vias urbanas e aeródromos.

Um dos principais fatores de justificativa na utilização da massa asfáltica pré – misturada a frio, em detrimento do CBUQ, é o fator ambiental (aliás, um dos grandes fatores problemáticos para os seres humanos neste século: gerenciar o esgotamento dos recursos naturais para a sobrevivência de nossa espécie).

Moraes et al. (2007, p. 9) estende esta vantagem do PMF a todas as misturas a quente e relata mais algumas vantagens da massa asfáltica pré – misturada a frio:

As emulsões utilizadas no PMF são à base de água, não poluem e os agentes emulsificantes não oferecem risco à saúde e são considerados seguros para o meio ambiente;

Como a emulsão é líquida e à temperatura ambiente, dispensa o aquecimento e a secagem prévia dos agregados, economizando energia, além de não haver a necessidade da secagem do local onde será aplicada a mistura. As misturas asfálticas a frio podem ser feitas em locais de difícil acesso, reduzindo os custos de transporte, já que podem ser produzidas facilmente no próprio local da aplicação e são aplicadas de forma rápida.

Aproveitando à ocasião na citação da aplicabilidade do PMF, está exige uma atenção bem menor em relação ao CBUQ, mas ainda requer algumas atenções para o melhor aproveitamento de seu desempenho. A Brasquímica (2010) pormenoriza um pouco mais estas atenções:

Os pré-misturados a frio apresentam característica de “massa solta” sem coesão inicial, facilitando sobre maneira, o seu manuseio, a aplicação e acabamentos (manuais) da camada, sem risco à saúde do trabalhador;
Não aplicar a mistura asfáltica em serviços de pré-misturado a frio, em condição climática com eminência de chuva, durante a fase de cura (evaporação da água de mistura e da emulsão), podendo delongar período de até 12 horas para a coesão total do PMF.

2.3 Situação dos agregados que servirão para a composição da massa asfáltica e a diminuição dos passivos ambientais

2.3.1 Resíduos de construção e demolição (RCD)

O aumento da população influencia diretamente na produção desenfreada de resíduos sólidos da construção civil. A perda destes resíduos vem gerando a degradação do meio ambiente em todas as cidades brasileiras. O exercício público, para solucionar a situação, fixa locais periféricos (onde geralmente habitam a população de baixa renda) para depósito destes resíduos. Sem controle, estes locais recebem lixos de todos os tipos, atraindo vetores, animais e catadores de lixo (PINTO, 1999 citado por ANGULO et al., 2002).

2.3.2 Características dos resíduos de construção e demolição e natureza

Carneiro (2005) diz que nas últimas décadas o assunto da geração de Resíduos Sólidos Urbanos – RSU- vem sendo analisado como item importante no saneamento dos ambientes urbanos, uma vez que influência diretamente na qualidade de vida da população. Entre estes resíduos estão os chamados Resíduos de Construção e Demolição (RCD). A Resolução número 307 do CONAMA (2002) estabelece os materiais que fazem parte da composição: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados; forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc.

Kartam et al. (2004), diz que a origem destes materiais pode ser:

- Material de escavação, podendo ser ainda classificados em contaminados e não-contaminados;
- Restos de materiais oriundos de construção de estradas;
- Restos de materiais provenientes de obras de construção de edifícios, os quais incluem todos os materiais relativos às atividades de construção, renovação ou demolição de edifícios.

Retornando a Resolução nº 307 do CONAMA (2002), esta define a classificação dos RCD, quanto ao seu potencial de reciclagem: I) classe A; II) classe B; III) classe C e IV) classe D.

I) Classe A: São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis, tais como:

- De construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- De construção, demolição, reformas e reparos de edificações – componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, etc.), argamassa e concreto;
- De processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos etc), produzidas nos canteiros de obras.

II) Classe B: São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros.

III) Classe C: Estes resíduos ainda não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis, que permitam a sua reciclagem/ recuperação, a exemplo dos produtos oriundos de gesso.

IV) Classe D: Os resíduos da Classe D são perigosos, oriundos do processo da construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados, oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Para Carneiro et al. (2000), há a predominância dos minerais na composição dos RCD, no entanto, é valioso destacar que os entulhos têm características muito particulares. Há uma grande variedade de matérias primas, práticas e metodologias, aplicadas na construção civil, que influenciam, de maneira significativa, as características dos resíduos concebidos, essencialmente quanto à matéria e à quantidade. Logo, o patamar de desenvolvimento da construção local reverbera nas características dos materiais que compõe o entulho, ou seja, os materiais e as características que fazem parte do entulho dependem da região onde ele se encontra.

Brito e Câmara Ambiental da Construção - CAC (1999, 2002 citados por ANGULO et al. 2002) após análise dos resultados de pesquisa feita no antigo aterro sanitário de Itatinga, no estado de São Paulo, descobriram que 95%, aproximadamente, dos resíduos que chegam ao local são passíveis de serem reciclados como agregados para a construção civil, resíduos classe A (solos, elementos de concreto, argamassas e materiais cerâmicos), especificados na resolução nº307, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (2002). Foram incluídos provavelmente nesta estimativa, segundo Angulo et al. (2002), amianto, gesso e aço, materiais estes que não pertencem à classe A.

Zordan (1997), semelhantemente a Carneiro et al. (2000), diz que a composição e quantidade que se produz de RCD dependem do grau de desenvolvimento de cada região, onde entra fatores como qualidade da mão- de- obra, técnicas construtivas empregadas, programas de qualidades existentes nas obras, entre outros.

Preocupada com os riscos ambientais, a Associação Brasileira de Normas e Técnicas (ABNT) (1987 citada por TRANSRESÍDUOS, 2009) editou a norma NBR 10.004/ 1987 classificando os resíduos sólidos, para estes receberem o tratamento e destinos adequados (os RCD são considerados como uma subclasse dos resíduos sólidos).

A classificação da NBR 10.004/ 1987 da ABNT (1987 citada por TRANSRESÍDUOS, 2009) fica da seguinte forma:

- Inerte (Classe II-b): Colocados a testes de solubilização, os compostos desta classe não apresentam - se solubilizados acima dos patamares de concentração da potabilidade da água. Ex.: Os resíduos de construção são os que mais representam esta classe (Rochas, tijolos, vidros);

- Não Inerte (Classe II-a): Apresentam combustibilidade, além de serem biodegradáveis e solúveis em água. Exemplo dos resíduos domésticos que apresentam alto grau de biodegradabilidade e solubilidade em água;

- Resíduos Perigosos (Classe I): São considerados perigosos. É o caso dos resíduos vindos dos serviços de saúde; além de riscos de agentes patogênicos, podem apresentar características reativas ou tóxicas.

No país pequena parcela dos RCD, classe A, é aproveitada na reciclagem. Esta parte, quase em sua totalidade, é utilizada na fabricação de agregados de base de pavimentação (ANGULO et al. 2002).

Ainda no Brasil a geração per capita de RCD pode ser estimada em 500 kg/ hab. Ano (PINTO, 1999 citado por ANGULO et al., 2002).

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (1999 citado por ANGULO, 2002), através de pesquisa estimou, em 1999, a população brasileira na ordem de 170 milhões de pessoas, dentre as quais 137 milhões viviam no meio urbano. Através desta estimativa, Angulo et al. (2002) calculou que o Brasil, no mesmo ano da pesquisa, produziu na ordem de $68,5 \times 10^6$ toneladas/ ano, sendo que $65,0 \times 10^6$ toneladas/ ano (ou seja, 95%) poderiam ir para a reciclagem.

Zordan (1997) aponta, na reciclagem de RCD (ou entulho), algumas vantagens:

- Economia na aquisição de matéria-prima, devido à substituição de materiais convencionais, pelo entulho;

- Diminuição da poluição gerada pelo entulho e de suas conseqüências negativas como enchentes e assoreamento de rios e córregos;

- Preservação das reservas naturais de matéria-prima.

Para ele, os RCD podem ser utilizados na base, sub-base ou revestimento primário da pavimentação, na forma de brita corrida, ou ainda em misturas do resíduo com o solo. Segundo ele, as vantagens são:

- Na reciclagem: são as formas que exigem menor utilização de tecnologia e que implicam em menor custo do processo;

- Permitem a utilização de todos os componentes minerais do entulho (tijolos, argamassas, materiais cerâmicos, areia, pedras, etc.), sem a necessidade de separação de nenhum deles;

- Economia de energia no processo de moagem do entulho (em relação à sua utilização em argamassas), uma vez que, usando-o no concreto, parte do material permanece em granulometrias graúdas;

- Possibilidade de utilização de uma maior parcela do entulho produzido, como o proveniente de demolições e de pequenas obras que não suportam o investimento em equipamentos de moagem/ trituração;

- Maior eficiência do resíduo quando adicionado aos solos saprolíticos em relação à mesma adição feita com brita. Enquanto a adição de 20% de entulho reciclado ao solo saprolítico gera um aumento de 100% do CBR, nas adições de brita natural o aumento do CBR só é perceptível com dosagens a partir de 40%.

2.4 Conceito de viabilidade econômica e viabilidade de mercado

Fernandez (1999 citado por NUNES; SILVA; NIGRO, 2007, p. 5-6) diz que a análise de viabilidade econômica deve estabelecer confronto entre o retorno econômico projetado, fundamentado em dados examinados de viabilidade de mercado, com opções de investimento ou com uma taxa mínima de estímulo esperado para o capital investido. Deste modo, o autor ainda relata que a análise de mercado é um dos recursos componentes estruturais de examinação de viabilidade de um negócio no mercado.

