

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL

CINTHIA KAORI YABE NABESHIMA
KÁTIA ORSOLIN
RAFAEL KRESKO XAVIER DOS SANTOS

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS DE PAVIMENTAÇÃO
URBANA BASEADOS EM CONCRETO ASFÁLTICO E BLOCOS DE
CONCRETO INTERTRAVADOS (*PAVERS*)**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2011

CINTHIA KAORI YABE NABESHIMA
KÁTIA ORSOLIN
RAFAEL KRESKO XAVIER DOS SANTOS

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS DE PAVIMENTAÇÃO
URBANA BASEADOS EM CONCRETO ASFÁLTICO E BLOCOS DE
CONCRETO INTERTRAVADOS (*PAVERS*)**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Projeto Final, do Curso de Engenharia de Produção Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Orientador: Prof. Dr. José Alberto Cerri
Co-orientador: Prof. Dr. Aduino José Miranda de Lima

CURITIBA
2011

À nossas famílias que sempre foram nosso refugio e nos mostraram o significado de amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradecemos às cidades que disponibilizaram tempo e informações para conseguirmos realizar este projeto. São elas: Araraquara (SP), Betim (MG), Campina Grande do Sul (PR), Campo Grande (MS), Canoas (RS), Ceceres (MT), Cianorte (PR), Colombo (PR), Cláudia (MT), Curitiba (PR), Indaial (SC), Itabaiana (SE), Mogi das Cruzes (SP), Osasco (SP), Patos de Minas (MG), Piracicaba (SP), Ponta Grossa (PR), Porto Alegre (RS), Porto Seguro (BA), Santana do Livramento (RS), São Bento do Sul (SC), São Mateus (ES), São Vicente (SP) e Vitória (ES).

Também para a conclusão deste trabalho, agradecemos ao Engenheiro Gustavo de Miranda Viana por auxiliar na obtenção de dados essenciais.

A todos os nossos amigos, somos gratos pelos momentos felizes e tristes compartilhados. O contato pode não ser tão freqüente, mas o carinho continua imenso.

Aos nossos amores por saberem compreender os momentos de ausência em função deste trabalho e, mesmo assim, nos darem apoio e carinho sempre.

Por fim, agradecemos às nossas famílias por sempre terem as palavras certas para todos os momentos e nos educarem para superarmos mais esta etapa. São nos pequenos gestos diários transmitindo segurança, conforto e tranquilidade que percebemos a importância dos nossos familiares.

“Quando se sonha sozinho é apenas um sonho. Quando se sonha juntos é o começo da realidade.”

(SAAVEDRA, Miguel de Cervantes, 1605)

RESUMO

NABESHIMA, Cinthia K. Y.; ORSOLIN, Kátia; SANTOS, Rafael K. X. dos. **Análise Comparativa Entre Sistemas de Pavimentação Urbana Baseados em Concreto Asfáltico e Blocos de Concreto Intertravados (*Pavers*)**. 2011. 122 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Engenharia de Produção Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

O objetivo deste trabalho é realizar uma análise comparativa de pavimentação urbana utilizando blocos de concreto intertravados (*pavers*) e concreto asfáltico. Após estudar as características técnicas de cada sistema de pavimentação, foram enviados questionários para secretarias de prefeituras a fim de estudar os motivos da pouca aceitação do *paver*. Além disto, foi realizada uma pesquisa de valores para a execução da pavimentação utilizando mão-de-obra própria e também por empreitada com a finalidade de verificar qual dos sistemas apresenta custo menor de execução. Concluiu-se que blocos intertravados de concreto e asfalto são soluções que podem ser utilizadas em conjunto, cada qual destinado para sua melhor aplicação: *pavers* em vias coletoras e locais e o concreto asfáltico em vias de trânsito rápido e arteriais.

Palavras-chave: Análise Comparativa. Pavimentação Urbana. Bloco Intertravado de Concreto. *Paver*. Asfalto.

ABSTRACT

NABESHIMA, Cinthia K. Y.; ORSOLIN, Kátia; SANTOS, Rafael K. X. dos. **Comparative Analysis Between Urban Pavement Systems Based on Asphalt Concrete and Interlocking Concrete Blocks**. 2011. 122 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Engenharia de Produção Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

The present project objective is to produce a comparative analysis between two alternatives for urban paving, the former employing interlocking concrete blocks and the latter asphalt concrete, as outcome. Based on studies of these paving systems technical characteristics, questionnaires have been sent to municipal paving departments in order to evaluate the reasons for poor acceptance of the paver technique. Additionally, it has been conducted a pricing research considering a paving job, which dispends of own hand labor and outsourced equipments, to determine the lower cost execution alternative. It was concluded that interlocking blocks of concrete and asphalt are both solutions that can be employed in urban paving, however demanding considerations about the traffic volume.

Keywords: Comparative Analysis. Urban Pavement. Interlocked Concrete Block. Paver. Asphalt.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Camadas que compõe o pavimento.....	16
Figura 2.2 – Exemplo de estrutura de pavimento com revestimento asfáltico	18
Figura 2.3 – Exemplo de estrutura de pavimento de blocos intertravados de concreto	19
Figura 2.4 – Assentamento mecanizado de pavers	22
Figura 2.5 – Assentamento mecanizado de pavers utilizado na Holanda	23
Figura 2.6 – Modelos de assentamentos de pavers: (a) fileiras; (b) trama; e (c) espinha-de-peixe.....	23
Figura 2.7 – Intertravamento horizontal.....	24
Figura 2.8 – Formatos típicos dos pavers com intertravamento horizontal: (a) Classe A; (b) Classe B; e (C) Classe C.....	25
Figura 2.9 – Exemplos de pavers de intertravamento vertical.....	25
Figura 2.10 – Intertravamento vertical.....	26
Figura 2.11 – Intertravamento rotacional ou de giração	26
Figura 2.12 – Estrada de paver em QwaQwa, Phuthaditjhaba, África do Sul	28
Figura 2.13 – Rodovia de Paraguayo, Guanacaste.....	29
Figura 2.14 – Centro da Cidade de Medellín, Colômbia	29
Figura 2.15 – Exemplo de usina de reciclagem.....	37
Figura 2.16 – Exemplo de reciclagem <i>in situ</i>	37
Figura 2.17 – Preparo da caixa da base	38
Figura 2.18 – Esparrame da primeira camada do material de enchimento	39
Figura 2.19 – Irrigação para penetração do material de enchimento	39
Figura 2.20 – Execução da pintura de ligação ou imprimadura	40
Figura 2.21 – Exemplo de esquema de produção de asfalto	45
Figura 4.1 – Vista do Prédio Histórico Redesenhado na Rua XV de Novembro em Blumenau.....	59
Figura 4.2 – Vista de um cruzamento executado com paver em Blumenau.	59

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1 – Classificação das cidades de acordo com o número de habitantes	50
Gráfico 4.2 – Classificação das cidades de acordo com a unidade federativa.....	51
Gráfico 4.3 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 01 (histórico do município na utilização de <i>pavers</i> de ruas)	51
Gráfico 4.4 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 02 (tipos de vias em que o <i>paver</i> foi utilizado)	53
Gráfico 4.5 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 03 (motivos para não utilizar o <i>paver</i> em vias de trânsito rápido e arteriais)	54
Gráfico 4.6 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 04 (registro das experiências com o uso de <i>pavers</i> em pavimentação de vias públicas.....	55
Gráfico 4.7 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 05 (estudo comparativo entre os dois sistemas de pavimentação)	56
Gráfico 4.8 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 06 (vantagens da utilização do <i>paver</i>)	57
Gráfico 4.9 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 06 (desvantagens da utilização do <i>paver</i>)	61
Gráfico 4.10 – Distribuição das indústrias de <i>pavers</i> com Selo ABCP por Estado....	62
Gráfico 4.11 – Distribuição das indústrias de <i>pavers</i> com Selo ABCP por região.....	63
Gráfico 4.12 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 08 (ensaios tecnológicos para controle de compactação do solo)	64
Gráfico 4.13 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 09 (método de execução da pavimentação com <i>pavers</i>)	65
Gráfico 4.14 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 11 (problemas que foram observados)	66
Gráfico 4.15 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 12 (método executivo)	67
Gráfico 4.16 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 13 (outros usos do <i>paver</i> além de pavimentação de vias).....	68
Gráfico 4.17 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 14 (razões para não utilizar o <i>paver</i> em pavimentação de vias)	69
Gráfico 4.18 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 15 (realização de estudo preliminar ou participação em evento relacionado ao tema)	70
Gráfico 4.19 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 16 (intenção de uso após comprovação das vantagens do <i>paver</i> a longo prazo)	71
Gráfico 4.20 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 17 (intenção de uso após comprovação da redução das ilhas de calor e aumento na permeabilidade do solo)	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Classificação das vias e parâmetros de tráfego	20
Quadro 2.2 – Pesos por metro quadrado e aplicações dos paver comerciais	30
Quadro 2.3 – Quadro de diagnósticos - “The feverchart”	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Malha viária por tipo de pavimento em Curitiba (2007)	14
Tabela 2.1 – Faixa granulométrica recomendada para a camada de assentamento (areia) das peças.....	21
Tabela 2.2 – Comparativo entre distâncias de frenagem em pavimento flexível e pavimento intertravado	28
Tabela 2.3 – Granulometria especificada para agregados graúdo e miúdo	33
Tabela 2.4 – Granulometria especificada para <i>filler</i>	34
Tabela 3.1 – Pavimentação intertravada de blocos de concreto sobre coxim de areia – unidade: m ²	47
Tabela 3.2 – Concreto asfáltico para aplicação em pavimentação usinado a quente – preparo e aplicação – unidade: m ³	47
Tabela 3.3 – Imprimação ligante betuminosa para pavimentação – unidade: m ²	48
Tabela 3.4 – Encargos Sociais / PR (2011).....	48
Tabela 3.5 – Piso salarial dos trabalhadores da construção civil / PR – SINTRACON	49
Tabela 4.1 – Composição de custos para o pavimento intertravado (mão-de-obra própria).....	73
Tabela 4.2 – Composição de custos para o pavimento intertravado (mão-de-obra terceirizada)	74
Tabela 4.3 – Composição de custos para o pavimento asfáltico (mão-de-obra própria).....	74
Tabela 4.4 – Composição de custos para a imprimadura de ligação para pavimento asfáltico (mão-de-obra própria)	75
Tabela 4.5 – Composição de custos para o pavimento asfáltico (mão-de-obra terceirizada)	76
Tabela 4.6 – Composição de custos para a imprimadura de ligação para pavimento asfáltico (mão-de-obra terceirizada).....	77

LISTA DE SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CA	Concreto Asfáltico
CAP	Concreto Asfáltico de Petróleo
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
DER	Departamento de Estradas de Rodagem
DETRAN	Departamento de Trânsito
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EAP	Emulsão Asfáltica de Petróleo
ES	Especificação de Serviço
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICP	<i>Interlocking Concrete Institute</i>
IPPUC	Instituto de Pesquisa de Planejamento Urbano
ISC	Índice de Suporte Califórnia
NBR	Norma Brasileira
PMC	Prefeitura Municipal de Curitiba
SGM	Secretaria do Governo Municipal
SINDUSCON	Sindicato das Indústrias da Construção Civil
SINTRACON	Sindicato dos Trabalhadores da Construção Civil
SMA	<i>Stone Matrix Asphalt</i>
TCPO	Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivo.....	15
1.2 Justificativa	15
2 A PAVIMENTAÇÃO URBANA NO BRASIL	16
2.1 Pavimentos de Vias Públicas	16
2.1.1 Camadas que Compõe o Pavimento	16
2.1.2 Classificação dos Pavimentos Segundo o Tráfego	19
2.2 Pavimentos Semi-rígidos	20
2.2.1 Estruturas do Pavimento com Blocos Intertravado de Concreto (<i>Pavers</i>)	20
2.2.2 Paginação dos Blocos Intertravados de Concreto	23
2.2.3 Tipos de Intertravamento dos Blocos Intertravados de Concreto.....	24
2.2.4 Conservação e Manutenção	26
2.2.5 A Utilização de Blocos Intertravados de Concreto na Pavimentação de Ruas e Rodovias.	27
2.2.6 Normas Técnicas de Peças de Concreto para Pavimentação	29
2.2.7 Aspectos Ambientais.....	30
2.3 Pavimentos Flexíveis	31
2.3.1 Ligantes Asfálticos	31
2.3.2 Agregados.....	33
2.3.3 Tipos de Revestimentos Asfálticos	35
2.3.4 Técnicas Executivas	37
2.3.5 Conservação e Manutenção	41
2.3.6 Técnicas de Restauração de Pavimentos.....	43
2.3.7 Aspectos Ambientais.....	44
3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	46
3.1 Questionário	46
3.2 Análise econômica	46
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	50
4.1 Questionário	50
4.1.1 Cidade que Utilizam ou já Utilizaram o Pavimento de Blocos Intertravados de Concreto.....	52
4.1.1.1 Pergunta 02: tipos de vias em que o <i>paver</i> foi utilizado	53
4.1.1.2 Pergunta 03: motivos para não utilizar o <i>paver</i> em vias de trânsito rápido e arteriais	53
4.1.1.3 Pergunta 04: registro das experiências com o uso de <i>pavers</i> em pavimentação de vias públicas.....	55
4.1.1.4 Pergunta 05: estudo comparativo entre os dois sistemas de pavimentação	56
4.1.1.5 Pergunta 06: vantagens e desvantagens da utilização do <i>paver</i>	56
4.1.1.6 Pergunta 07: manutenção dos pavimentos intertravados	64
4.1.1.7 Pergunta 08: ensaios tecnológicos para controle de compactação do solo.....	64
4.1.1.8 Pergunta 09: método de execução da pavimentação com <i>pavers</i>	65
4.1.1.9 Pergunta 10: custo de execução do pavimento intertravado	65
4.1.1.10 Pergunta 11: problemas que foram observados	66
4.1.1.11 Pergunta 12: método executivo.....	67
4.1.1.12 Pergunta 13: outros usos do <i>paver</i> além da pavimentação de vias	67

4.1.2 Cidade que Nunca Utilizaram o Pavimento de Blocos Intertravados de Concreto.....	68
4.1.2.1 Pergunta 14: razões para não utilizar o <i>paver</i> em pavimentação de vias ...	69
4.1.2.2 Pergunta 15: realização de estudo preliminar ou participação em evento relacionado ao tema.....	70
4.1.2.3 Perguntas 16 e 17: intenção de uso após comprovação de vantagens.....	71
4.2 Análise Econômica	72
4.2.1 Composições de Custos para o Pavimento Intertravado	73
4.2.2 Composições de Custos para o Pavimento Asfáltico.....	74
5 CONCLUSÃO	78
SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	80
REFERÊNCIAS.....	81
ANEXO I – QUESTIONÁRIO	84
ANEXO II – RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO.....	87

1 INTRODUÇÃO

Dados divulgados pelo Instituto de Pesquisa de Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC, 2007) mostram que em aproximadamente 10% das vias urbanas da capital paranaense é utilizado apenas saibro, como mostra a Tabela 1.1.

Tabela 1.1 – Malha viária por tipo de pavimento em Curitiba (2007)

Tipos de Pavimento em metros	Ano	
	2.007	
	Metros (m)	%
Anti-Pó (TSB – Tratamento Superficial Betuminoso)	2.441.268,00	54,42
Anti-Pó em Ocupação Irregular	27.703,87	0,62
Asfalto	1.436.465,83	32,02
Asfalto - Concreto	3.060,62	0,07
Asfalto em Ocupação Irregular	386,79	0,01
Blocos de Concreto (Pavers)	5.934,43	0,13
Calçadão	3.411,41	0,08
Concreto Rolado	5.787,34	0,13
Paralelepípedo	32.342,59	0,72
Saibro	453.537,00	10,10
Saibro em Ocupação Irregular	76.040,85	1,70
Total	4.485.938,72	100,00

Fonte: PMC/SGM, IPPUC/Geoprocessamento (2007) adaptada

Também se pode observar que a porcentagem de vias pavimentadas com asfalto é aproximadamente 250 vezes maior que a porcentagem de vias pavimentadas com blocos de concreto.

Nos locais onde não há pavimentação urbana, os moradores sofrem com problemas tais como:

- ausência de serviços de saneamento básico, como água encanada, coleta de esgoto e drenagem de águas pluviais;
- ausência de linhas regulares de ônibus e transporte escolar;

- carência de atendimentos emergenciais, devido à dificuldade de acesso à ambulâncias e bombeiros;
- carência de segurança, devido à dificuldade de acesso à polícia motorizada;
- ausência de serviços como gás, entrega de alimentos e água;
- excesso de lama e/ou pó;
- falta de acessibilidade à portadores de necessidades especiais;
- maior probabilidade de ocorrências de doenças respiratórias, devido ao pó, tais como asma, bronquite, e rinite; e doenças causadas pela falta de saneamento, como amebíase, diarreia e leptospirose.

Embora o pavimento asfáltico seja praticamente um padrão nas cidades brasileiras, o sistema baseado em blocos de concreto intertravados é utilizado em algumas cidades do Brasil. Em outros países, como por exemplo, a África do Sul, desde os anos de 1990 utilizam-se blocos de concreto inclusive para a pavimentação de rodovias.

1.1 Objetivo

O objetivo deste trabalho é realizar uma análise comparativa de pavimentação urbana utilizando blocos de concreto intertravados e concreto asfáltico.

1.2 Justificativa

Uma vez que os recursos para execução e manutenção dos pavimentos urbanos têm origem nos impostos pagos pela população, há necessidade de que estudos demonstrem os parâmetros técnicos e econômicos (embora outros de caráter histórico e cultural também devam ser considerados). Além disto, as vantagens e desvantagens dos sistemas de pavimentação urbana também devem ser demonstradas, contribuindo assim para tomadas de decisão do poder público.

2 A PAVIMENTAÇÃO URBANA NO BRASIL

2.1 Pavimentos de Vias Públicas

Segundo Júnior (1992), os pavimentos de vias públicas são constituídos por estruturas que apresentam diversas camadas com espessuras específicas e executadas após a terraplenagem. As estruturas e o revestimento têm como finalidade resistir aos esforços (verticais, horizontais e tangenciais) decorrentes do tráfego de veículos e dos efeitos das intempéries, além de proporcionar aos usuários conforto, segurança e economia.

2.1.1 Camadas que Compõe o Pavimento

Bernucci *et alii* (2007) afirma que a análise da estrutura do pavimento irá depender da espessura e rigidez de cada camada, além da interação entre elas, tornando possível excluir alguma delas.

Os pavimentos são compostos basicamente pelas camadas: subleito, reforço de subleito, se necessário, sub-base, base e revestimento (JÚNIOR, 1992). Estas camadas são apresentadas na Figura 2.1.

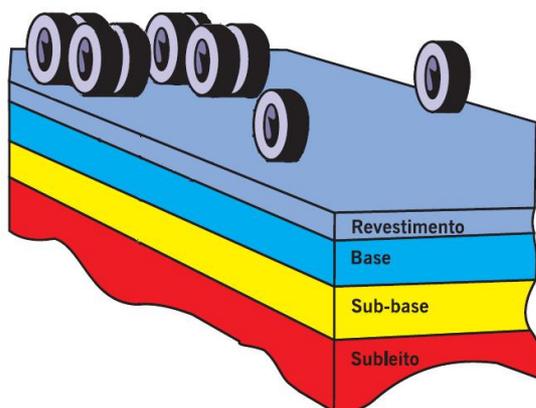


Figura 2.1 – Camadas que compõe o pavimento
Fonte: Bernucci *et alii* (2007, p. 10) adaptada

Júnior (1992) define o subleito como a camada de fundação do pavimento. Esta camada deve ser regularizada e compactada, respeitando as cotas do projeto, antes da execução das camadas posteriores. Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (2010), o solo utilizado não deve ser expansivo. Para isso,

Carvalho (1998) apresenta como parâmetro para determinação da capacidade de suporte de um solo compactado o Índice de Suporte Califórnia (ISC).

O ensaio do ISC realizado em laboratório é normatizado pela NBR 9895/87 e tem como objetivo determinar a expansão do solo. Este ensaio consiste na relação entre a pressão necessária para produzir uma penetração de um pistão de diâmetro padronizado no corpo de prova de solo e a pressão necessária para produzir a mesma penetração numa mistura padrão de brita estabilizada granulometricamente.

A ABCP (2010) afirma que a realização correta deste ensaio tem como objetivo, quando forem utilizados estes parâmetros na execução, proporcionar uma camada firme, sobre a qual as demais camadas possam ser compactadas, além de ter papel decisivo no estabelecimento da capacidade estrutural do pavimento.

Júnior (1992) afirma que caso o valor do ISC do subleito natural seja inferior ao descrito em projeto, é necessária a execução de uma camada de reforço cujo material apresente capacidade de suporte superior ao do subleito de projeto.

Para Carvalho (1998), é aconselhável que esta camada de reforço tenha espessura aproximada de 30 cm e com ISC no mínimo cinco pontos percentuais superior ao do subleito.

A definição de sub-base, segundo Júnior (1992), é a camada complementar à camada de base, executada após o subleito ou reforço de subleito quando houver. De acordo com Fioriti (2007), a sub-base poderá ser de material granular, como solo-brita ou outro solo escolhido.

O material de sub-base também deverá ser definido pelo valor de ISC mínimo necessário, que, juntamente com a espessura da camada, será função do tráfego e das condições de suporte de subleito (CARVALHO, 1998).

Já a base é a camada destinada a receber e distribuir uniformemente os esforços oriundos do tráfego sobre o qual se executa o revestimento (MACIEL, 2007).

Segundo a ABCP (2010), os materiais granulares utilizados tanto para a camada de base quanto para a sub-base deverão ser preferencialmente pétreos, como, por exemplo, bica corrida, brita graduada e cascalho. Esta indicação ocorre, pois estes materiais apresentam poucos problemas na execução das camadas, caso tenham sido corretamente especificados.

O revestimento é a camada responsável por receber diretamente os esforços provenientes do tráfego de veículos, além de estar suscetível à ação dos

agentes climáticos, tais como sol, chuva e variações de temperatura. Outras atribuições desta camada é proporcionar conforto e segurança aos usuários, além de proteger as camadas anteriores por meio da impermeabilização do pavimento (BERNUCCI *et alii*, 2007).

Segundo Bernucci *et alii* (2007), esta camada é responsável por absorver esforços de compressão e tração causados pela flexão, diferentemente das outras camadas que são submetidas principalmente à compressão.

Esta é a última camada do pavimento, apresentando características diferentes para cada tipo de revestimento, conforme as definições de Júnior (1992):

- nos revestimentos flexíveis enquadram-se todos os revestimentos que apresentam betume em sua composição, tais como asfalto, emulsão asfáltica e alcatrão. Podem ser encontrados nos tipos anti-pó, tratamento superficial e misturas betuminosas;
- nos revestimentos semi-rígidos estão incluídos os revestimentos compostos por blocos, geralmente utilizados em calçamento, tais como peças pré-moldadas de concreto, paralelepípedos e peças pré-moldadas de cerâmica. O revestimento semi-rígido mais comum é o com peças pré-moldadas de concreto.

Na Figura 2.2 é apresentado um exemplo de estrutura de um pavimento com revestimento flexível e na Figura 2.3 com revestimento semi-rígido.

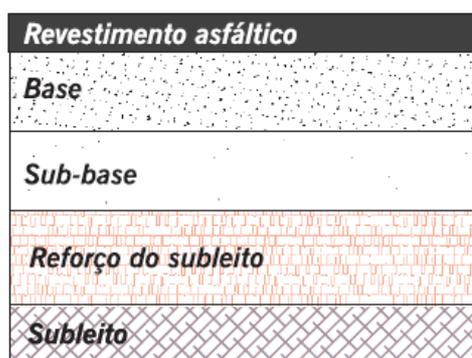


Figura 2.2 – Exemplo de estrutura de pavimento com revestimento asfáltico

Fonte: Bernucci *et alii* (2007, p. 338)

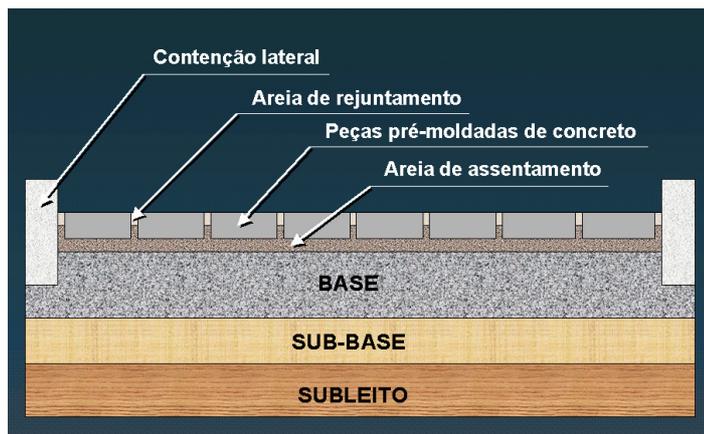


Figura 2.3 – Exemplo de estrutura de pavimento de blocos intertravados de concreto

Fonte: Hallack (1998) *apud* Muller (2005, p. 19)

Segundo Maciel (2007) as espessuras destas camadas irão depender das seguintes características:

- intensidade do tráfego que circulará sobre o pavimento;
- características do terreno de fundação;
- qualidade dos materiais constituintes das demais camadas.

Em geral, a seleção dos materiais utilizados nestas camadas depende das propriedades de cada um quando estão compactados, tais como boa resistência a compressão e tração, baixa deformação permanente e permeabilidade à água, coerente com seu papel estrutural (BERNUCCI *et alii*, 2007).

2.1.2 Classificação dos Pavimentos Segundo o Tráfego

“Os pavimentos podem ser classificados em função do tipo do tráfego diário: muito leve, leve, médio, pesado e muito pesado.” (JÚNIOR, 1992)

As definições de cada um destes tipos de tráfego, ainda segundo Júnior (1992), são as seguintes:

- muito leve: o fluxo de veículo é de até três veículos comerciais por dia;
- leve: o fluxo de veículos é de até cinquenta veículos comerciais por dia;
- médio: o fluxo de veículos é entre 51 e 400 veículos comerciais por dia;
- pesado: o fluxo de veículos é entre 401 e 2000 veículos comerciais por dia;
- muito pesado: o fluxo é acima de 2001 veículos comerciais por dia.

No Quadro 2.1 são apresentados os parâmetros para a classificação de vias de acordo com o tráfego.

Função Predominante	Trafego Previsto	Vida de Projeto (anos)
Via local residencial	Leve	10
Via coletora secundária	Médio	10
Via coletora principal	Meio Pesado	10
Via arterial	Pesado	12
Via arterial principal	Muito Pesado	12

Quadro 2.1 – Classificação das vias e parâmetros de tráfego

Fonte: Prefeitura de São Paulo – IP 02 (2004)

De acordo com o DETRAN-PR (2002) as vias urbanas são as ruas, avenidas ou demais caminhos abertos à circulação pública localizadas dentro das cidades e podem ser classificadas em: local, coletora e arterial. Abaixo segue a descrição de cada uma destas vias, ainda segundo o DETRAN-PR (2002):

- local: destinada ao acesso local e a áreas restritas, não possuem semáforos e a velocidade máxima permitida é de 30 km/h;
- coletora: distribui o trânsito na entrada e saída de vias arteriais e a velocidade máxima permitida é de 40 km/h;
- arterial: fornece acesso às vias coletoras e locais, sendo geralmente controlada por semáforos, e a velocidade máxima permitida é de 60 km/h;

2.2 Pavimentos Semi-rígidos

2.2.1 Estruturas do Pavimento com Blocos Intertravado de Concreto (*Pavers*)

O pavimento de blocos intertravados de concreto é composto, geralmente, pelos seguintes elementos: subleito, sub-base, base, confinamentos (contenção lateral), camada de assentamento, e camada de rolamento, conforme já mostrado no item 2.1.1.

As camadas do subleito, sub-base e base devem obedecer aos critérios apresentados no item 2.1.1. Já as camadas superiores, características dos pavimentos de blocos intertravados, devem ser executadas conforme as recomendações apresentadas nos itens a seguir.

