

CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO - UNIBRA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**JOSÉ JACKES DE OLIVEIRA NETO
FLAVIO BARBOSA DE SANTANA
EDSON TAVARES DOS SANTOS
JOSEMAR LOPES DA SILVA JUNIOR**

**USO DE PAVIMENTAÇÃO INTERTRAVADO DE CONCRETO: ESTUDOS
DE CASOS DE OBRAS EM PERNAMBUCO**

RECIFE
2022

**JOSÉ JACKES DE OLIVEIRA NETO
FLAVIO BARBOSA DE SANTANA
EDSON TAVARES DOS SANTOS
JOSEMAR LOPES DA SILVA JUNIOR**

**USO DE PAVIMENTAÇÃO INTERTRAVADO DE CONCRETO: ESTUDOS DE
CASO DE OBRAS EM PERNAMBUCO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Disciplina TCC II do Curso de Graduação em
Engenharia Civil do Centro Universitário
Brasileiro - UNIBRA, como parte dos requisitos
para conclusão do curso.

Orientador(a): Dr. Paulo Fernando Silva Sousa

RECIFE
2022

Ficha catalográfica elaborada pela
bibliotecária: Dayane Apolinário, CRB4- 2338/ O.

U86 Uso de pavimentação intertravado de concreto: estudos de casos de obras em Pernambuco / Edson Tavares dos Santos [et al]. - Recife: O Autor, 2022.
49 p.

Orientador(a): Dr. Paulo Fernando Silva Sousa.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário Brasileiro – UNIBRA. Bacharelado em Engenharia Civil, 2022.

Inclui Referências.

1. Pavimentação. 2. Blocos. 3. Infraestrutura. 4. Pavimento de concreto.
I. Santana, Flavio Barbosa de. II. Oliveira Neto, José Jackes de. III. Silva Junior, Josemar Lopes da. IV. Centro Universitário Brasileiro - UNIBRA. V. Título.

CDU: 624

RESUMO

As inovações do meio tecnológico acarretaram, também, nas construções de pavimentos de concreto asfáltico a quente, conhecidos como pavimentos asfálticos. No entanto, este pavimento, por conta à repelência à água dos materiais utilizados, impede a absorção da água da chuva, levando a inundações e diminuição do abastecimento do lençol freático. O estudo tem como objetivo demonstrar os benefícios dos pavimentos com blocos de concreto intertravados e a execução de um estudo de caso em quatro obras da engenharia efetuadas em dois municípios do estado de Pernambuco, sendo três obras no município de Tamandaré e uma no município de abreu e lima. A resistência deste material permite que pessoas e veículos leves ou pesados transitem com segurança na estrada. A ABNT possui normas para regular a pavimentação de blocos, desde a preparação do local até a fabricação das peças, incluindo NBR 15953:2011; 12307-1991; 11798-2012; 11803-2013, etc. À medida que as cidades crescem, há necessidade de casas que ofereçam maior segurança e, como resultado, mais e mais construtoras estão fazendo ofertas. Para isso, é realizada extensa pesquisa bibliográfica, financiando conceitos e pesquisas informais com especialistas no assunto. Até agora, uma visão geral do trabalho é útil na gestão de projetos futuros.

Palavras-chave: Pavimentação; Blocos; Infraestrutura; Pavimento de Concreto.

ABSTRACT

Innovations in the technological environment also led to the construction of hot asphalt concrete pavements, known as asphalt pavements. However, this pavement, due to the water repellency of the materials used, prevents the absorption of rainwater, leading to floods and reduced water table supply. The study aims to demonstrate the benefits of pavements with interlocking concrete blocks and the execution of a case study in four engineering works carried out in two municipalities in the state of Pernambuco, three works in the municipality of Tamandaré and one in the municipality of abreu. and lime. The strength of this material allows people and light or heavy vehicles to travel safely on the road. ABNT has standards to regulate the paving of blocks, from site preparation to the manufacture of parts, including NBR 15953:2011; 12307-1991; 11798-2012; 11803-2013, etc. As cities grow, there is a need for homes that offer greater security, and as a result, more and more builders are bidding. For this, extensive bibliographic research is carried out, funding concepts and informal research with subject matter experts. So far, an overview of the work is useful in managing future projects.

Keywords: Paving; blocks; Infrastructure; Concrete Floor.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 08 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 09 |
| 2.1 Histórico..... | 09 |
| 2.2 Definições..... | 10 |
| 2.3 Características e aplicações..... | 11 |
| 2.4 Estrutura do pavimento..... | 11 |
| 2.5 Intertravamento dos blocos..... | 14 |
| 2.6 Modelo de Assentamento..... | 14 |
| 2.7 Formato dos Blocos Intertravados..... | 15 |
| 2.8 Equipamentos para fabricação..... | 16 |
| 2.9 Materiais Utilizados Para Fabricação..... | 17 |
| 2.10 Aspectos do pavimento intertravado..... | 17 |
| 2.11 A pavimentação urbana no brasil..... | 18 |
| 2.11.1 Pavimentos de Vias Públicas..... | 18 |
| 2.11.2 Camadas que Compõe o Pavimento..... | 18 |
| 2.11.3 Classificação dos Pavimentos..... | 22 |
| 2.12 Principais obras de pavimentação em concreto no brasil..... | 23 |
| 2.12.1 Rodoviária..... | 23 |
| 2.12.1.1 BR 101-NE..... | 23 |
| 2.12.2 Urbanas..... | 24 |
| 2.12.3 Portuárias..... | 26 |
| 2.12.4 Aeroportuárias..... | 26 |
| 2.1.3 Vantagens de aplicação..... | 27 |
| 2.1.3.1 Pavimento de elevada durabilidade com baixa manutenção..... | 28 |
| 2.1.3.2 Rapidez de execução..... | 29 |
| 2.1.3.3 Segurança e conforto de rolamento..... | 30 |
| 2.1.3.4 Economia de energia elétrica..... | 30 |
| 2.1.3.5 Economia de Combustível..... | 31 |
| 2.1.4 Questão ambiental..... | 32 |
| 2.1.4.1 Coprocessamento e adições..... | 32 |
| 2.1.4.2 Redução da temperatura ambiente..... | 33 |
| 2.1.4.3 Inexistência da lixiviação..... | 33 |
| 2.1.5 Soluções construtivas sustentáveis em concreto..... | 34 |
| 2.1.5.1 Pavimento permeável de concreto..... | 34 |
| 2.1.5.2 Pavimento Intertravado..... | 35 |
| 2.1.6 Conservação dos pavimentos de concreto..... | 36 |
| 3 METODOLOGIA | 36 |
| 4 RESULTADOS | 37 |
| 4.1 Obras executas no município de Tamandaré..... | 37 |
| 4.2 Obras executas no município no loteamento Nova de Tamandaré..... | 39 |
| 4.3 Obra executada no município de Abreu e Lima..... | 43 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 45 |
| REFERÊNCIAS | 47 |

1 INTRODUÇÃO

A pavimentação com blocos de concreto intertravados teve início no final do século XIX, mas a evolução desse uso da pavimentação só ocorreu após a Segunda Guerra Mundial. Nos anos 90, bairros comuns na Europa tinham espaço próprio no Brasil, seja na rua ou na calçada (FIORITI; INO; AKASAKI, 2007).

Nos dias atuais, blocos de concreto intertravados são cada vez mais utilizados para pavimentação, principalmente em espaços públicos e privados. O crescimento na aplicação e utilização de blocos intertravados deve-se às suas propriedades, incluindo custos reduzidos de manutenção, embora a obra nova seja cerca de 18% mais cara que o asfalto, o uso de blocos intertravados os blocos de concreto bloqueados para pavimentação são mais benéficos, visto que os blocos de concreto parecem ser a melhor escolha ao analisar a vida útil, já que têm uma vida útil de pelo menos 20 anos em comparação com 8 a 12 anos para pavimentos asfálticos.

Este modelo de pavimentação resiste a movimentos perpendiculares, horizontais e giratórios em contato com os blocos circundantes. Para garantir que os blocos se encaixem, o encaixe deve ser preciso, com dimensões bem definidas e juntas bem espaçadas (CRUZ, 2007).

Apesar de muita pesquisa tais como a utilização de resíduos da construção civil e resíduos de pneus para a produção dos blocos este é um tema que sempre precisa ser aprofundado, embora a construção de tais modelos de pavimentos seja uma tarefa muito comum e extensa. Muitas vezes, nota-se que tais projetos carecem de conteúdo técnico e muitas vezes não são testados, impossibilitando o adequado dimensionamento dos blocos.

A finalidade deste trabalho foi a realização de um estudo de caso em quatro obras realizadas em dois municípios do estado de Pernambuco, sendo três na cidade de Tamandaré e uma na cidade de abreu e lima. Amostras de solo fornecidas pela empresa foram analisadas; propriedades do solo serão verificadas por limite de plasticidade, limite de fluxo, compactação, determinação do tamanho de partícula e teste ISC; blocos de intertravamento serão testados para verificar a resistência à compressão.

Dessa forma, as dimensões do pavimento consistem principalmente na seleção de materiais adequados a serem utilizados e na definição precisa da espessura necessária de cada camada que o constitui. O projeto inadequado pode resultar na necessidade de manutenção repetida ou até mesmo restauração de curto prazo. Para que um projeto de pavimentação seja suficientemente bom, é importante analisar como o bloco é dimensionado para que possa suportar a carga imposta pelo tráfego e distribuir seu esforço.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Histórico

Segundo Madrid (1985) relata que a história dos pavimentos de peças pré-moldadas se confunde com a história do primeiro pavimento que se construiu com superfície durável, há cerca de 25 séculos: a cobertura do terreno com a colocação de pedras em estado natural, que foi a origem dos pavimentos. No antigo Império Romano, tipos semelhantes foram usados para pavimentar estradas com pavimentação de pedra áspera. Com o tempo, pavimentos de pedra áspera, as pedras lavradas à mão, passaram a ser conhecidos como paralelepípedos.

Para que haja um bom encaixe entre as peças durante o processo de pavimentação, as pedras devem ser moldadas e a produção de pedras cortadas para pavimentação é muito difícil por ser um processo manual, e mesmo as peças são usinadas, ainda com aspecto irregular, o que as torna desconfortáveis para uso no pavimento.

Devido a dificuldades no processo de fabricação, peças pré-moldadas de concreto foram iniciadas no final do século XIX, e alguns registros de patentes ocorreram antes da Primeira Guerra Mundial. O avanço dos pisos intertravados ocorreu após a Segunda Guerra Mundial, principalmente durante o período de recuperação na Alemanha e na Holanda.

Essas comunidades cresceram rapidamente desde a década de 1950, inicialmente fabricando blocos de concreto para que os tijolos regulares pudessem ser substituídos ao longo do tempo, as vantagens se limitando ao baixo custo e à homogeneidade dos tijolos (CRUZ, 2003).