Kotler (1980 citado por NUNES; SILVA; NIGRO, 2007, p. 6) relata que são muitas as oportunidades ambientais; já as empresariais limitadas ao campo de ação operacional da empresa, ficam restritas pelo âmbito empresarial, tradição, estratégia ou *know how*⁸ da instituição. Em outras palavras, as suposições admissíveis a serem testadas na análise de viabilidade de mercado devem ter como foco principalmente as oportunidades empresariais.

Para o Instituto Brasileiro de Administração Municipal - IBAM (2007 citado por NUNES; SILVA; NIGRO, 2007, p. 6), os itens principais a serem examinados na análise da viabilidade econômica são:

- a) Produção estimada e preço dos materiais reciclados e do composto orgânico;
- b) Custo total de salários (administrativa, operacional e da manutenção);
- c) Custo total de energia e combustível;
- d) Custo com transportes (se houver) e equipamentos auxiliares (pás mecânicas, microtratores, etc.);
- e) Despesas com manutenção;
- f) Custo com depreciação de equipamentos (IBAM, 2007 citado por NUNES; SILVA; NIGRO, 2007).

⁸ Competência na execução de certas tarefas práticas. Conceito retirado da Enciclopédia e dicionários Porto Editora. Disponível em: <<http://www.infopedia.pt/lingua-portuguesa/know-how>>. Acesso em: 18 abr. 2010.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais empregados

- Planilhas eletrônicas e gráficas gerados pelos softwares Word® e Excel® (Windows XP®);
- Livros e trabalhos acadêmicos sobre o assunto;
- Materiais de papelaria em geral;
- Câmera fotográfica digital marca Samsung Cyber Shot 10.5.

3.2 Métodos empregados

Para elaboração deste trabalho foi empregado o método indutivo, sempre tendo em foco as questões relativas à pavimentação em Botucatu.

Através de pesquisa exploratória, foram observados os funcionários da Prefeitura Municipal de Botucatu que trabalham na pavimentação das vias e com a disposição de entulho. Após a observação, através de anotações, foi escolhida para este caso a técnica de entrevista não estruturada, ou seja, através de um tema central, a conversa foi se desenrolando com os entrevistados e as questões foram sendo elaboradas “in loco”.

Para conseguir informações sobre outras cidades da região, sobre a área de pavimentação, e também obter dados sobre o asfalto borracha (através de empresas especializadas no assunto) foram feitas pesquisas estruturadas, com questionários idênticos,

que permitissem uma categoria de respostas previamente definidas, e a facilidade na análise dos dados.

A maior parte da Revisão Literária, ou seja, citações tanto diretas, como indiretas, foi elaborada através de pesquisa bibliográfica, onde os mais utilizados foram sites de Universidades (entre elas a USP, UNESP, UNICAMP, etc) e sites de órgãos públicos, como a CETESB e Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Botucatu.

Por fim, e não menos importantes, para lapidação e coesão deste trabalho, foram utilizados sites de empresas como a Construagro, além de outros meios como telefones, telefax, sistema de intranet da Prefeitura Municipal de Botucatu: sistema CECAM e outras secretarias como a da Fazenda, para conseguir os dados da arrecadação do município em 2008; da Administração (Garagem Municipal), para a obtenção de informações sobre o consumo de combustível utilizado nos veículos e equipamentos da manutenção e confecção de asfaltos; o Departamento Pessoal para conseguir a quantidade de funcionários da Prefeitura Municipal de Botucatu e a Secretaria do Meio Ambiente para a retirada de dados dos entulhos.

Dos dados colhidos, e após análise, saíram resultados pertinentes que permitissem a conclusão deste trabalho, e a instigação para que outros sejam feitos.

Aqui abre - se uma pequena janela... um pequeno fio de luz, incentivando pessoas a passarem por ela, para abrirem outras maiores...

3.3 Estudo de caso

O presente estudo foi desenvolvido na Prefeitura Municipal de Botucatu, que é responsável pela pavimentação no Município.

3.3.1 História de Botucatu

Botucatu teve origem entre o Ribeirão Lavapés e a Praça do Paratodos, onde ainda existiam aglomerados de indígenas da tribo Caiuá, retireiros e capatazes das fazendas. O nome surgiu da palavra indígena “Ibytu – Katu”, que tem o significado na língua Tupi de “Bons Ares”. No dia 14 de abril de 1.855, o Distrito de Botucatu, por força da Lei Provincial nº 17, é desmembrado do município de Itapetininga e elevado à categoria de Vila (data oficial de comemoração do aniversário da cidade), mas somente através da Lei Provincial nº 18, de 16 de março de 1.876, a Vila foi elevada à categoria de cidade. Desde a divisão territorial

datada de 15 de julho de 1.999, a cidade não sofreu alterações em sua composição. Ela é composta por três Distritos: Botucatu, Vitoriana e Rubião Júnior. As cidades que limitam o município são: Anhembi, Bofete, Pardinho, Itatinga, Avaré, Pratânia, São Manuel, Dois Córregos e Santa Maria da Serra (SUBSECRETARIA DE COMUNICAÇÃO E INFORMAÇÃO, 2010).

Com 130.348 habitantes, segundo o IBGE Cidades (2009), o município de Botucatu é o 10º maior em extensão territorial, entre os 645 municípios paulistas, com uma área de 1.483 quilômetros quadrados.

A cidade localiza – se na região Sudoeste do Estado, a 224,8 quilômetros da cidade de São Paulo. As Rodovias Castelo Branco (SP – 280) e Marechal Rondon (SP – 300) ligam a cidade aos principais centros do país. Outras duas rodovias que interligam o Município a outras cidades são: Geraldo Pereira de Barros e João Melão. Além das rodovias, a hidrovía Tietê – Paraná atravessa Botucatu. O Município dispõe do aeroporto Estadual Tancredo Neves, com pista pavimentada de 1.500 metros, para pouso e decolagem de aeronaves de médio porte e, também, a ferrovia que passa pela cidade tem conexões que chegam aos portos de Santos, Paranaguá e Rio de Janeiro. O marco zero da cidade é a Praça Pedutti (Bosque), com altitudes que varia de 756 metros (baixada, antigo matadouro) a 920 metros (Morro de Rubião Júnior, ponto mais alto). O Município tem precipitação pluviométrica de 1.250 mm anual. É drenado pelas bacias hidrográficas do Rio Tietê, ao norte, com área aproximada de 77.300 hectares e Rio Pardo, ao sul, com área aproximada de 72.100 hectares, além de ser área de recarga do maior reservatório de água doce contínua do mundo, o Aquífero Guarani (SUBSECRETARIA DE COMUNICAÇÃO E INFORMAÇÃO, 2010).

3.3.2 Prefeitura Municipal de Botucatu

A sede da Prefeitura Municipal de Botucatu está situada à Praça Professor Pedro Torres, nº100, Centro de Botucatu, no estado de São Paulo.

Segundo o site do órgão municipal, o primeiro Prefeito da cidade tomou posse no dia 15 de janeiro de 1927. Desde então, até o ano de 2009, já tomaram posse 34 prefeitos.

Hoje a Prefeitura conta com aproximadamente 850 funcionários ativos e 400 inativos, num total aproximado de 1.250 funcionários (SECRETARIA MUNICIPAL DA ADMINISTRAÇÃO: SEÇÃO PESSOAL, 2009).

O ramo de atividade da empresa é prestação de serviços em todas as áreas (saúde, educação, meio ambiente, pavimentação, moradia, limpeza pública, lazer, esportes entre

outros). Não existe seguimento de atuação já que todos os contribuintes, desde o que paga pouco imposto, até o que paga um imposto maior, devem ser atendidos prontamente sem distinção.

Segundo a Secretaria Municipal da Fazenda (2009), em 2008, a arrecadação do Município chegou a R\$ 162.536.000,00 (cento e sessenta e dois milhões quinhentos e trinta e seis mil reais).

3.3.3 Passivos ambientais

3.3.3.1 Destino dos resíduos de construção e demolição (RCD)

A cidade de Botucatu gera, aproximadamente, 75 toneladas por dia de resíduos de construção civil (SITE OFICIAL DA SECRETARIA MUNICIPAL DO AMBIENTE, 2009). Parte destes resíduos é destinada aos bolsões de entulhos (voçorocas) do Município, devidamente licenciados pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente e, posteriormente, com autorização do Estado, preenchidos e recuperados. Parte é jogada em terrenos baldios, tornando-os potenciais locais para foco de vetores e animais. Segundo Victória (2009), em Botucatu, no ano de 2008, foram multados 490 terrenos pela Divisão de Saúde Pública Veterinária Municipal (não se tem dados destes da porcentagem de jogo de entulhos e pneus). No mesmo ano, a Divisão detectou 12 casos de doenças causadas por caramujos, 84 por insetos em geral, 92 por animais peçonhentos, 79 por roedores e 73 por pragas em geral. Victória (2009) diz que estes casos podem ter sido originados por problemas de entulhos e pneus depositados em locais incorretos de maneiras incorretas.

3.4 Pavimentação nas ruas do município

Segundo a Secretaria Municipal de Planejamento (2010), a malha viária do Município é de 535,4 quilômetros, dos quais, 52,6 quilômetros são vicinais asfaltadas e 482,8 são vicinais não asfaltadas, ou seja, aproximadamente 10,9% das vias possuem asfalto no Município.

O responsável pelo asfaltamento das vias (excluindo as rodovias e estradas estaduais), bem como manutenção destas no Município é a Secretaria Municipal de Obras. Um dos dados obtidos nesta secretaria foi o histórico da pavimentação na cidade e o porquê alguns modelos de pavimentos não são mais utilizados. Hoje destacam – se cinco tipos: o bloquete de

concreto, o paralelepípedo, o asfalto de penetração, a pavimentação com massa asfáltica a quente e a pavimentação asfáltica a frio.

