

EBER PROTI
MATEUS EMERICK ROCHA LACERDA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS DE PAVIMENTAÇÃO
URBANA, BASEADOS EM BLOCOS DE CONCRETO E
REVESTIMENTO ASFÁLTICO PRÉ-MISTURADO A FRIO (PMF)**

BACHARELADO
EM
ENGENHARIA CIVIL

DOCTUM-MINAS GERAIS

2014

EBER PROTI
MATEUS EMERICK ROCHA LACERDA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS DE PAVIMENTAÇÃO
URBANA, BASEADOS EM BLOCOS DE CONCRETO E
REVESTIMENTO ASFÁLTICO PRÉ-MISTURADO A FRIO (PMF)**

Monografia apresentada à Banca examinadora da faculdade Engenharia Civil do Instituto Doctum de Educação e Tecnologia com requisito parcial de obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do Professor João Moreira de Oliveira Júnior.

DOCTUM-MINAS GERAIS

2014

EBER PROTI
MATEUS EMERICK ROCHA LACERDA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS DE PAVIMENTAÇÃO
URBANA, BASEADOS EM BLOCOS DE CONCRETO E
REVESTIMENTO ASFÁLTICO PRÉ-MISTURADO A FRIO (PMF)**

Monografia submetida à comissão examinadora designada pelo Curso de graduação em Engenharia Civil como requisito para obtenção de grau de bacharel.

Professor João Moreira de Oliveira Júnior
Coordenador do curso de Engenharia Civil / Orientador
Instituto Doctum de Educação e Tecnologia

Professora Camila Alves da Silva
Instituto Doctum de Educação e Tecnologia

Professor Sérgio Alves dos Reis
Instituto Doctum de Educação e Tecnologia

Caratinga, 27 de Novembro de 2014.

À nossas famílias que sempre nos apoiaram e nos mostraram o significado de amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradecemos à Deus pelas oportunidades, e por sempre nos iluminar.

Também para a conclusão deste trabalho, agradecemos ao Professor Orientador Engenheiro João Moreira de Oliveira Júnior por todo incentivo e auxílio na obtenção de dados essenciais. Agradecemos também às empresas e profissionais que nos auxiliaram e ajudaram com fornecimento de dados e estudos técnicos.

A todos os nossos amigos, professores e apoiadores somos gratos pelos momentos compartilhados e incentivos.

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 sempre nos apoiarem, pois são nos pequenos gestos diários transmitindo segurança, conforto e tranquilidade que conseguimos ter ainda mais perseverança para buscar objetivos.

“Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo para a vitória
é o desejo de vencer”.
(Mahatma Gandhi)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de seção transversal do pavimento.....	17
Figura 2: Exemplo de estrutura de pavimento de blocos intertravados de concreto .	18
Figura 3: Exemplo de estrutura de pavimento com revestimento asfáltico	19
Figura 4: Exemplo de usina estacionária para produção de misturas a frio	24
Figura 5: Exemplo de usina de pré-misturado a frio móvel	24
Figura 6: Esquema de componentes de uma vibro acabadora de pneus	26
Figura 7: Esquema de componentes de uma vibro acabadora de esteiras.....	26
Figura 8: Exemplos de rolo de pneus e rolo tandem liso.....	28
Figura 9: Exemplo de rolo de placa vibratória	28
Figura 10: Exemplo de padrão de rolagem de uma camada de mistura asfáltica	29
Figura 11: Definição do padrão de rolagem	29
Figura 12: Esquema de padrão de rolagem em pista com mudança de inclinação transversal no eixo longitudinal	30
Figura 13: Esquema de padrão de rolagem em pistas com extremidade desconfiada.....	30
Figura 14: Exemplo de pavimentação com blocos sextavados na cidade de Manhumirim/MG.....	37
Figura 15: Exemplo de pavimentação com blocos de 16 faces na cidade de Campinas/SP.	37
Figura 16: Exemplo de pavimentação com blocos paver na cidade de Maringá/PR.	38
Figura 17: Exemplo de assentamento com blocos paver.	38
Figura 18: Formas de retirar blocos intertravados de concreto.	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tabela de espessuras mínimas de revestimentos asfálticos.....	22
Tabela 2: Tabela de faixas granulométricas para pré-misturados a frio.....	23
Tabela 3: Fatores que afetam o tempo de rolagem.....	30
Tabela 4: Quadro de diagnósticos - “The feverchart”.....	32
Tabela 5: Comparativo entre distâncias de frenagem em pavimento flexível e pavimento intertravado.....	39
Tabela 6: Pesos por metro quadrado e aplicações dos blocos de concreto.	42
Tabela 7: PRÉ-MISTURADO a frio - aplicação - unidade: t	45
Tabela 8: PAVIMENTAÇÃO ARTICULADA de blocos de concreto hexagonal sobre coxim de areia - unidade: m ²	45
Tabela 9: Compactador de placa vibratória, utilizado no fim de pavimentação de blocos intertravados	45
Tabela 10: Valor de hora trabalhada do servente	46
Tabela 11: Valor de hora trabalhada do ajudante	46
Tabela 12: Valor de hora trabalhada do calceteiro.....	46
Tabela 13: Valor de hora trabalhada do operador de betoneira.....	46
Tabela 14: Valor de hora trabalhada do operador de máquinas (mesa vibratória)....	46
Tabela 15: Cálculo do BDI	47
Tabela 16: Relação de ruas do Loteamento Alvorada	47
Tabela 17: Preço médio para pavimentação intertravada com blocos de concreto hexagonal por empreitada.....	49
Tabela 18: Média da produção de blocos com auxílio de mesa vibratória	49
Tabela 19: Aquisição de equipamentos e tábuas para implantação da fabrica de blocos.....	50
Tabela 20: Composição de custos para fabricação de blocos de concreto sextavado (hexagonal)	50
Tabela 21: Composição de custos para execução de pavimentação da área estudada com fabricação e assentamento dos blocos sem terceirização de serviços	51

Tabela 22: Valor médio do bloco de concreto hexagonal (sextavado), e=8cm, por metro quadrado.....	51
Tabela 23: Composição de custos para execução de pavimentação da área estudada com compra de blocos e outros materiais	52
Tabela 24: Preço médio para pavimentação com revestimento asfáltico pré-misturado a frio.....	53
Tabela 25: Composição de custo para preço médio de pavimentação com revestimento asfáltico pré-misturado a frio com aquisição de materiais	53
Tabela 26: Vantagens e desvantagens de blocos intertravados de concreto	57
Tabela 27: Vantagens e desvantagens do pré-misturado a frio	57
Tabela 28: Comparação entre bloco intertravado de concreto x revestimento asfáltico pré-misturado a frio.	58

RESUMO

Devido o alto crescimento das áreas urbanas, vem surgindo cada vez mais a necessidade de pavimentação de vias urbanas, sendo assim temos como prioridade mostrar através desta pesquisa o comparativo entre pavimentação de blocos intertravados de concreto com o revestimento asfáltico pré-misturado a frio.

Através deste estudo, teremos como ponto principal, a comparação de uma pavimentação executada com cada um destes métodos, fazendo comparativos de custos, vantagens e desvantagens, demonstrando qual deles é o mais adequado para cada tipo de situação, qual requer menor índice de manutenção, e qual possui o menor escoamento, já que esse é um dos maiores problemas das áreas urbanas, trazendo grandes transtornos à população.

Sendo que os recursos utilizados para execução e manutenção de pavimentos urbanos, tem origem, na grande maioria das vezes de impostos pagos pela população, surge a necessidade de estudos que demonstrem os dados econômicos, técnicos e até mesmo culturais e históricos para a escolha dos mesmos. Além desses dados, todas as vantagens e desvantagens desses sistemas de pavimentação, devem ser considerados e demonstrados, a fim de gerar uma contribuição para tomadas de decisões sobre esse tipo de escolha para empresas privadas, prefeituras e o poder público em geral.

Palavras-chave: pavimentação, blocos intertravados, pré-misturado a frio

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
INTRODUÇÃO	12
CAPÍTULO I – PAVIMENTAÇÃO URBANA	14
1.1 – ORIGENS DA PAVIMENTAÇÃO	14
1.2 - FUNÇÕES DOS PAVIMENTOS	15
1.3 – PAVIMENTAÇÃO DE VIAS PÚBLICAS	16
1.4 – CLASSIFICAÇÕES DOS PAVIMENTOS SEGUNDO TRÁFEGO LOCAL	19
1.5 – PAVIMENTOS FLEXÍVEIS.....	20
1.5.1 – Pavimentação baseada em Concreto Asfáltico Pré-misturado a Frio.	20
1.5.2 – Usinas para misturas a frio	23
1.5.3 - Transporte, lançamento e compactação de misturas asfálticas	24
1.5.4 – Conservação e Manutenção	31
1.5.5 – Aspectos Ambientais	33
1.5.6 – Normas Técnicas de Pavimentos Asfálticos.....	34
1.6 – PAVIMENTOS SEMI-RÍGIDOS.....	34
1.6.1 - Pavimentação baseada em blocos de concreto	34
1.6.2 – Conservação e manutenção	39
1.6.3 – Aspectos Ambientais	41
1.6.4 - Normas Técnicas de Blocos de Concreto para Pavimentação.....	42
CAPÍTULO II – ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O USO DE BLOCOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO E REVESTIMENTO ASFÁLTICO PRÉ- MISTURADO A FRIO (PMF) EM VIAS URBANAS	44
2.1- DADOS PARA ANÁLISE ECONÔMICA	44
2.2 – ANÁLISE COMPARATIVA ECONÔMICA.....	48
2.2.1 – Análise comparativa econômica para blocos de concreto intertravado hexagonal (sextavado)	48

2.2.2 – Análise comparativa econômica para revestimento asfáltico pré-misturado a frio (PMF).....	52
2.2.3 – Comparativo financeiro geral	54
2.2.4 – Análise comparativa econômica com uso dos pavimentos em conjunto	55
2.3 – ANÁLISE COMPARATIVA GERAL.....	56
CAPITULO III – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
REFERÊNCIAS.....	61

INTRODUÇÃO

Existem situações que em algum momento se impõe diante da decisão entre a utilização de bloco de concreto, ou revestimento asfáltico pré-misturado a frio nos sistemas de pavimentação urbana.

Desenvolver um estudo das variáveis que criam essas situações ressalta a importância científica do tema proposto nessa monografia.

Como acadêmicos, estar aptos, ao final dessa pesquisa, o poder de indicar com mais objetividade segundo as características de cada modelo de pavimentação o tipo de pavimento a ser usado já é um considerável ganho intelectual.

Tal potencial, dá a essa pesquisa a sua relevância social, pois, poderá servir de auxílio para os entes federativos municipais, já que entre os objetivos encontram-se a maximização dos bens públicos e a preocupação com a preservação ambiental

Para Engenharia Civil, o trabalho serve de apoio tanto para acadêmicos quanto para profissionais, pois além de apresentar uma grande quantidade de informações e comparativos sobre o assunto, há também apresentação de novidades e soluções práticas para a utilização de cada tipo de pavimento, a fim de ser obter maior qualidade e durabilidade dos serviços.

De um modo geral esse trabalho visa demonstrar qual a melhor forma de pavimentação para determinadas situações, abordando de forma teórica e através de exemplos práticos as vantagens e desvantagens de cada tipo, visando sempre fazer uma comparação inovadora e objetiva para cada situação proposta, procurando definir a melhor solução para cada caso proposto.

Considerando a realidade atual, o presente trabalho visa determinar uma possibilidade para que municípios, engenheiros, empresas e profissionais da área possam saber fazer uma análise e melhores escolhas para determinação de pavimentação para cidades, áreas públicas e privadas (praças, estacionamentos, entre outros).

Sendo assim, como definir, comparando blocos intertravados de concreto e revestimento asfáltico pré-misturado a frio, o método mais viável para determinadas situações no uso em pavimentação urbana? Um exemplo poderia ser o uso de bloco intertravados de concreto em vias coletoras e locais e o pré-misturado a frio em vias

de trânsito rápido e arteriais, dentre vários outros.

O presente trabalho utiliza de pesquisa de campo, analisando estudos de caso, e complementando com estudos técnicos e financeiros.

Por se tratar de tema com reflexos em vários ramos da engenharia, tais como, geologia, administração de obras, topografia, engenharia financeira, orçamentos, dentre outros, a natureza da presente pesquisa possui caráter transdisciplinar, em relação ao setor do conhecimento.

O presente trabalho será composto de 03 (três) capítulos. No primeiro capítulo, serão abordados temas referentes ao histórico dos tipos de pavimentações existentes, bem como as necessidades dos Municípios. O segundo capítulo, será dedicado ao tema principal, qual seja, a ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O USO DE BLOCOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO E REVESTIMENTO ASFÁLTICO PRÉ-MISTURADO A FRIO (PMF), definindo e apresentando conceitos, procedimentos, e demais atos necessários para a realização desses serviços. No terceiro capítulo, é apresentada uma conclusão demonstrando as principais características de cada pavimento, exemplificando as vantagens de cada um, locais onde melhor podem ser aplicados e, também, uma análise geral da viabilidade e das características gerais de cada um, tornando assim, essa análise, viável aos municípios, empresas e engenheiros, sobre o local mais adequado para uso de cada tipo de pavimento.

CAPÍTULO I – PAVIMENTAÇÃO URBANA

Considerando que a maioria dos municípios tem uma alta demanda de vias urbanas a serem pavimentadas, uma análise comparativa dos métodos a serem usados para esses fins seriam uma boa alternativa para que os municípios e empresas realizassem serviços de melhor qualidade e maior durabilidade, evitando assim gastos extras com manutenções frequentes.

