

# DESENVOLVIMENTO DE PAVIMENTO PERMEÁVEL UTILIZANDO RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC): PARA PAVIMENTOS MOLDADOS *IN LOCO*.

Amélia da Silva<sup>1</sup>  
Marcelo Adriano Duarte<sup>2</sup>  
Lucas Hlenka<sup>3</sup>

## Resumo

O artigo trata do desenvolvimento de pavimentos permeáveis utilizando resíduos da construção civil (RCC), com o objetivo de propor uma solução sustentável para mitigar os problemas de drenagem urbana causados pela impermeabilização do solo em áreas urbanas. O estudo foi conduzido por meio de pesquisa experimental em laboratório, onde diferentes dosagens de concreto permeável com RCC foram testadas quanto à permeabilidade e resistência mecânica. Além disso, foi realizada uma revisão bibliográfica para embasar teoricamente o trabalho. Os resultados mostraram que o uso de RCC no concreto permeável apresentou desempenho satisfatório em termos de drenabilidade, com capacidade de escoamento adequada e resistência suficiente para suportar cargas típicas de passeios públicos. A comparação com pavimentos convencionais indicou que a solução proposta oferece melhor eficiência na drenagem de águas pluviais e contribui para a redução de alagamentos. Conclui-se que o uso de pavimentos permeáveis com RCC é uma alternativa viável e ambientalmente sustentável, promovendo a reutilização de materiais e a melhoria da infraestrutura urbana. O trabalho destaca-se pela originalidade ao explorar o uso de resíduos na produção de concreto permeável, oferecendo uma solução prática e econômica para a gestão de águas pluviais em áreas urbanizadas.

**Palavras-chave:** Pavimento permeável, Resíduos da construção civil (RCC), Sustentabilidade, Drenagem urbana, Concreto permeável.

## Abstract

This article addresses the development of permeable pavement structures using construction waste (CW), with the aim of proposing a sustainable solution to mitigate urban drainage problems caused by soil impermeabilization in urban areas. The study was conducted through experimental laboratory research, where different dosages of CW incorporated permeable concrete were tested for permeability and mechanical strength. Additionally, a literature review was carried out to provide the theoretical foundation for the article. The results showed that the usage of CW in permeable concrete resulted in satisfactory performance in terms of drainability, with adequate flow capacity and sufficient strength to support typical public walkway loads. A comparison with conventional pavements indicated that the proposed solution offers

---

<sup>1</sup> Acadêmica do curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Criciúma. E-mail: [amelia.s@aluno.ifsc.edu.br](mailto:amelia.s@aluno.ifsc.edu.br)

<sup>2</sup> Engenheiro civil, doutor, docente do Núcleo de Construção Civil do IFSC Campus Criciúma, SC. E-mail: [marcelo.duarte@ifsc.edu.br](mailto:marcelo.duarte@ifsc.edu.br)

<sup>3</sup> Engenheiro civil, Mestre, docente do Núcleo de Construção Civil do IFSUL Campus Pelotas, RS.

improved efficiency in rainwater drainage and contributes to the reduction of flooding. It is concluded that the use of permeable pavements with CW is a viable and environmentally sustainable alternative, promoting the reuse of materials and the improvement of urban infrastructure. This article stands out for its originality in exploring the use of waste in the production of permeable concrete, offering a practical and economical solution for rainwater drainage in urbanized areas.

**Keywords:** Permeable pavement, Construction waste (CW), Sustainability, Urban drainage, Permeable concrete.

## 1. INTRODUÇÃO

A rápida urbanização e a utilização predominante de pavimentações impermeáveis têm imposto desafios significativos às cidades, especialmente no que se refere à drenagem de águas pluviais. A cobertura extensiva com materiais como concreto e asfalto reduz drasticamente a capacidade de infiltração da água no solo, provocando um aumento expressivo no escoamento superficial. Esse cenário resulta em sobrecarga dos sistemas de drenagem urbana, contribuindo para alagamentos frequentes, erosão e danos à infraestrutura, além de gerar consequências sociais, como transtornos à mobilidade e à saúde pública. Segundo Pena, “a causa considerada principal para as enchentes é, sem dúvida, a impermeabilização do solo. Com a pavimentação das ruas e a cimentação de quintais e calçadas, a maior parte da água, que deveria infiltrar no solo, escorre na superfície, provocando o aumento das enxurradas e a elevação dos rios.”

Figura 1 - Alagamento na região central de Criciúma/SC



Fonte: Lorenzo Dornelles (Nd rádio), 2020.

Esses problemas tornam-se ainda mais urgentes em face das mudanças climáticas, que intensificam eventos de chuvas fortes e, conseqüentemente, agravam as inundações. Nesse contexto, torna-se imperativo o desenvolvimento de soluções que promovam uma drenagem mais eficiente, equilibrando as demandas urbanas com a preservação ambiental. Uma alternativa promissora são os pavimentos permeáveis,

que permitem que a água da chuva infiltre no solo, auxiliando na recarga de lençóis freáticos e na mitigação de alagamentos. De acordo com Almeida e Lima (2023), os pavimentos permeáveis são eficazes na redução do escoamento superficial e na promoção da infiltração de água, contribuindo diretamente para a mitigação de alagamentos em áreas urbanas.

Figura 2 - Concreto drenante



Fonte: Disponível em: <https://arquitetura.vivadecora.com.br/2020/08/25/piso-drenante/>  
Acesso em: 16 nov. 2024

Paralelamente, a questão dos resíduos da construção civil (RCC) emerge como outro desafio ambiental. A crescente geração de RCC, quando não manejada corretamente, pode causar poluição do solo e da água, além de ocupar grandes áreas de aterros. No entanto, a reutilização desses resíduos na produção de concreto permeável não só resolve parte do problema de descarte inadequado, como também contribui para a sustentabilidade da construção civil.

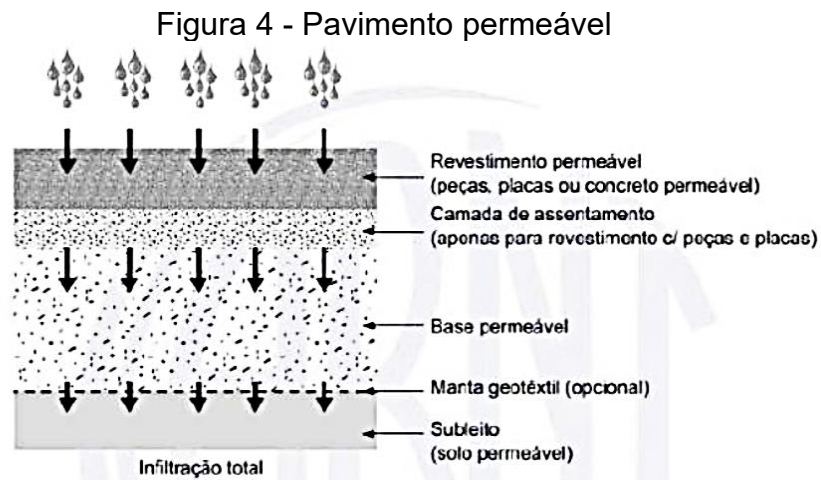
Figura 3 - Resíduos da construção civil (RCC) depositado em local impróprio



Fonte: AUTORA (2024).

