

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

André Moraes Lino de Souza

**PAVIMENTAÇÃO COM BLOCOS INTERTRAVADOS DE
CONCRETO: ANÁLISE CRÍTICA DA TÉCNICA DE
EXECUÇÃO**

Porto Alegre
junho 2013

ANDRÉ MORAES LINO DE SOUZA

**PAVIMENTAÇÃO COM BLOCOS INTERTRAVADOS DE
CONCRETO: ANÁLISE CRÍTICA DA TÉCNICA DE
EXECUÇÃO**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheiro Civil

Orientador: Jorge Augusto Pereira Ceratti

Porto Alegre
junho 2013

ANDRÉ MORAES LINO DE SOUZA

**PAVIMENTAÇÃO COM BLOCOS INTERTRAVADOS DE
CONCRETO: ANÁLISE CRÍTICA DA TÉCNICA DE
EXECUÇÃO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 26 de junho de 2013

Prof. Jorge Augusto Pereira Ceratti
Doutor pela Universidade Federal do Rio de Janeiro
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Prof. Jorge Augusto Pereira Ceratti (UFRGS)
Doutor pela Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof. Washington Peres Núñez (UFRGS)
Doutor pelo PPGE/UFRRS

Prof. Lélío Antônio Teixeira Brito (UFRGS)
Ph.D pela Universidade de Nottingham

Dedico este trabalho a minha namorada Sabine e a meus pais, Márcio e Lia, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Jorge Augusto Pereira Ceratti, orientador deste trabalho, pela ajuda e todo o comprometimento com o trabalho desde o início do desenvolvimento do mesmo.

Agradeço aos meus amigos e familiares pela paciência e tolerância durante o período de realização do trabalho de conclusão.

Agradeço aos meus colegas de faculdade por ouvir minhas dúvidas e tentar saná-las utilizando suas experiências no trabalho de conclusão.

Agradeço à Prof. Carin pela paciência no esclarecimento de dúvidas, desde as mais óbvias e simples até as mais complexas.

Agradeço ao quadro de funcionários da empresa contratada para realização da obra estudada e especialmente ao Engenheiro L. pelo apoio e às informações fornecidas para a construção do trabalho.

Agradeço aos funcionários e técnicos do Lapav pela ajuda nos testes e análises de laboratório.

Agradeço aos colegas de trabalho pela consideração e incentivo ao permitir a troca de alguns horários do estágio para a realização do trabalho de conclusão.

Agradeço a todos que de alguma forma ajudaram na construção do trabalho.

Há muitas maneiras de avançar,
mas só uma maneira de ficar parado.

Franklin D. Roosevelt

RESUMO

Este trabalho versa sobre a comparação, quanto aos aspectos de execução, entre os processos apresentados na bibliografia para pavimentos com blocos intertravados de concreto e os empregados em uma obra executada na cidade de Porto Alegre. A revisão de literatura técnica aborda os aspectos dos materiais usados, teoria sobre pavimentação em geral, classificação do tipo de pavimento, normas referentes a blocos, como a NBR 9781/2013 e NBR 15953/2011, e demais materiais como areia de assentamento e contenções laterais. Os referenciais teóricos analisados foram da *Interlocking Concrete Pavement Institute* (ICPI), instituição americana que publica recomendações sobre a aplicação de blocos intertravados de concreto para pavimentação, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), que também publica material sobre o assunto e certifica os fabricantes de blocos intertravados de concreto no Brasil, além das normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). O trabalho apresenta como devem ser os processos executivos e operações no canteiro de obra e utiliza um *checklist* com diversos itens a serem observados em campo e que são comparados com a indicação do referencial teórico, além da coleta de amostras de areia de assentamento e rejuntamento para análise granulométrica em laboratório. O acompanhamento foi fotografado em situações consideradas importantes no andamento da obra e demais informações foram obtidas através de consulta com funcionários da empresa que realizou a obra. Ainda, é realizada uma análise crítica sobre os diversos itens da execução e a hipótese de que os pavimentos com blocos intertravados de concreto estão de acordo com o referencial teórico é parcialmente confirmada, sendo sugeridas possíveis modificações no sistema executivo desse tipo de obra na cidade de Porto Alegre.

Palavras-chave: Execução de pavimentação com blocos intertravados de concreto. NBR 9781/2013. NBR 15953/2011. Recomendações do *Interlocking Concrete Pavement Institute*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama esquemático do delineamento da pesquisa.....	18
Figura 2 – Contenções laterais em concreto pré-moldado ou rocha cortada.....	30
Figura 3 – Contenções laterais em concreto moldado in loco.....	30
Figura 4 – Nivelamento da areia de assentamento.....	35
Figura 5 – Assentamento dos blocos.....	39
Figura 6 – Compactação inicial dos blocos	42
Figura 7 – Espalhamento e varrição da areia de rejuntamento.....	44
Figura 8 – Compactação final dos blocos.....	45
Figura 9 – Projeto arquitetônico da obra.....	54
Figura 10 – Depósito da areia de assentamento.....	56
Figura 11 – Depósito dos blocos de concreto.....	56
Figura 12 – Depósito da areia de rejuntamento.....	57
Figura 13 – Execução das contenções laterais.....	58
Figura 14 – Espalhamento e nivelamento da areia de assentamento em campo.....	59
Figura 15 – Execução do assentamento dos blocos.....	60
Figura 16 – Guilhotina para corte dos blocos.....	61
Figura 17 – Acabamento junto ao meio-fio.....	61
Figura 18 – Execução da compactação inicial.....	62
Figura 19 – Espalhamento e varrição da areia de rejuntamento em campo.....	63
Figura 20 – Execução da compactação final.....	64
Figura 21 – Aparência final do pavimento.....	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Terminologia das bases.....	23
Quadro 2 – Terminologia dos revestimentos.....	24
Quadro 3 – <i>Checklist</i> para acompanhamento da obra.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Graduação necessária para areia de assentamento.....	33
Tabela 2 – Resistência característica à compressão.....	36
Tabela 3 – Coeficiente de Student (nível de confiança de 80%).....	38
Tabela 4 – Mínima força centrífuga de compactação.....	41
Tabela 5 – Graduação necessária para areia de rejuntamento.....	43
Tabela 6 – Comparativo da areia de assentamento.....	52
Tabela 7 – Comparativo da areia de rejuntamento.....	53

LISTA DE SIGLAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CBR – *California Bearing Ratio*

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

ICPI – *Interlocking Concrete Pavement Institute*

Lapav – Laboratório de Pavimentação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

NBR – Norma Brasileira

SAFL – Solo Arenoso Fino Laterítico

SMOV – Secretaria Municipal de Obras e Viação

LISTA DE SÍMBOLOS

f_{pk} – resistência característica à compressão (MPa);

f_p – resistência média das peças ensaiadas (MPa);

s – desvio padrão da amostra (MPa);

f_{pi} – resistência individual das peças ensaiadas (MPa);

t – coeficiente de Student.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 DIRETRIZES DA PESQUISA.....	16
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA.....	16
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	16
2.2.1 Objetivo principal	16
2.2.2 Objetivo secundário.....	16
2.3 HIPÓTESE.....	17
2.4 PRESSUPOSTOS.....	17
2.5 PREMISA.....	17
2.6 DELIMITAÇÕES.....	17
2.7 LIMITAÇÕES.....	18
2.8 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	18
3 PAVIMENTOS COM BLOCOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO.....	20
3.1 CAMADAS DOS PAVIMENTOS.....	20
3.1.1 Camada de regularização.....	21
3.1.2 Reforço do subleito.....	21
3.1.3 Sub-base.....	22
3.1.4 Base.....	22
3.1.5 Revestimento.....	23
3.2 EXECUÇÃO DA OBRA DE PAVIMENTAÇÃO.....	25
3.2.1 Testes e aceitação de base e sub-base.....	26
3.2.2 Projeto do pavimento.....	26
3.2.3 Equipe executora.....	27
3.2.4 Modelo.....	28
3.2.5 Entrega e armazenamento do material.....	28
3.2.6 Contêncões laterais.....	29
3.2.6.1 Contêncões laterais – escolha tipo.....	29
3.2.6.2 Contêncões laterais – instalação.....	31
3.2.7 Areia de assentamento.....	31
3.2.7.1 Areia de assentamento – escolha de material.....	31
3.2.7.2 Areia de assentamento – espalhamento e nivelamento.....	33
3.2.8 Blocos intertravados de concreto.....	35
3.2.8.1 Blocos intertravados de concreto – aceitação das peças.....	35

3.2.8.2 Blocos intertravados de concreto – assentamento das peças.....	39
3.2.9 Ajustes e arremates.....	40
3.2.10 Compactação inicial.....	41
3.2.11 Areia de rejuntamento.....	42
3.2.12 Compactação final.....	44
3.2.13 Inspeção final.....	45
4 ACOMPANHAMENTO E ANÁLISE CRÍTICA DA EXECUÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO COM BLOCOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO.....	47
4.1 <i>CHECKLIST</i>	47
4.2 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.....	51
4.2.1 Areia de assentamento.....	51
4.2.2 Areia de rejuntamento.....	52
4.3 ANÁLISE CRÍTICA COMPARATIVA.....	53
4.3.1 Projeto, testes e aceitação de base e sub-base e equipe de trabalho.....	54
4.3.2 Entrega, transporte e armazenamento do material.....	55
4.3.3 Execução das contenções laterais.....	57
4.3.4 Execução da camada de assentamento.....	58
4.3.5 Execução do assentamento dos blocos intertravados de concreto.....	59
4.3.6 Ajustes e arremates na obra.....	60
4.3.7 Execução da compactação inicial.....	62
4.3.8 Espalhamento e varrição da areia de rejuntamento.....	63
4.3.9 Execução da compactação final.....	64
4.3.10 Inspeção final.....	65
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	66
REFERÊNCIAS.....	68
APÊNDICE.....	69

1 INTRODUÇÃO

Com a crescente urbanização e a expansão da frota de automóveis no País, esbarra-se num problema: a falta de pavimentação nas vias urbanas e de alternativas para expansão da malha viária brasileira. Pensando nisso, deve-se encontrar alternativas que possam ser utilizadas em vias urbanas, para tráfego de veículos, visando a viabilidade técnica e econômica das soluções implantadas.

Segundo Senço (2001, p. 29), “A pavimentação de uma via [...] transcende em muito [...] essa simples finalidade [de dar estabilidade à superfície de rolamento], pois representa um benefício que pode atender aos objetivos das comunidades em uma faixa bem mais ampla de necessidades.”. Além disso, ele sustenta que:

A pavimentação de uma via de terra [...] ou serviços de melhoramento numa via [...] em mau estado [...] se traduzirão para os usuários quanto à redução do custo de operação, dos tempos de viagem e outras vantagens que podem ser resumidas como de economia no custo geral de transporte.

Surge então uma alternativa muito utilizada em cidades europeias e americanas e que tem seu uso em crescimento no Brasil: blocos intertravados de concreto. Conhecidos popularmente como *pavers*, seu uso vem crescendo em diversas cidades na pavimentação de ruas com médio e baixo tráfego de veículos, por oferecer uma alternativa viável e de qualidade para vias urbanas. Esse tipo de revestimento, segundo Marchioni e Silva (2011, p. 5), ainda tem o atrativo de permitir uma permeabilidade no solo, sendo que esses pavimentos:

[...] reduzem o escoamento superficial em até 100%, dependendo da intensidade da chuva, e retardam a chegada da água ao subleito reduzindo a erosão. A camada de base granular ainda funciona como um filtro para a água da chuva, reduzindo a sua contaminação.

Tem-se então que analisar essa opção na área de pavimentação e buscar a melhor forma de execução desta obra de Engenharia, que está tão ligada ao cotidiano da população e tem grande importância para a mobilidade e o desenvolvimento urbano, além de trazer melhorias para a hidrologia urbana das cidades. Assim, foi elaborado no trabalho um referencial técnico relativo à execução da obra que permitiu analisar a qualidade técnica da execução de um trecho pavimentado com blocos intertravados de concreto, desde o preparo de base e sub-

base, conforme projeto definido anteriormente, até a execução do pavimento. Esse referencial teórico foi empregado para análise técnica do modo de execução de uma obra de pavimentação com blocos intertravados de concreto na cidade de Porto Alegre.

No capítulo do desenvolvimento é apresentado um *checklist* para conferência na obra em execução, assim como o desenvolvimento dos mesmos itens e se são cumpridas as orientações da bibliografia na execução da obra. Ainda, foi realizada a análise granulométrica das areias de assentamento e rejuntamento utilizadas na obra, apresentada e comentada no capítulo.