3.4.1 Bloquete de concreto

Segundo a Ecopisos Pavimentação (2009), este bloquete tem um formato sextavado, nas dimensões 25 X 25 X 06 cm ou 25 X 25 X 08 cm.

Os procedimentos para a colocação dos bloquetes, relatados pela Secretaria Municipal de Obras: Setor de Pavimentação (2009), eram os seguintes: limpeza das vias, posteriormente, fazia a terraplanagem com 15 centímetros de espessura. Jogava – se a areia. Os bloquetes eram colocados de um a um com martelão. E, finalmente, faziam - se o rejuntamento, que podia ser utilizado com concreto mole (cimento, areia e água), ou asfalto a quente. Segundo a Secretaria Municipal de Obras: Setor de Pavimentação (2009), com 02 funcionários, demoravam - se 15 dias para fazer uma via com 8 metros de largura e 800 metros de comprimento. Devido à demora na colocação, este pavimento foi abandonado há aproximadamente 20 anos. Modelo deste tipo de pavimento, ver Figura 3;

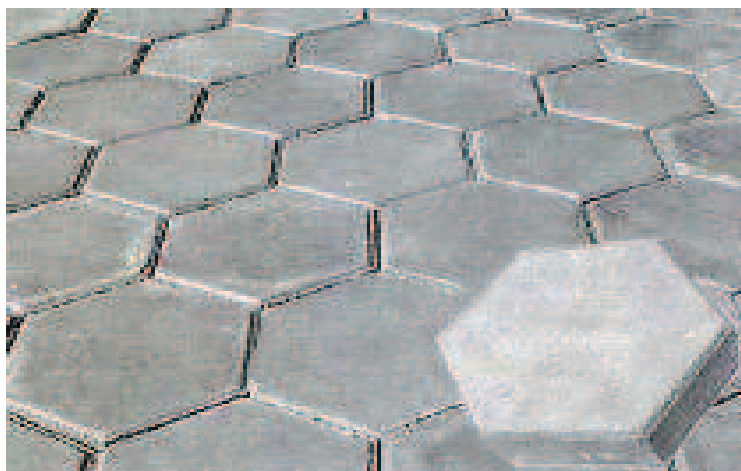


Figura 3 - Modelo de bloquete de concreto
Fonte: Ecopisos Pavimentação (Pavimentação Ecológica), 2009.

3.4.2 Paralelepípedo

Segundo a especificação do Departamento de Infraestrutura de Transportes da Bahia (2001), o paralelepípedo tem o formato retangular, nas medidas de 17 a 23 cm de comprimento X 12 a 15 cm de largura e 11 a 14 cm altura.

Para a Secretaria Municipal de Obras: Setor de Pavimentação (2009) o processo de emprego começa com a limpeza da via. Caso o local tenha guia, é necessário fazer um rebaixe de 17 a 18 cm da via para ser colocado o paralelepípedo; caso contrário, já passa – se para a fase de jogar areia na superfície. Posteriormente, os paralelepípedos são colocados de um a um com martelão e o processo é finalizado com o rejuntamento das bordas com asfalto a quente.

Segundo a Secretaria Municipal de Obras: Setor de Pavimentação (2009), com 02 funcionários, demora - se 15 dias para fazer uma via com 8 metros de largura e 800 metros de comprimento. Apesar de durar mais de 20 anos, seu processo de colocação é bastante demorado, além de o material ter que vir de pedra que agride a natureza. Hoje, o paralelepípedo não é mais utilizado pela Prefeitura no processo de pavimentação de ruas.

A empresa Construagro (2009) defende a implantação dos paralelepípedos para algumas situações de tráfego. Segundo ela, o material é o melhor pavimento para percursos de baixa velocidade, tem maior resistência a cargas pesadas e tem uma durabilidade muito grande. A empresa cita vários locais históricos do mundo que tem este tipo de pavimento a várias centenas de anos. Dentre eles a Praça Vermelha, em Moscou - pavimento em pedra feito provavelmente há 1200 anos, Figura 4, e a Avenida Damrak, centro de Amsterdan - pavimento com mais 350 anos.



Figura 4 - Modelo de paralelepípedo

Fonte: Ecopisos Pavimentação (Pavimentação Ecológica), 2009.

3.4.3 Asfalto de penetração

As especificações da Secretaria Municipal de Obras: Setor de Pavimentação (2009) orientam como primeiro passo a limpeza da área. Posteriormente, seguem – se a terraplanagem de 15 centímetros com pedra nº 04, aplicação de pintura asfáltica a quente, a passagem de rolo vibrador e a colocação de 01 e ½ a 02 cm de pedra nº01 (para fechar as frestas deixadas pelas pedras nº04). Seguem – se a estes procedimentos a aplicação da 2º mão de asfalto quente, a passagem do rolo vibrador, a aplicação de 01 a 01 e ½ cm de pedrisco, a passagem de uma 3ª mão de asfalto e, finalmente, encerra- se o procedimento com pó de pedra. O tempo de cura é de aproximadamente 03 dias. A durabilidade deste pavimento é de 15 a 20 anos. A Secretaria Municipal de Obras: Setor de Pavimentação (2009) relata que devido à demora no tempo de cura, este processo foi abandonado.

3.4.4 Pavimentação com massa asfáltica a quente

Ainda as especificações da Secretaria Municipal de Obras: Setor de Pavimentação (2009) recomendam a limpeza da via (tira - se os matos, nivela - se à área); a terraplanagem com 15 cm de espessura, jogando uma terra de boa qualidade (não pode ser muito arenosa, pois não há a compactação, nem vermelha, se não ela racha); posteriormente, com o caminhão pipa umedece a área com água; aplica- se a emulsão RL1C e finaliza com o esparramamento de massa asfáltica usinada a quente de 02 a 03 centímetros de espessura. O tempo de cura do concreto betuminoso a quente é de 24 horas, com durabilidade de 08 a 15 anos. Atualmente, em Botucatu, este tipo de asfalto é empregado em larga escala.

Segundo a Secretaria Municipal de Obras: Setor de Pavimentação (2009), a Prefeitura Municipal de Botucatu utiliza o concreto betuminoso a quente para pavimentação, tapa buracos e remendos de galerias. A massa asfáltica pré – misturado a frio é utilizada em raros casos (somente quando falta CBUQ e ainda em tapa buracos). A Secretaria Municipal de Obras: Setor de Pavimentação (2009) diz que esta opção foi escolhida, primeiro levando - se em conta o custo financeiro; segundo, a durabilidade da pavimentação. Um terceiro fator levado em consideração por este órgão municipal, e influencia na escolha da massa asfáltica, é a rapidez na pavimentação asfáltica e o tempo de cura para liberação das vias. A ratificação desta verdade é verificada através da falta de sapatas das guias. Apesar da função destas ser proteger os asfaltos das águas, devido à necessidade de rapidez na realização dos trabalhos,

atualmente a Prefeitura Municipal de Botucatu vêm pavimentado as vias com massa asfáltica até a divisa das guias, eliminando - se as sapatas.

Sobre a composição do CBUQ utilizado em Botucatu, a Secretaria Municipal de Obras: Setor de Pavimentação (2009) informou que houve estudos para a composição utilizada atualmente e ressaltou que mudando a composição das massas asfálticas, alteram – se as características do asfalto (*como exemplo, o aumento da espessura do concreto betuminoso a quente nas vias aumenta a vida útil do pavimento, mas provoca um maior desgaste dos pneus aos usuários e também uma maior vibração nas casas*), dando um aumento de qualidade de uma característica, mas em contrapartida, diminuindo a qualidade de outra.

3.4.5 Pavimentação asfáltica a frio:

A Prefeitura Municipal de Botucatu tem uma usina de asfalto pré – misturada a frio, instalada na seção de Artefatos de Concreto (Arcret) da Secretaria de Obras, localizada na Rodovia Marechal Rondon, Km 247, Chácara Santo Antônio.

Construída num terreno de 25.275 metros quadrados e com 213,60 metros quadrados de área construída, a usina recebeu da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) licença de instalação no dia 14/08/2009, mas só começou a funcionar em 2004.

Segundo a Secretaria Municipal de Obras: Arcret (2009) a capacidade da usina é de 20 a 30 toneladas por hora. Os equipamentos que a compõe são os seguintes:

- 01 correia transportadora de 05 CV;
- 01 silo de armazenagem com 03 metros cúbicos;
- 01 silo de armazenagem com 03 metros cúbicos;
- 01 silo de armazenagem com 05 metros cúbicos;
- 01 misturador de 30 CV (com dois silos pequenos);
- 01 bomba centrífuga 1,5CV;
- 01 tanque de 25 mil litros para receber a emulsão RL1C;
- 01 tanque de 15 mil litros para receber a emulsão RL1C;
- 01 tanque para óleo diesel de 60 litros;
- 01 painel de comando.

As Figuras de nº5 ao nº12, representam à usina pré - misturado a frio e foram produzidas durante a coleta de dados do trabalho de campo:



Figura 5 - Usina pré - misturado a frio, mostrando os dois silos onde são colocadas as misturas sem ainda emulsão, 2009.

Figura 06 - Silos onde as misturas (areia, pedrisco e pó de pedra) entram em contato com a emulsão asfáltica RL - 1C, 2009.

Figura 07 - Tanques de 25.000 litros e 15.000 litros para o estoque de emulsão.

Figura 08 - Duas esteiras que transportam o material misturado (areia, pedrisco e pó de pedra) caem nos silos para se unirem a emulsão asfáltica.

