XII SIBRAGEC
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO
MACEIÓ - AL

CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO DE PISO INTERTRAVADO EM PÁTIOS DE ESTACIONAMENTO[1]

BENITTEZ, Leandro Henrique (1); BENITTEZ, Lívia Regueira Fortunato (2); BARRETO, Douglas (3); SERRA, Sheyla Mara Baptista (4)

(1) Universidade Federal de São Carlos, leandrohbenittez@icloud.com (2) Universidade Federal de São Carlos, liviarfortunato@hotmail.com (3) Universidade Federal de São Carlos, dbarreto@ufscar.br (a) Universidade Federal de São Carlos, sheylabs@ufscar.br

RESUMO

Após a revolução industrial as áreas urbanas cresceram desenfreadamente e a maioria sem planejamento, especialmente, quanto à impermeabilização e drenagem das vias e pavimentos. As enchentes nos grandes centros tornaram-se cada vez mais frequentes, surgindo a necessidade de desenvolvimento de novas tecnologias para promover a infiltração da água da chuva no solo. Nessa conjuntura, a pavimentação com piso intertravado se destaca, pois permite que a água permeie entre as juntas, infiltre no pavimento, alcance o solo e posteriormente, o lençol freático. Tal característica é bastante vantajosa, pois reduz as inundações, uma vez que promove a diminuição do volume de água de escoamento. Neste trabalho foram realizados ensaios de infiltração em três estacionamentos pavimentados com piso intertravado, localizados em diferentes regiões no município de São José do Rio Preto/SP, objetivando a obtenção do grau de permeabilidade de cada um. Para realização dos testes, foi utilizado o método da Norma Americana ASTM C1701. Por fim, pode-se dizer que o objetivo do estudo foi alcançado, uma vez que a permeabilidade dos pavimentos executados com piso intertravado foi comprovada.

Palavras-chave: *Permeabilidade, Infiltração, Pavers, Piso intertravado.*

ABSTRACT

After the industrial revolution, urban areas grew wildly and most without planning, especially regarding the waterproofing and drainage of roads and pavements. Floods in large cities have become increasingly frequent, creating the need to develop new technologies to promote the infiltration of rainwater into the soil. In this juncture, the interlocked floor paving stands out, as it allows water to permeate between the joints, infiltrate the pavement, reach the ground and, later, the water table. This feature is quite advantageous, as it reduces flooding, as it promotes a reduction in the volume of runoff water. In this work, infiltration tests were carried out in three paved parking lots with interlocking floor, located in different regions in the city of São José do Rio Preto/SP, aiming to obtain the degree of permeability of each one. To carry out the tests, the method of the American Standard ASTM C1701 was used. Finally, it can be said that the objective of the study was achieved, since the permeability of pavements built with interlocking floors was proven.

Keywords: *Permeability, Infiltration, Pavers, Interlocked floor.*

1 INTRODUÇÃO E FUNDAMENTAÇÃO

Os problemas de enchentes e inundações estão se tornando cada vez mais frequentes no meio urbano, principalmente em grandes centros com alto índice de ocupação e impermeabilização do solo. As áreas urbanas cresceram rapidamente, porém as soluções de drenagem, não acompanharam o mesmo ritmo. Com a expansão e desenvolvimento

[1]BENITTEZ, L. H.; BENITTEZ, L. R. F.; BARRETO, D.; SERRA, S. M. B. Capacidade de infiltração de piso intertravado em pátios de estacionamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 12., 2021, Maceió. **Anais[...]** Porto Alegre: ANTAC, 2021. p.1-8. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/sibragec/article/view/488. Acesso em: 2 out. 2021.

dessas áreas, soluções mais eficientes para escoamento de águas pluviais precisaram ser adotadas. Tornou-se comum o direcionamento das águas para jardins de chuva ou tanques de detenção, utilizados para bioretenção. As principais funções são de reduzir o volume de escoamento superficial. Porém, existem outros tipos de soluções que podem contribuir, de maneira harmônica, com a infraestrutura urbana e se tornaram mais atraentes para o gerenciamento do escoamento, como é o caso do pavimento permeável, considerado infraestrutura verde (DANZ, SELBIG e BUER, 2020). Os pavimentos permeáveis, construídos com *pavers*, tem se mostrado eficientes na mitigação do problema (PARRA e TEIXEIRA, 2015).

