REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

CONCRETO PERMEÁVEL COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA O CONTROLE DE ENCHENTES EM CIDADES MÉDIAS BRASILEIRAS

PERMEABLE CONCRETE AS A SUSTAINABLE ALTERNATIVE FOR FLOOD CONTROL IN MEDIUM-SIZED BRAZILIAN CITIES

HORMIGÓN PERMEABLE COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES EN CIUDADES MEDIANAS BRASILEÑAS

Guilherme Loureiro[1], José Eduardo Quaresma[2], Gerson de Marco[3]

e6116934
https://doi.org/10.47820/recima21.v6i11.6934

PUBLICADO: 11/2025

RESUMO

O presente trabalho aborda o uso do concreto permeável como solução sustentável para os problemas de impermeabilização do solo nas áreas urbanas. A rápida urbanização e o aumento da pavimentação convencional têm intensificado enchentes, erosões e a diminuição da recarga dos lençóis freáticos. Nesse contexto, o concreto permeável se destaca por permitir a infiltração da água da chuva no solo, contribuindo para a drenagem urbana, a recarga dos aquíferos e a redução do escoamento superficial. A pesquisa realiza uma comparação entre o concreto convencional e o permeável, destacando as diferenças de composição, resistência mecânica e impacto ambiental. São analisados parâmetros estruturais, como o módulo de elasticidade, resistência à tração e comportamento sob condições saturadas e secas. Além disso, o estudo apresenta as diretrizes para dimensionamento e espessura das placas de pavimentos permeáveis, com base em autores como Balbo (2020) e normas da ABNT (2014; 2017). Os resultados evidenciam que o concreto permeável apresenta vantagens significativas quanto à sustentabilidade, contribuindo para o controle de enchentes, redução do efeito de ilha de calor e melhoria da drenagem urbana. Entretanto, suas limitações incluem menor resistência à compressão e custos de produção mais elevados, restringindo seu uso a áreas de tráfego leve, como calçadas, estacionamentos e ciclovias. Conclui-se que o concreto permeável é uma tecnologia promissora para o desenvolvimento de cidades mais resilientes e sustentáveis, desde que aplicado de forma adequada e associado a sistemas complementares de drenagem.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto permeável. Drenagem urbana. Sustentabilidade. Pavimentação.

ABSTRACT

This paper addresses the use of permeable concrete as a sustainable solution to soil waterproofing problems in urban areas. The rapid urbanization and increase in conventional paving have intensified floods, erosions and the decrease in recharge of groundwater. In this context, permeable concrete stands out for allowing the infiltration of rainwater into the soil, contributing to urban drainage, the recharge of aquifers and the reduction of surface flow. The research makes a comparison between conventional and permeable concrete, highlighting the differences in composition, mechanical resistance and environmental impact. Structural parameters such as modulus of elasticity, tensile strength and behavior under saturated and dry conditions are analyzed. In addition, the study presents the guidelines for the design and thickness of permeable floor plates, based on authors such as Balbo (2020) and ABNT standards (2014; 2017). The results show that the permeable concrete has significant advantages regarding sustainability, contributing to flood control, reduction of the heat island effect and improvement of urban drainage. However, its limitations include lower

[1] Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP.
[2] Orientador. Docente Curso de Engenharia Civil da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP.
[3] Coorientador. Docente Curso de Engenharia Civil da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

compressive strength and higher production costs, restricting its use to light traffic areas such as sidewalks, parking lots and bike lanes. It is concluded that permeable concrete is a promising technology for the development of more resilient and sustainable cities, provided it is properly applied and associated with complementary drainage systems.

KEYWORDS: *Permeable concrete. Urban drainage. Sustainability. Pavement.*

RESUMEN
El presente trabajo aborda el uso del concreto permeable como solución sostenible para los problemas de impermeabilización del suelo en las áreas urbanas. La urbanización rápida y el aumento de la pavimentación convencional han intensificado inundaciones, erosones y la disminución de la recarga de las sábanas freáticas. En ese contexto, el concreto permeable se destaca por permitir la infiltración del agua de la lluvia en el suelo, contribuyendo para el drenaje urbano, la recarga de los acuíferos y la reducción de la salida superficial. La investigación realiza una comparación entre el concreto convencional y el permeable, destacando las diferencias de composición, resistencia mecánica e impacto ambiental. Se analizan parámetros estructurales, como el módulo de elasticidad, resistencia a la tracción y comportamiento bajo condiciones saturadas y secas. Además, el estudio presenta las directrices para dimensionamiento y espesor de las placas de pavimentos permeables, con base en autores como Balbo (2020) y normas de la ABNT (2014; 2017). Los resultados evidencian que el concreto permeable presenta ventajas significativas en cuanto a la sostenibilidad, contribuyendo para el control de inundaciones, reducción del efecto de isla de calor y mejoría del drenaje urbano. Entre tanto, sus limitaciones incluyen menor resistencia a la compresión y costos de producción más elevados, restringiendo su uso a áreas de tráfico leve, como aceras, estacionamientos y ciclovías. Se concluye que el concreto permeable es una tecnología prometedora para el desarrollo de ciudades más resilientes y sostenibles, siempre que se aplique de forma adecuada y asociada a sistemas complementarios de drenaje.

PALABRAS CLAVE*: Hormigón permeable. Drenaje urbano. Sostenibilidad. Pavimentación*

1. INTRODUÇÃO

A rápida urbanização e a crescente densidade populacional nos centros urbanos contemporâneos têm intensificado um desafio ambiental de proporções globais: a impermeabilização do solo. Embora essencial para a infraestrutura, a substituição de superfícies naturais por concreto e asfalto agrava problemas como inundações, sobrecarga dos sistemas de drenagem pluvial, erosão do solo e, crucialmente, a diminuição da recarga dos lençóis freáticos. Esse cenário exige uma revisão urgente das práticas construtivas e a busca por alternativas que conciliem o desenvolvimento urbano com a sustentabilidade ambiental.