Este estudo propõe o desenvolvimento de pavimentos permeáveis utilizando RCC, para aplicação em áreas urbanas, como passeios públicos e áreas residenciais. A pesquisa tem como objetivo testar diferentes composições de concreto permeável com RCC, analisando suas propriedades mecânicas e de permeabilidade. Além de oferecer uma solução prática para os problemas de drenagem urbana, a utilização de RCC representa um avanço na economia circular, ao transformar resíduos em

recursos, contribuindo para cidades mais resilientes e sustentáveis.



Fonte: Adaptado de: NBR 16416 (2015).

Figura 5 - Agregado reciclado de resíduo da construção civil (RCC)



Fonte: AUTORA (2024).

## 1.2 OBJETIVO DO ESTUDO

O objetivo principal deste estudo é desenvolver um pavimento permeável utilizando resíduos de construção civil (RCC) como alternativa sustentável para a pavimentação de passeios públicos e áreas residenciais. Este pavimento deverá ser moldado in loco, proporcionando uma solução eficiente para a drenagem de águas pluviais e a redução de alagamentos em áreas urbanas.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC)

Os Resíduos da Construção Civil (RCC) são um dos grandes desafios ambientais do setor da construção, especialmente em regiões em desenvolvimento. De acordo com Sousa e Silva (2019), o volume crescente de RCC está diretamente relacionado à expansão das áreas urbanas e à falta de políticas eficazes de gestão de resíduos. A gestão inadequada desses materiais pode provocar sérios impactos ambientais, como a contaminação de solo e água, além de contribuir para o esgotamento de áreas destinadas a aterros (Pereira, 2020).

Figura 6 - Descarte de resíduo da construção civil (RCC)



Fonte: AUTORA (2024).

Esses resíduos, que incluem sobras de concreto, cerâmica, metais e outros materiais, podem ser reincorporados na construção como agregados reciclados, promovendo uma economia de recursos naturais. Conforme Silva e Andrade (2019), a reciclagem de RCC representa uma estratégia fundamental para a construção civil sustentável, reduzindo a necessidade de extração de novos materiais e mitigando os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado.

Figura 7 - Descarte de resíduo da construção civil (RCC)



Fonte: AUTORA (2024).

## 2.2 USO DE AGREGADO RECICLADO NO CONCRETO PERMEÁVEL

A utilização de agregados reciclados em concreto permeável tem se mostrado uma alternativa viável e sustentável. Segundo Santos e Cabral (2020), a reciclagem de agregados de demolição para pavimentos permeáveis proporciona vantagens como redução de custos e diminuição do impacto ambiental. No entanto, a eficácia desse concreto depende da qualidade do processo de reciclagem e da granulometria dos agregados utilizados (Gomes, 2019).

Neutzling, Duarte e Hlenka (2023) destacam a importância de utilizar materiais reciclados, como o agregado basáltico, para aumentar a sustentabilidade dos pavimentos permeáveis. Os autores demonstram que a utilização de agregado reciclado pode não apenas manter, mas em alguns casos até melhorar a permeabilidade e durabilidade dos pavimentos drenantes, ao mesmo tempo em que contribui para a redução do impacto ambiental.

O estudo de Naiara Lima Zappe (2023) explora os desafios e as possibilidades do gerenciamento de resíduos na construção civil, ressaltando a importância de práticas sustentáveis no gerenciamento de resíduos. Zappe destaca que a utilização de resíduos como materiais reciclados pode não só minimizar o impacto ambiental, mas também melhorar as propriedades dos pavimentos, como a durabilidade e a permeabilidade.

Batezini (2013) enfatiza a importância da manutenção dos pavimentos permeáveis, destacando a importância de realizar limpezas regulares para evitar o entupimento dos poros, além de inspeções periódicas para garantir a manutenção da permeabilidade. Essas ações são fundamentais para garantir o bom desempenho no longo prazo dos pavimentos drenantes. O autor também menciona que o uso de tecnologias inovadoras e materiais avançados pode aprimorar ainda mais a eficiência desses pavimentos, tornando-os uma solução eficaz para a gestão sustentável das águas pluviais.

Silva e outros. (2015) afirmam que a implementação de pavimentos permeáveis em diversos contextos urbanos tem demonstrado suas previsões e eficácia na gestão de águas pluviais, contribuindo para a criação de cidades mais resilientes e sustentáveis. De acordo com Santos (2023), a adoção de práticas sustentáveis, como o uso desses pavimentos, pode transformar áreas urbanas em espaços mais adaptáveis às mudanças climáticas e promotores de ambientes mais saudáveis.

Além disso, Santos (2021) afirma que a forma e a porosidade dos agregados reciclados afetam diretamente a permeabilidade e a resistência mecânica do concreto permeável. Esse equilíbrio entre permeabilidade e resistência mecânica é crucial para garantir a eficiência do pavimento e sua durabilidade em áreas urbanas. O uso de RCC, quando bem dosado, pode ser uma solução que alia sustentabilidade e eficiência técnica.

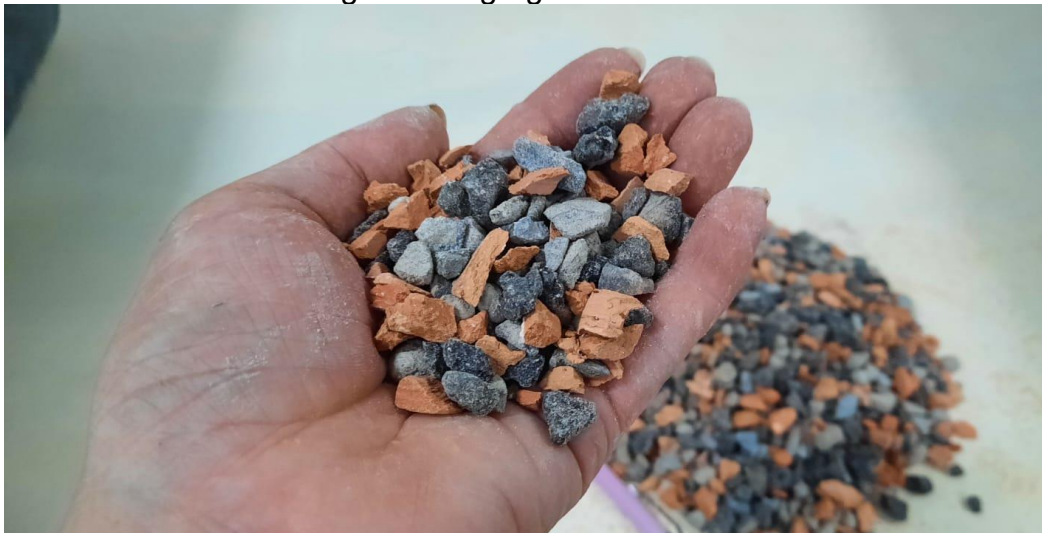
Na União Europeia, a geração de resíduos provenientes da construção e demolição é estimada em cerca de 450 milhões de toneladas anuais. Desse total, apenas 28% são reaproveitados ou reciclados, enquanto a maior parte é destinada a aterros ou processos de incineração. No Brasil, a Resolução Nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002) estabelece diretrizes para a gestão e

classificação dos resíduos da construção civil. Essa resolução divide os RCC em quatro classes principais:

- **Classe A:** Resíduos recicláveis como agregados de concreto, cerâmica, solos de terraplenagem que podem ser reaproveitados ou reciclados;
- **Classe B:** Materiais recicláveis para outras destinações, como plásticos, metais, vidros e madeiras;
- **Classe C:** Resíduos para os quais ainda não há tecnologias viáveis de reciclagem;
- **Classe D:** Resíduos perigosos, como tintas, solventes e materiais contaminados.

