

Avaliação do desempenho de *pavers* em conformidade com as especificações técnicas da ABNT

Lavínia de Sousa da Guia^{a*}; Rafaella Cavalcante Regis^b; José Joabe de Andrade Silva^a;
Maria Helena Nunes Pereira^a; Tiago Silveira Costa^a; Cândido Jorge de Sousa Lobo^a;
Ricardo Emílio Ferreira Quevedo Nogueira^b; Antônio Eduardo Bezerra Cabral^b

^a Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas, Av. Felipe Santiago 411, 62900-000, Russas, Ceará, Brasil

^b Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Av. Mister Hill s/n, 60455-760, Fortaleza, Ceará, Brasil

*e-mail: sousaguialsg@gmail.com

Resumo

Os pisos intertravados de concreto, ou *pavers*, são amplamente utilizados na pavimentação urbana em função da sua alta durabilidade e resistência mecânica. Contudo, o atendimento integral às especificações normativas é fundamental para assegurar o desempenho satisfatório e prolongar a vida útil do pavimento. Este estudo teve como objetivo avaliar as propriedades físicas e mecânicas de *pavers* provenientes de três empresas atuantes no município de Russas, Ceará, identificadas como A, B e C, conforme os requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 9781. As amostras foram submetidas à análise dimensional, determinação da absorção de água e ensaio de resistência à compressão. Os resultados indicaram que apenas a empresa C apresentou valor de absorção de água dentro do limite máximo de 6% estipulado pela norma. No que se refere às dimensões, apenas um modelo da empresa B atendeu ao requisito mínimo de altura de 60 mm. Nenhuma das empresas alcançou a resistência à compressão mínima exigida de 35 MPa. Dessa forma, constatou-se que nenhuma empresa atendeu integralmente à norma, destacando a importância de avaliação técnica para garantir a qualidade e a segurança dos produtos comercializados no município.

Palavras-chave: *Pavers*, análise dimensional, absorção de água, resistência à compressão.

1. INTRODUÇÃO

O intertravamento em pavimentos remonta às vias do Império Romano, construídas com pedras talhadas e bem ajustadas, formando superfícies resistentes e duráveis. No final da década de 1940, o conceito foi aprimorado nos Países Baixos com o desenvolvimento dos *pavers*, em substituição aos tijolos de barro. Após a Segunda Guerra Mundial, a reconstrução europeia estimulou o uso de blocos de concreto mais duráveis. No Brasil, a tecnologia chegou nos anos 1970, mas a falta de parâmetros técnicos claros inicialmente comprometeu sua execução e eficiência [1, 2].

A partir do final da década de 1990, a indústria de pisos intertravados apresentou crescimento expressivo, impulsionada pelos investimentos em infraestrutura e pela versatilidade de aplicação desse tipo de pavimento. Atualmente, existem mais de 2000 indústrias de *pavers* distribuídas pelo país, atendendo desde projetos de condomínios populares até grandes obras de reurbanização, evidenciando seu potencial econômico e relevância na construção civil. Essa expansão se mostra necessária frente

à realidade do pavimento urbano brasileiro: segundo a Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP), em 2004, cerca de 80,3% das vias existentes no país não eram pavimentadas, inviabilizando o uso exclusivo do asfalto como solução [3, 4].

Os pisos intertravados destacam-se pela durabilidade, resistência mecânica, praticidade na instalação, potencial de reutilização e baixa necessidade de manutenção, consolidando-se como alternativa sustentável aos métodos convencionais de pavimentação. Sua versatilidade estética permite adaptação a projetos urbanos variados, enquanto a possibilidade de intervenções pontuais, sem grandes demolições, favorece sua aplicação em vias com diferentes volumes de tráfego. Entre os benefícios adicionais, destacam-se o conforto térmico proporcionado pela coloração clara das peças, a redução de ilhas de calor e a economia de energia elétrica na iluminação pública devido à maior reflexão da luz [3, 5-8].

Dentro desse contexto de diversidade, destaca-se a existência de mais de 100 modelos de *pavers* no mundo, com finalidades variadas. No Brasil, os mais comuns são os modelos prisma, 16 faces, *paviess*, sextavado, raquete, duplo T e estrela, variando conforme a região. A NBR 9781 classifica os *pavers* em quatro tipos básicos: Tipo I, com formato próximo ao retangular, assentados em fileiras ou espinha de peixe; Tipo II, com formato único, assentados apenas em fileiras; Tipo III, com formatos geométricos como trapézios e hexágonos; e Tipo IV, constituídos por conjuntos de peças de diferentes tamanhos ou com juntas falsas, permitindo múltiplos padrões de assentamento [7, 9].