A busca por soluções inovadoras e sustentáveis tornou-se imperativa para mitigar os impactos negativos da urbanização descontrolada. As abordagens tradicionais de manejo da água da chuva, muitas vezes limitadas à rápida evacuação superficial, provaram-se insuficientes frente aos eventos climáticos extremos cada vez mais frequentes. É nesse contexto que novas tecnologias e materiais, capazes de reintroduzir a funcionalidade hídrica no ambiente construído, ganham destaque.

Nesse sentido, o concreto permeável surge como uma tecnologia construtiva de elevado potencial para enfrentar a questão da impermeabilização. Este trabalho tem como objetivo estudar

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

vantagens, desvantagens, aplicações e atualidades do concreto permeável com foco em sistemas de drenagem urbana mais eficientes e sustentáveis. Através de sua capacidade de permitir a infiltração da água da chuva no solo, o concreto permeável apresenta-se como uma alternativa promissora para construir cidades mais resilientes e ecologicamente equilibradas.

A urbanização desorganizada gera um grande problema para o meio ambiente: a cobertura do solo por materiais impermeáveis tem se intensificado. Essa 'blindagem' do solo piora as enchentes, entope os bueiros, causa erosão e, o que é grave, impede que a água da chuva chegue nos lençóis subterrâneos. As soluções antigas para lidar com a água da chuva, aquelas chuvas intensas que viram enchente e acontecem cada vez mais. Novas ideias e tecnologias, fazem com que o ambiente construído (calçadas e praças) consigam lidar melhor com a água, em vez de só expulsá-la. A hipótese dessa pesquisa é que o concreto permeável provavelmente possa resolver o problema do chão "blindado" de concreto. As principais hipóteses que respondem à problemática levantada é que os pavimentos permeáveis ajudam a restabelecer um equilíbrio hidrológico mais natural e reduzir o volume de escoamento ao reter e liberar lentamente a precipitação para o solo, em vez de permitir que ela flua para os bueiros e receba águas como efluente. Esse mesmo processo também reduz as taxas de pico de descarga, evitando pulsos grandes e rápidos de precipitação através do sistema de águas pluviais. (Brasil, 2021)

2. BREVE ESTUDO SOBRE CONCRETO PERMEÁVEL E CONVENCIONAL

O concreto convencional é a forma mais comum de concreto utilizada em construções civis. Ele é composto por uma mistura de cimento, água, agregados miúdos (areia) e agregados graúdos (brita). Sua principal característica é a sua baixa permeabilidade à água, o que o torna ideal para aplicações que exigem resistência e durabilidade, como pisos, paredes e fundações.

O concreto permeável é um material cimentício caracterizado por um alto volume de vazios interligados, geralmente entre 15% e 35% de seu volume total (ABCP, 2018). Essa estrutura porosa é alcançada por meio de uma dosagem específica que utiliza agregados graúdos de granulometria uniforme, cimento e água, com a total ou parcial exclusão de agregados miúdos, como a areia.

A mistura é projetada de forma que a pasta de cimento envolva os agregados, formando um filme fino que os une nos pontos de contato, sem preencher os poros. Essa característica confere ao material a capacidade de percolar a água por gravidade, com taxas de infiltração que podem variar de 80 a 700 L/m²/minuto (Pagotto, 2017). As principais diferenças entre os dois tipos de concreto no que se referem à composição, às propriedades mecânicas e ao impacto ambiental. (Quadro 1).

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Quadro 1. Diferença entre o concreto convencional e concreto permeável

	Concreto Convencional	Concreto Permeável
Composição	Cimento, areia, brita e água.	Cimento, agregados graúdos e pouca ou nenhuma areia.
Permeabilidade	Baixa, quase impermeável.	Alta, permite a passagem de água.
Resistência à compressão	Alta, indicado para cargas pesadas.	Baixa, adequado para cargas leves.
Aplicação	Pavimentos, fundações, estruturas.	Áreas permeáveis, calçadas, estacionamentos.
Impacto Ambiental	Contribui para o aumento de áreas impermeáveis.	Ajuda na drenagem da água da chuva e redução de enchentes.
Vantagens	Alta resistência a cargas pesadas, durabilidade e longevidade e fácil de produzir e aplicar.	Gerenciamento do Escoamento Superficial: O controle eficaz do escoamento superficial, recarga de Aquíferos, filtragem de Poluentes e redução do Efeito "Ilha de Calor"
Desvantagens	Impermeabilidade, o que pode causar acúmulo de água em áreas urbanas. Contribui para o aumento do efeito de ilha de calor nas cidades.	Menor resistência à compressão, o que limita seu uso em áreas com tráfego pesado. Maior custo de produção devido à necessidade de materiais específicos.

Fonte: Balbo, 2020

O Quadro 1 apresenta e evidência as principais vantagens e desvantagens entre o concreto permeável e o concreto convencional. O concreto permeável destaca-se como uma tecnologia sustentável, especialmente em ambientes urbanos, por possibilitar o gerenciamento eficiente do escoamento superficial, favorecer a recarga de aquíferos, atuar na filtragem de poluentes e contribuir para a mitigação do efeito de “ilha de calor” (Balbo, 2020). Entretanto, observa-se que sua menor resistência à compressão limita sua utilização em áreas de tráfego intenso, além do fato de apresentar custo de produção relativamente elevado devido à necessidade de materiais específicos (Silva, 2019).