O pavimento intertravado deve obrigatoriamente possuir confinamentos que evitem o deslizamento e a perda do intertravamento dos blocos. A ABCP (2010) divide os confinamentos em dois tipos: os externos, que rodeiam o pavimento em seu perímetro (normalmente, sarjetas e meios-fios), e os internos, que rodeiam os elementos que se encontram dentro do pavimento (bocas-de-lobo, canaletas, jardins, etc.).

Ainda de acordo com a ABCP (2010), os confinamentos devem ser executados antes da camada de assentamento de maneira a formar uma caixa para a areia e os blocos. A condição ideal é que o confinamento seja de parede vertical no contato com os pavers e sejam firmes, de modo a não ocorrer desalinhamentos.

A camada de assentamento é a camada responsável por fornecer a regularidade final desejada ao pavimento. De acordo com Beaty (1992) *apud* Cruz (2003):

- No momento da compactação da peça pré-moldada de concreto, parte da areia do colchão deverá ser capaz de preencher as juntas na parte inferior das peças iniciando o processo de intertravamento;
- Fornecer um suporte homogêneo para as peças assentadas evitando a concentração de tensão em uma determinada área, que poderia causar deterioração ao pavimento;
- Fornecer uma superfície lisa onde as peças podem ser assentadas;
- Acomodar as possíveis diferenças de espessuras das peças e desníveis da base permitindo a regularização final do pavimento. (BEATY, 1992 *apud* CRUZ, 2003, p. 20)

Segundo Carvalho (1998), a camada de assentamento deve ser composta de areia, contendo no máximo 5% de silte e argila (em massa) e, no máximo, 10% de material retido na peneira de 4,8 mm de abertura, como mostra a Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Faixa granulométrica recomendada para a camada de assentamento (areia) das peças.

Abertura da peneira (mm)	Porcentagem que passa, em massa (%)
9,50	100
4,80	95 a 100
1,20	50 a 85
0,60	25 a 60
0,30	10 a 30
0,15	5 a 15
0,075	0 a 10

Fonte: Carvalho (1998, p. 13)

Carvalho (1998) sugere que a espessura da camada de areia, após a compactação, possua entre 3 cm e 5 cm. Também recomenda que, após o

nivelamento da camada, não haja circulação de pessoas nela, uma vez que toda irregularidade reflete-se na superfície de rolamento. Sendo assim, muitos dos defeitos prematuros dos pavimentos intertravados estão relacionados com má qualidade de execução da camada de assentamento (FIORITI, 2007).

Já a camada de rolamento é a camada composta pelas peças pré-moldadas de concreto. A colocação das peças deve ser feita evitando-se o deslocamento das peças já assentadas, bem como irregularidades na camada de assentamento, de modo que a distância entre os blocos seja de 2 a 3 mm (CARVALHO, 1998).

Após o assentamento dos pavers, deve ser iniciado o adensamento das peças, a ser realizado com um compactador de placa vibratória, o qual deve ser aplicado até que seja obtida uma superfície nivelada.

Realizada a compactação inicial, uma camada de areia fina deve ser espalhada sobre a superfície de blocos para a realização do rejuntamento. Recomenda-se a utilização de vassouras para facilitar a penetração da areia nas juntas, garantindo maior travamento dos blocos de concreto (GODINHO *et alii*, 2002).

Após uma nova compactação, o pavimento pode ser liberado para o tráfego. Fioriti (2007) enfatiza que em países em que a pavimentação com blocos intertravados de concreto é praticada há mais tempo, o assentamento dos pavers é muitas vezes realizado por meio de equipamentos automatizados. Em poucos locais no Brasil são utilizados equipamentos similares ao apresentado na Figura 2.4, enquanto no exterior já existem máquinas mais modernas como a mostrada na Figura 2.5.



Figura 2.4 – Assentamento mecanizado de pavers

Fonte: <http://www.liderpav.com.br/processo.asp> (Acesso em 17/05/2011)



Figura 2.5 – Assentamento mecanizado de pavers utilizado na Holanda
Fonte: http://www.tiger-stone.nl/index.php?option=com_content&view=article&id=47&Itemid=55 (Acesso em 19/11/2011)

2.2.2 Paginação dos Blocos Intertravados de Concreto

A Figura 2.6 ilustra três modelos tradicionais de assentamento de pavers retangulares: espinha de peixe, fileiras e trama.

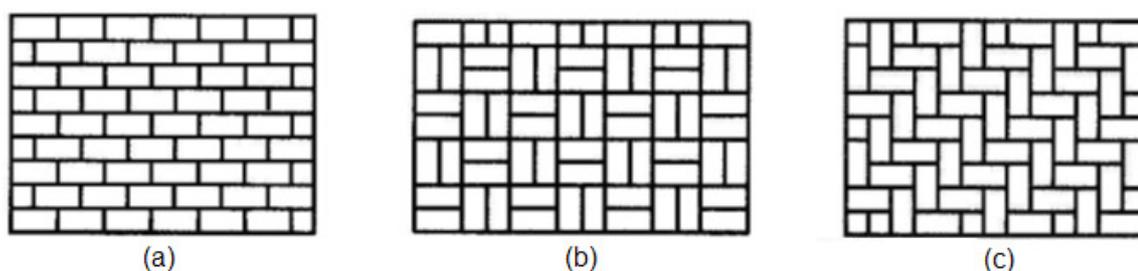


Figura 2.6 – Modelos de assentamentos de pavers: (a) fileiras; (b) trama; e (c) espinha-de-peixe
Fonte: Cruz (2003, p. 19)

De acordo com Cruz (2003), não há consenso entre os pesquisadores sobre a influência do formato dos pavers na durabilidade dos pavimentos intertravados. Por outro lado, há concordância com relação ao fato de que o arranjo influencia no desempenho dos pavimentos, uma vez que o sentido do tráfego de veículos é decisivo no estudo da tendência de deslocamento dos blocos.

Cruz (2003) recomenda que, segundo o boletim técnico nº 4 do *Interlocking Concrete Institute* (ICP), em áreas de tráfego veicular seja utilizado o tipo de arranjo

espinha-de-peixe, pois ele apresenta maiores níveis de intertravamento e conseqüente melhor desempenho estrutural.

2.2.3 Tipos de Intertravamento dos Blocos Intertravados de Concreto

O bloco intertravado de concreto pode apresentar diferentes tipos de movimento, aos quais deve apresentar resistência horizontal, vertical, e rotacional / giração. Para que o *paver* possa atingir o travamento adequado, a execução do pavimento deve apresentar os seguintes tipos de intertravamento: horizontal, vertical e rotacional / giração.

Cruz (2003) afirma que o travamento horizontal, que impossibilita a peça de deslocar-se horizontalmente, está diretamente relacionado ao formato dos blocos de concreto e ao modelo de assentamento escolhido. Estas características influenciam na distribuição dos esforços de cisalhamento horizontal sob a atuação do tráfego, principalmente nos momentos de aceleração e frenagem dos veículos. Um esquema das ações envolvidas no intertravamento horizontal é apresentado na Figura 2.7.

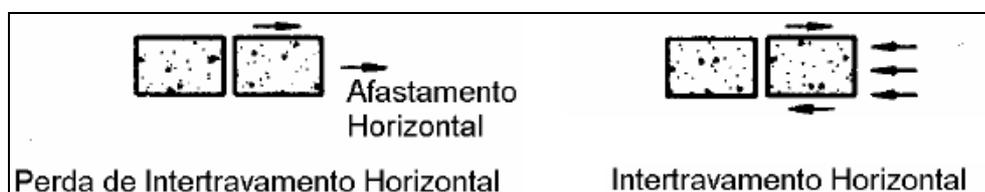


Figura 2.7 – Intertravamento horizontal

Fonte: ICPI nº 4 (2002) *apud* Cruz (2003, p. 14)

Os blocos intertravados de concreto mais conhecidos e utilizados são considerados de intertravamento horizontal. Segundo Cruz (2003), o custo de sua fabricação é menor do que o de blocos de outros grupos, além de possuir um sistema de assentamento bem simplificado. Hallack (2001) *apud* Fioriti (2007) ainda divide os pavers com intertravamento horizontal em três classes, os quais podem ser visualizados na Figura 2.8:

1. classe A: pertencem a esta classe os blocos que se entrelaçam nas quatro faces laterais. Possuem relação comprimento/largura igual a dois (geralmente possuem 20 cm de comprimento e 10 cm de largura). Podem ser assentados facilmente com uma mão em fileiras ou espinha-de-peixe;

2. classe B: os blocos desta classe possuem dimensões e proporções semelhantes aos da classe A, porém se entrelaçam apenas em duas das faces laterais. Também podem ser assentados com apenas uma das mãos, porém apenas em fileiras;
3. classe C: por possuírem peso e dimensões superiores aos demais, os blocos desta classe não podem ser assentados com apenas uma das mãos. Possuem formatos geométricos característicos e são assentados seguindo-se sempre o mesmo padrão.

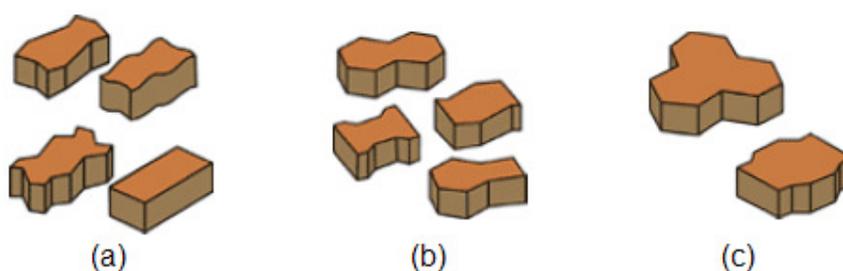


Figura 2.8 – Formatos típicos dos pavers com intertravamento horizontal: (a) Classe A; (b) Classe B; e (C) Classe C

Fonte: Hallack (2001) *apud* Fioriti (2007, p. 26)

Já o intertravamento vertical, segundo Cruz (2003), que impossibilita os pavers de moverem-se no sentido vertical, pode ser obtido de duas maneiras:

1. por meio da absorção dos esforços de cisalhamento pelo rejuntamento de areia e a estabilidade estrutural das camadas inferiores, principalmente do colchão de areia;
2. por meio de blocos com formatos especiais e encaixes do tipo macho-fêmea, os quais possibilitam a distribuição dos esforços para as peças vizinhas. Por possuírem uma geometria complexa, como pode ser observado na Figura 2.9, são mais difíceis de executar se comparados com os blocos de intertravamento horizontal (SHACKEL, 1990 *apud* FIORITI, 2007).



Figura 2.9 – Exemplos de pavers de intertravamento vertical

Fonte: Shackel (1990) *apud* Fioriti (2007, p. 27)

A Figura 2.10 ilustra a ocorrência do intertravamento vertical:

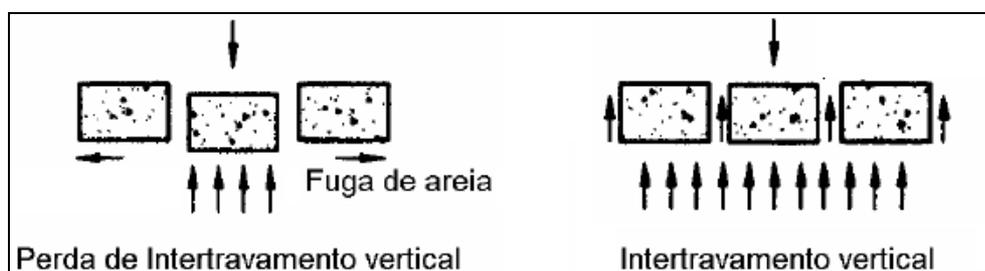


Figura 2.10 – Intertravamento vertical
Fonte: ICPI nº 4 (2002) apud Cruz (2003, p. 14)

O intertravamento rotacional ou de giração do bloco intertravado de concreto é a incapacidade de girar em torno de qualquer um dos seus eixos. Este tipo de intertravamento é obtido por meio de uma constante espessura das juntas entre as peças e conseqüente confinamento oferecido pelas vizinhas. A rotação dos pavers ocorre geralmente nas áreas de maior frenagem, aceleração e curvas, além de regiões de confinamento duvidoso (CRUZ, 2003). O intertravamento de rotação é ilustrado na Figura 2.11.

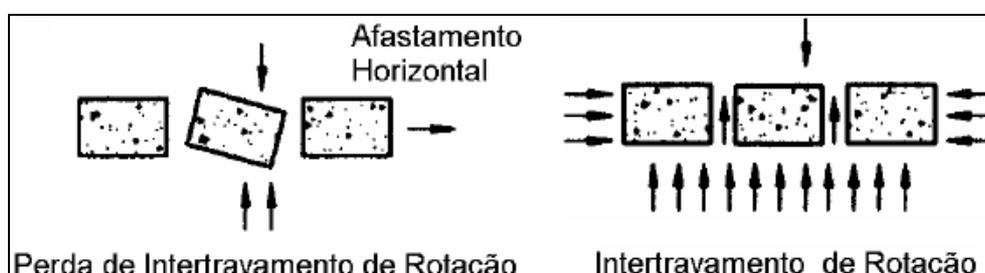


Figura 2.11 – Intertravamento rotacional ou de giração
Fonte: ICPI nº 4 (2002) apud Cruz (2003, p. 14)

2.2.4 Conservação e Manutenção

De acordo com Muller (2005), as irregularidades nos pavimentos intertravados podem ter origem quando:

- o processo construtivo é mal executado;
- o tráfego de veículos é maior do que aquele para o qual o pavimento foi projetado;

- quando as variações climáticas interferem nas propriedades dos materiais utilizados.

Os pavimentos de blocos intertravados podem apresentar problemas superficiais, que não exigem reforço estrutural, como a quebra de peças e falhas no rejuntamento (CARVALHO, 1998). Nestes casos, exige-se apenas a troca das peças e a re-execução do rejuntamento.

Na opinião de Carvalho (1998), como as peças são intertravadas, a retirada torna-se difícil, sendo às vezes necessária a quebra de algumas delas. Como vantagem, o autor apresenta a possibilidade de reaproveitamento de algumas peças, quando estas são tratadas por meio de raspagem e uso de substâncias apropriadas.

A manutenção estrutural é exigida em pavimentos intertravados quando ocorre a perda do suporte da fundação (CARVALHO, 1998). Nestes casos, além da troca e rejuntamento dos *pavers*, é necessária a reconstrução das camadas inferiores.

Para Muller (2005), os pavimentos de *pavers* possuem como vantagens a necessidade reduzida de manutenção e sua simplicidade de execução, quando comparados aos pavimentos asfálticos.

2.2.5 A Utilização de Blocos Intertravados de Concreto na Pavimentação de Ruas e Rodovias.

A pavimentação de ruas com blocos intertravados de concreto ainda mostra-se incipiente no Brasil. Apesar da utilização dos *pavers* em obras como calçadas, estacionamentos e pátios de portos, como por exemplo o de Paranaguá, o sistema de pavimentação que predomina na pavimentação de ruas e estradas é o asfalto.

Segundo a ABCP (2008), o pavimento intertravado é anti-derrapante, podendo oferecer maior segurança em trechos íngremes e com curvas sinuosas quando comparado a outros tipos de pavimentação. De acordo com testes realizados na cidade de Ichihara, no Japão, a distância de frenagem nos pavimentos intertravados é menor do que nos pavimentos flexíveis, conforme mostrado na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Comparativo entre distâncias de frenagem em pavimento flexível e pavimento intertravado

	Distância de frenagem (m)					
	20 km/h seco	20 km/h úmido	40 km/h seco	40 km/h úmido	60 km/h seco	60 km/h Úmido
Pavimento Flexível	1,70	3,20	5,85	9,60	14,2	26,7
Pavimento Intertravado	1,68	2,50	5,23	8,15	13,6	21,3

Fonte: ABCP (2008, p. 02)

Em alguns lugares do mundo, a pavimentação intertravada é considerada comum. De acordo com Madrid (2004), a África do Sul utiliza blocos intertravados de concreto na pavimentação de avenidas e corredores de tráfego urbanos desde a década de 1980. Na década de 1990 o país passou também a pavimentar trechos de algumas rodovias com *pavers*, sendo considerado o pioneiro neste tipo de construção. Dentre estas obras, algumas que se destacam são:

- Rodovia Principal 127, Boston-Impedele, em Kwazulu Natal, com 12 km de extensão;
- Rodovia em Beñabela, Warmbaths, com 14 km;
- Estrada que liga várias cidades ao centro industrial de Phuthaditjhaba, em QwaQwa, com extensão total de 10,9 km e largura de 8 m.

Esta última, para ser construída, exigiu oito vezes mais mão-de-obra do que demandaria caso fosse construída de asfalto, o que ocasionou uma considerável geração de empregos na região. Ainda segundo Madrid (2004), entre 1995, quando a obra foi finalizada, e 2004, a estrada não exigiu nenhuma manutenção, não apresentando afundamentos nem vazios. Uma imagem desta grande obra do país sul-africano pode ser vista na Figura 2.12.

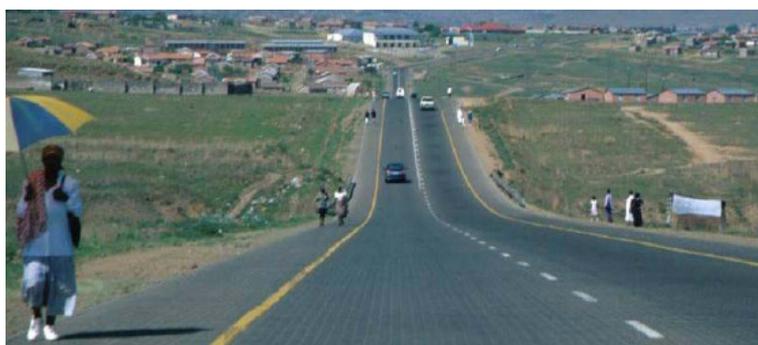


Figura 2.12 – Estrada de paver em QwaQwa, Phuthaditjhaba, África do Sul
Fonte: Madrid (2004, p. 6)

Outros países que se destacam construção de ruas e rodovias com blocos intertravados de concreto são a Costa Rica e a Colômbia. No primeiro, destaca-se a construção da rodovia de Paraguayo, na província de Guanacaste, em meio à floresta tropical semi-úmida do país. A rodovia, com 7 km de extensão e 7 m de largura foi concebida como eixo de um grande projeto de abertura de terras e concessão de praias e hotéis de luxo, visando atrair o turismo nacional (MADRID, 2004). Já no segundo, a pavimentação com pavers de centros urbanos como Bogotá e Medellín, além da construção de uma estrada de 680 m na cidade de Envigado, merecem destaque. Fotos dos dois países citados podem ser vistas na Figura 2.13 e na Figura 2.14.



Figura 2.13 – Rodovia de Paraguayo, Guanacaste

Fonte: Madrid (2004, p. 17)



Figura 2.14 – Centro da Cidade de Medellín, Colômbia

Fonte: Madrid (2004, p. 28)

2.2.6 Normas Técnicas de Peças de Concreto para Pavimentação

Atualmente, no Brasil, as peças de concreto utilizadas na pavimentação são regulamentadas por duas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): a NBR 9780, de 1987, que determina os padrões de resistência à compressão, e a NBR 9781, também de 1987, que traz as especificações exigíveis para aceitação das peças.

O Quadro 2.2, publicado na revista Equipe de Obra da Editora Pini, apresenta as densidades superficiais (pesos por metro quadrado) e as aplicações aos quais podem ser destinados os *pavers* comerciais, com espessuras de 6, 8 e 10 mm, e resistências à compressão de 35 e 50 MPa.

Resistência à compressão					
35 MPa			50 MPa		
Espessura	Peso (kg/m ²)	Aplicação	Espessura	Peso (kg/m ²)	Aplicação
6 cm	120	Tráfego leve (pedestres em calçadas e automóveis em ruas internas de condomínios).	-	-	-
8 cm	162	Tráfego médio (caminhões de até três eixos em leito carroçável).	8 cm	175	Tráfego médio (caminhões de até três eixos em leito carroçável).
10 cm	202,50	Tráfego pesado (carretas e veículos especiais em pátios de descarga, postos de gasolina e terminais portuários).	10 cm	215	Tráfego pesado (carretas e veículos especiais em pátios de descarga, postos de gasolina e terminais portuários)

Quadro 2.2 – Pesos por metro quadrado e aplicações dos paver comerciais

Fonte: <http://www.equipedebra.com.br/construcao-reforma/18/artigo96977-2.asp> (Acesso em 15/05/2011)

2.2.7 Aspectos Ambientais

Relacionado ao conforto térmico, a ABCP (2008) afirma que:

A coloração mais clara das peças de concreto, em relação aos demais tipos de produtos, reduz a absorção de calor na superfície do pavimento, melhorando o conforto térmico e diminuindo a formação das ilhas de calor nos centros urbanos, causados pela impermeabilidade do solo e uso de pavimentos escuros. A redução de temperatura pode chegar a 17°C. (ABCP, 2008, p. 02)

De acordo com reportagem publicada na Revista Prisma (2005), desde o início da utilização dos pavimentos de blocos de concreto, ocorrido após a 2ª Guerra Mundial, e do início das definições dos seus padrões, na década de 1970, buscou-se a maior estanqueidade possível para este tipo de pavimento, de modo que ele se tornasse aceitável na tecnologia tradicional de pavimentação. Esta tecnologia buscava superfícies de rolamento impermeáveis, de modo a manter as estruturas da base em estado seco e, assim, assegurar a estabilidade do sistema.

Sendo assim, alguns fatores propiciam a um pavimento intertravado a característica de impermeabilidade, dos quais a Revista Prisma (2005) cita:

- os blocos são fabricados com concretos mais densos e granulometrias contínuas, ou seja, com menores índices de vazios;

- as juntas são as menores possíveis e totalmente preenchidas com areia de selagem de granulometrias fechadas, de modo a garantir o maior nível de intertravamento dos blocos;
- selantes superficiais para os blocos e estabilizantes para a areia de rejuntamento reduzem a permeabilidade das unidades.

Ainda de acordo com a Revista Prisma (2005), ensaios realizados estabeleceram que a permeabilidade de um pavimento de blocos de concreto aumenta com sua idade e se reduz até chegar a níveis muito baixos ao longo dos primeiros 15 anos de serviço. Porém, não se pode considerar o pavimento intertravado impermeável, visto que sempre haverá um potencial de permeabilidade por meio das juntas. Projetado e construído adequadamente, sua permeabilidade poder vir a ser satisfatória e duradoura ao tempo.

Visando eliminar impactos tais como enchentes e o acúmulo de detritos nas superfícies das ruas, Marchioni (2011) apresenta como solução, na cartilha da ABCP “Melhores Práticas: Pavimento Intertravado Permeável”, um bloco de concreto poroso considerado permeável.

Este concreto é fabricado com agregados com poucos ou sem finos, formando espaços livres na sua estrutura que possibilitam a passagem do ar e da água. Ainda de acordo com Marchioni (2011), “estes pavimentos reduzem o escoamento superficial em até 100%, dependendo da intensidade da chuva, e retardam a chegada da água ao subleito reduzindo a erosão”. Ainda segundo Marchioni (2011), a estrutura dos pisos precisa ser executada com materiais de granulometria específicas que permitam o escoamento da água infiltrada para o solo ou para um sistema de drenagem.

Porém, devido à resistência inferior, Marchioni (2011) recomenda a utilização dos pavimentos intertravados permeáveis apenas em vias de tráfego leve, as quais não são objeto de estudo deste trabalho.

2.3 Pavimentos Flexíveis

2.3.1 Ligantes Asfálticos

Segundo Bernucci *et alii* (2007), no Brasil cerca de 95% das estradas pavimentadas, além das ruas, são de revestimento asfáltico. Isso ocorre

principalmente porque o asfalto “proporciona forte união dos agregados, agindo como um ligante que permite flexibilidade controlável; é impermeabilizante, é durável e resistente à ação da maioria dos ácidos, dos álcalis e dos sais, podendo ser utilizado aquecido ou emulsionado, com ou sem aditivo.”

Na escolha do ligante mais adequado, devem-se considerar diversos fatores tais como temperatura ambiente, temperatura da superfície na qual o betume será aplicado, umidade e vento, tipo e estado dos agregados, equipamentos usados, etc (BAPTISTA,1974).

Todos os ligantes asfálticos apresentam betume, que segundo Bernucci *et alii* (2007), “é uma mistura de hidrocarbonetos solúvel no bissulfeto de carbono.”

“O alcatrão é um material betuminoso de consistência variável resultante da destilação destrutiva de matéria orgânica, tal como carvão, linhito, xisto e matéria vegetal.” (DNER-EM 364/97)

Bernucci *et alii* (2007) afirma que este material quase não é mais utilizado em pavimentação, uma vez que foi comprovado seu poder cancerígeno, além da baixa qualidade de ligante devido ao processo de fabricação.

“O asfalto é uma mistura de hidrocarbonetos derivados do petróleo de forma natural ou por destilação, cujo principal componente é o betume, podendo conter ainda outros materiais, como oxigênio, nitrogênio e enxofre, em pequena proporção” (BERNUCCI *et alii*, 2007).

Já o asfalto utilizado na pavimentação é obtido pela destilação do petróleo e é um adesivo termoviscoelástico, impermeável e pouco reativo. (BERNUCCI *et alii*, 2007) No Brasil este material semi-sólido a temperaturas baixas, viscoelástico a temperatura ambiente e líquido a altas temperaturas tem a denominação de Concreto Asfáltico de Petróleo (CAP).

Para a maioria dos casos de pavimentação, o asfalto convencional supre as necessidades de desempenho de tráfego e condições climáticas. Em alguns casos é mais comum o uso de modificadores das propriedades do asfalto devido ao aumento do volume de veículos comerciais, grandes diferenças térmicas devido às estações do ano e em corredores de tráfego pesado (BERNUCCI *et alii*, 2007).

A fim de garantir um recobrimento adequado dos agregados, é necessário que o CAP atinja uma determinada viscosidade, obtida por meio do aquecimento do ligante e do agregado. Para evitar este aquecimento, é possível alterar o ligante

utilizando os processos de emulsão do asfalto ou adição de um diluente volátil ao asfalto (BERNUCCI *et alii*, 2007).

Define-se emulsão como uma mistura heterogênea de dois ou mais líquidos, os quais normalmente não se dissolvem um no outro, mais, quando são mantidos em suspensão por agitação ou, mais freqüentemente, por pequenas quantidades de substâncias conhecidas como emulsificantes, formam uma mistura estável (dispersão coloidal). No caso da emulsão asfáltica (EAP) os dois líquidos são o asfalto e a água. (PETROBRAS, 1996)

Com o passar do tempo, o ligante asfáltico perde alguns de seus componentes e apresenta certo enrijecimento. Para recuperar a flexibilidade do ligante é utilizada a técnica de reciclagem a quente ou a frio (BERNUCCI, 2007).

Os agentes rejuvenescedores são utilizados no processo de reciclagem a quente. Na reciclagem a frio são utilizados os agentes rejuvenescedores emulsionados (JÚNIOR, 1992).

2.3.2 Agregados

De acordo com Senço (2001), os agregados utilizados no Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) ou concreto asfáltico, são classificados em três níveis granulométricos: agregado graúdo, agregado miúdo e *filler*. O agregado graúdo geralmente é composto por pedra britada ou seixo rolado com uma face britada; o agregado miúdo é composto por areia, pó de pedra ou ambos; e o *filler* pode conter cimento, pó de pedra, pó de calcário ou outros similares.

A mistura de agregados deve atender a uma das faixas granulométricas apresentadas na Tabela 2.3 para agregados graúdos e miúdos e na Tabela 2.4 para *filler*, segundo Senço (2001).