As peças de concreto para pavimentação diferem quanto ao processo de fabricação. No método prensado, a vibro prensa confere alta compactação, precisão dimensional e bom desempenho estético e mecânico, mas exige investimento elevado. O *paver* dormido ou em descanso é moldado e mantido no molde por um período, garantindo acabamento liso e produção em duas camadas, porém com menor produtividade e intertravamento. Já o *paver* batido ou virado é desformado imediatamente sobre superfície preparada, sendo indicado especialmente para peças sextavadas, embora apresente produtividade inferior ao método prensado [7, 10].

Além das variações de forma e fabricação, os blocos de concreto possibilitam diferentes arranjos de assentamento, determinando a estética do pavimento. Os padrões mais utilizados são Espinha de Peixe a 45°, Espinha de Peixe a 90°, Fileira e Trama, cada um conferindo aspecto visual distinto e adaptável aos projetos urbanos [6, 11].

Existem ainda variações especiais, como os coloridos, produzidos com pigmentos, e os dupla capa, que apresentam duas camadas com composição diferenciada para reduzir custos e otimizar resistência e aparência. Também se destacam os modelos permeáveis e drenantes, que favorecem a infiltração da água e contribuem para a drenagem natural do solo, minimizando o risco de enchentes. Sistemas permeáveis permitem a passagem da água pelo interior das peças, enquanto os drenantes direcionam a água por aberturas entre as peças, sendo filtrada e armazenada nas camadas inferiores antes de infiltrar no subsolo. Outras variações incluem modelos envelhecidos, ecológicos, mesclados e pisogramas, ampliando as possibilidades de aplicação estética e funcional [7,12-14].

A execução correta do pavimento, incluindo nivelamento e compactação do subleito, construção das camadas de base e sub-base, instalação das contenções laterais, assentamento das peças e preenchimento das juntas, é essencial para garantir funcionalidade, permeabilidade e travamento adequado. Para alcançar desempenho satisfatório, os *pavers* devem atender a critérios técnicos como resistência à compressão, controle da absorção de água, uniformidade dimensional, resistência ao desgaste, aderência superficial, eficiência no intertravamento e estabilidade estética e cromática ao longo do tempo. A composição, formada por cimento *Portland*, agregados, água, aditivos e pigmentos, também é determinante para resistência, durabilidade e características estéticas [6, 16-20].

Para assegurar o cumprimento dos parâmetros técnicos, a ABNT estabelece, por meio da NBR 9781 - para Peças de Concreto para Pavimentação, os critérios de conformidade e os métodos de ensaio. A norma define limites para absorção de água, tolerâncias dimensionais e resistência mínima à compressão, garantindo durabilidade, segurança e qualidade dos pavimentos intertravados urbanos [9].

Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo verificar, de acordo com a NBR 9781, a conformidade dos *pavers* comercializados por três empresas no município de Russas, interior do Estado do Ceará, quanto ao desempenho mecânico, propriedade física e atendimento aos requisitos geométricos estabelecidos pela norma.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais analisados foram cedidos por três empresas fabricantes de peças pré-moldadas de concreto, identificadas por A, B e C, do município de Russas, situada na região do Baixo Jaguaribe do Estado do Ceará. As empresas A e C forneceram um tipo de *paver*, enquanto a empresa B disponibilizou dois tipos distintos, sendo um de altura menor (B1) e outro de altura maior (B2).

A metodologia adotada para a avaliação dos intertravados foi baseada na norma da ABNT NBR 9781, que estabelece os requisitos mínimos de desempenho e métodos de ensaio exigíveis para aceitação de peças de concreto para pavimentação sujeitas ao tráfego de pedestres, de veículos dotados de pneumáticos e áreas de armazenamento de produtos.

Para isso, foi realizada uma inspeção geral através da análise visual dos produtos, avaliação das dimensões nominais e averiguação das propriedades físicas e mecânicas das peças, respectivamente pelos ensaios de absorção de água e resistência à compressão.