Em contrapartida, o concreto convencional permanece amplamente empregado na construção civil devido à sua elevada resistência a cargas, durabilidade, longevidade e facilidade de aplicação (ABNT, 2014)). Contudo, sua impermeabilidade representa uma limitação ambiental significativa, pois favorece o acúmulo de água em áreas urbanas e intensifica o fenômeno de ilha

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

de calor, aspectos frequentemente observados em grandes centros urbanos (Santos; Pereira, 2021).

Dessa forma, constata-se que a escolha entre os dois tipos de concreto deve ser realizada de forma criteriosa, considerando tanto o desempenho estrutural quanto os impactos ambientais. Enquanto o concreto convencional se sobressai em termos mecânicos, o concreto permeável apresenta maior contribuição para a sustentabilidade urbana, sendo indicado para aplicações em que a gestão hídrica e a mitigação de impactos ambientais sejam prioritárias.

O concreto convencional é composto por materiais essenciais como o cimento, agregados e água. Sua principal característica é a resistência à compressão e a impermeabilidade, o que o torna ideal para fundações, pavimentos e outras estruturas de carga.

A composição do concreto convencional

- Cimento Portland: O cimento é o principal material de ligação no concreto, responsável pela coesão entre os agregados e pela resistência à compressão. Segundo Silva (2019), o cimento Portland é o tipo mais utilizado devido à sua versatilidade e características adequadas para a maioria das aplicações.
- Água: A água é necessária para a hidratação do cimento, iniciando o processo de endurecimento e garantindo a formação de uma matriz resistente. A quantidade de água é crucial para a qualidade do concreto, já que uma quantidade excessiva pode reduzir a resistência final (Ferreira, 2016).
- Agregados Miúdos (Areia): A areia preenche os espaços vazios entre os agregados graúdos e contribui para a trabalhabilidade do concreto. Segundo Lima e Costa (2018), a areia deve ser limpa e livre de impurezas para não comprometer a aderência da mistura.
- Agregados Graúdos (Brita ou Pedrisco): A brita é o principal material de preenchimento do concreto, conferindo-lhe resistência à compressão. Para concreto convencional, a granulometria mais comum varia entre 9,5 mm e 19 mm, dependendo das necessidades do projeto (Silva, 2019).
- Aditivos (opcionais): Adicionam características específicas ao concreto, como retardamento do tempo de pega, aumento da resistência a intempéries, ou melhoria da trabalhabilidade. Adoção de aditivos é comum em situações especiais, como concreto para ambientes agressivos (Ferreira, 2016).

A proporção típica para concreto convencional (Silva, 2019):

- 1 parte de cimento: 2 partes de areia: 3 partes de brita.

O concreto permeável, também conhecido como concreto drenante, é projetado para permitir a passagem da água. Sua principal diferença em relação ao concreto convencional é a sua

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

composição, que busca aumentar a porosidade e permitir a infiltração da água da chuva, evitando o acúmulo superficial.

A composição do concreto permeável é composta por:

- Cimento Portland: Semelhante ao concreto convencional, o cimento Portland é utilizado como agente ligante. No entanto, no concreto permeável, a quantidade de cimento é reduzida em relação aos agregados, de forma a maximizar os espaços vazios (Ferreira, 2016).
- Agregados Graúdos (Brita): O concreto permeável utiliza brita de diâmetro maior, geralmente entre 9,5 mm e 19 mm, para criar poros interconectados que permitam a drenagem eficiente da água. A utilização de agregados maiores também reduz a necessidade de areia, o que contribui para a alta permeabilidade (Ferreira, 2016).
- Água: A quantidade de água no concreto permeável é cuidadosamente controlada, pois o excesso de água pode prejudicar a criação dos poros interconectados e comprometer a permeabilidade. A mistura é formulada de forma que a água seja suficiente para a hidratação do cimento, mas sem saturar a mistura (Silva, 2019).
- Ausência de Areia: Uma característica marcante do concreto permeável é a ausência de areia ou a utilização mínima dessa. A areia preenche os espaços vazios, o que reduziria a permeabilidade, portanto, o concreto permeável é composto quase que exclusivamente por agregados graúdos (Ferreira, 2016).
- Aditivos (opcionais): O uso de aditivos no concreto permeável é restrito, pois a principal função desse concreto é a drenagem, e a adição de substâncias que possam aumentar a resistência à compressão pode reduzir a sua permeabilidade (Silva, 2019).

A proporção típica para concreto permeável (Ferreira, 2016):

- 1 parte de cimento: 3 a 4 partes de brita (agregados graúdos).
- A quantidade de água é mantida em níveis baixos para não comprometer a permeabilidade.

A principal diferença entre os dois tipos de concreto está na quantidade e tipo de agregados utilizados, além da quantidade de água e areia. Enquanto o concreto convencional usa uma maior proporção de areia e agregados de diferentes tamanhos, o concreto permeável utiliza maior quantidade de agregados graúdos e reduz a presença de areia para maximizar a porosidade.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

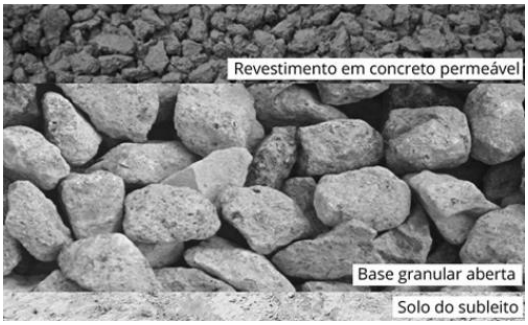
REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

2.1. Concreto permeável: sistema de drenagem

Drenagem é o sistema de manejo projetado pelo poder público do município para coletar águas provenientes da chuva e escoá-las para galerias de águas pluviais e esgotos pluviais até um curso hídrico capaz de recebê-las. São compostas sistema por pavimento de ruas, guias e sarjetas, bocas de lobo, galerias de drenagem, sistemas de detenção e infiltração nos lotes e pavimentos, trincheiras e valas, entre outros.