Porém, por falta de conhecimento técnico ou recursos, esses serviços de pavimentações são realizados sem um estudo mais detalhado da viabilidade de cada tipo de pavimento a ser utilizado, o que acaba que frequentemente todos os pavimentos de uma cidade ou bairro serem do mesmo tipo. Porém, apesar da facilidade no uso de somente um tipo de pavimento para uma região, até mesmo pela facilidade na hora de solicitar o recurso, esse tipo de escolha pode trazer muitos problemas posteriores, pois em algumas localidades outro tipo de pavimento poderia ser mais viável do que o usado no geral.

Portanto, seria necessário que o corpo técnico do município elaborasse pesquisas e projetos mais detalhados para escolha de qual o melhor tipo de pavimento a ser usado em uma via de alto tráfego e em uma de baixo tráfego, por exemplo, considerando o escoamento de água e questões topográficas e financeiras. Ou seja, seria necessário fazer uma análise comparativa de ambos os tipos de pavimentos, a fim de se obter os melhores resultados possíveis na execução dos mesmos. Um exemplo seria o uso de bloco intertravados de concreto nas vias coletoras e locais e o pré-misturado a frio em vias de trânsito rápido e arteriais.

1.1 – ORIGENS DA PAVIMENTAÇÃO

O ser humano, com o intuito de obter melhor acesso às áreas cultiváveis e às fontes de rochas, água, madeira e minerais, e também pelo desejo de expansão de sua área ou território de influência, começou a desenvolver o que hoje chamamos de

estradas, cujo registro mais remoto provém da China, que é considerada o país que as inventou. Porém, bem mais tarde, os romanos as aperfeiçoaram com o intuito de torná-las mais duradouras, instalando nesses caminhos pavimentos e drenagem.

Segundo Balbo (2007), no Brasil, as primeiras estradas pavimentadas foram construídas no fim do século XVIII, mais precisamente na Capitania de São Paulo¹.

Construir vias de transportes é uma atividade de remotas civilizações, geradas por razões de cunho militar, ordem econômica, integração social e outras, tornou-se atividade essencial para adequação e preservação de caminhos mais estratégicos.

1.2 - FUNÇÕES DOS PAVIMENTOS

Segundo Balbo (2007), pavimentar uma via de circulação de veículos é:

(...) obra civil que enseja, antes de tudo, a melhoria operacional do tráfego, na medida em que é criada uma superfície mais regular (garantia de melhor conforto no deslocamento do veículo), uma superfície mais aderente (garantia de mais condições em pistas úmida ou molhada), uma superfície menos ruidosa diante a ação dinâmica dos pneumáticos (garantia de melhor conforto ambiental em vias urbanas e rurais), seja qual for a melhoria física oferecida.²

E, segundo o livro *Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros*, pavimentar uma via de circulação depende de vários fatores que são de extrema importância para execução, sendo assim o mesmo define que pavimentar uma via urbana é:

Os pavimentos são estruturas de múltiplas camadas, sendo o revestimento a camada que se destina a receber a carga dos veículos e mais diretamente a ação climática. Portanto, essa camada deve ser tanto quanto possível impermeável e resistente aos esforços de contato pneu-pavimento em movimento, que são variados conforme a carga e a velocidade dos veículos. Na maioria dos pavimentos brasileiros usa-se como revestimento uma mistura de agregados minerais, de vários tamanhos, podendo também variar quanto à fonte, com ligantes asfálticos que, de forma adequadamente

¹BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica – materiais, projetos e restauração** – São Paulo: Oficina de texto. 2007, p6, f558.

²BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica – materiais, projetos e restauração** – São Paulo: Oficina de textos, 2007, p15, f558.

proporcionada e processada, garanta ao serviço executado os requisitos de impermeabilidade, flexibilidade, estabilidade, durabilidade, resistência à derrapagem, resistência à fadiga e ao trincamento térmico, de acordo com o clima e o tráfego previsto para o local.³

Dessa forma, a pavimentação tem como objetivo principal proporcionar um tráfego confortável e seguro, com estruturas e materiais capazes de suportar os esforços decorrentes do tráfego de veículos e efeitos de intempéries, pois proporciona conforto, economia e segurança aos usuários, a um mínimo custo, ou seja, sempre que possível, buscando o aproveitamento de materiais locais para obras, garantindo um bom desempenho em termos de custos operacionais e de manutenção dos mesmos.

1.3 – PAVIMENTAÇÃO DE VIAS PÚBLICAS

O conceito de pavimentação de vias públicas segundo Augusto 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.⁴

Portanto, a escolha do tipo de pavimentação a ser utilizado em uma via pública tem várias funções além de resistir aos esforços decorrentes do tráfego de veículos e efeitos de intempéries, pois proporciona conforto, economia e segurança aos usuários. Por isso, é tão importante uma boa definição da pavimentação a ser utilizada, pois uma má escolha pode gerar grandes transtornos aos usuários além de gerar gastos extras com manutenções.

³ LIEDI, Bariani Bernucci... [et al.]. **Pavimentação asfáltica : formação básica para engenheiros.** – Rio de Janeiro : PETROBRAS: ABED A, 2006, p157, 504 f. : il.

⁴ AUGUSTO JÚNIOR, Fernando. **Manual de Pavimentação Urbana.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1992, p23.

De acordo com Balbo (2007), os pavimentos de vias urbanas são compostos por várias camadas, que podem ser definidas basicamente por: regularização, reforço do subleito, sub-base, base e revestimento.⁵

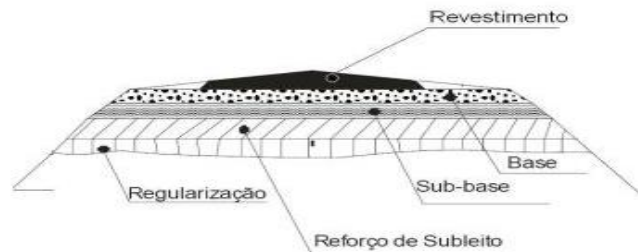


Figura 1: Esquema de seção transversal do pavimento⁶

Essas camadas, segundo Manual de Pavimentação do DENIT (2006), podem ser definidas como:

- Pavimento: é a camada que recebe diretamente a ação dos rolamentos dos veículos e destiná-la a melhorá-la quanto a comodidade, segurança e resistir ao desgaste.
- Base: camada destinada a resistir e distribuir esforços oriundos do tráfego sobre o qual se constrói o pavimento.
- Sub-base: camada complementar à base, sendo utilizada quando por circunstâncias técnico-econômicas não for aconselhável construir a base diretamente sobre a regularização.
- Reforço do subleito: camada de espessura constante, colocada por circunstâncias técnico-econômicas, acima da regularização, com características geotécnicas inferiores ao material utilizado na camada superior, porém com características melhores do que o material do subleito (terreno de fundação do pavimento).
- Regularização: camada com espessura variável posta sobre o leito (superfície obtida pela terraplanagem ou obra de arte), destinado a conformá-lo transversal e longitudinalmente de acordo com as especificações; sendo que a regularização não constitui, propriamente uma camada do pavimento, sendo, a rigor, uma operação que pode ser reduzida em corte do leito, implantado ou em sobreposição a esse.⁷

⁵ BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica – materiais, projetos e restauração** – São Paulo: Oficina de textos, 2007, p36.

⁶ Brasil. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Pavimentação**. 3ed. – Rio de Janeiro, 2006. p.106, 274f.

⁷ Brasil. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Pavimentação**. 3ed. – Rio de Janeiro, 2006. p.106, 274f.

Os revestimentos dos pavimentos de vias públicas podem ser, em geral, rígidos, semi-rígidos ou flexíveis.

Revestimentos rígidos são os formados, predominantemente, por camadas que trabalham sensivelmente à tração como, por exemplo, os pavimentos de concreto armado.

Os 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.

Os 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 é apresentado um exemplo de estrutura de um pavimento com revestimento semi-rígido e na Figura 3 com revestimento flexível:

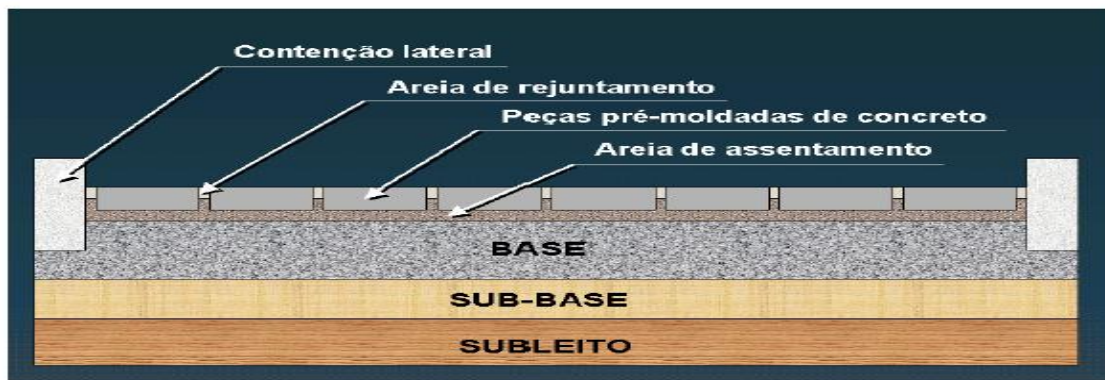


Figura 2: Exemplo de estrutura de pavimento de blocos intertravados de concreto⁸

⁸MULLER, Rodrigo Menegaz. **Avaliação de Transmissão de Esforços em Pavimentos Intertravados de Blocos de Concreto**. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, Rio de Janeiro 2005. p19, 234f.

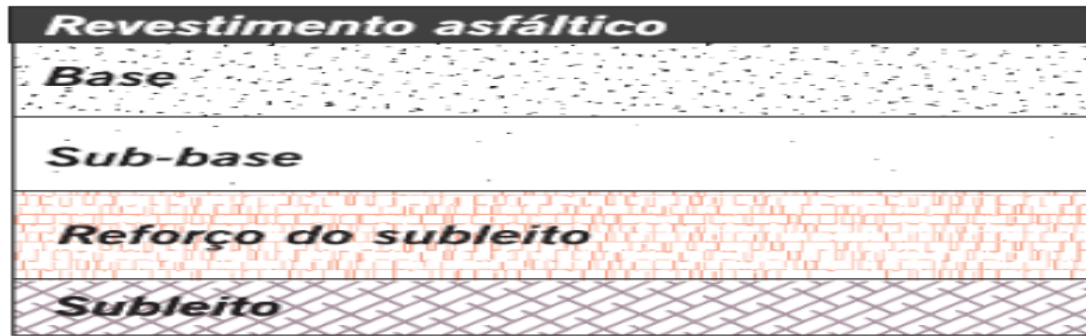


Figura 3: Exemplo de estrutura de pavimento com revestimento asfáltico⁹

Sendo assim, independente do tipo de revestimento usado, suas camadas sob o revestimento permanecem praticamente as mesmas, como exemplificado nas figuras anteriores.

1.4 – CLASSIFICAÇÕES DOS PAVIMENTOS SEGUNDO TRÁFEGO LOCAL

Os pavimentos devem atender ao tráfego do local onde será executado, podem ser classificados de acordo com o tráfego diário do local, podendo ser: muito leve, leve, médio, pesado e muito pesado. Segundo AUGUSTO JÚNIOR (1992), as definições desses tipos de tráfego 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.¹⁰

As vias urbanas podem ser classificadas de acordo com as características do tráfego local, e podem ser: local, coletora, arterial e de trânsito rápido. O Manual de Habilitação do DETRAN/PR define essas vias com as seguintes características:

⁹ LIEDI, Bariani Bernucci... [et al.]. **Pavimentação asfáltica : formação básica para engenheiros.** – Rio de Janeiro : PETROBRAS: ABED A, 2006, p338, 504 f. : il.

¹⁰ AUGUSTO JÚNIOR, Fernando. **Manual de Pavimentação Urbana.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1992,p34.

- **Vias de trânsito rápido:** Caracterizadas por acessos especiais, com trânsito livre, sem interseções em nível, sem acessibilidade direta aos lotes lindeiros e travessia de pedestres em nível. Quando não sinalizada, a velocidade permitida é de 80 km/h.
- **Via arterial:** Caracterizada por interseção em nível, geralmente controlada por semáforo, com acessibilidade direta aos lotes lindeiros e às vias coletoras e locais, possibilitando o trânsito entre as regiões da cidade. Quando não sinalizada a velocidade permitida é de 60km/h.
- **Via coletora:** Destinada a coletar, interceptar e distribuir o trânsito que tenha necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arteriais, possibilitando o trânsito dentro das regiões da cidade. Quando não sinalizada a velocidade permitida é de 40km/h.
- **Local:** Caracterizada por interseções em nível não sematorizadas, destinada apenas ao acesso local ou a áreas restritas. Quando não sinalizada a velocidade permitida é de 30 km/h.¹¹

Essas classificações são muito importantes para determinação do pavimento a ser executado, pois o tipo de tráfego além de influenciar no tipo de pavimentação, também tem influencia na determinação da espessura e da vida útil da pavimentação.

1.5 – PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

1.5.1 – Pavimentação baseada em Concreto Asfáltico Pré-misturado a Frio

A definição de pavimentação flexível segundo BALBO (2007) é:

É o pavimento no qual a absorção de esforços dá-se de forma dividida entre várias camadas, encontrando-se as tensões verticais em camadas inferiores, concentradas em região próxima da área de aplicação da carga.¹²

Os pavimentos flexíveis, segundo o livro Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros, são os mais usados na pavimentação flexível e são formados por:

¹¹ DEPARTAMENTO DE TRÂNSITO DO PARANÁ – **Manual de Habilitação**. Disponível em <http://www.detran.pr.gov.br/arquivos/File/habilitacao/manualdehabilitacao/manualdehabparte4.pdf>. Acesso em: 15 de Outubro de 2014.

¹² BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica – materiais, projetos e restauração** – São Paulo: Oficina de textos, 2007, p61, f558.