Na análise de resultados são mostrados os itens de maior importância na obra e se são corretamente executados em campo, tanto quanto as possíveis implicações da execução fora do esperado pela bibliografia utilizada. São apresentadas, então, as considerações finais, relacionando toda a bibliografia com os dados obtidos em campo e sugestões de soluções e melhorias no processo de pavimentação com blocos intertravados de concreto na cidade de Porto Alegre.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: os procedimentos empregados na obra estudada, na cidade de Porto Alegre estão de acordo com as boas práticas descritas nas normas brasileiras e na bibliografia especializada utilizada sobre a técnica de pavimentação com blocos intertravados de concreto?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo Principal

O objetivo principal do trabalho é a análise crítica do método de execução de um pavimento de blocos intertravados de concreto na cidade de Porto Alegre.

2.2.2 Objetivo secundário

O objetivo secundário do trabalho é a criação de um *checklist* com etapas e procedimentos a serem conferidos na execução de pavimentação com blocos intertravados de concreto.

2.3 HIPÓTESE

A hipótese do trabalho é que os procedimentos empregados na obra acompanhada, na cidade de Porto Alegre, estão de acordo com as boas práticas descritas na bibliografia especializada sobre a técnica de pavimentação com blocos intertravados de concreto.

2.4 PRESSUPOSTOS

O trabalho tem por pressuposto que os métodos descritos na bibliografia do *Interlocking Concrete Pavement Institute*, instituição americana que publica recomendações sobre a aplicação de blocos intertravados de concreto para pavimentação, nos manuais da Associação Brasileira de Cimento Portland e nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas, são consideradas boas práticas e procedimentos adequados para a execução deste tipo de pavimentação.

O trabalho também pressupõe que os projetos de camadas de base e sub-base dos pavimentos com blocos intertravados de concreto estudados foram desenvolvidos corretamente e estão de acordo com o esperado para pavimentos flexíveis.

2.5 PREMISSA

O trabalho tem por premissa que o emprego de boas práticas, considerando projeto adequado, resultará numa menor quantidade de problemas no uso e conseqüentemente numa melhor qualidade do pavimento final.

2.6 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se a um pavimento com blocos intertravados de concreto executado na cidade de Porto Alegre.

2.7 LIMITAÇÕES

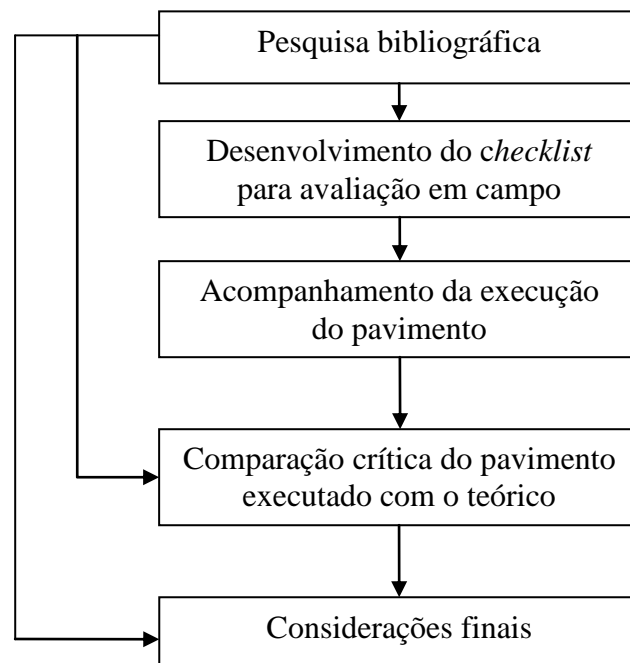
São limitações do trabalho a análise da execução em somente um trecho pavimentado com blocos intertravados de concreto através de observações visuais e de uma análise granulométrica em laboratório.

2.8 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O trabalho foi realizado através das seguintes etapas, representadas na figura 1, e descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) desenvolvimento do *checklist* para avaliação em campo;
- c) acompanhamento da execução do pavimento;
- d) comparação crítica da execução do pavimento com o previsto na bibliografia como boas práticas;
- e) considerações finais.

Figura 1 – Diagrama esquemático do delineamento da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

A **pesquisa bibliográfica** abrangeu normas relativas a blocos intertravados de concreto, definições de camadas de pavimentos e execução do pavimento em si, tendo como base manuais de pavimentação, boletins técnicos especializados da *Interlocking Concrete Pavement Institute*, Associação Brasileira de Cimento Portland e normas regulamentadoras brasileiras. Foi realizado o **desenvolvimento do checklist para avaliação em campo**, que serviu de referência no acompanhamento da execução e apontou quais procedimentos estavam de acordo com a bibliografia e quais estavam diferentes do esperado.

No **acompanhamento da execução do pavimento**, o *checklist* foi utilizado e demais informações sobre o andamento da obra e procedimentos executivos. Essa etapa de levantamento de dados em campo do trabalho e foi de vital importância para a próxima etapa do trabalho. A **comparação crítica do pavimento executado com o teórico** é o objetivo principal do trabalho e mostrou se os procedimentos descritos na bibliografia são realmente empregados na prática.

Na etapa de **considerações finais** foi verificada a validade da hipótese de que os procedimentos empregados na cidade de Porto Alegre estão de acordo com as boas práticas descritas na bibliografia especializada sobre a técnica de pavimentação com blocos intertravados de concreto e demais resultados complementares obtidos no decorrer do trabalho.

3 PAVIMENTOS COM BLOCOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO

É desenvolvida no referido capítulo a fundamentação teórica de todo o trabalho, visando situar o leitor sobre conceitos importantes para o seu desenvolvimento e que servirão de base para a análise crítica da técnica de pavimentação com blocos intertravados de concreto. Essa base teórica irá elucidar ao leitor quais os principais parâmetros que devem ser avaliados no acompanhamento da execução do pavimento estudado.

São focadas informações sobre base e sub-base do pavimento para detalhar essas etapas, que são prévias à execução da pavimentação propriamente dita, além de parâmetros importantes no projeto de pavimentos flexíveis, caso do pavimento em questão. Apresenta-se, também, as etapas de execução do pavimento com blocos intertravados, descrevendo os materiais utilizados e quais os processos que devem ser seguidos no desenvolvimento da obra para que o melhor resultado final seja obtido.

3.1 CAMADAS DOS PAVIMENTOS

Os pavimentos são compostos por diversas camadas e, segundo Senço (2001, p. 15), “Uma seção transversal típica de um pavimento – com todas as camadas possíveis – consta de uma fundação, o subleito, e de camadas com espessuras e materiais determinados por um dos inúmeros métodos de dimensionamento [...]”. Cada camada tem a sua função e diferenciação das demais, sendo que o subleito é o terreno de fundação do pavimento e pode ser uma superfície na qual a pouco tempo foi realizada a terraplenagem ou uma estrada em uso a algum tempo e, conseqüentemente, em estado irregular devido ao uso.

Para uma caracterização do solo a ser utilizado como subleito, devem ser realizadas sondagens, sendo que “Geralmente as sondagens para amostragem de materiais destinados ao subleito de um pavimento são aprofundadas até três metros abaixo da superfície, considerando-se como fundação efetiva a camada com um a um metro e meio metros, aproximadamente.” (SENÇO, 2001, p. 16). Segundo este mesmo autor:

Nos métodos de dimensionamento de pavimentos, a resistência do subleito é tomada de modo variável de método para método. Assim, por exemplo, no método CBR

[*California Bearing Ratio*], a resistência do subleito é dada em porcentagem e é obtida num ensaio de laboratório em que se mede a resistência à penetração de um pistão numa amostra do solo do subleito, relacionando essa resistência à penetração, com a resistência oferecida por um material considerado padrão, ao qual se atribui um CBR = 100%. [...] No método do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem-DNER essa resistência é a média aritmética entre o CBR e outro índice – derivado do Índice de Grupo –, que é função dos resultados dos ensaios de caracterização do solo do subleito, [...].

Os tipos de pavimentos, como camada de regularização, reforço de subleito, sub-base, base e revestimento, serão descritos nos itens seguintes.

3.1.1 Camada de regularização

Enquanto a camada de subleito apresenta características diversas, formada geralmente por solo do local onde será executado o pavimento, a camada de regularização tem características diferentes. Senço (2001, p. 17) ressalta que:

É uma camada de espessura irregular, construída sobre o subleito e destinada a conformá-lo, transversal e longitudinalmente, com o projeto. [...]

Tendo em vista as dificuldades de medição dos volumes movimentados e também por tratar-se geralmente de volumes relativamente pequenos, os serviços de regularização são pagos por metro quadrado. A operação de regularização é também chamada de preparo de subleito.

3.1.2 Reforço do subleito

O reforço de subleito é a camada imediatamente acima do subleito e, pela NBR 11170 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990, p. 6), é a “Camada do pavimento, com capacidade de suporte superior à do subleito, executada com o objetivo de reduzir a camada de sub-base”. Essa camada é caracterizada por Senço (2001, p. 17-19) como:

Camada de espessura constante, construída, se necessário, acima da regularização, com características tecnológicas superiores às de regularização e inferiores às da camada imediatamente superior, ou seja, sub-base. Devido ao nome reforço do subleito, essa camada é, às vezes, associada à fundação. No entanto, essa associação é meramente formal, pois o reforço do subleito é parte constituinte especificamente do pavimento e tem funções de complemento da sub-base que, por sua vez, tem funções de complemento da base. Assim, o reforço do subleito também resiste e distribui esforços verticais, não tendo as características de absorver definitivamente esses esforços, o que é característica do subleito.

3.1.3 Sub-base

Logo acima do reforço de subleito, a camada denomina-se sub-base, não sendo necessária em todas as aplicações, sendo que sua utilização deve ser analisada, dependendo das necessidades de resistência do pavimento. Definada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (1990, p. 7) como “Camada complementar, subjacente à base, que serve como transição entre esta e o subleito, com a finalidade de reduzir a espessura da base.”. Essa camada é apresentada por Senço (2001, p. 19-20):

Sub-base é a camada complementar à base, quando, por circunstâncias técnicas e econômicas, não for aconselhável construir a base diretamente sobre a regularização ou reforço do subleito. Segundo a regra geral [...] o material constituinte da sub-base deverá ter características tecnológicas superiores às do material do reforço; por sua vez, o material de base deverá ser de melhor qualidade que o material de sub-base.

3.1.4 Base

A camada de base é definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (1990, p. 1) como a “Camada destinada a resistir aos esforços oriundos dos veículos, distribuindo-os às camadas subjacentes, e sobre a qual se constrói o revestimento.”. A base de um pavimento deve ser corretamente dimensionada para receber as cargas de uso e Senço (2001, p. 19-20) sugere que “[...] o pavimento pode ser considerado composto de base e revestimento, sendo que a base poderá ou não ser complementada pela sub-base e pelo reforço de subleito.”.

O pavimento estudado tem uma base de brita graduada sem cimento, descrito pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (1990, p. 2) como “Mistura de materiais britados atendendo a determinadas faixas granulométricas e demais parâmetros especificados.”. Para se ter uma ideia de que tipos de base de pavimentos podem ser executadas em obra, essas são apresentadas no quadro 1, classificando-as em rígidas, semi-rígidas e flexíveis.

Quadro 1 – Terminologia das bases

Bases	Rígidas	Concreto de cimento	
		Macadame de cimento	
		Solo-cimento	
	Semi-rígidas	solo estabilizado	granulometricamente-SAFL
			Solo-betume - Solo-cal
			Solo-brita
	Flexíveis	Macadame hidráulico	
		Brita graduada com ou sem cimento	
		Macadame betuminoso	
		Alvenaria poliédrica	por aproveitamento
		Paralelepípedos	

(fonte: adaptado de SENÇO, 2001, p. 25)

Esse quadro mostra as diversas opções de bases que podem ser utilizadas nos pavimentos, sendo que foi analisado um pavimento executado com base de brita graduada sem cimento nesse trabalho para o assentamento de blocos intertravados de concreto.

3.1.5 Revestimento

A camada superior do pavimento é denominada revestimento. Segundo Senço (2001, p. 20), “É a camada, [...] que recebe diretamente a ação do tráfego e destinada a melhorar a superfície de rolamento às condições de conforto e segurança, além de resistir ao desgaste, ou seja, aumentando a durabilidade da estrutura.”.

Considerada a camada mais importante de um pavimento, existem diversos tipos de materiais que podem ser utilizados como revestimento. O quadro 2 mostra alguns tipos de revestimentos e suas classificações.