Portanto, não se concebe um pavimento drenante apenas com concreto permeável, tornando-o dependente de um sistema de drenagem. Pavimento permeável (Figura 1) são porosos, e mesmo que ele atue como elemento passante para água, em casos de chuvas muito fortes, necessitam de dispositivos para drenar a água que foi para o subleito do solo para não ocorrer alagamentos e enchentes. Se for aplicado em quintais ou em praças com bastante área verde, pode-se deixar a água penetrar ao solo para fortificar a vegetação. Para esse sistema, será necessário estruturar o solo para que ele receba a água sem sofrer danos, dando assim durabilidade para o pavimento.

Figura 1. Composição do solo



Fonte: Balbo, 2020

A Figura 1, ilustra de forma esquemática as camadas que constituem um sistema de pavimento permeável, em contraste com o solo natural subjacente. Ela é fundamental para compreender como o concreto permeável se integra a uma solução completa de drenagem, permitindo a infiltração da água da chuva no solo e protegendo o subleito. Composta por três camadas principais que atuam em conjunto, sobre o subleito natural (o solo nativo):

1. Primeira Camada: Concreto Permeável (Pavimento Drenante)

   Esta é a camada superior, que fica exposta à superfície. Representada como um material poroso, ela é a responsável pela primeira etapa da infiltração. Sua estrutura com vazios interconectados permite que a água da chuva passe diretamente através dela, minimizando o escoamento superficial e reduzindo a formação de poças.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

2. Segunda Camada: Base Granular ou Reservatório Temporário

   Localizada imediatamente abaixo do concreto permeável, essa camada é tipicamente composta por brita graduada ou outro material granular com alta capacidade de vazios. Sua função é dupla:

   Suporte Estrutural: Oferece apoio e estabilidade para a camada de concreto permeável, distribuindo as cargas.

   Reservatório Temporário: Age como um espaço de armazenamento provisório para a água que infiltra através do concreto. Isso permite que a água seja liberada lentamente para as camadas inferiores ou para os drenos, evitando o acúmulo excessivo e a sobrecarga do sistema.

3. Terceira Camada: Sub-base e Drenos

   Esta é a camada mais profunda do sistema de pavimento, localizada acima do subleito. Ela pode ser composta por uma sub-base granular ou por uma camada de proteção do subleito. É nesta camada (ou na interface com ela) que os drenos são geralmente instalados.

   Os drenos são tubulações perfuradas que coletam o excesso de água que não consegue infiltrar no solo natural ou que precisa ser direcionado. Eles conduzem essa água para um sistema de captação pluvial, como galerias ou bueiros, ou a direcionam para áreas onde a infiltração é mais desejada, como áreas verdes. A presença dos drenos é crucial para evitar o acúmulo excessivo de água no sistema em caso de chuvas muito intensas ou quando o solo natural tem baixa capacidade de infiltração.

A Figura 1 ilustra um sistema que busca imitar o processo natural de infiltração da água no solo, restaurando parte da função hidrológica que é perdida com a urbanização. O concreto permeável não atua isoladamente, mas sim como parte integrante de um sistema de drenagem urbana mais inteligente e sustentável, que gerencia a água da chuva desde o ponto de impacto até sua reintegração ao ciclo hidrológico ou direcionamento adequado.

Para a pavimentação, de acordo com (Hunt; Bean, 2006) buscasse uma porosidade de 15% a 35% do volume total do concreto. Com isso, diminuindo o escoamento superficial em dia chuvoso, facilitando a água infiltrar ao solo e aliviando o sistema de drenagem da cidade.

2.2. Princípios de Análise Estrutural de Pavimentos de Concreto Permeável

A dosagem do concreto permeável difere significativamente da do concreto convencional, pois o objetivo principal não é apenas a resistência à compressão, mas sim a criação de uma estrutura porosa com alta permeabilidade. Enquanto o concreto tradicional é dimensionado para máxima densidade e resistência, o permeável busca um equilíbrio entre resistência suficiente para a aplicação e uma porosidade que permita a infiltração eficiente da água.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

A principal característica que distingue o concreto permeável é sua composição com baixo ou nenhum teor de areia fina, o que cria os vazios interconectados essenciais para a passagem da água. A proporção de agregados graúdos (brita) é maior, e a pasta de cimento é utilizada apenas para revestir esses agregados e formar as ligações.

- Aumento da Porosidade: O agregado graúdo pode atuar como um agente formador de poros ou auxiliar na manutenção dos espaços vazios, contribuindo para a permeabilidade desejada.
- Flexibilidade e Durabilidade: A adição de (brita) pode conferir ao concreto uma maior flexibilidade e resiliência, características importantes para pavimentos sujeitos a variações térmicas e pequenas deformações, o que pode prolongar a vida útil do material.

É importante ressaltar que a consistência da mistura deve ser controlada rigorosamente, pois, ao contrário do concreto convencional, um alto teor de água pode comprometer a formação dos poros interconectados e a coesão da mistura. Por isso, a quantidade de água indicada na proporção (1 1/2 lata para 1 de cimento) deve ser ajustada para obter uma consistência que permita o revestimento uniforme dos agregados sem preencher os vazios.

Dada a sensibilidade dessa dosagem, é fundamental que o controle de qualidade seja rigoroso. Testes de laboratório, como a determinação da porosidade, taxa de infiltração e resistência à compressão, são indispensáveis para garantir que o material produzido atenda aos parâmetros de desempenho exigidos para a aplicação em questão.