Os *pavers* ou pisos intertravados, são definidos como blocos de concreto pré-moldados para pavimentos (ACI 116.R-00, 2002). Como o setor produtivo sofreu grande desenvolvimento, a aplicação do piso intertravado se deu em diversos segmentos construtivos como pátios, calçadas, praças, ruas, caminhos, rodovias, estacionamentos, pisos industriais, portos e aeroportos. A utilização de *pavers* como pavimento é bastante versátil e possibilita harmonização com qualquer ambiente (FIORITI, INO e AKASAKI, 2010). O pavimento intertravado de concreto traz benefícios não apenas para drenagem, mas também quanto à mobilidade de áreas urbanas, uma vez que reflete até 30% da luz que incide sobre ele proporcionando assim uma economia de iluminação pública. Este pavimento possui simples manutenção, sendo possível a remoção e instalação a qualquer tempo (MARCHIONI e SILVA, 2011). Segundo Godinho (2009) o pavimento construído com piso intertravado, possibilita que a água da chuva permeie entre as juntas, infiltrando no pavimento e chegando até o solo. Tal característica faz com que haja uma redução no volume de água transportada para os coletores públicos, contribuindo assim para diminuição das inundações.

Um problema recorrente em pavimentos intertravados é a deposição de material pulverulento nas juntas, processo definido como colmatação. Onde existe tráfego intenso, há uma tendência de se ocorrer a descolmatação, pois a passagem dos veículos em velocidade provoca uma sucção dos materiais depositados nas juntas (VIRGILIIS, 2009). Segundo Marchioni e Silva (2011) se for atendida à distribuição granulométrica recomendada, é possível atingir um coeficiente de permeabilidade dos agregados na ordem de $3{,}5x10^{-3}$ m/s, comparado à brita, com grau de permeabilidade alto.

Com objetivo de fundamentar teoricamente o trabalho, será apresentado um breve histórico do pavimento intertravado, apontando sua origem e evolução ao longo do tempo. Em seguida, algumas definições normativas.

1.1 Breve histórico

A primeira referência que se tem da utilização de pavimentos intertravados data de quase 5.000 anos a.C. pelos povos da Mesopotâmia. A técnica também foi bastante utilizada pelos Romanos, que necessitavam construir estradas seguras a fim de mobilizar rapidamente suas tropas militares até os territórios conquistados e também transportar as riquezas até a capital, Roma. Um exemplo dessas estradas construídas pelo Império Romano é a Via Ápia que liga Roma ao sul da Itália. Sua primeira seção foi executada no ano de 312 a.C. e tem partes preservadas até os dias atuais. Este tipo de pavimento evoluiu para pedras talhadas manualmente, resultando no conhecido paralelepípedo. No Brasil, por volta do ano de 1.600 os portugueses executavam pavimentações com a conhecida pedra pé-de-moleque. Devido às dificuldades de execução e a falta de conforto que os pavimentos apresentavam, foi impulsionado o desenvolvimento de peças pré-moldadas de concreto. O *paver*, peça de concreto para pavimentação, começou a ser utilizado na Holanda no fim da década de 40. Após a 2ª Guerra Mundial, a reconstrução da Europa estimulou a utilização do *paver* para construção de pavimentos intertravados. Os blocos passaram a ser produzidos em grandes fábricas e com grande produção na Alemanha. No

Brasil, a técnica chegou nos anos 70 e como não havia critérios técnicos bem definidos, a execução e imagem do piso intertravado foi prejudicada (HALLACK, 2001; CRUZ, 2013; MULLER, 2005; e HEATHER, 2017).

1.2 Definições

A Norma vigente no Brasil com especificações e métodos de ensaios para peças de concreto para pavimentação é a NBR 9781 (ABNT, 2013). De acordo com a norma, peça de concreto é um componente pré-moldado de concreto, utilizado como material de revestimento em pavimento intertravado. Já o pavimento intertravado, é 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.

A "estrutura" do pavimento, segundo ABCP (2010), é dividida em camadas constituídas por subleito, base, camada de assentamento e por fim, a camada de revestimento, que é o próprio *paver*. Estes serão apresentadas segundo a ordem de execução:

- *Subleito*: Camada mais inferior do pavimento que é constituída pelo próprio solo natural encontrado ou se este não apresentar as características necessárias, por material proveniente de empréstimo (troca de solo). Deve ser compactado em camadas de 15 cm;
- *Base:* Camada superior ao subleito (ou sub-base se houver) constituída por material granular com espessura mínima de 10 cm;
- *Camada de assentamento:* Camada superior à base, composta por material granular com granulometria definida que tem função de acomodar a peças de concreto, absorvendo pequenas diferenças de espessura das peças e proporcionando um nivelamento ao pavimento;
- *Camada de revestimento:* Camada final composta pelas peças de concreto e rejuntamento. Esta camada que recebe diretamente os esforços do tráfego de veículos e pedestres ou suporte de carga.