Figura 09 - Um dos dois silos, capacidades 3 metros cúbicos e 5 metros cúbicos.

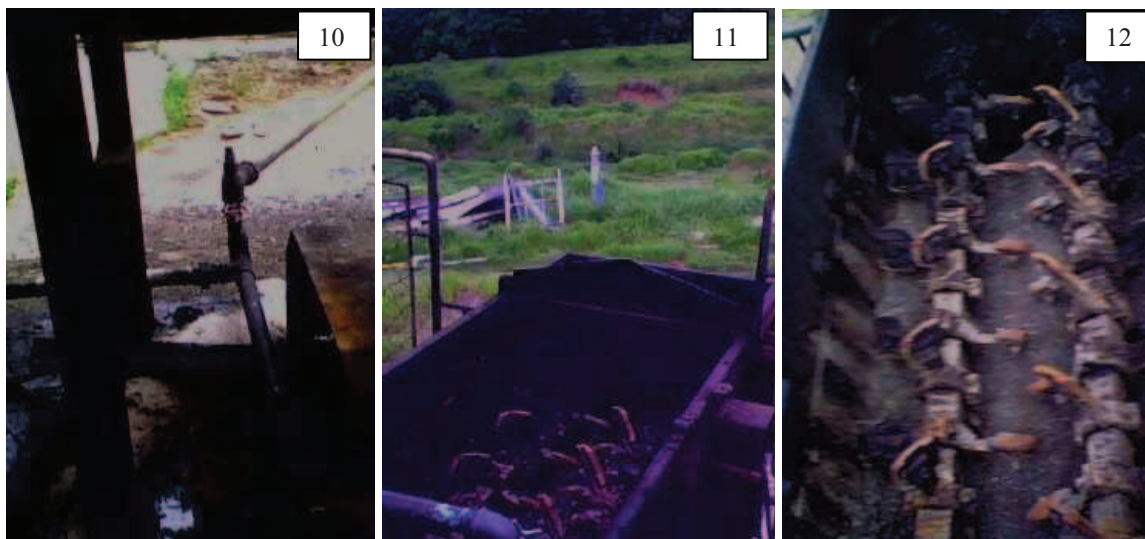


Figura 10 - Caixa de proteção da bomba centrífuga.

Figura 11 - Misturador. Em baixo ficam os caminhões que recebem a massa asfáltica.

Figura 12 - Detalhe do misturador. Neste já vem os compostos da massa asfáltica (pó de pedra, pedrisco, areia e emulsão) onde são misturados. Dependendo da mistura, no olho, o funcionário adiciona ou não água a massa asfáltica.

3.4.5.1 Procedimento no preparo da massa asfáltica a frio na Prefeitura

Segundo a Secretaria Municipal de Obras: Arcret (2009), a capacidade da Usina pré – mistura a frio é de, aproximadamente, 30 toneladas por hora. O processo de fabricação da massa asfáltica começa no chão, quando são misturados a areia, o pedrisco e o pó de pedra. Com uma carregadeira, pega – se esta mistura e a coloca nos silos (cada silo fica uma pessoa). No painel de comando fica um homem para ligar a usina ou desligar, caso seja necessário. Dos silos, através de esteira, o composto (de areia, pedrisco e pó de pedra) vai para o misturador, onde juntam - se com a emulsão RL - 1C (teor de asfalto médio em % de peso de 60%), vinda dos tanques, através de tubos. No misturador fica um homem que controla a espessura da massa asfáltica. Se tiver muito grossa, ele despeja um pouco de água. Após este processo, a massa asfáltica já está pronta e despejada em caminhões que vão para o local onde está sendo solicitada.

A Secretaria Municipal de Obras: Setor de Pavimentação (2009) informa que esta massa asfáltica somente é utilizada para tapas buracos e nunca foi utilizada para fazer pavimentação viária. O primeiro motivo da pouca utilização do PMF, segundo o chefe deste setor, o Sr. José Marchis Filho, é o tempo de cura que leva geralmente 72 horas, contra 24 horas do composto betuminoso usinado a quente. O segundo motivo é a desvantagem da menor resistência da massa asfáltica pré – misturada a frio em relação ao CBUQ: Marchis diz

que é de cerca de 70% inferior devido ao teor de asfalto ser menor. Por estes dois motivos, a Prefeitura Municipal de Botucatu tapa os buracos das vias do município com CBUQ, e a massa asfáltica a frio só é utilizada em casos de extrema emergência (ficando a usina de PMF ociosa às vezes por duas, três ou até mais semanas).

3.4.6 Pavimentação, recapeamento, tapa buracos, remendos em galerias e pintura de ligação

Devido à massa asfáltica CBUQ ser utilizada em pavimentação, recapeamento, tapa buracos e remendos em galerias (exceto para pintura de ligação), não se têm estimativa de quantificação destes processos (exs.: quantos quilômetros de vias foram asfaltados no ano de 2008, quantos tapa buracos foram feitos, ou quanto se usou neles de massa asfáltica CBUQ).

A Secretaria Municipal de Obras: Setor de Pavimentação (2009) informa que em épocas de chuva, aumenta consideravelmente as solicitações de tapa buracos, sobrando pouco tempo para a pavimentação das vias no Município. Já em épocas quando há a ocorrência de pouca chuva, os funcionários deste setor trabalham dois dias por semana para serviços de tapa buracos, remendos em galerias e pintura de ligação e três dias para a pavimentação e recapeamento.

3.4.7 Pavimentação nas ruas das cidades vizinhas

Foram pesquisadas quatro cidades da região, todas fazendo divisas com o município de Botucatu: Itatinga, Pardinho, Pratânia e São Manuel.

As quatro cidades utilizam massa asfáltica CBUQ para o revestimento e recapeamento das vias. Para tapa buracos as prefeituras de São Manuel e Itatinga utilizam CBUQ e as de Pardinho e Pratânia utilizam a PMF⁹. A única cidade que informou o consumo anual de massa asfáltica foi Pratânia: em 2008, utilizou 150 toneladas (somando CBUQ e PMF).¹⁰

⁹ Informações passadas em São Manuel: Fábio Tomazini (Secretaria de Obras); Itatinga: Paulo Sérgio Heliodoro Engenharia); Pardinho: José Raimundo Souza Santos (Garagem Municipal); Pratânia: Fabrício Zerves (VISA).

¹⁰ Sobre a questão das quantidades de quilômetros de revestimentos nas vias, quantia de tapa buracos ou quantidade de remendos feitos, nenhum município respondeu.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultados

4.1.1 Gastos com funcionários e manutenção de equipamentos

Tabela 3 - Estimativa de custo de funcionários do setor de Pavimentação para a Prefeitura.

Função	Quantidade	Valor unitário por mês	Valor total mensal
Braçal	14	R\$ 16.485,00	R\$ 230.790,00
Motorista	06	R\$ 6.900,00	R\$ 41.400,00
Mecânico	01	R\$ 1.150,00	R\$ 1.150,00
Caldeireiro ¹¹	01	R\$ 1.150,00	R\$ 1.150,00
Total.....			R\$ 274.490,00

Fonte: Secretaria Municipal da Administração: Seção Pessoal e Secretaria Municipal de Obras: Setor de Pavimentação, 2009.

Os equipamentos utilizados na pavimentação pela prefeitura são: 05 caminhões basculantes (capacidade de 06 metros cúbicos cada), 01 caminhão pipa; 01caminhão caldeira, 01 pá carregadeira, 01 rolo compactador, 02 acabadoras, Tabela 4.

¹¹ Não existe a função de caldeireiro na Prefeitura, então o salário foi comparado ao da função de mecânico.

Tabela 4 - Estimativa de Custos com manutenção e combustível dos veículos utilizados no Setor de Pavimentação, ano letivo 2008.

Veículo	Valor anual com gastos em manutenção	Valor anual com gastos de combustível	Valor Total anual
Caminhão basculante (CB- 01)	R\$ 2.062,18	R\$ 5.602,52	R\$ 7.664,70
Caminhão basculante (CB- 10)	R\$ 11.348,36	R\$ 11.511,72	R\$ 22.860,08
Caminhão basculante (CB- 14):	R\$ 1.622,00	R\$ 2.632,96	R\$ 4.254,96
Caminhão basculante (CB- 18):	R\$ 2.036,04	R\$ 10.105,48	R\$ 12.141,52
Caminhão basculante (C- 14)	R\$ 3.767,19	R\$ 2.543,20	R\$ 6.310,39
Caminhão pipa (CI- 03):	R\$ 1.585,30	R\$ 4.573,37	6.158,67
Rolo compactador (RC – 03):	R\$ 732,60	R\$ 5.834,40	R\$ 6.567,00
Máquina pá carregadeira (PA – 03):	R\$ 604,00	R\$ 4.637,60	R\$ 5.241,60
Caminhão (CB – 11) ¹²	R\$ 10.213,89	R\$ 5.101,36	R\$ 15.315,25
Total.....			R\$ 86.514,17

Fonte: Secretaria Municipal da Administração: Garagem Municipal, 2009.

Segundo documentos de arquivos internos da Secretaria Municipal da Administração: Garagem Municipal (2009), no ano de 2008, a Prefeitura Municipal de Botucatu teve um gasto, com a manutenção dos equipamentos e consumo de combustível, do Setor de

¹² Não foi possível tirar foto do caminhão prefixo CB – 11 e de uma acabadora, devido os dois estarem em conserto.

Pavimentação de Botucatu, no valor de R\$ 86.514,17 (oitenta e seis mil quinhentos e quatorze reais e dezessete centavos).