2.3. Pavimento de concreto permeável saturado ou seco

É natural que, pelo próprio funcionamento da estrutura como reservatório, em determinados períodos os pavimentos fiquem saturados ao mesmo tempo em que recebem cargas de veículos. Quando se trata apenas de pedestres ou bicicletas, o impacto é irrelevante. Porém, em períodos de chuva intensa ou até mesmo de chuvas contínuas, ainda que não muito fortes, torna-se essencial refletir sobre a escolha adequada do módulo de elasticidade do concreto permeável, assim como das bases permeáveis e dos subleitos. O efeito da saturação é relativamente fácil de imaginar: um material poroso absorve grandes volumes de água, e isso reduz sua rigidez. O mesmo ocorre com os solos de subleito quando saturados.

Esse fenômeno traz outro desafio: a saturação aumenta as deflexões resilientes da estrutura e de suas camadas, comprometendo a resposta dos materiais em termos de rigidez (elasticidade e resiliência). Como estamos lidando com placas apoiadas sobre um “líquido denso” na hipótese de Winkler, que considera o subleito ou o sistema de apoio como um conjunto de molas independentes sem transmissão de esforços de cisalhamento entre elas, a saturação leva à diminuição do módulo de reação do subleito ou do sistema de apoio (base + subleito).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Outro ponto importante é relacionar esse comportamento ao tipo de carregamento aplicado. Normalmente, os testes de pista com o *falling weight deflectometer* (FWD) simulam pressões típicas de rodas duplas de caminhões, como é padrão no meio rodoviário. Para cargas leves, como as de pedestres e ciclistas, esse fator não é relevante e a análise pode ser feita considerando a condição não saturada. Já para automóveis e veículos comerciais leves, a prudência recomenda avaliar as duas situações (saturada e não saturada). Isso vale, por exemplo, para estacionamentos e áreas públicas onde eventualmente possam circular veículos oficiais ou de emergência.

2.4. Parâmetros para a análise estrutural

Na Tabela 1 é indicado o conjunto de parâmetros básicos para a análise de placas de concreto sobre líquido denso ou para a abordagem de placas sobre meio elástico contínuo. Cabe ressaltar que os valores de parâmetros para subleitos aqui sugeridos são decorrentes da pouca influência das camadas inferiores no comportamento de placas rígidas, ainda sobre bases granulares. Quanto às cargas atuantes sobre pavimentos ou calçadas, sugere-se o descrito na Tabela 2.

Tabela 1. Parâmetros de materiais para pavimentos de concreto permeáveis

Parâmetro	**Como determinar**	**Valores sugeridos**
Módulo de elasticidade do concreto permeável (E)	Retroanálise; deflexões FWD; ensaios de tração na flexão	Seco: 12 GPa a 17 GPa
		Saturado: 7 GPa a 10 GPa
		Calcular em função da porosidade com a equação *Ef = f(P%)*, apresentada no Cap. 4, e comparar
Módulo de resiliência da base granular (Mr)	Retroanálise; deflexões FWD; ensaio triaxial dinâmico	Seco: 60-90 MPa
		Saturado: 40 MPa
Módulo de resiliência do subleito (Mr)	Retroanálise; deflexões FWD; ensaio triaxial dinâmico	Solos lateríticos (MCT): 100 MPa
		Solos não lateríticos (MCT): 50 MPa

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Resistência à tração do concreto permeável	Ensaios de tração na flexão	Seco, dependendo da porosidade, de 1,5 MPa a 3,5 MPa
		Saturado: redução a ser ponderada
Módulo de reação do subleito (k)	Retroanálise; deflexões FWD; ensaios de carga sobre placa	Solos lateríticos (MCT): 40 MPa/m a 60 MPa/m
		Solos não lateríticos (MCT): 20 MPa/m a 35 MPa/m
Módulo de reação do sistema de apoio subleito + base granular (ks)	Retroanálise; deflexões FWD; ensaios de carga sobre placa	Solos lateríticos (MCT): 50 MPa/m a 70 MPa/m
		Solos não lateríticos (MCT): 20 MPa/m a 40 MPa/m
Comprimento de placas com juntas ou fissuras de retração	Determinístico	Calçadas e ciclovias: 10 m
		Parques, estacionamentos, ruas: 5 m
Largura de placas com juntas	Determinístico	Calçadas e ciclovias: 1 m a 3 m
		Parques, estacionamentos, ruas: 3 m a 4 m

Fonte: Balbo, 2020

Para o dimensionamento de pavimentos de concreto permeável, a definição das cargas atuantes é um passo crítico que garante a integridade estrutural do sistema ao longo de sua vida útil. A Tabela 1.2 apresenta uma síntese das cargas típicas a serem consideradas em projeto, classificando-as por tipo de tráfego e detalhando seus respectivos valores sugeridos e geometria.

Conforme a tabela, cargas menores, como as de tráfego pedestre e de bicicletas, possuem valores e geometrias bem definidos. Para pedestres, a carga de 0,5 kN sobre cada pé, com uma pressão de 0,0185 MPa, é representativa. Para ciclistas, a carga de 1 kN, dividida entre as duas rodas, e uma pressão de 0,75 MPa, são os valores de referência. Já para o tráfego de automóveis e utilitários, a carga de projeto varia de 5 kN a 20 kN, ressaltando a importância de se consultar os fabricantes para dados precisos. Para ônibus e caminhões rodoviários, a análise de cargas deve seguir os padrões convencionais de projeto de pavimentos, que consideram a repetição de eixos e a distribuição de carga ao longo da área de contato.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Além das cargas de tráfego, a tabela destaca a relevância do diferencial térmico (ΔT), uma carga essencialmente não-estrutural, mas que exerce tensões significativas no material. Um ΔT de 8 °C (entre o topo e o fundo da placa) deve ser obrigatoriamente considerado em todos os casos, impactando todo o sistema (base e revestimento) e sendo um fator determinante na análise de fissuras e juntas de dilatação.