Tabela 2.3 – Granulometria especificada para agregados graúdo e miúdo

(continua)

Peneira		Porcentagem que passa			
		Tipo Agregado graúdo		Tipo Agregado miúdo	
(")	(mm)	Graduação A	Graduação B	Graduação C	Graduação D
2	50,8	100	-	-	-
1 1/2	38,1	95-100	100	-	-
1	25,4	75-100	95-100	-	-
3/4	19,1	60-90	80-100	-	-
1/2	12,7	-	-	85-100	100
3/8	9,52	35-65	45-80	75-100	90-100
n° 4	4,76	25-50	28-60	50-85	70-100
n° 10	2,00	20-40	20-45	30-75	60-90

Tabela 2.3 – Granulometria especificada para agregados graúdo e miúdo
(conclusão)

Peneira		Porcentagem que passa			
		Tipo Agregado graúdo		Tipo Agregado miúdo	
(")	(mm)	Graduação A	Graduação B	Graduação C	Graduação D
n° 40	0,42	10-30	10-32	15-40	30-70
n° 80	0,20	5-20	8-20	8-30	10-40
n° 200	0,074	1-8	3-8	5-10	5-12
Betume (%)		4,0-7,5	4,5-8,0	4,0-10,0	4,5-11,0

Fonte: Senço (2001, p. 203)

Tabela 2.4 – Granulometria especificada para filler

Peneira		Porcentagem que passa (valores mínimos)
(")	(mm)	
n° 40	4,76	100
n° 80	2,40	95
n° 200	0,07	65

Fonte: Senço (2001, p. 204)

Além de obedecer a distribuição granulométrica observada nas tabelas anteriores, os agregados graúdos devem atender as condições a seguir citadas por Senço (2001):

- Fragmentos duráveis são de superfície rugosa e forma angular;
- Inexistência de torrões de argila e matéria orgânica;
- Não ter, em excesso, pedras lamelares alongadas, afim de não prejudicar a trabalhabilidade da mistura e a inalterabilidade da granulometria; [...]
- Ter boa adesividade com o asfalto utilizado.
(Senço, 2001, p. 202).

Abaixo são listadas, ainda segundo Senço (2001), algumas propriedades e características dos agregados que interferem na mistura de agregados e betume:

- densidade real: densidade do agregado sem vazios intersticiais;
- massa específica aparente das frações de agregado: relação entre massa da amostra de agregados e o volume ocupado pelo mesmo, nas condições de compactação que se encontram;
- massa específica aparente da mistura: relação entre massa de uma porção da mistura (agregados, betume e ar), e o volume que essa porção ocupa;
- porcentagem de vazios da mistura compactada: relação entre volume de vazios na mistura compacta e o volume total em porcentagem;

- vazios do agregado mineral: soma das porcentagens de vazios da mistura com porcentagens de vazios cheios de betume;
- fluência ou deformação plástica: corresponde a deformação que um corpo-de-prova sofre antes do rompimento.

Segundo Senço (2001), existem inúmeros tipos de ensaio para verificação da mistura do betume com agregados.

A aplicação de revestimentos betuminosos é procedida de ensaios que permitem não só obter-se os valores das quantidades de agregados a misturar, para um produto dentro das especificações, mas também o teor de betume, evitando uma desagregação prematura, por falta de ligante ou uma superfície inconvenientemente lisa e deformável, por excesso de ligante. (Senço, 2001)

2.3.3 Tipos de Revestimentos Asfálticos

O material utilizado nos revestimentos pode ser fabricado em usina específica, fixa ou móvel, ou preparado na própria pista, quando for tratamento superficial. Os revestimentos também podem ser classificados de acordo com os ligantes: se for usinado a quente é utilizado o CAP (Concreto Asfáltico de Petróleo), se for usinado a frio é a EAP (Emulsão Asfáltica de Petróleo) (JÚNIOR, 1992).

De acordo com Júnior (1992), em uma usina estacionária é realizada a mistura do ligante e dos agregados e então a mesma é transportada até o local de aplicação para ser lançada.

No Brasil um dos tipos de revestimento asfáltico mais usados é o concreto asfáltico (CA), também conhecido como concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) (BAPTISTA, 1976).

No processo usinado a quente ocorre a mistura dos agregados, de vários tamanhos, e do ligante, concreto asfáltico à quente. Ambos são aquecidos em temperaturas já estabelecidas de acordo com as características de viscosidade e temperatura do ligante (BERNUCCI *et alii*, 2007).

Já no processo usinado a frio, Bernucci *et alii* (2007) afirma que ocorre a pré-mistura de agregados de diversas granulometrias (gráudos, miúdos e de enchimento) e da emulsão asfáltica de petróleo (EAP). O autor ainda comenta que eventualmente o ligante poderá sofrer um pequeno aquecimento, mas em geral ele é utilizado em temperatura ambiente.

Em casos de selagem e restauração de algumas características funcionais dos pavimentos, também é possível utilizar misturas asfálticas que são processadas em usinas móveis para que a mistura fique pronta imediatamente antes da aplicação no pavimento. Em geral estas misturas são relativamente fluídas, tais como a lama asfáltica e o microrrevestimento. (BERNUCCI *et alii*, 2007)

“A lama asfáltica consiste na associação de agregado mineral, material de enchimento (*filler*), emulsão asfáltica e água, com consistência fluída, uniformemente espalhada sobre uma superfície previamente preparada.” (DNER-ES 314/97)

Este material é geralmente aplicado em ruas e vias secundárias e utilizado na manutenção de pavimentos cujos revestimentos apresentam desgaste superficial e pequeno grau de trincamento, agindo como impermeabilizante e rejuvenecedora condição funcional do pavimento. (BERNUCCI *et alii*, 2007).

De acordo com Bernucci *et alii* (2007), o micro revestimento asfáltico utiliza o mesmo princípio e concepção da lama asfáltica, no entanto, utiliza emulsões asfálticas modificadas com polímeros para tornar maior a vida útil do pavimento.

Micro revestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero consiste na associação de agregado, material de enchimento (*filler*), emulsão asfáltica modificada por polímero do tipo SBS, água, aditivos se necessários, com consistência fluída, uniformemente espalhada sobre uma superfície previamente preparada. (DNIT-ES 035/04)

Júnior (1992) afirma que o micro revestimento é utilizado para recuperação funcional de pavimentos, capa selante, revestimento de pavimentos de baixo volume de tráfego e também em camada intermediária anti-reflexão de trincas em projetos de reforço estrutural.

Quando um pavimento asfáltico se deterioriza estruturalmente, é necessário recuperar a sua capacidade de suporte de carga por meio de adição de camadas ou então pela retirada da parte deteriorada e execução de nova camada de revestimento asfáltico. No caso de corte, este material poderá ser reaproveitado por reciclagem (BERNUCCI *et alii*, 2007).

Entende-se por reciclagem de pavimentos o processo de reutilização de misturas asfálticas envelhecidas e deterioradas para produção de novas misturas, aproveitando os agregados e ligantes remanescentes, provenientes da fresagem, com acréscimo de agentes rejuvenescedores, espuma de asfalto, CAP ou EAP novos, quando necessários, e também com adição de aglomerantes hidráulicos (BERNUCCI *et alii*, 2007).

De acordo com a norma DER/PR ES-P 31/05, a fresagem é o corte ou o desbaste de uma ou mais camadas do pavimento através de máquinas especiais.

Segundo Bernucci *et alii* (2007), a reciclagem pode ser realizada em usina (a quente ou a frio), *in situ* (a quente ou a frio) e *in situ* com espuma de asfalto. Na Figura 2.15 é apresentado um exemplo de usina de reciclagem, já na Figura 2.16 é apresentado um exemplo de reciclagem *in situ*.

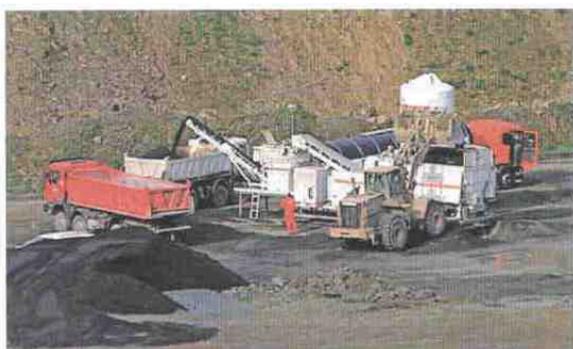


Figura 2.15 – Exemplo de usina de reciclagem

Fonte: Bernucci *et alii* (2007, p. 474)

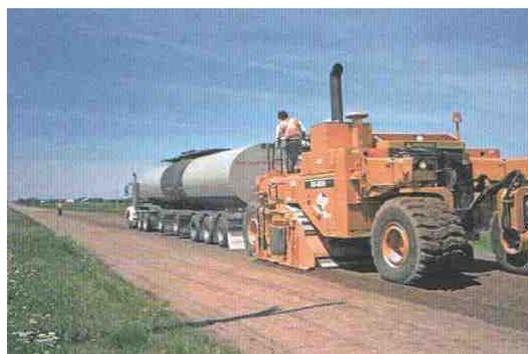


Figura 2.16 – Exemplo de reciclagem *in situ*

Fonte: Bernucci *et alii* (2007, p. 474)

Os tratamentos superficiais consistem da aplicação na pista de ligantes asfálticos e agregados sem que haja uma mistura prévia entre eles, para então ocorrer a compactação a fim de promover o recobrimento e a união entre ligantes e agregados. (BERNUCCI *et alii*, 2007).

Ainda segundo Bernucci *et alii* (2007), as principais funções dos tratamentos superficiais são:

- adequar uma camada de rolamento com alta resistência ao desgaste, porém com pequena espessura;
- impermeabilizar e proteger a estrutura do pavimento;
- promover um revestimento antiderrapante e de alta flexibilidade para acompanhar as deformações da infra-estrutura.

2.3.4 Técnicas Executivas

Os trabalhos de pavimentação se iniciam após a terraplenagem ou sobre leitos de estradas de terra já existentes. Para corrigir as falhas de superfície deixadas pelo processo anterior, é realizado o nivelamento do subleito utilizando

distribuidores mecânicos de agregados e irrigadeiras de no mínimo 5.000 litros. Para compressão é necessário rolos compressores de três rolos metálicos com peso de 10 a 12 t. “O esquema de aplicação dos rolos compactadores segue a norma geral: da borda para o centro, nos trechos em tangente; e da borda interna para a externa nas curvas, em passadas longitudinais.” (SENÇO, 2001).

Para execução do reforço do subleito é necessário que a importação do material obedeça à marcação dos alinhamentos laterais fixados por piquetes espaçados. O material deve ser esparramado de tal forma que após a compactação resulte em espessuras de projeto, normalmente sendo o mínimo entre 10 a 20 cm (SENÇO, 2001).

Após a preparação do subleito e reforço, é necessário o preparo da caixa de base, mostrado na Figura 2.17, utilizando formas de madeira com paredes de altura prevista para a camada de base (SENÇO, 2001).

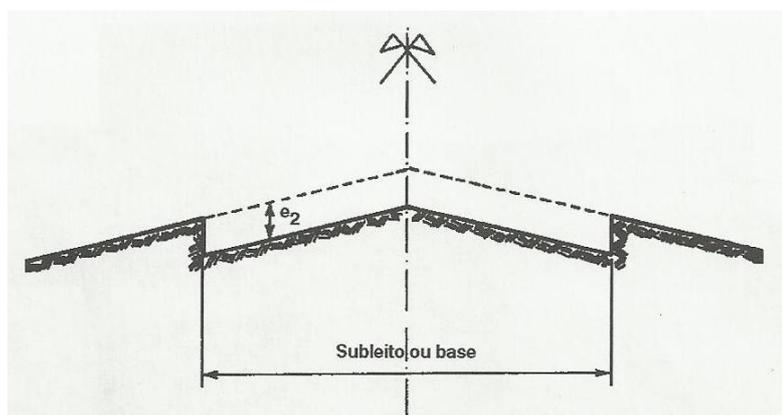


Figura 2.17 – Preparo da caixa da base
Fonte: Senço (2001, p. 20)

A camada de sub-base é composta por agregado graúdo (pedra britada), material de enchimento (saibro, areia ou pó de pedra) e água para dar ligamento (SENÇO, 2001).

O agregado graúdo é distribuído na quantidade que após a compressão atinja a espessura prevista em projeto. Em seguida é comprimida em toda largura da camada começando das bordas para o centro, utilizando um compressor de três rolos metálicos. A compressão deverá continuar até que os agregados não formem ondas na frente do rolo compressor (SENÇO, 2001).

Após a primeira compressão, utilizam-se vassouras mecânicas ou vassouras comuns para esparramar o material de enchimento sobre a superfície comprimida

até a saturação dos vazios da camada, observada na Figura 2.18. Depois é realizada a irrigação para que o material de enchimento penetre até a parte inferior do agregado graúdo deixando as frestas novamente aparente, ilustrada na Figura 2.19 (SENÇO, 2001).

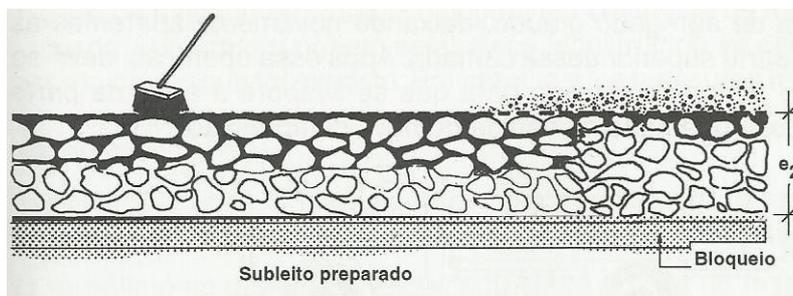


Figura 2.18 – Esparrame da primeira camada do material de enchimento
Fonte: Senço (2001, p. 23)

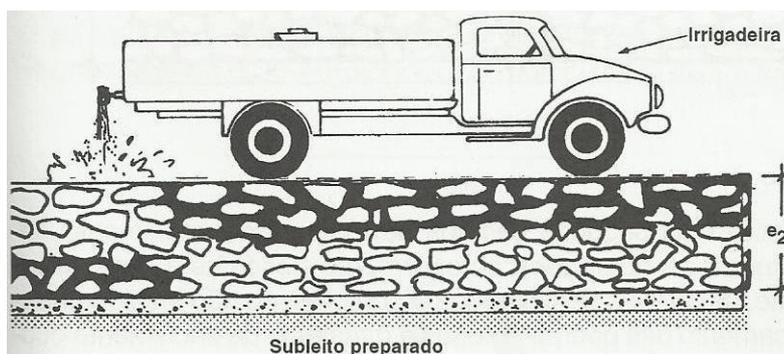


Figura 2.19 – Irrigação para penetração do material de enchimento
Fonte: Senço (2001, p. 23)

Com a evaporação da água a superfície é novamente comprimida e preenchida por material de enchimento repetindo-se as operações anteriores até que os agregados graúdos não se desloquem mais (SENÇO, 2001).

Durante sete até quinze dias, é necessário manter a camada de sub-base umedecida até que seja feita a imprimação impermeabilizante. Para a execução da base, é utilizada uma mistura dosada em usina contendo agregados, material de enchimento e água (SENÇO, 2001).

A usina deve ter capacidade superior a 100 t/h com três ou mais silos; misturador do tipo eixos gêmeos paralelos, girando em sentidos opostos para produção de mistura uniforme; dosador de umidade precisa e constante (SENÇO, 2001).

A mistura homogênea é despejada e distribuída em camadas uniformes por um distribuidor de agregado autopropulsionado que permite regulagem da espessura prevista em projeto. Em casos de ocorrências de cavidades pode ser realizado o preenchimento manual. Após o espalhamento inicia-se a compactação (das bordas para o centro). “A compactação deve ser feita até que a massa específica aparente atinja o valor previsto no projeto do pavimento” (SENÇO, 2001).

Executada a compactação por rolos compressores liso, o acabamento é feito por rolos compactadores lisos de pneu que proporcionam superfícies uniformes e isentas de saliências. O umedecimento da superfície deve estar dentro dos limites de tolerância das normas construtivas (SENÇO, 2001).

Depois da base é necessária a execução da pintura de ligação ou imprimadura, Figura 2.20, para aumentar a aderência entre revestimento asfáltico e camada inferior, e para impermeabilização e aglomeração de partículas soltas da base (SENÇO, 2001).



Figura 2.20 – Execução da pintura de ligação ou imprimadura
Fonte: Bernucci (2007, p. 394)

Segundo Senço (2001), para o início da imprimadura é necessário que a base esteja limpa e levemente úmida.

A quantidade de asfalto deve ser obtida regulando-se a velocidade do caminhão distribuidor em função da vazão da bomba de asfalto. O consumo de asfalto e área coberta deverão estar na relação da quantidade fixada de pintura por metro quadrado. Essas quantidades, como já foi visto, oscilam entre 0,8 e 1,6 litro por metro quadrado, escolhendo-se a quantidade que resulte na completa absorção pela base no período de 24 horas. (SENÇO, 2001).

Até 24 horas após a conclusão da imprimadura não é permitido nenhum tráfego em nenhuma das etapas da pavimentação. A superfície imprimada recebendo uma camada de areia ou mistura de pedrisco e pó de pedra, é permitido o tráfego por um período de até um mês, porém antes da execução do revestimento asfáltico, é necessária uma nova camada de pintura ligante (SENÇO, 2001).

O revestimento usinado deverá ser transportado da usina até o ponto de aplicação, em veículos com caçambas metálicas basculantes cobertas com lonas enceradas, que descarregam a massa dentro da vibroacabadora, encarregada de espalhar na espessura e largura desejada, a uma temperatura mínima de 119° C. Parte da compactação seguida de alisamento da massa é também realizada pela vibroacabadora, e a uma distancia de até 50 metros desta, se inicia a rolagem com rolo Tandem Liso, operada com a temperatura entre 60° e 110° C. “Para evitar adesão da massa nas rodas do rolo metálico, estas deverão ser mantidas superficialmente úmidas, sem excesso de água” (SENÇO, 2001).

Geralmente a rolagem é executada paralelamente ao eixo da pista e em três fases:

A rolagem inicial possibilita a acomodação da mistura; a rolagem intermediária é a que realmente realiza a compactação da camada e a rolagem final serve para dar acabamento, eliminando eventuais marcas superficiais deixadas pelos rolos anteriores. (SENÇO, 2001).

2.3.5 Conservação e Manutenção

Segundo Senço (2001), conservação é definida como manter nas rodovias as condições iniciais de projeto destinado a segurança e conforto dos usuários.

Para o serviço de conservação é necessário grupos com equipamentos adequados e vigilância constante, obedecendo três etapas de trabalho praticamente imediatos: localização do defeito, determinação da causa e execução do reparo (SENÇO, 2001).

Diversos tipos de defeito são apresentados no Quadro 2.3.

Tipo do defeito	Causa provável	Tratamento
Falhas da borda	Espessura insuficiente da capa, cargas excessivas, falta de suporte do acostamento, saturação da base, geralmente devida a acostamento alto, que impede a drenagem.	Verifique drenagem e limpe valetas. Verifique a permeabilidade do acostamento e, se o mesmo estiver alto, nivele-o com a borda do pavimento e compacte-o. Encha as trincas e sele a borda externa.
Superfície gasta	Asfalto insuficiente ou superaquecimento do asfalto (se for misturado em usina), idade do pavimento ou agregados porosos.	Pulverização com emulsão asfáltica diluída, de ruptura lenta (SS-1 ou SS1h) na base de 0,45 litro por metro quadrado; se existirem áreas com perda de material, necessitando enchimento, use lama asfáltica ou uma capa selante convencional.
Panelas	Qualquer das causas citadas aqui levam ao aparecimento de buracos; também a infiltração de água, base instável, deficiência de asfalto para manter a liga, mistura aberta ou segregada.	Corte o buraco em forma retangular, tornando as faces quase verticais; reponha o material de base perdido, se necessário; pulverize ligeiramente a cavidade com asfalto diluído, encha com pré-misturado, compactando até uma altura que permita compactação adicional pelo tráfego; finalmente, sele com 0,4 a 1,1 litro de asfalto, e 5,5 a 13,5 quilos de agregado por metro quadrado. Pode-se usar também remendo de penetração.
Trincas (couro de jacaré)	Saturação de base, falta de suporte de base, ou espessura insuficiente da capa.	Verifique e corrija falhas de drenagem; aplique camada fina de asfalto líquido com cobertura de agregados minerais nas proporções dadas acima. (se preciso, repita o tratamento para conseguir o reforço necessário.) algumas vezes é indicado executar um remendo.
Exsudação e instabilidade	Um excesso de asfalto, mudando seu caráter de elemento de ligação para lubrificante, ou presença de grande quantidade de silte ou argila na capa, com cascalho arredondado necessitando de interligação. Muitas vezes, a umidade acumulada sob a capa destrói a ligação e o tráfego calca o pavimento para formar ondas ou saliências.	Escarifique, remisture e reespalhe, adicionando areia, se houver excesso de asfalto; onde a causa for base fraca e/ou drenagem pobre, a falha subsuperficial deve ser corrigida em primeiro lugar. Algumas vezes, a ondulação pode ser corrigida pela raspagem com lamina, remendo e capa selante.
Desagregação de superfície	Falta de asfalto ou mistura superaquecida.	Aplique material betuminoso pulverizado, capa selante normal com cobertura mineral, ou lama asfáltica, como julgar melhor.
Saturação de base	Água parada nos drenos laterais, valetas ou bueiros com vazamento, ou qualquer outra situação que retém a umidade abaixo da superfície. Porcentagem muita alta de finos, ou presença de finos plásticos na base.	Limpe as valetas de drenagem ou melhore a drenagem.
Trincas longitudinais e transversais	Contração ou movimento do subgreide.	Enchimento de trincas e selamento.
Ondulação e depressão	Compactação inadequada do subgreide ou base.	Nivelamento local e remendo de superfície.

Quadro 2.3 – Quadro de diagnósticos - “The feverchart”

Fonte: Hindermann *apud* Senço (2001, p. 448)

As obras de drenagem necessitam de maior atenção.

No caso da drenagem superficial, toda plataforma deve ser mantida em condições de escoamento das águas, transversal e longitudinalmente, incluindo-se as bocas-de-lobo e outros captadores. Os bueiros e galerias

devem ser mantidos desobstruídos, se necessário, com a constituição de turmas especiais para agirem no início das grandes chuvas, caso haja risco de entupimento de suas entradas e saídas.

A drenagem subterrânea nem sempre tem os serviços de conservação enquadrados como rotineiros, mas mesmo assim cabe sempre vistoria nas áreas onde os bueiros estão localizados. (SENÇO, 2001).

2.3.6 Técnicas de Restauração de Pavimentos

Antes de escolher a técnica apropriada para a restauração, é necessário fazer uma avaliação funcional e estrutural, pois com os dados obtidos pode-se analisar a condição do pavimento, além de definir as alternativas de reparação adequadas. (BERNUCCI *et alii*, 2007)

De acordo com Bernucci *et alii* (2007), na avaliação funcional é verificada a condição da superfície por pavimento, por meio do levantamento e análise dos defeitos superficiais e das irregularidades longitudinais. Os principais defeitos considerados nesta avaliação são área trincada e severidade do trincamento, deformações permanentes e irregularidade longitudinal.

Ainda segundo Bernucci *et alii* (2007), na avaliação estrutural é verificado o estado da estrutura do pavimento de suportar cargas, por meio de levantamentos não prejudiciais pela determinação da deflexão superficial resultante da aplicação de uma determinada carga já conhecida.

Bernucci *et alii* (2007) define abaixo as técnicas utilizadas para restauração de cada tipo de problema encontrado nos pavimentos.

Caso não haja problemas estruturais e a restauração seja só para defeitos funcionais superficiais, são aplicados os revestimentos citados abaixo, isolados ou combinados por uma remoção da parte de revestimento antigo por frisagem:

- lama asfáltica para o caso de selagem de trincas e rejuvenescimento;
- tratamento superficial simples para o caso de selagem de trincas e restauração da aderência superficial;
- micro revestimento asfáltico, a frio ou a seco, para o caso de selagens de trincas e restauração da aderência superficial se houver condições de ação abrasiva acentuada do tráfego;
- concreto asfáltico caso o defeito principal seja a irregularidade elevada.

Caso haja o comprometimento estrutural do pavimento, ou previsão de aumento de tráfego, as alternativas de restauração envolvem aquelas que

restabelecem ou aumentem sua capacidade estrutural por meio da adição de recapeamento e/ou tratamento das camadas já existentes, como a reciclagem.

Os revestimentos mais utilizados como recapeamento são o concreto asfáltico, o SMA para resistir a deformações permanentes em vias de tráfego pesado, misturas descontínuas e o pré-misturado a quente. Nestes revestimentos são utilizados cimentos asfálticos convencionais modificados por polímeros ou por borracha moída de pneus.

Caso o recapeamento seja realizado para reduzir a energia de propagação de trincas existentes no revestimento antigo, é recomendada a remoção por fresagem previamente, a fim de retardar a reflexão desta energia para as novas camadas.

2.3.7 Aspectos Ambientais

Conforme citado no item 2.3.1, o asfalto utilizado na pavimentação (CAP), além de ser um adesivo termoviscoplastico e pouco reativo, é impermeável. (BERNUCCI *et alii*, 2007)

A explicação de Marchioni (2008) abaixo resume os problemas causados pela impermeabilização do solo:

Atualmente tem se verificado a crescente impermeabilização das superfícies resultante da urbanização das cidades. Em uma área com cobertura florestal, 95% da água da chuva se infiltra no solo, enquanto que nas áreas urbanas este percentual cai para apenas 5%. Com a drenagem da água através do solo, prejudicada devido às vias pavimentadas e o grande número de construções, o escoamento e o retorno ao lençol freático tornam-se mais difíceis, resultando em alterações nos leitos dos rios e dos canais e aumento no volume e constância das enchentes. (MARCHIONI, 2008)

Outro fator considerável é a geração de resíduos no processo de refino do petróleo. Segundo Bernucci *et alii* (2007), este refino ocorre em intervalos de temperatura, nos quais são obtidos os derivados do petróleo (nafta, querosene, gasóleos) e somente após este processo é gerado o asfalto, o qual pode ser denominado resíduo deste processo. Na Figura 2.21 é apresentado um esquema de produção de asfalto.

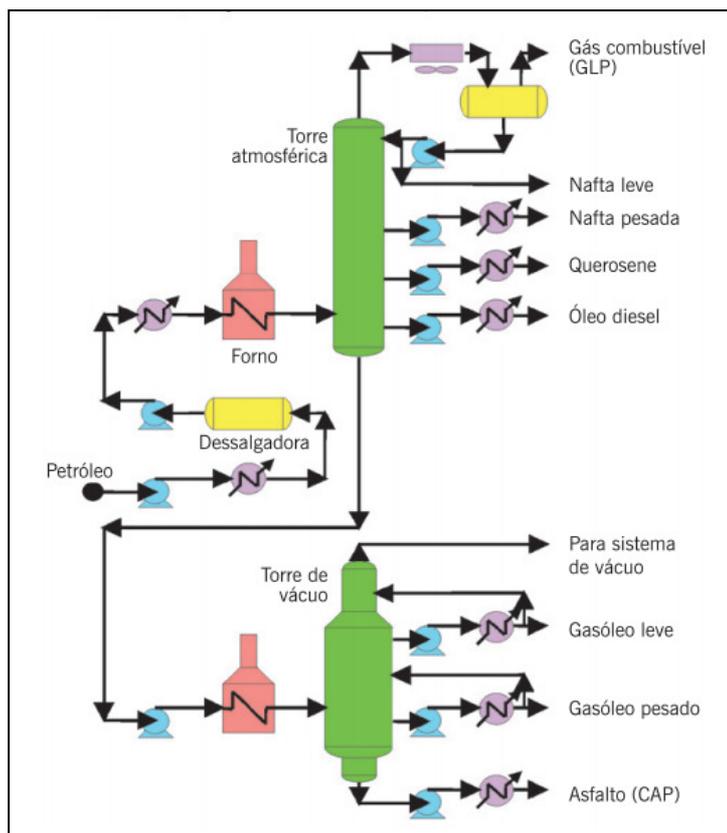


Figura 2.21 – Exemplo de esquema de produção de asfalto
Fonte: Bernucci *et alii* (2007, p. 35)

3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O procedimento experimental será composta por duas partes: um questionário, o qual servirá para entender a predominância da utilização do pavimento asfáltico em relação ao pavimento intertravado, e uma análise econômica, na qual serão levantados os custos para execução da camada de revestimento dos dois tipos de pavimento estudados.

3.1 Questionário

Para atingir o objetivo proposto foi enviado um questionário para Secretarias Municipais de diversas cidades responsáveis por obras de pavimentação.

Primeiramente este questionário foi elaborado de acordo com as informações obtidas na revisão da literatura, o qual é apresentado no Anexo I do presente trabalho. Antes do envio para as prefeituras, o questionário passou por uma validação realizada por professores com experiência em pavimentação.