A reutilização do RCC é uma prática incentivada pela legislação vigente, especialmente no setor da construção, onde esses resíduos podem ser reincorporados como agregados em novos materiais, contribuindo para a economia de recursos naturais e a redução do impacto ambiental.

Figura 8 - Agregados de RCC



Fonte: AUTORA (2024).

### 2.3 PAVIMENTAÇÃO DRENANTES E SUSTENTABILIDADE

Os pavimentos permeáveis são fundamentais para a gestão sustentável da drenagem urbana. Segundo Oliveira (2020), o uso de pavimentos permeáveis pode reduzir significativamente o escoamento superficial, contribuindo para a mitigação de enchentes e a recarga do lençol freático. Além disso, esses pavimentos ajudam a controlar o efeito de ilhas de calor nas cidades, devido à evaporação da água acumulada em suas camadas superiores (Santos, 2018).

De acordo com a ABNT NBR 16416:2015, pavimentos permeáveis devem ser projetados para suportar cargas urbanas e, ao mesmo tempo, permitir a percolação da água da chuva. Isso os torna ideais para áreas como estacionamentos e passeios públicos, onde a combinação de resistência e permeabilidade é essencial para o bom

funcionamento (Lima, 2017).

A espessura e a resistência mínima do pavimento permeável variam conforme o tipo de carga a que ele será submetido. O quadro 1 apresenta as exigências que o material deve cumprir.

Quadro 1 - Especificações para revestimentos de acordo com o tipo de tráfego

Tipo de revestimento	Tipo de solicitação	Espessura mínima (mm)	Resistência mecânica característica (MPa)	Método de ensaio
Peça de concreto (juntas alargadas ou áreas vazadas)	Tráfego de pedestres	60.0	$\geq 35,0^a$	ABNT NBR 9781
	Tráfego leve	80.0		
Peça de concreto permeável	Tráfego de pedestres	60.0	$\geq 20,0^a$	
	Tráfego leve	80.0		
Placa de concreto permeável	Tráfego de pedestres	60.0	$\geq 2,0^b$	ABNT NBR 15805
	Tráfego leve	80.0		
Concreto permeável moldado no local	Tráfego de pedestres	60.0	$\geq 1,0^c$	ABNT NBR 12142
	Tráfego leve	100.0	$\geq 2,0^c$	

<sup>a</sup> determinação da resistência à compressão, conforme na ABNT NBR 9781.  
<sup>b</sup> determinação da resistência à flexão, conforme na ABNT NBR 15805.  
<sup>c</sup> determinação da resistência à tração na flexão, conforme na ABNT NBR 12142.

Fonte: Adaptado de: NBR 16416 (2015).

## 2.4 CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA NO CONCRETO PERMEÁVEL

A condutividade hidráulica, ou coeficiente de permeabilidade, é um dos principais parâmetros a serem considerados na avaliação do desempenho do concreto permeável. Esse coeficiente reflete a capacidade do material em permitir o fluxo de água através de sua estrutura porosa, o que é essencial para garantir que o pavimento desempenhe adequadamente sua função de drenagem. A permeabilidade depende de fatores como a granulometria dos agregados, a relação água/cimento e a porosidade da mistura. Segundo Santos e Oliveira (2020), "a escolha dos agregados e o controle da porosidade do concreto permeável influenciam diretamente na eficiência da condutividade hidráulica, sendo necessária a correta dosagem para alcançar o equilíbrio entre permeabilidade e resistência estrutural."

Outro ponto relevante é o impacto da colmatação, que ocorre quando partículas finas de solo ou detritos bloqueiam os poros do pavimento, reduzindo gradualmente sua capacidade de drenagem. Isso destaca a importância de manter a permeabilidade ao longo do tempo, além da necessidade de práticas adequadas de manutenção, como limpeza periódica da superfície para evitar o entupimento dos poros. De acordo com Ribeiro (2019), "a colmatação é um dos maiores desafios na durabilidade dos pavimentos permeáveis, e medidas preventivas são essenciais para garantir a funcionalidade contínua do sistema de drenagem."

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Serão descritos abaixo no item 3.1, os materiais do tipo agregado com sua devida caracterização, seguidos pela apresentação do aglomerante mineral. Na sequência, no item 3.2, será mencionado o método de ensaio utilizados nesta fase da pesquisa.

#### 3.1 MATERIAIS

Materiais utilizados na pesquisa: agregado reciclado de concreto, agregado reciclado de cerâmica vermelha, agregado reciclado de asfalto, e o aglomerante mineral Cimento Portland de alta resistência inicial (CPV - ARI), os materiais foram submetidos a procedimentos prévios de análise para caracterização e quantificação.

##### 3.1.1. Agregados

###### 3.1.1.1 Natural

Foi empregado nesta pesquisa o agregado natural de origem basáltica, popularmente conhecido como brita 0 ou pedrisco, disponibilizado pelo Laboratório de Materiais de Construção Civil do IFSC, campus Criciúma. O material foi previamente preparado por meio de peneiramento para remover impurezas, e aproveitado apenas o material retido nas peneiras de 6,3 mm e 4,75 mm. As partículas maiores que 9,5 mm e menores que 4,8 mm foram descartadas durante o processo. A Figura 9 ilustra o peneiramento do agregado natural utilizado neste trabalho.

Figura 9 - Peneiramento do agregado natural



Fonte: AUTORA (2024).

###### 3.1.1.2 Reciclado de concreto, de cerâmica vermelha e de Asfalto

O agregado reciclado de concreto utilizado na pesquisa é de descarte das concreteiras e fornecido pela empresa Ecotri Reciclagens Forquilha LTDA. Assim como o reciclado da cerâmica vermelha, que também foi fornecido pela empresa Ecotri Reciclagens. Já o reciclado de asfalto, foi fornecido pela empresa JR de Içara/SC. Todos estes materiais foram triturados por um britador, e devidamente preparados passando por processo de peneiramento prévio para retirada de

impurezas, sendo utilizado apenas o material retido nas peneiras 6,3 mm e 4,75 mm, as frações maiores que 9,5 mm e as frações menores que 4,8 mm foram retiradas do peneiramento e descartadas, as demais armazenada em local seco e limpo. A Figura 10 mostra o peneiramento do RCC utilizado na pesquisa.

Figura 10 - Peneiramento do resíduo da construção civil (RCC)



Fonte: AUTORA (2024).

### 3.1.1.3 Caracterização dos agregados

Foram analisadas duas composições específicas, variando os tipos de agregados (natural e RCC) e as proporções de mistura entre eles. A distribuição granulométrica dos agregados foi avaliada, no qual alguns dos materiais utilizados, como os agregados naturais, passaram apenas por processos de secagem e peneiramento para a remoção de resíduos.

Os agregados utilizados na produção do concreto permeável seguiram as especificações da norma ABNT NBR NM 16972:2021, que trata da determinação da massa unitária e do volume de vazios. Esse procedimento foi fundamental para o cálculo do consumo de materiais. O agregado de origem reciclada, conhecido como RCC (Resíduo da Construção Civil), foi o material principal selecionado para a pesquisa.