Tabela 2. Valores típicos para cargas sobre pavimentos de concreto permeáveis

Tipo de carga	**Valores sugeridos**	**Geometria da carga**
Pedestre	0,5 kN sobre cada pé (excepcional)	Retangular de 100 mm × 270 mm
		Pressão sob um pé: 0,0185 MPa
Ciclista sobre bicicleta	1 kN, sendo metade em cada roda	Pressão de uma roda: 0,75 MPa
		Raio: 14,5 mm
		Distância entre centros de rodas: 1,0 m
Automóveis e utilitários	5 kN a 20 kN (consultar fabricantes)	Consultar fabricantes
Ônibus e caminhões rodoviários	Seguir padrões convencionais de pavimentação	Seguir padrões convencionais de pavimentação
Diferencial térmico	ΔT = 8 °C (entre topo e fundo de placa)	Em toda a área da placa

* Obrigatório para todos os casos, sendo somente base ou base + revestimento.
Fonte: Balbo, 2020

2.5 Critério de análise estrutural

No que diz respeito aos modelos analíticos ou numéricos empregados na análise de deformações e tensões em placas de concreto permeável, é imprescindível reconhecer, de antemão, uma limitação fundamental: tanto os modelos analíticos baseados na teoria da elasticidade para meios contínuos, isotrópicos e homogêneos quanto o método dos elementos finitos (MEF) revelam-se inadequados. Isso se deve à natureza intrinsecamente anisotrópica e descontínua do concreto permeável, características que comprometem a fidelidade dessas técnicas clássicas (Balbo, 2020).

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Consequentemente, o uso de *softwares* estabelecidos como ISLAB 2005 e EVERFE 2.24, além de outros modelos tradicionais voltados à análise de placas medianamente delgadas e isotrópicas, deve ser abordado com cautela. Não se trata de uma condenação desses métodos, mas de uma advertência sobre suas limitações em cenários não idealizados. Em função disso, recomenda-se uma postura conservadora: ao aplicar tais critérios clássicos, adotar-se-á uma consideração de que a resistência à tração na flexão do concreto permeável seja, no mínimo, 35 % inferior àquela obtida nos ensaios convencionais com dois cutelos, ensaios estes que requerem interpretação especial quando aplicados ao concreto poroso. Essa medida cautelosa pode ser revisitada ou eventualmente dispensada com o avanço de pesquisas e o desenvolvimento de modelos mais adequados à anisotropia e à descontinuidade do material.

Vale ressaltar que essa abordagem baseada em prudência e adaptação se alinha à discussão apresentada por Balbo (2020) em seu livro “Pavimentos de concreto permeáveis: uma visão ambiental da tecnologia emergente”, onde são abordados aspectos estruturais e ambientais do concreto permeável, dentre os quais se destacam os desafios na análise estrutural e os critérios de modelagem mecânica do material.

2.6. Espessuras de referência para revestimentos em concreto permeável

De acordo com Balbo (2020), o quadro apresenta critérios preliminares para a definição da espessura de referência em pavimentos de concreto permeável. Essa espessura corresponde a um valor inicial ou de partida, adotado como tentativa no processo de dimensionamento estrutural. É importante destacar que tais valores não devem ser considerados definitivos, mas sim pontos de partida, passíveis de ajustes com base em análises de fadiga e no tráfego projetado. Assim, a espessura será refinada gradualmente, de modo a refletir as condições reais de solicitação e a garantir maior confiabilidade estrutural e durabilidade ao pavimento.

Quadro 2. Espessuras a serem consideradas para a análise de placas de concreto permeáveis

Uso do pavimento	Valores sugeridos de partida
Espessura hidráulica mínima requerida*	Empregar espessuras resultantes do dimensionamento do reservatório
Pedestres	75 mm a 100 mm
Ciclista sobre bicicleta	100 mm a 120 mm
Automóveis e utilitários	170 mm a 200 mm
Corredores de ônibus	250 mm a 350 mm
Faixas com caminhões rodoviários	300 mm a 450 mm

Fonte: Balbo, 2020

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

2.7. Determinação da espessura do revestimento e da resistência do concreto

Ao se considerar a definição da espessura da base e do revestimento sob a perspectiva da capacidade de estocagem da água pluvial entendida como o volume de reservatório disponível no sistema, a sequência de análise estrutural apresentada no Quadro 1.1 pode ser tomada como referência inicial. Essa sequência, quando aplicada dentro do escopo de modelos de placas convencionais, fornece um roteiro metodológico útil para o dimensionamento. Ainda assim, é importante destacar que tal procedimento deve ser visto como uma aproximação prática, dada a complexidade do comportamento estrutural do concreto permeável, que se distancia dos pressupostos simplificadores desses modelos.

Quadro 3. Passo a passo para a determinação de espessuras de placas de concreto permeáveis

Passo	Tarefa	Descrição do procedimento/sugestões
1	Fixação da espessura mínima requerida	Adotar tentativamente as orientações contidas no Quadro 4
2	Fixação dos parâmetros elásticos das camadas	Valores sugeridos na Tabela 1
3	Imposição do horizonte de serviço do pavimento (período de projeto)	Pedestres e ciclovias – 10 a 20 anos
		Corredores de transporte público – 20 anos
		Analisar casos específicos
4	Imposição das cargas de projeto	Valores sugeridos na Tabela 2
5	Determinação das tensões críticas de tração na flexão no concreto para cada carga	Primariamente e precariamente, empregando-se fórmulas analíticas, mas preferencialmente modelagem por MEF
6	Fixação da resistência básica para o concreto permeável	Recordar que esse parâmetro é ajustável, como a espessura do revestimento. O balanço entre ambos é essencialmente econômico e tecnológico
7	Determinação, para o horizonte de projeto, do consumo individual à fadiga para cada carga esperada	Empregar modelo de fadiga específico para concreto permeável sempre. O consumo de resistência à fadiga individual é expresso em porcentagem (%), dividindo-se o número de repetições esperado no período para cada carga pelo número de repetições à fadiga tolerado individualmente para cada carga