O contato com as prefeituras foi realizado via correio eletrônico e o prazo para o retorno do questionário foi de sete dias. Não havendo resposta neste período, foi enviado um lembrete e esperada a resposta por mais sete dias.

Para a escolha das cidades que receberão o questionário, foram pesquisadas as trinta maiores de cada estado brasileiro. O contato foi obtido por meio do site oficial da cidade, e quando não encontrado o correio eletrônico, desconsiderou-se a cidade.

As respostas obtidas serviram para esclarecer os principais motivos pelos quais o pavimento intertravado ainda é pouco utilizado no Brasil. Os dados obtidos foram analisados e as respostas apresentadas por meio de gráficos.

3.2 Análise econômica

A análise econômica teve como objetivo comparar o custo de execução da camada de revestimento dos dois sistemas de pavimentação pesquisados – asfáltico e de blocos intertravados de concreto.

Para isto, foram identificados todos os gastos necessários para a construção de um trecho de pavimento com 100 metros de extensão e 8 metros de largura.

A partir das respostas obtidas na pergunta 12 do questionário foi definida a maneira de compor os dados. Caso a maioria das cidades utilizasse mão-de-obra própria seriam considerados os itens indicados na TCPO para cada sistema de pavimentação. Caso contrário, os itens referentes ao custo horário de mão-de-obra e utilização de equipamentos seriam substituídos pelo custo da empreitada.

Caso viessem a ser utilizados os dados da TCPO, seriam considerados os dados da Tabela 3.1 para a pavimentação com blocos de concreto intertravados e os da Tabela 3.2 e da Tabela 3.3 para a pavimentação com CBUQ.

Tabela 3.1 – Pavimentação intertravada de blocos de concreto sobre coxim de areia – unidade: m²

Componentes	Unidade	Consumos
Calceteiro	h	0,23
Servente	h	0,46
Areia lavada tipo fina	m ³	0,005
Areia lavada tipo média	m ³	0,05
Bloco de concreto para pavimentação intertravado 16 faces – Tráfego pesado (comprimento: 110 mm / espessura: 80 mm / largura: 220 mm)	un	39,00
Compactador de placa vibratória, diesel, potência 10 HP (7,5 kW) – vida útil 8.000 h	h prod.	0,03

Fonte: TCPO (2008, p. 97)

Tabela 3.2 – Concreto asfáltico para aplicação em pavimentação usinado a quente – preparo e aplicação – unidade: m³

Componentes	Unidade	Consumos
Servente	h	2,00
Concreto asfáltico para aplicação em pavimentação usinado a quente – preparo	t	2,43
Vibroacabadora sobre esteiras, diesel, potência 77 HP (57 kW) – vida útil 20.000 h	h prod.	0,068
Carregadeira sobre rodas 211 HP, com caçamba de aplicação geral de bordas cortantes aparafusáveis, capacidade nominal de caçamba 3,30 m ³ , aplicação leve – vida útil: 8.000 h	h prod.	0,07
Rodo compactador autopropelido estático de pneus, diesel, potência 80 HP (60 kW), peso operacional 9,2 t – vida útil 8.000 h	h prod.	0,068
Caminhão basculante, diesel, potência 167 HP (125 kW), capacidade carga útil 8,6 t, caçamba 5 m ³ - vida útil 8.000 h	h prod.	0,39

Fonte: TCPO (2008, p. 95)

Tabela 3.3 – Imprimação ligante betuminosa para pavimentação – unidade: m²

Componentes	Unidade	Consumos
Servente	h	0,08
Emulsão asfáltica catiônica tipo RR 2C	kg	0,80
Caminhão espargidor com bomba, diesel, potência 167 HP (125 kW), capacidade 6.000 l - vida útil 8.000 h	h prod.	0,003
Vassoura mecânica rebocável, faixa de trabalho 2,44 m – vida útil 8.000 h	h prod.	0,0018
Trator sobre pneus, diesel, potência 61 HP (45 kW) – vida útil 8.000 h	h prod.	0,0018

Fonte: TCPO (2008, p. 94)

Para a obtenção dos custos citados, foram realizadas pesquisas de preços com fornecedores de material, mão-de-obra e equipamentos da cidade de Curitiba e região metropolitana, possibilitando assim o cálculo de uma média local.

O cálculo do valor da mão-de-obra considerou os encargos sociais disponíveis no *site* do SINDUSCON-PR apresentados na Tabela 3.4 e também os pisos salariais divulgados no *site* do SINTRACON-PR presentes na Tabela 3.5.

Tabela 3.4 – Encargos Sociais / PR (2011)**(continua)**

Grupo I	
INSS	20,00%
FGTS	8,00%
Salário Educação	2,50%
SESI	1,50%
SENAI	1,00%
SEBRAE	0,60%
INCRA	0,20%
Seguro Acidente	3,00%
SECONCI	1,00%
Total Grupo I	37,80%
Grupo II - encargos com incidência do Grupo I	
Repouso semanal remunerado	17,76%
Férias + bonificação de 1/3	14,80%
Feriados	4,07%
Auxílio enfermidade e faltas justificadas	1,85%
Acidente de trabalho	0,15%
Licença Paternidade	0,04%
13º Salário	11,10%
Adicional noturno	0,54%
Total Grupo II	50,30%
Incidência do GRUPO I sobre o GRUPO II	19,01%

Tabela 3.4 – Encargos Sociais / PR (2011)

(conclusão)

Grupo III	
Aviso prévio	18,16%
Demissão sem justa causa	5,06%
Indenização adicional	1,43%
Incidência do GRUPO I no aviso prévio (sem FGTS e SECONCI)	5,23%
Total Grupo III	29,87%
Grupo IV	
EPI - Equipamentos de Proteção Individual	3,56%
Seguro de vida	0,86%
Vale transporte	5,02%
Vale compras	20,54%
Café da manhã	4,41%
Total Grupo IV	34,39%
SUBTOTAL	171,37%
Grupo V	
ISS e COFINS	8,70%
Total Grupo V	8,70%
TOTAL	186,27%

Fonte: http://www.sinduscon-pr.com.br/principal/home/?sistema=conteudos|conteudo&id_conteudo=400 (Acesso em 20/11/2011)

Tabela 3.5 – Piso salarial dos trabalhadores da construção civil / PR – SINTRACON

FUNÇÃO	PISO SALARIAL (HORA) - R\$
SERVENTE	3,65
PROFISSIONAL	5,14

Fonte: http://www.sintraconcuritiba.org.br/tabela_salarios.php adaptada (Acesso em 20/11/2011)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Seguindo o procedimento experimental apresentada no item 3, foram obtidos os resultados que serão apresentados a seguir.

4.1 Questionário

O questionário elaborado foi enviado para as secretarias de cento e trinta e nove cidades no período entre 13 de setembro e 04 de outubro de 2011. Aguardou-se até o dia 10 de outubro de 2011 o retorno das prefeituras e obteve-se no total vinte e quatro respostas, o que representa quase 18% dos cento e trinta e nove questionários enviados. As respostas obtidas são apresentadas no Anexo II.

A seguir, são apresentados no Gráfico 4.1 e no Gráfico 4.2, duas classificações das cidades envolvidas: por número de habitantes e por unidade federativa, respectivamente. O número de habitantes de cada cidade adotado é o divulgado pelo IBGE no censo demográfico do ano de 2010.

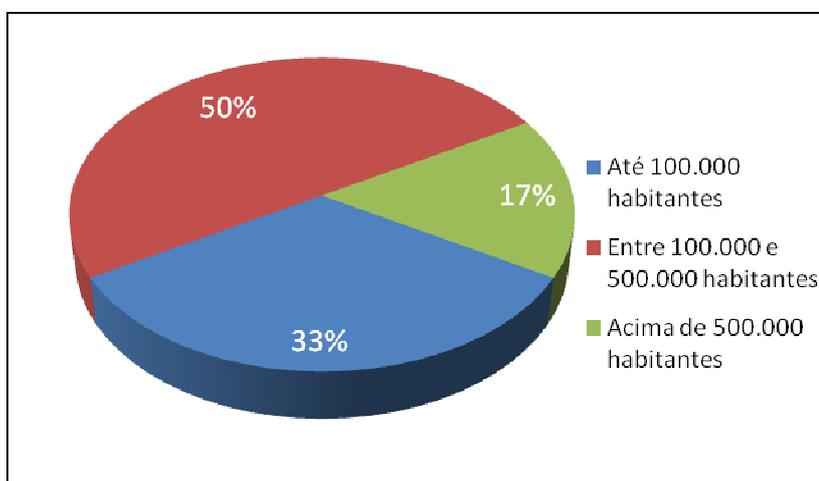


Gráfico 4.1 – Classificação das cidades de acordo com o número de habitantes

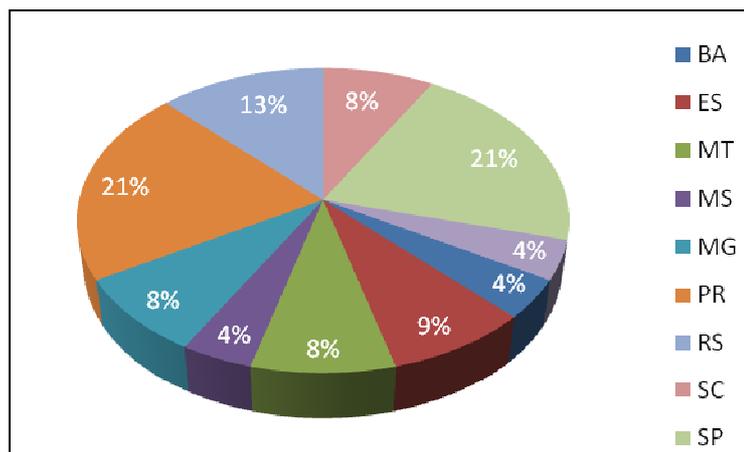


Gráfico 4.2 – Classificação das cidades de acordo com a unidade federativa

A partir da primeira pergunta do questionário (O município possui um histórico de utilização de blocos intertravados de concreto (*pavers*) na pavimentação de ruas?), cujas respostas estão apresentadas no Gráfico 4.3, a análise das demais foi realizada separando-se as cidades em dois grupos:

1. Aquelas que utilizam ou já utilizaram o pavimento de blocos intertravados de concreto;
2. Aquelas que nunca utilizaram o pavimento de blocos intertravados de concreto.

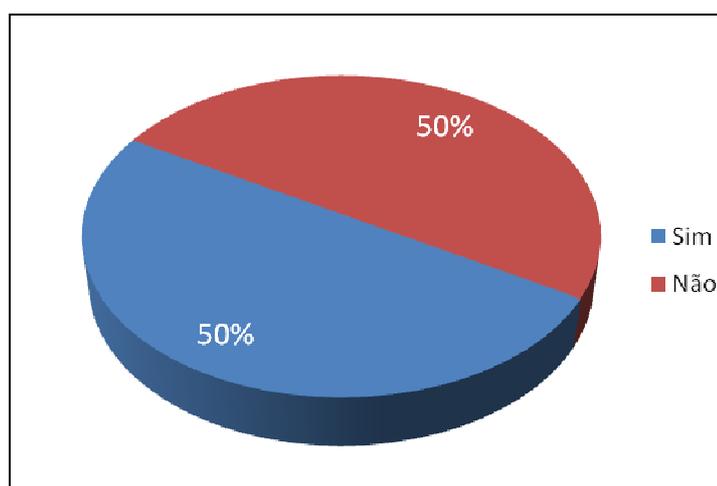


Gráfico 4.3 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 01 (histórico do município na utilização de *pavers* de ruas)

Como podemos observar no Gráfico, 50%, ou seja, doze das vinte e quatro cidades que responderam ao questionário já possuíam experiências de pavimentação urbana com os blocos intertravados de concreto. Este número é

bastante expressivo, uma vez que se tem como parâmetro a utilização do pavimento intertravado na cidade de Curitiba, a qual, para uma cidade com tal porte, é praticamente nula.

4.1.1 Cidade que Utilizam ou já Utilizaram o Pavimento de Blocos Intertravados de Concreto

Para este grupo foram destinadas as perguntas de 2 à 13. A análise das respostas realizada pelo grupo será apresentada a seguir.

- Pergunta 02: Em quais tipos de vias foi realizada esta experiência?
- Pergunta 03: Quais os motivos que levaram a cidade a não utilizar o pavimento intertravado em vias de trânsito rápido e arteriais?
- Pergunta 04: O município possui um registro com as experiências (vantagens e desvantagens) proporcionadas pela pavimentação com blocos intertravados de concreto?
- Pergunta 05: O município realizou um estudo comparativo entre a utilização de blocos intertravados e asfalto?
- Pergunta 06: Cite 5 vantagens e 5 desvantagens da utilização dos blocos intertravados de concreto.
- Pergunta 07: Sobre a manutenção, com que frequência é realizada em vias de blocos intertravados e qual a dimensão desta manutenção? Qual o custo de manutenção em relação ao de execução, em porcentagem?
- Pergunta 08: São realizados ensaios de controle de terraplenagem para garantir uma compactação adequada das bases do pavimento?
- Pergunta 09: O assentamento dos blocos intertravados é realizado de modo manual ou mecanizado?
- Pergunta 10: Qual é a média de preço cobrada pelo metro quadrado (ou linear para ruas com oito metros de largura) do material e da mão-de-obra para execução do pavimento intertravado na cidade?

- Pergunta 11: Assinale os problemas que foram observados.
- Pergunta 12: Quem é o responsável pelos serviços de execução e manutenção do pavimento urbano?
- Pergunta 13: Há uso de blocos intertravados de concreto (pavers) em outros locais que não pavimentos urbanos?

4.1.1.1 Pergunta 02: tipos de vias em que o *paver* foi utilizado

Com as respostas dadas à Pergunta 02, concluiu-se que poucas cidades apostaram no *paver* como material de revestimento para as suas principais vias. Das doze cidades que declararam possuir ruas pavimentadas com blocos de concreto, apenas quatro os utilizaram em vias de trânsito rápido e vias arteriais, conforme pode-se observar no Gráfico 4.4.

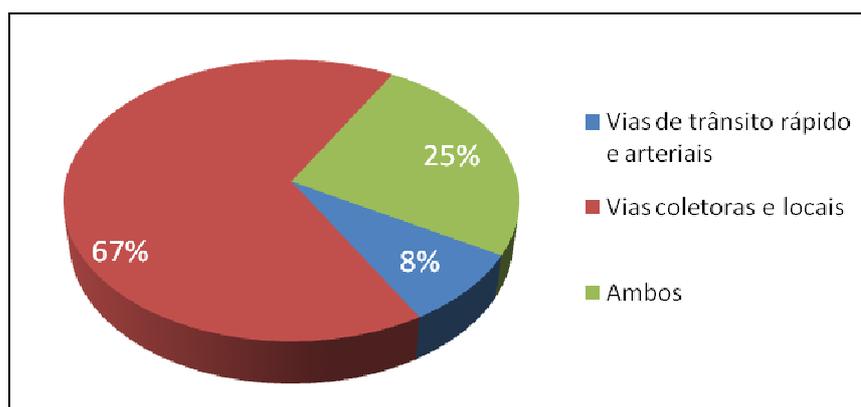


Gráfico 4.4 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 02 (tipos de vias em que o *paver* foi utilizado)

Um fato que chama atenção é a falta de estudos comparativos entre diferentes tipos de pavimentos por parte das prefeituras. Destas quatro cidades, em resposta à Pergunta 05, nenhuma declarou ter realizado análise entre pavimentos intertravado e asfáltico.

4.1.1.2 Pergunta 03: motivos para não utilizar o *paver* em vias de trânsito rápido e arteriais

As oito outras cidades que declararam ter utilizado blocos de concreto na pavimentação de ruas, fizeram-no apenas em vias secundárias. O Gráfico 4.5,

construído com base nas respostas da Pergunta 03, apresenta os principais motivos alegados para esta escolha.

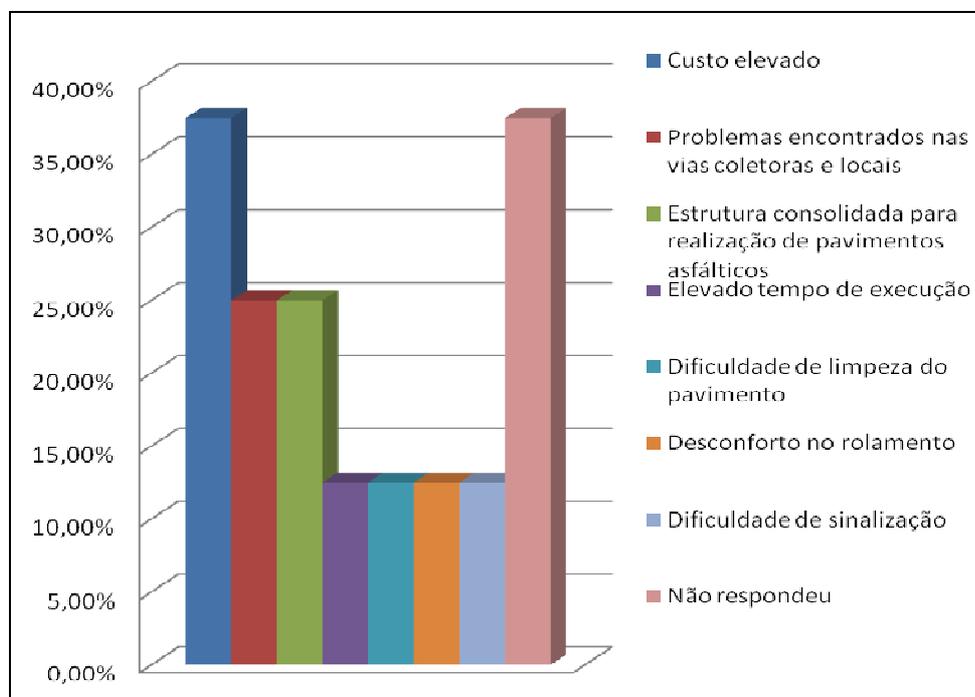


Gráfico 4.5 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 03 (motivos para não utilizar o paver em vias de trânsito rápido e arteriais)

Como se pode observar aproximadamente 38% dos municípios que não utilizam paver em vias rápidas e arteriais apresentaram como principal motivo o custo elevado do pavimento intertravado de concreto. Uma análise mais detalhada dos custos dos dois tipos de pavimento será apresentada no item 4.2. Também cerca de 25% das cidades apresenta como motivo o fato de possuírem usina própria de CBUQ, o que possibilita uma produção mais eficaz e com menores custos.

Outro ponto levantado por 25% das cidades foram os problemas encontrados na vias secundárias e locais pavimentadas com paver. De acordo com os entrevistados, os locais onde se aplicou o pavimento apresentaram problemas devido à má qualidade de instalação e o tipo de solo. Porém, estes problemas poderiam ser evitados com uma base executada de maneira correta, utilizando materiais e mão-de-obra qualificados.

Além disso, um dos entrevistados questionou a dificuldade de limpeza do pavimento devido a sua porosidade. Em calçadas pavimentadas com *paver* percebeu-se a absorção de chorume advindo dos resíduos depositados diretamente sobre ela impossibilitando uma limpeza adequada.

O mesmo entrevistado ainda comentou a cerca da dificuldade de sinalização das vias. Por exemplo, caso ocorra a mudança de sentido de uma via, é necessária a troca dos *pavers* que constituem as marcações, e não apenas refazer as pinturas como é o caso do asfalto.

O desconforto ao usuário no rolamento gerado pela trepidação e pelos ruídos e o elevado tempo de execução serão abordados detalhadamente nos comentários das Perguntas 06 e 11.

4.1.1.3 Pergunta 04: registro das experiências com o uso de *pavers* em pavimentação de vias públicas

As respostas obtidas na Pergunta 04 mostram que apenas 8% dos municípios registraram as experiências realizadas com os blocos intertravados de concreto, conforme Gráfico 4.6.

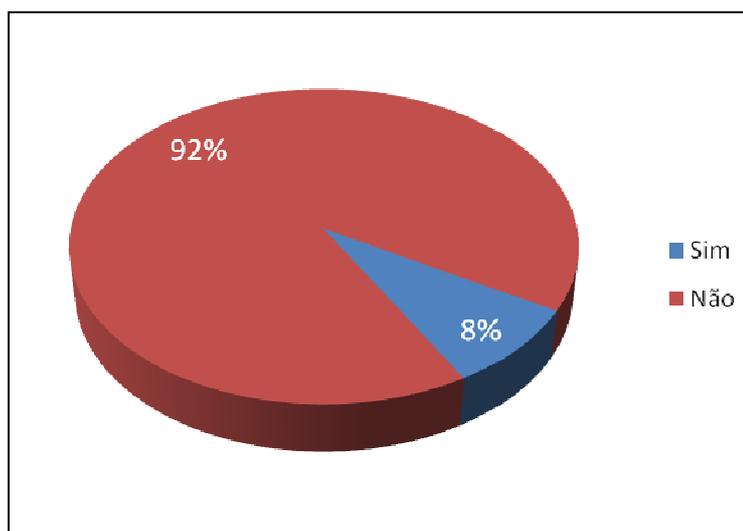


Gráfico 4.6 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 04 (registro das experiências com o uso de *pavers* em pavimentação de vias públicas)

Isto mostra uma deficiência no processo de gestão das prefeituras com os serviços executados. Estes dados poderiam ser úteis para um próximo serviço de pavimentação, visto que o bloco intertravado ainda é um material com histórico recente de utilização e deveria ter um acompanhamento mais freqüente.

4.1.1.4 Pergunta 05: estudo comparativo entre os dois sistemas de pavimentação

Assim como na Pergunta 04, na Pergunta 05 apenas 8% das prefeituras realizou um estudo comparativo entre os dois sistemas de pavimentação, como ilustrado no Gráfico 4.7.

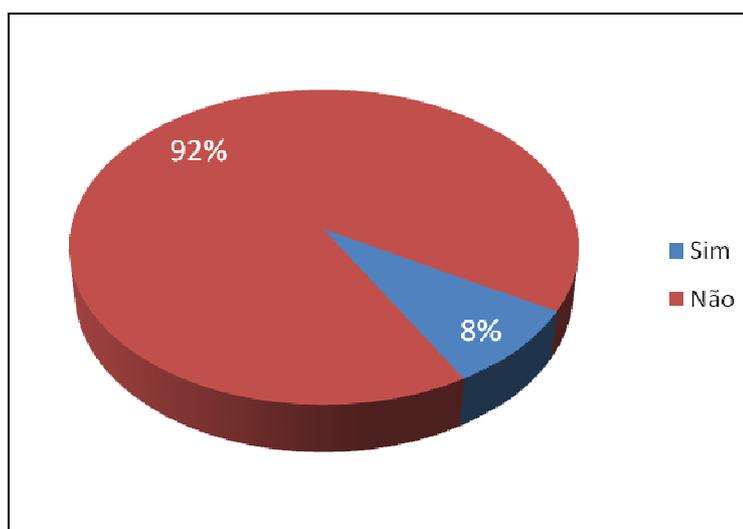


Gráfico 4.7 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 05 (estudo comparativo entre os dois sistemas de pavimentação)

Com base nesta resposta, observa-se que muitas vezes não há a devida preocupação em utilizar os recursos públicos da maneira mais eficiente possível. Uma análise econômica detalhada poderia gerar subsídios tanto para tomada de decisões como para proporcionar justificativa e controle dos gastos públicos.

Deve-se ressaltar que na tomada de decisão de qualquer investimento deve sempre ser considerado tanto os custos de execução como os de manutenção e ainda a durabilidade. Em tratando-se de vias públicas e considerando a situação do trânsito nas cidades de médio e grande porte, a periodicidade de manutenções deve ser um outro critério importante a ser considerado, haja vista os problemas causados com a interrupção total ou parcial de uma via pública.

4.1.1.5 Pergunta 06: vantagens e desvantagens da utilização do *paver*

A Pergunta 06 tratou das vantagens e desvantagens dos blocos intertravados na pavimentação urbana. O Gráfico 4.8 abaixo apresenta as características do *paver* mais consideradas como vantajosas, as quais serão discutidas em seguida.

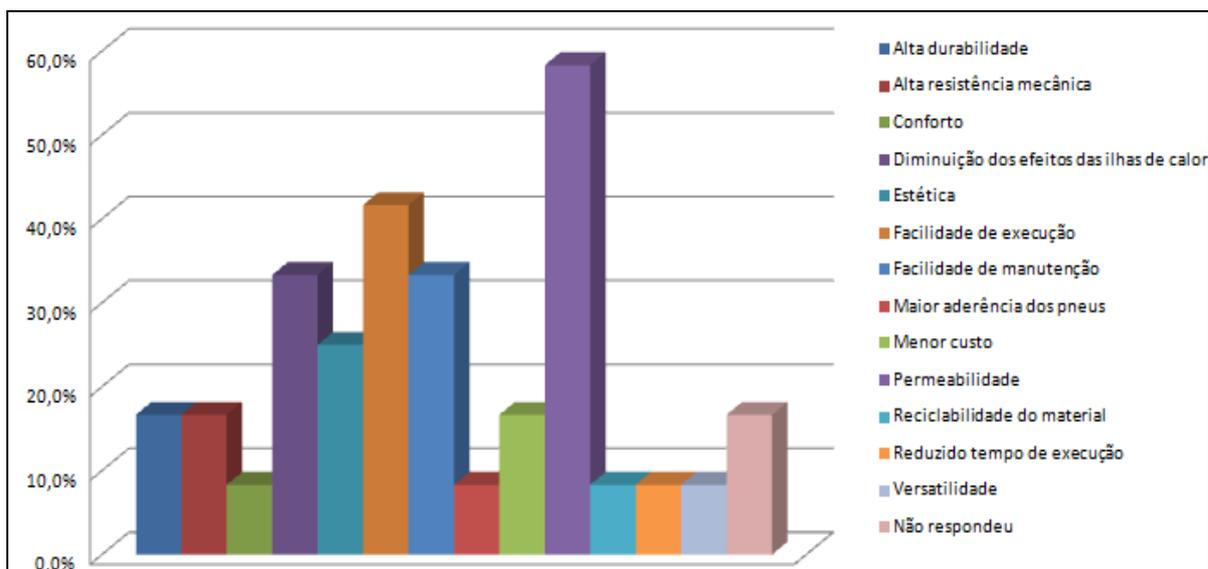


Gráfico 4.8 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 06 (vantagens da utilização do paver)

Como é possível observar, como característica positiva mais citada tem-se a questão da permeabilidade. É verdade que esta é uma propriedade das mais desejadas para os pavimentos, uma vez que um pavimento permeável possibilita o escoamento da água e seu retorno ao lençol freático. Porém, conforme apresentado no item 2.2.7, a permeabilidade do pavimento intertravado é relativa e depende de fatores como a granulometria do material utilizado na fabricação dos blocos, a espessura e o preenchimento das juntas.

Para que seja garantida a resistência do pavimento de blocos intertravados de concreto, as peças devem possuir resistência mínima de 35 MPa, conforme NBR 9781 (1987), o que é alcançado com concretos mais densos. Além disso, as juntas devem possuir espessura reduzida e ser preenchidas totalmente com areia de granulometria contínua. Estes fatores quando associados tornam o pavimento intertravado pouco permeável, não sendo possível atribuir a ele esta característica.

Uma das maneiras de elevar a taxa de permeabilidade do pavimento em questão é com o aumento da espessura das juntas, por meio da utilização de espaçadores, permitindo maior infiltração da água pela areia de rejuntamento. Desde que bem preenchidas, juntas com maior espessura não interferem na resistência dos blocos e nem no intertravamento existente entre eles. Por outro lado, torna crescente o efeito da trepidação dos veículos, considerado indesejado e que será discutido posteriormente

Outra maneira de tornar o pavimento intertravado permeável é utilizando peças fabricadas com concreto poroso, o qual apresenta granulometria descontínua. Também é necessário que o material para a sub-base, base, camada de assentamento e rejunte do pavimento possua granulometrias específicas, recomendadas pela ABCP e citadas no item 2.2.7 da revisão da literatura. Porém, como apresentado neste mesmo item, pavimentos de blocos permeáveis de concreto possuem resistência à compressão mais baixa, sendo recomendado para vias de tráfego leve. Ou seja, não é recomendado para vias de tráfego pesado, o qual é o objeto de estudo do presente trabalho.