Quadro 2– Terminologia dos revestimentos

Revestimentos	Rígidos	Concreto de cimento			
		Macadame de cimento			
		Paralelepípedos rejuntados com cimento			
	Flexíveis	Betuminosos	Concreto betuminoso	Usinados	
			Pré-misturado a quente		
			Pré-misturado a frio		
		Tratamento superficial	Penetração direta	Simples Duplo Tripla Quádruplo	
			Penetração indireta		
		Calçamentos	Alvenaria poliédrica		
			Paralelepípedos		
Blocos de concreto pré-moldados e articulados					

(fonte: SENÇO, 2001, p. 25)

Como apresentado no quadro, pavimentos com blocos intertravados de concreto são considerados pavimentos flexíveis, devido à sua execução e funcionamento. São definidos, ainda por Senço (2001, p. 23):

Pavimentos flexíveis são aqueles em que as deformações, até um certo limite, não levam ao rompimento. São dimensionados normalmente a compressão e a tração na flexão, provocada pelo aparecimento das bacias de deformação sob as rodas dos veículos, que levam a deformações permanentes, e ao rompimento por fadiga.

A NBR 15953 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, p. 2) caracteriza o pavimento intertravado como:

Pavimento flexível cuja estrutura é composta por uma camada de base [...] seguida por uma camada de revestimento constituída de peças de concreto sobrepostas em uma camada de assentamento e cujas juntas [...] são preenchidas por material de rejuntamento e o intertravamento do sistema é proporcionado pela contenção.

Classificados por Senço (2001, p. 25) como um tipo de calçamento, os blocos são indicados para zonas urbanas, por apresentarem um tráfego menor e conseqüentemente menos trepidação e sonoridade. Têm como vantagens a facilidade da manutenção do pavimento e a alta taxa de reuso dos blocos, quando se necessita realizar serviços no subsolo do pavimento, como instalações elétricas e hidráulicas.

É na camada de revestimento que o pavimento com blocos intertravados de concreto se difere dos demais pavimentos flexíveis. Por ser construído com peças pré-fabricadas de concreto, torna-se uma unidade pelo intertravamento das peças e compactação das mesmas. Também deve-se lembrar que sua espessura tem valores mínimos previstos por norma, já que conforme Senço (2001, p. 20):

Sendo o revestimento a camada mais nobre do pavimento, é evidente que a adoção da espessura não pode servir como medida que venha a reduzir sua resistência, pois representa uma parte do pavimento que é constituída de material mais apto a garantir eficiência no seu comportamento.

Hoje em dia, com crescente uso em vias urbanas e diversas outras aplicações, os blocos intertravados de concreto oferecem um aspecto estético agradável e uma resistência física elevada quando utilizados (SENÇO, 2001, p. 25). Produzidos industrialmente, os blocos apresentam características definidas pela norma técnica NBR 9781 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013) e tem disponibilidade para uso devido à grande quantidade de empresas no mercado.

3.2 EXECUÇÃO DA OBRA DE PAVIMENTAÇÃO

O foco principal do trabalho é a execução dos pavimentos com blocos intertravados de concreto. Para isso, são utilizados como referência os manuais do *Interlocking Concrete Pavement Institute*, devido à experiência desse Instituto nessa área nos Estados Unidos e Canadá. O Instituto é reconhecido na área de pavimentação com esses blocos não só por desenvolver material técnico desde 1993, mas também por ter mais de 1100 membros, incluindo empresas construtoras e profissionais na área. Servem de referência também as normas NBR 15953/2011 e NBR 9781/2013, da Associação Brasileira de Normas Técnicas, e manuais da Associação Brasileira de Cimento Portland, instituições de renome e reconhecida

experiência. Nos próximos itens são apresentados os procedimentos executivos detalhados da obra em busca de um pavimento de melhor qualidade final.

3.2.1 Testes e aceitação de base e sub-base

A aceitação da base e sub-base é essencial para o início da execução do pavimento. São realizados testes de confirmação das camadas de base e sub-base, pela empresa construtora, antes do início da execução da camada de revestimento. Conforme indicado pelo *Interlocking Concrete Pavement Institute* (1996, p. 5-6, tradução nossa), antes da instalação dos blocos devem ser verificadas a base e sub-base do pavimento, através do ensaio de compactação Proctor Normal. O tamanho das camadas a serem compactadas deve ser de no máximo 150 mm, sendo possível 10 mm de tolerância por camada. Demais especificações referenciadas no projeto também devem ser atingidas para que possam ser realizadas as obras de pavimentação. Em locais sem tráfego de veículos, é indicado o valor de 95% de densidade Proctor, já em locais com tráfego esse valor sobe para 98%. Ainda, deve ser feita a conferência se no projeto consta a aplicação de mantas geotêxteis.

A base também deve ser conferida se está apta a receber os blocos no momento da execução, sendo que “[...] deve estar seca, uniforme, nivelada, na altura especificada e pronta para resistir a areia de assentamento, blocos e cargas de operação. Após aceitação da base e contenções laterais deve se dar início à instalação da areia e dos blocos.” (INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE, 1996, p. 6, tradução nossa).

3.2.2 Projeto do pavimento

Como já afirmado nos pressupostos do trabalho, é considerado que o pavimento estudado foi projetado por um engenheiro civil, sendo que deve estar “[...] de acordo com as normas e procedimentos padrão estabelecidos para projeto de pavimentos flexíveis.” (INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE, 1996, p. 1, tradução nossa). Isso é necessário para que manifestações patológicas causadas por erros de projeto não sejam creditadas a problemas de execução.

Ainda, pela NBR 15953 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, p. 4), o projeto deve conter:

- a) estabelecer as premissas em função das condições de implantação, utilização do pavimento e interferências em geral;
- b) avaliar as condições e características do leito;
- c) estimar as condições de carregamento [...] à qual o pavimento estará sujeito;
- d) especificar ou compatibilizar o sistema de drenagem, quando necessário;
- e) especificar a estrutura de fundação do pavimento, com espessura, declividade, grau de compactação e materiais utilizados em cada camada;
- f) especificar o sistema de contenção do pavimento, considerando as condições necessárias para o intertravamento das peças de concreto;
- g) definir as peças de concreto utilizadas na camada de revestimento, considerando as especificações da NBR 9781¹;
- h) definir o padrão de assentamento das peças de concreto, detalhando o alinhamento de partida, pontos de interseção e interferências;
- i) executar o detalhamento de paginação para o caso de projetos arquitetônicos e paisagísticos específicos.

Ainda, pelo Manual de Pavimento Intertravado da Associação Brasileira de Cimento Portland (2010, p. 17), as cotas e caimentos de projeto devem ser verificadas antes do início da execução, dados de vital importância na execução. Essas informações também são mencionadas como necessárias pela NBR 15953 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, p. 10).

3.2.3 Equipe executora

Um detalhe importante é a experiência da equipe executora do pavimento, pois isso irá influenciar na qualidade final do mesmo. Sendo assim, esses devem ser executados por uma equipe com pelo menos um ano de experiência em blocos intertravados de concreto ou projetos de pavimentação (INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE, 1996, p. 2, tradução nossa).

¹ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013.

Ainda, a NBR 15953 ressalta que se deve “[...] utilizar pessoal devidamente capacitado, com treinamento atualizado [...]” e se a empresa e equipe “[...] observa a legislação do Ministério do Trabalho e Emprego [...] no campo da segurança, higiene e medicina do trabalho.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, p. 5).

3.2.4 Modelo

Para controle de qualidade do pavimento, é necessário que seja desenvolvida uma amostra do pavimento, para que sejam realizados testes de espessura de areia de assentamento, padrão da instalação, tamanho das juntas, cor e textura dos blocos. Essa área deve ser “[...] um quadrado de 2 m x 2 m de blocos intertravados de concreto. [...] Essa montagem inicial servirá de padrão para julgamento das demais áreas executadas.” (INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE, 1996, p. 2, tradução nossa). Ainda, para construir esse modelo para testes, é necessário que todos os materiais para produção já estejam na obra. A NBR 15953 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011) não exige a construção de um modelo para testes, mas sim que os projetos contenham padrão de assentamento, alinhamentos e interferências, além das demais características do pavimento.

3.2.5 Entrega e armazenamento do material

Deve-se inicialmente conferir o modo de entrega, mas as características dos blocos devem ser revisadas posteriormente para atendimento das normas técnicas de blocos intertravados de concreto, no caso do Brasil, a NBR 9781 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 1) trata das características dos blocos. Sendo assim, segundo o *Interlocking Concrete Pavement Institute* (1996, p. 2, tradução nossa), “A entrega [...] no canteiro deve ser em *pallets* com proteção de faixas de aço, plástico ou enroladas em cubos, sendo possível o uso de empilhadeira ou guindaste. O descarregamento dos blocos no canteiro deve ser feito sem causar danos nos mesmos.”.

Pela NBR 15953, “O transporte das peças deve ser através de *pallets* [...]” e “[...] descarregamento das peças seja manual ou mecanizado [...]”. Ainda, “ O transporte interno deve ser realizado de modo adequado, sem causar danos às peças [...] [que] devem ser

posicionadas de modo organizado, próximas às frentes de trabalho.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, p. 9-10).

Não só os blocos devem ser entregues e armazenados em locais longe das intempéries, mas demais materiais utilizados na obra também, sendo que “[...] a areia deverá ter uma cobertura à prova d’água, para não ser removida por chuva ou vento. A entrega deve ser coordenada para minimizar o uso de outros prédios como estoque para a pavimentação.” (INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE, 1996, p. 2, tradução nossa).

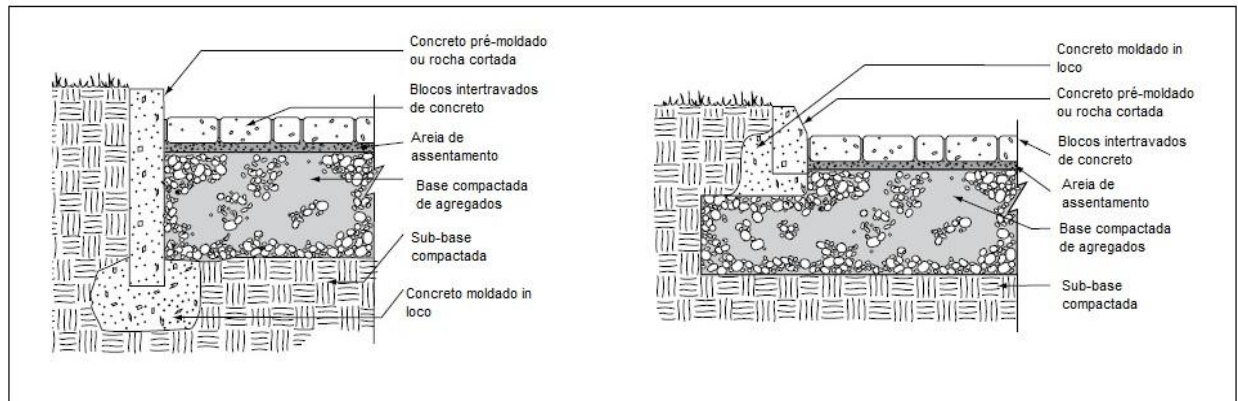
3.2.6 Contenções laterais

Sendo a primeira etapa da execução propriamente dita, as contenções laterais têm a função de restringir o deslocamento dos blocos de concreto e confinar todo o sistema. Essas contenções também servem de barreira para que não haja perda de material da camada de assentamento pelas laterais do pavimento. Nos itens a seguir serão mostrados os tipos de contenções laterais disponíveis para uso e como deve ser realizada a instalação dessas peças no pavimento.

3.2.6.1 Contenções laterais – escolha tipo

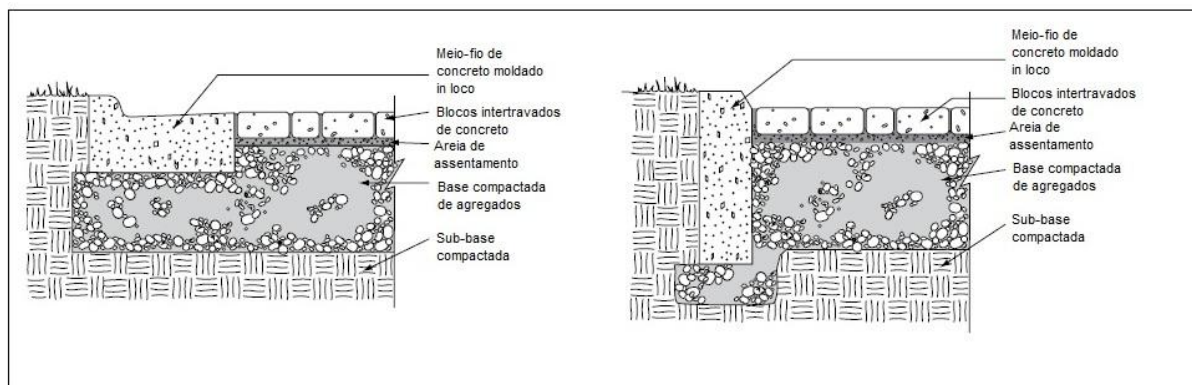
Segundo o manual técnico *Edge Restraints for Interlocking Concrete Pavements* do *Interlocking Concrete Pavement Institute* (2011b, p. 1-2, tradução nossa), as contenções laterais são necessárias para a construção de pavimentos com blocos intertravados de concreto, pois restringem a movimentação dos blocos durante a obra e posteriormente pela passagem de veículos. No uso de blocos intertravados de concreto para pavimentação, as contenções laterais devem ser somente de concreto pré-moldado, rocha cortada ou concreto moldado *in loco*. O modelo construtivo dessas contenções laterais é mostrado na figura 2. Já a figura 3 mostra o uso de concreto moldado *in loco*.