Na maioria dos pavimentos brasileiros usa-se como revestimento uma mistura de agregados minerais, de vários tamanhos, podendo também variar quanto à fonte, com ligantes asfálticos que, de forma adequadamente proporcionada e processada, garanta ao serviço executado os requisitos de impermeabilidade, flexibilidade, estabilidade, durabilidade, resistência à derrapagem, resistência à fadiga e ao trincamento térmico, de acordo com o clima e o tráfego previstos para o local.

O material de revestimento pode ser fabricado em usina específica misturas usinadas), fixa ou móvel, ou preparado na própria pista (tratamentos superficiais). Os revestimentos são também identificados quanto ao tipo de ligante: a quente com o uso de CAP (cimento asfáltico de petróleo) , ou a frio com o uso de EAP (emulsão asfáltica de petróleo). As misturas usinadas podem ser separadas quanto à distribuição granulométrica em: densas, abertas, contínuas e descontínuas.¹³

Dentre vários tipos de pavimentos asfálticos existentes, esse trabalho foca somente no pré-misturado a frio (PMF), sendo assim, será destinado somente a esse todas as características e comparativos.

BALBO (2007) define pré misturado a frio como:

O pré-misturado a frio constitui uma mistura de agregados e materiais asfálticos poucos viscosos à temperatura ambiente, empregando algum equipamento misturador, sem a necessidade de aquecimento dos agregados ou do ligante. As misturadoras podem variar desde usinas de grande capacidade até caminhões-betoneira, desde que devidamente adaptados para o transporte e a injeção do ligante asfáltico.¹⁴

Segundo DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ, esse tipo de pavimentos podem se dividir em três tipos, os quais são definidos como:

Pré-misturado a frio aberto (PMFA): é a mistura asfáltica executada à temperatura ambiente, em usina apropriada, composta de agregados minerais de granulométrica descontínua e emulsão asfáltica, espalhada e compactada a frio, com volume de vazios maior do que 20%.

Pré-misturado a frio semi aberto ou semi denso (PMFSD): é a mistura asfáltica executada à temperatura ambiente, em usina apropriada, composta de agregados minerais de granulométrica descontínua e emulsão asfáltica, espalhada e compactada a frio, com volume de vazios nos limites de 10 a 20%.

Pré-misturado a frio denso (PMFD): é a mistura asfáltica executado à temperatura ambiente, em usina apropriada, composta de agregados

¹³ LIEDI, BarianiBernucci... [et al.]. **Pavimentação asfáltica : formação básica para engenheiros.** – Rio de Janeiro : PETROBRAS: ABED A, 2006, p158, 504 f. : il.

¹⁴ BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica – materiais, projetos e restauração** – São Paulo: Oficina de textos,2007, p191,f558.

minerais de granulométrica contínua e emulsão asfáltica, espalhada e compactada a frio, com volume de vazios inferior a 10%.¹⁵

Dependendo do local da obra, podem ser usadas para misturar os PMFs: usinas de solo ou de brita graduada, usinas de concreto asfáltico sem ativar o sistema de aquecimento dos agregados, usinas de pequeno porte com misturadores tipo rosca sem fim, ou usinas horizontais dotadas de dosadores especiais. Para operações de manutenção de pavimentos em uso, pode-se até lançar mão de betoneiras comuns de preferência as de eixo horizontal. Há também facilidades desse operar a mistura em usinas móveis.

O pré-misturado a frio pode ser usado como revestimento de ruas e estradas de baixo volume de tráfego, ou ainda como camada intermediária e em operações de conservação e manutenção.

A tabela 1 define as espessuras mínimas para revestimentos asfálticos, porém, infelizmente, essas características não são seguidas por grande parte de obras de pavimentação asfáltica.

Tabela 1: Tabela de espessuras mínimas de revestimentos asfálticos¹⁶

Tipo de revestimento	Espessura (mm)
Tratamentos superficiais	15 a 30
CA, PMQ, PMF	50
Concreto asfáltico	75

A composição das misturas deve satisfazer às exigências da tabela 2, com as respectivas tolerâncias no que diz respeito à granulometria:

¹⁵DEPARTAMENTO DE TRÂNSITO DO PARANÁ – **Manual de Habilitação**. Disponível em <http://www.detran.pr.gov.br/arquivos/File/habilitacao/manualdehabilitacao/manualdehabparte4.pdf>. Acesso em: 15 de Outubro de 2014.

¹⁶ BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica – materiais, projetos e restauração** – São Paulo: Oficina de textos, 2007, p385,f558.

Tabela 2: Tabela de faixas granulométricas para pré-misturados a frio¹⁷

Faixas granulométricas para pré misturados a frio							
Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em peso					Tolerâncias da faixa de projeto
ABNT	Abertura, mm	A	B	C	D	E	
1"	25,4	100	-	100	-	-	± 7
3/4"	19,1	75-100	100	95-100	100	100	± 7
1/2"	12,7	-	75-100	-	95-100	85-100	± 7
3/8"	9,5	30-60	35-70	40-70	45-80	70-90	± 7
nº 4	4,8	10-35	20-40	20-40	25-45	30-60	± 5
nº 10	2,00	5-20	10-20	10-25	15-30	20-45	± 5
nº 200	0,074	0-2	0-2	0-5	0-5	2-6	± 2
Tipo PMF		PMFA		PMSD		PMFD	

As vantagens da técnica de misturas a frio estão ligadas principalmente ao uso de equipamentos mais simples, trabalhabilidade à temperatura ambiente, boa adesividade com quase todos os tipos de agregado britado, possibilidade de estocagem e flexibilidade elevada.

1.5.2 – Usinas para misturas a frio

O livro Pavimentação asfáltica : formação básica para engenheiros, afirma que:

As misturas dos agregados com emulsões asfálticas são realizadas em usinas que podem ser estacionárias ou móveis, com capacidade de produção de 30tf/h a 600tf/h. Essas usinas são mais simples por não terem necessidade de aquecimento nem do agregado, nem do ligante.

Geralmente as usinas estacionárias utilizadas são aquelas empregadas também para produzir misturas de solos, britas, solo-cimento etc. As de maior capacidade de produção possuem silos individuais para os agregados com comportas reguláveis, que descarregam os agregados em uma correia transportadora que os conduz ao misturador, onde é injetada a emulsão asfáltica na dosagem previamente estabelecida..

As usinas do tipo móvel são montadas sobre um chassi único e devido à sua funcionalidade podem ser colocadas em operação em poucas horas.¹⁸

¹⁷ DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO PARANÁ – **Pavimentação: Pré-Misturado a frio**. Disponível em http://www.der.pr.gov.br/arquivos/File/PDF/pdf_Pavimentacao/ES-P23-05Pre-misturadoFrio.pdf. Acesso em 10/10/2014.

¹⁸ LIEDI, Bariani Bernucci... [et al.]. **Pavimentação asfáltica : formação básica para engenheiros.**– Rio de Janeiro : PETROBRAS: ABED A, 2006, p384, 504 f. : il.

As figuras 4 e 5 exemplificam, respectivamente, modelos de usinas estacionárias e móveis mais utilizadas no Brasil.

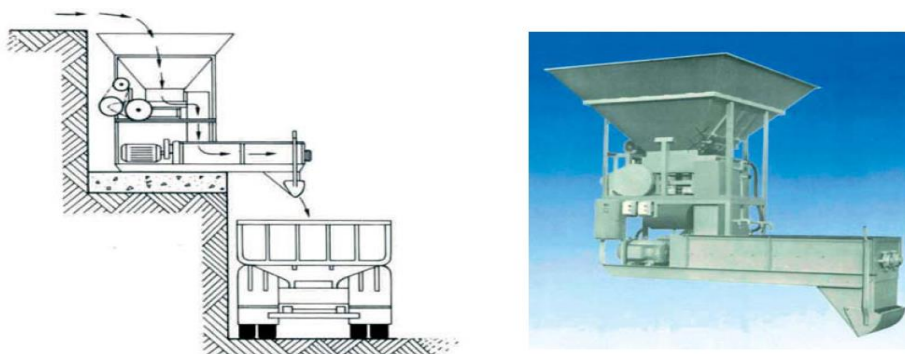


Figura 4: Exemplo de usina estacionária para produção de misturas a frio¹⁹



Figura 5: Exemplo de usina de pré-misturado a frio móvel²⁰

Essas máquinas podem variar em alguns aspectos, porém todas seguem aproximadamente o padrão apresentado nas imagens.

1.5.3 - Transporte, lançamento e compactação de misturas asfálticas

As misturas asfálticas são levadas ao local de execução do pavimento por meio de caminhões transportadores geralmente com balsa traseira. O número de

¹⁹ LIEDI, Bariani Bernucci... [et al.]. **Pavimentação asfáltica : formação básica para engenheiros.** – Rio de Janeiro : PETROBRAS: ABED A, 2006, p385, 504 f. : il.

²⁰ **SITE CIBER.** Disponível em <http://www.ciber.com.br/pt/productos/ciber/plantas-mezcladoras-en-frio/index.html>. Acesso em 19/10/2014.

caminhões necessários é determinado por alguns fatores tais como: a velocidade de produção da mistura asfáltica na usina; a distância de transporte; o tipo de tráfego no percurso e o tempo estimado para descarregamento.

Segundo Bernucci *et alii* (2007), o lançamento de uma mistura asfáltica e o início de um serviço de compactação de uma camada de revestimento asfáltico devem ser precedidos por um planejamento onde são considerados detalhes importantes no processo, como por exemplo:

- continuidade e sequência de operações;
- número de vibro acabadoras necessárias para a execução do serviço;
- número e tipos de rolos compactadores necessários;
- número de caminhões transportadores necessários;
- a cadeia de comando para dar e receber instruções;
- razões para possível rejeição de mistura asfáltica;
- condições climáticas e de temperatura;
- controle de tráfego.²¹

A mistura asfáltica deve ser lançada em camada uniforme de espessura e seção transversal definidas, pronta para a compactação. O lançamento é realizado por vibro acabadoras.

O site da marca de máquinas SISLOC define as máquinas vibro acabadoras como:

As vibro acabadoras são fabricadas com dois tipos de sistemas rodantes – sobre pneus e sobre esteiras. O primeiro se destaca pela velocidade de deslocamento e facilidade de manobras mesmo em situações extremas. Já as sobre esteiras oferecem recursos como estabilidade e maior capacidade de tração, incluindo roletes de alta resistência e sapatas revestidas de material vulcanizado de composição específica para suportar grandes esforços de tração

Para pavimentação urbana são indicadas as vibro acabadoras mais compactas, devido à velocidade de deslocamento, versatilidade e mobilidade operacional, embora de acordo com especialistas os modelos menores pequem na capacidade de tração. As de grande porte são recomendadas para pavimentações rodoviárias e podem executar pavimentos com larguras de 2 a 16 m em uma única passada, dependendo do modelo.²²

²¹ LIEDI, Bariani Bernucci... [et al.]. **Pavimentação asfáltica : formação básica para engenheiros.** – Rio de Janeiro : PETROBRAS: ABED A, 2006, p386, 504 f. : il.

²² **SITE SISLOC.** Disponível em: <http://www.sisloc.com.br/noticia/vibroacabadoras-garantia-de-equilibrio-na-pavimentacao/715>. Acesso em: 20 de Outubro de 2014.

As vibro acabadoras podem ser de pneus ou de esteiras, conforme exemplificado nas figuras 6 e 7.

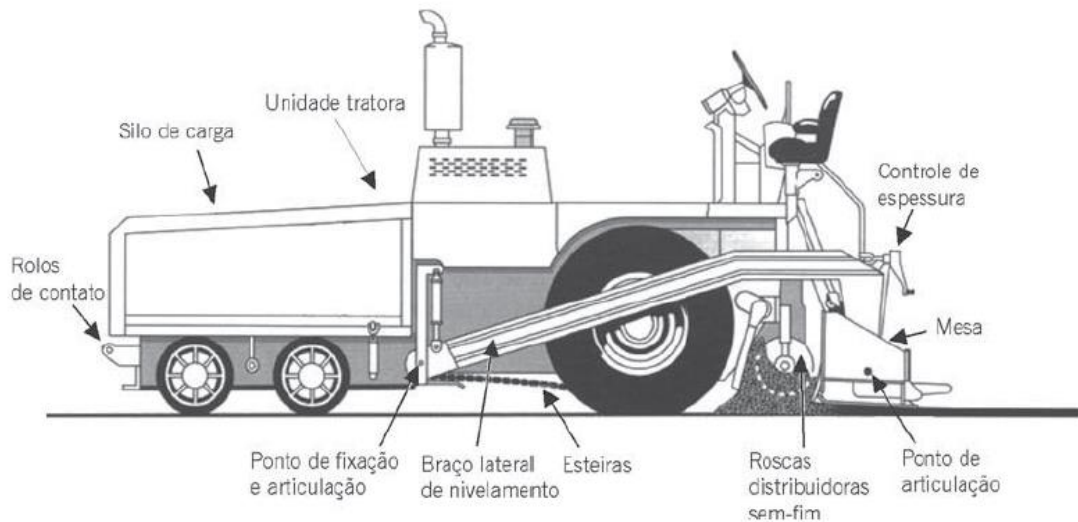


Figura 6: Esquema de componentes de uma vibro acabadora de pneus²³

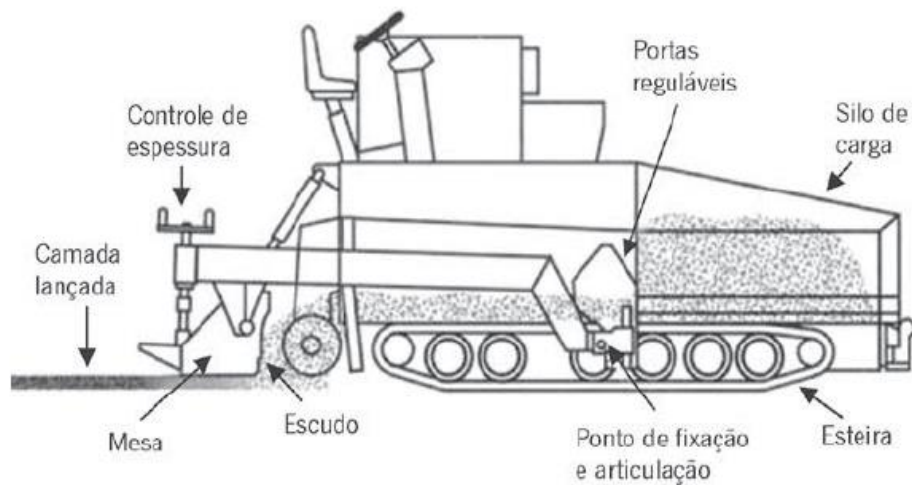


Figura 7: Esquema de componentes de uma vibro acabadora de esteiras²⁴

A compressão da mistura asfáltica é efetuada pela ação combinada de rolo de pneumáticos e rolo liso, ambos autopropelidos. A cartilha de instruções PAVIMENTAÇÃO PRÉ-MISTURADO A FRIO DER/PR (2005), instrui para características do maquinário para execução da compressão da mistura.