Concluindo, ao tornar o pavimento de *pavers* permeável, obrigatoriamente cria-se uma característica negativa. Como a perda de resistência inviabiliza o tráfego pesado, a alternativa que propõe alterações na granulometria dos elementos que constituem o pavimento deve ser descartada. Sendo assim, a alternativa que resta é a utilização de juntas com maior espessura, as quais provocam maior trepidação dos veículos, fator este que será discutido nos comentários a respeito das desvantagens.

Os seguintes itens mais citados como vantagens do pavimento intertravados estão os itens de facilidade de execução e de manutenção, respectivamente. Esta facilidade de execução se deve ao fato da desnecessidade de equipamentos sofisticados e da simplicidade do processo construtivo. Tais equipamentos são de pequeno porte e a mão-de-obra não necessita de conhecimento e de habilidades especiais, mas apenas estar devidamente treinada. Além disto, trechos de vias muito íngremes impossibilitam a execução de revestimento asfáltico devido a restrição de algumas máquinas, sendo assim mais indicada a utilização do paver.

Quanto à manutenção, independentemente da dimensão, é de fácil execução. O caso mais crítico é aquele em que ocorre o afundamento das peças, necessitando de uma reconstrução das camadas estruturais do pavimento. Apesar disso, bem como no caso de quebras, as peças podem ser retiradas e reutilizadas no próprio pavimento ou em outro local. Ainda assim, caso não seja possível reutilizar as peças, existe a possibilidade de reciclagem, como apontado no item 2.2.4 da revisão da literatura.

Ainda com relação à facilidade de execução e manutenção, tem-se como ponto positivo a liberação imediata do tráfego após o reparo, uma vez que, por serem pré-fabricados, os *pavers* do pavimento intertravado não necessita de cura no

local. Assim, defeitos pontuais como peças quebradas podem ser corrigidos sem grandes paralisações do trânsito.

O terceiro item mais apontado pelas prefeituras, juntamente com a facilidade de manutenção, é a redução do efeito de ilhas de calor. Este é um ponto positivo indiscutível, uma vez que a coloração clara do concreto reduz a absorção do calor (absortância a radiação solar), melhorando o conforto térmico dos centros urbanos.

Três das doze prefeituras citaram a questão estética como um ponto positivo do pavimento executado com pavers. Relacionado a este fator estão outro dois citados por 8%, as questões de conforto e versatilidade. A primeira, além de estar relacionada com a diminuição do efeito de ilhas de calor, também está associada com a estética, uma vez que o pavimento intertravado proporciona um conforto visual, se comparado ao pavimento asfáltico. O *paver* pode ser utilizado em casas, condomínios, áreas comerciais e industriais, praças, parques e vias urbanas, o que demonstra sua versatilidade, além de possuir diferentes formatos, cores e texturas possibilitando a aplicação em diferentes padrões de paginação e permitindo aos arquitetos e paisagistas explorarem ao máximo estas características.

Somando-se todos estes fatores citados acima, o paver ainda pode provocar impactos na economia, no turismo e na valorização dos patrimônios. Isto ocorreu na cidade de Blumenau, onde há cerca de 10 anos iniciou-se a reurbanização de suas principais ruas utilizando blocos intertravados de concreto coloridos que redesenham no pavimento fachadas de prédios históricos. Abaixo, na Figura 4.1 e na Figura 4.2, é possível observar resultados destas obras.



Figura 4.1 – Vista do Prédio Histórico Redesenhado na Rua XV de Novembro em Blumenau.

Fonte: http://www.paver.com.br/ver_imagem.php?img=170&conteudo=1



Figura 4.2 – Vista de um cruzamento executado com paver em Blumenau.

Fonte: http://www.paver.com.br/ver_imagem.php?img=173&galeria=125

Apenas uma das doze cidades que utilizaram blocos de concreto na pavimentação de ruas considerou relevante a segurança proporcionada pelo pavimento. Esta segurança é propiciada pelas juntas entre os blocos, as quais atuam como ranhuras. Como apresentado no item 2.2.5, as juntas possibilitam uma diminuição das distâncias de frenagem. Acredita-se que também se torna mais segura a direção de veículos em curvas, trechos íngremes e dias de chuva.

O fator segurança foi pouco lembrado pelos entrevistados por falta de divulgação dos estudos existentes sobre o assunto e por ser um item com menor facilidade de percepção. Devido ao fato de motoristas estarem acostumados com a direção sobre pavimentos flexíveis, as melhorias proporcionadas pelos pavimentos intertravados acabam não transparecendo. Talvez, com o tempo, um estudo relativo a uma possível diminuição do número de acidentes possa demonstrar com mais clareza esta vantagem.

Velocidade de execução foi um fator apontado por apenas um município. Isto se deve ao fato de este município utilizar o método mecanizado de assentamento de pavers, apresentado no item 2.2.1 da revisão. Ainda assim, a outra cidade que declarou utilizar o método mecanizado, não apontou a velocidade de execução como ponto forte. A verdade é que o processo mecanizado utilizado no Brasil ainda não é tão eficaz quanto o utilizado no exterior. Um estudo mais detalhado de tempos e métodos seria necessário para aprimorar este processo.

Também lembrada por apenas um município está a possibilidade de reaproveitamento e reciclagem do material, assunto este já abordado quando discutida a manutenção do pavimento. Isso mostra a pequena preocupação com a geração de resíduos da construção civil, pois as leis, políticas públicas e normas que orientam a gestão de resíduos neste segmento são recentes e ainda não mudaram a cultura das pessoas no canteiro de obras.

Finalizada a análise das vantagens obtidas com a Pergunta 06, no Gráfico 4.9 são apresentadas as desvantagens citadas e seus respectivos comentários.

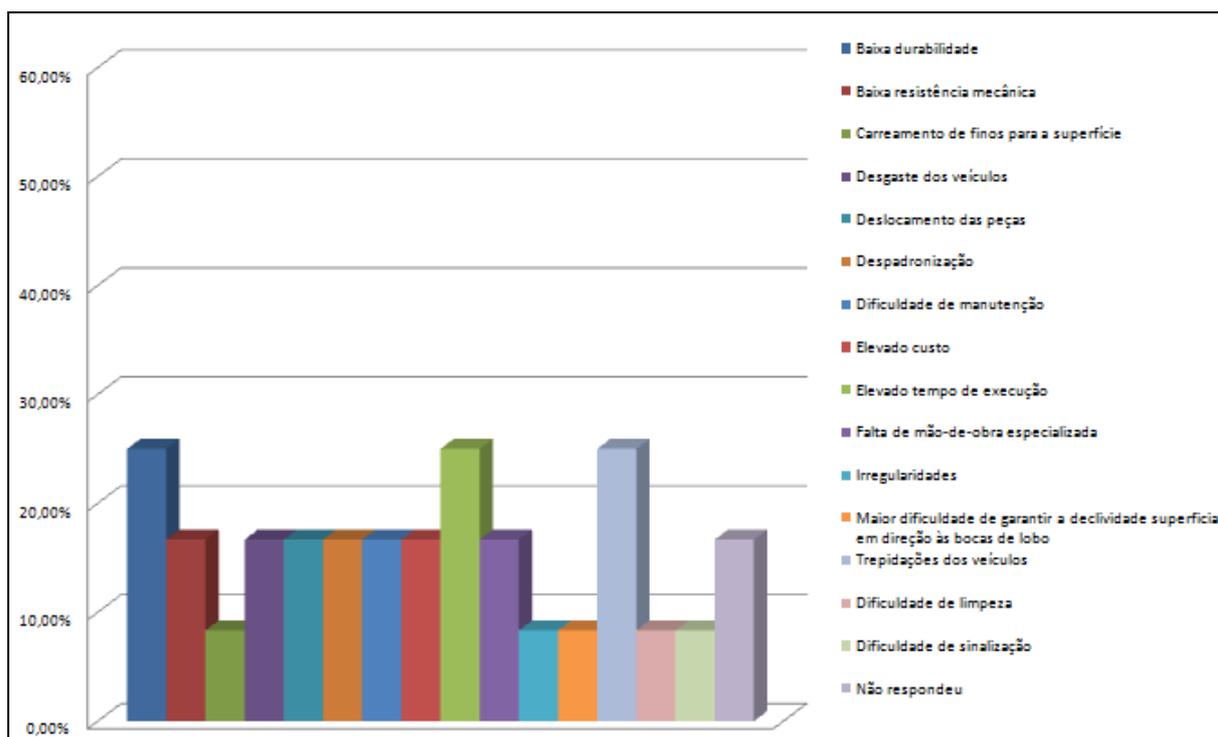


Gráfico 4.9 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 06 (desvantagens da utilização do paver)

Percebe-se que não há uma predominância de nenhuma característica e, além disto, os problemas apontados podem estar associados a uma mesma causa.

Os deslocamentos das peças e as irregularidades do pavimento são problemas originados pela má execução do processo. Esses problemas poderiam ser evitados executando-se corretamente as contenções laterais e a camada de assentamento, respectivamente.

Como citado anteriormente na discussão feita a respeito das vantagens apontadas, três características foram classificadas como negativas devido às diferenças regionais, sendo elas a durabilidade, a resistência mecânica e o custo. De acordo com uma das prefeituras, o pavimento intertravado “não absorve a sobrecarga advinda de caminhões de outros meios de transporte pesado”, o que é errôneo, visto que os blocos de concreto possuem resistências e espessuras que suportam este tipo de tráfego, conforme apresentado no Quadro 2.2.

Outra desvantagem relacionada com estas diferenças é a falta de mão-de-obra especializada. Como se pode observar, uma das dificuldades encontradas é a de garantir a declividade superficial em direção às bocas de lobo, a qual poderia ser sanada com cursos de formação de equipes de produção.

Um dos municípios que levantaram o desgaste dos veículos como um problema apresentou o resultado de um estudo afirmando que os pneus dos veículos se desgastam três vezes mais quando a pavimentação das ruas é de blocos intertravados de concreto. A outra cidade apontou que o efeito de trepidação provocado pelas juntas existentes entre os *pavers* contribui para o aparecimento de problemas mecânicos nos veículos, gerando maior necessidade de manutenção e consequente descontentamento da população.

Como era previsto, o elevado tempo de execução foi um dos problemas mais mencionados, visto que, como apresentado no item 2.2.1, é predominante no Brasil o assentado manual dos blocos.

Outro fator que impede a popularização do pavimento intertravado de concreto, e talvez o maior responsável, é a falta de padronização com relação a qualidade das peças encontradas no mercado. Ao pesquisar-se o número de fabricantes de blocos intertravados de concreto no país que possuem o Selo de Qualidade ABCP, constatou-se um número aquém das expectativas.

Apenas 44 indústrias de artefatos em concreto produzem *pavers* de acordo com as recomendações normativas, em pelo menos uma das resistências exigidas pelas normas. O Gráfico 4.10 mostra a distribuição das indústrias por Estado, enquanto o Gráfico 4.11 aponta a divisão por regiões do país.

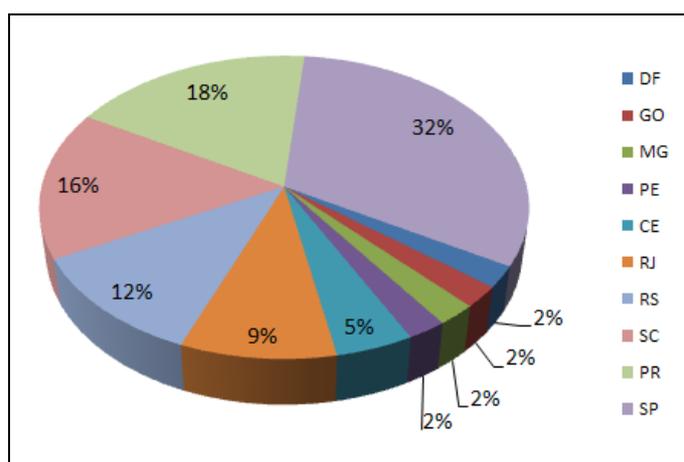


Gráfico 4.10 – Distribuição das indústrias de *pavers* com Selo ABCP por Estado

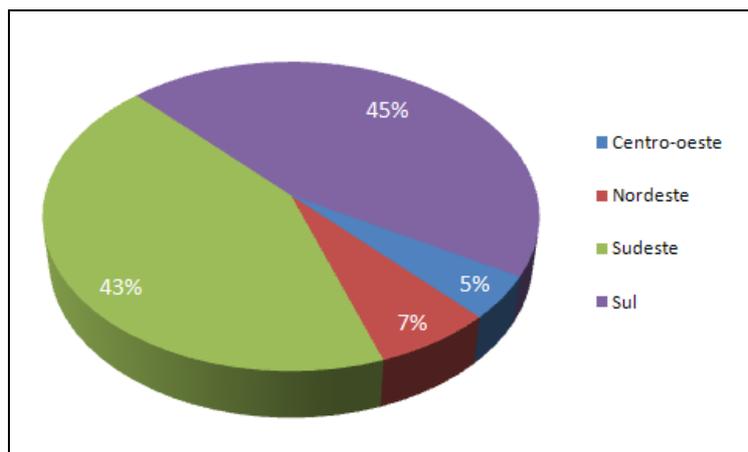


Gráfico 4.11 – Distribuição das indústrias de pavers com Selo ABCP por região

Como pode ser observado, além do número de fabricantes de pavers com Selo de Qualidade ser pequeno, a distribuição destes pelo território nacional não é homogênea. São Paulo, com 14 indústrias, é o Estado que mais possui empresas com certificado da ABCP, porém a região com maior número de fabricantes que possuem o selo de qualidade é a Sul, com 20 indústrias no total. É possível ainda perceber que a região Norte não possui nenhuma empresa especializada em artefato de concreto com Selo de Qualidade ABCP, o que mostra a falta de empresas qualificadas para receber o Selo, seja por desinteresse, por desconhecimento ou ainda por falta de exigência dos compradores.

A falta de fiscalização dos produtos fabricados foi ainda mais percebida durante a pesquisa de viabilidade econômica. Em Curitiba e região metropolitana, por exemplo, nenhuma das indústrias consultadas fabrica blocos de concreto intertravados com espessura de 10 centímetros. A explicação dada é a rara utilização do produto, sendo recomendado para tráfego pesado o paver com 8 centímetros de espessura.

Este último fato é originado da falta de consistência das bibliografias que tratam deste assunto. Ora o pavimento intertravado que resiste ao tráfego pesado é especificado com blocos de 8 centímetros, ora com pavers de 10 centímetros de espessura. Isto apenas reforça a não consolidação do produto no Brasil.

Além da não disponibilidade do produto conforme especificações normativas, também foram encontradas peças com resistências e espessuras diferentes das recomendadas. Para tráfego leve foram ofertados pavers com até 20 MPa de resistência, muito abaixo do recomendado nas normas brasileiras, enquanto

para fins de revestimento foram encontrados blocos com apenas 2,5 cm de espessura.

Por fim, a falta de padronização dos blocos intertravado de concreto se deve muito ao fato de as normas brasileiras em vigências serem obsoletas, sendo criadas há quase 25 anos, e tratarem do assunto com superficialidade. O que pode justificar a obsolescência das normas é a reduzida demanda, em menor parte pelo menor consumo de pavers frente ao asfalto, como em maior parte pelo desinteresse de grandes consumidores públicos e privados na atualização das normas.

Os últimos pontos apresentados como desvantagens da utilização do *paver* foram as dificuldades de limpeza e de sinalização, as quais já foram discutidas no item 4.1.1.2.

4.1.1.6 Pergunta 07: manutenção dos pavimentos intertravados

A Pergunta 07 foi uma tentativa de determinar a frequência e dimensão de manutenção do pavimento intertravado. Porém, devido ao recente histórico de utilização, as cidades entrevistadas não puderam analisar tal situação.

4.1.1.7 Pergunta 08: ensaios tecnológicos para controle de compactação do solo

De acordo com os dados obtidos na Pergunta 08 e apresentados no Gráfico 4.12, ainda existem casos em que não são realizados ensaios tecnológicos de terraplanagem para controle de compactação das camadas do pavimento.

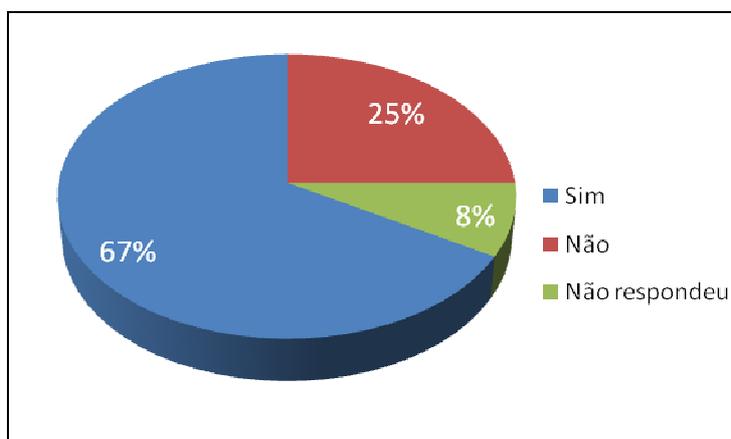


Gráfico 4.12 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 08 (ensaios tecnológicos para controle de compactação do solo)

Uma das justificativas apresentadas é a desnecessidade da realização dos ensaios em vias coletoras e/ou locais. Deveria ser obrigatória a realização destes ensaios, visto que a qualidade do pavimento está diretamente ligada ao controle da execução. Porém, existem cidades que sofrem com a falta de estrutura para a realização destes ensaios.

4.1.1.8 Pergunta 09: método de execução da pavimentação com *pavers*

O método executivo do pavimento intertravado utilizado nos municípios é predominantemente manual, conforme respostas da Pergunta 09 apresentadas no Gráfico 4.13.

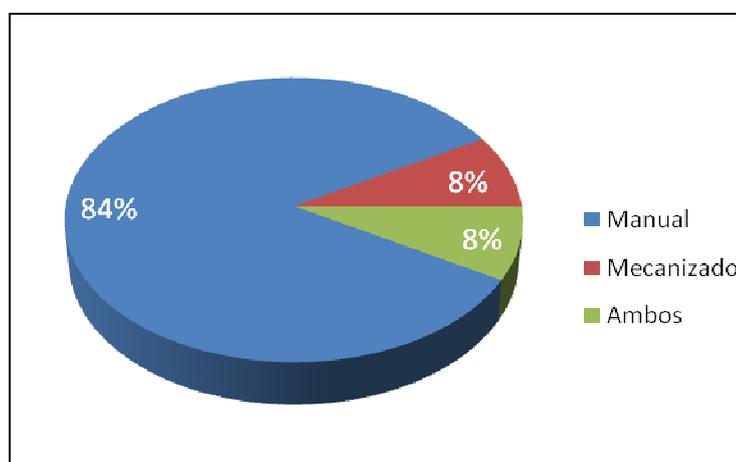


Gráfico 4.13 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 09 (método de execução da pavimentação com *pavers*)

Apenas 16% das cidades já utilizam ou utilizaram o método mecanizado, apresentado no item 2.2.1. Este dado confirma que as técnicas executivas utilizadas no Brasil ainda são ultrapassadas se comparadas com a de outros países. Outrossim, a falta de divulgação e pesquisas a respeito de inovações tecnológicas favorecem a estagnação dos processos construtivos.

4.1.1.9 Pergunta 10: custo de execução do pavimento intertravado

A Pergunta 10 solicitava a informação sobre o custo de execução do pavimento de blocos intertravados, cujos resultados permitiram calcular o valor médio por metro quadrado. O valor obtido foi de R\$ 67,30 / m², desconsiderando o valor informado por uma das prefeituras, visto que era 70% mais baixo que a média

encontrada. Um estudo mais detalhado a respeito dos custos do pavimento será abordado no item 4.2.

4.1.1.10 Pergunta 11: problemas que foram observados

O Gráfico 4.14 ilustra os percentuais de defeitos previamente levantados pelo grupo que mais ocorreram nas ruas pavimentadas com blocos intertravados de concreto

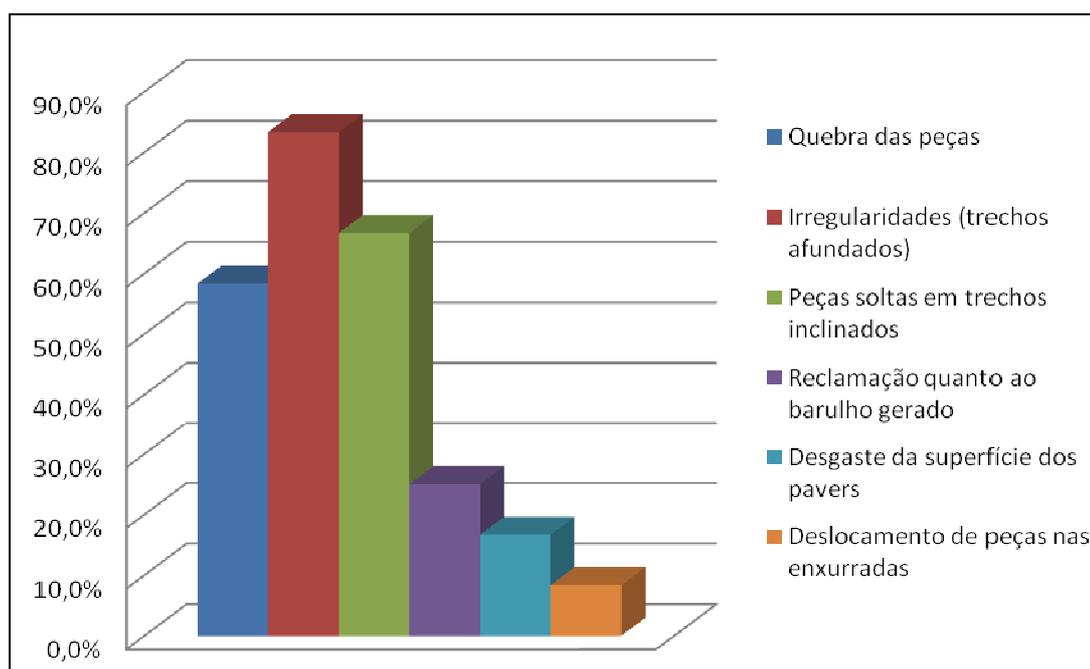


Gráfico 4.14 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 11 (problemas que foram observados)

Pode-se observar que o afundamento de peças é o problema mais recorrente, o que mostra a falta de controle tecnológico durante a execução das camadas estruturais. Problemas de execução das bases do pavimento também ocorrem no pavimento asfáltico, porém pelo fato de ser um pavimento flexível, a deformação é acompanhada pela camada de revestimento, ou seja, ocorre o aparecimento de ondulações e defleções. Por sua vez nos pavimentos intertravados problemas estruturais acarretam em afundamentos pontuais.

Quebra das peças e desgaste da superfície (abrasão / erosão) dos pavers são problemas originados devido a má qualidade do material utilizado, enquanto o deslocamento de peças devido à inclinações e/ou enxurradas é resultado do mau rejuntamento e travamento dos *pavers*. Apenas 25% das cidades afirmaram ter

recebido reclamações da população quanto ao barulho gerado, o que mostra que este não é um fator determinante na escolha do pavimento.

4.1.1.11 Pergunta 12: método executivo

Como se pode observar no Gráfico 4.15, de acordo com a Pergunta 12, 77% das cidades é pavimentada com equipe própria e 46% delas utilizam mão-de-obra terceirizada. A utilização de uma ou outra mão-de-obra depende de fatores como a disponibilidade de mão-de-obra e de equipamentos, a complexidade do projeto, entre outros.

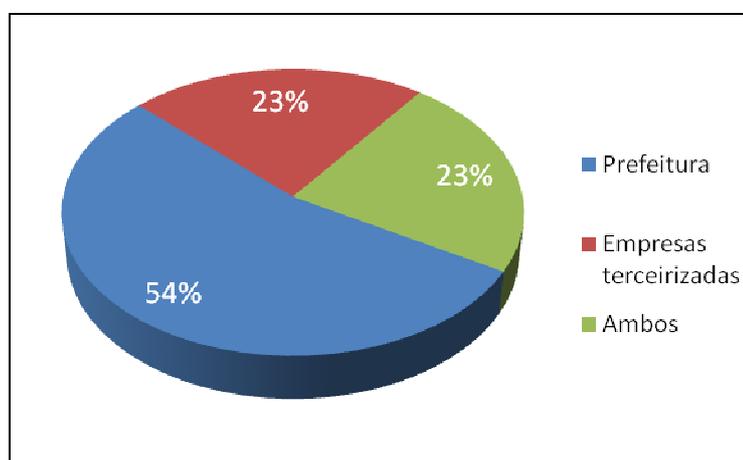


Gráfico 4.15 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 12 (método executivo)

Considerando que são utilizados ambos os meios, decidiu-se por elaborar a análise econômica considerando custo de mão-de-obra própria e terceirizada.

4.1.1.12 Pergunta 13: outros usos do *paver* além da pavimentação de vias

Apesar do *paver* não possui uma aceitação tão grande para a pavimentação de ruas, o material é largamente utilizado para outros fins, conforme as respostas à Pergunta 13, ilustradas no Gráfico 4.16. Esta receptividade pode ser decorrente da facilidade operacional do *paver* para a pavimentação destes locais se comparado com o asfalto.

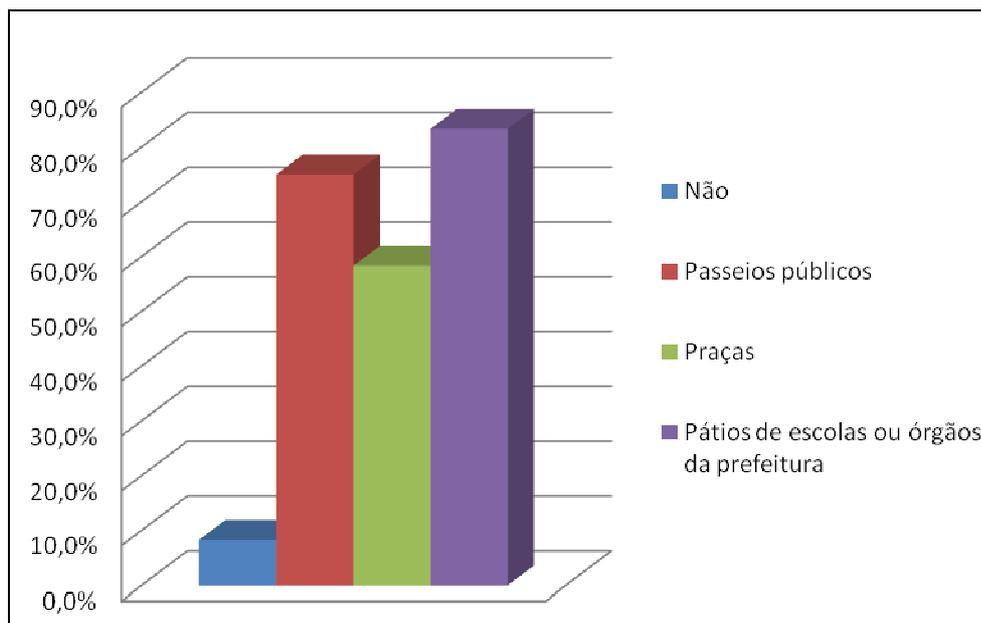


Gráfico 4.16 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 13 (outros usos do paver além de pavimentação de vias)

4.1.2 Cidade que Nunca Utilizaram o Pavimento de Blocos Intertravados de Concreto

Para este grupo foram destinadas as perguntas 14 à 17. A análise das respostas realizada pelo grupo é apresentada a seguir.

- Pergunta 14: Quais os motivos pelos quais a cidade nunca veio a utilizar o bloco intertravado de concreto?
- Pergunta 15: A prefeitura já realizou algum estudo preliminar, ou participou de algum evento, sobre o uso de pavers na pavimentação urbana?
- Pergunta 16: Caso fosse comprovado que os pavimentos intertravados possuem, a longo prazo, menos custos devido a sua baixa manutenção, o município poderia utilizar os blocos intertravados?
- Pergunta 17: A redução do efeito de ilhas de calor (aumento de até 17°C nas áreas centrais das cidades em comparação a periferia) e o aumento da permeabilidade do paver podem fazer com que o município passe a utilizar este tipo de pavimento?