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

8	Determinação, para o horizonte de projeto, do consumo total à fadiga para todas as cargas	É o somatório dos consumos individuais ao longo do período de projeto. Empregar a hipótese de Palmgren-Miner de dano contínuo linear (NRMCA, 2015; Balbo, 2009), objetivando-se um compromisso de ajuste espessura-resistência do concreto tendendo a 100% pela direita
9	Detalhamento, em termos de desenho de execução, de todos os elementos de camadas e de drenagem determinados	Conforme exigências para as obras

Fonte: BALBO, 2020

3. CONTRIBUIÇÕES RECENTES DE ESTUDOS SOBRE CONCRETO PERMEÁVEL – OPORTUNIDADES E DESAFIOS

O estudo de Botelho (2020) demonstra que o concreto permeável constitui uma alternativa promissora e sustentável para pavimentação urbana, sobretudo em áreas suscetíveis a enchentes. A pesquisa evidencia que a impermeabilização do solo urbano aumenta significativamente o escoamento superficial das águas pluviais, contribuindo para alagamentos e enchentes recorrentes. Nesse contexto, o concreto permeável se apresenta como uma solução capaz de mitigar tais problemas, permitindo a infiltração da água no solo e, consequentemente, reduzindo o volume de escoamento superficial.

Segundo Botelho (2020), “o concreto permeável apresenta vantagens ambientais e econômicas quando avaliado”, destacando não apenas a eficiência hidráulica, mas também o potencial para recarga de aquíferos e diminuição da dependência de sistemas convencionais de drenagem. Esses aspectos reforçam a relevância do material para a sustentabilidade urbana, alinhando eficiência funcional e responsabilidade ambiental.

Entretanto, o artigo aponta limitações importantes. A menor resistência mecânica do concreto permeável, em comparação ao concreto convencional, restringe sua aplicação a calçadas, estacionamentos e vias de baixo tráfego. O correto desempenho do pavimento depende de cuidados específicos na execução, como o adensamento adequado, a cura correta e a proteção contra evaporação precoce da água de hidratação, fatores essenciais para garantir tanto a resistência estrutural quanto a funcionalidade hidráulica do material.

O autor também enfatiza a necessidade de estudos futuros que busquem aprimorar a resistência mecânica do concreto permeável, permitindo sua aplicação em vias de maior tráfego, bem como investigações sobre o comportamento do pavimento sob diferentes condições climáticas extremas. Esse direcionamento evidencia que a integração entre engenharia civil, planejamento urbano e gestão ambiental é fundamental para maximizar os benefícios da tecnologia.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Portanto, conclui-se que o concreto permeável representa uma solução eficiente, econômica e ambientalmente responsável, apta a equilibrar desempenho estrutural, sustentabilidade e controle de enchentes. Sua aplicação em projetos urbanos bem planejados contribui significativamente para a mitigação de impactos ambientais decorrentes da impermeabilização urbana, reforçando sua importância como alternativa estratégica na pavimentação sustentável de centros urbanos.

3.1. Integração do Concreto Permeável com Tecnologias Verdes e Análise Econômica

A adoção do concreto permeável pode ser potencializada pela integração com outras soluções de drenagem urbana sustentável, conhecidas como infraestruturas verdes. Entre elas, destacam-se os jardins de chuva, as bacias de infiltração e os pavimentos vegetados, que atuam de forma complementar, favorecendo a infiltração e o armazenamento temporário das águas pluviais. De acordo com a ANAMMA (2014), tais dispositivos são fundamentais para o controle descentralizado do escoamento superficial, reduzindo custos de manutenção dos sistemas de drenagem convencionais e aumentando a resiliência urbana.

Sob a perspectiva econômica, estudos comparativos como os de Botelho (2020) e Balbo (2020) indicam que, embora o investimento inicial em pavimentos permeáveis possa ser superior ao de pavimentos convencionais, os custos de operação e manutenção a longo prazo são consideravelmente menores. Isso se deve à diminuição da sobrecarga nos sistemas de drenagem, à redução de alagamentos e ao prolongamento da vida útil da infraestrutura.

Além disso, a incorporação de tecnologias verdes associadas ao concreto permeável representa um avanço importante na gestão urbana sustentável, promovendo benefícios ambientais mensuráveis, como a recarga de aquíferos, a filtração de poluentes, o controle térmico urbano e a melhoria da qualidade ambiental. Tais estratégias estão em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 6 e ODS 11) da Organização das Nações Unidas, reforçando o papel do concreto permeável como elemento-chave em políticas públicas de urbanização sustentável.

3.2. Evidências Recentes sobre Eficiência Hídrica e Sustentabilidade em Pavimentos Permeáveis

O uso de pavimentos permeáveis representa uma estratégia promissora na gestão urbana de águas pluviais, oferecendo não apenas benefícios hidrológicos como redução do escoamento superficial, como também contribuindo de forma significativa para a economia de água potável em edificações. O estudo de Martins Vaz (2021) destaca que, em cenários simulados em oito cidades brasileiras, a inserção de pavimentos permeáveis acoplados à captação de água da chuva possibilitou economia de água potável entre 18,4% e 84,8%, dependendo da localização, demanda não potável e área de implantação. Além disso, esse tipo de solução permite alinhar os ganhos

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

ambientais à eficiência hídrica, estabelecendo uma ponte entre infraestrutura verde e racionalização de recursos hídricos urbanos.