Figura 2 – Contenções laterais em concreto pré-moldado ou rocha cortada



(fonte: INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE, 2011b, p. 3, tradução nossa)

Figura 3 – Contenções laterais em concreto moldado in loco



(fonte: adaptado de INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE, 2011b, p. 4, tradução nossa)

Confirmando as indicações dos Manuais da ICPI, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2011, p. 6) afirma que todas as contenções devem ser:

- a) [...] constituídas de estrutura rígida ou de dispositivos fixados na base do pavimento, de modo a impedir seu deslocamento;
- b) [...] executadas obedecendo cotas de níveis e alinhamentos definidos no projeto;
- c) [...] executadas antes da camada de revestimento.

3.2.6.2 Contenções laterais – instalação

Como já mencionado anteriormente, as contenções laterais são elementos importantes na instalação dos blocos, portanto “[...] devem ser verificadas, sendo que, se já não estiverem no local, devem ser instaladas conforme especificações do projeto e do fabricante.” (INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE, 1996, p. 6, tradução nossa). Conforme o manual técnico *Edge Restraints for Interlocking Concrete Pavements* do *Interlocking Concrete Pavement Institute* (2011b, p. 1, tradução nossa), as restrições devem ser instaladas por todo o perímetro do pavimento e sempre que houver a mudança dos padrões de instalação dos blocos ou do tamanho dos blocos. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2011, p. 10) ressalta que as contenções laterais devem ser conferidas e aceitas antes da etapa de execução da areia de assentamento.

3.2.7 Areia de assentamento

A areia de assentamento tem a função de assentar e intertravar os blocos, além de servir de elemento estrutural de ligação entre a base compactada do pavimento e os blocos intertravados de concreto. Tem por função também, devido à sua estrutura granular, servir como meio de drenagem de água do pavimento, devido à permeabilidade do mesmo. Nos próximos itens serão mostradas quais as maneiras de seleção do material para a camada de assentamento e como realizar o espalhamento e nivelamento da mesma.

3.2.7.1 Areia de assentamento – escolha de material

Após a instalação das contenções laterais, deve-se executar a camada de assentamento, que segundo a NBR 15953 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, p. 7), deve atender os seguintes requisitos:

- a) a umidade [...] deve estar entre 3 % e 7 % no momento de aplicação;
- b) o material de assentamento deve cumprir as especificações da NBR 7211² quanto à presença de torrões de argila, materiais friáveis e impurezas orgânicas;

² ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: agregados para concreto – especificação. Rio de Janeiro, 2009.

- c) a camada de assentamento deve ser uniforme e constante com espessura de 5 cm, com variação máxima de mais ou menos 2 cm, na condição não compactada ou conforme especificação de projeto;
- d) a dimensão máxima característica do material de assentamento deve ser menor que 5 vezes a espessura da camada de assentamento já compactada.

Ainda, a areia de assentamento “[...] deve ser limpa, [...] e livre de qualquer material orgânico ou estranho. A areia pode ser natural ou artificial produzida de rocha [...]” (INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE, 1996, p. 2, tradução nossa). O Manual de Pavimento Intertravado da Associação Brasileira de Cimento Portland (2010, p. 19), também ressalta que a camada de assentamento deve ser composta por “[...] areia média limpa e seca. A espessura da camada deve ser uniforme e constante.”

Conforme o manual *Bedding Sand Selection for Interlocking Concrete Pavements in Vehicular Applications* do *Interlocking Concrete Pavement Institute* (2007, p. 1, tradução nossa), “[...] a seleção correta da areia de assentamento é essencial para o desenvolvimento de pavimentos com blocos intertravados de concreto. Além da graduação das areias, outras características da areia podem influenciar no comportamento do pavimento.”. O mesmo manual afirma que “[...] a areia de assentamento têm quatro funções: assentar os blocos, ajudar o intertravamento, fornecer um elemento estrutural de ligação e facilitar a drenagem de água das juntas.”

O *Interlocking Concrete Pavement Institute* (2007, p. 1-5, tradução nossa) sugere que sejam levados em conta demais fatores além da graduação da areia de assentamento. Fatores como percentual de finos, resistência à abrasão, formato dos grãos e percentual de quartzo presente podem influenciar na qualidade da areia de assentamento. O Instituto ainda salienta que a areia de assentamento deve ser espalhada, de forma manual ou mecânica, numa espessura de 25 mm sobre o pavimento, criando uma superfície sem ondulações.

Outro fator ressaltado é sobre a umidade da areia de assentamento, “[...] que não deve estar totalmente seca nem saturada. Mesmo sendo difícil o controle da umidade do solo, é recomendado que a areia seja armazenada em local coberto e que seja retirada à meia altura.” (INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE, 2007, p. 6, tradução nossa).

Ainda sobre a areia de assentamento, é necessário que seja feita a contenção, contra a migração da areia de assentamento pela camada de base do pavimento ou pelas contenções

laterais. Isso pode ser conseguido através de mantas geotêxteis e correto dimensionamento da base de agregados, com um percentual de finos com valores de 5% a 12% (INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE, 2007, p. 6, tradução nossa). A tabela 1 mostra a graduação da areia de assentamento para a instalação de blocos intertravados de concreto.

Tabela 1 – Graduação necessária para areia de assentamento

Abertura de peneira (mm)	Percentual retido acumulado %		
	NBR 15953 ³	ICPI ⁴	ABCP ⁵
3/8"(9,5)	-	0	0-15
1/4"(6,3)	0-7	-	-
4(4,75)	0-10	0-5	70-90
8(2,36)	0-25	0-15	90-100
16(1,18)	5-50	15-50	95-100
30(0,6)	15-70	40-75	100
50(0,3)	50-95	70-90	100
100(0,15)	85-100	90-98	100
200(0,075)	90-100	98-100	100

(fonte: elaborado pelo autor)

3.2.7.2 Areia de assentamento – espalhamento e nivelamento

A execução do espalhamento e nivelamento da camada de assentamento depende das condições climáticas no local da obra. Segundo o *Interlocking Concrete Pavement Institute* (1996, p. 3, tradução nossa), “[...] a areia de assentamento e os blocos não devem ser assentados durante chuva forte ou neve, sobre uma base congelada ou se a areia de assentamento estiver congelada.”. Sabe-se que no Brasil não se tem, na grande maioria das

³ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, p. 7.

⁴ INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE, 1996, p. 4, tradução nossa.

⁵ MARCHIONI; SILVA, 2011, p. 12.

situações, o problema de neve, mas deve-se tomar cuidado de não realizar os procedimentos de execução em dia de chuva forte para não comprometer a qualidade do pavimento.

Pelo método de instalação do *Interlocking Concrete Pavement Institute* (1996, p. 6, tradução nossa), “[...] a areia de assentamento deve ser espalhada numa espessura de 25 mm, não excedendo 40 mm. A areia espalhada não deve ser movida e deve ficar sempre à frente dos blocos já instalados e não deve ser usada para preencher lacunas.”. Já mencionados anteriormente, os valores de espessura de camada variam um pouco nas outras referências, sendo de 50 mm, com variação máxima de mais ou menos 20 mm, na NBR 15953 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, p. 7), 50 mm no Caderno de Encargos da Secretaria Municipal de Obras e Viação (SMOV) (PORTO ALEGRE, [2002]) e também 50 mm pelos manuais da ABCP de pavimento intertravado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2010, p. 20), que considera uma espessura de 30 a 40 mm após compactação, e pavimento intertravado permeável (MARCHIONI; SILVA, 2011, p. 17), que sugere uma camada de 50 mm após compactação.

Pode-se notar ainda que a espessura da camada é uma variável importante na execução do pavimento, como ressaltado pela Associação Brasileira de Cimento Portland (2010, p. 19) “[...] não pode ser nem muito grande nem muito pequena. Há uma espessura em que o pavimento ‘funciona’ adequadamente. Se a camada for muito espessa, haverá deformação (afundamento), se for insuficiente, haverá quebra dos blocos.”. O nivelamento da areia de assentamento é demonstrado na figura 4.

Como mostra a figura 4, a areia de assentamento é nivelada utilizando uma régua metálica ou tábua de madeira reta, sendo que a areia de assentamento não deve ser utilizada para corrigir imperfeições na base (INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE, 2011a, p. 5, tradução nossa). O Caderno de Encargos da Secretaria Municipal de Obras e Viação também resalta que “[...] não será permitido o remanejamento da superfície da areia já regularizada com a finalidade de ajustar eventuais diferenças nas alturas dos blocos.” (PORTO ALEGRE, [2002]). Para a execução da camada de assentamento, a NBR 15953 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, p. 10) recomenda:

- a) espalhar o material de assentamento na frente de serviço, na quantidade suficiente para suprir a jornada de trabalho;
- b) executar mestras paralelamente à contenção principal, nivelando-as na espessura da camada de assentamento [...] respeitando o caimento [...];

- c) nivelar o material de assentamento manualmente por meio de régua metálica, [...] resultando em uma superfície sem irregularidades;
- d) uma vez espalhado, o material de assentamento não pode ser deixado no local aguardando a colocação das peças, devendo-se lançar a quantidade suficiente para cumprir a jornada de trabalho prevista no dia, evitando-se deformações na camada.

Figura 4 – Nivelamento da areia de assentamento



(fonte: INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE, 2011a, p. 5, tradução nossa)

3.2.8 Blocos intertravados de concreto

O principal material utilizado nesse tipo de pavimento é o bloco pré-fabricado de concreto. Servindo de revestimento para o pavimento, essa é a camada mais importante e receberá diretamente a ação do tráfego de veículos, devendo ter espessura corretamente dimensionada e instalação dos blocos conforme indicado na bibliografia. Serão mostrados a seguir os critérios de aceitação e modo de assentamento dos mesmos.

3.2.8.1 Blocos intertravados de concreto – aceitação das peças

As peças devem seguir normas brasileiras para uso em pavimentos, e conforme o *Interlocking Concrete Pavement Institute* (1996, p. 3, tradução nossa), os blocos devem seguir os requisitos das normas do local da instalação e requerimentos de resistência à compressão,

resistência química, dimensões e coloração definidas. Também é indicada a utilização de blocos de fornecedores certificados.

A NBR 9781 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 7) regulamenta as características das peças pré-fabricadas de concreto e “[...] fixa as condições exigíveis para a aceitação de peças pré-moldadas de concreto, destinadas à pavimentação de vias urbanas, pátios de estacionamento ou similares.”. Essa Norma indica para as dimensões máximas os seguintes valores: **250 mm para o comprimento (c)**, que é a maior distância entre duas faces paralelas entre si, e perpendiculares aos planos de topo e base; **97 mm para largura (l)**, que é a menor distância entre duas faces paralelas entre si, e perpendiculares aos planos de topo e base. A **espessura (e) mínima** por sua vez tem um valor mínimo de **60 mm**, que é distância entre os dois planos paralelos nos quais estão contidos o topo (superfície de rolamento) e a base.

A resistência à compressão dos blocos é um parâmetro muito importante para sua aceitação, sendo que a tabela 2 mostra as resistências indicadas na NBR 9781 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 12).

Tabela 2 – Resistência característica à compressão

Solicitação	Resistência característica à compressão (f_{pk}) aos 28 dias MPa
Tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha	≥ 35
Tráfego de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeitos de abrasão acentuados	≥ 50

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 12)

Um detalhe que deve ser lembrado é que “[...] a unidade de compra das peças deve ser o m² [...]” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 10), já que a Secretaria Municipal de Obras e Viação (PORTO ALEGRE, [2002]) também realiza o pagamento dos serviços de pavimentação por m² executado.

Existem também variações máximas permitidas nas dimensões, que são de 3 mm no comprimento, largura e espessura das peças (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS

TÉCNICAS, 2013, p. 11). Poucas variações no comprimento e largura são permitidas, mas influenciam no tamanho das juntas, que são de dimensão reduzida e que não aceitam grandes variações de tamanho. Variações da espessura da peça influenciam na espessura da areia de assentamento e valores maiores podem influenciar no comportamento do sistema, sendo que as peças não podem ser aceitas com diferenças maiores que os 3 mm indicados em Norma.