4.1.2.1 Pergunta 14: razões para não utilizar o *paver* em pavimentação de vias

A partir do Gráfico 4.17 abaixo, vê-se que o custo elevado é a justificativa mais apresentada para a não utilização dos *pavers* na pavimentação urbana pelas cidades que nunca o fizeram. Este fato mostra a predominância do custo como fator decisivo na escolha de uma técnica construtiva. Como reflexão sobre essa justificativa para não uso, é necessário considerar sempre o custos de execução, manutenção e periodicidade de manutenção por m² ou metro linear de uma via.

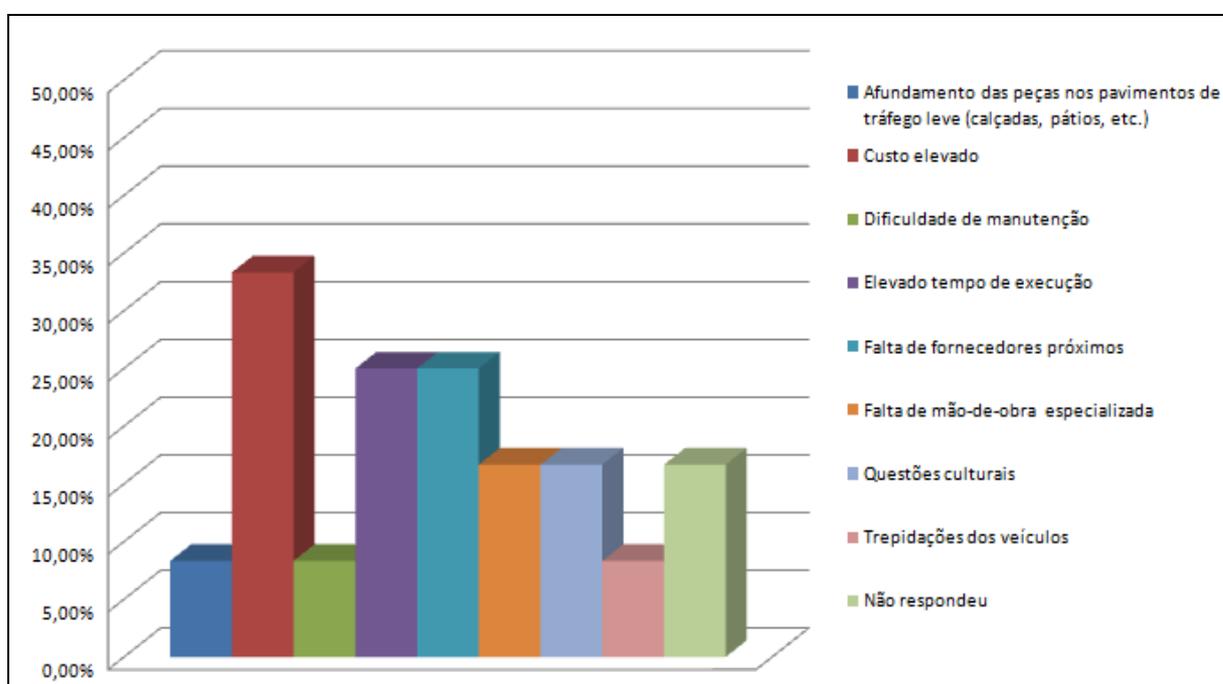


Gráfico 4.17 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 14 (razões para não utilizar o *paver* em pavimentação de vias)

Associados ao custo, com quase 25%, foram apresentados como fatores limitantes da utilização de *pavers* o elevado tempo de execução e a falta de fornecedores próximos e qualificados. O primeiro, devido à falta de tecnologia presente no processo construtivo realizado no Brasil, não permite às prefeituras atender aos prazos de execução e liberação das vias, não satisfazendo a população e tornando o processo mais caro. Já o segundo, pelo motivo da necessidade de gastos com transporte, torna o pavimento intertravado não competitivo economicamente em relação ao pavimento asfáltico.

Questões culturais foi um item apontado por aproximadamente 15% das cidades. Cidades inteiramente pavimentadas com paralelepípedos utilizam este material por questões históricas. Já cidades inteiramente pavimentadas com asfalto não pensam em utilizar outro tipo de pavimento por possuírem usina própria de CBUQ.

Os possíveis problemas técnicos que podem ocorrer, como o afundamento de peças, a dificuldade de manutenção e o efeito de trepidação proporcionado pelo *paver* foram apontados pela minoria dos entrevistados, mostrando que, além de estarem em segundo plano, são pouco conhecidos pelos entrevistados.

4.1.2.2 Pergunta 15: realização de estudo preliminar ou participação em evento relacionado ao tema

Por meio das respostas obtidas com a Pergunta 15, observou-se que metade das cidades pertencentes a este grupo já realizaram estudo preliminar ou participaram de congresso sobre o uso de *pavers* para a pavimentação de ruas, conforme o Gráfico 4.18.

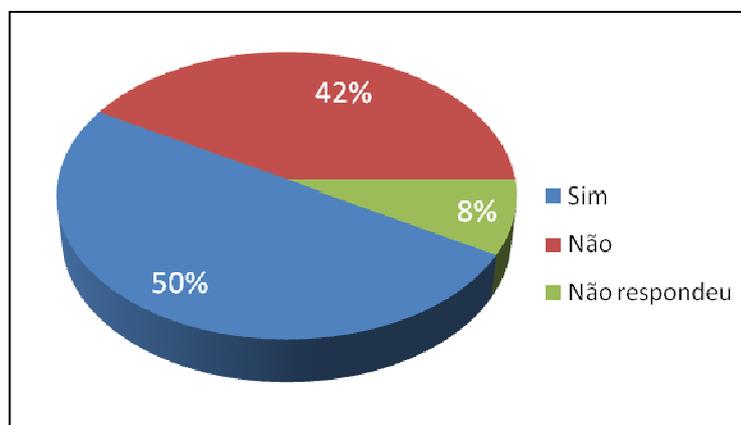


Gráfico 4.18 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 15 (realização de estudo preliminar ou participação em evento relacionado ao tema)

Estas respostas mostram que existe um interesse por parte das cidades com relação ao pavimento intertravado de concreto, porém ainda são escassos os meios de divulgação por meio de congressos e palestras. Além disso, quando há a divulgação, é voltada para a pavimentação de calçadas e praças.

Para exemplificar, durante o ano de elaboração deste trabalho, houve diversos congressos, tais como Brazil Expo Road, Concrete Show, 5º Congresso de

Infraestrutura de Transportes e a 17ª Reunião de Pavimentação Urbana, mas em nenhum deste foi abordado o tema da utilização do bloco intertravado de concreto como solução para a pavimentação de ruas.

4.1.2.3 Perguntas 16 e 17: intenção de uso após comprovação de vantagens

As perguntas 16 e 17 propõem vantagens da utilização da pavimentação com *paver* para verificar se os municípios utilizariam este material. Atualmente, o fator ambiental é equivalente, ou mais importante do que o fator custo. As respostas destas perguntas podem ser observadas no Gráfico 4.19 e no Gráfico 4.20, respectivamente.

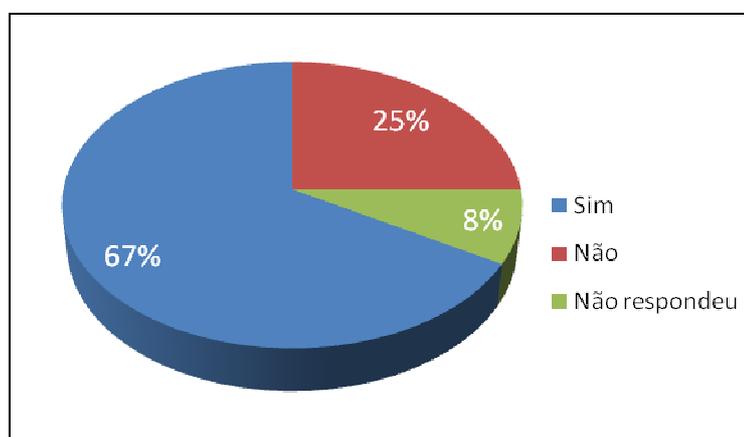


Gráfico 4.19 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 16 (intenção de uso após comprovação das vantagens do *paver* a longo prazo)

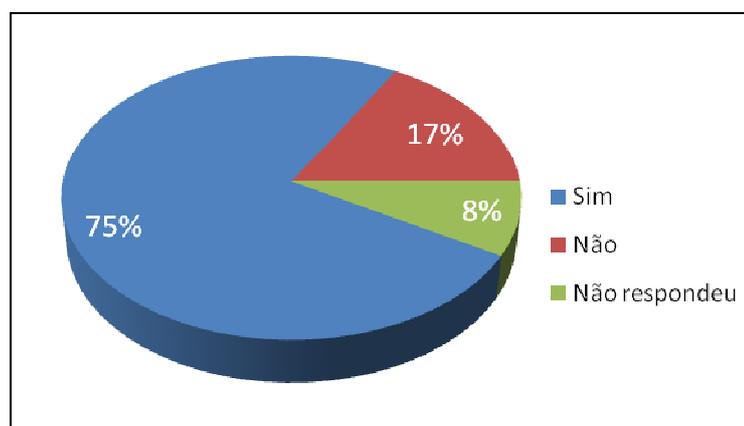


Gráfico 4.20 – Percentuais das respostas obtidas na Pergunta 17 (intenção de uso após comprovação da redução das ilhas de calor e aumento na permeabilidade do solo)

4.2 Análise Econômica

Conforme apresentado do item 4.1.1.11, realizou-se a análise econômica de duas maneiras: considerando os custos de execução utilizando mão-de-obra própria e com a contratação de empreiteiras.

Os valores apresentados obedecem aos seguintes critérios:

- os custos da mão-de-obra própria adotados são os pisos salariais exigidos pelo Sindicato dos Trabalhadores da Construção Civil do Paraná (SINTRACON-PR) em novembro de 2011;
- também para a determinação do custo de mão-de-obra própria foram adotados os encargos sociais divulgados pelo Sindicato das Indústrias da Construção Civil do Paraná (SINDUSCON-PR) em novembro de 2011;
- os custos médios de materiais, locação de equipamentos e mão-de-obra terceirizada foram obtidos a partir de três orçamentos solicitados à empresas do ramo;
- os custos de locação de equipamentos incluem o operador e o combustível necessários para o funcionamento do equipamento;
- na determinação dos custos para execução de imprimação ligante betuminosa para pavimentação asfáltica foram desconsiderados os itens “vassoura mecânica rebocável” e “tratores sobre pneus”, uma vez que estes são utilizados para executar a limpeza da base, o que não necessariamente faz parte do processo de execução de imprimação;
- adotou-se uma camada de 7 cm de espessura para o cálculo dos custos da pavimentação asfáltica. Sendo assim, foi necessária a adaptação dos valores da composição da mesma, visto que esta é definida para a execução de 1 m³;
- o BDI (Benefícios e Despesas Indiretas) considerado é igual a zero, já que por se tratar de obras públicas, não visa o lucro e não há como estimar despesas indiretas para prefeitura.

4.2.1 Composições de Custos para o Pavimento Intertravado

A Tabela 4.1 apresenta os custos para executar o pavimento intertravado com mão-de-obra própria.

Tabela 4.1 – Composição de custos para o pavimento intertravado (mão-de-obra própria)

MÃO-DE-OBRA	UNID.	QUANT.	PREÇO	ENCARGOS SOCIAIS			CUSTO UNITÁRIO	CUSTO PARCIAL
Calceteiro	h	0,23	R\$ 5,14	186,27%			R\$ 14,71	R\$ 3,38
Servente	h	0,46	R\$ 3,65	186,27%			R\$ 10,45	R\$ 4,81
MATERIAIS	UNID.	QUANT.	PREÇO A	PREÇO B	PREÇO C	CUSTO UNITÁRIO MÉDIO	CUSTO PARCIAL MÉDIO	
Areia lavada tipo fina	m ³	0,005	R\$ 65,00	R\$ 50,00	R\$ 60,00	R\$ 58,33	R\$ 0,29	
Areia lavada tipo média	m ³	0,05	R\$ 53,00	R\$ 50,00	R\$ 53,00	R\$ 52,00	R\$ 2,60	
Bloco de concreto para pavimentação intertravado 16 faces - Tráfego pesado (comprimento: 110 mm / espessura: 80 mm / largura: 220 mm)	un.	39,00	R\$ 1,26	R\$ 0,87	R\$ 1,34	R\$ 1,16	R\$ 45,12	
EQUIPAMENTOS	UNID.	QUANT.	PREÇO A	PREÇO B	PREÇO C	CUSTO UNITÁRIO MÉDIO	CUSTO PARCIAL MÉDIO	
Compactador de placa vibratória, diesel, potência 10 HP (7,5 kW) - vida útil 8.000 h	h prod.	0,03	R\$ 70,00	R\$ 65,00	R\$ 65,00	R\$ 66,67	R\$ 2,00	
PREÇO DE EXECUÇÃO DE 1 m² (MÃO-DE-OBRA PRÓPRIA)							R\$ 58,21	
PREÇO DE EXECUÇÃO DA VIA ADOTADA (MÃO-DE-OBRA PRÓPRIA)							R\$ 46.564,61	

Como pode ser observado, o preço médio da execução do metro quadrado de pavimento intertravado com mão-de-obra própria obtido foi de R\$ 58,21, valor 13,5% menor que a média encontrada a partir dos valores informados pelas prefeituras. Assim, para realizar o revestimento de uma via com 100 metros de extensão e 8 metros largura com *pavers* seria necessário um investimento de R\$ 46.564,61.

A Tabela 4.2 mostra os custos encontrados para a realização do mesmo serviço, porém terceirizando o serviço para empreiteiras.

Tabela 4.2 – Composição de custos para o pavimento intertravado (mão-de-obra terceirizada)

MÃO-DE-OBRA	UNID.	QUANT.	PREÇO A	PREÇO B	PREÇO C	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO PARCIAL
Mão-de-obra para execução de pavimentação intertravado - Incluindo equipamentos e combustível	m ²	1,00	R\$ 37,50	R\$ 33,00	R\$ 30,00	R\$ 33,50	R\$ 33,50
MATERIAIS	UNID.	QUANT.	PREÇO A	PREÇO B	PREÇO C	CUSTO UNITÁRIO MÉDIO	CUSTO PARCIAL MÉDIO
Areia lavada tipo fina	m ³	0,01	R\$ 65,00	R\$ 50,00	R\$ 60,00	R\$ 58,33	R\$ 0,29
Areia lavada tipo média	m ³	0,05	R\$ 53,00	R\$ 50,00	R\$ 53,00	R\$ 52,00	R\$ 2,60
Bloco de concreto para pavimentação intertravada 16 faces - Tráfego pesado (comprimento: 110 mm / espessura: 80 mm / largura: 220 mm)	un.	39,00	R\$ 1,26	R\$ 0,87	R\$ 1,34	R\$ 1,16	R\$ 45,12
PREÇO DE EXECUÇÃO DE 1 m² (MÃO-DE-OBRA TERCEIRIZADA)							R\$ 81,51
PREÇO DE EXECUÇÃO DA VIA ADOTADA (MÃO-DE-OBRA TERCEIRIZADA)							R\$ 65.212,00

Pode-se notar que o valor por metro quadrado a ser investido aumenta para R\$ 81,51, ou seja, 40% mais caro do que quando não terceiriza-se todo o serviço. No caso da via adotada, o custo do revestimento aumentaria para R\$ 65.212,00, ou seja, aproximadamente R\$ 20.000,00 mais elevado.

4.2.2 Composições de Custos para o Pavimento Asfáltico

Para se chegar ao custo de execução do pavimento asfáltico foi considerada, além do revestimento em si, uma camada de imprimadura ligante betuminosa, já que este é um item obrigatório e exclusivo deste processo. Os custos para execução do pavimento asfáltico com mão-de-obra própria são apresentados na Tabela 4.3 e na Tabela 4.4.

Tabela 4.3 – Composição de custos para o pavimento asfáltico (mão-de-obra própria)
(continua)

MÃO-DE-OBRA	UNID.	QUANT.	PREÇO	ENCARGOS SOCIAIS	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO PARCIAL
Servente	h	2,00	R\$ 3,65	186,27%	R\$ 10,45	R\$ 20,90

Tabela 4.3 – Composição de custos para o pavimento asfáltico (mão-de-obra própria)

(conclusão)

MATERIAIS	UNID.	QUANT.	PREÇO A	PREÇO B	PREÇO C	CUSTO UNITÁRIO MÉDIO	CUSTO PARCIAL MÉDIO
Concreto asfáltico para aplicação em pavimentação usinado a quente - preparo	t	2,43	R\$ 155,00	R\$ 140,00	R\$ 160,00	R\$ 151,67	R\$ 368,55
EQUIPAMENTOS	UNID.	QUANT.	PREÇO A	PREÇO B	PREÇO C	CUSTO UNITÁRIO MÉDIO	CUSTO PARCIAL MÉDIO
Vibroacabadora sobre esteiras, diesel, potência 77 HP (57 kW) - vida útil 20.000 h	h prod.	0,07	R\$ 162,50	R\$ 156,25	R\$ 175,00	R\$ 164,58	R\$ 11,19
Carregadeira sobre rodas 211 HR com caçamba de aplicação geral de bordas cortantes aparafusáveis, capacidade nominal da caçamba 3,30 m ³ , aplicação leve - vida útil: 8.000 h	h prod.	0,07	R\$ 100,00	R\$ 95,00	R\$ 100,00	R\$ 98,33	R\$ 6,88
Rolo compactador autopropelido estático de pneus, diesel, potência 80 HP (60 kW), peso operacional 9,21 - vida útil 8.000 h	h prod.	0,07	R\$ 85,00	R\$ 50,00	R\$ 68,75	R\$ 67,92	R\$ 4,62
Caminhão basculante, diesel, potência 167 HP (125 kW), capacidade carga útil S.61. caçamba 5 m ³ - vida útil 8.000 h	h prod.	0,39	R\$ 55,00	R\$ 60,00	R\$ 56,25	R\$ 57,08	R\$ 22,26
PREÇO DE EXECUÇÃO DE 1 m³ (MÃO-DE-OBRA PRÓPRIA)							R\$ 434,40
PREÇO DE EXECUÇÃO DE 1 m² COM 7 cm DE ESPESSURA (MÃO-DE-OBRA PRÓPRIA)							R\$ 30,41
PREÇO DE EXECUÇÃO DA VIA ADOTADA (MÃO-DE-OBRA PRÓPRIA)							R\$ 24.326,60

Tabela 4.4 – Composição de custos para a imprimadura de ligação para pavimento asfáltico (mão-de-obra própria)

(continua)

MÃO-DE-OBRA	UNID.	QUANT.	PREÇO	ENCARGOS SOCIAIS	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO PARCIAL
Servente	h	0,08	R\$ 3,65	186,27%	R\$ 10,45	R\$ 0,84

Tabela 4.4 – Composição de custos para a imprimadura de ligação para pavimento asfáltico (mão-de-obra própria)

(conclusão)

MATERIAIS	UNID.	QUANT.	PREÇO A	PREÇO B	PREÇO C	CUSTO UNITÁRIO MÉDIO	CUSTO PARCIAL MÉDIO
Emulsão asfáltica caitônica tipo RR-2C	kg	0,80	R\$ 1,20	R\$ 1,15	R\$ 1,20	R\$ 1,18	R\$ 0,95
EQUIPAMENTOS	UNID.	QUANT.	PREÇO A	PREÇO B	PREÇO C	CUSTO UNITÁRIO MÉDIO	CUSTO PARCIAL MÉDIO
Caminhão espargidor com bomba, diesel, potência 167 HP (125 kW), capacidade 6000 l - vida útil 8000h	h prod.	0,00	R\$ 93,75	R\$ 95,00	R\$ 90,00	R\$ 92,92	R\$ 0,28
PREÇO DE EXECUÇÃO DE 1 m² (MÃO-DE-OBRA PRÓPRIA)							R\$ 2,06
PREÇO DE EXECUÇÃO DA VIA ADOTADA (MÃO-DE-OBRA PRÓPRIA)							R\$ 1.649,06

Somando-se os custos encontrados nas duas composições acima, chegamos ao total de R\$ 32,47 por metro quadrado de pavimento, valor este aproximadamente 44% menor do que o encontrado para o pavimento intertravado. Deste modo, com um total de R\$ 25.975,70 podem ser economizados pouco mais de R\$ 20.000,00 em uma via urbana com as dimensões adotadas para estudo.

Estes números comprovam o custo relativamente elevado da pavimentação de blocos intertravado de concreto quando comparado ao pavimento asfáltico, motivo considerado relevante na escolha de um sistema de pavimentação pelas prefeituras estudadas

Na Tabela 4.5 e na Tabela 4.6 estão expostos os custos de execução do pavimento asfáltico por meio de mão-de-obra terceirizada, considerando a imprimadura e a camada de revestimento.

Tabela 4.5 – Composição de custos para o pavimento asfáltico (mão-de-obra terceirizada)

(continua)

MÃO-DE-OBRA	UNID.	QUANT.	PREÇO A	PREÇO B	PREÇO C	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO PARCIAL
Mão-de-obra para aplicação de concreto asfáltico em pavimentação usinado a quente - Incluindo máquinas e combustível	m ²	1,00	R\$ 15,00	R\$ 27,00	R\$ 24,00	R\$ 22,00	R\$ 22,00

Tabela 4.5 – Composição de custos para o pavimento asfáltico (mão-de-obra terceirizada)
(conclusão)

MATERIAIS	UNID.	QUANT.	PREÇO A	PREÇO B	PREÇO C	CUSTO UNITÁRIO MÉDIO	CUSTO PARCIAL MÉDIO
Concreto asfáltico para aplicação em pavimentação usinado a quente	t	0,17	R\$ 155,00	R\$ 140,00	R\$ 160,00	R\$ 151,67	R\$ 25,78
PREÇO DE EXECUÇÃO DE 1 m² COM 7 cm DE ESPESSURA (MÃO-DE-OBRA TERCEIRIZADA)							R\$ 47,78
PREÇO DE EXECUÇÃO DA VIA ADOTADA (MÃO-DE-OBRA TERCEIRIZADA)							R\$ 38.226,67

Tabela 4.6 – Composição de custos para a imprimadura de ligação para pavimento asfáltico (mão-de-obra terceirizada)

MÃO-DE-OBRA	UNID.	QUANT.	PREÇO A	PREÇO B	PREÇO C	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO PARCIAL
Mão de obra para execução de imprimadura ligante betuminosa	m ²	1,00	R\$ 0,80	R\$ 2,00	R\$ 2,00	R\$ 1,60	R\$ 1,60
MATERIAIS	UNID.	QUANT.	PREÇO A	PREÇO B	PREÇO C	CUSTO UNITÁRIO MÉDIO	CUSTO PARCIAL MÉDIO
Emulsão asfáltica caitônica tipo RR-2C	kg	0,80	R\$ 1,20	R\$ 1,15	R\$ 1,20	R\$ 1,18	R\$ 0,95
PREÇO DE EXECUÇÃO DE 1 m² (MÃO-DE-OBRA TERCEIRIZADA)							R\$ 2,55
PREÇO DE EXECUÇÃO DA VIA ADOTADA (MÃO-DE-OBRA TERCEIRIZADA)							R\$ 2.037,33

Nota-se que o valor de R\$ 50,03 por meio quadrado de pavimento obtido somando-se os totais encontrados nas duas composições é cerca de 54% mais elevado do que quando utilizando mão-de-obra própria, o que mostra uma maior margem de lucro aplicada por empreiteiras deste ramo. Porém, mesmo terceirizando todos os serviços, a execução de uma via de 100 metros de extensão e 8 metros de largura em revestimento asfáltico pode ser em torno de R\$ 6000,00 mais barata do que quando utilizando mão-de-obra própria em um pavimento intertravado.

Os valores acima apresentados servem apenas para comparar os custos de execução das camadas de revestimento dos dois sistemas de pavimentação estudados. Devido ao fato de as cidades apresentarem um histórico recente de utilização do pavimento intertravado, não foi possível estimar a escala de manutenção necessária neste sistema, as quais permitiriam obter conclusões quanto aos custos no longo prazo.

5 CONCLUSÃO

Com base no desenvolvimento deste trabalho, concluiu-se que blocos intertravados de concreto e asfalto são soluções para pavimentação urbana que podem ser utilizadas em conjunto, cada qual destinado para sua melhor aplicação.

Em vias coletoras e locais, a qualidade do pavimento asfáltico observada é insatisfatória, vista a necessidade freqüente de reparos motivados pela má execução. Assim sendo, entende-se que o *paver* é mais recomendado para este tipo de via, onde não só a velocidade máxima permitida é baixa, como o uso do *paver* induz o motorista a não dirigir em maior velocidade para não sair da zona de conforto. Em contrapartida, considerando que o efeito de trepidação e consequente necessidade de manutenção dos veículos provocado pelo *paver* podem causar o descontentamento da população, o asfalto é mais recomendado para vias de trânsito rápido, arteriais e rodovias.

Considerando o aspecto ambiental, há a necessidade da execução de pavimentação asfáltica, pois a mesma é realizada com o CAP (resíduo do refino de petróleo) que possui esta como principal aplicação. Apesar dos blocos de concreto possuírem a capacidade de reciclagem, sua produção não é obrigatória, tendo em vista a existência de um outro material que já exerce a função de pavimentação e caso não fosse utilizado, dificilmente teria outra destinação.

Outra questão ambiental é a permeabilidade do pavimento. Percebeu-se que as prefeituras das cidades acreditam que o *paver* é um material permeável, informação esta não verídica. Quando comparado ao asfalto, os blocos intertravados possuem certa permeabilidade devido às suas juntas. Porém, esta não é suficiente para considerar o pavimento como totalmente permeável. Além disso, para diminuir o efeito de trepidação, busca-se a redução das juntas, o que conseqüentemente diminui a absorção da água pelo pavimento.

Verificou-se que o custo é um dos principais fatores considerados, porém não é o que determina a escolha do sistema de pavimentação. O Brasil sofre com a escassez de mão-de-obra especializada em blocos de concreto intertravados, além da falta de investimento em tecnologia para mecanização deste sistema, o que resulta em um aumento da rejeição do mesmo.

A partir da análise econômica, comprovou-se que o revestimento asfáltico possui custos de execução (material e mão-de-obra) inferiores aos do pavimento intertravado na cidade de Curitiba e região. Dependendo das camadas estruturais de cada pavimento, a diferença de preço encontrada pode ser reduzida. Além disto, custos de manutenção também podem interferir nesta análise, porém devido ao fato das cidades possuírem um histórico ainda recente da utilização dos *pavers*, não foi possível concluir se a longo prazo algum pavimento torna-se mais vantajoso.

Tem-se como aspecto relevante também a cultura. No território brasileiro o concreto asfáltico é uma técnica consolidada. Mesmo com suas vantagens, o bloco de concreto intertravado não é visto como alternativa devido à postura conservadora da população e governantes. Sem análises mais aprofundadas que comprovem estas vantagens, este panorama permanecerá inalterado.

Por fim, a falta de fornecedores que produzem blocos intertravados de concreto de acordo com os parâmetros normatizados impede que este material seja utilizado em larga escala na pavimentação de ruas. Somente com um maior incentivo e divulgação todas as vantagens oferecidas pelos *pavers* poderão ser exploradas na pavimentação urbana.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Visto a importância do assunto e a falta de pesquisas a respeito do tema, sugere-se os seguintes estudos de continuidade ao presente trabalho:

- Realização de entrevistas com moradores e usuários das vias pavimentadas com pavers;
- Estudo dos impactos ambientais causados pelos dois sistemas, considerando níveis de lençol freático e nível de enxurradas;
- Análise econômica aprofundada, considerando custos de execução e manutenção de todas as camadas do pavimento em um estudo de caso;
- Desenvolvimento de bloco intertravado permeável com resistência suficiente para o suporte de tráfego pesado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **PR 01**: pavimentos intertravados – Preparo da Fundação, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **PR 02**: pavimentos intertravados – Prática Recomendada, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/conteudo/selos-de-qualidade/blocos/selos-de-qualidade-blocos-de-concreto>>. Acesso em 30 out. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9780**: Peças de Concreto para Pavimentação Determinação da Resistência à Compressão – Método de Ensaio. 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781**: Peças de Concreto para Pavimentação. 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9895**: Solo - Índice de Suporte Califórnia. Rio de Janeiro, 1987.