O aumento do uso da tecnologia de fabricação e execução de blocos ocorreu na década de 1960 na Europa e no mercado econômico e se espalhou

pelo resto do mundo (PAGE, 1998). No Brasil, porém, seu uso começou na década de 1970, e desde então houve avanços na tecnologia de produção de blocos (HALLACK, 1999).

Desde o início dos anos 80 a pavimentação com blocos de concreto intertravados tornou-se comum em todo o mundo (SMITH, 2003). Este bloco pode ser utilizado em quase todos os tipos de ambientes, pois permite uma grande coordenação tanto estética quanto estruturalmente. Em meados da década de 1990, bairros interligados mais comuns na Europa ganharam mais espaço nas calçadas e estradas do Brasil. Além de prático e confiável, os fatores que tornaram este sistema tão grande são o equilíbrio entre meio ambiente, economia e tecnologia (FIORITI, 2007)

2.2 Definições

De acordo com a norma brasileira NBR 9781 (ABNT, 2013), os pavimentos intertravados são definidos como:

Um pavimento flexível cuja estrutura é composta por uma camada de base (ou base e sub-base), seguida por camada de revestimento constituída por peças de concreto justapostas em uma camada de assentamento e cujas juntas entre as peças são preenchidas por material de rejuntamento e o intertravamento do sistema é proporcionado pela contenção (ABNT, 2013, p. 2).

De acordo com Fernandes (2013), assim como outros tipos de pavimento, em blocos de concreto intertravados, o revestimento garante o conforto necessário para a circulação de veículos e pessoas, e dependendo do tipo e em conjunto com as camadas inferiores, permite o transporte de cargas pesadas ou veículos leves. Blocos de concreto interligados também podem ser chamados de pavimentadoras, com a ressalva de que pavimentadoras e pavimentos interligados não são a mesma coisa. Todo o pavimento é chamado de pavimento intertravado e um pedaço de concreto isolante é chamado de pavimentadora.

De acordo com a ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland, os blocos de concreto pré-moldado são travados entre si por conchas laterais de contenção e assentados sobre uma camada de areia, formando o pavimento intertravado. Em seguida, uma parte da carga que atua na superfície da estrada é transferida de um bloco para outro através do atrito lateral entre os membros, garantindo assim o travamento entre os blocos (FERNANDES, 2013).

2.3 Características e aplicações

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2010), o padrão de intertravamento desse pavimento determina sua durabilidade. Fioriti (2007) afirma que sua durabilidade pode chegar a 25 anos. A ABNT (2013) classifica certos tipos de deslocamento de peças como:

- **Deslocamento vertical:** O revestimento tende a submergir quando uma carga central é aplicada a um dos blocos;
- **Rotação ou giração:** A tendência rotacional da peça quando uma carga é aplicada em sua extremidade;
- **Deslocamento horizontal:** É a tendência do bloco se mover lateralmente sob a ação de uma força horizontal.

Há a possibilidade de os blocos serem feitos de materiais recicláveis e podem até ser reaproveitados caso o pavimento precise ser mantido em seu subleito ou na rede existente abaixo do conjunto sem deixar marcas visíveis. Recomenda-se alguma experiência de montagem, pois o uso inadequado pode fazer com que as peças se desloquem e reduzam a vida útil. Mas mesmo que algo dê errado com seu aplicativo, é fácil de corrigir.

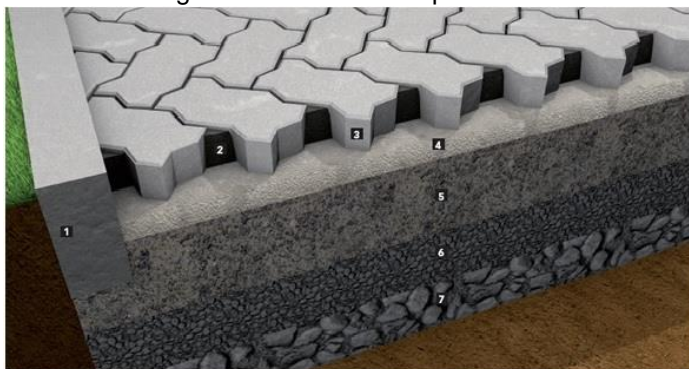
De acordo com Júnior (2007) essa categoria de pavimento tem alguma capacidade estrutural de suporte, mas é recomendado para estradas com acesso limitado, ainda segundo Júnior (2007) este tipo de pavimento é termicamente confortável devido à absorção de energia solar em comparação com outros tipos calçada, rápido de montar e, uma vez concluído, o trânsito no quarteirão é livre.

2.4 Estrutura do pavimento

A estrutura do pavimento intertravado é caracterizada por uma cobertura de blocos de alta durabilidade e resistência, e assenta sobre uma camada de areia caracterizada pelo sub-base, tendo como base o bgs, e solo compactado como subleito compactado. A areia de revestimento e de assentamento é contida lateralmente e geralmente consiste em meio-fio. Areia ou pó de pedra como principal material de rejunte.

A figura 1 mostra uma seção transversal de um pavimento com blocos de concreto interligados.

Figura 1 – Estrutura do pavimento com blocos de concreto interligados



- 1 Contenção lateral
- 2 Areia de rejuntamento
- 3 Peças pré-moldadas de concreto
- 4 Areia de assentamento ou pó de pedra
- 5 Base
- 6 Sub-base
- 7 Subleito

Fonte: Brasília Paver.

Em pavimentos intertravados, o número de camadas e suas espessuras mostradas na imagem acima dependem de uma série de fatores, como:

- A intensidade do tráfego que circulará na calçada;
- Características do terreno;
- A qualidade dos materiais constituintes das demais camadas.
- As características básicas de cada elemento são descritas abaixo:
- Leito da estrada

No decorrer da construção, o subleito da estrada deve ser nivelado e compactado antes que as camadas subsequentes possam ser conectadas. Um subleito será considerado concluído recebendo fundações ou obras do subleito quando a capacidade do subleito, geralmente expressa como o Índice de Suporte da Califórnia (ISC), for igual ou superior a 2% e a expansão do volume for de 2% ou conforme especificado abaixo. O objetivo é fornecer uma plataforma de trabalho robusta na qual a placa de base e a base possam ser compactadas. (CARVALHO, 1998).

- Sub-base

A depender do substrato, pode ser granular, solo selecionado, solo pulverizado ou solo tratado com aditivos, como solo modificado com cimento Portland. O material base também será definido pelo valor mínimo exigido de ISC (FIORITI, 2007).

- Base

A camada de base é a camada que suporta a força de tração distribuída pela camada de cobertura, e sua principal função é proteger estruturalmente o

subleito das cargas externas e evitar a deformação e deterioração do pavimento intertravado (CRUZ, 2003).

A camada de lay-up é projetada para servir como base para o assentamento de blocos e fornecer uma superfície lisa para colocá-los e acomodar suas tolerâncias dimensionais finais. Devido à rigidez do concreto e ao sistema de intertravamento dos blocos, o revestimento tem função estrutural, mas no início de sua utilização, o pavimento intertravado produz pequenas deformações devido à contenção inicial do pavimento. Recomendado adequado para areia na faixa de tamanho de partícula mostrada na tabela 01

Quadro 1 – Faixa granulométrica recomendada para a camada de assentamento.

| Abertura de peneira (mm) | % Passada Camada de assentamento |
|---------------------------------|---|
| 9,50 | 100 |
| 4,80 | 95-100 |
| 1,20 | 50-85 |
| 0,60 | 25-60 |
| 0,30 | 10-30 |
| 0,15 | 5-15 |
| 0,075 | 0-10 |

Fonte: Autoria própria, 2022

o desempenho e a deformação do pavimento intertravado, pois os grãos de areia nos cantos possuem maior coeficiente de atrito, resultando em melhor distribuição de forças.

- Blocos de concreto intertravados

A camada de apoio da camada laminada é dividida em três etapas, a primeira é a colocação dos blocos, a segunda é o aparamento das bordas e meio-fios ou qualquer outro tipo de interrupção do pavimento intertravado, e a terceira é a etapa final é o bloco de vibração na região de execução. A colocação dos blocos intertravados deve evitar o deslocamento dos blocos colocados e desníveis da camada de assentamento. O instalador deve colocá-lo peça por peça, de modo que o novo bloco toque o bloco já colocado e se desloque verticalmente para baixo até repousar sobre a camada de cama.

A liquidação de blocos intertravados pode ser feita por equipamentos automatizados.

- Restrições laterais

Restrições laterais externas e internas garantem isso quando os blocos de concreto são efetivamente rebocados. Deve ser contido por meio-fio de pré-posicionamento, ancorado para resistir ao estresse horizontal.

2.5 Intertravamento dos blocos

Cada bloco ganha resistência ao deslocamento rotacional, vertical e horizontal com os demais blocos, caracterizando assim o princípio de intertravamento do pavimento. Os intertravamentos horizontais são projetados para evitar que os blocos se movam horizontalmente em relação a outros blocos e para ajudar a distribuir as forças de cisalhamento horizontais sob o tráfego, especialmente nas áreas de aceleração e frenagem (JUNIOR, 2007)

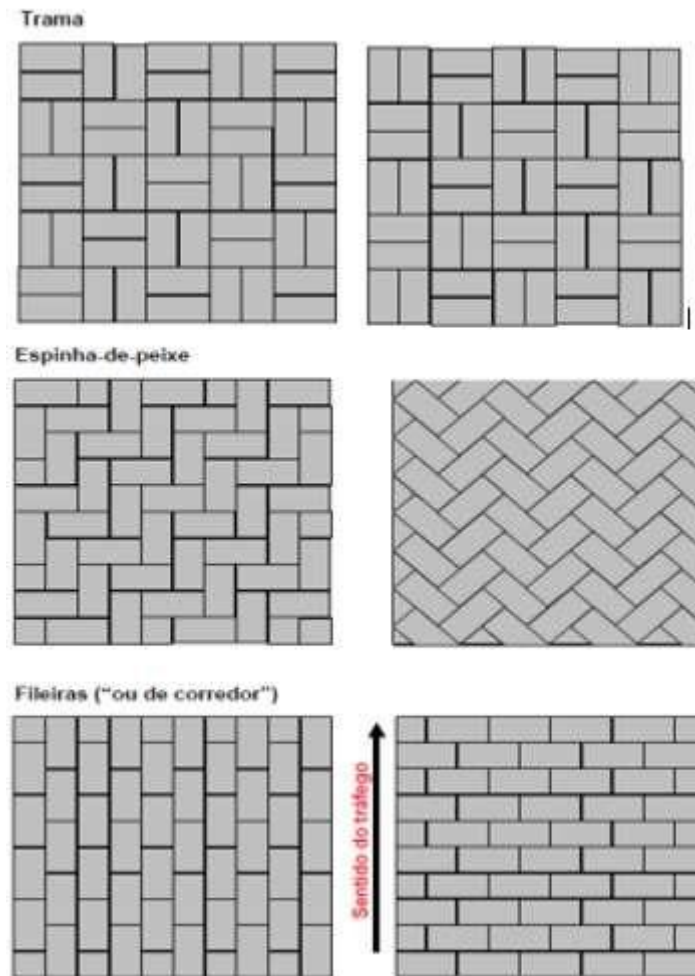
O que determina o desempenho do intertravamento é a sua junta, quando preenchida com areia ou pó de pedra e compactada, independentemente do tamanho do bloco ou formato.