Sob a perspectiva técnica e de inovação em infraestrutura urbana, o artigo também enfatiza que os pavimentos permeáveis podem ser corretamente dimensionados considerando tanto o desempenho hidráulico-hidrológico (infiltração, escoamento, armazenamento intersticial) quanto o estrutural (espessura, suporte de carga). Verificam que métodos de dimensionamento padronizados (como AASHTO e ABCP) fornecem resultados semelhantes, o que reforça a viabilidade técnica dessa tecnologia para diversas aplicações urbanas. Em vista disso, investir nessa área torna-se não apenas ambientalmente vantajoso, mas também tecnicamente sólido, abrindo caminho para adoção em municípios que almejam infraestrutura sustentável e economia de recursos hídricos.

4. CONSIDERAÇÕES

O presente trabalho permitiu compreender a relevância do concreto permeável como alternativa sustentável para a construção civil e para o planejamento urbano. A pesquisa evidenciou que esse material se destaca por possibilitar a infiltração da água da chuva no solo, contribuindo para a redução do escoamento superficial, a recarga dos aquíferos e a mitigação de enchentes em áreas urbanas. Além disso, observou-se que sua aplicação auxilia na diminuição do efeito de ilha de calor e atua como elemento estratégico no manejo de águas pluviais.

Em contrapartida, identificaram-se limitações importantes, como a menor resistência mecânica e o custo relativamente elevado de produção, fatores que restringem sua utilização em vias de tráfego pesado. Ainda assim, sua aplicação em calçadas, ciclovias, praças e estacionamentos apresenta desempenho satisfatório do ponto de vista técnico e relevância ambiental, especialmente em aplicações de baixa carga, sobretudo quando associada a sistemas complementares de drenagem.

Conclui-se, portanto, que o concreto permeável apresenta potencial significativo para promover cidades mais sustentáveis e resilientes, desde que utilizado em contextos adequados e integrado a soluções de infraestrutura urbana. Recomenda-se que pesquisas futuras sejam direcionadas ao aprimoramento de sua resistência estrutural, à redução de custos de produção e à avaliação de seu desempenho em diferentes condições climáticas, de modo a ampliar seu campo de aplicação e consolidá-lo como tecnologia essencial para a construção civil contemporânea.

REFERÊNCIAS

ABCP. **Manual técnico:** concreto permeável. São Paulo: ABCP, 2018.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16416:** Pavimentos permeáveis – Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:** Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211:** Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ANAMMA – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS ENTIDADES GESTORAS DE MEIO AMBIENTE. **Guia de soluções de infraestrutura verde para o controle de inundações urbanas**. Brasília: ANAMMA, 2014.

BALBO, J. T. **Pavimentos de concreto permeáveis:** uma visão ambiental da tecnologia emergente. São Paulo: Oficina de Textos, 2020.

BOTELHO, D. C. M. Concreto permeável: análise de desempenho voltada para pavimentação, a fim de combater inundações em centros urbanos. **Brazilian Journal of Development**, 2020. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/8312/7172. Acesso em: 15 set. 2025.

BRASIL, V. B. **Pavimento de concreto permeável**. [*S. l.: s. n.*], 2021. Disponível em: https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/8853. Acesso em: 30 mar. 2025.

EPA – U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Soak Up the Rain**: Permeable Pavement. [S. l.]: EPA – U.S, 2023. Disponível em: https://www.epa.gov/soakuptherain/soak-rain-permeable-pavement. Acesso em: 18 ago. 2025.

FERREIRA, J. R. **Concreto**: teoria e prática. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2016.

FHWA – FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. **Pervious Concrete Pavements**. Washington, D.C.: FHWA, 2023. Disponível em: https://www.fhwa.dot.gov/pavement/pubs/hif23076.pdf. Acesso em: 18 ago. 2025.

HUNT, W. F.; BEAN, E. Z. **Best Management Practices for Stormwater Management:** Permeable Pavements. North Carolina: Cooperative Extension, 2006.

LIMA, C. R.; COSTA, D. M. **Materiais de construção**: princípios e aplicações. São Paulo: Atlas, 2018.

MARTINS VAZ, I. C.; ANTUNES, L. N.; GHISI, E.; THIVES, L. P. Permeable Pavements as a Means to Save Water in Buildings: State of the Art in Brazil. **Sci**, v. 3, n. 4, p. 36, 2021. DOI: 10.3390/sci3040036.

MORAES, L. Construção civil cresce 4,3% e atinge PIB de R$ 359,523 bilhões. **UOL**, 8 mar. 2025. Disponível em: https://jc.uol.com.br/colunas/metro-quadrado/2025/03/08/construcao-civil-cresce-43-e-atinge-pib-de-rs-359523-bilhoes.html. Acesso em: 30 mar. 2025.

NRMCA – NATIONAL READY MIXED CONCRETE ASSOCIATION. **Pervious Concrete Pavement Maintenance and Operations Guide**. [S. l.]: NRMCA, 2015.

PAGOTTO, K. L. **Análise das propriedades do concreto permeável para a pavimentação de estacionamentos.** 2017. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

PERVIOUS PAVEMENT. **Hydrological Design**. [S. l.]: Pervious Pavement, 2023. Disponível em: https://www.perviouspavement.org/design/hydrologicaldesign.html. Acesso em: 18 ago. 2025.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

RODRIGUES, E. J. **Concreto permeável como sistema de drenagem para áreas urbanas**. 2015. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

SANCHES, A. E. *et al.* Uma análise da viabilidade técnica da aplicação do concreto permeável na pavimentação de calçadas públicas: um estudo de caso. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 114140–114140, 2021. Disponível em: https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:BEom_x3SClcJ:scholar.google.com/+cal%C3%A7ada+perme%C3%A1vel. Acesso em: 30 mar. 2025.

SANTOS, J. P.; PEREIRA, M. L. Avaliação ambiental de pavimentos urbanos impermeáveis e permeáveis. **Revista Engenharia Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 45–56, 2021.

SILVA, A. M. **Tecnologia do concreto**. 2. ed. São Paulo: PINI, 2019.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.