As figuras nº 13 ao nº21 são fotos geradas para ilustração deste trabalho e mostram os veículos usados nas pavimentações das vias do Município:



Figura 13 - Caminhão que esparge asfalto – prefixo C – 14, ano de fab. 1986, mod. 1987.

Figura 14 - Caminhão que puxa acabadora – prefixo CB – 14, ano de fab. 1983, mod. 1983.

Figura 15 - Acabadora – prefixo C - 02.

Figura 16 - Caminhão toco – prefixo CB -18, ano de fab. 1994, mod. 1994.

Figura 17 - Pá carregadeira – prefixo PA – 03, ano de fab. 1989.

Figura 18 - Caminhão toco – prefixo CB – 10, ano de fab. 1990, mod. 1990.



Figura 19 - Caminhão toco – prefixo CB – 01, ano de fab. 1991, mod. 1991.

Figura 20 - Caminhão pipa – prefixo CI – 03, ano fab. 1991, mod. 1991.

Figura 21 - Rolo compactador – prefixo RC – 03, ano de fab. 1997.

4.1.2 Asfalto pré - misturado a frio

Segundo o Sr. José Marchis Filho, chefe da Secretaria Municipal de Obras: Setor de Pavimentação (2009), para a produção de aproximadamente 9 toneladas de massa asfáltica a frio são necessários os seguintes materiais:

- Locação mensal da Usina de asfalto= R\$ 2.371,64 (neste caso foi considerado um dia em sua utilização, ou seja, R\$ 2.371,64 / 30 dias = R\$ 79,05 o dia);¹³
- 1600 litros de emulsão RL - 1C= 1,6 toneladas (Preço médio do litro: R\$ 0,472);¹³
- 02 metros quadrados de areia; (Preço do metro quadrado: R\$ 49,80)¹⁴;
- 04 metros quadrados de pedrisco; (Preço do metro quadrado: R\$ 59,00)¹⁴;
- 04 metros quadrados de pó de pedra (Preço do metro quadrado: R\$ 59,00)¹⁴;
- 50 litros de óleo diesel (Preço médio do litro na Prefeitura: R\$ 1,89)¹³;

¹³ Os valores em reais (R\$) foram pesquisados junto ao sistema CECAM da Secretaria Municipal da Fazenda em 2010.

¹⁴ Os valores em reais (R\$) foram pesquisados, em 2010, junto à empresa Vieira Shop, localizada à Rua Major Matheus, nº09, Vila dos Lavradores – Botucatu/ SP.

- Eletricidade (estimativa de 40 CV ou 29,34 KW/h)- Consumo de energia na produção de 9 toneladas (45 minutos), aproximadamente, $29,34 \text{ KW/h} / 4 * 3 = 22,005 * \text{R\$ } 0,35 \text{ o KW} = \text{R\$ } 7,70$ (45 minutos).¹⁵

Computando – se os dados, para fazer 9 toneladas de massa asfáltica a frio a Prefeitura gasta R\$ 1508,05 (mil, quinhentos e oito reais e cinco centavos), portanto, 01 tonelada ficará em R\$ 167,56 (cento e sessenta e sete reais e cinquenta e seis centavos), Tabela 5.

Tabela 5 - Quantidade de componentes utilizados para a confecção de 09 toneladas de asfalto pré – misturado a frio.

Descrição do material	Quantidade	Preço unitário	Preço total
Locação de Usina de Asfalto	01 dia de consumo	R\$ 79,05	R\$ 79,05
Emulsão RL - 1C	1600 li	R\$ 0,472	R\$ 755,20
Areia	02 metros quadrados	R\$ 49,80	R\$ 99,60
Pedrisco	04 metros quadrados	R\$ 59,00	R\$ 236,00
Pó de pedra	04 metros quadrados	R\$ 59,00	R\$ 236,00
Óleo diesel	50 li	R\$ 1,89	R\$ 94,50
Eletricidade	45 minutos	R\$ 0,171	R\$ 7,70
Valor total geral			R\$ 1.508,05
Valor por tonelada	1.508,05/9		R\$ 167,56 ¹⁶

Nota: Os dados da tabela foram gerados dos frutos de pesquisa para elaboração deste trabalho acadêmico

¹⁵ Os valores em reais (R\$) foram pesquisados junto à Secretaria Municipal do Planejamento em 2010.

¹⁶ Não foram computados no valor gastos com funcionários que trabalham no Setor de Pavimentação pois para chegar nos resultados e conclusões deste trabalho não foi necessário alterar o número de a mão de obra utilizada.

4.1.3 Asfalto CBUQ com CAP 50/70

Segundo a Secretaria Municipal da Fazenda (2009), a Prefeitura Municipal de Botucatu (com mão – de – obra própria), em 2008, utilizou aproximadamente, 12.598 toneladas de massa asfáltica usinada a quente (CBUQ com CAP 50/70) nas vias do Município, o equivalente a R\$ 2.302.957,70 (dois milhões, trezentos e dois mil, novecentos e cinquenta e sete reais e setenta centavos). As obras foram de utilização geral: recapeamento, pavimentação, tapa – buracos etc. Para o recapeamento de 110.000 metros quadrados de diversas ruas do Município foram gastas com empresas terceirizadas (sem mão – de – obra da Prefeitura), o valor aproximado de R\$ 3.435.550,10 (três milhões, quatrocentos e trinta e cinco mil, quinhentos e cinquenta reais e dez centavos).

Somando R\$ 2.302.957,70 (dois milhões, trezentos e dois mil, novecentos e cinquenta e sete reais e setenta centavos) + R\$ 3.435.550,10 (três milhões, quatrocentos e trinta e cinco mil e quinhentos e cinquenta reais e dez centavos) = R\$ 5.738.507,80 (cinco milhões, setecentos e trinta e oito mil, quinhentos e sete reais e oitenta centavos). Dividindo este valor pelo valor médio da tonelada de massa asfáltica: R\$ 182,81 (cento e oitenta e dois reais e oitenta e um centavos), a Prefeitura Municipal de Botucatu consumiu no Município, aproximadamente, 31.391 toneladas de massa asfáltica CBUQ.

4.1.4 Passivos ambientais do Município

4.1.4.1 Resíduos de construção e demolição (RCD)

O Site oficial da Secretaria Municipal do Meio Ambiente (2009) informa que já está instalada no Aterro Sanitário de Botucatu, situado à Rodovia Intermunicipal Eduardo Zucari, km 2,5 (14 km do centro urbano), uma usina de entulho com capacidade para processar 200 toneladas por mês.

Segundo a assessora de qualidade ambiental desta secretaria, a Sra. Juliane Bazzo Fumes, 50% dos resíduos de construção civil serão reaproveitados e separados em areia, pedra nº1, pedra nº2 e pedrisco. Estes materiais serão direcionados para a seção Artefatos de Concreto, da Secretaria de Obras, onde serão transformados em bancos, mesas de praças, guias, reaproveitados no Setor de Pavimentação de Botucatu, entre outros. Como a usina de entulhos não consegue processar resíduos como telhas, azulejos, restos de podas, entre outros,

parte dos RCD continuarão indo para os bolsões de entulhos e parte continuarão sendo direcionados ao Aterro Municipal (SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE: DOCUMENTOS DE ARQUIVOS INTERNOS, 2009).

4.2 Discussão

4.2.1 Conceituação

Fernandez (1999 citado por NUNES; SILVA; NIGRO, 2007, p. 5-6) diz que a análise de viabilidade econômica deve estabelecer confronto entre o retorno econômico projetado, fundamentado em dados examinados de viabilidade de mercado, com opções de investimento ou com uma taxa mínima de estímulo esperado para o capital investido.

Para a produção da discussão deste trabalho foi considerado como estímulo esperado, a satisfação do cliente, que é a população. Já as opções de investimento podem ser analisadas sob o foco de aumento na fatia do uso do PMF nas vias de Botucatu e os investimentos no capital humano. O retorno econômico projetado foi examinado sob os pontos de vistas de redução de custos e diminuição da degradação ambiental. Por último, não menos importante, as conclusões foram fundamentadas com base em pesquisas bibliográficas e análises de campo.

A partir destes pressupostos, há a necessidade em se fazer duas considerações:

1^a) Foi entendido como viabilidade econômica a análise do conjunto de interesses econômicos, viáveis ou não, decididos pelos representantes do povo respeitando a legislação jurídica do Estado, ou seja, as economias advindas do povo, administradas pelo poder executivo, fiscalizada por leis, cabendo aos representantes populares gerenciar estes recursos, satisfazendo o melhor possível a expectativa popular, economizando ao máximo (exemplo: extrair o melhor de um produto gastando o mínimo possível).

2^a) O conceito de satisfação do cliente, desde o início dos estudos até a conclusão dos objetivos, está ligado à parte de diminuição da degradação ambiental, redução de custos e interesse em garantir o conceito de finalidade básica de uma via pavimentada, que segundo a *Barber Greene Company* (1963), é suportar as cargas produzidas pelo tráfego, proteger o leito da estrada contra a entrada de água, reduzir a perda dos materiais superficiais, obter uma textura superficial adequada e, finalmente, promover resistência a intempéries.

4.2.2 Comentários gerais

A Secretaria Municipal de Obras: Setor de Pavimentação (2009) relata que a diferença de tempo é muito significativa para a escolha da massa, já que, quanto menor for o prazo para a liberação do tráfego na via, menor será o transtorno causado aos usuários. Outro fator significativo na escolha da massa asfáltica, segundo a mesma secretaria, é a resistência que confere uma maior durabilidade na via. Apoiada nestes dois principais pilares a Prefeitura Municipal de Botucatu pavimenta, recapea e tapa buracos em grande escala nas vias com massa asfáltica CBUQ. Segundo o chefe da Secretaria Municipal de Obras: Setor de Pavimentação (2009), o Sr. José Marchis Filho, o tempo de cura do CBUQ em relação ao PMF é bem menor, 24 horas contra as 72 horas do PMF; além do CBUQ ser mais resistente.