2.6 Modelo de Assentamento

O modelo de pavimento afeta a estética e o desempenho do pavimento, mas não há relatos de que afete sua durabilidade (HALLACK, 1998; apud MÜLLER, 2005). Segundo Shackel (1990; apud MÜLLER, 2005), o modelo de recalque "espinha de peixe" é o modelo de recalque com melhor nível de desempenho, sendo que este modelo apresenta o menor valor de deformação permanente. Por outro lado, o modelo de recalque em linha apresenta a maior taxa de deformação, principalmente paralela à direção do tráfego.

No projeto como estudo de caso, foi utilizado o modelo de coluna de peixe

Figura 2 – Modelos de assentamento de blocos

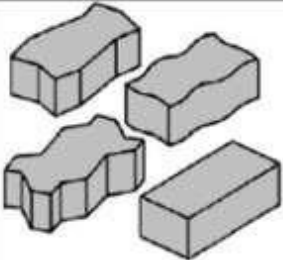
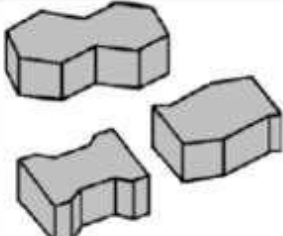
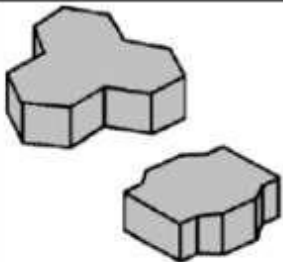


Fonte: Hallack (1998 apud MÜLLER, 2005).

2.7 Formato dos Blocos Intertravados

Os blocos de intertravamento podem ser fabricados em qualquer formato. Alguns modelos se destacam por serem os mais utilizados. Formatos de bloco com mais lados e extremidades possuem melhor intertravamento, pois os lados se apoiam quando ocorre o deslocamento, impedindo melhor seu movimento.

Figura 3 – Modelos de blocos

| | |
|--|--|
|  | <p>A. Peças de concreto segmentadas ou retangulares, com relação comprimento / largura igual a dois (usualmente 200 mm de comprimento por 100 mm de largura), que entrelaçam entre si nos quatro lados, capazes de serem assentadas em fileiras ou em “espinha-de-peixe” e podem ser carregados facilmente com apenas uma mão.</p> |
|  | <p>B. Peças de concreto com tamanhos e proporções similares aos da categoria A, mas que entrelaçam entre si somente em dois lados, e que só podem ser assentadas em fileiras. Podem ser carregados com apenas uma mão e genericamente têm o formato em “I”.</p> |
|  | <p>C. Peças de concreto com tamanhos maiores do que as anteriores, que pelo seu peso e tamanho não podem ser carregados com apenas uma mão, com formatos geométricos característicos (trapézios, hexágonos, triedros etc.), assentadas seguindo-se sempre um mesmo padrão, que nem sempre conforma fileiras facilmente identificáveis.</p> |

Fonte: Hallack (1998; apud MÜLLER, 2005).

2.8 Equipamentos para fabricação

Entender o processo de produção, as propriedades dos materiais e as quantidades utilizadas na confecção dos pavimentos intertravados é a base para sua melhor execução (HOOD, 2006). O primeiro equipamento necessário para realizar esse tipo de pavimento é uma betoneira, que garante a homogeneização da massa para que possa ser colocada em uma prensa vibratória (MARCHIORI, 2012).

O mais recomendado é a bateadeira tipo helicoidal, este modelo possui haste helicoidal para propulsão da mistura e pás com haste vertical fixa e haste horizontal (FERNANDES, 2013). As betoneiras convencionais não são recomendadas porque o concreto seca e fica muito denso no fundo da betoneira (ALCANTRA, 2015)

As prensas vibratórias são os principais equipamentos para execução dos blocos, e esse tipo de máquina produz produtos de cimento Portland. Sua finalidade é que após colocar o material necessário em sua forma, o dispositivo tenha a função de vibrar e pressionar o material para que todos os vazios sejam

preenchidos, mantendo o controle sobre a resistência mecânica, tamanho padrão e uniformidade de textura. bloquear (FIORITI, 2007). Possui dois tipos básicos de prensas vibratórias, pneumáticas e hidráulicas (CORRÊA, 20213)

2.9 Materiais Utilizados Para Fabricação

Os materiais utilizados na confecção dos blocos são: agregado graúdo, agregado miúdo, água, cimento Portland e, em alguns casos, minerais e aditivos químicos. Os agregados graúdos mais indicados para a confecção de blocos intertravados são aqueles britados a partir de rocha estável, pois geralmente apresentam melhor adesão à argamassa, o que aumenta a resistência mecânica.

Agregados finos que podem ser usados para fazer blocos são agregados artificiais, como pó de cascalho de basalto. No entanto, estes são os menos utilizados porque não são abundantes em algumas áreas e o formato das partículas dificulta a formação dos blocos e também requer mais argamassa para misturar.

Para a fabricação de blocos intertravados, a água deve estar isenta de quaisquer substâncias que prejudiquem a reação de hidratação do cimento. Conforme estabelecido na NBR 9781/2013, o cimento utilizado para a produção de blocos intertravados deve atender à norma, independentemente do tipo de cimento. Os cimentos mais usados são os cimentos pozolânico de alta resistência e resistentes ao sulfato.

A resistência mecânica é muito afetada pelo tipo de cimento utilizado. No entanto, durante o processo de produção, o tipo de equipamento utilizado e o tipo de vibração também são importantes para a resistência final do bloco. O alto consumo de cimento pode dificultar a produção de blocos devido à altíssima coesão (PETTERMANN, 2006).

2.10 Aspectos do pavimento intertravado

Fazendo uma análise do conforto térmico, ABCP (2008) afirma que: Comparado a outros tipos de produtos, a cor mais clara dos blocos de concreto reduz a absorção de calor da superfície do pavimento, melhora o conforto térmico e reduz as ilhas de calor nos centros urbanos, causadas pela impermeabilidade do solo e o uso de pavimento escuro. Arrefecimento até 17°C (ABCP, 2008, p. 02).

Além de proporcionar conforto térmico, os pisos também têm a capacidade de economizar energia elétrica. Devido à sua cor clara, é capaz de aumentar a flexão leve, um ganho de cerca de 30% em relação ao pavimento asfáltico. Na prática, isso economiza iluminação pública (MARCHIONI; SILVA, 2011).

A infiltração que um pavimento intertravado pode proporcionar é razoável, pois a água consegue entrar pelas juntas entre as pavers, que ficam entre 3 e 5 mm. Os vazios entre os blocos de concreto permitem que a água penetre no solo de base. Ressalta-se que o piso em estudo é um piso de concreto conforme NBR 9781/13: Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio, ou seja, concreto teoricamente impermeável

Os vazios devem permitir a passagem de água, que é então armazenada por um período na base e sub-base, atuando como um filtro.

2.11 A pavimentação urbana no Brasil

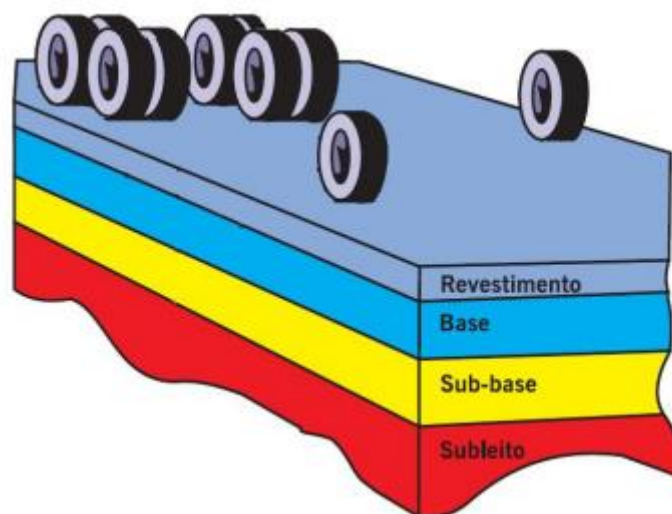
2.11.1 Pavimentos de Vias Públicas

De acordo com Júnior (1992), os pavimentos das vias públicas são constituídos por várias camadas de estruturas com espessura específica e são executadas após terraplenagem. Além de proporcionar conforto, segurança e economia ao usuário, essas estruturas e revestimentos são projetados para resistir às forças (verticais, horizontais e tangenciais) geradas pelo tráfego de veículos e efeitos climáticos.

2.11.2 Camadas que Compõe o Pavimento

Bernucci *et al.* (2007) apontaram que a análise da estrutura do pavimento dependerá da espessura e rigidez de cada camada, bem como da interação entre elas, de modo que algumas delas podem ser excluídas. O pavimento consiste basicamente das seguintes camadas: subleito, reforço do subleito e, se necessário, sub-base, base e revestimento (JÚNIOR, 1992). Essas camadas são mostradas na Figura 4.

Figura 4 – Camadas que compõe o pavimento



Fonte: Bernucci *et al.* (2007, p. 10) adaptada.

Júnior (1992) conceituou o subleito como a camada de base do pavimento. Esta camada deve ser regularizada e comprimida de acordo com as dimensões do item antes que as camadas subsequentes sejam executadas. Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (2010), o solo utilizado não deve ser expansivo.

Para tanto, Carvalho (1998) propôs o California Support Index (ISC) como parâmetro para determinar a capacidade de suporte de solos compactados. O ensaio ISC realizado em laboratório é padronizado pela NBR 9895/87 e tem como objetivo determinar o inchamento do solo. Este teste consiste na razão entre a pressão necessária para produzir uma penetração de pistão de diâmetro padrão em uma amostra de solo e a pressão necessária para produzir a mesma penetração em uma mistura padrão de brita estabilizada com tamanho de partícula.

ABCP (2010) afirma que quando estes parâmetros são utilizados para a execução, a correta execução deste ensaio visa fornecer uma camada sólida sobre a qual outras camadas possam ser compactadas, além de um material decisivo para estabelecer capacidades estruturais. pavimento.