O rolo de pneumáticos deve ser dotado de dispositivos que permitam a mudança automática da pressão interna dos pneus, na faixa de 2,5 a

²³ ASPHALT INSTITUTE..HMA construction. 2. ed. Manual Series n. 22 (página 22). 1998.

²⁴ ASPHALT INSTITUTE..HMA construction. 2. ed. Manual Series n. 22 (página 22). 1998.

8,4kgf/cm² (35 a 120 psi). É obrigatória a utilização de pneus uniformes, de modo a se evitar marcas indesejáveis na mistura comprimida.

O rolo compressor de rodas metálicas lisas tipo Tandem deve ter peso compatível com a espessura da camada. O emprego de rolos lisos vibratórios pode ser admitido, desde que a frequência e a amplitude de vibração sejam ajustadas às necessidades do serviço, e que sua utilização tenha sido comprovado em serviços similares.

Para iniciar a compactação, é necessário que a emulsão esteja rompida (mudança da coloração marrom para preta) e que a mistura tenha perdido entre 30% e 50% dos fluidos da emulsão mais a água de umedecimento acrescentada na misturação, faixa de perda inicial na qual se obtém a maior densificação da mistura asfáltica.²⁵

Essa cartilha também instrui sobre as características ideais para o início da compressão, e também sobre qual sentido adotar para uma compreensão bem executada.

Para iniciar a compactação, é necessário que a emulsão esteja rompida (mudança da coloração marrom para preta) e que a mistura tenha perdido entre 30% e 50% dos fluidos da emulsão mais a água de umedecimento acrescentada na misturação, faixa de perda inicial na qual se obtém a maior densificação da mistura asfáltica.

A espessura da camada individual acabada deve se situar no intervalo de 0,03 m, no mínimo, a 0,07 m, no máximo. Quando se desejar camadas de maior espessura, os serviços devem ser executados em mais de uma camada.

A compressão deve começar dos bordos para o eixo, nos segmentos em tangente, e do bordo interno para o bordo externo (do lado mais baixo para o mais alto), nos segmentos em curva. Os rolos compactadores devem cobrir uniformemente, em cada passada, pelo menos a metade da largura da passagem anterior.²⁶

Os rolos compactadores podem ser estáticos ou vibratórios.

Nos rolos estáticos (Figura 8), a compactação obtida por meio dos rolos estáticos é devida ao seu peso próprio. Em alguns rolos compactadores este peso pode ser aumentado pela utilização de lastros, que consiste em pesos adicionais inseridos dentro dos tambores. Três são os tipos de rolos compactadores estáticos: de pneus, em tandem liso e de três rodas liso.

²⁵ DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ – **PAVIMENTAÇÃO PRÉ-MISTURADO A FRIO** – Disponível em: <http://www.detran.pr.gov.br/arquivos/File/habilitacao/manualdehabilitacao/manualdehabparte4.pdf>. Acesso em: 15 de Outubro de 2014.

²⁶ DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ – **PAVIMENTAÇÃO PRÉ-MISTURADO A FRIO** – Disponível em: <http://www.detran.pr.gov.br/arquivos/File/habilitacao/manualdehabilitacao/manualdehabparte4.pdf>. Acesso em: 16 de Outubro de 2014.

Os rolos vibratórios (Figura 9), são compostos por um ou dois tambores de aço com pesos giratórios. Estes pesos são os responsáveis pela vibração dos tambores e criam forças dinâmicas que, somadas ao seu peso próprio, aumentam o esforço de compactação.



Figura 8: Exemplos de rolo de pneus e rolo tandem liso²⁷



Figura 9: Exemplo de rolo de placa vibratória²⁸

A compactação eficiente é obtida a partir de uma correta escolha do padrão de rolagem a ser utilizado, conforme esquematizado na Figura 10. A figura apresenta a sequência de rolagem (1 a 6) a partir de uma borda externa. Com isso é alcançada a uniformidade e a eficiência necessárias para se obter a densidade e a suavidade superficial de acordo com as especificações e com volume de produção adequado.

²⁷ LIEDI, Bariani Bernucci... [et al.]. **Pavimentação asfáltica : formação básica para engenheiros.**– Rio de Janeiro : PETROBRAS: ABED A, 2006, p390, 504 f. : il.

²⁸ LIEDI, Bariani Bernucci... [et al.]. **Pavimentação asfáltica : formação básica para engenheiros.**– Rio de Janeiro : PETROBRAS: ABED A, 2006, p391, 504 f. : il.

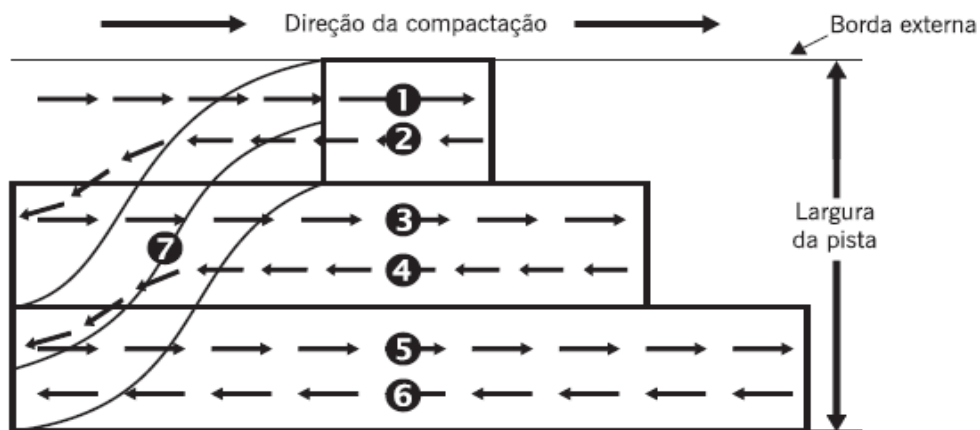


Figura 10: Exemplo de padrão de rolagem de uma camada de mistura asfáltica²⁹

Caso exista mudança de inclinação transversal da pista no eixo longitudinal, o padrão mostrado na Figura 11.

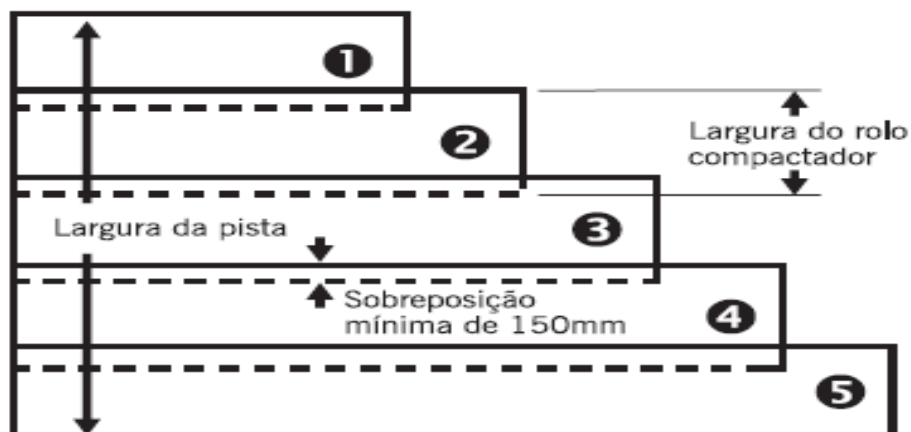


Figura 11: Definição do padrão de rolagem³⁰

Deverá ser modificado de forma a se ter o mesmo número de passagens em cada tramo inclinado, conforme a Figura 12.

²⁹ LIEDI, Bariani Bernucci... [et al.]. **Pavimentação asfáltica : formação básica para engenheiros.**– Rio de Janeiro : PETROBRAS: ABED A, 2006, p391, 504 f. : il.

³⁰ LIEDI, Bariani Bernucci... [et al.]. **Pavimentação asfáltica : formação básica para engenheiros.**– Rio de Janeiro : PETROBRAS: ABED A, 2006, p392, 504 f. : il.

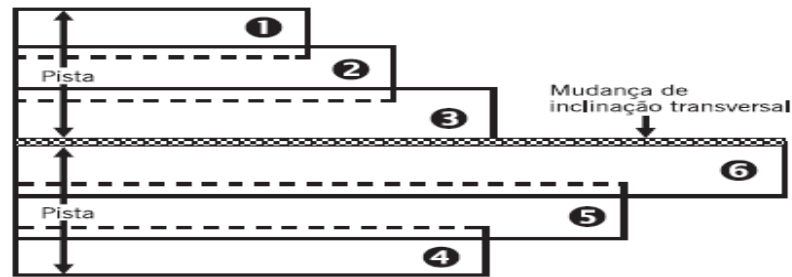


Figura 12: Esquema de padrão de rolagem em pista com mudança de inclinação transversal no eixo longitudinal³¹

Se a camada a ser compactada for espessa e não há confinamento lateral, para evitar o escorregamento lateral da mistura asfáltica no limite da camada, deve-se ajustar as passagens de maneira que a primeira seja realizada próxima dessa extremidade, mas a aproximadamente 300mm para conferir confinamento, conforme mostra a Figura 13.

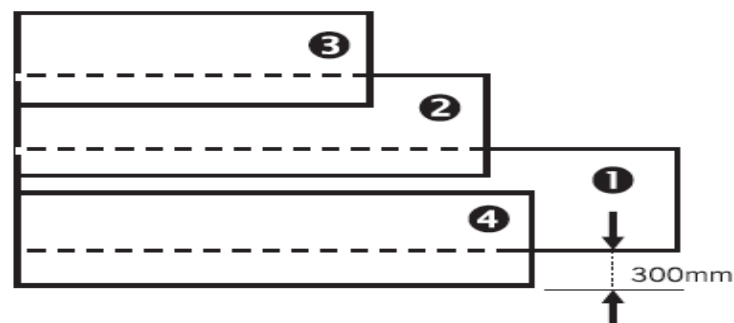


Figura 13: Esquema de padrão de rolagem em pistas com extremidade desconfiada³²

São vários os fatores que influem na temperatura da mistura e determinam o tempo necessário de rolagem, conforme a Tabela 3.

Tabela 3: Fatores que afetam o tempo de rolagem³³

Principais fatores que afetam o tempo de rolagem	Permite mais tempo	Permite menos tempo
Espessura da camada em execução	Espessa	Delgada
Temperatura da mistura em compactação	Alta	Baixa
Temperatura da superfície da camada subjacente	Alta	Baixa

³¹ LIEDI, Bariani Bernucci... [et al.]. **Pavimentação asfáltica : formação básica para engenheiros.**– Rio de Janeiro : PETROBRAS: ABED A, 2006, p392, 504 f. : il.

³² LIEDI, Bariani Bernucci... [et al.]. **Pavimentação asfáltica : formação básica para engenheiros.**– Rio de Janeiro : PETROBRAS: ABED A, 2006, p392, 504 f. : il

³³ LIEDI, Bariani Bernucci... [et al.]. **Pavimentação asfáltica : formação básica para engenheiros.**– Rio de Janeiro : PETROBRAS: ABED A, 2006, p393, 504 f. : il

Para uma boa execução de pré-misturado a frio a superfície deve estar limpa, isenta de pó ou outras substâncias prejudiciais. Quaisquer irregularidades existentes no local do revestimento devem ser regularizadas antes do início da execução dos serviços.

De acordo com a cartilha de instruções PAVIMENTAÇÃO PRÉ-MISTURADO A FRIO DER/PR (2005), a pintura asfáltica deve apresentar película homogênea e promover adequadas condições de aderência, quando da execução do PMF.³⁴

Até 24 horas após a conclusão da imprimadura não é permitido nenhum tráfego em nenhuma das etapas da pavimentação. Após a superfície imprimada receber 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.

1.5.4 – Conservação e Manutenção

Quando um pavimento asfáltico se deteriora 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.

Para SENÇO (2001) o serviço de conservação é necessário e eficaz quando há grupos com equipamentos adequados e vigilância constante, obedecendo três etapas de trabalho praticamente imediatos: localização do defeito, determinação da causa e execução do reparo.³⁵

Esses serviços de conservação e manutenção são necessários para manter nas vias as condições iniciais de projeto destinado a segurança e conforto dos usuários. Os vários tipos de defeito são apresentados na Tabela 4.

³⁴ DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ – PAVIMENTAÇÃO PRÉ-MISTURADO A FRIO – Disponível em: <http://www.detran.pr.gov.br/arquivos/File/habilitacao/manualdehabilitacao/manualdehabparte4.pdf>. Acesso em: 16 de Outubro de 2014.

³⁵ SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. 1 ed. São Paulo: Editora Pini, 2001, v. II, p441.

Nesta tabela estão exemplificados os tipos de defeitos do pavimento, causa provável do defeito e tratamento para o mesmo. Por isso, a tabela é de grande ajuda para profissionais da área, pois a mesma demonstra de forma clara e objetiva as soluções para os problemas mais corriqueiros desse tipo de pavimentação.