O resultado deste conceito do Município faz com que a massa asfáltica a frio seja utilizada somente em caso de extrema urgência (quando ocorre algum problema, por algum motivo, de indisponibilidade do CBUQ) para tapa buracos. Aqui levanta – se duas observações:

1ª Yoshizane (2001) confirma afirmativa de Marchis, indicando os compostos usinados a quente (CBUQ) para consertos permanentes e a massa pré – misturada a frio (PMF), no caso de reparos de emergência, mas Yoshizane (2001) não cita em seu trabalho que o CBUQ deva substituir o PMF (principalmente no que este é potencialmente bom) como ocorre no Município;

2º. Observa – se a falta de investimentos em atualização de conhecimentos dos funcionários em relação à pavimentação para não desperdiçar os recursos disponíveis (como exemplo, um maior aproveitamento do PMF em operações de tapa – buracos para diminuir os custos com pavimentação já que a usina é dentro do Município e não há necessidade de espera de uma hora e meia para chegar à massa asfáltica, como acontece com o CBUQ, das empresas fornecedoras); ou a incentivação dos mesmos para melhorar o quadro atual existente (como exemplo, a implantação de manutenção preventiva na pavimentação).

4.2.3 Asfalto pré - misturado a frio X CBUQ

Duas empresas, geralmente fornecem CBUQ a Prefeitura Municipal de Botucatu: a Semam Terraplanagem e Pavimentação Ltda., localizada em Barra Bonita/ SP e a empresa Transvale Pavimentação e Terraplanagem Ltda., localizada no Km 232,5 da Rodovia Presidente Castelo Branco, no Distrito do Lobo, em Itatinga.

Estimativas da Secretaria Municipal de Obras: Setor de Pavimentação (2009) dizem que no caso destas duas empresas (levando – se em conta a distância, entre o ponto de saída e da chegada, condições de tráfego, tempo de parada, tempo de carregamento e velocidade indicada nas vias) o CBUQ demora em média uma hora e meia para chegar ao local. Neste é feito o transbordo em caminhões menores, no caso da operação tapa buracos, ou vai direto para as acabadoras quando se trata de vias a serem asfaltadas ou recapeadas.

A Secretaria Municipal de Obras: Setor de Pavimentação (2009) não tem controle da temperatura que chega do CBUQ para ser usado nas vias e também não mede a temperatura na pista, quando este está sendo colocado. Moraes et al. (2007) contra indica este procedimento, já que, para ele a temperatura da mistura pode influenciar no composto betuminoso usinado a quente (CBUQ). Se este não for implantado na temperatura ideal, a superfície da via, gerada através deste composto, acaba não atendendo a maior parte de suas funções, portanto, não é errado falar que a via está defeituosa.

Para diminuir parte deste problema, em curto prazo, o CBUQ deveria ser substituído pelo PMF em situações em que este resolva (como, por exemplo, buracos menores que 04 centímetros). Devido a produção deste composto ser em temperatura ambiente, ele não necessita de aquecimento, podendo ser aplicado neste tipo de temperatura. Com as quantidades certas dos componentes, além de boa qualidade destes; com um rigoroso controle na sua aplicação, o PMF é um excelente substituto de baixo custo, sem contar que, diferentemente do CBUQ, o pré - misturado a frio pode ficar estocado dias antes de sua aplicação.

A economia que a Prefeitura Municipal de Botucatu poderá ter por tonelada substituindo o CBUQ pelo PMF é de R\$ 15,25 (quinze reais e vinte e cinco centavos). Enfatizando que no futuro custará menos, devido os materiais pedrisco e areia (que entram na composição da PMF) serem fornecidos gratuitamente pela usina de entulho, quando esta entrar em funcionamento. Neste caso, o valor em relação ao composto betuminoso usinado a quente ficará menor em R\$ 52,54 (cinquenta e dois reais e cinquenta e quatro centavos) por tonelada, Tabela 6.

Tabela 6 - Diferença de valores (em R\$) com gastos de 01 tonelada em massa asfáltica no município de Botucatu – 2009

PMF	PMF com parte dos materiais vindos da Usina de entulho da Prefeitura Municipal de Botucatu (areia e pedrisco) - em fase de licenciamento.	CBUQ comprada de empresa terceirizada
R\$ 167,56	R\$ 130,27	R\$ 182,81

Nota: Os dados da tabela foram gerados dos frutos de pesquisa para elaboração deste trabalho acadêmico

Infelizmente, não se registram dados, na Secretaria Municipal de Obras, sobre a quantidade de painéis, trincas, exsudações, asfaltamento, entre outros problemas nas vias no Município. Portanto, não dá para mensurar a economia que o PMF dará à Prefeitura Municipal de Botucatu, utilizando - o em problemas que ele é potencialmente favorável. Mas fatalmente, já que há a usina de PMF no Município, há a necessidade de uma melhor variação no uso deste recurso, além de situações de extrema urgência, pois cálculos atuais indicam que esta massa, em relação ao CBUQ, possibilitará uma grande economia aos cofres públicos.

5 CONCLUSÕES

5.1 Dados gerais

É de conhecimento notório que o modal rodoviário é o principal meio de transporte de pessoas e produtos em terras tupiniquins. Por este motivo, deveria ser obrigatório que as vias passassem periodicamente por processos de manutenção e revitalização para diminuir o tempo com o deslocamento e também o gasto com manutenção de veículos (sempre bom lembrar que estes processos devem sempre ter em vista a menor degradação ao meio ambiente).

Atualmente, segundo a CNT (2010), 45,9% das rodovias brasileiras estão com pavimento regular, ruim ou péssimo.

5.2 Cidade de Botucatu

A cidade não tem dados atuais concretos sobre a estrutura que envolve os serviços feitos nas vias do Município.

A pavimentação das vias até a divisa das guias (eliminando as sapatas que protegem os revestimentos asfálticos das águas); a falta de um número mais efetivo de funcionários que trabalham com pavimentação, além do investimento na reciclagem dos conhecimentos dos que já trabalham; a falta de equipamentos, e muitas vezes de conhecimento de alguma especificação do produto que na hora da aplicação, compromete a qualidade das vias asfálticas, fazem com que os serviços de pavimentação de vias não asfaltadas sejam lentos, e as que são, tenham um tempo de vida útil aquém do esperado. Além dos custos altos deste “círculo vicioso” com o “apagamento de fogo” de vias que deveriam ter um tempo de vida

maior e a lentidão na construção de vias pavimentadas, o consumidor final, que é o usuário, acaba pagando a mais com manutenção do seu veículo por causa das más condições da via.

O concreto betuminoso a quente (CBUQ) é o produto carro chefe no município de Botucatu, tanto para pavimentação, como recapeamento, como a tapagem de buracos, entre outros. Para Couto et al. (2004) as propriedades fundamentais deste composto são: durabilidade, flexibilidade, estabilidade e resistência ao deslizamento e, segundo a Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas (2003), ele pode ser utilizado como revestimento, base, regularização ou reforço do pavimento. Apesar destas qualidades, para mante-las no pavimento é necessária uma devida atenção na temperatura ótima exigida pelo CBUQ na hora de sua aplicação.

O município de Botucatu não tem este cuidado, mas deveria, principalmente pelo prazo de viagem deste produto ser em média de uma hora e meia, da empresa que o confecciona até o local onde ele será utilizado.

Segundo Maia (2002) mesmo que o teor de ligante esteja atendendo ao projeto desenvolvido corretamente no laboratório, na hora da aplicação, se o CBUQ estiver acima da temperatura ótima pode ocorrer um excesso de ligante, provocando exsudação (fluimento do asfalto). Abaixo da temperatura ótima, causa envelhecimento prematuro. As figuras nº 22 e nº 23 ilustram bem as conseqüências de uma aplicação da massa CBUQ fora da temperatura ideal:

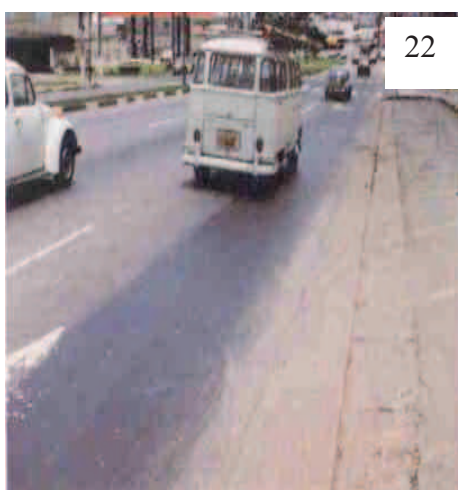


Figura 22 - Exsudação¹⁷.

Fonte: Departamento de Estradas e Rodagem do Paraná (2008).

¹⁷ A foto mostra o excesso de ligante localizado em forma de manchas mais escuras na pista de rolagem, resultando em uma superfície lisa e escorregadia.



Figura 23 - Trincas em blocos: a foto revela o nível de severidade média.¹⁸

Fonte: Departamento de Estradas e Rodagem do Paraná (2008).

5.3 CBUQ x PMF x economia x meio ambiente

O presente trabalho revelou um mau aproveitamento dos recursos disponíveis no município de Botucatu, com a larga utilização do CBUQ e um inexpressivo aproveitamento do PMF, além de um ótimo potencial para diminuição de entulho e da degradação ao meio ambiente.