Júnior (1992) destacou que se o valor de ISC do subleito natural for inferior ao valor descrito no projeto, é necessária uma camada de reforço, e a capacidade de suporte do material é superior à do subleito do projeto. Para

Carvalho (1998), recomenda-se uma espessura de cerca de 30 cm para esta camada de reforço, e o SSI é pelo menos 5% superior ao subleito.

Conforme definido por Júnior (1992), a sub-base é uma camada suplementar à camada de base e é executada após o reforço do leito ou do leito da estrada. De acordo com Fioriti (2007), a sub-base pode ser um material granular, como cascalho ou outros solos selecionados. O material da sub-base também deve ser definido pelo valor mínimo de ISC exigido, que juntamente com a espessura da camada será função do tráfego e das condições de suporte do subleito (CARVALHO, 1998).

A base, por sua vez, é uma camada destinada a receber e fazer a distribuição igualitária dos esforços gerados pelo tráfego que realiza o revestimento (MACIEL, 2007). Segundo ABCP (2010), o material particulado para a base e sub-base deve ser preferencialmente pedra, como sprues, brita graduada e brita.

Essa indicação acontece porque esses materiais apresentam poucos problemas na execução das camadas, desde que devidamente especificados. O revestimento é a camada responsável por receber diretamente os efeitos do tráfego de veículos, além de ser suscetível a fatores climáticos como sol, chuva e mudanças de temperatura. Além de proteger a camada anterior por meio da impermeabilização do pavimento, outras propriedades desta camada são proporcionar conforto e segurança ao usuário (BERNUCCI *et al.*, 2007).

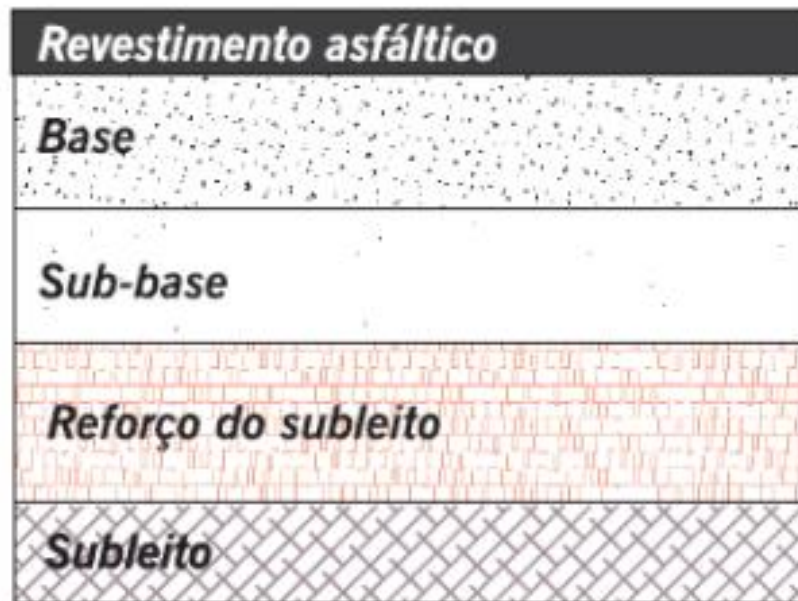
Segundo Bernucci *et al.*, (2007), esta camada é responsável por absorver as forças de compressão e tração causadas pela flexão, ao contrário de outras camadas que são primariamente sujeitas à compressão. Esta é a última camada do pavimento, e cada revestimento possui propriedades diferentes conforme definido por Júnior (1992):

- Os revestimentos flexíveis incluem todos os revestimentos que contêm betume em sua composição, como betume, emulsões betuminosas e alcatrões. Eles podem ser encontrados em poeira, tratamentos de superfície e misturas asfálticas;
- Os revestimentos semirrígidos incluem revestimentos compostos por blocos, normalmente utilizados para pavimentação, como peças pré-formadas de concreto, paralelepípedos e peças cerâmicas pré-formadas. Os

revestimentos semirrígidos mais comuns são aqueles com peças pré-moldadas de concreto.

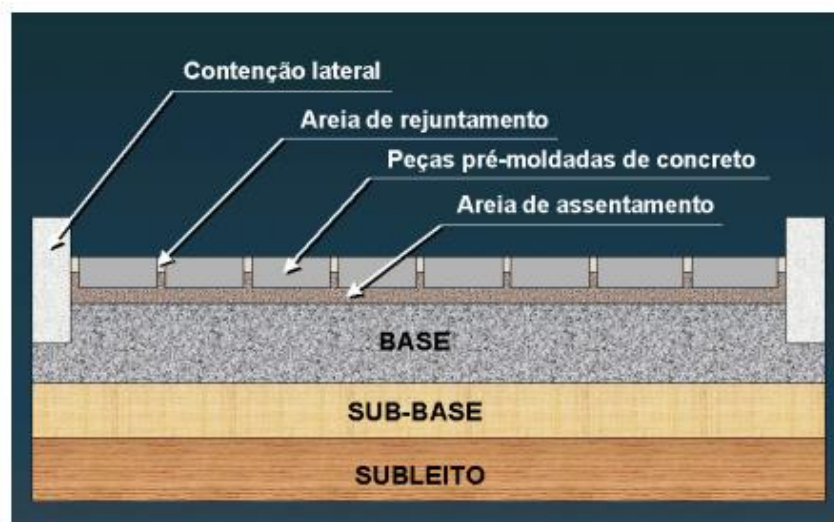
Um exemplo de estrutura de pavimento com revestimento flexível é mostrado na Figura 5, e um exemplo de estrutura de pavimento com revestimento semirrígido é mostrado na Figura 6.

Figura 5 – Exemplo de estrutura de pavimento com revestimento asfáltico



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

Figura 6 – Exemplo de estrutura de pavimento de blocos intertravados de concreto



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

De acordo com Maciel (2007), a espessura dessas camadas dependerá das seguintes características:

- a intensidade do tráfego que circulará na calçada;
- Características do terreno;
- A qualidade dos materiais que compõem as demais camadas.

De via geral, a escolha dos materiais utilizados nessas camadas depende das propriedades de cada camada quando compactada, como boa resistência à compressão e tração, baixa pega e permeabilidade à água, condizentes com seu papel estrutural (BERNUCCI *et al.*, 2007).

2.11.3 Classificação dos Pavimentos

De acordo com o tráfego “Os pavimentos podem ser classificados de acordo com o tipo de tráfego diário: muito leve, leve, médio, pesado e muito pesado” (JÚNIOR, 1992, p. 12). Conforme dito por Júnior (1992), cada tipo de tráfego é definido da seguinte forma:

- Muito leve: fluxo de até três veículos comerciais por dia;
- Serviço leve: tráfego de veículos até cinquenta veículos comerciais por dia;
- Médio: O tráfego de veículos está entre 51 e 400 veículos comerciais por dia.
- Pesado: tráfego de veículos entre 401 e 2.000 veículos comerciais por dia;
- Muito Pesado: Tráfego superior a 2.001 veículos comerciais por dia.

A figura 7 apresenta os parâmetros para classificação de estradas de acordo com o tráfego.

Figura 7 – Classificação das vias e parâmetros de tráfego

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

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

Segundo o DETRAN-PR (2002), vias urbanas referem-se a ruas, avenidas ou outros caminhos localizados nas cidades que são abertas à circulação

pública, podendo ser divididas em: vias locais, vias de distribuição e vias arteriais. Segue a descrição de cada rota de acordo com o DETRAN-PR (2002):

- Local: para acesso local e áreas restritas, sem semáforos, velocidade máxima permitida de 30 km/h;
- Hub: bifurcado na entrada e saída da via principal, a velocidade máxima permitida é de 40km/h;
- Vias arteriais: Proporcionam acesso a hubs e vias locais, geralmente controlados por semáforos, com velocidade máxima permitida de 60 km/h.

2.12 Principais obras de pavimentação em concreto no Brasil

O concreto é um material muito versátil em termos de usos e pode ser usado como revestimento para muitas estradas.

2.12.1 Rodoviária

2.12.1.1 BR 101-NE

A BR-101 percorre doze estados brasileiros: Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Asfaltada há mais de 30 anos, a BR-101 Nordeste atende tráfego crescente e passa pela maior concentração de estruturas produtivas do Nordeste ao longo do litoral, incluindo agroindústria canavieira, indústria e serviços, especialmente turismo.

O projeto de replicação e revitalização da BR-101/NE proporcionou adequação de capacidade e restauração de 1.048,20 quilômetros de via expressa. O projeto beneficiará os estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia. Os principais benefícios proporcionados pelas empresas incluem expansão econômica regional, redução nos custos de transporte, integração de grandes centros de consumo e desenvolvimento do turismo (BR101 NORDESTE)

Em 2005, o Exército Brasileiro foi incumbido pelo Governo Federal de uma duplicação de 142,5 km do chamado Corredor Nordeste da BR-101/NE, correspondente a três dos sete lotes existentes localizados no Rio Grande do Norte (lote 1), Paraíba (lote 2) e Pernambuco (lote 6).

As obras de reprodução/recuperação da rodovia BR 101/NE no Rio Grande do Norte (Lote 1), Paraíba (Lote 5) e Pernambuco (Lote 6) foram realizadas no 1º e 2º respectivamente e as obras do 3º Batalhão. Em todos os lotes, as tarefas incluíram a duplicação de rodovias com pavimentação rígida

(lajes de concreto), a recuperação do pavimento existente em toda a extensão de cada lote e a implantação de franjas nas cidades limítrofes às rodovias. O âmbito das tarefas inclui ainda a construção de novas pontes e viadutos em betão, a reparação e alargamento de pontes existentes e a construção de passagens inferiores e pontes pedonais (ASSOCIAÇÃO DOS DIPLOMADOS DA ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA).

Para replicar a BR-101 entre Natal/RN e Palmares/PE, com calçada de concreto, o governo federal investiu R\$ 2,3 bilhões com recursos do PAC – Programa de Aceleração do Crescimento. Lançado pelo DNIT em dezembro de 2005, o projeto contempla a construção de viadutos, passarelas para pedestres, acostamentos, passagens inferiores, pontes e revegetação, entre outros projetos ambientais (DNIT, 2010).

Figura 8 – BR 101 NE (Lote 01/ RN, Lote 03/AL, Lote 06/PE)



Fonte: DEC (Departamento de Engenharia e Construção).

2.12.2 Urbanas

Até o final da Segunda Guerra Mundial, concreto e paralelepípedos ou materiais similares eram os tipos de revestimentos mais utilizados nas vias urbanas brasileiras. No pós-guerra, a produção nacional de cimento destinava-se, quase na sua totalidade, a satisfazer as necessidades da construção civil. Além disso, os Estados Unidos desenvolveram uma ampla gama de tecnologias de pavimentação asfáltica. Devido a esses fatores, o uso de pavimentos asfálticos é amplamente utilizado no país.