Tabela 4: Quadro de diagnósticos - "The feverchart".³⁶

Tipo de 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 trinças 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
Trinças (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.
Trinças longitudinais e transversais	Contração ou movimento do subgreide.	Enchimento de trinças e selamento
Ondulação e depressão	Compactação inadequada do subgreide ou base	Nivelamento local e remendo de superfície.

Em relação à restauração de pavimentos urbanos, Bernucci *et alii* (2007), diz que:

³⁶SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. 1 ed. São Paulo:Editora Pini, 2001, v. II, p448.

Na avaliação funcional é verificada a condição da superfície do pavimento, por meio do levantamento e análise de defeitos superficiais, e da condição de irregularidade longitudinal. Os principais defeitos considerados na avaliação funcional são: área trincada e severidade do trincamento, deformações permanentes e irregularidade longitudinal.

Na avaliação estrutural é verificada a condição da estrutura do pavimento de suportar cargas, por meio de levantamentos não destrutivos pela determinação da deflexão superficial resultante da aplicação de uma carga conhecida. O principal parâmetro considerado na avaliação estrutural é a deflexão na superfície e a bacia de deformação. A deflexão é normalmente utilizada para delimitar segmentos considerados como homogêneos quanto à condição estrutural.

A análise dos dados das avaliações através de procedimentos específicos fornece as soluções de restaurações apropriadas em cada caso, que podem ser de cunho funcional ou estrutural. Caso a restauração deva ser de cunho estrutural é necessário utilizar um método de projeto que leve em conta as características de deformabilidade das camadas de novo revestimento, levando em conta os módulos de resiliência medidos ou obtidos por retro análise para se calcular as espessuras necessárias.³⁷

Para cada tipo de deformidade do pavimento existe uma técnica mais aconselhável para sua correção, sendo assim, antes da execução dos reparos deve ser feita uma análise para determinação da melhor opção de recuperação para o pavimento, a fim de se obter os melhores resultados possíveis.

1.5.5 – Aspectos Ambientais

O PMF, assim como os demais revestimentos asfálticos, geram impactos ambientais semelhantes em relação a impermeabilidade, criação de zonas de calor em áreas urbanas e pela matéria-prima utilizada para sua produção.

A explicação de Marchioni (2008) 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.

³⁷ LIEDI, Bariani Bernucci... [et al.]. **Pavimentação asfáltica : formação básica para engenheiros.** – Rio de Janeiro : PETROBRAS: ABED A, 2006, p436, 504 f. : il.

Este problema é agravado pelo efeito das “ilhas de calor”, onde o aumento de temperatura em áreas densamente povoadas acaba por intensificar a precipitação.

Além dos impactos decorrentes diretamente do escoamento da água, o acúmulo de detritos diversos nas superfícies das ruas, calçadas, estacionamentos e garagens acabam sendo levados para os rios e canais durante as enchurradas.³⁸

Outro fator considerável é a geração de resíduos no processo de refino do petróleo. Esse refino ocorre em intervalos de temperatura, nos quais são obtidos os derivados do petróleo (nafta, querosene, óleos) e somente após este processo é gerado o asfalto, o qual pode ser denominado resíduo deste processo. Sendo assim, essa geração de resíduos gera um impacto ambiental muito maior do que o gerado na produção de outros tipos de revestimentos.

1.5.6 – Normas Técnicas de Pavimentos Asfálticos

Atualmente, no Brasil, os pavimentos asfálticos, incluindo o pré-misturado a frio (PMF), são regulamentadas por várias normas. Sendo algumas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e outras de entidades federais e estaduais como DENIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) e DER (Departamento de Estradas e Rodagem), conforme referências utilizadas nesse trabalho.

1.6 – PAVIMENTOS SEMI-RÍGIDOS

1.6.1 - Pavimentação baseada em blocos de concreto

Segundo BALBO (2007), um pavimento semi-rígido assemelha-se muito ao flexível:

³⁸ MARCHIONI, Mariana & SILVA, Cláudio Oliveira. **Pavimento Intertravado Permeável - Melhores Práticas**. São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2011. p5, 24 f.

O termo refere-se a comportamento.

Um pavimento semi-rígido, à medida que sua camada cimentada degrada, vai, pouco a pouco, apresentando comportamento flexível em termos de distribuição de tensões.³⁹

Uma pavimentação baseada em blocos intertravados de concreto é composta, geralmente, pelos seguintes elementos: subleito, sub-base, base, confinamentos (contenção lateral), camada de assentamento, e camada de rolamento, conforme já mostrado na figura 2.

O conceito de bloco intertravado de concreto pode ser definido, de acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland, como:

Os pavimentos intertravados são compostos por peças pré-moldadas de concreto e constituem uma brilhante e eficaz solução para uso em ruas, calçadas, calçadões e praças, sendo largamente difundida no Brasil – tanto na construção como na reconstrução e reabilitação desse tipo de instalação urbana. Terminais de carga em portos, aeroclubes e estradas vicinais também constituem locais recomendados a essa tecnologia. As dimensões e a qualidade das peças pré-moldadas em concreto são uniformes, uma vez que sua fabricação obedece a controles rigorosos. Além disso, as formas, cores e texturas das peças e os padrões de assentamento são extraordinariamente variados, permitindo explorar harmonicamente essa característica dos pontos de vista arquitetônico e paisagístico. Os pavimentos intertravados de concreto também refletem melhor a luz do que outros tipos de superfície e proporcionam ao usuário e ao meio ambiente excepcional conforto térmico. Mesmo sob chuva, os pavimentos intertravados de concreto não são escorregadios.⁴⁰

O pavimento intertravado deve possuir confinamentos que evitem o deslizamento e a perda do intertravamento dos blocos. Esses confinamentos podem ser de 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.). 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 blocos de concreto e sejam firmes, de modo a não ocorrer desalinhamentos.

³⁹ BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica – materiais, projetos e restauração** – São Paulo: Oficina de textos, 2007, p61,f558.

⁴⁰ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Pavimentos intertravados**. Disponível em:<http://www.abcp.org.br/conteudo/basicosobrecimento/aplicacoes/pavimentointertravado#.U25ypvldW7g.htm>. Acesso em: 08 de Outubro de 2014.

A camada de assentamento é a camada responsável por fornecer a regularidade final desejada ao pavimento. Essa camada deve ser de um material granular apropriado, geralmente areia.

Carvalho (1998) sugere que: a espessura da camada de areia, após a compactação, possua entre 3 cm e 5 cm.⁴¹

É recomendado que, após o nivelamento da camada, não haja circulação de pessoas sobre a mesma, uma vez que toda irregularidade reflete-se na superfície de rolamento. Sendo assim, muitos dos defeitos prematuros dos pavimentos intertravados de concreto estão relacionados com má qualidade de execução da camada de assentamento.

Já a camada de rolamento é a camada composta pelas peças pré-moldadas de concreto. A colocação dessas 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.

Após o assentamento dos blocos de concreto, 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; sendo recomendado o uso de vassouras para ajudar a penetração da areia nas juntas dos blocos. Após uma nova compactação, o pavimento pode ser liberado para o tráfego.

No Brasil, o assentamento dos blocos intertravados de concreto são realizados, na grande maioria das vezes, manualmente. Porém, em países que a pavimentação urbana por blocos de concreto são mais utilizadas, a execução do calçamento é feita por métodos mecanizados, por meio de máquinas específicas de pavimentação.

Dentre vários modelos de blocos existentes para pavimentação, alguns são mais utilizados para esse fim, seja por fatores regionais ou por fatores de características para assentamento e fabricação desses. Dentre os mais utilizados para pavimentação de vias urbanas estão os blocos:

⁴¹CARVALHO, Marcos Dutra de. **Pavimentação com Peças Pré-Moldadas de Concreto**. 4 ed. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 1998, p13.

- Bloco sextavado – bloco constituído por seis faces ou formato hexagonal, tipo que apresenta o melhor custo-benefício em pavimentação e resiste a tráfego pesado.



Figura 14: Exemplo de pavimentação com blocos sextavados na cidade de Manhumirim/MG⁴²

- Bloco de 16 faces (ou *pavies*) - pode ser aplicado na pavimentação em geral, como residências, ruas, estacionamentos, indústrias etc.;



Figura 15: Exemplo de pavimentação com blocos de 16 faces na cidade de Campinas/SP⁴³

⁴²**SITE PORTAL CAPARAÓ.** Disponível em:
<http://www.portalcaparao.com.br/lernoticia/15411/prefeitura-de-manhumirim-executa-obras-de-patrolamento-em-estradas> - (Acesso em 10/10/2014).

⁴³**SITE RHINO PISOS.** Disponível em:
http://www.rhinopisos.com.br/mobile/noticias/66/2013/06/piso_intertravado_pavimentacao_concreto - (Acesso em 10/10/2014)

- Bloco holandês (ou *paver*) - bloco em formato de paralelepípedo simples, usado mais em ruas, pátios, corredores, quintais, residências, entre outros; possui bom acabamento, embora necessite estar bem intertravado para que não haja frestas. Outro diferencial é a possibilidade de trabalhar com cores, implantando as faixas de pedestres com piso naturalmente amarelo, por exemplo.



Figura 16: Exemplo de pavimentação com blocos paver na cidade de Maringá/PR⁴⁴

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland, esses blocos além das cores e formas, permitem vários tipos de assentamento: espinha de peixe (reto ou inclinado), fileira, reto ou trama podem ter paginações diferentes, conforme imagens abaixo:

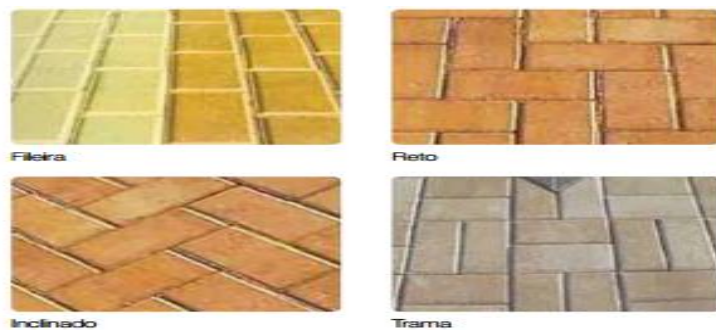


Figura 17: Exemplo de assentamento com blocos paver⁴⁵

⁴⁴ **SITE O DIÁRIO.** Disponível em: <http://www.odiario.com/construir-e-decorar/noticia/546469/paver-ganha-condominio>. (Acesso em 10/10/2014)

⁴⁵ **SITE SOLUÇÕES PARA CIDADES.** Disponível em:

<http://solucoesparacidades.com.br/wpcontent/uploads/2012/08/ManualPavimentoIntertravado.pdf>. (Acesso em 10/10/2014)

A Associação Brasileira de Cimento Portland (2008)⁴⁶ afirma que: o pavimento intertravado é antiderrapante, 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 5.

Tabela 5: Comparativo entre distâncias de frenagem em pavimento flexível e pavimento intertravado⁴⁷

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

Sendo assim, os pavimentos com blocos de concreto são uma ótima opção para situações similares às descritas anteriormente, pois proporciona uma melhor frenagem em trechos molhados.

1.6.2 – Conservação e manutenção

As irregularidades nos pavimentos intertravados podem ter origens por várias irregularidades, dentre elas: processo construtivo mal executado, tráfego diário

⁴⁶Pavimentos 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 13 de outubro de 2014.

⁴⁷Pavimentos intertravados - Um caminho de vantagens com baixo custo. **Associação Brasileira de Cimento Portland**, 2008, p.02. Disponível em: <http://www.maski.com.br/prefabricados/extras/cartilha-abcp-paver/> . Acesso em 14 de outubro de 2014.

superior ao do projeto, interferência das variações climáticas nas propriedades dos materiais utilizados, dentre outros.

Esses problemas podem ser de função estrutural, quando as bases dos pavimentos são afetadas, ou superficial, que é quando não há a necessidade de reforço estrutural, por exemplo, quando há quebra de peças ou falhas no rejuntamento.

Problemas gerados por funções estruturais ocorrem quando há perda do suporte da fundação, necessitando assim, para sua correção, a reconstrução das camadas inferiores, e posteriormente a troca dos blocos e posteriormente execução de rejuntamento. Esse tipo de problema ocorre feralmente pela má execução das camadas de base que antecedem a pavimentação.

Já os problemas superficiais são aqueles que somente a retirada e troca do bloco ou um novo rejuntamento são necessários para correção. Geralmente ocorrem pela má qualidade do material, ou má execução do assentamento e rejuntamento.



Figura 18: Formas de retirar blocos intertravados de concreto⁴⁸

Os pavimentos de blocos intertravados possuem como uma das vantagens a possibilidade de remoção parcial ou total do pavimento de forma rápida, sem quebra ou perda de blocos e com reaproveitamento total das peças removidas, facilitando imensamente as operações de reparos, instalações de canalizações subterrâneas e correção de eventuais recalques, a custos irrisórios. No caso de se dar outra destinação ao local, os blocos poderão ser reaproveitados em outra obra ou área. Já os pavimentos asfálticos exigem equipamentos caros e barulhentos para a sua remoção. Em verdade, gastam-se muito tempo e dinheiro para se executar a demolição, com a perda total, desses pavimentos.

⁴⁸**SITE SOLUÇÕES PARA CIDADES.** Disponível em:
<http://solucoesparacidades.com.br/wpcontent/uploads/2012/08/ManualPavimentoIntertravado.pdf>.
Acesso em 10/10/2014.

1.6.3 – Aspectos Ambientais

Os pavimentos intertravados de concreto possuem várias vantagens em relação às características ambientais, quando comparada à pavimentação asfáltica, tais como: maior permeabilidade, redução de ilhas de calor e melhora do conforto térmico.