A seguir, a Figura 1, ilustra a configuração típica do pavimento intertravado.

Figura 1 – Estrutura do pavimento intertravado.



Fonte: Maschio (2015).

2 MATERIAIS E MÉTODO

Foram realizados ensaios em diferentes estacionamentos no município de São José do Rio Preto/SP, com intuito de conhecer e diferenciar a capacidade de infiltração de cada local.

Utilizou-se o método de ensaio da ASTM C1701 (método de ensaio *in situ* para determinação de coeficiente de permeabilidade em concreto permeável), conforme indicação dos autores (MARCHIONI e SILVA, 2011), visto que não há norma brasileira para avaliação do coeficiente de permeabilidade de pavimentos.

Para o referido ensaio utiliza-se um cilindro com diâmetro interno de 300 mm e altura mínima de 200 mm. O cilindro é posicionado sobre a superfície do pavimento. Para evitar perda de água através das bordas, é utiliza-se massa de calafetar, de modo que toda água utilizada no ensaio infiltre no pavimento e não seja perdida nas laterais.

Os materiais utilizados no ensaio são:

- Cilindro de diâmetro interno de 300 mm;
- Massa de calafetar;
- Recipiente graduado de 1litro;
- Balde;
- Cronômetro;
- Água.

O ensaio consiste em pré molhar o pavimento, despejando-se 3,6 litros de água dentro do cilindro e aguardando até que toda a água seja infiltrada. Essa etapa é realizada para que o solo seja saturado. Caso o tempo da pré-molhagem seja inferior a 30 segundos, utiliza-se 18 litros de água no ensaio. Se o tempo da pré-molhagem for superior a 30 segundos, o ensaio é realizado com 3,6 litros de água. O resultado será obtido pelo tempo que a água levará para infiltrar no pavimento.

Na pré-molhagem e durante o ensaio, o fluxo de água deve ser adicionado de forma constante e a altura de água dentro do cilindro deve ser de 10 a 15 mm. O coeficiente de permeabilidade é obtido através da Lei de Darcy, conforme a equação:

$$I = \frac{K * M}{D^2 * t} \qquad (1)$$

Onde: I = Coeficiente de Infiltração (mm/h)

M = Massa de água infiltrada (kg)

D = Diâmetro interno do cilindro (mm)

T = Intervalo de tempo entre adição da água e seu desaparecimento na superfície

K = Constante = 4.583.666.000

Concluídos os ensaios, levando em conta que não existem valores regulamentados para compactação, foi utilizado o Quadro 01 a seguir, para conhecer o grau de permeabilidade do pavimento, conforme procedimento de (JABUR, 2013).

Quadro 1 - Valores típicos de permeabilidade de solos

Tipo de Solo	Coeficiente de permeabilidade K (m/s)	Grau de Permeabilidade
Brita	>10-3	Alta
Areia de brita, areia limpa, areia fina	10-3 a 10-5	Média
Areia, areia suja e silte arenoso	10-5 a 10-7	Baixa
Silte, silte argiloso	10-7 a 10-9	Muito Baixa
Argila	<10-9	Praticamente Impermeável

Fonte: Jabur (2013)

Com a obtenção dos resultados, através dos ensaios, foi obtida a eficiência de permeabilidade do pavimento e concluído o estudo.

3 RESULTADOS E ANÁLISES

Os locais escolhidos para realização dos ensaios foram descritos no Quadro 2, sendo todos no município de São José do Rio Preto/SP.

Quadro 2 - Locais em que os ensaios foram realizados

Local	Descrição
1	Estacionamento de empreendimento comercial
2	Estacionamento de empreendimento comercial
3	Estacionamento de shopping center

Fonte: Autor (2021)

As administrações dos estabelecimentos onde os ensaios foram realizados não autorizaram a divulgação de seus nomes, portanto os locais foram identificados apenas pelo tipo de atividade explorada.