2.1. Análise visual e dimensional

Para a análise visual e dimensional, foram selecionadas seis amostras de cada empresa. Em seguida, foi realizada a inspeção visual com o objetivo de identificar características como porosidade, presença de fissuras ou trincas, além de desníveis superficiais. Após essa etapa, procedeu-se à medição das dimensões das peças (largura, altura e comprimento) utilizando um paquímetro analógico. Os valores obtidos foram comparados com os limites estabelecidos pela norma técnica vigente, a qual determina que a medida nominal do comprimento deve ser de, no máximo, 250 mm, a medida real da largura deve ser de, no mínimo, 97 mm, e a medida nominal da altura deve ser de, no mínimo, 60 mm. A Fig.1 apresenta as vistas frontal e superior das amostras, respectivamente. Na vista frontal, é possível observar a presença de rebarbas e desníveis, enquanto a vista superior permite identificar poros e fissuras nas amostras.

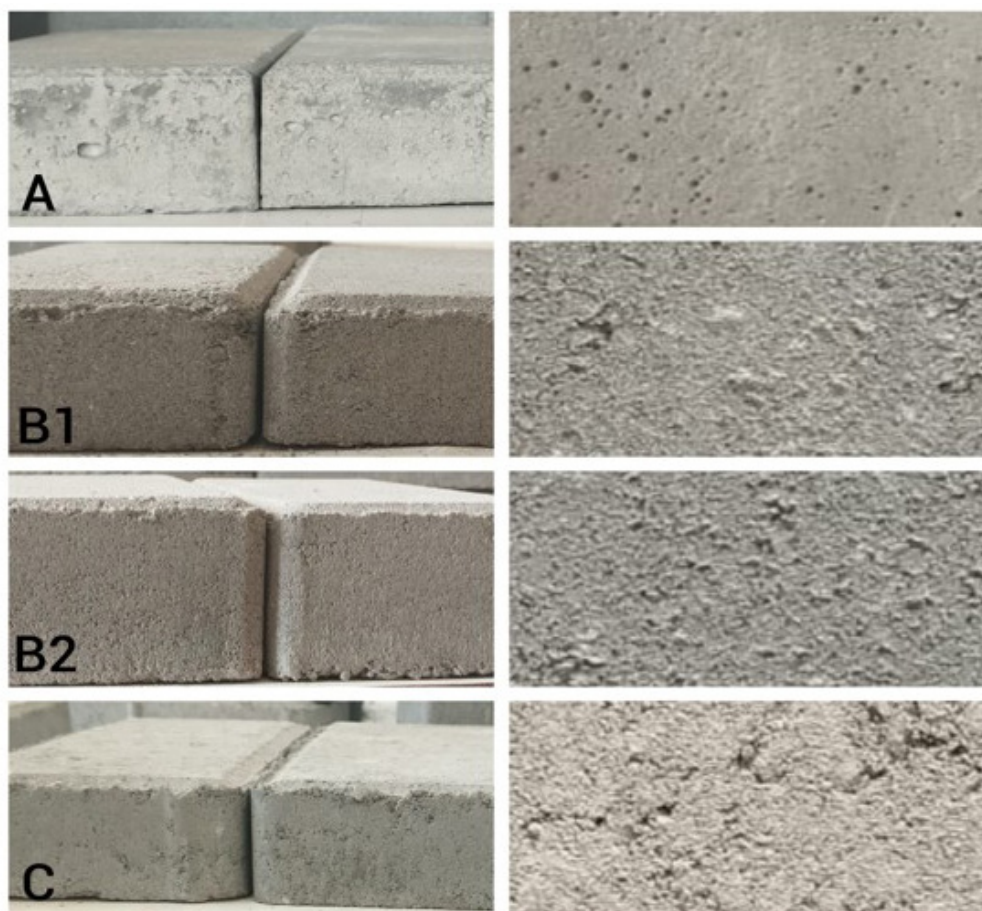


Figura 1. Vista frontal e superior das amostras A, B1, B2 e C

2.2. Absorção de água

No ensaio de absorção de água, três corpos de prova de cada tipo foram imersos em água por um período de 24 horas e, em seguida, pesados na condição saturada. Posteriormente, as amostras foram levadas à estufa, mantida a uma temperatura de 110 °C por 24 horas, sendo então pesadas individualmente na condição seca. Com base nas massas obtidas, foi calculada a absorção de água conforme a ABNT NBR 9781:2013, que estabelece que a amostra de peças de concreto deve apresentar valor médio de absorção de água menor ou igual a 6%. O cálculo foi realizado utilizando a seguinte fórmula:

$$A = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100$$

em que: A é a absorção de cada corpo de prova expressa em porcentagem (%); m₁ é a massa do corpo de prova seco, expressa em gramas (g); m₂ é a massa do corpo de prova saturado, expressa em gramas (g).