Em relação com a melhora do conforto térmico e a redução de ilhas de calor em centros urbanos, a Associação Brasileira de Cimento Portland (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.⁴⁹

Já em relação a permeabilidade desse tipo de pavimento, a Associação Brasileira de Cimento Portland (2011) diz que:

Os pavimentos intertravados de concreto também podem ser permeáveis. A propriedade é útil para a redução dos impactos naturais resultantes de mudanças climáticas e da urbanização não planejada. Por sua capacidade de drenagem, o sistema permite a infiltração da água, colaborando com a diminuição das superfícies impermeabilizadas nas cidades e reduzindo o escoamento superficial. O sistema propicia uma desaceleração da chegada da água do terreno ao sistema de drenagem urbano, fator que já é levado em conta em projetos de grande porte, como indústrias, shopping centers e supermercados.⁵⁰

Existem alguns blocos de concreto porosos que tem como características uma permeabilidade superior em relação aos blocos intertravados comum, sendo que esses blocos porosos diminuem em quase todo volume a totalidade do volume de escoamento superficial. No entanto, possuem uma resistência inferior quando comparadas aos blocos tradicionais, e sendo assim, sua utilização é indicada para

⁴⁹Pavimentos intertravados - Um caminho de vantagens com baixo custo. **Associação Brasileira de Cimento Portland**, 2008, p.02. Disponível em: <http://www.maski.com.br/prefabricados/extras/cartilha-abcp-paver/> . Acesso em 14 de outubro de 2014.

⁵⁰Pavimento Intertravado é alternativa sustentável para economia de recursos. **Associação Brasileira de Cimento Portland**, 2011. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/conteudo/imprensa/pavimento-intertravado-e-alternativa-sustentavel-para-economia-de-recursos#.VD1iIPldXh4>. Acesso em 14 de outubro de 2014.

somente para vias de tráfego leve, sendo inviável para uso em tráfegos superiores a esse.

1.6.4 - Normas Técnicas de Blocos 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 9781, Peças de concreto para pavimentação — Especificação e métodos de ensaio, de 2013, que traz as especificações exigíveis para aceitação das peças de concreto para pavimentação intertravada sujeita ao tráfego de pedestres, de veículos dotados de pneumáticos e áreas de armazenamento de produtos; e a NBR 9780, de 1987, que determina os padrões de resistência à compressão de peças pré-moldadas de concreto destinadas à pavimentação.

A tabela 6, publicada na revista Equipe de Obra da Editora Pini, apresenta as densidades superficiais (pesos por metro quadrado) e as aplicações das quais podem ser destinados os blocos de concreto comerciais, com espessuras de 6, 8 e 10mm, e resistências à compressão de 35 e 50 MPa.

Tabela 6: Pesos por metro quadrado e aplicações dos blocos de concreto⁵¹

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

⁵¹ **SITE REVISTA PINI - EQUIPE DE OBRA.** Disponível em: <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/18/artigo96977-2.aspx>. Acesso em 14/10/2014.

Sendo assim, por esses dados podemos definir a espessura que melhor atenda às exigências locais, proporcionando maior qualidade e durabilidade nos serviços prestados.

CAPÍTULO II – ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O USO DE BLOCOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO E REVESTIMENTO ASFÁLTICO PRÉ-MISTURADO A FRIO (PMF) EM VIAS URBANAS

2.1- DADOS PARA ANÁLISE ECONÔMICA

A análise comparativa será composta por duas partes: uma análise econômica, na qual serão levantados os custos para execução da camada de revestimento dos dois tipos de pavimento estudados, e um comparativo geral das vantagens e desvantagens da utilização de cada tipo de pavimento.

A análise econômica teve como objetivo comparar o custo de execução da camada de revestimento dos dois sistemas de pavimentação pesquisados – pré-misturado a frio e de blocos intertravados de concreto sextavado (hexagonal). Para análise, foram utilizados dados do loteamento Alvorada, da cidade de Caratinga – MG, analisando gastos necessários para a pavimentação das ruas do mesmo.

Para análise econômica, foram feitas pesquisas de mercado para execução dos serviços por empreitada (material e mão de obra) com empresas da região e a partir dessas, foram definidos os valores médios para execução de cada serviço. Posteriormente, foram feitos levantamentos sobre a execução dos serviços sendo feitos por uma empresa, sem terceirizar mão de obra para execução, discriminando cada item para execução do serviço, separados em mão de obra e material, complementados com os valores médios de BDI (Benefícios e Despesas Indiretas), de acordo com os dados da TCPO, conforme mostra tabela 7 (pré-misturado a frio), tabela 8 para bloco hexagonal (sextavado) e tabela 9 para compactador de placa. Sendo que essas tabelas visam aproximar o máximo possível da realidade de cada tipo de serviço, através de estudos realizados por seus idealizadores, foi o principal motivo para serem utilizadas como base para análise de produção do presente trabalho.

Tabela 7: PRÉ-MISTURADO a frio - aplicação - unidade: t ⁵²

MÃO DE OBRA	UNID.	QUANT.
Ajudante	h	0,0753
MATERIAIS	UNID.	QUANT.
Areia lavada tipo grossa	m ³	0,188
Pedra britada 2	m ³	0,439
Emulsão asfáltica catiônica tipo RR 2C	kg	50
Pré-misturado a frio – usinagem	t	1
Vassoura mecânica rebocável, faixa de trabalho, 2.44 m - v i d a útil 8.000h	h prod.	0,00846
Vibro acabadora sobre esteiras, diesel, potência 77 HP (57 kW) - Vida útil 20.000 h	h prod.	0,00888
Rolo compactador autopropelido estático de pneus, diesel, potência 80 HP (60 kW). Peso operacional 9.21 - vida útil 8.000 h	h prod.	0,00746
Rolo compactador autopropelido vibratório tipo tandem, cilindros lisos em aço, diesel, potência 83 HP (62 kW), peso operacional 7,4 t, fator descarga: médio – vida útil 8.000 h)	h prod.	0,00746
Trator sobre pneus, diesel, potência 61 HP (45 kW) - vida útil 8.000 h	h prod.	0,00425
Caminhão basculante, diesel, potência 228 HP (170 kW), capacidade carga útil 15,461, caçamba 6 m ³ - vida útil 8.000 h	h prod.	0,0333

Tabela 8: PAVIMENTAÇÃO ARTICULADA de blocos de concreto hexagonal sobre coxim de areia - unidade: m² ⁵³

MÃO DE OBRA	UNID.	QUANT.
Calceteiro	h	0,16
Servente	h	0,35
MATERIAIS	UNID.	QUANT.
Areia lavada tipo média	m ³	0,1
Bloco de concreto para pavimentação articulado (espessura: 100 mm / formato da seção transversal: sextavado / comprimento dos lados: 300 mm)	m ²	1

Tabela 9: Compactador de placa vibratória, utilizado no fim de pavimentação de blocos intertravados ⁵⁴

EQUIPAMENTOS	UNID.	QUANT.
Compactador de placa vibratória, diesel, potência 10 HP (7.5 kW) - vida útil 8.000 h	h	0,03

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

O cálculo do valor da mão de obra considerou os encargos sociais e valores do salário da categoria para região onde se situa a cidade de Caratinga, disponíveis na tabela SINAPI (SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL), com data de referência técnica do dia 10/10/2014, com os valores em conformidade com as tabelas 10; 11; 12; 13; e 14.

⁵² **TCPO – Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos.** 13 ed. São Paulo: Editora Pini, 2008,p95.

⁵³ **TCPO – Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos.** 13 ed. São Paulo: Editora Pini, 2008,p97.

⁵⁴ **TCPO – Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos.** 13 ed. São Paulo: Editora Pini, 2008,p97.

Tabela 10: Valor de hora trabalhada do servente⁵⁵

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	CUSTO TOTAL
88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	h	9,82

Tabela 11: Valor de hora trabalhada do ajudante⁵⁶

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	CUSTO TOTAL
88241	AJUDANTE DE OPERAÇÃO EM GERAL COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	h	10,43

Tabela 12: Valor de hora trabalhada do calceteiro⁵⁷

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	CUSTO TOTAL
88260	CALCETEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	h	12,67

Tabela 13: Valor de hora trabalhada do operador de betoneira⁵⁸

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	CUSTO TOTAL
88377	OPERADOR DE BETONEIRA ESTACIONÁRIA / MISTURADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	h	10,18

Tabela 14: Valor de hora trabalhada do operador de máquinas (mesa vibratória)⁵⁹

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	CUSTO TOTAL
88297	OPERADOR DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	h	14,86

Para o cálculo do BDI foram utilizados valores médios repassados pelas empresas das quais foram feitos os orçamentos dos serviços, conforme tabela 15.

⁵⁵ SINAPI - SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 10/2014, p04, f05.

⁵⁶ SINAPI - SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 10/2014, p02, f05.

⁵⁷ SINAPI - SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 10/2014, p02, f05.

⁵⁸ SINAPI - SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 10/2014, p02, f05.

⁵⁹ SINAPI - SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 10/2014, p02, f05.

Tabela 15: Cálculo do BDI

Cálculo do BDI	
Administração	2,00%
Taxas	2,00%
Emolumentos	1,00%
Impostos	10,00%
Total	15,00%

Fonte: Autores do estudo

Não foi considerado lucro no cálculo do BDI porque os valores utilizados para cálculo desses somente foram utilizados na estimativa de preços quando a própria empresa executora fosse executar os serviços, sendo assim, o lucro não se enquadra nesse comparativo, já que esse tipo de análise é feita para diminuir o valor do serviço, ou seja, visa a economia do gasto do determinado serviço.

O local usado para o comparativo do presente trabalho tem como área geral de ruas pavimentadas as ruas do Loteamento Alvorada, situado na cidade de Caratinga/MG. Os dados do loteamento foram usados apenas para utilização de comparativo do presente trabalho, sendo assim, não se considerou o tipo de pavimentação executada no mesmo. Dados gerais, como planta de situação e demarcação de ruas e lotes, se encontram no Anexo 1 do presente trabalho.

A tabela 16 apresenta dados das ruas a serem consideradas no comparativo. Sendo apresentados nesses dados os nomes e áreas de cada via, sendo também relacionado o somatório das áreas, que servirão como base para análise financeira.

Tabela 16: Relação de ruas do Loteamento Alvorada⁶⁰

RUA	AREA (M²)
Rua A	4.035,40
Rua B	1.125,50
Rua C	2.265,10
Rua D	3.104,00
Rua E	2.875,20
Rua F	1.614,00
Rua G	1.438,40
Rua H	902,00
Rua Roberto A.S.	2.298,40
Rua (Acesso Trevo "I")	3.895,20
TOTAL (M²)	23.553,20

⁶⁰ Disponível no **Anexo 1** – Projeto do Loteamento Alvorada.

Já o comparativo geral, visa comparar de forma mais abrangente esses tipos de pavimentações, demonstrando vantagens do uso de cada tipo, afim de se poder auxiliar numa escolha viável tanto economicamente, como funcionalmente e ambientalmente.

2.2 – ANÁLISE COMPARATIVA ECONÔMICA

As análises econômicas do presente trabalho foram feitas em relação aos valores médios para execução de cada tipo de pavimento. Primeiramente será apresentado os valores médio orçados por empresas da região para pavimentação da área estudada. Logo após, foi discriminado os valores de mão de obra, material e demais insumos para cada tipo de pavimento, para situações diferentes da anterior, assim como o valor total para execução da pavimentação em toda área estudada.

2.2.1 – Análise comparativa econômica para blocos de concreto intertravado hexagonal (sextavado)

A Tabela 17 apresenta o valor para execução do pavimento intertravado com blocos hexagonais (sextavados) orçados por empresas da região, por meio de empreitada (mão de obra e material). Para essa análise, foram pesquisados preços para execução da pavimentação da área estudada por meio de empreitada, sendo todos insumos de materiais e mão de obra por conta das empresas consultadas.

A partir dos valores obtidos foi feito uma média global para execução desse tipo de pavimento na região.

Tabela 17: Preço médio para pavimentação intertravada com blocos de concreto hexagonal por empreitada

Pavimentação com blocos de concreto hexagonal sobre coxim de areia - unidade: m ²			
PREÇO A (R\$)	PREÇO B (R\$)	PREÇO C (R\$)	CUSTO UNITÁRIO MÉDIO (R\$)
57	55	69	60,33
Custo (R\$) Médio Total da área estudada			R\$ 1.421.043,07

Fonte: Autores do estudo

Também foram realizados mais dois levantamentos de custos para a pavimentação com blocos intertravados hexagonais, sendo uma com a fabricação dos blocos e assentamento desses realizado pela empresa ou outro responsável pela execução do loteamento; e outro sendo somente o assentamento realizado pela empresa ou responsável, tendo a aquisição de blocos fornecidos por empresas especializadas da região.

Para produção dos blocos foi feito uma média para produção de blocos fabricados com auxílio de mesas vibratórias em empresas de pequeno e médio porte da região, pois esse tipo de produção é o mais viável para empresas que não tem como foco somente esse mercado de pavimentação, pois esse tipo de produção requer baixo investimento, o que pode tornar viável esse tipo de escolha. Sendo assim, para composição desses valores da produção de blocos, foram feitos levantamentos e logo após uma média da produção nesse tipo de equipamento, conforme tabela 18.

Tabela 18: Média da produção de blocos com auxílio de mesa vibratória

Produção por hora de blocos de concreto hexagonal e=8cm - unidade: m ² /h			
EMPRESA 1	EMPRESA 2	EMPRESA 3	Média de produção m ² /h
10	12,5	9	10,50

Fonte: Autores do estudo

Após encontrado o quantitativo médio de produção, foi feita uma pesquisa de preço para aquisição de materiais e equipamentos para fabricação dos blocos, conforme tabela 19. E, logo após foi feito o detalhamento de mão de obra e os materiais usados para a fabricação dos mesmos, conforme tabela 20. E, tendo os valores médios dos blocos fabricados in loco e do valor de aquisição e instalação de equipamentos básicos para a fabricação de blocos sextavados, foi feita a

composição média de custos para a pavimentação com esse método, conforme tabelas 21.