A análise de granulometria foi realizada em conformidade com os procedimentos descritos na norma ABNT NBR 17054:2022, que regulamenta a determinação da composição granulométrica.

### 3.1.2 Aglomerante Mineral

Foi utilizado o cimento portland do tipo de alta resistência inicial (CPV – ARI) com 0% de adição de material pozzolânico, apresentando uma resistência no primeiro dia de pelo menos 14 MPA de resistência à compressão, e continuando a ganhar resistência até aos 28 dias de cura, atingindo valores mais elevados que os demais,

proporcionando maior rendimento ao concreto. Sua composição inclui 0% de pozolana, e de até 5% de filer calcário. Para preservar suas propriedades, o material foi acomodado em local devidamente seco e devidamente selado, evitando qualquer contato com a umidade para não causar hidratação antecipada. Este cimento foi fornecido pelo Laboratório de Materiais de Construção do IFSC para aplicação na pesquisa.

O CPV – ARI, destaca-se por sua alta resistência inicial, sendo adequado para variados usos, como Concretos protendidos, Pisos industriais, Argamassas armadas, concretos para calçadas e passeios, reparos e recuperação de estruturas de concreto e estruturas expostas a condições adversas. O aglomerante está em total conformidade com as diretrizes da norma ABNT NBR 16697/2018, conforme detalhado no Quadro 2.

Quadro 2 – Cimentos brasileiros conforme norma ABNT NBR 16697/2018

Tipo	sigla	% de clínquer*	Composição (% em massa)		
			Escória de Alto Forno	Material Pozolânico	Filer Calcário
			E	Z	F
Comum	CP I	100	0	0	0
Composto	CP II-E	56 - 94	6 - 34	0	0 - 10
	CP II-Z	76 - 94	0	6 - 14	0 - 10
	CP II-F	90 - 94	0	0	6 - 10
Alto Forno	CP III	25 - 65	35 - 70	0	0
Pozolânico	CP IV	45 - 85	0	15 - 50	0
Alta Resistência Inicial	CP V - ARI	95 - 100	0	0	0 - 5
Branco	CPB	50 - 74	0	0	26 - 50
Branco Estrutural	CPB (25,32 e 40)	75 - 100	0	0	0 - 25

\* Já considera a adição de gesso

Fonte: NBR 16697 (2018)

## 3.2 MÉTODOS

Para analisar o desempenho das misturas estudadas, foram realizados dois tipos principais de ensaios. Os parâmetros hidráulicos foram analisados por meio da medição da condutividade hidráulica, enquanto as propriedades mecânicas foram verificadas através de testes de resistência à especificação axial simples. A seguir, são detalhados os procedimentos utilizados para a realização desses ensaios ao longo da pesquisa.

### 3.2.1 Procedimento de dosagem e produção

#### 3.2.1.1 Método de dosagem

De acordo com Batezini (2013), a definição das dosagens pode ser embasada em uma revisão bibliográfica, considerando a inexistência de métodos normativos específicos para concreto permeável.

A quantidade de água em cada mistura foi ajustada com base em uma avaliação visual e tátil, conforme indicado na Figura 11. Para verificar a consistência

do concreto permeável, retirou-se uma amostra da mistura com uma luva e ela foi pressionada manualmente. Após soltar a massa, observou-se o estado da pasta de cimento que ficou aderida à luva. A consistência foi considerada adequada quando a pasta apresentava um brilho evidente, sem escorrer pela superfície da luva. O traço utilizado na composição do concreto permeável foi de 1:3, ou seja 1 de cimento e 3 de agregado.

Figura 11 - Ajuste da consistência do concreto permeável:  
(a) comprimindo na luva, (b) partículas cobertas de pasta e (c) aspecto brilhoso



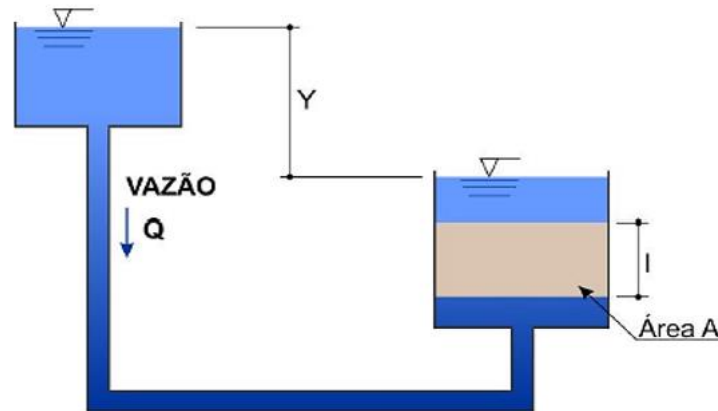
Fonte: AUTORA (2024).

### 3.2.2 Condutividade Hidráulica

Este ensaio foi realizado através de um aparato desenvolvido para servir de permeâmetro com carga constante como mostra a Figura abaixo. Foram realizadas três leituras e considerada a média para o cálculo do coeficiente de permeabilidade. O cálculo foi realizado a partir da Lei de Regime de Escoamento proposta por Darcy.

Os ensaios foram realizados no Campus Pelotas do INSTITUTO FEDERAL SUL RIO GRANDENSE - IFSUL com os materiais que foram enviados e reproduzidos pela mesma mistura padronizada para a produção de corpos de prova cilíndricos 15x30 cm e prismáticos 16x4x4 cm, garantindo os mesmos traços usadas no Campus de Criciúma do INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA onde foram produzidas placas e testadas a permeabilidade in situ.

Figura 12 - Esquema de execução do ensaio de permeabilidade



Fonte: Pinto (2011).

Figura 13 - Permeômetro de carga constante      Figura 14 - Corpo de prova cilíndrico



Fonte: Neutzling, Duart e Hlenka (2023)



Fonte: AUTORA (2024).

### 3.2.3 Permeabilidade por precipitação

Este teste foi realizado em placas de concreto permeável pré-moldadas, fixadas em um aparato que permitiu a medição do volume de água em simulação de precipitação atmosférica.

O aparato foi desenvolvido para garantir a vazão constante de água. Para os cálculos, foi considerado um tempo constante para diferentes tipos de placas, sendo então medido o volume de água que atravessou a camada da placa permeável, conforme mostrado na figura 15.

Figura 15 - Medição do volume de água



Fonte: AUTORA (2024).

Figura 16 - Simulação precipitação



Fonte: AUTORA (2024).

Inicialmente, os testes foram realizados com as placas secas. Em seguida, após a passagem de um volume de água por 60 segundos, foram prolongados testes com as placas saturadas.

As placas, moldadas in loco, foram posteriormente posicionadas nos projetos desenvolvidos especificamente para simular a realização e medir o volume de água escoado, conforme ilustrado na Figura 17.

Figura 17 – Placas moldadas in loco

(a) concreto natural

(b) concreto reciclado



Fonte: AUTORA (2024).

O sistema foi acionado por 60 segundos, liberando um fluxo de água previamente calibrado para garantir a mesma vazão em ambos os lados do sistema.

A coleta de água foi realizada de forma sincronizada com o desligamento do sistema. Para cada placa, mediu-se o volume de água que atravessou sua espessura e escoou em queda livre, sendo esse volume acumulado em uma bandeja e posteriormente medido em copos Becker ao longo dos 60 segundos de teste.