Segundo a NBR 9781 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 13), tem-se alguns critérios para a separação de lotes:

O lote deve ser formado por um conjunto de peças com as mesmas características, produzidos sob as mesmas condições de fabrica e com os mesmos materiais, cabendo ao fabricante a indicação dos conjuntos que atendam a estes requisitos. [...] A formação do lote de fabricação deve ser limitada à produção diária [...].

A mesma Norma ainda recomenda que “Para os ensaios de inspeção visual, avaliação dimensional e resistência à compressão a amostra deve ter, no mínimo, seis peças para cada lote de fabricação até 300 m² e uma peça adicional para cada 50 m² suplementar, até perfazer a amostra máxima de 32 peças.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 14). Após a seleção das peças para o ensaio de resistência, estas devem ser identificadas e enviadas para o laboratório, sendo testadas utilizando as recomendações do Anexo A da Norma citada.

Como apontado na NBR 9781 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 16), o valor característico de resistência estimada à compressão, considerando que esta obedece a distribuição normal, deve ser obtido pela fórmula 1:

$$f_{pk, est} = \bar{f}_p - t \cdot s \quad (\text{fórmula 1})$$

Sendo:

$$s = \text{desvio padrão da amostra} \sqrt{\frac{\sum (f_p - f_{pi})^2}{n-1}} \text{ em MPa};$$

Onde:

\bar{f}_p = é a resistência média das peças, expressa em megapascals (MPa);

f_{pi} = é a resistência individual das peças, expressa em megapascals (MPa);

f_{pk} = é a resistência característica estimada à compressão, expressa em megapascals (MPa);

n = é o número de peças da amostra;

s = é o desvio padrão da amostra, expresso em megapascals (MPa);

t = coeficiente de Student, fornecidos na tabela 3, em função do tamanho da amostra.

Tabela 3 – Coeficiente de Student (nível de confiança de 80%)

n	t	n	t
6	0,920	18	0,863
7	0,906	20	0,861
8	0,896	22	0,859
9	0,889	24	0,858
10	0,883	26	0,856
12	0,876	28	0,855
14	0,870	30	0,854
16	0,866	≥32	0,842

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 18)

Após aprovação dos blocos nos testes de resistência à compressão, a NBR 9781 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 14-15) exige que os seguintes itens devem ser cumpridos:

7.1 Na inspeção visual [...], o lote deve ser rejeitado se forem constatadas mais de 5% de peças defeituosas.

Nota: A critério do comprador as peças defeituosas podem ser substituídas pelo fornecedor e o lote aceito, desde que cumpra as exigências de 7.2 e 7.5.

7.2 As dimensões e tolerâncias devem atender ao descrito no item 5.2 [dimensões e tolerâncias].

7.3 A resistência característica estimada à compressão deve estar de acordo com as exigências de 5.4.

7.4 A absorção de água deve atender ao descrito em 5.5.

7.5 A resistência à abrasão, quando especificada, deve atender ao descrito em 5.6.

7.6 Não sendo atendidas as condições de algum dos itens 7.2 a 7.5, realizar os ensaios necessários em peças destinadas à contraprova. Caso os resultados sejam satisfatórios, o lote em exame deve ser aceito.

Após esta série de conferências, as peças aceitas podem ser utilizadas na execução da camada de revestimento do pavimento. Os itens devem ser conferidos pela empresa executora da obra antes do início da etapa de assentamento dos blocos.

3.2.8.2 Blocos intertravados de concreto – assentamento das peças

O assentamento dos blocos de concreto deve seguir o padrão de assentamento definido no projeto e demais cuidados indicados no mesmo devem ser observados, como o tamanho das juntas e alinhamentos conforme o projeto arquitetônico. Ainda, o Manual do *Interlocking Concrete Pavement Institute* (1996, p. 6, tradução nossa) indica que “[...] deve-se verificar se há material estranho incrustado nos blocos e devem ser assentados conforme padrão mostrado no projeto e seguindo linhas retas do padrão [não sinuosa].”.

Sabendo que o tamanho das juntas já foi previamente estabelecido pela instalação de teste na amostra do pavimento medindo 2 x 2 m, podem ser utilizados espaçadores nas unidades do pavimento “[...] sendo altamente recomendados em instalações mecanizadas e podem ou não ser utilizados em instalações manuais.” (INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE, 1996, p. 3, tradução nossa). A figura 5 mostra o assentamento dos blocos feito manualmente.

Figura 5 – Assentamento dos blocos



(fonte: INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE, 2011a, p. 5, tradução nossa)

Segundo a NBR 9781 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 11), o assentamento das peças deve:

- a) [...] primeira fiada de acordo com o padrão de assentamento estabelecido no projeto[...];
- b) o assentamento das peças pode ser manual ou mecanizado e deve ser executado sem modificar a espessura e uniformidade da camada de assentamento;
- c) as peças não podem ser arrastadas sobre a camada de assentamento até sua posição final;
- d) manter as linhas-guia [...] verificando regularmente o alinhamento longitudinal e transversal;
- e) efetuar os ajustes de alinhamento das peças, mantendo as espessuras das juntas uniformes.

Pode-se notar, observando-se essa Norma, que o tamanho das juntas, paginação e alinhamento dos blocos devem ser monitorados para que não haja problemas posteriores no pavimento. Outro aspecto importante a ser ressaltado é que existe a possibilidade de que haja um pequeno recalque dos blocos, sendo que, pelo *Interlocking Concrete Pavement Institute* (1996, p. 5, tradução nossa), “[...] para a instalação em uma base de agregados compactada deve-se estar ciente que a superfície superior dos blocos deve estar de 3 a 6 mm acima do especificado devido à possível recalque posterior dos blocos.”. Essa diferença permite um pequeno deslocamento dos blocos no decorrer do uso do pavimento, sem que ocorram problemas na via.

3.2.9 Ajustes e arremates

Sobre os espaços entre as contenções laterais (meio-fio), é necessário que, segundo o *Interlocking Concrete Pavement Institute* (1996, p. 6, tradução nossa):

Os vazios (lacunas) entre as contenções laterais e os blocos devem ser preenchidos com blocos cortados ou unidades de contenção, sendo que o tamanho dos blocos cortados não deve ser menor que um terço do tamanho original para locais com tráfego de veículos. Os blocos devem ser cortados com uma serra circular ou cortador de *paver* de lâmina dupla.

A etapa de ajustes e arremates tem a função de realizar os fechamentos e acabamentos do pavimento. O Caderno de Encargos da Secretaria Municipal de Obras e Viação (PORTO ALEGRE, [2002]) indica o uso “[...] junto aos alinhamentos com pavimentos existentes ou

junto aos meios-fios [...] deverão ser preenchidos com concreto de cimento Portland de mesma resistência dos blocos, aditivado para uma cura rápida.”.

3.2.10 Compactação inicial

A seguir, começa o processo de compactação do pavimento, ou seja, conforme *Interlocking Concrete Pavement Institute* (1996, p. 6, tradução nossa), “[...] depois do assentamento dos blocos deve-se partir para o processo de compactação utilizando um vibrador de alta frequência e baixa amplitude [vibrador sapão] para vibrá-los na areia de assentamento. A tabela [...] [4] mostra como selecionar o equipamento.”.

Tabela 4 – Mínima força centrífuga de compactação

Espessura do <i>Paver</i> (mm)	Força de Compactação lb (kN)
60	3000 (13)
80	5000 (22)

(fonte: INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE, 1996, p. 7, tradução nossa)

O manual de construção de pavimentos intertravados de concreto do *Interlocking Concrete Pavement Institutes* (2011a, p. 5, tradução nossa) indica que “[...] após a instalação dos blocos, os mesmos devem ser compactados com um compactador de placas vibratórias com capacidade mínima de 22 kN e operando entre 75 e 90 Hertz.”. Ainda resalta o número mínimo de duas passagens do equipamento sobre o pavimento com as placas instaladas, com o intuito de “[...] para assentar os blocos [...] e forçar a areia de assentamento a entrar nas juntas na parte inferior dos mesmos.” (INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE, 2011a, p. 5, tradução nossa). A figura 6 mostra a compactação dos blocos da camada de assentamento.

Figura 6 – Compactação inicial dos blocos



(fonte: INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE, 2011a, p. 6, tradução nossa)

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2011, p. 12) também indica a compactação com “[...] placas vibratórias, [...] com sobreposição de 15 a 20 cm [...] até a, no máximo, 1,5 m das contenções laterais.”. Ainda afirma que “[...] o projeto pode estabelecer outras condições de compactação, desde que mantidas as características da camada de revestimento [...]”.

3.2.11 Areia de rejuntamento

A areia de rejuntamento tem a função de preencher as juntas entre os blocos e intertravar os mesmos. Também, através das juntas, ocorre a drenagem da água do pavimento, sendo considerado como permeável devido à essa capacidade. São descritos neste item alguns cuidados que devem ser tomados no espalhamento e varrição da areia de assentamento.

É mencionado também pelo *Interlocking Concrete Pavement Institute* (2007, p. 6-7, tradução nossa) que a areia de rejuntamento, têm a função de intertravar e selar os blocos do pavimento. O tamanho das juntas recomendado pela instituição é de 2 mm a 5 mm e, mesmo esse tamanho sendo um parâmetro importante, o método executivo do pavimento é que irá ser fator preponderante na qualidade do pavimento final. A NBR 15953 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, p. 8) também admite juntas de 2 a 5 mm entre os blocos. Essa espessura de junta normalmente é conseguida utilizando os espaçadores incorporados nos blocos de concreto, presentes na maioria dos mesmos.

A granulometria da areia de rejuntamento é um item essencial para o funcionamento do pavimento, devido ao fato de que uma areia com um percentual de finos muito alto pode diminuir muito a permeabilidade do pavimento, sendo indicada tanto pelos manuais da *Interlocking Concrete Pavement Institute* e da Associação Brasileira de Cimento Portland, como pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas. A tabela 5 mostra as composições granulométricas indicadas por cada instituição.

Tabela 5 – Graduação necessária para areia de rejuntamento

Abertura de peneira (mm)	Percentual retido acumulado %		
	NBR 15953 ⁶	ICPI ⁷	ABCP ⁸
4(4,75)	0-10	0	0-15
8(2,36)	0-25	0-5	60-90
16(1,18)	5-50	0-30	90-100
30(0,6)	15-70	25-60	95-100
50(0,3)	50-95	65-90	100
100(0,15)	85-100	85-98	100
200(0,075)	90-100	98-100	100

(fonte: elaborado pelo autor)

Pela análise da graduação da areia de rejuntamento nota-se que a mesma tem um maior percentual de finos, sendo considerada uma areia fina, enquanto a areia de assentamento é considerada uma areia média. Quando forem utilizadas para tráfego de veículos, as areias devem ser as mais bem graduadas da região (INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE, 1996, p. 4, tradução nossa), sendo assim, mais resistentes. Essa afirmação se justifica pelo tipo de cargas a que estará sujeito o pavimento com tráfego de veículos, uma vez que esses valores serão muito maiores do que as aplicações em calçadas para pedestres. A figura 7 mostra o procedimento de espalhamento e varrição da areia de rejuntamento após a compactação inicial dos blocos.

⁶ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, p. 8.

Figura 7 – Espalhamento e varrição da areia de rejuntamento



(fonte: INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE, 2011a, p. 6, tradução nossa)

O espalhamento da areia de rejuntamento deve ser realizado após a compactação inicial, sendo que a NBR 15953 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, p. 11) indica que, durante a execução dessa etapa, se deve:

- a) espalhar o material de rejuntamento seco sobre a camada de revestimento, formando uma camada fina e uniforme em toda a área executada;
- b) executar o preenchimento das juntas por processo de varrição[...] até que as juntas sejam totalmente preenchidas.

3.2.12 Compactação final

Após o espalhamento e varrição, parte-se para a compactação do pavimento concluído, também com o uso de placas vibratórias. As indicações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (2011, p. 12) são as mesmas indicadas anteriormente para a compactação inicial. O Manual do *Interlocking Concrete Pavement Institute* (1996, p. 6, tradução nossa) ressalta que durante a vibração dos blocos:

A areia de rejuntamento deve ser espalhada nos blocos já assentados e varrida até as juntas, utilizando o vibrador até que estejam completamente cheias. Isso requer de 2 a 3 passadas com o equipamento. Deve-se tomar cuidado de não realizar esta operação a uma distância mínima de 1 m de blocos sem as restrições laterais. Todo o trabalho realizado deve deixar uma margem de 1 m de areia até as unidades finalizadas até o fim de um dia de trabalho.