Um aproveitamento maior do PMF, já que temos a usina de asfalto para confeccioná-lo, reduziria os custos com pavimentação, diminuiria a agressão ao meio ambiente, devido o PMF ser confeccionado a temperatura ambiente, e com o funcionamento da usina de entulho, haveria um aproveitamento de parte dos resíduos de construção civil, diminuindo o passivo ambiental no Município, sem contar que acima da temperatura de 10 C° ou ausência de chuvas, o PMF pode ser aplicado sem restrição alguma, diferente do CBUQ que exige uma temperatura ótima.

Omena (2010) diz que as qualidades do PMF e do CBUQ são parecidas. A única vantagem que o último leva em relação ao primeiro é o tempo de liberação da pista, que para Omena (2010) pode demorar uma hora contra até 72 horas do PMF.¹⁹

¹⁸ Trincas com severidade média têm abertura média entre 5 a 20 mm. As trincas em blocos podem ter como causa o endurecimento (envelhecimento) e contração térmica do revestimento asfáltico e contração de bases tratadas com cimento ou com utilização de solos tropicais.

¹⁹ O tempo varia de acordo com o serviço que for fazer na superfície de rolamento (demora - se mais para fazer um recapeamento na via do que o reparo de um buraco).

No caso do Município de Botucatu, o PMF poderia ser melhor aproveitado em vias da periferia com pouco tráfego, além de buracos menores que 04 centímetros, obras de galeria, deixando o CBUQ para vias bastantes elevadas, principalmente na área central.

O aumento da utilização do PMF traria benefícios como economia de tempo, já que a usina que o confecciona fica dentro do município de Botucatu; custos de aquisição menores que o do CBUQ, já que o PMF é 8,33% mais barato que o concreto betuminoso a quente e com o repasse do pedrisco e a areia pela usina de entulho a economia aumentaria para 27,64% e, também, uma menor degradação do meio ambiente. Omena (2009) explica que o PMF é menos agressivo ao meio ambiente do que o CBUQ, pois trabalha com sua mistura em temperatura ambiente. Já o CBUQ é produzido através de altas temperaturas exigindo um maior gasto com energia elétrica que advém de recursos naturais.

5.4 Considerações finais

Além da otimização da utilização das massas asfálticas CBUQ e PMF, o município de Botucatu necessita de uma equipe responsável pela concretização, atualização e desenvolvimento de dados referentes à pavimentação. Como exemplos podem ser citados:

- A quantidade de gastos com massa asfáltica destinada à pavimentação, ou recapeamento, ou tapas buracos, entre outros;
- Tipo de massas asfálticas (recursos disponibilizados no momento: CBUQ ou PMF) que podem ser utilizadas para determinada situação;
- Pesquisa da viabilidade de utilização de outro tipo de massa asfáltica;
- Estudos de economia de custos com o Setor de Pavimentação;
- Menor degradação do meio ambiente;
- Monitoramento das vias, para a intervenção de uma manutenção preventiva, que evitaria o desenvolvimento da gravidade do pavimento, trazendo economia aos cofres públicos.

REFERÊNCIAS

AMBIENTE: classificação, 2009, Curitiba: Transresíduos. Disponível em: <<http://www.transresiduos.com.br/ambiente.html>>. Acesso em: 27 nov. 2010.

ANGULO, S. C. et al. Desenvolvimento de novos mercados para a reciclagem massiva de RCD. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 5.; 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IBRACON CT-206/IPEN, 2002. Disponível em: <<http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/NOVOS%20MERCADOS%20RCD%20II.pdf>>. Acesso em: 8 ago. 2010.

ARAÚJO, Maria P. **Infraestrutura de transporte e desenvolvimento regional: uma abordagem de equilíbrio geral inter – regional**. 2006. 115 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2006.

BAHIA (Estado). DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES DA BAHIA. **DERBA – ES – P - 20/ 01: pavimentação em paralelepípedos**. Salvador, 2001.

BARBER GREENE COMPANY. **Manual de pavimentação betuminosa**. Tradução de: Beatriz de Aguiar Piza. São Paulo, 1963. Original inglês.

BOTUCATU (Município). Secretaria Municipal da Administração: Garagem Municipal. **Documentos de arquivos internos**. Botucatu, 2009.

BOTUCATU (Município). Secretaria Municipal da Administração: Seção Pessoal. **Documentos de arquivos internos**. Botucatu, 2009.

BOTUCATU (Município). Secretaria Municipal da Fazenda. **Sistema Cecam: contabilidade 2009**. Botucatu, 2009. Intranet.

BOTUCATU (Município). Secretaria Municipal de Obras: Arcret. **Documentos de arquivos internos**. Botucatu, 2009.

BOTUCATU (Município). Secretaria Municipal de Obras: Setor de Pavimentação: **Documentos de arquivos internos: José Marchis Filho e Wilson Theodoro**. Botucatu, 2009.

BOTUCATU (Município). Secretaria Municipal de Planejamento. **Documentos de arquivos internos**. Botucatu, 2010.

BOTUCATU (Município). Secretaria Municipal do Meio Ambiente: **Documentos de arquivos internos**: Juliane Bazzo Fumes. Botucatu, 2009.

BOTUCATU (Município). Secretaria Municipal do Meio Ambiente. **Site oficial**: Resíduos sólidos: resíduos da construção civil. Botucatu, 2009. Disponível em: <http://www.ambientebotucatu.sp.gov.br/detalhe_dpto.asp?id=4>. Acesso em 15 mai. 2010.

BOTUCATU (Município). Subsecretaria de Comunicação e Informação. **Site oficial**: dados gerais. 2010. Disponível em: <<http://www.botucatu.sp.gov.br/dadosgerais/#>>. Acesso em: 23 ago. 2010.

BRASQUÍMICA PRODUTOS ASFÁLTICOS LTDA. **Concreto asfáltico pré – misturado a frio**. Candeias, BA., 2010. Disponível em: <http://www.brasquimica.com.br/misturado_a_frio.html>. Acesso em: 26 mai. 2010.

BRITO, J.A. Cidade versus entulho. In: **SEMINÁRIO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL**, 2., 1999, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Comitê Técnico CT206 Meio Ambiente, IBRACON, 1999. p.56-67.

CÂMARA AMBIENTAL DA CONSTRUÇÃO (CAC). **Áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos**: Critérios para projeto, implantação e operação, São Paulo, p. 9, 2002.

CAREY, W. N.; IRICK, P. E. The pavement serviceability: **Performance concept Highway Research Bulletin**, Washington, D. C., n. 250, 1960.

CARNEIRO, A. P. et al. Caracterização do entulho de Salvador visando a produção de agregado reciclado. In: **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENTAC 2000 – Modernidade e Sustentabilidade**, 7., 2000, Salvador. **Anais...** Salvador, 2000. CD - ROM.

CARNEIRO, F. P. **Diagnóstico e ações da atual situação dos resíduos de construção e demolição na cidade do Recife**. 2005. 132 f. Dissertação (Mestrado em Resíduos da Construção) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2005.

CASTRO, N. Comércio interno e custos de transporte. In: Caixeta- Filho, J.V.; Martins, R. S. (Org.). **GESTÃO LOGÍSTICA DO TRANSPORTE DE CARGA. Anais...** São Paulo: Editora Atlas, 2001. p. 60 - 87.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Programa de controle de poluição do ar por veículos automotores: Associação dos Engenheiros da CETESB.** São Paulo, p. 1-23, 2002.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº307:** Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, DF, 2002. Disponível em:
<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 2 abr. 2010.

CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES. **Atlas do transporte:** malha rodoviária. 1. ed. Brasília, DF: CNT, 2006. Disponível em:
<<http://www.cnt.org.br/informacoes/pesquisas/atlas/2006/>>. Acesso em: 13 mar. 2010.

CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES. **Pesquisa CNT de rodovias 2010:** Principais dados. Brasília, DF, 2010. Disponível em:
<http://www.sistemacnt.org.br/pesquisacntrodovias/2010/arquivos/pdf/principais_dados.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2010.

CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES. **Pesquisa rodoviária 2007:** conclusão. Brasília, DF, 2007. Disponível em:
<<http://www.cnt.org.br/informacoes/pesquisas/rodoviaria/2007/>>. Acesso em: 11 set. 2010.

CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA. A rota do caos. **Revista do Confea**, Brasília, DF, n. 13, jan. – fev. – mar. 2003. Disponível em:
<http://www.confea.org.br/revista/materias/edicao_13/materia_02/materia.asp>. Acesso em: 23 ago. 2010.

CONSTRUAGRO: Construção civil – Agronegócio. **Site de promoção da empresa.** São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.construagro.com.br/loja/produto-102704-3070-paralelepipedo__paralelepipedo_novo__paralelepipedo_usado__ecopisos_pavimentao__pavimentacao_ecologi>. Acesso em: 27 nov. 2009.

COUTO, A. et al. **Revestimentos Usinados a frio e a quente:** concreto betuminoso usinado a quente (cbuq), concreto asfáltico (Ca), lama asfáltica. Rio Grande, RS: Fundação Universidade do Rio Grande, 2004. 1-52 p. Disponível em:
<<http://www.dmc.furg.br/disp04091/trabalho/grupo%2004.pdf>>. Acesso em: 02 mai. 2010.

DAVID, R. K. **Contribuição à escolha modal no transporte de carga: um modelo de decisão baseado nos custos operacionais de transportes terrestres.** 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Programas de Pós Graduação da CAPES, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

DISBRAL – DISTRIBUIDORA BRASILEIRA DE ASFALTO. **Cbuq: concreto betuminoso usinado a quente.** Aparecida de Goiânia, GO, [entre 1991 e 2010]. Disponível em: <<http://www.disbral.com.br/site/index.php?p=28>>. Acesso em: 15 fev. 2010.