Tabela 19: Aquisição de equipamentos e tábuas para implantação da fábrica de blocos

Aquisição de equipamentos e tábuas para implantação da fábrica de blocos							
Máquinas	UNID.	QUANT.	PREÇO A (R\$)	PREÇO B (R\$)	PREÇO C (R\$)	CUSTO UNITÁRIO MÉDIO (R\$)	CUSTO PARCIAL MÉDIO (R\$)
Mesa vibratória 2mx1m	Aquisição	1	3450	3520	2890	3286,67	3286,67
Betoneira 400 litros	Aquisição	1	3820	3990	3420	3743,33	3743,33
Fôrma para bloco sextavado	Aquisição	2	230	195	215	213,33	426,67
Outros							
Tábua de pinus	m ²	84	17	15,5	19	17,17	1.442,28
Custo (R\$) médio total para compra de maquinários e tábuas de suporte para fabricação dos blocos							R\$ 8.898,95

Fonte: Autores do estudo

Tabela 20: Composição de custos para fabricação de blocos de concreto sextavado (hexagonal)

Fabricação de blocos de concreto sextavado (hexagonal) – unidade: 10,50 m ² /h							
Mão de obra	Unid.	Quant.	Valor (R\$)	Encargos sociais		Custo unit. (R\$)	Custo parcial (R\$)
Operador de betoneira	h	1	10,18	Já incluídos		10,18	10,18
Operador de máquina (mesa vibratória)	h	1	14,86			14,86	14,86
Servente	h	1	9,82			9,82	39,28
Materiais	Unid.	Quant.	Preço a (R\$)	Preço b (R\$)	Preço c (R\$)	Custo unit. médio (R\$)	Custo parcial médio (R\$)
Mesa vibratória 2m x 1m	Aquisição	0	0	0	0	0,00	0,00
Betoneira 400 litros	Aquisição	0	0	0	0	0,00	0,00
Cimento Portland	Unidade	6,26	19,5	19,3	19	19,27	120,63
Areia lavada	Unidade	0,4	55	60	57	57,33	22,93
Brita Nº 0		0,45	78	86	75	79,67	35,85
BDI adotado = 15%						Custo (R\$) Médio total sem BDI	23,21
						Custo (R\$) Médio total com BDI	26,69
Custo (R\$) médio total de fabricação de blocos para a área estudada						R\$ 628.634,91	

Fonte: Autores do estudo

Tabela 21: Composição de custos para execução de pavimentação da área estudada com fabricação e assentamento dos blocos sem terceirização de serviços

Pavimentação de blocos de concreto hexagonal sobre coxim de areia - unidade: m ²							
Observação: com material fabricado in loco, pela própria empresa							
Mão de obra	Unid.	Quant.	Valor (R\$)	Encargos sociais		Custo unitário (R\$)	Custo parcial (R\$)
Calceteiro	h	0,16	12,67	Já incluídos		12,67	2,03
Servente	h	0,35	9,82			9,82	3,44
Materiais	Unid.	Quant.	Preço A (R\$)	Preço A (R\$)	Preço A (R\$)	Custo unitário médio (R\$)	Custo parcial médio (R\$)
Areia lavada tipo média	m ³	0,1	55	60	57	57,33	5,73
Bloco de concreto para pavimentação articulada, (espessura: 80 mm / formato da seção transversal: sextavado / comprimento dos lados: 300 mm)	m ²	1	26,69			26,69	26,69
Outros							
Compactador de placa vibratória, diesel, potência 10 HP (7.5 kW) - vida útil 8.000 h	h	0,03	10	11	9	10,00	0,30
BDI adotado = 15%					Custo (R\$) Médio Total sem BDI		38,19
					Custo (R\$) Médio Total com BDI		43,92
Custo (R\$) médio total com DBI (m ²) da área estudada					R\$ 1.034.456,54		
Custo (R\$) médio total com DBI (m ²) + valor de equipamentos de fabricação					R\$ 1.043.355,49		

Fonte: Autores do estudo

O terceiro levantamento, conforme citado anteriormente, foi feito considerando somente a execução de serviços de mão de obra como responsabilidade do executor da pavimentação, sendo os blocos adquiridos por compras em empresas da região. Para isso, foi feita uma pesquisa de valores médios por metro quadrado dos blocos, e logo após uma composição de custo para execução do serviço na área a ser pavimentada no loteamento. As tabelas 22 e 23 exemplificam em números esses levantamentos.

Tabela 22: Valor médio do bloco de concreto hexagonal (sextavado), e=8cm, por metro quadrado

Blocos de concreto hexagonal e=8cm - unidade: m ²			
PREÇO A (R\$)	PREÇO B (R\$)	PREÇO C (R\$)	CUSTO UNITÁRIO MÉDIO (R\$)
36	30	32	R\$ 32,67/m ²

Fonte: Autores do estudo

Tabela 23: Composição de custos para execução de pavimentação da área estudada com compra de blocos e outros materiais

Pavimentação de blocos de concreto hexagonal sobre coxim de areia - unidade: m ²							
Observação: com blocos de concreto comprados no mercado regional							
Mão de obra	Unid.	Quant.	Valor(R\$)	Encargos sociais		Custo unitário(R\$)	Custo parcial(R\$)
Calceteiro	h	0,16	12,67	Já incluídos		12,67	2,03
Servente	h	0,35	9,82			9,82	3,44
Materiais	Unid.	Quant.	Preço A (R\$)	Preço B (R\$)	Preço C (R\$)	Custo unitário médio (R\$)	Custo parcial médio (R\$)
Areia lavada tipo média	m ³	0,1	55	60	57	57,33	5,73
Bloco de concreto para pavimentação articulada, (espessura: 80 mm / formato da seção transversal: sextavado / comprimento dos lados: 300 mm)	m ²	1	32,67			32,67	32,67
Outros							
Compactador de placa vibratória, diesel, potência, 10 HP (7.5 kW) - vida útil 8.000 h	h	0,03	10	11	9	10,00	0,30
BDI adotado = 15%					Custo (R\$) Médio Total sem BDI		44,17
					Custo (R\$) Médio Total com BDI		50,80
Custo (R\$) Médio Total com DBI (m ²) da área estudada					R\$ 1.196.502,56		

Fonte: Autores do estudo

A partir dessas análises, comprovamos que a forma mais viável economicamente é a produção in loco dos blocos, seguida por serviços com mão de obra própria e somente aquisição dos blocos, e por último os serviços executados por empreitada.

No entanto, deve-se sempre avaliar de forma sucinta cada situação, visto que além do valor financeiro outros fatores devem ser levados em conta, como, por exemplo, a disponibilidade de matéria-prima e equipamentos.

2.2.2 – Análise comparativa econômica para revestimento asfáltico pré-misturado a frio (PMF)

A análise comparativa econômica para pré-misturado a frio (PMF) foi feita de duas formas, sendo a primeira com pesquisa de mercado realizada com empresas de pavimentação asfáltica na região para realização de empreitada, e a segunda com pesquisas de mercado, relacionando valores individuais por meio de pesquisas de valores a fim de se executar a pavimentação com mão de obra da própria

empresa ou responsáveis pelo loteamento. As tabelas 24 e 25, exemplificam, respectivamente, em números os quantitativos estudados.

Tabela 24: Preço médio para pavimentação com revestimento asfáltico pré-misturado a frio

Pré-misturado a frio e= 5cm - aplicação - unidade: m ²			
Preço A (R\$)	Preço B (R\$)	Preço C (R\$)	Custo unitário médio (R\$)
37,5	34	41	37,50
Custo (R\$) médio total da área estudada			R\$ 883.245,00

Fonte: Autores do estudo

Tabela 25: Composição de custo para preço médio de pavimentação com revestimento asfáltico pré-misturado a frio com aquisição de materiais

PRÉ-MISTURADO a frio - aplicação - unidade: t							
Mão de obra	Unid.	Quant.	Valor (R\$)	Encargos sociais		Custo unit. (R\$)	Custo parcial (R\$)
Ajudante	h	0,0753	10,43	Já incluídos		10,43	0,79
Materiais	Unid.	Quant.	Preço A (R\$)	Preço B (R\$)	Preço C (R\$)	Custo unit. médio (R\$)	Custo Parcial médio (R\$)
Areia lavada tipo grossa	m ³	0,188	55	60	57	57,33	10,78
Pedra britada 2	m ³	0,439	78	86	75	79,67	34,97
Emulsão asfáltica catiônica tipo RR 2C	kg	50	1,18	1,2	1,17	1,18	59,00
Pré-misturado a frio - usinagem	t	1	190	150	170	170,00	170,00
Vassoura mecânica rebocável, faixa de trabalho, 2.44 m - vida útil 8.000h	h prod.	0,00846	13	12	14	13,00	0,11
Vibro acabadora sobre esteiras, diesel, potência, 77 HP (57 kW) - Vida útil 20.000 h	h prod.	0,00888	39	45	41	41,67	0,37
Rolo compactador autopropelido estático de pneus, diesel. potência 80 HP (60 kW). Peso operacional 9.21 - vida útil 8.000 h	h prod.	0,00746	58	53	54	55,00	0,41
Rolo compactador autopropelido vibratório tipo tandem, cilindros lisos em aço, diesel, potência 83 HP (62 kW), peso operacional 7,4 t, fator de carga: médio - vida útil 8.000 h	h prod.	0,00746	58	53	54	55,00	0,41
Trator sobre pneus, diesel, potência 61 HP (45 kW) - vida útil 8.000 h	h prod.	0,00425	36	45	42	41,00	0,17
Caminhão basculante, diesel, potência 228 HP (170 kW), capacidade carga útil 15,461, caçamba 6 m ³ - vida útil 8.000 h	h prod.	0,0333	90	95	90	91,67	3,05
						Custo (R\$) Médio Total sem BDI	280,06
BDI adotado = 15%						Custo (R\$) Médio Total com BDI	322,07
Observação: 1t = 8,40m ² de revestimento asfáltico (espessura = 5cm). Sendo assim, os valores apresentados são por metro quadrado de pavimentação.						Custo (R\$) Médio Total com DBI (m ²)	38,34
Custo (R\$) Médio Total com DBI (m²) da área estudada						R\$ 903.029,69	

Fonte: Autores do estudo

Diferentemente do comparativo feito com os blocos de concreto, o revestimento asfáltico pré-misturado a frio tem um valor financeiro pouco menor no serviço de empreitada.

Essa diferença se justifica por vários fatores, porém tem como principal a seguinte questão: baixa disponibilidade e, conseqüentemente, alto valor para aluguel de vários equipamentos necessários para execução de um trabalho correto. Sendo assim, para execução de revestimento asfáltico pré-misturado a frio, uma melhor opção em relação a custos seria optar por um serviço de empreitada realizado por uma empresa especializada.

Com isso, percebe-se que a relação entre equipamentos e matéria-prima são de muita importância para a geração do valor final do revestimento.

2.2.3 – Comparativo financeiro geral

A partir das análises feitas e apresentadas no presente trabalho, podemos tirar algumas conclusões básicas referente à valores para pavimentação entre blocos intertravados de concreto e revestimento asfáltico pré-misturado a frio. Sendo as principais características financeiras:

- Maior diferença entre valores para execução é entre a pavimentação com blocos de concreto executado por empreitada, por empresas especializadas, com a execução de revestimento pré-misturado a frio executado com as mesmas características, ou seja, por empreitada. A execução com blocos de concreto fica em média 60,89% acima do valor quando comparado à execução com pré-misturado a frio.
- Menor diferença entre valores para execução é entre a pavimentação com blocos de concreto executados com mão de obra e produção sem terceirização, comparada com a execução de revestimento pré-misturado a frio com as mesmas características, ou seja, sem terceirizar empreitada para o serviço. Nesse caso, a pavimentação com blocos fica apenas 15,54% acima do valor do revestimento executado com pré-misturado a frio.
- Em relação ao comparativo dos valores mínimos de ambos os tipos de pavimentação, o pré-misturado a frio também fica com melhor valor de execução.

Nessa situação, o valor da execução com blocos de concreto fica com valor superior ao do comparado em média de 18,13% mais caro.

Sendo assim, pode-se observar que independente dos métodos usados, a pavimentação executada com revestimento asfáltico pré-misturado a frio sempre ficará com valor menor que a pavimentação executada com blocos de concreto intertravados, no entanto pode-se verificar que essa diferença pode ser reduzida quando feito um planejamento de mercado sobre o assunto.

Esses comparativos de custos se referem somente à implantação dos pavimentos, sendo assim não estão incluídos os gastos com manutenções dos mesmos.

2.2.4 – Análise comparativa econômica com uso dos pavimentos em conjunto

Para essa análise financeira, foram considerados o uso em conjunto, tanto de pavimento asfáltico quanto o de bloco intertravados de concreto, sendo a escolha de cada tipo de pavimento determinado em cada rua do loteamento a fim de se obter um melhor aproveitamento funcional.

Para ruas a serem pavimentadas com blocos de concreto, foram escolhidas as seguintes ruas do loteamento: Rua Roberto A.S. e Rua Acesso Trevo "I", sendo que essas ruas totalizam 6.193,60 m² de pavimentação. A escolha desse tipo de pavimento para essas vias se justifica por serem vias de trânsito mais lento ou por serem próximas de área de preservação. Nesse caso, a pavimentação por blocos de concreto, sendo realizada pelo próprio executor do loteamento, ficaria valores médios de R\$ 280.921,86, considerando também a aquisição máquinas para fabricação de blocos.

Para as demais ruas, que totalizam 17.359,60 m² de pavimentação, foi considerado o valor médio do revestimento o pré-misturado a frio executado por meio de empreitada (mão de obra e material) por empresas terceirizadas. Nesse caso, a pavimentação dessas vias ficaria em média R\$ 650.985,00.