⁷ INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE, 1996, p. 4, tradução nossa.

⁸ MARCHIONI; SILVA, 2011, p. 12.

A areia de rejuntamento se distribuirá irregularmente no pavimento após a vibração e seu excedente deverá ser varrido. O Manual do *Interlocking Concrete Pavement Institute* (1996, p. 7, tradução nossa) afirma que “Após finalizar o processo de vibração, toda a areia excedente deve ser varrida para terminar o assentamento.”. A figura 8 mostra a compactação dos blocos de concreto já com a areia de rejuntamento, finalizando o processo de instalação dos blocos, sendo a próxima etapa a inspeção final do pavimento construído.

Figura 8 – Compactação final dos blocos



(fonte: INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE, 2011a, p. 6, tradução nossa)

3.2.13 Inspeção final

Após completar todos os procedimentos indicados, é necessário que o pavimento seja inspecionado por um engenheiro qualificado da empresa construtora, com o intuito de identificar problemas ou situações que não estejam de acordo com o projeto. Somente após essa inspeção é que o pavimento pode ser liberado para tráfego e dado como pronto.

O Manual do *Interlocking Concrete Pavement Institute* (1996, p. 7, tradução nossa) indica, sobre as elevações das peças, que “As elevações finais não devem ultrapassar 10 mm a cada 3 m lineares, sendo que a superfície final deve ter uma elevação de 3 a 6 mm em relação aos

drenos do pavimento.”. A NBR 15953 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, p. 12) recomenda esses mesmos valores. Também ressalta que “Após a compactação final e liberação da inspeção, pode-ser manter uma fina camada de material de rejuntamento [...] com o objetivo de repor o material que será adensado após a liberação ao tráfego.”.

Também é mencionado no Manual que deve haver “[...] o controle de qualidade, [quando] as elevações finais devem ser verificadas conforme valores de projeto, após a remoção de toda a areia em excesso.” (INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE, 1996, p. 7, tradução nossa).

4 ACOMPANHAMENTO E ANÁLISE CRÍTICA DA EXECUÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO COM BLOCOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO

O trabalho foi desenvolvido acompanhando a pavimentação com blocos intertravados de concreto da rua Voluntários da Pátria e entorno do estádio de futebol, localizado na Zona Norte, no Bairro Humaitá, em Porto Alegre. Para a realização da pesquisa foi necessário o contato com a Secretaria Municipal de Obras e Viação e, através do Engenheiro L., funcionário da empresa contratada para execução da obra estudada, conseguiu-se a autorização para o acompanhamento das obras.

A execução da obra foi acompanhada utilizando um *checklist* desenvolvido com o objetivo de enumerar os itens que estão de acordo com as técnicas descritas na literatura e quais estão diferentes dos mesmos. Ainda, há um espaço para demais considerações sobre a obra e itens considerados importantes no decorrer da inspeção realizada em campo.

4.1 CHECKLIST

O *checklist* aborda diversos itens separados por projeto, material, execução e inspeção final, com o intuito de guiar, mas não limitado somente aos itens do mesmo, sendo que observações consideradas importantes no acompanhamento da obra são adicionados no *checklist* para complementar as informações sobre a obra. As bases teóricas para sua elaboração foram a NBR 15953/2011, os manuais da *Interlocking Concrete Pavement Institute* e da Associação Brasileira de Cimento Portland. Uma cópia não preenchida do *checklist* é disponibilizada no apêndice e pode ser utilizada para acompanhamento e análise de outros pavimentos com blocos intertravados de concreto.

Com o *checklist* elaborado, foi realizada a etapa de campo do trabalho, que se constitui de análise visual da execução do pavimento, conferência dos itens do *checklist*, obtenção de fotos do local e contato com a empreiteira e com a equipe técnica da empresa executante. Ainda, através da coleta de material na obra, foi realizado o teste granulométrico com as amostras de

areia da assentamento e rejuntamento no Lapav. O quadro 3 apresenta o *checklist* já preenchido, onde são detalhados aspectos do trabalho, valores indicados pelo referencial teórico e encontrados em campo, além de observações consideradas interessantes para o trabalho, com os itens na ordem que devem ser executadas em obra.

Quadro 3 – *Checklist* para acompanhamento da obra

ÁREA	ASPECTO	CAMPO	TEÓRICO	SITUAÇÃO OK?	OBSERVAÇÕES
PROJETO	estrutural	ok	uso em campo	sim	
	arquitetônico	ok	uso em campo	sim	
BASE	projeto	ok	uso em campo	sim	
	testes	ok	realizados	sim	
	execução	ok	conforme projeto	sim	
SUB-BASE	projeto	ok	uso em campo	sim	
	testes	ok	realizados	sim	
	execução	ok	conforme projeto	sim	
DRENAGEM	projeto	ok	uso em campo	sim	
	execução	ok	conforme projeto	sim	
REVESTIMENTO	blocos	ok	conforme projeto	sim	
TIPO DE BLOCO	unistein/estocolmo	ok	qualquer	sim	
EMPRESA	executante	-	-	-	
TIPO DE EMPRESA	pavimentadora	-	-	-	
TIPO DE CONTRATO	licitação	-	-	-	
TEMPO DE MERCADO	38 anos	-	-	-	
EQUIPE	empreiteira	-	-	-	
	experiência prévia	8 anos pavimentação/2 anos em blocos	sim	sim	EPIs incorretas
NBR 15953	norma técnica	não	sim	não	Caderno Encargos SMOV
CADERNO ENCARGOS SMOV	instrução de serviço contratado	sim	sim	sim	
LIMPEZA		em parte	sim	não	sujeira, falta de controle de acesso
SINALIZAÇÃO	isolamento e sinalização	em parte	sim	não	falta de sinalização, segurança contratado pela obra
EQUIPAMENTOS	equipamento necessário	sim	sim	sim	
MODELO 2X2	construção	não	necessário	não	

continua

continuação

ÁREA	ASPECTO	CAMPO	TEÓRICO	SITUAÇÃO OK?	OBSERVAÇÕES
MEIO-FIO	tipo	concreto pré-moldado	diversos tipos possíveis	sim	
	etapa execução	antes do revestimento	antes revestimento	sim	
	dimensões	1,0m x 0,30m x 0,15m	variam	sim	
	instalação	manual	manual ou automatizado	sim	
	fixação	base do pavimento	impedir deslocamento	sim	
AREIA DE ASSENTAMENTO	graduação	tabela	tabela	laboratório sim	análise granulométrica
	transporte	caminhão/carrinho/manual	caminhão/dépósito/carrinho	sim	
	armazenamento	ar livre	local coberto	em parte	sem proteção contra intempéries
	umidade	não medida	3% a 7%	não	
	espessura camada	5 cm (4-7 cm)	5 cm (mais ou menos 2cm)	sim	
	material orgânico	não medido/não visualizado	não	não	não havia controle/material orgânico
	distância livre para instalação	maior que 1,5 m	maior que 1,5 m	sim	passagem de carros(falta de isolamento), retrabalho
	espalhamento	frente de serviço, pouco mais	frente de serviço	sim	
	mestras e régua	ok	sim	sim	
	nivelamento	ok	uso mestras e régua		
BLOCO	tipo	unistein/estocolmo	diversos tipos possíveis	sim	
	resistência	35 MPa/35MPa	35/50 Mpa	sim	
	recebimento	documentos	ok	sim	
	transporte	caminhão/empilhadeira/retro/carrinho/m anual/	depende	em parte	quebra de unidades/transporte retroescavadeira
	fabricante registrado	forn. 1-sim/forn. 2-não	preferencialmente	sim	
	armazenamento	ar livre	coberto	não	
	data fabricação	não observado	prazo cura	-	
	controle qualidade	não observado	testes resistência	-	
	espessura bloco	10 cm/10cm	10 cm	sim	
	espessura juntas	2-7 mm	2-5 mm	em parte	algumas espessuras acima indicado
	material orgânico	não	não	sim	
	distância livre para instalação	maior que 1,5 m	maior que 1,5 m	sim	passagem de carros (falta de isolamento), retrabalho

continua

continuação

ÁREA	ASPECTO	CAMPO	TEÓRICO	SITUAÇÃO OK?	OBSERVAÇÕES
BLOCO	nivelamento	fio nylon	fio nylon	sim	
	padrão de assentamento	espinha de peixe	espinha de peixe	sim	
	modo de assentamento	manual	manual ou automatizado	sim	
LINHAS-GUIA	alinhamentos	em parte	transversal e longitudinal	em parte	falta linhas/referenciais
ESPAÇADORES INCORPORADOS	juntas	sim	preferencialmente	sim	
AJUSTES E ARREMATES	Foram realizados os arremates com peças cortadas?	sim	sim	sim	
	acabamento meio-fio e bloco	argamassado	areia rejuntamento	em parte	
	equipamento utilizado	guilhotina	guilhotina/serra circular	sim	
AREIA DE REJUNTAMENTO	graduação	ver tabela	tabela	laboratório	análise granulométrica
	armazenamento	ar livre (em cima dos blocos)	coberto	não	depositado diretamente no pavimento
	espessura juntas	2-7 mm	2-5mm	em parte	algumas espessuras acima indicado
	material orgânico	não medido/não visualizado	não	não	não havia controle/material orgânico
COMPACTAÇÃO INICIAL	tipo de equipamento	rolo tandem leve/sapão	sapão	não	
	tempo utilizado/passadas	4-5 passadas/re-cobrimento 2m	2-3 passadas	em parte	não estava de acordo (placas vibratórias)
	sobreposição	a critério do operador/meio rolo	15-20 cm	não	
VARRIÇÃO	equipamento utilizado	vassoura	vassoura	sim	
	excessivo	não	não	sim	
COMPACTAÇÃO FINAL	tipo de equipamento	rolo tandem leve/sapão	sapão	não	
	tempo utilizado/passadas	4-5 passadas/re-cobrimento 2m	2-3 passadas	em parte	não estava de acordo (placas vibratórias)
	sobreposição	a critério do operador/meio rolo	15-20 cm	não	

continua

continuação

ÁREA	ASPECTO	CAMPO	TEÓRICO	SITUAÇÃO OK?	OBSERVAÇÕES
INSPEÇÃO FINAL	troca peças danificadas?	não	sim	não	
	verificação juntas	não medido pelo executante/ maiores em alguns locais	análise visual	em parte	algumas espessuras acima indicado
	desnível 10mm/3m?	não medido pelo executante	análise visual	não	não verificado durante acompanhamento da obra
	convenções OK?	sim	sim	sim	
	areia rejuntamento sobressalente	sim	sim	sim	
	liberação para tráfego	imediata somente para obra	após inspeção	não	passagem de carros (falta de isolamento), retrabalho

(fonte: elaborado pelo autor)

4.2 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

A análise granulométrica das areias utilizadas como assentamento e rejuntamento dos blocos foi realizada no Lapav, com o auxílio do técnico Vinícius Alpes, utilizando como referência a NBR NM 248/2003⁹. O ensaio tinha o objetivo de completar a lacuna sobre a situação das areias quanto à sua granulometria e mostrar se as mesmas estavam de acordo com o indicado pela bibliografia especializada.

4.2.1 Areia de assentamento

Após o ensaio, pode-se resumir a análise granulométrica em uma tabela comparativa de valores de percentuais retidos acumulados, conforme mostrado na tabela 6 para areia de assentamento.

⁹ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: agregados – determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

Tabela 6 – Comparativo da areia de assentamento

Abertura de peneira (mm)	Percentual retido acumulado %			
	NBR 15953 ¹⁰	ICPI ¹¹	ABCP ¹²	ensaio
3/8"(9,5)	-	0	0-15	
1/4"(6,3)	0-7	-	-	0,65
4(4,75)	0-10	0-5	70-90	2,24
8(2,36)	0-25	0-15	90-100	11,33
16(1,18)	5-50	15-50	95-100	24,49
30(0,6)	15-70	40-75	100	46,20
50(0,3)	50-95	70-90	100	78,09
100(0,15)	85-100	90-98	100	96,43
200(0,075)	90-100	98-100	100	100,00

(fonte: elaborado pelo autor)

A tabela mostra que a granulometria da areia de assentamento ensaiada, uma amostra da utilizada na obra estudada, apresenta a composição granulométrica dentro dos limites indicados pela NBR 15953 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, p. 7) e pelo Manual da *Interlocking Concrete Pavement Institute* (1996, p. 4, tradução nossa). Já os valores indicados pelos manuais de Associação Brasileira de Cimento Portland (MARCHIONI; SILVA, 2011, p. 12) diferem totalmente do encontrado no ensaio granulométrico.

4.2.2 Areia de rejuntamento

A areia de rejuntamento também foi ensaiada e apresentou os dados listados na tabela 7, na qual também se apresentam os valores de percentuais retidos acumulados indicados pela bibliografia.