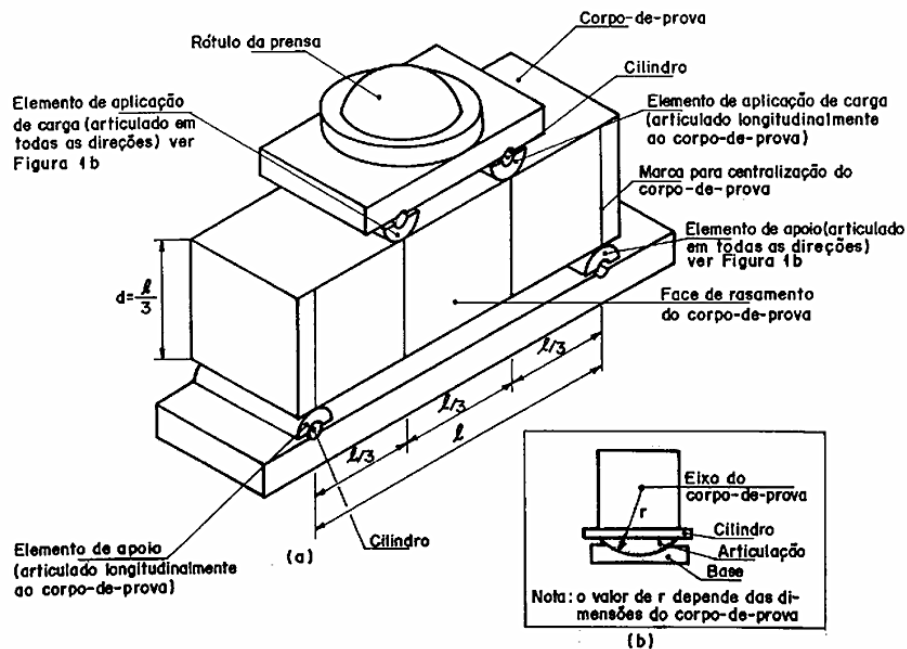
Foram realizadas cinco proporções para cada tipo de placa (placa com RCC e placa com agregado natural). A medição mais discrepante foi descartada, e as demais médias, foi calculada para obtenção do resultado final.

### 3.2.4 Resistência à tração na flexão

Conforme a ABNT NBR 16416:2015 - Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e procedimentos, a placa de concreto deve ser ensaiada seguindo os parâmetros da ABNT NBR 12142:2010 - Concreto — Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos.

Para tanto foram desenvolvidos corpos de provas prismáticos de dimensões padronizadas 16x4x4 cm e testados aos 28 dias no campus do IFSUL Pelotas conforme esquema definido em norma, abaixo.

Figura 18 - Simulação precipitação



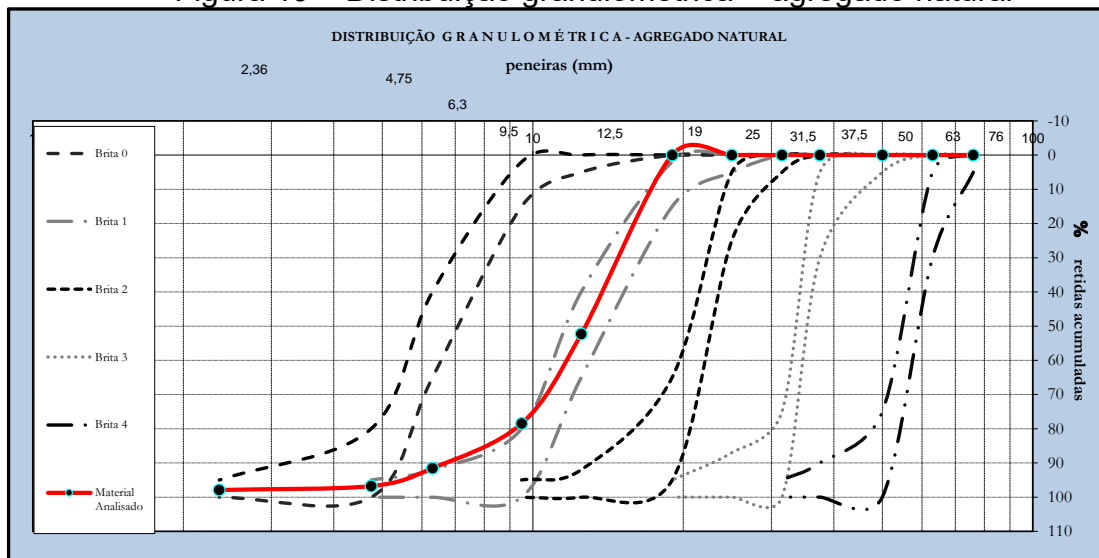
Fonte: ABNT NBR 12142:2010

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 GRANULOMETRIA DOS AGREGADOS

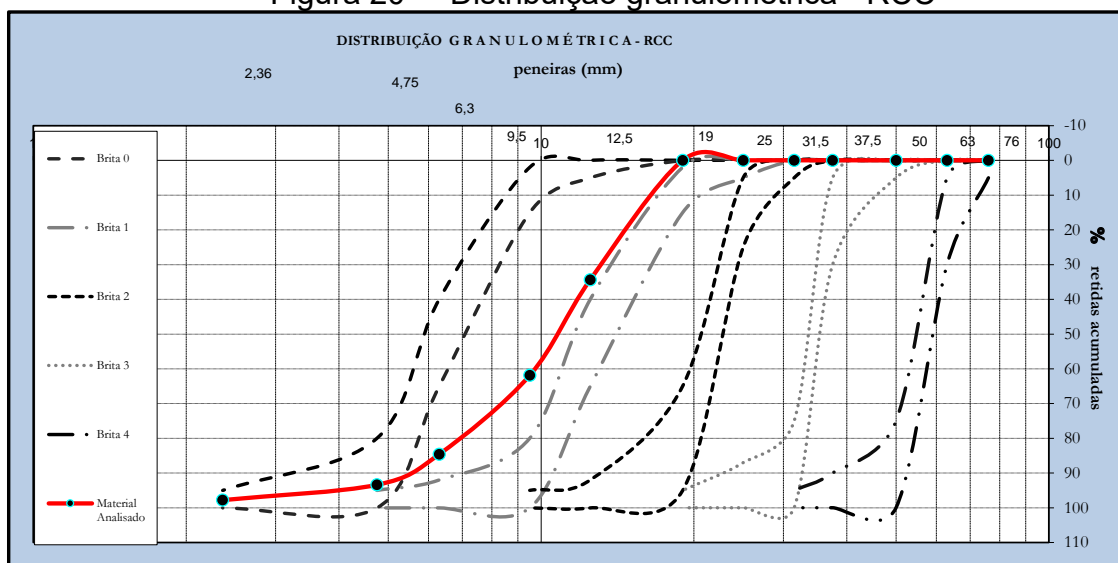
Conforme observado abaixo nas Figuras 19 e 20, o agregado natural (Figura 19) utilizado segue a faixa de definição da brita 1, porém com uma maior proporção de partículas na granulometria da brita 0, especialmente nas peneiras abaixo de 6,3 mm. Já o RCC (Figura 20) apresenta uma distribuição granulométrica que se afasta da zona típica da brita 1, aproximando-se mais da brita 0. Essa característica é resultado do processo de preparação, no qual o RCC foi triturado.