Foram respeitadas as prescrições de Marchioni e Silva (2011) que apontam a necessidade de não realizar ensaio no mesmo local, respeitando o espaçamento mínimo de um metro de um ponto a outro ou aguardar um tempo mínimo de 24 horas para realizar novo ensaio. Os autores, ainda determinam que o ensaio não seja realizado antes de 24 horas da última precipitação ou caso haja água na superfície. Na sequência, a descrição dos locais escolhidos para os ensaios:

- **Local 1:** Estacionamento de empreendimento comercial com pavimento novo. Conclusão do assentamento com menos de 30 dias. Juntas de dilatação entre as peças com dimensão de 3 a 4 mm.
- **Local 2:** Estacionamento de empreendimento comercial, com pavimento concluído a aproximadamente 1 ano e 6 meses. Juntas de dilatação entre as peças com dimensão de 2 a 3 mm.
- **Local 3:** Estacionamento de shopping center, com pavimento concluído a 3 anos e 8 meses. Juntas de dilatação entre as peças com dimensão de 3 a 4 mm.

Figura 2: Execução do ensaio. a) Local 1; b) Local 2; c) Local 3.



Fonte: Autor (2021)

Os ensaios foram realizados no mesmo dia afim de que as condições climáticas fossem iguais para os diferentes locais.

Os resultados encontrados foram organizados no Quadro 3 e separados de acordo com cada local.

Quadro 3 - Resultados dos ensaios de infiltração

Data	Local	Vol. de água (L)	Tempo (s)	I (mm/h)	I (m/s)
11/12/2017	1	3,6	3.566	51,415	$9{,}410 \times 10^{-6}$
11/12/2017	2	3,6	211	868,941	$2{,}4137 \times 10^{-4}$
11/12/2017	3	3,6	4.582	40,015	$6{,}268 \times 10^{-6}$

Fonte: Autor (2021)

Os resultados obtidos nos locais 1 e 3 ficaram entre 10^{-5} e 10^{-7} sendo comparados a permeabilidade da areia, areia suja e silte arenoso, segundo Quadro 1. Contudo, possuem grau de permeabilidade baixo.

No local 2, o coeficiente de permeabilidade ficou entre 10^{-3} e 10^{-5}, ou seja, possui permeabilidade comparada a areia de brita, areia limpa e areia fina, de acordo com Quadro 1. Então o pavimento possui grau de permeabilidade médio.

No local 1 onde o pavimento é mais novo, o valor do coeficiente de permeabilidade deveria ser maior que nos locais 2 e 3, mas não foi o que se obteve.

A diferença dos resultados pode ser justificada pelo modo de execução dos pavimentos. No local 1, os executores compactaram o subleito e em seguida lançaram a camada de assentamento, suprimindo a camada de base. Além de suprimirem etapas, utilizaram na camada de assentamento o pó de pedra, composto por grãos menores que os da areia. Por fim, fizeram o rejuntamento também com pó de pedra. Pela execução incorreta, o pavimento que não tem 30 dias de sua conclusão, já apresenta baixo grau de permeabilidade.

O pavimento do local 2 foi o que apresentou melhor infiltração. A principal diferença encontrada foi que os *pavers* não foram rejuntados. Não se obteve informações referentes à base e a camada de assentamento. Por não haver rejuntamento, a água utilizada no teste percolou com facilidade para as juntas de dilatação vizinhas, obtendo um grau de permeabilidade médio.

Por fim, o baixo grau de permeabilidade do pavimento do local 3 pode ser justificado devido à colmatação, pois este foi o pavimento mais antigo analisado. Como os ensaios foram realizados em pátios de estacionamento, o tráfego mesmo que intenso, possui velocidade bastante reduzida, dificultando o processo de descolmatação. Neste local, não foi obtido à composição da base e da camada de revestimento e as peças apresentavam rejuntamento. Mesmo que a composição granulométrica da base não seja a recomendada, sempre haverá um potencial de permeabilidade por meio das juntas.

4 CONCLUSÃO

Atualmente é crescente a utilização de pisos intertravados em estacionamentos, praças, calçadas e até em arruamentos, pois além de possuírem uma estética agradável, apresentam fácil manutenção e contribuem para a redução do escoamento superficial. A execução do pavimento é um fator relevante para que este atinja o desempenho desejado quanto à permeabilidade, para tanto é imprescindível que os profissionais que atuam no setor possuam o devido conhecimento técnico e o executem segundo as normas.