Nessa situação, teríamos 26,29% das ruas pavimentadas com blocos de concreto sextavado e 73,71% por revestimento asfáltico pré-misturado a frio. E, nesse caso, a pavimentação total das vias ficaria no valor de R\$ 931.906,86.

Quando comparada ao valor mínimo de execução que se pode ter, que é no caso a pavimentação por revestimento pré-misturado a frio por empreitada, temos uma diferença média de acréscimo de apenas 5,51%.

Sendo assim, pode-se observar que para uma análise financeira podemos ter grandes e pequenas variações de valores. Por isso o mais importante para se ter uma análise do melhor método e mais viável economicamente para execução de pavimentos, independente de qual dos dois tipos de pavimento venha a ser utilizado, é a pesquisa de preços médios de alugueis, materiais e mão de obra; e também a disponibilidade de matéria prima e de mão de obra e equipamentos especializados para o serviço na região onde o mesmo será executado.

2.3 – ANÁLISE COMPARATIVA GERAL

Dentre os pavimentos estudados nesse trabalho, cada um tem suas desvantagens e vantagens, sendo que muitas vezes as vantagens funcionais e ambientais podem se sobressair sobre o fator econômico. Sendo assim essa comparação se justifica a fim de poder auxiliar numa melhor decisão do pavimento a ser utilizado, independentemente de valores de execução de cada.

Para fins de análises comparativas gerais, foram criadas duas tabelas que especificam as vantagens e desvantagens de cada tipo dos pavimentos estudados. Sendo que essas vantagens e desvantagens foram definidas a partir de análises feitas no presente trabalho, referenciando sempre todas pesquisas e estudos realizados.

A tabela 26 exemplifica vantagens e desvantagens dos blocos intertravados de concreto. Já a tabela 27 exemplifica algumas vantagens e desvantagens revestimento asfáltico pré-misturado a frio. Podendo, como no comparativo de blocos, verificar algumas das principais características desse método.

Tabela 26: Vantagens e desvantagens de blocos intertravados de concreto

Blocos intertravados de concreto	
Algumas vantagens	Algumas desvantagens
Alta durabilidade	Custo mais elevado quando comparado ao revestimento asfáltico
Menor consumo de iluminação pública devido à sua coloração mais clara. Possui peças coloridas que, visualmente, tornam esse pavimento mais bonito e valoriza o local.	Maior trepidação quando comparado ao revestimento asfáltico, ou seja, menor conforto aos usuários de veículos.
Menor absorção de energia, minimizando o efeito de ilha de calor.	Durante a execução há a necessidade de muita mão de obra braçal, devido à pouca mecanização.
Baixa necessidade de manutenção ou intervenção de concessionárias de mão de obra para execução do piso. Possui peças coloridas que, visualmente, tornam esse pavimento mais bonito e valoriza o local.	Execução mais lenta, quando comparada a outros tipos de pavimentos.
A execução é mais fácil e não exige mão de obra especializada.	
Em caso de manutenção, os reparos não ficam à mostra.	
Na manutenção pós-obra, possibilita a remoção parcial ou total do pavimento de forma rápida, sem quebra ou perda de peças. Como não há necessidade de acabamento superficial, o pavimento pode ser liberado parcial ou total de forma rápida sem quebra ou perda de peças.	
Atende a requisitos ambientais, permite melhor permeabilidade e proporciona um excepcional conforto térmico.	
Superfície antiderrapante	
Mesmo sob chuva, não são escorregadios.	

Fonte: Autores do estudo

Tabela 27: Vantagens e desvantagens do pré-misturado a frio

.Revestimento asfáltico pré-misturado a frio	
Algumas vantagens	Algumas desvantagens
Apresenta rapidez na execução, porque utiliza mais equipamentos e, assim, diminui a mão de obra.	Em caso de reparo, é preciso ter uma usina próxima ou condições de se fazer a própria mistura no condomínio.
Menor custo, quando comparado ao blocos intertravados de concreto.	Possui estética desfavorável e manutenção problemática, pois deixa remendos e há perda total de material, não podendo haver reaproveitamento. As áreas onde são executados reparos ficam marcadas devido ao desgaste.
Menor trepidação, e conseqüentemente maior conforto aos usuários de automóveis.	Não atende, na totalidade, às questões ambientais.
Baixa necessidade de manutenção ou intervenção de concessionárias de mão de obra para execução do piso.	O piso sofre grande aquecimento, não sendo confortável ao trânsito de pedestres, que é fundamental dentro de condomínios logísticos.
	A demarcação desse tipo de pavimento, somente com pintura, sofre desgaste rápido em relação às peças coloridas que podem ser utilizadas no piso intertravado de concreto.

Fonte: Autores do estudo

Posteriormente, foi criada uma tabela com um comparativo entre algumas características importantes à pavimentação em geral, sendo também consideradas características presentes em ambos os tipos de pavimentos estudados nesse trabalho. Esse comparativo é apresentado na tabela 28.

Tabela 28: Comparação entre bloco intertravado de concreto x revestimento asfáltico pré-misturado a frio.

Características	Bloco intertravado de concreto	Pré-misturado a frio
Durabilidade ilimitada	X	
Removível e reaproveitável	X	
Dispensa manutenção periódica	X	X
Dispensa capina periódica	X	X
Insensível a agentes químicos	X	
Dispensa mão de obra especializada para sua aplicação	X	
Dispensa equipamentos caros e especiais para sua aplicação	X	
Melhor velocidade de aplicação		X
Não é perecível, é estocável	X	
Mais confortável e adequado ao trânsito veloz de veículos modernos		X
Antiderrapante	X	
Cor clara proporciona maior eficiência da iluminação pública e melhor visibilidade	X	
Não aquece o ambiente	X	
Confortável ao trânsito de patins, skates, bicicletas e cadeira de rodas	X	X
Satisfaz a necessidade estética	X	
O próprio pavimento possibilita demarcação ou decoração indelével	X	
Redistribui cargas estáticas e dinâmicas	X	X
Custo financeiro		X
Menor impacto ambiental	X	
Maior permeabilidade	X	
TOTAL	17	7

Fonte: Autores do estudo

Com a análise desses quadros consegue-se ter uma definição de vantagens e desvantagens de cada tipo de pavimento, sendo que também foi apresentado nessas tabelas, as características em comum de ambos tipos, pois mesmo havendo alguma diferença entre as características esses ainda podem se enquadrar num mesmo padrão em relação à determinado comparativo.

CAPITULO III – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse é um capítulo destinado a apresentar conclusões gerais sobre o assunto abordado, a partir de análises dos comparativos do presente trabalho.

Usando como base o desenvolvimento deste trabalho, conclui-se que blocos de concreto e revestimento asfáltico pré-misturado a frio, apesar de suas diferenças, são soluções para pavimentação urbana que podem ser usados em conjunto, em um mesmo loteamento, por exemplo, cada um destinado para sua melhor aplicação.

Em vias locais e coletoras, em locais próximos de áreas de preservação como rios e matas, os blocos de concreto tem melhor aplicação em relação ao revestimento asfáltico. Isso se justifica por vários fatores, como: velocidade permitida baixa, o que ajuda a amenizar o efeito de trepidação causado nesse tipo de pavimento; permeabilidade superior ao do revestimento asfáltico, sendo fator importante para diminuir o escoamento superficial e aumentar consequentemente o índice de permeabilidade de águas pluviais, diminuindo assim riscos de enchentes; não aumentam a temperatura ambiente quando comparado ao revestimento asfáltico, o que evita a formação de ilhas de calor, o que proporciona maior conforto aos moradores; entre outras vantagens.

Já o revestimento asfáltico é mais recomendável para vias de trânsito rápido e arteriais, pois proporciona maior conforto aos usuários, pois não provocam o efeito de trepidação, já que essas vias são de trânsito mais rápido.

Considerando o aspecto financeiro de implantação de cada tipo de pavimento para cidade de Caratinga e região, o revestimento asfáltico pré-misturado a frio tem maior vantagem, pois conforme análises e pesquisas de valores entre os tipos de pavimentos estudados, conclui-se que o revestimento asfáltico é sempre mais econômico, independente da forma que é executado. Porém, um fator que se deve levar em questão é o respeito pela espessura mínima do revestimento asfáltico, pois muitas vezes as empresas podem oferecer um valor muito baixo para pavimentação, porém essa não será executada com a espessura mínima determinada pelos estudos técnicos, conforme apresentados nesse trabalho; tornando assim a pavimentação de baixa qualidade e pouca durabilidade.

Em relação ao aspecto ambiental, os blocos de concreto possuem mais vantagens quando comparado ao revestimento asfáltico, pois são mais permeáveis,

não aquece o ambiente, são reaproveitáveis, tem durabilidade ilimitada (o que diminui o uso de recursos naturais para fabricação de outros pavimentos), possuem cores claras (proporcionando maior eficiência da iluminação pública, ajudando na economia de energia para iluminação das vias), entre outras.

Verificou-se que o custo é um dos fatores mais importantes na definição do uso de qual revestimento usar para pavimentação de uma via pública, porém, não é o determinante. Alguns fatores como máquinas, matéria prima e mão de obra especializada, também são fatores consideráveis para definição da pavimentação a ser utilizada. E, outro fator importante para definição do tipo de pavimentação depende do lugar onde será realizado o serviço, pois a liberação ambiental para a realização do mesmo pode ter exigências ambientais que favoreçam o tipo de pavimentação que seja menos agressivo ao ambiente.

Uma análise bem definida pode gerar melhor os recursos e assim implantar uma pavimentação de melhor qualidade para cada área em questão, procurando sempre obter melhores resultados possíveis, trazendo benefícios para todos usuários.

Tem-se como aspecto relevante também a cultura. Em grande parte do território brasileiro, como é caso da cidade de Caratinga e região, o revestimento 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, empresas e governantes, geradas principalmente pelo fator econômico. Sem análises mais aprofundadas que comprovem essas vantagens, este panorama permanecerá inalterado.

Enfim, a falta de fornecedores que produzem blocos intertravados de concreto de acordo com os parâmetros normatizados é um dos fatores, junto com o econômico, que impede que este material seja utilizado em larga escala na pavimentação de ruas. Somente com um maior incentivo e divulgação de todas as vantagens oferecidas é que a pavimentação com blocos de concreto poderá ser mais explorada na pavimentação urbana, principalmente em cidades onde esse tipo de pavimentação não é utilizada.

REFERÊNCIAS

ASPHALT INSTITUTE..*HMA construction*. 2. ed. Manual Series n. 22 (página 22). 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Pavimentos intertravados**. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/conteudo/basicosobrecimento/aplicacoes/pavimentointertravado#.U25ypvldW7g.htm>. Acesso em: 08 de Outubro de 2014.

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 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.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica – materiais, projetos e restauração** – São Paulo: Oficina de texto. 2007, f558.

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.

Brasil. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Pavimentação**. 3ed. – Rio de Janeiro, 2006. 274f.

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. 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 DE TRÂNSITO DO PARANÁ – **Manual de Habilitação**. Disponível em: <<http://www.detran.pr.gov.br/arquivos/File/habilitacao/manualdehabilitacao/manualdehabparte4.pdf>> Acesso em: 15 de Outubro de 2014.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO PARANÁ – **Pavimentação: Pré-Misturado a frio**. Disponível em: <http://www.der.pr.gov.br/arquivos/File/PDF/pdf_Pavimentacao/ES-P23-05Pre_misturadoFrio.pdf>. Acesso em 10 de outubro de 2014.

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. 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-deconcreto-intertravados-80764-1.asp>>. Acesso em: 18 de outubro de 2014.

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

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.

Liderpav Pavimentação e Comércio LTDA. Disponível em: <<http://www.liderpav.com.br/processo.asp>>. Acesso em 17 de outubro de 2014..

Liedi, BarianiBernucci... [et al.]. **Pavimentação asfáltica : formação básica para engenheiros**.– Rio de Janeiro : PETROBRAS: ABED A, 2006, 504 f. : il.

MARCHIONI, Mariana & SILVA, Cláudio Oliveira. **Pavimento Intertravado Permeável - Melhores Práticas**. São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2011. 24f.

MULLER, Rodrigo Menegaz. **Avaliação de Transmissão de Esforços em Pavimentos Intertravados de Blocos de Concreto**. 2005. 234f. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, Rio de Janeiro.

Pavimento Intertravado é alternativa sustentável para economia de recursos. Associação Brasileira de Cimento Portland, 2011. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/conteudo/imprensa/pavimento-intertravado-e-alternativa-sustentavel-para-economia-de-recursos#.VD1ilPIdXh4>>. Acesso em 14 de outubro de 2014.

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 outubro de 2014.

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 13 de outubro de 2014.

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

SINAPI - **SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL**, 10/2014, f05.

Site O Diário.

Disponível em:<<http://www.odiariorio.com/construir-e-decorar/noticia/546469/paver-ganha-condominio>>. Acesso em 10/10/2014.

Site Portal Caparaó. Disponível em:

<<http://www.portalcaparao.com.br/lernoticia/15411/prefeitura-de-manhumirim-executa-obras-de-patrolamento-em-estradas>>. Acesso em 10/10/2014.

Site Revista Pini. Disponível em: <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/18/artigo96977-2.aspx>>. Acesso em 14/10/2014.

Site Rhino Pisos. Disponível em:

<http://www.rhinopisos.com.br/mobile/noticias/66/2013/06/piso_intertravado_pavimentacao_concreto>. Acesso em 10 de outubro de 2014.

Site Sisloc. Disponível em:

<<http://www.sisloc.com.br/noticia/vibroacabadoras-garantia-de-equilibrio-na-pavimentacao/715>>. Acesso em: 20 de Outubro de 2014.

Site Soluções para Cidades: Disponível em:

<<http://solucoesparacidades.com.br/wpcontent/uploads/2012/08/ManualPavimentoIntertravado.pdf>> Acesso em 10/10/2014.

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