2.3. Resistência à compressão

Para o ensaio de resistência à compressão, foram preparadas seis amostras de cada empresa. Inicialmente, realizou-se o capeamento das peças com o objetivo de regularizar as superfícies de contato, garantindo uma distribuição uniforme da carga durante o ensaio e, consequentemente, uma avaliação mais precisa da propriedade mecânica. Após o capeamento e a secagem adequada, os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de compressão, conforme os procedimentos estabelecidos pela norma que exige resistência mínima de 35 MPa. Durante o ensaio, foram registrados os valores máximos de carga suportada por cada amostra, permitindo o cálculo da resistência à compressão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisadas as características dimensionais e as propriedades físicas e mecânicas por ensaios de absorção de água e resistência à compressão, respectivamente.

3.1. Análise visual e dimensional

Na Tab.1 são apresentados os resultados da análise visual e dimensional de cada *paver* investigado.

Tabela 1. Análise visual e dimensional das empresas A, B e C

Corpo de prova	Largura ≥ 97 mm				Altura ≥ 60 mm				Comprimento ≤ 250 mm				Defeitos			
	A1	B1	B2	C1	A1	B1	B2	C1	A1	B1	B2	C1	A1	B1	B2	C1
1	C	C	C	C	NC	NC	C	NC	C	C	C	C	NC	NC	NC	NC
2	C	C	C	C	NC	NC	C	NC	C	C	C	C	NC	NC	NC	NC
3	C	C	C	C	NC	NC	C	NC	C	C	C	C	NC	NC	NC	NC
4	C	C	C	C	NC	NC	C	NC	C	C	C	C	NC	NC	NC	NC
5	C	C	C	C	NC	NC	C	NC	C	C	C	C	NC	NC	NC	NC
6	C	C	C	C	NC	NC	C	NC	C	C	C	C	NC	NC	NC	NC

C: Conforme; NC: Não conforme.

Na análise visual, foi possível observar que as amostras da empresa A apresentavam porosidade acentuada e arestas com irregularidades. As amostras da empresa B, por sua vez, mostraram desprendimento de partículas, além de arestas irregulares e com presença de rebarbas. Já as amostras da empresa C exibiram as maiores irregularidades nas arestas, acompanhadas também de rebarbas mais evidentes.

Quanto à análise dimensional, apenas as amostras de altura maior (B2) da empresa B atenderam às especificações da norma no que diz respeito às dimensões (largura, altura e comprimento). As amostras A1, B1 e C1 atenderam aos critérios de largura e comprimento estabelecidos pela norma, porém não atenderam ao critério de altura, pois apresentaram valores abaixo do mínimo exigido de 60 mm.

3.2. Índice de absorção de água

A Fig.2 apresenta a média dos índices de absorção de água com desvio padrão por empresa.

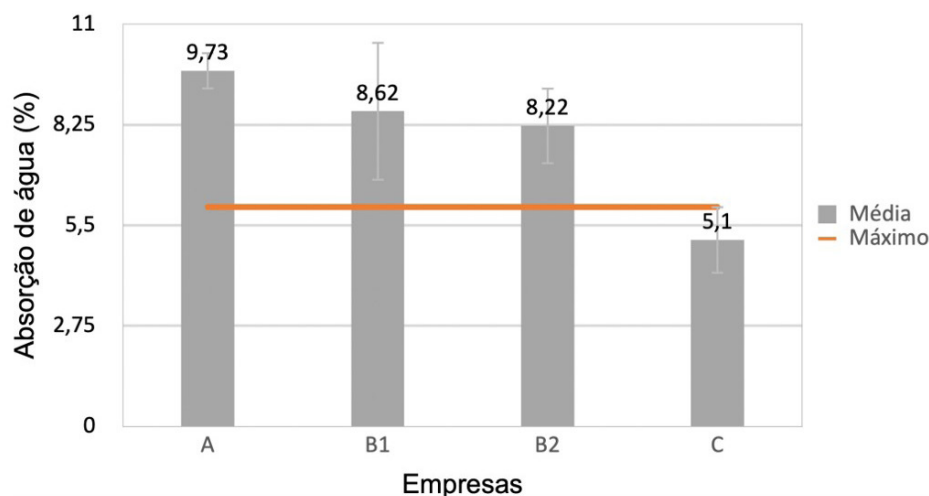


Figura 2. Índices de absorção de água dos *pavers* por empresa

Com o cálculo da absorção de água, foi determinado que apenas as amostras da empresa C atenderam ao limite máximo de 6% estabelecido pela norma. As amostras das demais empresas apresentaram índices de absorção superiores ao especificado.