Longe dessa tradição, Recife é considerada a Veneza do Brasil, pois possui a maior malha viária de lajes de concreto da capital do país. São 78.000 espalhados por uma extensão de 234.000 metros. Juntos, eles cobrem uma área de 1,638 milhão de metros quadrados e quase 200 campos de futebol (DIÁRIO DE PERNAMBUCO).

A capital pernambucana começou a utilizar os pavimentos de concreto em 1935, mas somente entre 1955 e 1959 esse processo se consolidou com a construção da Avenida Conde da Boa Vista, que pretendia modernizar o traçado da cidade, permitindo o aumento do fluxo de tráfego. Outro fator relevante foi a implantação da fábrica de cimento de Nassau na capital na década de 1950, tornando Pernambuco pioneiro nesse tipo de tecnologia.

Na década de 1940, Porto Alegre (RS), Rio de Janeiro (RJ) e Fortaleza (CE) também utilizavam o concreto como revestimento de estradas. Em São Paulo (SP), um bom exemplo é o túnel da Avenida Nove de Julho, que opera com tráfego intenso há mais de 70 anos. Na cidade do Rio de Janeiro, as vias de trânsito e vias expressas também são pavimentadas com concreto armado, como as vias laterais da Avenida Brasil, a entrada da Via Expressa Rio-Petrópolis e a Avenida da Tijuca, com rápidas ligações entre o centro da cidade e o residencial turísticos.

Em muitas cidades brasileiras, o sistema coletivo é baseado em linhas de BRT, com segregação e canalização do tráfego, com uso intenso de pavimentos de concreto. Em Curitiba, corredores de ônibus e vias de tráfego intenso utilizam esse tipo de pavimento desde 1996. Hoje, a capital do estado do Paraná se destaca em escala nacional com o atual modal de transporte, com mais de 60 quilômetros de pavimentação de concreto sendo ampliados.

Com a implantação da chamada “Linha Verde”, a parceria e a Prefeitura de Curitiba podem ser utilizadas como referência para a pavimentação da cidade. A Linha Verde, construída sobre a original BR 116, foi transformada em avenida e corredor de trânsito com 10 faixas, incluindo faixas exclusivas para ônibus.

A pista ao lado da estrada de acesso é a rodovia. Ao lado dele estão os negócios e a comunidade. Há também duas pistas para estacionamento. O Corredor de Trânsito da Linha Verde permite a implantação de novas rotas de ônibus. O primeiro reduziu o tempo de viagem em 17%. Notavelmente, esta linha é o primeiro ônibus na América Latina a funcionar inteiramente com biocombustível de soja.

Figura 9 – Corredor de ônibus eixo Leste – Oeste (Curitiba/PR)



Fonte: ABCP (2009).

2.12.3 Portuárias

Os portos são um elemento fundamental para aumentar a competitividade de um país, pois são responsáveis pela logística de movimentação de cargas. No entanto, os diferentes tipos de pavimentos aplicados pelo Porto de Paranaguá têm ficado abaixo dos requisitos mínimos de tráfego ao longo dos anos. Após pesquisas, o pavimento de concreto foi apontado como a melhor alternativa devido às suas propriedades. Para os trabalhos de adaptação foram utilizados equipamentos de alta performance, que, além de agilizar o trabalho, melhoraram muito a qualidade do produto final (MASCHIO, 2013)

2.12.4 Aeroportuárias

A principal vantagem do uso de pavimentos de concreto em aeroportos é sua alta durabilidade. A maioria dos pátios de todos os aeroportos de grande e médio porte do Brasil são dispostos dessa forma. A maioria dessas lajes são feitas de estruturas simples de concreto com algumas limitações no tamanho da laje e controle de fissuração.

A principal vantagem do uso de pavimentos de concreto em aeroportos é sua alta durabilidade. A maioria dos pátios de todos os aeroportos de grande e médio porte do Brasil são dispostos dessa forma. A maioria dessas lajes são feitas de estruturas simples de concreto com algumas limitações no tamanho da laje e controle de fissuração (IBTS, 2004).

A pista principal com estrutura de pavimento de concreto de cimento Portland foi instalada durante a Segunda Guerra Mundial. Construído em 1940,

o Aeroporto Santos Dumont, no Rio de Janeiro (RJ), com 46.000 metros quadrados, é o mais antigo aeroporto revestido de cimento Portland do Brasil. O Aeroporto de Congonhas foi inaugurado em 1936 com uma pista de terra que não foi pavimentada até o final de 1940 e foi concluída em 1950.

Na segunda Conferência Regional do Atlântico Sul, realizada em SP em 1958, o governo brasileiro concordou em preparar pistas para os aeroportos de Porto Alegre (RS), São Paulo (SP), Rio de Janeiro (RJ), Recife (PE) e Belém (PA) responsável pelas operações de jatos da aviação internacional. Campinas e Galeão foram concluídos em 1960 e possuem 3.280 m x 45 m e 3.300 m x 45 m, respectivamente. No Galeão, a concretagem das lajes de concreto foi concluída durante 223 dias consecutivos, demandando uma média de 370 metros cúbicos de concreto a serem produzidos e aplicados por dia (ABCP, 2009)

Figura 10 – Pátio de Aeronaves Aeroporto Afonso Pena, Curitiba - PR



Fonte: Rudloff.

2.1.3 Vantagens de aplicação

O concreto é o material básico para a construção da infraestrutura nacional. Ocorre em grandes projetos de infraestrutura de transporte, saúde e energia em vários formatos e formas. A grande e poderosa usina hidrelétrica brasileira é um bom exemplo de sua aplicação em larga escala. A combinação deste material com sistemas estruturais multifuncionais existe em pontes e viadutos, rodovias e ferrovias, terminais aeroportuários e portuários, estações de tratamento de água e esgoto, galerias e dutos, túneis, estações de metrô, edifícios.

Com o acréscimo na procura por cimento, a indústria cimenteira está investindo em novas plantas e processos logísticos para acompanhar o crescimento do Brasil. O mercado brasileiro é um dos mais competitivos do mundo, e a construção civil vive um momento promissor. Dados da Confederação Nacional da Indústria do Cimento (SNIC) classificam o país como o sétimo maior produtor de cimento do mundo e o quarto maior consumidor.

2.1.3.1 Pavimento de elevada durabilidade com baixa manutenção

A baixa presença de recursos e o número insuficiente de operações de manutenção reforçam a ideia de encontrar um tipo de pavimento com durabilidade e custos de manutenção reduzidos, além de manter sua integridade estrutural ao longo do tempo.

Sob a ótica de Carvalho (2012, p.5), a maior diferença entre os pavimentos de concreto e outras possibilidades de pavimentação é a durabilidade, devido às propriedades estruturais do material: alta resistência mecânica e à abrasão e praticamente impermeável à água.

Em 1928, essa técnica de pavimentação era utilizada na Serra de Itaipava – Teresópolis/RJ. A estrada ainda está em uso e, segundo o DNIT, o VMDa (volume médio anual de tráfego) foi calculado para um valor um pouco acima de 4 mil veículos em uma extensão de 33,4 km em 2009. Este exemplo ilustra a capacidade do material de preservar e permanecer em boas condições mesmo após 80 anos.

Nesse sentido, os pavimentos de concreto são considerados a melhor escolha para construção de estradas e estradas com tráfego intenso, que são afetadas por derramamento de óleo e combustível, esforços de aceleração e frenagem, como faixas exclusivas para ônibus, tráfego intenso e rodovias interestaduais. preferência internacional é pavimentar a pista com concreto.

Outra especificidade do concreto é que ele não sofre grandes deformações plásticas, "trilhas" ou furos indesejados. Apesar do maior investimento durante a construção, o pavimento de concreto tem vantagens a longo prazo, pois elimina os gastos com restauração e manutenção antecipada, operações de preenchimento de furos e recapeamento frequente, economizando recursos governamentais e a diminuição de custos operacionais.

2.1.3.2 Rapidez de execução

O campo da tecnologia do concreto no Brasil é amplo e amplo entre as construtoras. O país conta com equipamentos de última geração com alto desempenho e produtividade para entregar aplicações eficientes e economicamente viáveis em menos tempo, reduzindo as interrupções de tráfego nas rodovias e retomando rapidamente a atividade das linhas, tornando natural a produção de grandes trechos de pista todos os dias possível.

As rodovias pavimentadas de concreto têm demonstrado alto desempenho e produtividade em obras recentes, como o Rodoanel São Paulo e a BR-101 NE. Eles são alimentados por grandes centrais dosadoras e dosadoras capazes de produzir mais de 100 metros cúbicos de concreto por hora. Trabalhando em velocidade constante, em blocos de concreto fresco com altura máxima controlada e com um conjunto de vibradores de imersão de alta potência para desempenho uniforme e acabamento superficial com excelente nível de regularidade superficial.

O equipamento de estêncil deslizante é auxiliado por um pulverizador de cura e/ou texturização que pulveriza produtos líquidos quimicamente curados a uma taxa conveniente, proporcionando a textura adequada da superfície. Isso garante que o piso de concreto tenha uma superfície durável, antiderrapante, contínua e confortável (REVISTA CONCRETO E CONSTRUÇÕES, p. 73, 2012).

Figura 11 – Vibroacabadora na construção do pavimento de concreto na Nova Dutra



Fonte: Revista Concreto e Construções, 2012.

2.1.3.3 Segurança e conforto de rolamento

A textura da superfície de concreto melhora significativamente a segurança de rolamento em condições de superfície molhada sem reduzir o conforto de rolamento do usuário, oferece maior segurança, ajuda a eliminar a hidroplanagem e proporciona distâncias de frenagem mais curtas.

Os construtores de rodovias conquistaram qualidade excepcional em obras de concreto, como aconteceu nos lotes BR 101NE, Alagoas e Sergipe, o índice de contorno, que mede o conforto de rolamento, mostra que o padrão da rodovia é igual ao mundo melhor do mundo.

Rush, R. L., em seu livro "*Safety Considerations of Rutted and Washboarded Asphalt Road*", demonstrou que em pavimento molhado um veículo com velocidade um pouco acima de 90 quilômetros por hora pode reduzir a distância de frenagem em pavimento de concreto em até 40% se comparado a pavimento asfáltico com trilhos de roda.

2.1.3.4 Economia de energia elétrica

Outro ponto positivo do pavimento de concreto é o econômico uso de energia. Por ser mais refletivo, um nível de iluminação especificado pode ser alcançado com um número menor de postes e luminárias de alto desempenho, reduzindo os custos de iluminação pública. A Figura 14 demonstra a rodovia Castello Branco em São Paulo à noite, mostrando como melhorar a visibilidade em pavimentos de concreto.