BAPTISTA, Cyro Nogueira. **Pavimentação**. 2 ed. Porto Alegre: Editora Globo, 1976, v.III.

BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Gorgetti da; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação Asfáltica**: Formação Básica para Engenheiros. Rio de Janeiro: Gráfica Minister, 2007.

CARVALHO, Marcos Dutra de. **Pavimentação com Peças Pré-Moldadas de Concreto**. 4 ed. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 1998.

CRUZ, Luiz Otávio Maia. **Pavimento Intertravado de Concreto: Estudo dos Elementos e Métodos de Dimensionamento**. 2003. 281f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, Rio de Janeiro.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ – Especificação de serviço. **DER/PR ES-P 31**: pavimentação – fresagem à frio. Curitiba, 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM – Especificação de material. **DNER-EM 364**: alcatrões para pavimentação. Rio de Janeiro, 1997.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM – Especificação de serviço. **DNER-ES 314**: pavimentação – lama asfáltica. Rio de Janeiro, 1997.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES – Especificação de serviço. **DNIT-ES 035**: pavimentos flexíveis – micro revestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero. Rio de Janeiro, 2004.

FIORITTI, Cesar Fabiano. **Pavimentos Intertravados de Concreto Utilizando Resíduos de Pneu como Material Alternativo**. 2007. 218f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, São Carlos.

GODINHO, Dalter Pacheco; GROSSI, Luiz Carlos. **Como Construir Pavimentos de Concreto Intertravados**.

Disponível em: <<http://www.piniweb.com.br/construcao/noticias/pavimentos-de-concreto-intertravados-80764-1.asp>>. Acesso em: 18 mai. 2011.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>>. Acesso em 23 out. 2011.

IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. Disponível em: <http://www.ippuc.org.br/Bancodedados/Curitibaemdados/Curitiba_em_dados_Pesquisa.htm?ampliar=n%E3o>. Acesso em 21 abr. 2011.

JÚNIOR, Fernando Augusto. **Manual de Pavimentação Urbana**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1992.

JUNIOR, Ivan José Ary. **Pavimento Intertravado como Ferramenta de Moderação do Tráfego nos Centros Comerciais de Travessias Urbanas - Estudo de Caso Guaiúba, CE**. 2007. 221f. Tese (Mestrado em Engenharia de Transportes) – UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, Fortaleza.

MACIEL, Anderson Brum. **Dossiê Técnico – Pavimentos Intertravados**. Santa Rosa: SENAI Virgílio Lunardi, 2007.

MADRID, Germán G. **Adoquines de Concreto em La Construcción de Carreteras y Calles**. Segmenta Consultoría / Educación, 2004.

MARCHIONI, Mariana & SILVA, Cláudio Oliveira. Pavimento Intertravado Permeável - Melhores Práticas. **Associação Brasileira de Cimento Portland**, 2011. Disponível em: < http://www.abcp.org.br/conteudo/wp-content/uploads/2011/06/Cartilha_Pav_Intertravado_Permeavel_v1.pdf >. Acesso em 14 nov. 2011.

MEDEIROS, Heloisa. **Piso Intertravado**. Disponível em: <<http://www.equipededeobra.com.br/construcao-reforma/18/artigo96977-2.asp>>. Acesso em 15 mai. 2011.

MULLER, Rodrigo Menegaz. **Avaliação de Transmissão de Esforços em Pavimentos Intertravados de Blocos de Concreto**. 2005. 234f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, Rio de Janeiro.

Liderpav Pavimentação e Comércio LTDA. Disponível em: <<http://www.liderpav.com.br/processo.asp>>. Acesso em 17 mai. 2011.

Pavimento Intertravado: Mais ou Menos Permeável. **Revista Prisma**, São Paulo, v. 14, mar. 2005. Disponível em: < <http://www.portalprisma.com.br/novosite/noticia.asp?cod=59>>. Acesso em 14 nov. 2011.

Pavimentos intertravados - Um caminho de vantagens com baixo custo. **Associação Brasileira de Cimento Portland**, 2008. Disponível em: < <http://www.maski.com.br/prefabricados/extras/cartilha-abcp-paver/> >. Acesso em 01 nov. 2011.

Petrobras Distribuidora SA. **Manual de Serviços de Pavimentação**. 1996.

Prefeitura de São Paulo. **IP 02**: classificação das vias, 2004.

SINDUSCON-PR. Disponível em: < http://www.sinduscon-pr.com.br/principal/home/?sistema=conteudos|conteudo&id_conteudo=400>. Acesso em 20 nov. 2011.

SINTRACON-PR. Disponível em: < http://www.sintraconcuritiba.org.br/tabela_salarios.php>. Acesso em 20 nov. 2011.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. 1 ed. São Paulo: Editora Pini, 2001, v. II.

TCPO – Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos. 13 ed. São Paulo: Editora Pini, 2008.

Técnica Paver®. Disponível em: <http://www.paver.com.br/ver_imagem.php?img=170&conteudo=1>. Acesso em 05 nov. 2011.

Técnica Paver®. Disponível em: <http://www.paver.com.br/ver_imagem.php?img=173&galeria=125>. Acesso em 05 nov. 2011.

Tiger Stone. Disponível em: < http://www.tiger-stone.nl/index.php?option=com_content&view=article&id=47&Itemid=55 >. Acesso em 19 nov. 2011.

ANEXO I – QUESTIONÁRIO

1. O município possui um histórico de utilização de blocos intertravados de concreto (*pavers*) na pavimentação de ruas?
 Sim
 Não – passe para a questão 14.

2. Em quais tipos de vias foi realizada esta experiência?
 Vias de trânsito rápido e arteriais – passe para a questão 4.
 Vias coletoras e locais

3. Quais os motivos que levaram a cidade a não utilizar o pavimento intertravado em vias de trânsito rápido e arteriais?

4. O município possui um registro com as experiências (vantagens e desvantagens) proporcionadas pela pavimentação com blocos intertravados de concreto?
 Sim
 Não

5. O município realizou um estudo comparativo entre a utilização de blocos intertravados e asfalto?
 Sim
 Não

6. Cite 5 vantagens e 5 desvantagens da utilização dos blocos intertravados de concreto.

<i>Vantagens</i>	<i>Desvantagens</i>
1.	1.
2.	2.
3.	3.
4.	4.
5.	5.

7. Sobre a manutenção, com que frequência é realizada em vias de blocos intertravados e qual a dimensão desta manutenção? Qual o custo de manutenção em relação ao de execução, em porcentagem?

8. São realizados ensaios de controle de terraplenagem para garantir uma compactação adequada das bases do pavimento?

() Sim

() Não. Por que? _____

9. O assentamento dos blocos intertravados é realizado de modo:

() Manual

() Mecanizado

10. Qual é a média de preço cobrada pelo metro quadrado (ou linear para ruas com 8 metros de largura) do material e da mão-de-obra para execução do pavimento intertravado na cidade?

11. Assinale os problemas que foram observados.

() Quebra das peças

() Irregularidades (trechos afundados)

() Peças soltas em trechos inclinados

() Reclamação quanto ao barulho gerado

() Dificuldade na frenagem em dias chuvosos

() Desgaste da superfície dos pavers

() Outros. Quais? _____

12. Quem é o responsável pelos serviços de execução e manutenção do pavimento urbano?

() Prefeitura

() Empresas terceirizadas

13. Há uso de blocos intertravados de concreto (*pavers*) em outros locais que não pavimentos urbanos?

() Não

() Em passeios públicos

() Em praças

() Pátios de escolas ou órgãos da prefeitura

Passe para a questão 18.

14. Quais os motivos pelos quais a cidade nunca veio a utilizar o bloco intertravado de concreto?

15. A Prefeitura já realizou algum estudo preliminar, ou participou de algum evento, sobre o uso de pavers na pavimentação urbana?

Sim
 Não

16. Caso fosse comprovado que os pavimentos intertravados possuem, a longo prazo, menos custo devido a sua baixa manutenção, o município poderia utilizar os blocos intertravados?

Sim
 Não. Por que? _____

17. A redução do efeito de ilhas de calor (aumento de até 17 graus nas áreas centrais das cidades em comparação a periferia) e o aumento da permeabilidade do paver podem fazer com que o município passe a utilizar este tipo de pavimento?

Sim
 Não. Por que? _____

18. Espaço para comentários relativo a escolha do tipo de pavimentação no município (se julgar importante)

ANEXO II – RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO

Cidade 01

1. O município possui um histórico de utilização de blocos intertravados de concreto (pavers) na pavimentação de ruas?
 Sim
 Não – passe para a questão 14.
2. Em quais tipos de vias foi realizada esta experiência?
 Vias de trânsito rápido e arteriais – passe para a questão 4.
 Vias coletoras e locais
3. Quais os motivos que levaram a cidade a não utilizar o pavimento intertravado em vias de trânsito rápido e arteriais?
As desvantagens que serão apresentadas na Pergunta 06.
4. O município possui um registro com as experiências (vantagens e desvantagens) proporcionadas pela pavimentação com blocos intertravados de concreto?
 Sim
 Não
5. O município realizou um estudo comparativo entre a utilização de blocos intertravados e asfalto?
 Sim
 Não
6. Cite 5 vantagens e 5 desvantagens da utilização dos blocos intertravados de concreto.
Vantagens: menos impermeabilização da via e menor reflexo no aumento da temperatura ambiente.
Desvantagens: maior tempo de execução, logo maior impacto no trânsito; maior dificuldade de garantir a declividade superficial em direção às bocas de lobo; não absorve a sobrecarga advinda de caminhões de outros meios de transporte pesado, despadronização
7. Sobre a manutenção, com que frequência é realizada em vias de blocos intertravados e qual a dimensão desta manutenção? Qual o custo de manutenção em relação ao de execução, em porcentagem?
Geralmente quando ocorre a necessidade de manutenção de vias pavimentadas com este tipo de material fazemos a troca por asfalto. Tendo em vista a dificuldade de encontrarmos o intertravado com mesmas dimensões. A padronização desses eu acho que é o maior problema.
8. São realizados ensaios de controle de terraplenagem para garantir uma compactação adequada das bases do pavimento?

- Sim
- Não. Por que? Pois geralmente são executados em vias locais.

9. O assentamento dos blocos intertravados é realizado de modo:

- Manual
- Mecanizado

10. Qual é a média de preço cobrada pelo metro quadrado (ou linear para ruas com 8 metros de largura) do material e da mão-de-obra para execução do pavimento intertravado na cidade?

O preço de execução do serviço com o fornecimento do material é de R\$ 51,00.

11. Assinale os problemas que foram observados.

- Quebra das peças
- Irregularidades (trechos afundados)
- Peças soltas em trechos inclinados
- Reclamação quanto ao barulho gerado
- Dificuldade na frenagem em dias chuvosos
- Desgaste da superfície dos pavers
- Outros. Quais?

12. Quem é o responsável pelos serviços de execução e manutenção do pavimento urbano?

- Prefeitura
- Empresas terceirizadas

13. Há uso de blocos intertravados de concreto (*pavers*) em outros locais que não pavimentos urbanos?

- Não
- Em passeios públicos
- Em praças
- Pátios de escolas ou órgãos da prefeitura

18. Espaço para comentários relativo a escolha do tipo de pavimentação no município (se julgar importante)

Trabalhamos na gerencia também com obras de contenção e com a drenagem urbana. Quando pensamos a drenagem de forma isolada, a vontade que temos é de pavimentar as vias apenas com intertravado, pois este tipo de pavimento garante uma absorção bem maior que o asfalto. Mas quando estamos executando a pavimentação de uma via encontramos uma maior rapidez na execução com a pavimentação asfáltica, o que impacta um tempo menor a via, logo o trânsito. E a pavimentação asfáltica também garante um maior escoamento das águas superficiais para as bocas de lobo.

Cidade 02

1. O município possui um histórico de utilização de blocos intertravados de concreto (pavers) na pavimentação de ruas?
 Sim
 Não – passe para a questão 14.

14. Quais os motivos pelos quais a cidade nunca veio a utilizar o bloco intertravado de concreto?
Falta de próximos e custo. Neste momento estamos implantando uma linha de produção desses blocos através de um convênio com a Urcamp, Prefeitura e Susep.

15. A Prefeitura já realizou algum estudo preliminar, ou participou de algum evento, sobre o uso de pavers na pavimentação urbana?
 Sim
 Não

16. Caso fosse comprovado que os pavimentos intertravados possuem, a longo prazo, menos custo devido a sua baixa manutenção, o município poderia utilizar os blocos intertravados?
 Sim
 Não. Por que?

17. A redução do efeito de ilhas de calor (aumento de até 17 graus nas áreas centrais das cidades em comparação a periferia) e o aumento da permeabilidade do paver podem fazer com que o município passe a utilizar este tipo de pavimento?
 Sim
 Não. Por que?

18. Espaço para comentários relativo a escolha do tipo de pavimentação no município (se julgar importante)
Não respondeu.

Cidade 03

1. O município possui um histórico de utilização de blocos intertravados de concreto (pavers) na pavimentação de ruas?
 Sim
 Não – passe para a questão 14.
2. Em quais tipos de vias foi realizada esta experiência?
 Vias de trânsito rápido e arteriais – passe para a questão 4.
 Vias coletoras e locais
3. Quais os motivos que levaram a cidade a não utilizar o pavimento intertravado em vias de trânsito rápido e arteriais?
Custo
4. O município possui um registro com as experiências (vantagens e desvantagens) proporcionadas pela pavimentação com blocos intertravados de concreto?
 Sim
 Não
5. O município realizou um estudo comparativo entre a utilização de blocos intertravados e asfalto?
 Sim
 Não
6. Cite 5 vantagens e 5 desvantagens da utilização dos blocos intertravados de concreto.
Não respondeu.
7. Sobre a manutenção, com que frequência é realizada em vias de blocos intertravados e qual a dimensão desta manutenção? Qual o custo de manutenção em relação ao de execução, em porcentagem?
Manutenção baixa na via que foi pavimentada.
8. São realizados ensaios de controle de terraplenagem para garantir uma compactação adequada das bases do pavimento?
 Sim
 Não. Por que?
9. O assentamento dos blocos intertravados é realizado de modo:
 Manual
 Mecanizado
10. Qual é a média de preço cobrada pelo metro quadrado (ou linear para ruas com 8 metros de largura) do material e da mão-de-obra para execução do pavimento intertravado na cidade?
Em torno de R\$650,00/m

11. Assinale os problemas que foram observados.

- Quebra das peças
- Irregularidades (trechos afundados)
- Peças soltas em trechos inclinados
- Reclamação quanto ao barulho gerado
- Dificuldade na frenagem em dias chuvosos
- Desgaste da superfície dos pavers
- Outros. Quais?

12. Quem é o responsável pelos serviços de execução e manutenção do pavimento urbano?

- Prefeitura
- Empresas terceirizadas

13. Há uso de blocos intertravados de concreto (*pavers*) em outros locais que não pavimentos urbanos?

- Não
- Em passeios públicos
- Em praças
- Pátios de escolas ou órgãos da prefeitura

18. Espaço para comentários relativo a escolha do tipo de pavimentação no município (se julgar importante)

Foi utilizado em apenas uma rua o paver e o tempo de utilização ainda é pequeno para se ter uma posição clara sobre os benefícios ou dificuldades na sua utilização.

Cidade 04

1. O município possui um histórico de utilização de blocos intertravados de concreto (pavers) na pavimentação de ruas?
 Sim
 Não – passe para a questão 14.

14. Quais os motivos pelos quais a cidade nunca veio a utilizar o bloco intertravado de concreto?
A cidade com passar do tempo é crescer, ai começa com freqüência os defeitos de recalque,afundamento plásticos e devido o trânsito pesado este tipo de pavimento, só serve para estacionamentos, calçadas e pátios de posto de gasolina e locais de trânsito leves.

15. A Prefeitura já realizou algum estudo preliminar, ou participou de algum evento, sobre o uso de pavers na pavimentação urbana?
 Sim
 Não

16. Caso fosse comprovado que os pavimentos intertravados possuem, a longo prazo, menos custo devido a sua baixa manutenção, o município poderia utilizar os blocos intertravados?
 Sim
 Não. Por que? Depende aonde vai utilizar. Se for em pátio de escolas,e estacionamento, tudo bem.

17. A redução do efeito de ilhas de calor (aumento de até 17 graus nas áreas centrais das cidades em comparação a periferia) e o aumento da permeabilidade do paver podem fazer com que o município passe a utilizar este tipo de pavimento?
 Sim
 Não. Por que?

18. Espaço para comentários relativo a escolha do tipo de pavimentação no município (se julgar importante)
Não respondeu.

Cidade 05

1. O município possui um histórico de utilização de blocos intertravados de concreto (pavers) na pavimentação de ruas?
 Sim
 Não – passe para a questão 14.
2. Em quais tipos de vias foi realizada esta experiência?
 Vias de trânsito rápido e arteriais – passe para a questão 4.
 Vias coletoras e locais
3. Quais os motivos que levaram a cidade a não utilizar o pavimento intertravado em vias de trânsito rápido e arteriais?
Custo elevado e pouco tempo de utilização.
4. O município possui um registro com as experiências (vantagens e desvantagens) proporcionadas pela pavimentação com blocos intertravados de concreto?
 Sim
 Não
5. O município realizou um estudo comparativo entre a utilização de blocos intertravados e asfalto?
 Sim
 Não
6. Cite 5 vantagens e 5 desvantagens da utilização dos blocos intertravados de concreto.
Vantagens: estética, permeabilidade, material reciclável, fácil aplicação.
Desvantagens: alto custo, sem resistência à tração, inflexão rápida no trilhamento de roda, difícil realinhamento na manutenção, desgasta 3 vezes mais os pneus, carreamento de finos para a superfície.
7. Sobre a manutenção, com que frequência é realizada em vias de blocos intertravados e qual a dimensão desta manutenção? Qual o custo de manutenção em relação ao de execução, em porcentagem?
Sempre que necessária, dimensão variável, custo não dimensionado.
8. São realizados ensaios de controle de terraplenagem para garantir uma compactação adequada das bases do pavimento?
 Sim
 Não. Por que?
9. O assentamento dos blocos intertravados é realizado de modo:
 Manual
 Mecanizado

10. Qual é a média de preço cobrada pelo metro quadrado (ou linear para ruas com 8 metros de largura) do material e da mão-de-obra para execução do pavimento intertravado na cidade?

R\$ 71,46/m² conforme tabela SMOV.

11. Assinale os problemas que foram observados.

- Quebra das peças
- Irregularidades (trechos afundados)
- Peças soltas em trechos inclinados
- Reclamação quanto ao barulho gerado
- Dificuldade na frenagem em dias chuvosos
- Desgaste da superfície dos pavers
- Outros. Quais? Deslocamento de peças nas enxurradas

12. Quem é o responsável pelos serviços de execução e manutenção do pavimento urbano?

- Prefeitura
- Empresas terceirizadas

13. Há uso de blocos intertravados de concreto (*pavers*) em outros locais que não pavimentos urbanos?

- Não
- Em passeios públicos
- Em praças
- Pátios de escolas ou órgãos da prefeitura

18. Espaço para comentários relativo a escolha do tipo de pavimentação no município (se julgar importante)

Pavers de concreto são indicados para vias de baixa solicitação de tráfego de veículos, quando estiver priorizado as vantagens citadas.

Cidade 06

1. O município possui um histórico de utilização de blocos intertravados de concreto (pavers) na pavimentação de ruas?
 Sim
 Não – passe para a questão 14.
2. Em quais tipos de vias foi realizada esta experiência?
 Vias de trânsito rápido e arteriais – passe para a questão 4.
 Vias coletoras e locais
4. O município possui um registro com as experiências (vantagens e desvantagens) proporcionadas pela pavimentação com blocos intertravados de concreto?
 Sim
 Não
5. O município realizou um estudo comparativo entre a utilização de blocos intertravados e asfalto?
 Sim
 Não
6. Cite 5 vantagens e 5 desvantagens da utilização dos blocos intertravados de concreto.
Vantagens: facilidade de remoção, permeabilidade do solo, rapidez na execução, menor índice de absorção de calor, custo menor.
Desvantagens: exigência de fabricação conforme norma ABNT (espessura e resistência), falta de controle de qualidade da execução dos serviços - com exigência de teste de ruptura.
7. Sobre a manutenção, com que frequência é realizada em vias de blocos intertravados e qual a dimensão desta manutenção? Qual o custo de manutenção em relação ao de execução, em porcentagem?
Manutenção periódica, quando é feita abertura nas vias para manutenção/reforma de redes de água/esgoto. Percentualmente, trata-se em torno de 30% ao de execução.
8. São realizados ensaios de controle de terraplenagem para garantir uma compactação adequada das bases do pavimento?
 Sim
 Não. Por que?
9. O assentamento dos blocos intertravados é realizado de modo:
 Manual
 Mecanizado
10. Qual é a média de preço cobrada pelo metro quadrado (ou linear para ruas com 8 metros de largura) do material e da mão-de-obra para execução do pavimento intertravado na cidade?

R\$ 67,00/m²

11. Assinale os problemas que foram observados.

- Quebra das peças
- Irregularidades (trechos afundados)
- Peças soltas em trechos inclinados
- Reclamação quanto ao barulho gerado
- Dificuldade na frenagem em dias chuvosos
- Desgaste da superfície dos pavers
- Outros. Quais?

12. Quem é o responsável pelos serviços de execução e manutenção do pavimento urbano?

- Prefeitura
- Empresas terceirizadas

13. Há uso de blocos intertravados de concreto (*pavers*) em outros locais que não pavimentos urbanos?

- Não
- Em passeios públicos
- Em praças
- Pátios de escolas ou órgãos da prefeitura

18. Espaço para comentários relativo a escolha do tipo de pavimentação no município (se julgar importante)

O município adota na maioria de seus calçamentos o emprego de pavimentação com bloco intertravado de concreto. há no município grande demanda em serviços de infra-estrutura com abrangência em bairros e distritos. a escolha deste tipo de pavimentação é, dentro das opções em pavimentação a que melhor atende a realidade de nossas demandas, abrangendo 80% nas escolhas feitas por pavimentação em nosso município – razões indicadas neste questionário nas vantagens que o material oferece.

Cidade 07

1. O município possui um histórico de utilização de blocos intertravados de concreto (pavers) na pavimentação de ruas?
 Sim
 Não – passe para a questão 14.
2. Em quais tipos de vias foi realizada esta experiência?
 Vias de trânsito rápido e arteriais – passe para a questão 4.
 Vias coletoras e locais
4. O município possui um registro com as experiências (vantagens e desvantagens) proporcionadas pela pavimentação com blocos intertravados de concreto?
 Sim
 Não
5. O município realizou um estudo comparativo entre a utilização de blocos intertravados e asfalto?
 Sim
 Não
6. Cite 5 vantagens e 5 desvantagens da utilização dos blocos intertravados de concreto.
Vantagens: permeabilidade, alta resistência, refletem melhor a luz solar, conforto térmica.
Desvantagens: pouca mão de obra, deslocamento das peças.
7. Sobre a manutenção, com que frequência é realizada em vias de blocos intertravados e qual a dimensão desta manutenção? Qual o custo de manutenção em relação ao de execução, em porcentagem?
Por serem vias antigas, a manutenção é feita freqüentemente.
8. São realizados ensaios de controle de terraplenagem para garantir uma compactação adequada das bases do pavimento?
 Sim
 Não. Por que?
9. O assentamento dos blocos intertravados é realizado de modo:
 Manual
 Mecanizado
10. Qual é a média de preço cobrada pelo metro quadrado (ou linear para ruas com 8 metros de largura) do material e da mão-de-obra para execução do pavimento intertravado na cidade?
Não está sendo utilizado o pavimento intertravado na pavimentação das vias.
11. Assinale os problemas que foram observados.

- Quebra das peças
- Irregularidades (trechos afundados)
- Peças soltas em trechos inclinados
- Reclamação quanto ao barulho gerado
- Dificuldade na frenagem em dias chuvosos
- Desgaste da superfície dos pavers
- Outros. Quais?

12. Quem é o responsável pelos serviços de execução e manutenção do pavimento urbano?

- Prefeitura
- Empresas terceirizadas

13. Há uso de blocos intertravados de concreto (*pavers*) em outros locais que não pavimentos urbanos?

- Não
- Em passeios públicos
- Em praças
- Pátios de escolas ou órgãos da prefeitura

18. Espaço para comentários relativo a escolha do tipo de pavimentação no município (se julgar importante)

Não respondeu.

Cidade 08

1. O município possui um histórico de utilização de blocos intertravados de concreto (pavers) na pavimentação de ruas?
() Sim
(x) Não – passe para a questão 14.
14. Quais os motivos pelos quais a cidade nunca veio a utilizar o bloco intertravado de concreto?
Não respondeu.
15. A Prefeitura já realizou algum estudo preliminar, ou participou de algum evento, sobre o uso de pavers na pavimentação urbana?
() Sim
(x) Não
16. Caso fosse comprovado que os pavimentos intertravados possuem, a longo prazo, menos custo devido a sua baixa manutenção, o município poderia utilizar os blocos intertravados?
(x) Sim
() Não. Por que?
17. A redução do efeito de ilhas de calor (aumento de até 17 graus nas áreas centrais das cidades em comparação a periferia) e o aumento da permeabilidade do paver podem fazer com que o município passe a utilizar este tipo de pavimento?
(x) Sim
() Não. Por que?
18. Espaço para comentários relativo a escolha do tipo de pavimentação no município (se julgar importante)
Não respondeu.

Cidade 09

1. O município possui um histórico de utilização de blocos intertravados de concreto (pavers) na pavimentação de ruas?
 Sim
 Não – passe para a questão 14.
2. Em quais tipos de vias foi realizada esta experiência?
 Vias de trânsito rápido e arteriais – passe para a questão 4.
 Vias coletoras e locais
3. Quais os motivos que levaram a cidade a não utilizar o pavimento intertravado em vias de trânsito rápido e arteriais?
As principais vias de trânsito rápido, são rodovias Estadual e Federal, não sendo de domínio da Prefeitura. Não ha estudos para a utilização desta solução, na verdade nosso histórico é pequeno, pois foi utilizado no projeto de regularização fundiária em uma vila que infelizmente, em virtude do tipo de solo e má qualidade de instalação, apresentam muitos problemas.
4. O município possui um registro com as experiências (vantagens e desvantagens) proporcionadas pela pavimentação com blocos intertravados de concreto?
 Sim
 Não
5. O município realizou um estudo comparativo entre a utilização de blocos intertravados e asfalto?
 Sim
 Não
6. Cite 5 vantagens e 5 desvantagens da utilização dos blocos intertravados de concreto.
Não respondeu.
7. Sobre a manutenção, com que frequência é realizada em vias de blocos intertravados e qual a dimensão desta manutenção? Qual o custo de manutenção em relação ao de execução, em porcentagem?
Não temos estudos e a manutenção na Vila está em processo de negociação entre a governo estadual e o município, pois entendemos que a empresa executora deve atender devido a garantia da obra.
8. São realizados ensaios de controle de terraplenagem para garantir uma compactação adequada das bases do pavimento?
 Sim
 Não. Por que?
9. O assentamento dos blocos intertravados é realizado de modo:
 Manual
 Mecanizado

10. Qual é a média de preço cobrada pelo metro quadrado (ou linear para ruas com 8 metros de largura) do material e da mão-de-obra para execução do pavimento intertravado na cidade?

Não respondeu.

11. Assinale os problemas que foram observados.

- Quebra das peças
- Irregularidades (trechos afundados)
- Peças soltas em trechos inclinados
- Reclamação quanto ao barulho gerado
- Dificuldade na frenagem em dias chuvosos
- Desgaste da superfície dos pavers
- Outros. Quais?

12. Quem é o responsável pelos serviços de execução e manutenção do pavimento urbano?

- Prefeitura
- Empresas terceirizadas

13. Há uso de blocos intertravados de concreto (*pavers*) em outros locais que não pavimentos urbanos?

- Não
- Em passeios públicos
- Em praças
- Pátios de escolas ou órgãos da prefeitura

18. Espaço para comentários relativo a escolha do tipo de pavimentação no município (se julgar importante)

Não respondeu.