ECOPIOSOS: pavimentação ecológica. **Site de promoção da empresa.** São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.ecopisos.net/357/index.html>>. Acesso em: 27 nov. 2009.

FERNANDES JÚNIOR, J. L.; ODA, S.; ZERBINI, L. F. **Relação entre a manutenção e reabilitação de pavimentos e os sistemas de gerência.** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Transporte, Universidade de São Paulo, 1999.

FRANCISCO, W. de C. Geografia Física do Brasil. **Brasil Escola.** Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/brasil/area-brasil.htm>>. Acesso em: 23 nov. 2009.

GIOPATO, D. 40 anos infraestrutura – à beira de um apagão. **O Carreteiro**, São Paulo, n. 431, set., 2010. Disponível em: <<http://www.revistaocarreteiro.com.br/modules/revista.php?recid=902&edid=79>>. Acesso em: 18 dez. 2010.

GIUBLIN, C. R. **Diretrizes para o planejamento de canteiros de obra de pavimentação de concreto.** 2002. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil)- Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

GONÇALVES, J. M. F.; MARTINS, G. Raio x da produção, investimento e participação dos modais de transportes. **Revista Engenharia**, São Paulo, p. 137 – 141, 2009. Disponível em: <http://www.brasilengenharia.com.br/ed/591/Eng_Transporte_I.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2009.

HAAS, R.; HUDSON, W.R.; ZANIEWSKI, J. **Modern Pavement Management.** Krieger Publishing Co. Malamar, Florida, 1994.

IBGE CIDADES. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 29 nov. 2009.

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA (IME)- Seção de Engenharia de Fortificação e Construção, Laboratório de Ligantes e Misturas Betuminosas, **Tipos de Pavimentos**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em:

<http://transportes.ime.eb.br/MATERIAL%20DE%20PESQUISA/LABOTATORIO/LAB%20LIGANTES/02_tipos_de_pavimento.htm>. Acesso em 7 mar. 2009,13:17:30.

IPIRANGA ASFALTOS. **Base de dados: citações em internet**. Rio de Janeiro, 2010.

Disponível em: <<http://www.estradas.com.br/faq/ipiranga.asp>>. Acesso em: 22 ago. 2010.

KARTAM, N. et al. Environmental management of construction and demolition waste in Kuwait. **Waste Management**, v. 24, p. 1049 – 1059, 2004.

LUFT, C.P. **Minidicionário LUFT**. 20. ed. São Paulo: Editora Ática, 2000.

MAIA, C. A. de S. Técnicas de auditoria para obras rodoviárias. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE AUDITORIA DE OBRAS PÚBLICAS, 7., 2002, Belo Horizonte. **Anais eletrônicos...**Belo Horizonte: Presidência da República: Corregedoria-Geral da União: Secretaria Federal de Controle Interno: Corregedoria- Geral da União em Minas Gerais. 2002. Disponível em:

<http://www.ibraop.org.br/site/media/sinaop/07_sinaop/tecnicas_auditoria_obras_rodoviarias.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2010.

MATTOS, L. B. R. **A importância do setor de transportes na emissão de gases do efeito estufa - o caso do município do Rio de Janeiro**. 2001. 222 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

MERIGHI, J.V.. **Curso: Estradas II estruturas de pavimento**. São Paulo: 2004. Disponível em: <http://meusite.mackenzie.com.br/pavimento/PDF/Estradas_2_Aula_01.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2009.

MORAES, L. et al. Avaliação do emprego de misturas asfálticas a frio em serviços de manutenção de pavimentos. In: SEMINÁRIO ESTUDANTIL DE PRODUÇÃO ACADÊMICA, 2007 [S.l]: **Anais...** Salvador: Universidade Salvador - Unifacs, 2007. Disponível em: <<http://www.revistas.unifacs.br/index.php/sepa/article/view/37/31>>. Acesso em: 02 mai. 2010.

NUNES, D. M.; SILVA, M. R. da.; NIGRO, I. S. C. A energia que move a produção: um diálogo sobre integração, projeto e sustentabilidade. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27.; 2007, Foz de Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2007. p.5-6.

OMENA, W. **RES: Pergunta Prefeitura Municipal de Botucatu** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <juniormeioambiente@yahoo.com.br>. Acesso em: 02 dez. 2009.

PARANÁ (Estado). Departamento de Estradas de Rodagem. **Métodos de levantamentos de defeitos superficiais de pavimentos**. Paraná, 2008. Disponível em: <<http://www.der.pr.gov.br/arquivos/File/EncontrosTecnicos/3encontroTecnico/MetodosdeLevantamentosdeDefeitos.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2010.

PARANÁ (Estado). Departamento de Estradas de Rodagem. **Pré – misturado a frio: especificação técnica DER/ PR ET – DE - P00/ 025**. Paraná, 2006. Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/ET-DE-P00-025_A.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2010.

PARANÁ (Estado). Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano: Serviço Social Autônomo. **Relatório técnico geral final do programa Paraná urbano**. Curitiba, 2000. 8 p.

PEREIRA, A. L. **Apostila da disciplina análise de operações logísticas, do curso de mestrado**. Rio de Janeiro: PET/COPPE/UFRJ, 2005.

PIRES, B. P. Cidadania, Desenvolvimento Urbano, Transporte e Trânsito. **Revista da ANTP**, n.77, p. 1 – 5, 1997.

PITTA, M. R.; MARCIANO JÚNIOR, E. Construção e reabilitação de pavimentos: concreto e meio ambiente. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 31., 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: 1998. p.665-685.

REVISTA SUPERINTERESSANTE. **Como surgiu?** 223. ed. [S.l]: Editora Abril, 2006. Disponível em: <http://super.abril.com.br/superarquivo/2006/conteudo_428935.shtml>. Acesso em: 16 nov. 2009.

RIBEIRO FILHO, A. A. et al. Solução em pré - misturado a frio (pmf) como alternativa para recapeamento em concreto betuminoso usinado a quente (cbuq). In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 36., 2005, Curitiba. **Anais...**Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2005.

RIO DE JANEIRO (Estado). Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos: procedimento DNER - PRO 07/ 94**. Rio de Janeiro, 1994.

RIO DE JANEIRO (Estado). Departamento Nacional de Estradas de Rodagem: Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico: Divisão de Capacitação Tecnológica do Rio de Janeiro. **Pavimentação – pré misturado a frio com emulsão asfáltica por polímero**: procedimento DNER - ES390/ 99. Rio de Janeiro, 1999. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/normas/DNER-ES390-99.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2010.

RODRIGUES, P. R. A. **Introdução aos sistemas de transporte no Brasil e à Logística internacional**: transportes – um fator de custo. 2. ed. São Paulo: Edições Aduaneiras Ltda., 2002, 176 p.

SERGIPE (Estado). Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas (CEHOP). **PAVIMENTAÇÃO com concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ)**. Aracajú, 2003. Disponível em: <<http://200.199.118.135/orse/esp/ES00199.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2010.

SILVEIRA, L. A. X. da. **Contribuição para um modelo de seleção de revestimentos de pavimentos em ambientes urbanos (caso Curitiba)**. 2003. 1 f. Dissertação (Pós Graduação em Construção Civil)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

SOUZA, J. C. C.; SCHROEDER, E. M.; CASTRO, J. C. Transporte e energia na década de 90. **Informe Infra – Estrutura**, Rio de Janeiro, n. 7, p. 1 – 6, jun. 1997.

TRAUMANN, T. Ambiente: a fumaça mostra a conta. **Época On Line**: Ciência e Tecnologia. São Paulo, n. 180, out. 2001.

UNITED BUSINESS MEDIA LIMITED (UBM). ,Intermodal South America: sua estrada para bons negócios. **Ampliando horizontes e fortalecendo negócios**. Alphaville, p.1, 2009. Disponível em: <<http://www.intermodal.com.br/enews/2009/02/imd0902.html>>. Acesso em: 6 mar. 2010.

VICTÓRIA C. **RES: Pergunta à Divisão Municipal de Saúde Pública Veterinária** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <juniormeioambiente@yahoo.com.br>. em: 10 jun. 2009.

YOSHIZANE, H. P. **Manual de trabalhos preparatórios e terraplanagem**: defeitos, manutenção e reabilitação de pavimentos asfálticos. Limeira: UNICAMP, 2001.

ZORDAN, S.E. **A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto**. 1997. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)– UNICAMP, Campinas, 1997.

APÊNDICE

Questionário feito às prefeituras da região para saber um pouco sobre a pavimentação nestes municípios. Ressalta – se o interesse pela massa asfáltica pré – misturada a frio, pois temos a usina que a faz e poderíamos comercializar o produto nestas cidades.

- 1) Há algum dado de quantos quilômetros foram feitos de asfaltos nas vias do Município? Favor informar também a quantidade de remendos utilizados em tapa buracos e recapeamento?
- 2) Qual o tipo, ou os tipos de massas asfálticas utilizadas em vosso Município?
- 3) Quantas toneladas de massa asfáltica foram gastas no ano de 2008? Caso vossa cidade utilize mais de uma, favor especificar a quantidade utilizada de cada massa.
- 4) Para colocação da massa asfáltica os funcionários são de empresa terceirizada ou da Prefeitura? Quanto é gasto com eles e manutenção das máquinas para asfaltar?
- 5) Nome e cargo da pessoa que respondeu

Botucatu, 15 de dezembro de 2010.

Paulo Stanley Júnior

De acordo,

Prof. Ms. Ivan Fernandes de Souza

Botucatu, 15 de dezembro de 2010.

Prof^a. Ms. Bernadete Rossi Barbosa Fantin