Figura 12 – Rodovia Castello Branco, ilustrando estrada de concreto (à esquerda) vs. Asfalto.

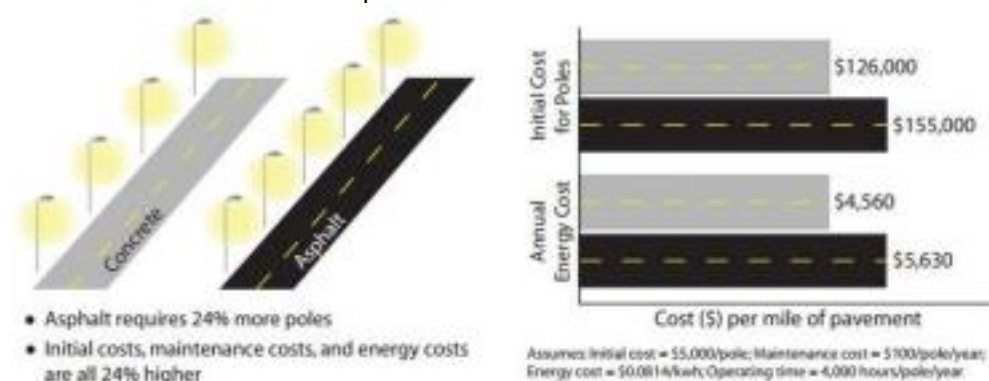


Fonte: Green Highways – ACPA/EUA (2007).

Gajda e VanGeem (1997) relacionam a consequência ambiental de pavimentos de concreto e asfalto e demonstraram uma redução no número de postes de luz necessários ao usar pavimentos de concreto em rodovias. A Figura 2 mostra que trabalhos adicionais são necessários e, portanto, o custo anual de energia do pavimento asfáltico é maior.

Ao aplicar o revestimento asfáltico, (tendo um custo inicial de \$ 5.000; custo de manutenção de \$ 100/coluna/ano; custo de energia: 0,0814/kWh e tempo de operação: 4.000 horas/coluna/ano) observou-se que 24% dos postes necessários, portanto, os custos de inicialização, manutenção e energia são 24% maiores.

Figura 13 – Exemplo de economia de iluminação pública e energia elétrica proporcionada pelo pavimento de concreto



Fonte: Green Highways – ACPA/EUA (2007).

Em uma pesquisa feita pelos autores Pace e Becker (1999) em Buenos Aires, Argentina, foi comparada a energia necessária para iluminar blocos de asfalto e pavimentos cimentícios em condições semelhantes. O pavimento de concreto se destaca em relação ao asfalto pela excelente refletividade da luz, exigindo 60% menos iluminação nos trechos analisados.

Por meio dessa capacidade refletora de luz, a visibilidade do motorista é melhorada, proporcionando maior segurança no trânsito, principalmente à noite e no período de chuvas.

2.1.3.5 Economia de Combustível

Em um estudo desenvolvido para a Federal Highway Administration, dos EUA, por equipe do professor John P. Zaniewski, da Universidade Estadual do Arizona, demonstrou que, sob as mesmas condições ambientais, geometria da estrada e outras intervenções, caminhões pesados podem economizar até 20%

em combustível em concreto em comparação com a mesma frota usando asfalto (FHWA, 1989).

No Canadá, outro estudo realizado pelo Conselho Nacional de Pesquisa do Canadá em 2000 demonstrou que os caminhões poderiam economizar 11% em combustível em favor de pavimentos de concreto. Para este estudo, o principal motivo dessa economia está relacionado à superfície rígida, não deformável e estável dos pavimentos de concreto. Isso se deve à menor inércia causada pelo pavimento de concreto. (National Research Council of Canada, Centre for Surface Transportation Technology: Effect of Pavement Surface on Fuel Consumption, Ottawa, Ontario, Agosto de 2000).

2.1.4 Questão ambiental

A organização do pavimento de concreto fundamental para atender às exigências de tráfego é menor do que a estrutura do pavimento correspondente em outra alternativa, reduzindo assim a erosão ambiental e o consumo de agregados naturais extraídos da natureza.

2.1.4.1 Coprocessamento e adições

A indústria cimenteira chinesa ainda ocupa uma posição de destaque no cenário internacional e está atualmente em uma das melhores posições em termos de baixas emissões de carbono e eficiência energética. Isso se deve a ações tomadas no final da década de 1970, quando o país mergulhou em uma crise energética pelo aumento do preço do petróleo, obrigando o governo a conter as importações (ABCP, 2014).

Para aproveitar melhor a energia, o setor intensificou o uso de aditivos e coprocessamento, adicionando resíduos industriais indesejados à fabricação de cimento. Segundo o SNIC (2012), pesquisas internacionais indicam que aproximadamente 5% das emissões antrópicas mundiais são provenientes da produção de cimento. No Brasil, esse valor equivale a 1,4%.

Nesse contexto, a indústria do setor se vê obrigada a fazer da gestão do carbono uma de suas prioridades. Os fornos a seco no Brasil respondem por cerca de 99% da produção de cimento, garantindo uma redução significativa no uso de combustível.

Por meio do coprocessamento, destruição térmica de resíduos industriais indesejáveis e de alto poder calorífico como resíduos de pneus, óleos usados, solventes e graxas em fornos de cimento sem comprometer a qualidade final dos

produtos, ampliando o consumo de combustíveis alternativos, além de substituir e economizando combustíveis.

Em diversas ocorrências, é a solução de descarte de resíduos mais eficiente e econômica, pois não oferece riscos à qualidade do cimento Portland e ao meio ambiente. A indústria do cimento é a indústria que reaproveita os pneus mais irreversíveis 8 milhões de toneladas de resíduos processados de 1991 a 2011 (FIEPR, 2013).

O cimento Portland tem em sua composição clínquer e aditivos, que são misturados ao clínquer durante a etapa de moagem e podem variar de um tipo de cimento para outro, sendo este um dos motivos que determina o tipo de cimento (DNIT, 2014)

Além disso, resíduos industriais indesejados, como escória de aciaria, cinzas volantes e pozolanas, são adicionados à produção de cimento, fornecendo vários tipos de cimento disponíveis no mercado.

2.1.4.2 Redução da temperatura ambiente

O pavimento de concreto é um aliado eficaz para a proteção ambiental. Em uma de suas publicações, a Revista Concreto e Construções (2012) descreveu sua superfície de luz refletindo calor como responsável por reduzir a temperatura ambiente em cerca de 5°C, pois não aumenta a temperatura do ar, produzindo assim, potencialmente economizando energia elétrica.

Pavimento de concreto é utilizado no estacionamento de um carro Ford na Bahia para reduzir o calor do ambiente ao redor, reduzindo em até 7% o uso de ar-condicionado.

2.1.4.3 Inexistência da lixiviação

A acrescida resistência da água devido ao desenvolvimento urbano promove o aumento das velocidades de escoamento superficial ao longo dos canais dos rios, agravando os problemas estruturais nos sistemas de drenagem e aumentando a probabilidade de inundações.

De acordo com Azevedo (2007), uma das razões para o desempenho sub ótimo do pavimento está relacionada à infiltração de água na estrutura do pavimento. No entanto, a água pode danificar as superfícies das estradas de diferentes maneiras. Segundo Cedergren (1974), a maioria dos defeitos causados por águas subterrâneas e infiltrações tem duas causas distintas:

- Partículas de solo migram para o ponto de saída, onde podem ocorrer “dutos” ou erosão de retorno;
- Níveis de fluxo incontroláveis causados por saturação, fluxo interno, alta pressão negativa ou forças osmóticas excessivas.

A lixiviação é um procedimento de perda de minerais do perfil do solo, causado pela “lavagem” promovida pela chuva e pela infiltração de água no solo, reduzindo a fertilidade do solo. Não há risco potencial de contaminação de cursos d'água ou nascentes, pois o concreto não promove o aparecimento de água lixiviada que possa contaminar águas subterrâneas ou superficiais.

2.1.5 Soluções construtivas sustentáveis em concreto

2.1.5.1 Pavimento permeável de concreto

Um pavimento permeável é um pavimento que possui em sua estrutura um espaço livre por onde a água pode passar, permitindo que ela penetre, reduzindo assim a superfície impermeável de uma cidade. O revestimento de pavimentos permeáveis em sistemas à base de cimento pode ser realizado com concreto poroso moldado in loco ou componentes de concreto pré-moldado.

A camada de base granular atua como um filtro de água da chuva, reduzindo sua poluição. Nas áreas urbanas, as superfícies de acesso e estacionamento ocupam espaço considerável, chegando a 30% da área da bacia. O uso de pavimentos permeáveis pode ajudar a reduzir os problemas de escoamento superficial e inundações urbanas.

Figura 14 – Pavimento permeável de concreto poroso.



Fonte: ABCP (2011).

2.1.5.2 Pavimento Intertravado

Consiste em blocos de concreto colocados sobre uma camada de areia e travados entre si por vedações transversais. O intertravamento é a capacidade dos blocos de pavimentação (também conhecidos como "pavers") de adquirir resistência a um único movimento de deslocamento, seja vertical, horizontal, rotacional ou relativo aos blocos adjacentes. A alta resistência do concreto proporciona grande durabilidade para pisos intertravados.

São blocos pré-fabricados, resultado de melhorias feitas em antigos pavimentos de paralelepípedos. Sua uniformidade e forma bem definida permitem o assentamento, transferindo as cargas de um bloco para um bloco adjacente, aliviando a tensão única transmitida ao subleito e à fundação, reduzindo assim o potencial de deformação. Esse recurso faz com que funcione como um piso de concreto embutido em uma laje, mas não deixa de funcionar como um piso flexível (SEBRAE, 2012).

Figura 15 – Acima (Orla de São Conrado – Rio de Janeiro/RJ; Praça Municipal – Apucarana/PR; Orla de Boa Viagem - Recife/PE), abaixo (Praça Sete de Setembro – Belo Horizonte/MG; Jundiaí – São Paulo/SP e Campo Grande/MS)



Fonte: ABCP (2010).

São usados normalmente usados em: Parques, praças, estacionamentos e calçadas

2.1.6 Conservação dos pavimentos de concreto

Segundo o DNIT (2004), os defeitos mais comuns em pavimentos rígidos geralmente estão relacionados ao uso de técnicas e materiais de execução insuficientes, bem como a falta de manutenção de rotina que tais estruturas exigem. Eles podem ocorrer com frequência e gravidade variadas e tendem a piorar com o tempo.

Ademais, neste tipo de pavimento, os defeitos locais ocorrem com maior frequência, relacionados a causas específicas, como a degradação uniforme de toda a seção construída devido a falhas de projeto ou processos de fadiga do concreto, aproximando-se do fim de sua vida útil.