Neste trabalho, foi possível observar a capacidade de infiltração de pavimentos executados com piso intertravado em pátios de estacionamento através de ensaios realizados, previsto na norma americana ASTM C1701. Foram encontrados grau de permeabilidade médio e baixo podendo ser comparados a materiais naturais como a areia de brita, areia limpa e areia fina; e a areia, areia suja e silte arenoso, respectivamente. Contudo, a utilização do piso intertravado como pavimento alternativo, mostra-se bastante eficaz no que diz respeito à infiltração de água de chuva, colaborando para um menor escoamento superficial e redução da intensidade de alagamentos.
Sugere-se para estudos futuros, que sejam realizados novos ensaios nos mesmos locais, para que se possa ter um acompanhamento do grau de permeabilidade ao longo do tempo. Caso a permeabilidade diminua, fato que é esperado, deve-se pensar em quais medidas poderão ser tomadas para restaurar a capacidade de infiltração do pavimento.

REFERÊNCIAS

ACI Committee 116, 2000, **"Cement and concrete Terminology (ACI 116R-00)"**

American concrete institute, Farmington Hills, Mich., 73 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – ABCP. **Manual de Pavimento Intertravado.** Passeio Público. 2010. 36 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9781:2013.** Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013. 26 p.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C1701**: Standard Test Methods for Infintration Rate of in Place Pervious Concrete. [S.l.]: ASTM, 2009.

CRUZ, L. O. M. **Pavimento Intertravado de Concreto: Estudo dos Elementos e Métodos de Dimensionamento.** 2013. 281 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em <http://wwwp.coc.ufrj.br/teses/mestrado/geotecnia/2003/teses/CRUZ_LOM_03_t_M_geo.pdf>. Acesso em: 01/12/2017.

DANZ, Mari; SELBIG, William; BUER, Nicolas. **Assessment of Restorative Maintenance Practices on the Infiltration Capacity of Permeable Pavement. Water**, [S.L.], v. 12, n. 6, p. 1563, 30 maio 2020. MDPI AG. http://dx.doi.org/10.3390/w12061563.

FIORITI, C. F; INO, A.; AKASAKI, J. L. **Análise experimental de blocos intertravados de concreto com adição de resíduos do processo de recauchutagem de pneus.** Acta Scientiarum. Technology, Maringá, v. 32, n. 3, p. 237-244, 2010. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/6013>. Acesso em 28/11/2017.

GODINHO, D. P. **Pavimento intertravado: uma reflexão na ótica da durabilidade e sustentabilidade**. 2009. 157 p. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável) Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Disponível em <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/MMMD-

8PDFFY/disserta__o_dalter.pdf?sequence=1>. Acesso em: 27/11/2017.

HALLACK, A. **Pavimento intertravado: uma solução universal.** Revista Prisma. São Paulo, v. 1, dezembro 2001. p. 25-27.

HEATHER, O. S. Disponível em: <http://segullah.org/daily-special/worshipping-underground/>. Acesso em: 28/11/2017.

JABUR, A. S. **Manejo de Águas Pluviais em Meio Urbano - Técnicas Compensatórias**. Projeto de Pesquisa MAPLU 2. Umullerniversidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013.

MARCHIONI, M., SILVA, C.O. **Pavimento Intertravado Permeável - Melhores Práticas**. São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2011.

MASCHIO, A; **Pavimento Intertravado: Como executar bem.** In: CONCRETE SHOW, 2015, São Paulo. Anais... São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2015.

MULLER, R. M. **Avaliação de Transmissão de Esforços em Pavimentos Intertravados de Blocos de Concreto**. 2005. 234 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em <

http://wwwp.coc.ufrj.br/teses/mestrado/geotecnia/2005/Teses/MULLER_RM_05_t_M_geo.pdf>. Acesso em: 01/12/2017.

PARRA, G. G.; TEIXEIRA, B. A. N. **Análise da permeabilidade e dos métodos de instalação de pavimentos permeáveis contidos em artigos científicos e em catálogos técnicos.** Revista nacional de gerenciamento de cidades, v.3, n.15, pp. 142-157, 2015. Disponível em:<https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/1013>. Acesso em: 27/11/2017.

VIRGILIIS, L. A. C. **Procedimentos de Projeto e execução de pavimentos permeáveis visando Retenção e Amortecimento de Picos de Cheias**, Dissertação de Mestrado-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 90 p. 2009.