Figura 19 – Distribuição granulométrica - agregado natural



Fonte: AUTORA (2024).

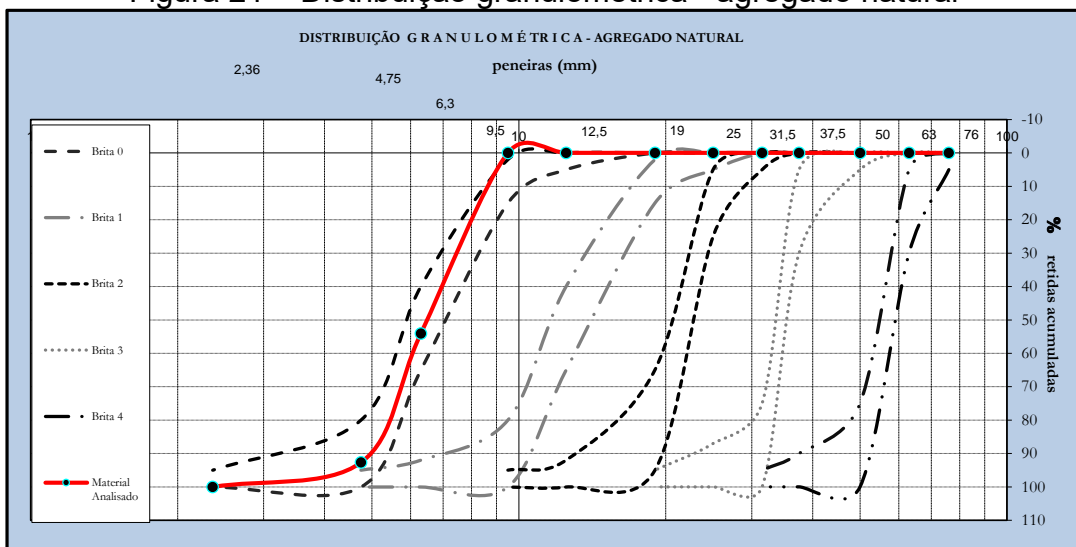
Figura 20 – Distribuição granulométrica - RCC



Fonte: AUTORA (2024).

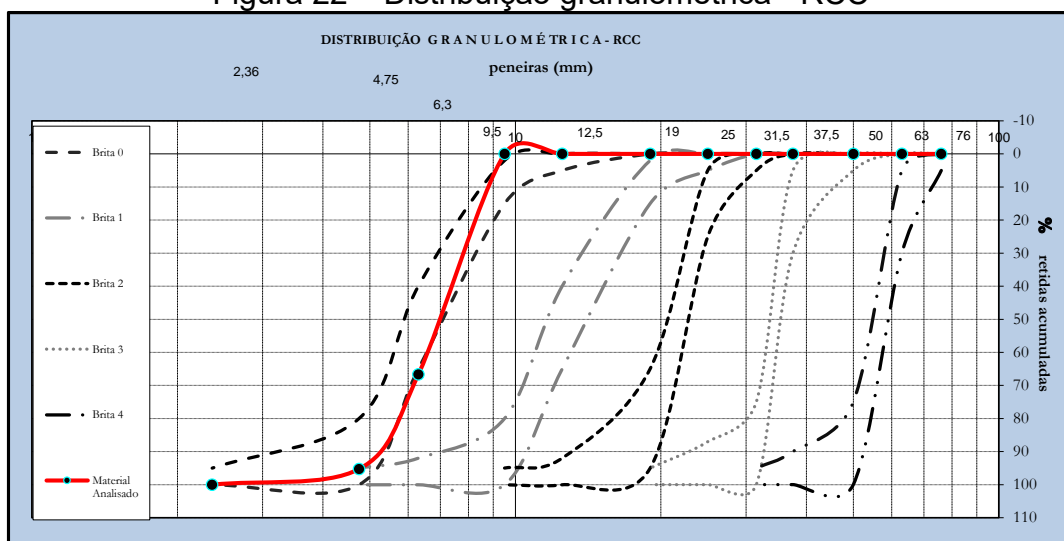
Sendo que, abaixo nas figuras 21 e 22 temos as curvas granulométricas do agregado natural e do RCC, porém como preparados para o uso na produção dos concretos, ou seja, separação dos passantes na peneira 9,5 mm e os retidos na peneira 6,3 e e 4,8 mm apenas. Para os dois tipos de agregado percebe-se granulometria similar porém o agregado natural se encaixa de forma mais adequada na faixa de brita zero e a parcela de RCC usada permeia o limite da faixa de brita zero ainda sim considera-se na faixa demonstrando que o processo de trituração utilizado foi eficiente e levou a produção de material similar ao agregado natural que na verdade este é um agregado também trabalhado porém no processo de britagem industrial e passando por britadores e seleções de peneiras até o resultado entregue ao mercado da construção.

Figura 21 – Distribuição granulométrica - agregado natural



Fonte: AUTORA (2025)

Figura 22 – Distribuição granulométrica - RCC



Fonte: AUTORA (2025)

#### 4.1 CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA

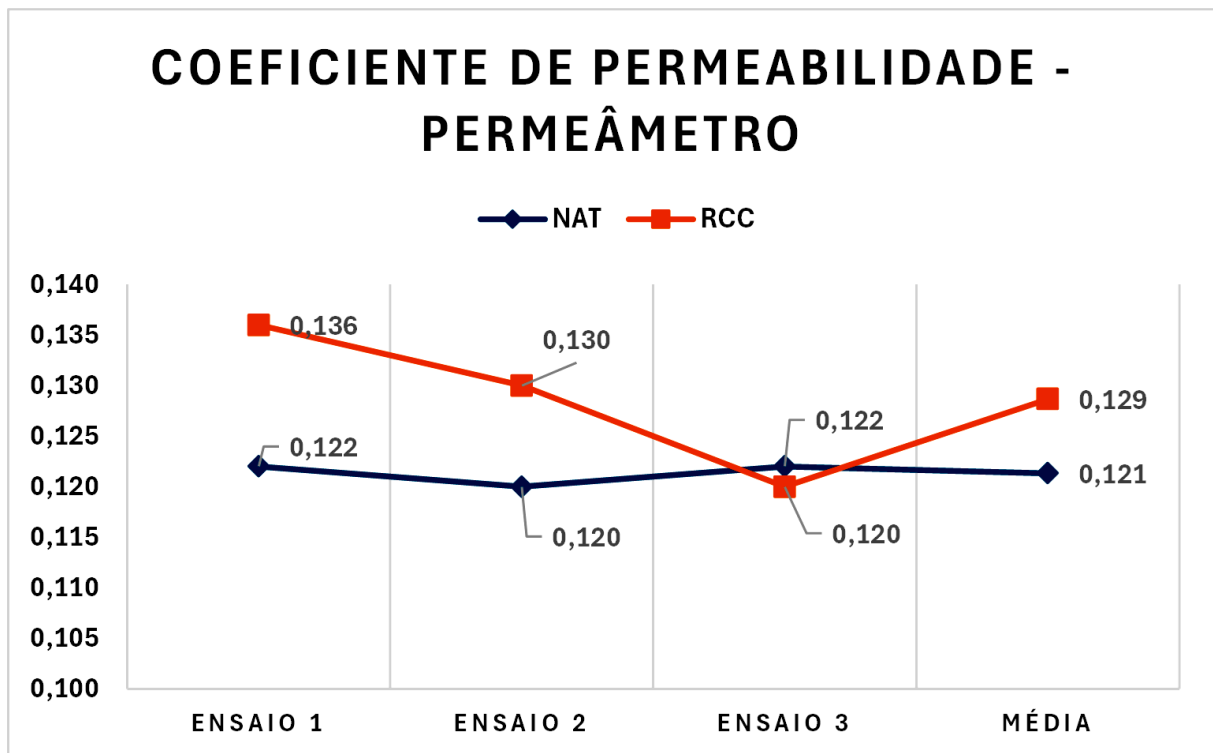
No teste realizado no IFSUL Pelotas, os resultados são apresentados no quadro abaixo:

Quadro 3 – Coeficiente de permeabilidade em permeâmetro adaptado Agregado Natural (NAT)

Coeficiente permeabilidade		
	NAT	RCC
CP1	0,122	0,136
CP2	0,120	0,130
CP3	0,122	0,120
<b>média</b>	<b>0,121</b>	<b>0,129</b>

Fonte: AUTORA (2025).

Gráfico 1 - Coeficientes de permeabilidade em permeâmetro adaptado.



Fonte: AUTORA (2024).

Este resultado corrobora o estudo de Alencar (2013), que determinou que a média dos valores encontrados para os cinco primeiros CPs foi de  $5,74E-03$  cm/s. Esse valor representa o coeficiente de permeabilidade médio para o piso produzido com agregados reciclados. Por outro lado, o piso produzido com agregados naturais apresentou um valor médio de  $5,72E-03$  cm/s. Observa-se, portanto, que ambos os tipos de piso se comportam de maneira semelhante em relação à permeabilidade.

Quadro 4 – Coeficiente de Permeabilidade

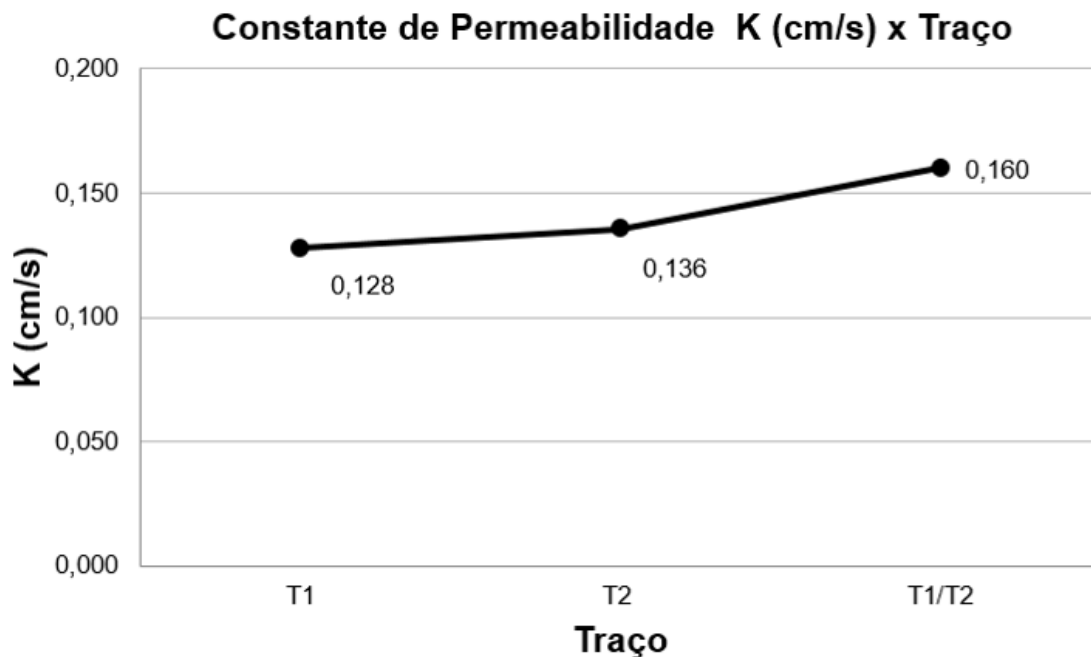
Corpos-de-prova	Coeficiente de permeabilidade médio (cm/s)
1	5,10E-03
2	6,10E-03
3	5,20E-03
4	6,60E-03
5	5,70E-03
6	5,60E-03
7	5,30E-03
8	4,80E-03
9	6,10E-03
10	6,80E-03

Fonte: Alencar (2013)

Verifica-se, no ensaio realizado no permeâmetro, que os concretos RCC apresentam comportamento semelhante aos concretos NAT em relação à permeabilidade.

Por outro lado, Neutzling, Duart e Hlenka (2023) determinaram a permeabilidade de concretos compostos por misturas de agregados reciclados e agregados naturais na produção de concretos permeáveis, alcançando os resultados apresentados no gráfico 2 abaixo.

Gráfico 2 – Coeficiente permeabilidade (K)



Fonte: Neutzling, Duart e Hlenka (2023)

Tais autores pesquisaram o uso de agregados reciclados de origem da construção civil baseado em restos de concreto de elementos estruturais e desconstrução de paredes de alvenaria. Nesta condição conforme demonstra a figura o traço T1/T2 (50% brita natural e 50% brita reciclada) foram os mais permáveis se comparado ao traço referência T1 (somente brita natural). Neste estudo não foram testadas placas pela precipitação e o escoamento se deu apenas pelo permeâmetro.

Explica-se o aumento discreto da permeabilidade pela complexidade de empacotar as partículas dos agregados reciclados que prioritariamente tem formatos irregulares e angulares restando maior espaço vazios que permitem a água permear de forma mais livre. Tal explicação foi bem explorada por Neutzling, Duart e Hlenka (2023).

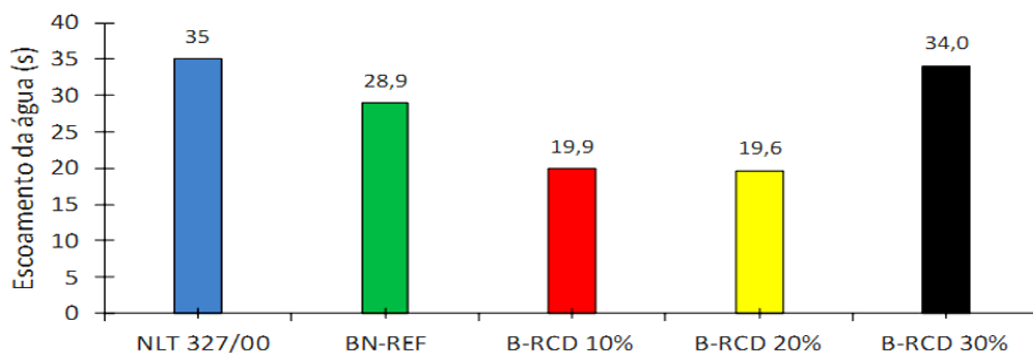
Gráfico 3 - Permeabilidade por precipitação (escoamento no tempo padronizado)



Fonte: AUTORA (2024).