De acordo com os dados, as amostras da empresa A apresentaram o maior índice de absorção de água, o que pode estar relacionado à porosidade acentuada verificada na análise visual. Observa-se ainda que a empresa A, embora tenha registrado um índice de absorção superior ao limite máximo estabelecido pela norma, apresentou um baixo desvio padrão. Isso indica que os resultados foram consistentes, sugerindo uniformidade na produção das amostras.

A empresa B, além de ultrapassar o limite máximo de absorção, apresentou o maior desvio padrão entre as três empresas, evidenciando alta variabilidade nos resultados e, possivelmente, deficiência do controle no processo produtivo. A empresa C destacou-se por atender ao limite máximo normativo e apresentar um pequeno desvio padrão, o que demonstra tanto a conformidade com a norma, quanto uniformidade nas amostras analisadas.

3.3. Resistência à compressão

A Fig.3 apresenta os resultados médios de resistência à compressão dos *pavers* analisados em comparação ao valor mínimo de 35 MPa estabelecido pela ABNT NBR 9781.

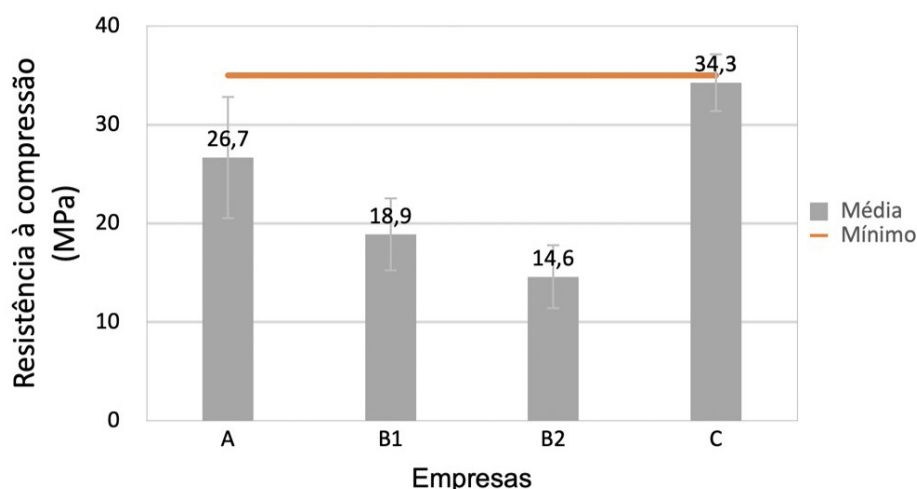


Figura 3. Resistências à compressão dos *pavers* por empresa

Observa-se que nenhum conjunto de amostras das empresas atingiu o valor mínimo de resistência à compressão de 35 MPa estabelecido pela norma. O grupo A apresentou uma alta variação do desvio padrão, com resistência à compressão média de 26,7 MPa. As amostras da empresa B apresentaram os menores valores de resistência, no qual B1 e B2 apresentaram os valores médios de 18,9 MPa e 14,6 MPa, respectivamente. Tal comportamento pode estar associado ao desprendimento de partículas identificadas na análise visual. Este mecanismo de deterioração compromete a integridade do bloco, uma vez que a diminuição da rigidez superficial altera a distribuição de cargas, favorecendo o surgimento de concentradores de tensões e diminuição da capacidade de suportar cargas.

Em contrapartida, as amostras da empresa C apresentaram os melhores desempenhos, com valor médio de 34,27 MPa, próximo ao limite exigido, indicando um desempenho superior em relação às demais empresas. A menor variabilidade do desvio padrão indica uma boa uniformidade nos resultados obtidos e sugere maior controle de produção desta empresa.