¹⁰ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, p. 7.

¹¹ INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE, 1996, p. 4, tradução nossa.

¹² MARCHIONI; SILVA, 2011, p. 12.

Tabela 7 – Comparativo da areia de rejuntamento

Abertura de peneira (mm)	Percentual retido acumulado %			
	NBR 15953 ¹³	ICPI ¹⁴	ABCP ¹⁵	ensaio
4(4,75)	0-10	0	0-15	0,00
8(2,36)	0-25	0-5	60-90	0,00
16(1,18)	5-50	0-30	90-100	0,07
30(0,6)	15-70	25-60	95-100	0,26
50(0,3)	50-95	65-90	100	5,78
100(0,15)	85-100	85-98	100	74,74
200(0,075)	90-100	98-100	100	100,00

(fonte: elaborado pelo autor)

Nos valores comparativos para areia de rejuntamento, a amostra ensaiada não está de acordo com nenhuma das granulometrias indicadas, sendo que o referencial teórico indica uma areia um pouco mais grossa que usada em campo. O uso de areia mais fina que o indicado como areia de rejuntamento pode resultar num rápido acúmulo de finos nas juntas dos blocos, diminuindo a capacidade de permeabilidade do pavimento. Pode-se notar que nesse quesito há uma grande diferença entre os percentuais indicados na bibliografia e os executados em campo, estando totalmente fora do esperado.

4.3 ANÁLISE CRÍTICA COMPARATIVA

Nessa seção foi realizada a comparação crítica do pavimento executado com o referencial teórico, relativo aos principais itens da execução da obra, com informações retiradas do *checklist* e figuras com situações encontradas em campo. Também são apresentados dados obtidos com a equipe técnica da empresa executante, considerados necessários para o trabalho.

¹³ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, p. 8.

¹⁴ INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE, 1996, p. 4, tradução nossa.

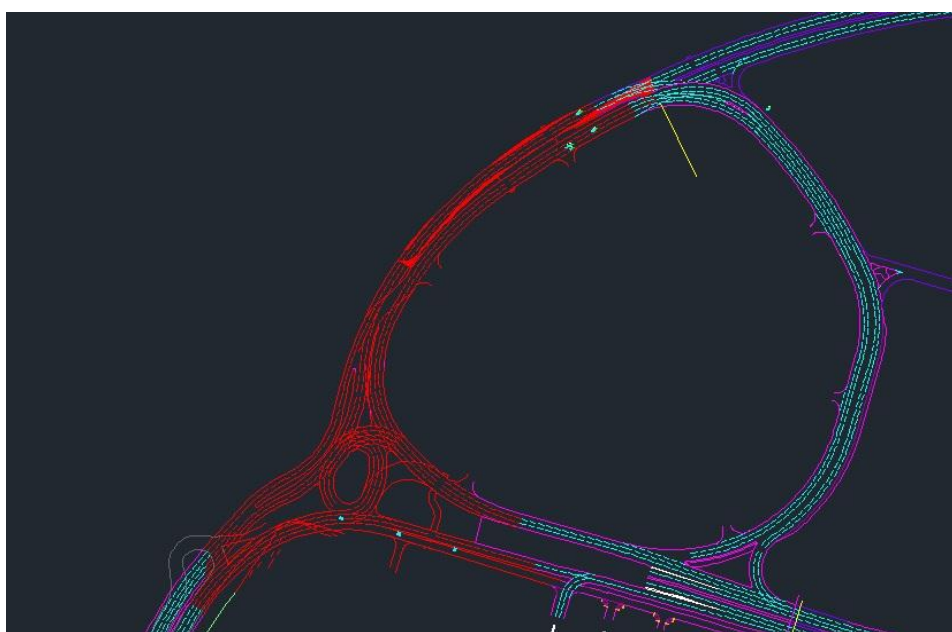
¹⁵ MARCHIONI; SILVA, 2011, p. 12.

4.3.1 Projeto, testes de base e sub-base e equipe de trabalho

O projeto realizado pela empresa executante estava de acordo com o esperado, contendo o dimensionamento de base, sub-base e drenagem, além de toda a infraestrutura necessária antes da execução do pavimento com blocos de concreto. O projeto foi desenvolvido pelo Método de Projeto do Prof. Murilo Lopes de Souza, também conhecido como Método do DNIT, vigente na Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Os dados relativos aos projetos foram repassados pelo Engenheiro L., assim como demais informações sobre a obra. No trecho estudado, o número N (número de solicitações de veículos com 8,2 t por eixo) adotado foi de $1,48 \times 10^8$ e um Índice de Suporte Califórnia 8,0%, após as intervenções na camada inferior à sub-base, com material retirado de jazida e trazido para a obra. As espessuras de camadas adotadas foram 30 cm de sub-base de pedra rachão, 18 cm de base de brita graduada, 5 cm de camada de assentamento de areia média e 10 cm de revestimento de bloco de concreto.

Os testes de controle de execução de base e sub-base foram realizados pela empresa executante e os ensaios de cone de areia, usados para aceitação da base de brita graduada, estavam disponíveis com o Engenheiro L. em campo no decorrer da execução do pavimento. A paginação dos blocos também estava com a equipe de trabalho. A figura 9 ilustra o projeto arquitetônico da obra, com o trecho estudado marcado em vermelho.

Figura 9 – Projeto arquitetônico da obra



(fonte: EMPRESA EXECUTANTE, 2012)

Existem outros métodos de dimensionamento de pavimentos com blocos intertravados de concreto, como o descrito no manual *Structural Design of Interlocking Concrete Pavement for Roads and Parking Lots* do *Interlocking Concrete Pavement Institute* (2011c), que também considera esse pavimento como flexível. Esse método é indicado devido à grande experiência do Instituto na área de blocos intertravados.

A empreiteira contratada pela empresa executante tinha oito anos de experiência na área de pavimentação, sendo dois na área de pavimentos com blocos intertravados de concreto. Tendo bom ritmo de trabalho e entrosamento, a equipe demonstrou rapidez na realização da obra.

4.3.2 Entrega, transporte e armazenamento de material

Considerando o transporte de material e equipamentos na obra, pode-se notar que alguns estão de acordo com a bibliografia especializada e outros não seguem fielmente as indicações. Mesmo assim, o transporte de material e armazenamento em campo não apresentam erros graves. O material da camada de assentamento era depositado diretamente no canteiro por caminhões e não havia nenhuma proteção das intempéries nem controle de umidade do material, conforme indicado pela bibliografia, tanto das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas como dos manuais do *Interlocking Concrete Pavement Institute*.

Os blocos de concreto eram descarregados no canteiro utilizando empilhadeiras e depositados diretamente sobre locais onde o pavimento já estava pronto, sem muitos cuidados quanto ao armazenamento. A areia de rejuntamento, assim como demais itens, era depositada a céu aberto sem controle da sua umidade ou proteção contra intempéries, sendo transportada até o canteiro por caminhões e para o local de execução com retroescavadeiras. As figuras 10, 11 e 12 mostram, respectivamente, o depósito da areia de assentamento, blocos de concreto e areia de rejuntamento.

Figura 10 – Depósito da areia de assentamento



(fonte: foto do autor)

Figura 11 – Depósito dos blocos de concreto



(fonte: foto do autor)

Figura 12 – Depósito da areia de rejuntamento



(fonte: foto do autor)

4.3.3 Execução das contenções laterais

Como visto, as contenções laterais utilizadas eram de concreto pré-moldado, instaladas de forma manual diretamente na base e com argamassa para conectar as peças. Com dimensões padrão de 1,00 x 0,30 x 0,15m (comprimento x altura x largura), as peças servem de confinamento dos blocos de concreto estavam bem fixadas na base, sendo que não precisam necessariamente estar presas em concreto moldado *in loco*. O procedimento realizado em obra foi a colocação manual das contenções e posterior compactação da base nos locais próximos à mesmas. A figura 13 mostra a execução das contenções laterais através desse procedimento.

Figura 13 – Execução das contenções laterais



(fonte: foto do autor)

O cuidado de realização de compactação até no máximo de 1,5 m até a frente de trabalho ou locais sem restrições laterais foi observado durante a execução da obra, estando de acordo com a bibliografia, já que as contenções eram instaladas muito antes da execução da camada de assentamento. Não foram observados deslocamentos das contenções no acompanhamento da obra, somente algumas fissuras na argamassa de rejuntamento das mesmas.

4.3.4 Execução da camada de assentamento

A camada de assentamento foi executada sobre uma base dimensionada pelo Método do DNIT, com projetos disponíveis em campo pela equipe técnica da empresa executante. O *checklist* e as informações buscadas em campo mostram que havia uma distância de espalhamento de areia de assentamento maior que um metro e meio, necessária para a correta colocação dos blocos. Não foi observada a colocação da camada de assentamento maior que a suficiente para a jornada diária de trabalho, conforme sugerido pela norma e bibliografia especializada. A areia de assentamento era transportada com carrinhos até a frente de trabalho, onde era espalhada com enxadas e nivelada utilizando as mestras e régua metálicas. O procedimento estava de acordo com o esperado e a figura 14 mostra o espalhamento e nivelamento da areia de assentamento.

Figura 14 – Espalhamento e nivelamento da areia de assentamento em campo



(fonte: foto do autor)

A espessura da camada medida em campo variava de 4 a 7 cm, estando dentro do esperado pelas definições da NBR 15953/2011 e com valores um pouco acima dos manuais da *Interlocking Concrete Pavement Institute*. Os dados do ensaio granulométrico mostraram que a areia se encontrava dentro dos padrões indicados na bibliografia. Vale ressaltar que o uso de areia natural é mais indicado que o uso de pó de pedra, devido à possibilidade do pó degradar, enquanto a areia natural é formada principalmente por quartzo, diminuindo essa possibilidade.

4.3.5 Execução do assentamento dos blocos intertravados de concreto

Os blocos utilizados na obra eram do tipo Unistein, fornecidos pela empresa fornecedora 1, um fabricante cadastrado na ABCP e do tipo Estocolmo, fornecido pela empresa fornecedora 2, não registrada na Associação. A resistência dos blocos usados era 35 MPa, sendo aceitos pela empresa executante no recebimento do material. Os testes de resistência dos blocos foram realizados na empresa fornecedora dos mesmos e em canteiro somente é recebido o certificado de realização dos testes.

Pode-se ver pela análise do *checklist* que o transporte de blocos até o canteiro é feito de maneira correta, através de unidades paletizadas. O problema se encontra no transporte dentro de canteiro, que por algumas vezes foi realizado usando retroescavadeiras e as peças são

depositadas diretamente sobre locais onde o pavimento está acabado. Isso gera a quebra de alguns blocos e perda de material ou instalação dos mesmos quebrados ou danificados, gerando desperdício de material e aumento do retrabalho no caso de troca. Não foi priorizada pela equipe executora a troca de unidades danificadas durante a obra, estando em desacordo com a bibliografia.

O assentamento dos blocos foi realizado de forma manual pela equipe de trabalho. Os blocos eram assentados na areia de assentamento conforme o padrão espinha de peixe, definido em projeto. Tendo espaçadores incorporados na peça, o trabalho era facilitado para os operários. Uma equipe fazia o nivelamento e alinhamento antes da colocação dos blocos, mas ocorreram alguns problemas no decorrer da execução, devido à passagem de carros (falta de isolamento) quando não havia pessoal na obra, gerando retrabalho devido aos problemas do deslocamento das peças. A figura 15 apresenta o assentamento dos blocos na areia de assentamento.

Figura 15 – Execução do assentamento dos blocos



(fonte: foto do autor)

4.3.6 Ajustes e arremates na obra

A etapa de ajustes e arremates tem a função de realizar os fechamentos e acabamentos do pavimento. O acabamento entre os blocos e o meio-fio foi feito com argamassa com elevado

teor de cimento, e não com concreto conforme indicado pelo Caderno de Encargos da SMOV (PORTO ALEGRE, [2002]), mas, devido à dimensão reduzida das juntas, o uso de argamassa é considerado adequado. As figuras 16 e 17 apresentam respectivamente o equipamento usado para o corte de blocos, a guilhotina, e o acabamento junto ao meio-fio.

Figura 16 – Guilhotina para corte dos blocos



(fonte: foto do autor)

Figura 17 – Acabamento junto ao meio-fio



(fonte: foto do autor)

4.3.7 Execução da compactação inicial

A compactação inicial tem como objetivo a entrada de areia de assentamento nas juntas para dar mais estabilidade ao pavimento e foi realizada utilizando um rolo tandem leve. Esse tipo de compactação não está de acordo com a bibliografia, que indica o uso de placas vibratórias, mas foi utilizado devido à especificação do uso pelo Caderno de Encargos da SMOV (PORTO ALEGRE, [2002]). A figura 18 mostra a compactação inicial dos blocos, com uma sobreposição de aproximadamente meio rolo, a critério do operador.