Cidade 10

1. O município possui um histórico de utilização de blocos intertravados de concreto (pavers) na pavimentação de ruas?
 Sim
 Não – passe para a questão 14.
2. Em quais tipos de vias foi realizada esta experiência?
 Vias de trânsito rápido e arteriais – passe para a questão 4.
 Vias coletoras e locais
3. Quais os motivos que levaram a cidade a não utilizar o pavimento intertravado em vias de trânsito rápido e arteriais?
Não respondeu.
4. O município possui um registro com as experiências (vantagens e desvantagens) proporcionadas pela pavimentação com blocos intertravados de concreto?
 Sim
 Não
5. O município realizou um estudo comparativo entre a utilização de blocos intertravados e asfalto?
 Sim
 Não
6. Cite 5 vantagens e 5 desvantagens da utilização dos blocos intertravados de concreto.
Vantagens: aparência, manutenção, qualidade, conforto, versatilidade.
Desvantagens: durabilidade, irregularidades, desgaste, fissuras das peças, degradação das peças.
7. Sobre a manutenção, com que frequência é realizada em vias de blocos intertravados e qual a dimensão desta manutenção? Qual o custo de manutenção em relação ao de execução, em porcentagem?
Não respondeu.
8. São realizados ensaios de controle de terraplenagem para garantir uma compactação adequada das bases do pavimento?
 Sim
 Não. Por que?
9. O assentamento dos blocos intertravados é realizado de modo:
 Manual
 Mecanizado
10. Qual é a média de preço cobrada pelo metro quadrado (ou linear para ruas com 8 metros de largura) do material e da mão-de-obra para execução do pavimento intertravado na cidade?

R\$ 54,00/m²

11. Assinale os problemas que foram observados.

- Quebra das peças
- Irregularidades (trechos afundados)
- Peças soltas em trechos inclinados
- Reclamação quanto ao barulho gerado
- Dificuldade na frenagem em dias chuvosos
- Desgaste da superfície dos pavers
- Outros. Quais?

12. Quem é o responsável pelos serviços de execução e manutenção do pavimento urbano?

- Prefeitura
- Empresas terceirizadas

13. Há uso de blocos intertravados de concreto (*pavers*) em outros locais que não pavimentos urbanos?

- Não
- Em passeios públicos
- Em praças
- Pátios de escolas ou órgãos da prefeitura

18. Espaço para comentários relativo a escolha do tipo de pavimentação no município (se julgar importante)

O município já usa, em algumas ruas o pavimento intertravado, no entanto como já existe usina de asfalto no município, para pavimentação dos bairros periféricos estamos utilizando o CBUQ.

Cidade 11

1. O município possui um histórico de utilização de blocos intertravados de concreto (pavers) na pavimentação de ruas?
 Sim
 Não – passe para a questão 14.

14. Quais os motivos pelos quais a cidade nunca veio a utilizar o bloco intertravado de concreto?
Por questões culturais, a cidade de itabaiana em sergipe, opta sempre pelo uso de paralelepípedo na pavimentação da maioria de suas ruas.

15. A Prefeitura já realizou algum estudo preliminar, ou participou de algum evento, sobre o uso de pavers na pavimentação urbana?
 Sim
 Não

16. Caso fosse comprovado que os pavimentos intertravados possuem, a longo prazo, menos custo devido a sua baixa manutenção, o município poderia utilizar os blocos intertravados?
 Sim
 Não. Por que?

17. A redução do efeito de ilhas de calor (aumento de até 17 graus nas áreas centrais das cidades em comparação a periferia) e o aumento da permeabilidade do paver podem fazer com que o município passe a utilizar este tipo de pavimento?
 Sim
 Não. Por que?

18. Espaço para comentários relativo a escolha do tipo de pavimentação no município (se julgar importante)
Não respondeu.

Cidade 12

1. O município possui um histórico de utilização de blocos intertravados de concreto (pavers) na pavimentação de ruas?
 Sim
 Não – passe para a questão 14.
2. Em quais tipos de vias foi realizada esta experiência?
 Vias de trânsito rápido e arteriais – passe para a questão 4.
 Vias coletoras e locais
3. Quais os motivos que levaram a cidade a não utilizar o pavimento intertravado em vias de trânsito rápido e arteriais?
Não respondeu.
4. O município possui um registro com as experiências (vantagens e desvantagens) proporcionadas pela pavimentação com blocos intertravados de concreto?
 Sim
 Não
5. O município realizou um estudo comparativo entre a utilização de blocos intertravados e asfalto?
 Sim
 Não
6. Cite 5 vantagens e 5 desvantagens da utilização dos blocos intertravados de concreto.
Vantagens: aparência fácil manutenção, permeabilidade, boa durabilidade.
Desvantagens: devido ao peso dos veículos, os blocos podem se deslocar, muita trepidação, o que não é bom para os veículos, pois estraga mais fácil, há rejeição da população.
7. Sobre a manutenção, com que frequência é realizada em vias de blocos intertravados e qual a dimensão desta manutenção? Qual o custo de manutenção em relação ao de execução, em porcentagem?
Não é feita a manutenção dessas vias.
8. São realizados ensaios de controle de terraplenagem para garantir uma compactação adequada das bases do pavimento?
 Sim
 Não. Por que?
9. O assentamento dos blocos intertravados é realizado de modo:
 Manual
 Mecanizado

10. Qual é a média de preço cobrada pelo metro quadrado (ou linear para ruas com 8 metros de largura) do material e da mão-de-obra para execução do pavimento intertravado na cidade?

Não respondeu.

11. Assinale os problemas que foram observados.

- Quebra das peças
- Irregularidades (trechos afundados)
- Peças soltas em trechos inclinados
- Reclamação quanto ao barulho gerado
- Dificuldade na frenagem em dias chuvosos
- Desgaste da superfície dos pavers
- Outros. Quais?

12. Quem é o responsável pelos serviços de execução e manutenção do pavimento urbano?

- Prefeitura
- Empresas terceirizadas

13. Há uso de blocos intertravados de concreto (*pavers*) em outros locais que não pavimentos urbanos?

- Não
- Em passeios públicos
- Em praças
- Pátios de escolas ou órgãos da prefeitura

18. Espaço para comentários relativo a escolha do tipo de pavimentação no município (se julgar importante)

Não respondeu.

Cidade 13

1. O município possui um histórico de utilização de blocos intertravados de concreto (pavers) na pavimentação de ruas?
 Sim
 Não – passe para a questão 14.

14. Quais os motivos pelos quais a cidade nunca veio a utilizar o bloco intertravado de concreto?
Devido aos custos e maior percentual de emprego de mão de obra, se comparado com pavimentos asfálticos. / falta de mão de obra especializada.

15. A Prefeitura já realizou algum estudo preliminar, ou participou de algum evento, sobre o uso de pavers na pavimentação urbana?
 Sim
 Não

16. Caso fosse comprovado que os pavimentos intertravados possuem, a longo prazo, menos custo devido a sua baixa manutenção, o município poderia utilizar os blocos intertravados?
 Sim
 Não. Por que?

17. A redução do efeito de ilhas de calor (aumento de até 17 graus nas áreas centrais das cidades em comparação a periferia) e o aumento da permeabilidade do paver podem fazer com que o município passe a utilizar este tipo de pavimento?
 Sim
 Não. Por que?

18. Espaço para comentários relativo a escolha do tipo de pavimentação no município (se julgar importante)
Era muito utilizado o pavimento poliédrico , hoje opta-se mais pelo pavimento asfáltico. Essas escolhas estão ligadas à existência de grandes pedreiras e usinas de asfalto dentro do município, o que vem a contribuir com os custos e a quantidade e qualidade da mão-de-obra para estes tipos de pavimento.

Cidade 14

1. O município possui um histórico de utilização de blocos intertravados de concreto (pavers) na pavimentação de ruas?
 Sim
 Não – passe para a questão 14.
2. Em quais tipos de vias foi realizada esta experiência?
 Vias de trânsito rápido e arteriais – passe para a questão 4.
 Vias coletoras e locais
4. O município possui um registro com as experiências (vantagens e desvantagens) proporcionadas pela pavimentação com blocos intertravados de concreto?
 Sim
 Não
5. O município realizou um estudo comparativo entre a utilização de blocos intertravados e asfalto?
 Sim
 Não
6. Cite 5 vantagens e 5 desvantagens da utilização dos blocos intertravados de concreto.
Vantagens: durabilidade, resistência mecânica, custo-benefício, facilidade de execução, facilidade de manutenção.
Desvantagens: tempo de execução do serviço.
7. Sobre a manutenção, com que frequência é realizada em vias de blocos intertravados e qual a dimensão desta manutenção? Qual o custo de manutenção em relação ao de execução, em porcentagem?
Manutenção: Mínima / Dimensão da Manutenção: Desprezível / Custo de Manutenção: 5%
8. São realizados ensaios de controle de terraplenagem para garantir uma compactação adequada das bases do pavimento?
 Sim
 Não. Por que?
9. O assentamento dos blocos intertravados é realizado de modo:
 Manual
 Mecanizado
10. Qual é a média de preço cobrada pelo metro quadrado (ou linear para ruas com 8 metros de largura) do material e da mão-de-obra para execução do pavimento intertravado na cidade?
Custo m² - material = R\$ 13,00 / Custo m² - mão de obra = R\$ 5,00 /
TOTAL = R\$ 18,00 m²

11. Assinale os problemas que foram observados.

- Quebra das peças
- Irregularidades (trechos afundados)
- Peças soltas em trechos inclinados
- Reclamação quanto ao barulho gerado
- Dificuldade na frenagem em dias chuvosos
- Desgaste da superfície dos pavers
- Outros. Quais?

12. Quem é o responsável pelos serviços de execução e manutenção do pavimento urbano?

- Prefeitura
- Empresas terceirizadas

13. Há uso de blocos intertravados de concreto (*pavers*) em outros locais que não pavimentos urbanos?

- Não
- Em passeios públicos
- Em praças
- Pátios de escolas ou órgãos da prefeitura

18. Espaço para comentários relativo a escolha do tipo de pavimentação no município (se julgar importante)

Não respondeu.

Cidade 15

1. O município possui um histórico de utilização de blocos intertravados de concreto (pavers) na pavimentação de ruas?
 Sim
 Não – passe para a questão 14.

14. Quais os motivos pelos quais a cidade nunca veio a utilizar o bloco intertravado de concreto?
O município já utilizou piso intertravado em algumas ruas, mas o principal meio utilizado é massa asfáltica. Para se fazer um piso intertravado o processo de trabalhar o subleito e a base são os mesmos para o procedimento de asfalto. Na execução o processo de asfalto é muito mais rápido.

15. A Prefeitura já realizou algum estudo preliminar, ou participou de algum evento, sobre o uso de pavers na pavimentação urbana?
 Sim
 Não

16. Caso fosse comprovado que os pavimentos intertravados possuem, a longo prazo, menos custo devido a sua baixa manutenção, o município poderia utilizar os blocos intertravados?
 Sim
 Não. Por que?

17. A redução do efeito de ilhas de calor (aumento de até 17 graus nas áreas centrais das cidades em comparação a periferia) e o aumento da permeabilidade do paver podem fazer com que o município passe a utilizar este tipo de pavimento?
 Sim
 Não. Por que?

18. Espaço para comentários relativo a escolha do tipo de pavimentação no município (se julgar importante)
Inexiste uma situação de que um pavimento é bom e o outro é ruim. Cada projeto contratado pede um tipo de pavimento. Como fazemos um processo de escolha das obras junto com a população (orçamento participativo), geralmente eles pedem o asfalto em lugar de outro piso. Estamos revitalizando o centro da cidade e tem trechos de ruas que serão usados piso intertravado.

Cidade 16

1. O município possui um histórico de utilização de blocos intertravados de concreto (pavers) na pavimentação de ruas?
 Sim
 Não – passe para a questão 14.
2. Em quais tipos de vias foi realizada esta experiência?
 Vias de trânsito rápido e arteriais – passe para a questão 4.
 Vias coletoras e locais
3. Quais os motivos que levaram a cidade a não utilizar o pavimento intertravado em vias de trânsito rápido e arteriais?
Aquisição de usina de asfalto em 1992.
4. O município possui um registro com as experiências (vantagens e desvantagens) proporcionadas pela pavimentação com blocos intertravados de concreto?
 Sim
 Não
5. O município realizou um estudo comparativo entre a utilização de blocos intertravados e asfalto?
 Sim
 Não
6. Cite 5 vantagens e 5 desvantagens da utilização dos blocos intertravados de concreto.
Vantagens: aparência permeabilidade, aderência dos pneus dos veículos, redução de ilhas de calor.
Desvantagens: execução de remendos.
7. Sobre a manutenção, com que frequência é realizada em vias de blocos intertravados e qual a dimensão desta manutenção? Qual o custo de manutenção em relação ao de execução, em porcentagem?
Não possuímos registro.
8. São realizados ensaios de controle de terraplenagem para garantir uma compactação adequada das bases do pavimento?
 Sim
 Não. Por que?
9. O assentamento dos blocos intertravados é realizado de modo:
 Manual
 Mecanizado
10. Qual é a média de preço cobrada pelo metro quadrado (ou linear para ruas com 8 metros de largura) do material e da mão-de-obra para execução do pavimento intertravado na cidade?

Não temos dados a respeito.

11. Assinale os problemas que foram observados.

- Quebra das peças
- Irregularidades (trechos afundados)
- Peças soltas em trechos inclinados
- Reclamação quanto ao barulho gerado
- Dificuldade na frenagem em dias chuvosos
- Desgaste da superfície dos pavers
- Outros. Quais?

12. Quem é o responsável pelos serviços de execução e manutenção do pavimento urbano?

- Prefeitura
- Empresas terceirizadas

13. Há uso de blocos intertravados de concreto (*pavers*) em outros locais que não pavimentos urbanos?

- Não
- Em passeios públicos
- Em praças
- Pátios de escolas ou órgãos da prefeitura

18. Espaço para comentários relativo a escolha do tipo de pavimentação no município (se julgar importante)

A opção pelo CBUQ deve-se a aquisição de usina de asfalto em 1992 e posteriormente em 2010 com produção de até 80 toneladas/hora.

Cidade 17

1. O município possui um histórico de utilização de blocos intertravados de concreto (pavers) na pavimentação de ruas?
() Sim
(x) Não – passe para a questão 14.
14. Quais os motivos pelos quais a cidade nunca veio a utilizar o bloco intertravado de concreto?
A cidade sempre utilizou paralelepípedos de granito e/ou asfalto, pela facilidade de aquisição e tempo de serviço.
15. A Prefeitura já realizou algum estudo preliminar, ou participou de algum evento, sobre o uso de pavers na pavimentação urbana?
() Sim
(x) Não
16. Caso fosse comprovado que os pavimentos intertravados possuem, a longo prazo, menos custo devido a sua baixa manutenção, o município poderia utilizar os blocos intertravados?
(x) Sim
() Não. Por que?
17. A redução do efeito de ilhas de calor (aumento de até 17 graus nas áreas centrais das cidades em comparação a periferia) e o aumento da permeabilidade do paver podem fazer com que o município passe a utilizar este tipo de pavimento?
(x) Sim
() Não. Por que?
18. Espaço para comentários relativo a escolha do tipo de pavimentação no município (se julgar importante)
A utilização de bloco intertravado de concreto depende muito da confiança na origem/qualidade de fabricação dos blocos e prazos de fornecimento.

Cidade 18

1. O município possui um histórico de utilização de blocos intertravados de concreto (pavers) na pavimentação de ruas?
 Sim
 Não – passe para a questão 14.

14. Quais os motivos pelos quais a cidade nunca veio a utilizar o bloco intertravado de concreto?
Custo, processo construtivo pouco utilizado na região e indisponibilidade do produto no mercado da região.

15. A Prefeitura já realizou algum estudo preliminar, ou participou de algum evento, sobre o uso de pavers na pavimentação urbana?
 Sim
 Não

16. Caso fosse comprovado que os pavimentos intertravados possuem, a longo prazo, menos custo devido a sua baixa manutenção, o município poderia utilizar os blocos intertravados?
 Sim
 Não. Por que?

17. A redução do efeito de ilhas de calor (aumento de até 17 graus nas áreas centrais das cidades em comparação a periferia) e o aumento da permeabilidade do paver podem fazer com que o município passe a utilizar este tipo de pavimento?
 Sim
 Não. Por que?

18. Espaço para comentários relativo a escolha do tipo de pavimentação no município (se julgar importante)
Em nossa cidade o paver vem sendo utilizado com bastante frequência em obras de calçamento de pátios de estacionamento, passeios públicos, praças e outros tipos de logradouros, no entanto ainda não aplicado em vias públicas, até pelo fato de já possuímos aproximadamente 100% da área urbana pavimentado com revestimento asfáltico, o que nos submete apenas a manutenção das ruas e avenidas através do processo de recapeamento asfáltico quando necessário.

Cidade 19

1. O município possui um histórico de utilização de blocos intertravados de concreto (pavers) na pavimentação de ruas?
() Sim
(x) Não – passe para a questão 14.
14. Quais os motivos pelos quais a cidade nunca veio a utilizar o bloco intertravado de concreto?
Custo, praticidade na execução (baixa produção), desconforto para o tráfego em função da geometria imperfeita, tradição
15. A Prefeitura já realizou algum estudo preliminar, ou participou de algum evento, sobre o uso de pavers na pavimentação urbana?
(x) Sim
() Não
16. Caso fosse comprovado que os pavimentos intertravados possuem, a longo prazo, menos custo devido a sua baixa manutenção, o município poderia utilizar os blocos intertravados?
() Sim
(x) Não. Por que? Em alguns locais (vias locais), pois não são apenas esses fatores que entram na decisão.
17. A redução do efeito de ilhas de calor (aumento de até 17 graus nas áreas centrais das cidades em comparação a periferia) e o aumento da permeabilidade do paver podem fazer com que o município passe a utilizar este tipo de pavimento?
() Sim
(x) Não. Por que? Em alguns locais (vias locais), pois não são apenas esses fatores que entram na decisão.
18. Espaço para comentários relativo a escolha do tipo de pavimentação no município (se julgar importante)
Não respondeu.

Cidade 20

1. O município possui um histórico de utilização de blocos intertravados de concreto (pavers) na pavimentação de ruas?
 Sim
 Não – passe para a questão 14.

14. Quais os motivos pelos quais a cidade nunca veio a utilizar o bloco intertravado de concreto?
Utilizamos pavimento asfáltico para as vias e pavimento em concreto para determinados locais, tais como, baias de ônibus. Utilizamos piso intertravado apenas para passeio público para pedestres. nunca foi utilizado em vias por acreditar que a manutenção e conservação de um piso em pavimento asfáltico seja mais viável técnico economicamente.

15. A Prefeitura já realizou algum estudo preliminar, ou participou de algum evento, sobre o uso de pavers na pavimentação urbana?
 Sim
 Não

16. Caso fosse comprovado que os pavimentos intertravados possuem, a longo prazo, menos custo devido a sua baixa manutenção, o município poderia utilizar os blocos intertravados?
 Sim
 Não. Por que? Não pretendo mudar o modelo em vigência, mas cabe a cada administração analisar e posicionar-se.

17. A redução do efeito de ilhas de calor (aumento de até 17 graus nas áreas centrais das cidades em comparação a periferia) e o aumento da permeabilidade do paver podem fazer com que o município passe a utilizar este tipo de pavimento?
 Sim
 Não. Por que? Pensando nestes fatores já utilizamos em áreas para pedestres, como exemplo, foi utilizado intertravado em 18.000 m² em um parque na cidade.

18. Espaço para comentários relativo a escolha do tipo de pavimentação no município (se julgar importante)
Não respondeu.

Cidade 21

1. O município possui um histórico de utilização de blocos intertravados de concreto (pavers) na pavimentação de ruas?
 Sim
 Não – passe para a questão 14.

14. Quais os motivos pelos quais a cidade nunca veio a utilizar o bloco intertravado de concreto?
Não Respondeu.

15. A Prefeitura já realizou algum estudo preliminar, ou participou de algum evento, sobre o uso de pavers na pavimentação urbana?
 Sim
 Não

16. Caso fosse comprovado que os pavimentos intertravados possuem, a longo prazo, menos custo devido a sua baixa manutenção, o município poderia utilizar os blocos intertravados?
 Sim
 Não. Por que?

17. A redução do efeito de ilhas de calor (aumento de até 17 graus nas áreas centrais das cidades em comparação a periferia) e o aumento da permeabilidade do paver podem fazer com que o município passe a utilizar este tipo de pavimento?
 Sim
 Não. Por que?

18. Espaço para comentários relativo a escolha do tipo de pavimentação no município (se julgar importante)
Historicamente o nosso estado pouco utiliza o bloco intertravado. Com exceção das regiões litorâneas, onde o mesmo é amplamente utilizado em passeios públicos, dificilmente se observa esse tipo de produto em pavimentos de longo ou médio alcance. A avaliação de quem representa o menor custo é relativo, pois precisamos analisar a durabilidade do pavimento, seu manuseio e os impactos na rede de drenagem e no meio ambiente. o trabalho, praticamente artesanal, do assentamento do bloco intertravado sob o "colchão de areia" exige cuidados específicos e mão de obra qualificada. Outra solução para a questão da permeabilidade está contida no asfalto ecológico, onde estudos provam que a grau de porosidade é muito superior ao asfalto tradicional e em alguns casos chega a drenar mais que o bloco intertravado. Estamos falando em estudos, Nossa cidade não tem ainda essa experiência. Como inovação, se é que podemos considerar tal como, implantamos, a cerca de dois anos, uma usina de reciclagem de RCD e estamos desenvolvendo algumas experiências neste sentido em pavimentação de ruas.

Cidade 22

1. O município possui um histórico de utilização de blocos intertravados de concreto (pavers) na pavimentação de ruas?
 Sim
 Não – passe para a questão 14.
2. Em quais tipos de vias foi realizada esta experiência?
 Vias de trânsito rápido e arteriais – passe para a questão 4.
 Vias coletoras e locais
4. O município possui um registro com as experiências (vantagens e desvantagens) proporcionadas pela pavimentação com blocos intertravados de concreto?
 Sim
 Não
5. O município realizou um estudo comparativo entre a utilização de blocos intertravados e asfalto?
 Sim
 Não
6. Cite 5 vantagens e 5 desvantagens da utilização dos blocos intertravados de concreto.
Vantagens: permeabilidade, facilidade técnica de pequenos reparos, pouco uso de máquinas.
Desvantagens: mão de obra qualificada.
7. Sobre a manutenção, com que frequência é realizada em vias de blocos intertravados e qual a dimensão desta manutenção? Qual o custo de manutenção em relação ao de execução, em porcentagem?
Não respondeu.
8. São realizados ensaios de controle de terraplenagem para garantir uma compactação adequada das bases do pavimento?
 Sim
 Não. Por que? Falta de estrutura.
9. O assentamento dos blocos intertravados é realizado de modo:
 Manual
 Mecanizado
10. Qual é a média de preço cobrada pelo metro quadrado (ou linear para ruas com 8 metros de largura) do material e da mão-de-obra para execução do pavimento intertravado na cidade?
R\$ 79,00/m²
11. Assinale os problemas que foram observados.

- Quebra das peças
- Irregularidades (trechos afundados)
- Peças soltas em trechos inclinados
- Reclamação quanto ao barulho gerado
- Dificuldade na frenagem em dias chuvosos
- Desgaste da superfície dos pavers
- Outros. Quais?

12. Quem é o responsável pelos serviços de execução e manutenção do pavimento urbano?

- Prefeitura
- Empresas terceirizadas

13. Há uso de blocos intertravados de concreto (*pavers*) em outros locais que não pavimentos urbanos?

- Não
- Em passeios públicos
- Em praças
- Pátios de escolas ou órgãos da prefeitura

18. Espaço para comentários relativo a escolha do tipo de pavimentação no município (se julgar importante)

Não respondeu.

Cidade 23

1. O município possui um histórico de utilização de blocos intertravados de concreto (pavers) na pavimentação de ruas?
 Sim
 Não – passe para a questão 14.
2. Em quais tipos de vias foi realizada esta experiência?
 Vias de trânsito rápido e arteriais – passe para a questão 4.
 Vias coletoras e locais
3. Quais os motivos que levaram a cidade a não utilizar o pavimento intertravado em vias de trânsito rápido e arteriais?
Aspecto visual, dificuldade para sinalização das vias públicas, permeabilidade que leva a manchas de difícil limpeza (óleo, etc), baixa qualidade e necessidade de manutenção prematura, longo prazo de execução, pelo fato de ser manual, mais caro que o asfalto devido a execução manual, desconforto aos ocupantes dos veículos, ruído pela circulação dos veículos.
4. O município possui um registro com as experiências (vantagens e desvantagens) proporcionadas pela pavimentação com blocos intertravados de concreto?
 Sim
 Não
5. O município realizou um estudo comparativo entre a utilização de blocos intertravados e asfalto?
 Sim
 Não
6. Cite 5 vantagens e 5 desvantagens da utilização dos blocos intertravados de concreto.
Vantagens: uso em parques, uso em vias locais, estacionamentos, entrada de parques, ruas com elevada declividade (devido a dificuldade operacional dos equipamentos), caracterização de um local (como as calçadas próximo aos restaurantes de Sta Felicidade)
Desvantagens: aspecto visual, dificuldade para sinalização das vias públicas, permeabilidade que leva a manchas de difícil limpeza (óleo, etc), baixa qualidade e necessidade de manutenção prematura, longo prazo de execução, pelo fato de ser manual, mais caro que o asfalto devido a execução manual, desconforto aos ocupantes dos veículos, ruído pela circulação dos veículos.
7. Sobre a manutenção, com que frequência é realizada em vias de blocos intertravados e qual a dimensão desta manutenção? Qual o custo de manutenção em relação ao de execução, em porcentagem?
Não respondeu.
8. São realizados ensaios de controle de terraplenagem para garantir uma compactação adequada das bases do pavimento?

- Sim
- Não. Por que?

9. O assentamento dos blocos intertravados é realizado de modo:

- Manual
- Mecanizado

10. Qual é a média de preço cobrada pelo metro quadrado (ou linear para ruas com 8 metros de largura) do material e da mão-de-obra para execução do pavimento intertravado na cidade?

Não respondeu.

11. Assinale os problemas que foram observados.

- Quebra das peças
- Irregularidades (trechos afundados)
- Peças soltas em trechos inclinados
- Reclamação quanto ao barulho gerado
- Dificuldade na frenagem em dias chuvosos
- Desgaste da superfície dos pavers
- Outros. Quais?

12. Quem é o responsável pelos serviços de execução e manutenção do pavimento urbano?

- Prefeitura
- Empresas terceirizadas

13. Há uso de blocos intertravados de concreto (*pavers*) em outros locais que não pavimentos urbanos?

- Não
- Em passeios públicos
- Em praças
- Pátios de escolas ou órgãos da prefeitura

18. Espaço para comentários relativo a escolha do tipo de pavimentação no município (se julgar importante)

Há necessidade de permeabilização do solo para recarga dos lençóis freáticos (filtragem da água), por meio de áreas verdes, pavers em locais informados nesse questionário e asfaltos porosos.

Cidade 24

1. O município possui um histórico de utilização de blocos intertravados de concreto (pavers) na pavimentação de ruas?
 Sim
 Não – passe para a questão 14.

14. Quais os motivos pelos quais a cidade nunca veio a utilizar o bloco intertravado de concreto?
O sistema de asfaltamento em nosso município é terceirizado, a prefeitura não dispõe de maquinário para a pavimentação, logo as empresas que vencem as licitações utilizam os materiais que tem ao alcance, e até o momento este sistema não chegou à nossa região.

15. A Prefeitura já realizou algum estudo preliminar, ou participou de algum evento, sobre o uso de pavers na pavimentação urbana?
 Sim
 Não

16. Caso fosse comprovado que os pavimentos intertravados possuem, a longo prazo, menos custo devido a sua baixa manutenção, o município poderia utilizar os blocos intertravados?
 Sim
 Não. Por que?

17. A redução do efeito de ilhas de calor (aumento de até 17 graus nas áreas centrais das cidades em comparação a periferia) e o aumento da permeabilidade do paver podem fazer com que o município passe a utilizar este tipo de pavimento?
 Sim
 Não. Por que?

18. Espaço para comentários relativo a escolha do tipo de pavimentação no município (se julgar importante)
Não respondeu.