4. CONCLUSÃO

Diante do estudo realizado, conclui-se que nenhuma das três empresas avaliadas atendeu, de forma concomitante, aos requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 9781:2013, no que se refere às dimensões, absorção de água e resistência à compressão de pisos intertravados de concreto. Apenas as amostras B2, provenientes da empresa B, atenderam integralmente aos critérios dimensionais. Por outro lado, as amostras das empresas A e C, bem como a amostra B1 da empresa B, apresentaram valores de altura inferiores ao mínimo normativo de 60 mm. Quanto à absorção de água, somente as amostras da empresa C demonstraram conformidade com o limite máximo permitido de 6%. No que tange à resistência à compressão, nenhuma das amostras avaliadas, neste trabalho, atingiu o valor mínimo estabelecido de 35 MPa. Além disso, em todas as amostras foram identificados defeitos visuais, os quais comprometem adicionalmente a qualidade do produto.

Destaca-se, portanto, a importância deste estudo para análise técnica dos blocos intertravados de concreto tipo *pavers* comercializados no município de Russas, a fim de garantir a qualidade e conformidade dos produtos às normas e padrões, assegurando segurança, durabilidade e eficiência.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e a UFC, Universidade Federal do Ceará pelo apoio fornecido ao longo deste trabalho.

Financiamento

Este trabalho foi financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico [Melhoramento e valorização de produtos cerâmicos do APL Cerâmica Vermelha do Baixo Jaguaribe/CE, processo 409236/2022-5].

REFERÊNCIAS

- [1] ICPI, 2011. Structural design of interlocking concrete pavement for roads and parking lots. Interlocking Concrete Pavement Institute, Tech Spec 4.
- [2] Hallack A., 2001. Pavimento intertravado: uma solução universal. Revista Prisma 1, 1.
- [3] Alcantara P S X, 2015. Blocos intertravados coloridos para pavimentação com incorporação de resíduos de cerâmica vermelha em prol da redução de pigmentos. Caruaru: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco.
- [4] ANTP, 2004. No Brasil, 80% das estradas não são pavimentadas. Associação Nacional de Transporte Público. <https://www.antp.org.br/noticias/clippings/no-brasil-80-das-estradas-nao-sao-pavimentadas.html>
- [5] Godinho D P, 2009. Pavimento intertravado: uma reflexão sob a ótica da durabilidade e sustentabilidade. Belo Horizonte: Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais.
- [6] ABCP, 2012. Pavimento intertravado alia durabilidade e estética. Associação Brasileira de Cimento Portland.
- [7] Fernandes I, 2013. Blocos e pavers. Produção e controle de qualidade. São Paulo: Tate.

-
- [8] Marchioni M, Silva C O, 2011. Pavimento intertravado permeável. Melhores práticas. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP).
 - [9] NBR 9781, 2013. Peças de concreto para pavimentação. Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
 - [10] Gregorio L T, 2012. Orientações para fabricação de blocos de concreto e pisos intertravados. Rio de Janeiro: Projeto SHS, Solução Habitacional Simples.
 - [11] Cruz L O M, 2003. Pavimento intertravado de concreto: estudo dos elementos e métodos de dimensionamento. Rio de Janeiro: Programa de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
 - [12] Storm, 2011. Water runoff solution: permeable interlocking concrete pavement. Interlocking Concrete Pavement Institute.
 - [13] Araújo P R, Tucci C E M, Goldenfum J A, 2000. Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial. Revista Brasileira de Recursos Hídricos 5, 3, 46-54.
 - [14] Pagnussat D T, 2004. Utilização de escória granulada de fundição (EGF) em blocos de concreto para pavimentação. Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
 - [15] Martins R M, 2014. Análise da capacidade de infiltração do pavimento intertravado de concreto. Pato Branco: Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
 - [16] Maciel A B, 2007. Dossiê técnico. Pavimentos intertravados. Santa Rosa: SENAI Virgílio Lunardi.
 - [17] NBR 15953, 2011. Pavimento intertravado com peças de concreto. Execução. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
 - [18] Colnago A T S, Oliveira E F, Merlo K B, 2018. Produção de pisos intertravados tipo PAVIESS com utilização de resíduo de mármore e granito. Revista Eletrônica de Engenharia Civil 14, 2, 96-106. <https://doi.org/10.5216/reec.V14i2.49505>
 - [19] Ambrozewicz P H L, 2012. Materiais de construção: normas, especificações, aplicações e ensaios de laboratório. São Paulo: Blucher.
 - [20] ASTM C 125, 2001. Standard terminology relating to concrete and concrete aggregates. West Conshohocken: ASTM International.