Portanto, é necessário estabelecer indicadores de utilidade ou especificar as condições de uso do pavimento para estimar sua vida útil e determinar quando e onde devem ser realizados reparos, reforços ou reformas. Portanto, através da inspeção visual do pavimento rígido e da determinação de defeitos e do Índice de Condição do Pavimento (ICP), o pavimento pode ser reparado, o que afeta diretamente o aumento de sua vida útil e o mantém em boas condições de tráfego.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa tem como objetivo realizar a apresentação de quatro resultados de obras feitas de blocos de concreto intertravado em dois municípios no estado de Pernambuco, identificar e analisar a história e a importância das estradas e pavimentação para o ser humano, tendo em vista que a construção civil e a indústria de pavimentação têm um grande impacto no meio ambiente e ao mesmo tempo é uma das atividades mais importantes para a sociedade quanto ao transporte terrestre.

Foi produzido um enorme levantamento bibliográfico, para a execução deste trabalho, a respeito do uso de pavimentos de concreto nas rodovias brasileiras, com foco na viabilidade construtiva e flexibilidade de uso. Este trabalho tem como objetivo apresentar o estado atual da utilização de tal pavimentação em todo o país, assim como todos os benefícios construtivos inseridos no procedimento total.

Portanto, este estudo foi desenvolvido com base nas principais fontes de especialistas no assunto: a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), o Departamento de Estradas de Rodagem (DER), o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e outras instituições públicas e privadas.

A pavimentação com blocos é uma alternativa que protege o meio ambiente por meio de pavimentos sustentáveis e um ambiente mais agradável para as pessoas. No entanto, cabe ao empreendedor analisar se as vantagens do pavimento em blocos de concreto são suficientes para determinar sua determinação no projeto, uma vez que o pavimento asfáltico se torna mais acessível financeiramente.

4 RESULTADOS

4.1 Obras executadas no município de Tamandaré

O serviço executado na área de lazer de uma propriedade particular, localizada na boca da barra, número 16. O determinado serviço mencionado foi executado o intertravado de 4cm e de 10cm, foi feita a entrada da garagem e áreas de lazer.

Foi realizado um estudo a respeito do solo bem compactado, pois há alguns meses anteriores o proprietário já tinha feito seu preparo, a área já está no ponto para receber o intertravado, foi colocado os “meios-fios” que servem pra contenção e foi aplicado esse por cima de área de fingi fina e foi rejuntado com a própria área de fingi fina foi compactado com a placa compactadora, realizando toda limpeza e liberado pra o tráfico.

Nesta obra houve muitos problemas para colocar a área no esquadro, já que a casa e a parte do muro frontal estavam todas fora de esquadro, na que tange a respeito do assentamento do meio-fio teve mais um problema com raízes, visto que do mesmo do lado de um pé de caju antigo. Com exceção desses entraves a aplicação foi tranquila e o serviço durou cerca de 14 dias. Por fim, foram aplicados 300 m² de intertravados de 10cm e 150 de intertravados de 4cm, formato de espinha de peixe.

A seguir são postas algumas imagens a respeito do processo de assentamento:

Figura 16 – Arrumação dos blocos.



Fonte: De autoria própria, 2022.

Figura 17 – Colocação dos blocos.



Fonte: De autoria própria, 2022.

Figura 18 – Assentamento dos blocos.



Fonte: De autoria própria, 2022.

4.2 Obras executas no município no loteamento Nova de Tamandaré

Neste subcapítulo será abordado a respeito da obra executada nas calçadas da avenida principal do loteamento Nova de Tamandaré.

Nesse sentido, calçadas com 46 metros de comprimento e 2 metros de largura, foram utilizados blocos intertravados de 4 centímetros de comprimento 10 centímetros de largura em formato espinha de peixe. No decorrer da obra, houve alguns contratemplos, como o aterro, a areia onde tivemos que fazer um sapeamento para a compactação.

Assim, teve que ser realizado o nivelamento do meio-fio de travamento, porque alguns estavam fora de esquadro, falta de ponto de energia para ligar equipamento como esmerilhadeira para esquadrejamento dos meios-fios, dificuldade para chegada de material e alguns dias de chuva também atrapalharam no andamento da obra, entretanto, com todos esses contratemplos a obra foi executada com sucesso.

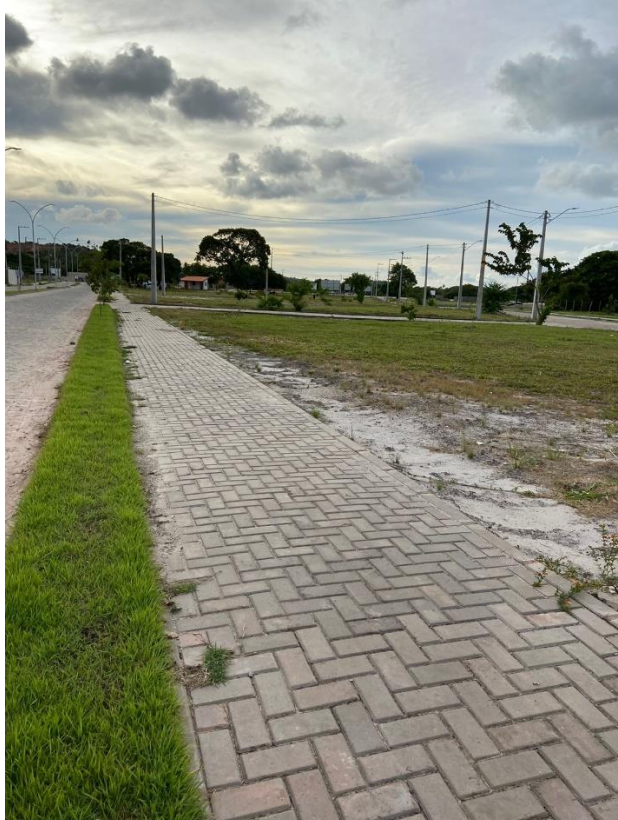
Segue alguns anexos da obra finalizada.

Figura 19 – Praça pronta com área de pavimentação e área verde.



Fonte: De autoria própria, 2022.

Figura 20 – Praça pronta com área de pavimentação e área verde.



Fonte: De autoria própria, 2022.

O segundo ponto abordado neste subcapítulo será a obra executada em uma das praças do loteamento Nova de Tamandaré:

As obras na praça do loteamento nova Tamandaré foram executadas e supervisionadas diariamente conforme o projeto executivo e norma vigente do campo de atuação, no qual o engenheiro responsável e mestre de obra sempre estiveram presentes fiscalizando e auxiliando nas execuções. Dado início a execução do subleito, também conhecida como a fundação do pavimento, o subleito com condições favoráveis, não foi preciso adição de material, sendo possível apenas a sua regularização e compactação.

Após passada a etapa de regularização e compactação, iniciava-se a colocação das contenções laterais, na qual foi utilizado meio fio de concreto, com o intuito de manter as peças e o material de rejuntamento na sua adequada posição sempre procurando o correto e satisfatório intertravamento, a qual se deve obedecer a colocação do meio fio 15cm (quinze centímetros) acima do leito carroçável.

Assim, iniciava-se uma das partes mais importantes, a execução da camada de base, utilizando como base o pó-de-pedra, o qual teve sua colocação sempre acompanhada de regularização e compactação, realizada por profissionais capacitados com os equipamentos necessários, logo após executadas todas as etapas acima citadas, por fim, a base se encontrando com capacitada de recebimento das peças de intertravados, seguindo uma sequência do projeto, iniciava-se a sua colocação, na qual o profissional capacitado para tal procedimento era encarregado tendo auxílio de um ajudante.

Depois de concluído a etapa de ajustes e arremates, na qual foi possível devido a utilização de maquitão com disco de material diamantado, sendo fiscalizado as peças corretas para tal procedimento, não sendo possível a utilização de pedaços de blocos inferior a $\frac{1}{4}$ do seu tamanho original.

E por fim, a etapa de rejuntamento da calçada, na qual foi utilizada areia, que deve se encontrar seca livre de materiais friáveis, torrões de argila e impurezas orgânicas. Nela, o preenchimento das juntas só é realizado com êxito através da utilização de vassourões, sendo realizado o procedimento de varrição.

Figura 21 – Praça pronta com área de pavimentação e área verde.



Fonte: De autoria própria, 2022.

Figura 22 – Pavimentação feita.



Fonte: De autoria própria, 2022.

Figura 23 – Pavimentação feita com vista para o meio-fio



Fonte: De autoria própria, 2022.

4.3 Obra executada no município de Abreu e Lima

Bloco intertravado na área externa, interna e canteiro principal do IFPE de Abreu e Limas, serviço feito por trás da feira municipal de Abreu e Lima no IFPE de Abreu e Lima (Rua Jaguaribe - Timbó, Abreu e Lima - PE, 53510-520). Foi realizado 590 metros de intertravado em bloco foi feito a calçada da área externa, interna e o canteiro principal dentro do IFPE.

Listagem de dificuldades:

- Não tinha cadastramento perto, ou seja, tinha que dormir na própria obra;
- O solo não estava bem compactado, teve que ser realizado uma preparação do solo;
- Não tinha máquina, teve que ser realizado de forma manual com a placa, colocando uma camada de 10, passa a placa juntamente com água, camada de 10 passa a placa, teve que ser feito uma escavação de cerca de 1 metro para compactar e chegar no nível de pôr o intertravado;

- Problemas com os trabalhadores na hora de largar e principalmente na mão de obra qualificada, pois teve que ser realizado um treinamento básico sobre o trabalho;
 - Dificuldade com a chuva pois o trabalho foi feito no inverno, devido à chuva ficamos 1 semana sem trabalhar
 - Meio-fio fora do esquadro, dificuldade em pôr a calçada dentro do esquadro porque pegou bastante trincho, trabalho de machucando com o uso da maqueta;
 - O pagamento não da obra não foi feito na data prevista, com isso tivemos um pouco de dificuldade no pagamento de alguns dos trabalhadores.
 - Os intertravados vieram com algumas deformações dificultando o assentamento e o dono não queria trocar pois estava perto de acabar o serviço.
- Abaixo segue a imagens do resultado do nosso trabalho.

Figura 24 – Pavimentação com meio fio.



Fonte: De autoria própria, 2022.

Figura 25 – Pavimentação com meio fio.



Fonte: De autoria própria, 2022.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para ter o suporte do tráfego denso, pesado e repetitivo, as rodovias brasileiras exigem pavimentação de alta durabilidade e baixo custo de manutenção. Nesse sentido, o pavimento de concreto é uma alternativa adequada para melhorar a qualidade viária para a segurança dos usuários e a produtividade/competitividade do setor de transporte, por se tratar de um sistema construtivo com longa vida útil.