Figura 18 – Execução da compactação inicial



(fonte: foto do autor)

A compactação utilizando o rolo tandem leve não apresenta perdas ou problemas no tipo de compactação, mas sua compactação é através de uma geratriz de compactação, ao invés de uma área como o compactador de placas vibratórias. O uso de compactador de placas vibratórias é indicado na execução de pavimentos com blocos intertravados, pois esse é o equipamento mais básico de compactação e o mínimo necessário para compactação dos mesmos, sendo o seu uso mais comum nesse tipo de obra. O compactador de placas vibratórias foi utilizado perto das contenções laterais, devido à dificuldade de acesso do rolo, conforme indicado pelo Engenheiro L. Ainda, a compactação deve se iniciar pelas bordas em direção ao meio do pavimento, evitando deslocamento indevido dos blocos.

4.3.8 Espalhamento e varrição da areia de rejuntamento

As juntas entre os blocos intertravado de concreto eram preenchidas com a areia de rejuntamento, necessária para o intertravamento correto dos blocos. Com espaçadores incorporados nas peças, as juntas tinham de 2 a 7 mm, sendo o indicado no referencial como adequado de 2 a 5 mm. Essas dimensões um pouco maiores que as indicadas, contudo, eram observadas somente em alguns locais, por causa do pouco deslocamento indevido dos blocos.

A areia de rejuntamento era espalhada utilizando rodos de madeira e vassouras sobre o pavimento. O processo de varrição também estava de acordo com o esperado e não havia varrição excessiva nem acúmulo de areia, buscando completar todos as juntas inteiramente e que houvesse um pouco de excesso de areia somente para varrição complementar após compactação final. A figura 19 apresenta o espalhamento e varrição da areia de rejuntamento sobre o pavimento para entrada nas juntas e completo intertravamento dos blocos

Figura 19 – Espalhamento e varrição da areia de rejuntamento em campo



(fonte: foto do autor)

4.3.9 Execução da compactação final

A compactação final tem como objetivo o intertravamento completo dos blocos e entrada da areia de rejuntamento em vazios que possam ter sido criados na colocação da mesma. Esse tipo de compactação com rolo também não está de acordo com a bibliografia, assim como ocorreu na compactação inicial, mas foi utilizado devido à especificação do Caderno de Encargos da SMOV (PORTO ALEGRE, [2002]). O compactador de placas vibratórias foi utilizado perto das contenções laterais na compactação final, devido à dificuldade de acesso. A figura 20 mostra a compactação final dos blocos utilizando o rolo tandem leve.

Figura 20 – Execução da compactação final



(fonte: foto do autor)

A utilização de um compactador de rolo tandem leve, mesmo não estando expressamente dentro das normas e indicações da bibliografia, não traz nenhuma perda na qualidade de compactação do pavimento, pois o rolo tandem é efetivo na função e geralmente não é usado devido aos altos custos de locação do mesmo. Seu uso resulta numa boa acomodação das peças e não apresentou nenhum problema como quebra de blocos durante a compactação.

4.3.10 Inspeção final

Foi observado durante o acompanhamento da obra que não foi realizada uma completa inspeção final do pavimento, devido à grande quantidade de peças quebradas ou danificadas no mesmo. Ainda, não foi realizada a verificação do tamanho das juntas e desníveis do pavimento, utilizando a régua de 3 m indicada na bibliografia, mas não haviam ondulações visíveis no mesmo. A liberação para tráfego era praticamente imediata, sendo principalmente usada pelas equipes de obras do estádio ao lado da rua Voluntários da Pátria. A figura 21 apresenta o aspecto do pavimento finalizado e liberado para tráfego de veículos.

Figura 21 – Aparência final do pavimento



(fonte: foto do autor)

O pavimento não apresentava problemas visíveis de assentamento dos blocos e não foram observados desníveis ou elevações indevidas. Ainda, alguns meses após a realização do acompanhamento da execução e término da obra, foi realizada uma nova visita ao local do pavimento, e não haviam deformações aparentes no pavimento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização do trabalho mostra que os procedimentos empregados nessa obra na cidade de Porto Alegre estão em parte de acordo com as boas práticas descritas na bibliografia especializada sobre a técnica de pavimentação com blocos intertravados de concreto, ocasionadas principalmente devido à diferença de informações contidas no Caderno de Encargos da SMOV, que licita as obras na cidade de Porto Alegre, e a norma brasileira NBR 15953/2011.

Além disso, o Caderno de Encargos da SMOV não descreve grande parte dos serviços, sendo muito simplificado ao não citar normas atuais como a NBR 15953/2011 ou NBR 9781/2013 como referência para a execução do pavimento. É considerada necessária uma revisão do Caderno de Encargos e atualização quanto às normas técnicas para que se busque melhores condições dos pavimentos com blocos de concreto na cidade de Porto Alegre.

Sendo assim, a hipótese não foi confirmada totalmente, devido à questões de armazenamento, especificação e transporte de material, como o caso de uso da areia de rejuntamento não estar de acordo com o esperado, problemas no transporte dos blocos gerando quebra, perda de material e retrabalho, pouca sinalização e isolamento das áreas onde estavam sendo realizadas as obras, falta de proteção contra intempéries para os materiais armazenados em campo e espessuras de juntas acima dos valores indicados em alguns locais, mostrando a necessidade de utilizar o referencial técnico na área de pavimentação com blocos intertravados de concreto e seguindo as normas técnicas brasileiras para uma melhor qualidade do pavimento.

Ainda assim, muitos itens vistos no andamento da obra estão de acordo com o *checklist* e seguem as instruções técnicas indicadas, além de seguir as determinações do Caderno de Encargos da Secretaria Municipal de Obras e Viação, que é a licitadora da obra e que especifica os procedimentos que devem ser seguidos em campo, estando assim, de acordo com o pedido pela contratante. Procedimentos como compactação dos blocos não estavam de acordo com o referencial teórico, mas foram considerados adequados à obra.

Foi constatado durante o acompanhamento da obra que parte das inspeções não é realizada pela empresa contratada, além de cuidados com danos dos blocos de concreto já instalados.

Os reparos que deveriam ser realizados antes da entrega da obra e liberação para o tráfego não foram observados.

Em suma, a obra apresentou boa qualidade final e rapidez nas atividades realizadas, mas algumas precauções poderiam ter sido tomadas, para eliminar possíveis problemas no pavimento devido ao modo de execução. Cuidados como melhor sinalização do local de assentamento dos blocos, mais cautela no assentamento dos mesmos, visando o tamanho das juntas, armazenamento de materiais em local adequado e protegido de intempéries e transporte dos blocos de concreto de maneira adequada, evitando quebra de cantos e desperdício de peças, trariam uma maior vida útil à via e diminuição de custos com material e mão de obra.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Manual de pavimento intertravado**: passeio público. São Paulo, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11170**: serviços de pavimentação – terminologia. Rio de Janeiro, 1990.

_____. **NBR 15953**: pavimento intertravado com peças de concreto – execução. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 9781**: peças de concreto para pavimentação – especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE. **Construction Details and Guide Specifications for Interlocking Concrete Pavements and Concrete Grid Pavements**. Sterling, USA, June 1996.

_____. **Bedding Sand Selection for Interlocking Pavements in Vehicular Applications**. Herndon, USA, 2007. Disponível em: <<http://www.icpi.org/techspec/1040/display/?key=1195>>. Acesso em: 6 jun. 2012.

_____. **Construction of Interlocking Concrete Pavements**. Herndon, USA, 2011a. Disponível em: <<http://www.icpi.org/techspec/1025/display/?key=1195>>. Acesso em: 6 jun. 2012.

_____. **Edge restrains for Interlocking Concrete Pavements**. Herndon, USA, 2011b. Disponível em: <<http://www.icpi.org/techspec/1026/display/?key=1195>>. Acesso em: 6 jun. 2012.

_____. **Structural Design of Interlocking Concrete Pavement for Roads and Parking Lots**. Herndon, USA, 2011c. Disponível em: <<http://www.icpi.org/techspec/1027/display/?key=1195>>. Acesso em: 6 jun. 2012.

MARCHIONI, M.; SILVA, C. O. **Pavimento intertravado permeável**: melhores práticas. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2011.

PORTO ALEGRE. Secretaria Municipal de Obras e Viação. **Caderno de Encargos**. Porto Alegre, [2002]. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/smov/default.php?p_secao=130>. Acesso em: 26 set. 2012.

SENÇO, W. de. **Manual de técnicas de pavimentação**. 1. ed. (3. tiragem) São Paulo: Pini, 2001. v. 1.

**APÊNDICE – MODELO DE *CHECKLIST* PARA
ACOMPANHAMENTO EM OBRA**

ÁREA	ASPECTO	CAMPO	TEÓRICO	SITUAÇÃO OK?	OBSERVAÇÕES
PROJETO	estrutural		uso em campo		
	arquitetônico		uso em campo		
BASE	projeto		uso em campo		
	testes		realizados		
	execução		conforme projeto		
SUB-BASE	projeto		uso em campo		
	testes		realizados		
	execução		conforme projeto		
DRENAGEM	projeto		uso em campo		
	execução		conforme projeto		
REVESTIMENTO	blocos		conforme projeto		
TIPO DE BLOCO			qualquer		
EMPRESA			-		
TIPO DE EMPRESA			-		
TIPO DE CONTRATO			-		
TEMPO DE MERCADO			-		
EQUIPE	empreiteira		-		
	experiência prévia		sim		
NBR 15953	norma técnica		sim		
CADERNO ENCARGOS SMOV	instrução de serviço contratado		sim		
LIMPEZA			sim		
SINALIZAÇÃO	isolamento e sinalização		sim		
EQUIPAMENTOS	equipamento necessário		sim		
MODELO 2X2	construção		necessário		

continua

continuação

ÁREA	ASPECTO	CAMPO	TEÓRICO	SITUAÇÃO OK?	OBSERVAÇÕES
MEIO-FIO	tipo		diversos tipos possíveis		
	etapa execução		antes revestimento		
	dimensões		variam		
	instalação		manual ou automatizado		
	fixação		impedir deslocamento		
AREIA DE ASSENTAMENTO	gradação		tabela		
	transporte		caminhão/depósito/carrinho		
	armazenamento		local coberto		
	umidade		3% a 7%		
	espessura camada		5 cm (mais ou menos 2cm)		
	material orgânico		não		
	distância livre para instalação		maior que 1,5 m		
	espalhamento		frente de serviço		
	mestras e régua		sim		
	nivelamento		uso mestras e régua		
BLOCO	tipo		diversos tipos possíveis		
	resistência		35/50 Mpa		
	recebimento		ok		
	transporte		depende		
	fabricante registrado		preferencialmente		
	armazenamento		coberto		
	data fabricação		prazo cura		
	controle qualidade		testes resistência		
	espessura bloco		10 cm		
	espessura juntas		2-5 mm		
	material orgânico		não		
	distância livre para instalação		maior que 1,5 m		

continua

continuação

ÁREA	ASPECTO	CAMPO	TEÓRICO	SITUAÇÃO OK?	OBSERVAÇÕES
BLOCO	nivelamento		fio nylon		
	padrão de assentamento		espinha de peixe		
	modo de assentamento		manual ou automatizado		
LINHAS-GUIA	alinhamentos		transversal e longitudinal		
ESPAÇADORES INCORPORADOS	juntas		preferencialmente		
AJUSTES E ARREMATES	Foram realizados os arremates com peças cortadas?		sim		
	acabamento meio-fio e bloco		areia rejuntamento		
	equipamento utilizado		guilhotina/serra circular		
AREIA DE REJUNTAMENTO	graduação		tabela		
	armazenamento		coberto		
	espessura juntas		2-5mm		
	material orgânico		não		
COMPACTAÇÃO INICIAL	tipo de equipamento		sapão		
	tempo utilizado/passadas		2-3 passadas		
	sobreposição		15-20 cm		
VARRIÇÃO	equipamento utilizado		vassoura		
	excessivo		não		
COMPACTAÇÃO FINAL	tipo de equipamento		sapão		
	tempo utilizado/passadas		2-3 passadas		
	sobreposição		15-20 cm		

continua

continuação

ÁREA	ASPECTO	CAMPO	TEÓRICO	SITUAÇÃO OK?	OBSERVAÇÕES
INSPEÇÃO FINAL	troca peças danificadas?		sim		
	verificação juntas		análise visual		
	desnível 10mm/3m?		análise visual		
	contenções OK?		sim		
	areia rejuntamento sobressalente		sim		
	liberação para tráfego		após inspeção		

(fonte: elaborado pelo autor)