O pavimento de concreto tem características intrínsecas que lhe conferem benefícios inquestionáveis. Tem uma vasta gama de aplicações, tornando-se um material versátil. Ao considerar o tempo de uso, o concreto torna-se competitivo, pois os custos de manutenção são reduzidos através da durabilidade do concreto.

Para seu andamento, tem-se uma necessidade de um maior controle e cuidado da aplicação durante o processo de construção, pois sua recuperação se torna mais complicada se não for executada corretamente. No entanto, a indústria domina suas técnicas de execução, utilizando equipamentos modernos e profissionais capacitados, entregando resultados de alta qualidade.

Esse tipo de pavimento tem apresentado resultados no atendimento aos requisitos de sustentabilidade, pois são duráveis, utilizam materiais reciclados, reduzem as emissões de CO₂, refletem bem a luz e permitem a permeabilidade da via.

Com o verbo pavimentar se tornando sinônimo de asfalto, fica difícil para a indústria cimenteira esclarecer as diferenças conceituais que existem entre os dois termos, já que a cultura dos derivados de petróleo é dominante no país. Os usuários desconhecem outras opções e acabam preferindo o asfalto, já que o Brasil não tem muita tradição de usar concreto.

Uma das dificuldades para disseminar a tecnologia de forma mais eficaz no Brasil tem a ver com a baixa execução. Apesar dos esforços, ainda existe uma grande lacuna de conhecimento entre empresas e profissionais da construção por meio da realização de cursos especializados oferecidos por entidades especializadas. Esforços devem ser feitos para possibilitar maior disseminação do conhecimento gerado entre pesquisadores, engenheiros e gestores de obras, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico da engenharia rodoviária no Brasil.

A comunicação ao público acadêmico sobre os sistemas construtivos discutidos é fundamental para criar e aprimorar uma cultura de uso de pisos de concreto. Há também a necessidade de demonstrar os benefícios e valor agregado do pavimento de concreto ao poder público para evitar o desperdício de recursos, melhorar a qualidade do pavimento de concreto, aumentar a produtividade e a imagem da empresa e tornar sua aplicação amplamente disponível para estradas do Brasil.

Compreender a produção acadêmica de uma definida instituição pode analisar o trabalho que foi produzido até o momento e assistir e orientar futuros trabalhos científicos. Aguarda-se que o presente trabalho contribua para a produção científica futura, entenda o que foi considerado em trabalhos anteriores e estimule pesquisas em áreas ainda não exploradas em profundidade pela instituição, bem como com o enriquecimento de sua produção acadêmica.

REFERÊNCIAS

ALCANTARA, Paloma Santos Xavier de. **Blocos intertravados coloridos para pavimentação com incorporação de resíduos de cerâmica vermelha em prol da redução de pigmentos**. 2015. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Caruaru, 2015.

ACPA (American Concrete Pavement Association). **Green Highways: Environmentally and Economically Sustainable Concrete Pavements**. Disponível em: < <http://www.pavements4life.com/qds/sr385p.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2022.

ADESG (Associação dos Diplomados da Escola Superior de Guerra). **Engenharia Militar – Obra de Duplicação/Restauração da rodovia BR-101/NE**. Disponível em: < <http://www.adescg.net.br/noticias/engenharia-militar-obra-de-duplicacaorestauracaoda-rodovia-br-101ne>>. Acesso em: 05 mai. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Selo da Qualidade ABCP/Blocos de concreto**. Disponível em: <<https://www.abcp.org.br/cms/selosdequalidade/blocos/selos-de-qualidade-blocos-de-concreto/>>. Acesso em: 05 mai. 2022.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15953**: pavimento intertravado com peças de concreto – execução. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 9781:2013**. Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. pavimentação. 2004. 296 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)

ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). **A indústria de cimento e o desenvolvimento do Brasil**. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/conteudo/tag/coprocessamento/page/2>>. Acesso em: 05 mai. 2022.

ABCP (Associação Brasileira De Cimento Portland). **Governar é abrir estradas**: o concreto pavimentando os caminhos na formação de um novo país. 1. Ed. São Paulo, 2009. 164 p.

ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). **Manual de pavimento intertravado**. Disponível em: <<http://solucoesparacidades.com.br/wpcontent/uploads/2012/08/ManualPavimentoIntertravado.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2022.

ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). **Pavimento de concreto é alternativa para melhoria das rodovias**. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/conteudo/imprensa/pavimento-de-concreto-e-alternativa-paramelhoria-das-rodovias>>. Acesso em: 05 mai. 2022.

ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). **Sistemas construtivos: pavimentos permeáveis**. Disponível em: <http://ninamartinelli.com.br/downloads/cartilha_pav_intertravado_permeavel.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2022.

AZEVEDO, Ângela M. **Considerações sobre a drenagem superficial na vida útil dos pavimentos rodoviários**. 2007. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia. Universidade de São Paulo, 2007.

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

BR 101 NORDESTE. Disponível em: <<http://www.br101nordeste.com/>>. Acesso em: 05 mai. 2022.

CARVALHO, Marcos D. de. **Pavimento de concreto: reduzindo o custo social**. São Paulo, 2007.

CORRÊA, R. R. **Proposta de metodologia de controle de qualidade de peças de concreto para pavimentação**. 2013. 307 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

Caputo, H. P. **Mecânica dos Solos e Suas Aplicações**, Vol. 1. Livros Técnicos Científicos. Editora S. A. 1988, 244p.

CARVALHO, Marcos D. **Associação Brasileira de Cimento Portland – Estudo Técnico – Pavimentação com peças pré-moldadas de concreto**. São Paulo, junho de 1998.

CARVALHO, Marcos D. de. **Vantagens e Benefícios do Whitetopping e do Inlay na reabilitação de pavimentos**. São Paulo, 2012

CEDERGREN, H. R. **Drenagem de pavimentos de rodovias e aeródromos**. Rio de Janeiro, LTC, 1980.

CRUZ, Luiz M. **Pavimento intertravado de concreto: estudo dos elementos e métodos de dimensionamento**. 2003, 281 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Ciências em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

DIARIO DE PERNAMBUCO. A capital do concreto. Disponível em: <https://www.ufpe.br/agencia/clipping/index.php?option=com_content&view=art>

icle&id=5729:a-capital-do-concreto&catid=35&Itemid=228>. Acesso em: 05 mai. 2022.

DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes). **Manual de pavimentos rígidos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2004. 233 p.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (FHWA). **User Guidelines for byproduct and Secondary Use Materials in Pavement Construction**. FHWARD-97-148. 1889. Disponível em: <<http://www.tfhrc.gov/hnr20/recycle/waste/index.htm>> em: <<http://www.recycledmaterials.org/tools/uguidelines/index.asp>>. Acesso em: 22 fev. 2010.

FERNANDES, I. **Blocos e Blocos**. Produção e Controle de Qualidade. São Paulo, 2013.

FIEPR (Federação das indústrias do estado do Paraná). Disponível em: <<http://www.fiepr.org.br/sindicatos/sindicaf/News21531content204098.shtml>>.. Acesso em: 05 mai. 2022.

FIORITI, Cesar Fabiano; INO, Akemi; AKASAKI, Jorge Luís. **Avaliação de blocos de concreto para pavimentação intertravada com adição de resíduos de borracha provenientes da recauchutagem de pneus**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 43–54, out./dez. 2007.

GODINHO, Dalter P. **Pavimento Intertravado**: uma reflexão sob a ótica da durabilidade e sustentabilidade. 2009, 158 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

HALLACK, Abdo. **Dimensionamento de pavimentos com revestimento de peças pré-moldadas de concreto para áreas portuárias e industriais**. 1999. 116 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – Escola Politécnica. Universidade de São Paulo (USP), 1999.

IBTS (Instituto Brasileiro de telas soldadas). **Pavimentos estruturalmente armados para aeroportos**. Disponível em: <http://www.ibts.org.br/pdfs/MANUAL_PAV.pdf>. Disponível em: Acesso em: 05 mai. 2022.

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

JUNIOR, Ivan J. A. **Pavimento intertravado como ferramenta de moderação do tráfego nos centros comerciais de travessias urbanas** – Estudo de Caso Guaiuba, CE. 2007, 221 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Ciências em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

HOOD, Rogério S. S. **Análise da viabilidade técnica da utilização de resíduos de construção e demolição como agregado miúdo reciclado na**

confeção de blocos de concreto para pavimentação. 2006, 150 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

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

MASCHIO, Eleandro. **Modelagem do Processo de Aquisição de Conhecimento apoiado por Ambientes Inteligentes.** 2013. 104 f. Tese (Doutorado em Informática) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MARCHIONI, Mariana & SILVA, Cláudio Oliveira. Pavimento Intertravado Permeável - Melhores Práticas. **Associação Brasileira de Cimento Portland**, 2011. Disponível em: < http://www.abcp.org.br/conteudo/wp-content/uploads/2011/06/Cartilha_Pav_Intertravado_Permeavel_v1.pdf >. Acesso em: 05 mai. 2022.

MARCHIONI, M. L. **Desenvolvimento de técnicas para caracterização de concreto seco utilizado na fabricação de peças de concreto para pavimentação intertravada.** 2012. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

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

PACE E BECKER, **Costo de pavimentos a lo largo de su vida útil.** Buenos Aires, 1999.

PAGE, G. K. **Interlocking concrete bloco production on small pallet concret blocks machine.** Third International Workshop on Concret Block Paving, Cartagena de Indias, Colômbia, May 1998.

Pavimentos intertravados - Um caminho de vantagens com baixo custo. **Associação Brasileira de Cimento Portland**, 2008. Disponível em: < <http://www.maski.com.br/prefabricados/extras/cartilha-abcp-paver/> >. Acesso em: 05 mai. 2022.

PETTERMANN, Rodrigo. **Avaliação do desempenho de blocos de concreto para pavimentação com Metacaulim e Sílica ativa.** 2006, 71 f. Monografia (Pós-Graduação) – Programa Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

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

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **Dimensionamento de pavimentos com blocos intertravados de concreto.** IP-06/2004. São Paulo:

Prefeitura Municipal de São Paulo, 2004. Disponível em:
<<http://www.saopaulo.sp.gov.br/rodoanel>>. Acesso em: 05 mai. 2022.

REVISTA CONCRETO E CONSTRUÇÕES. São Paulo: IBRACON, 2012.

RUDLOFF. **Concreto protendido – Catálogo técnico para visualização na tela**. Disponível em: < <http://www.rudloff.com.br/concreto-protendido/catalogo-tela.php>>. Acesso em: 23 out. 2015.

SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas). **Indústria de Pavimento Ecológico**. Brasília, 2012. 70 p.

SHACKEL, B. **Design and Construction of Interlocking Concrete Block Pavement**. London: Elsevier Applied Science, 1990.

TISCOSKI, Douglas. **Análise da resistência à compressão simples da Mistura solo cimento e Perma-zyme® para fins Rodoviários**. Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2009.