O mesmo resultado foi apontado por Ximenes et al (2024) que determinou que concretos produzidos com misturas de agregados reciclados de diferentes origens no teor de 30% de substituição aos agregados naturais (B-RCD 30%) apresentam praticamente tempo de escoamento (34%) quando comparados ao material de referência (BN-REF.) que apresentou escoamento em 28,9 s. Este autor determinou que ao aumentar o percentual de agregado reciclado de 10 para 30% o tempo aumentou praticamente 5 s.

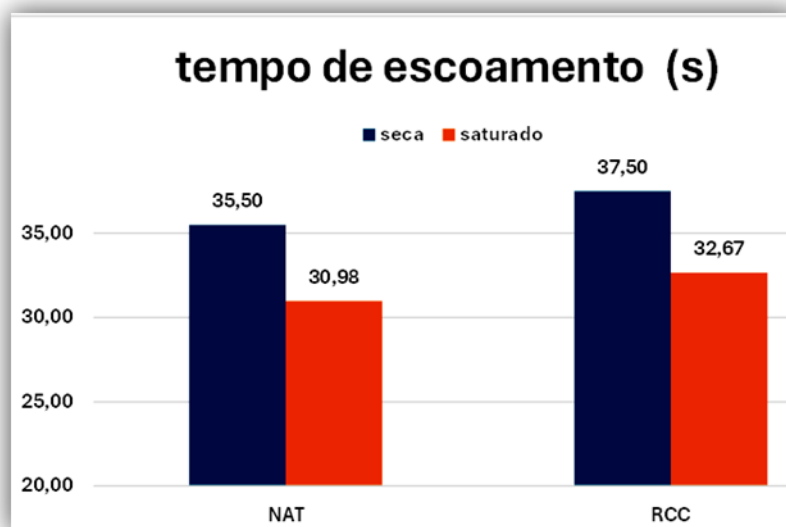
Gráfico 4 – Tempo de escoamento



Fonte: Ximenes et al (2024)

Para melhor comparação com Ximenes et al (2024) os dados do gráfico 4 foram transformados para a medição do tempo para escoamento de 1 litro de água desta forma expressa abaixo no gráfico 5, apenas o tempo de escoamento.

Gráfico 5 - Permeabilidade por precipitação x Tempo de escoamento.



Fonte: AUTORA (2025).

Verifica-se que os resultados do trabalho de Ximenes foram corroborados pelo aumento do tempo de escoamento do concreto RCD, que foi de 32,67 segundos, em comparação com o concreto de referência (NAT), que apresentou 30,98 segundos na condição saturada. Esse aumento de 1,69 segundos representa uma variação de apenas 2,8%. Tanto o trabalho de Ximenes (2024) quanto o de Alencar (2013) utilizaram agregados provenientes exclusivamente da construção civil, oriundos de empresas de reciclagem. Em particular, Alencar (2013) utilizou resíduos de concreto provenientes de corpos de prova para produzir os agregados graúdos. Nos dois estudos comparados, os processos seguiram as normas e padrões de granulometria empregados nesta pesquisa. Ximenes adotou padrões europeus, por se tratar de um estudo realizado em Portugal (Universidade do Minho), mas foi possível observar similaridades nos processos de produção, especialmente em relação às granulometrias e ao consumo de cimento. Apenas os métodos seguiram normas europeias, especificamente a NLT-327/00, que trata da permeabilidade in situ de pavimentos drenantes por meio do Permeâmetro-LCS, uma norma espanhola.

O trabalho apresentado destaca-se por utilizar agregados provenientes de pavimentos rodoviários, o que confere uma composição única e de grande relevância. Isso se deve ao fato de que nas prefeituras existem diversos serviços de manutenção de pavimentos urbanos, nos quais esse resíduo é gerado, mas não aproveitado na produção de concretos convencionais ou estruturais. O estudo enfatiza a importância de utilizar esse material de maneira sustentável, aproveitando-o de forma eficiente na construção civil.

## 4.2 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO

Conforme os dados apresentados no Quadro 5 abaixo, a média dos três corpos de prova prismáticos indicou que o concreto NAT foi o mais resistente. No entanto, o concreto RCD atendeu aos requisitos da norma NBR 16416:2015 - Pavimentos permeáveis de concreto: requisitos e procedimentos para concretos moldados in loco, que estabelece um valor mínimo de resistência de 1,0 MPa.

Quadro 5 – Resistência de tração à flexão.

Resistência à tração na flexão (Mpa)		
	NAT	RCC
<b>CP1</b>	2,01	1,20
<b>CP2</b>	2,21	1,30
<b>CP3</b>	2,15	1,17
<b>média</b>	<b>2,12</b>	<b>1,22</b>

Fonte: AUTORA (2025)

Quadro 6 - Especificações para revestimentos de acordo com o tipo de tráfego

Tipo de revestimento	Tipo de solicitação	Espessura mínima (mm)	Resistência mecânica característica (MPa)	Método de ensaio
Peça de concreto (juntas alargadas ou áreas vazadas)	Tráfego de pedestres	60.0	$\geq 35,0^a$	ABNT NBR 9781
	Tráfego leve	80.0		
Peça de concreto permeável	Tráfego de pedestres	60.0	$\geq 20,0^a$	
	Tráfego leve	80.0		
Placa de concreto permeável	Tráfego de pedestres	60.0	$\geq 2,0^b$	ABNT NBR 15805
	Tráfego leve	80.0		
Concreto permeável moldado no local	Tráfego de pedestres	60.0	$\geq 1,0^c$	ABNT NBR 12142
	Tráfego leve	100.0	$\geq 2,0^c$	

<sup>a</sup> determinação da resistência à compressão, conforme na ABNT NBR 9781.  
<sup>b</sup> determinação da resistência à flexão, conforme na ABNT NBR 15805.  
<sup>c</sup> determinação da resistência à tração na flexão, conforme na ABNT NBR 12142.

Fonte: Adaptado NBR 16416 (2015).

O ensaio seguiu a recomendação da norma NBR 12142:2010 – Concreto - Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. O resultado da redução da resistência já era esperado uma vez que se manteve a trabalhabilidade para produzir os corpos de prova e as placas e houve aumento de consumo de água ao se usar agregados reciclados para manter a trabalhabilidade. Tal aumento de consumo se deve a presença de pó no RCD e ainda as características

de porosidade formato granular são desfavoráveis aos materiais de origem de reciclagem.

O objetivo do estudo era produzir os concretos que atendessem o mínimo da norma para atender o critério de usabilidade.

A busca por garantir um consumo de água ou relação água/cimento foge do escopo do trabalho uma vez que tal demanda levaria o trabalho a uma complexidade maior e aumentaria o custo pela necessidade de trabalhar a granulometria do material, selecionar formatos, necessidade de uso de aditivos e até consumir mais cimento.

Este estudo buscou a viabilidade do uso dos materiais reciclados e então buscou-se como parâmetros o atendimento das normas e não produzir um material com desempenho melhorado.

Especialmente no caso de concretos permeáveis que não apresentam argamassa (aglomerante e areia) e sim aglomerante puro tem-se como prioritário para a permeabilidade o ajuste espacial entre os grãos das britas e a granulometria e formato destas. Aumenta ou diminuir o consumo de cimento ou de água pouco afeta esta configuração da macroestrutura dos materiais produzidos.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Considerando os requisitos de desempenho mecânico demonstrou-se que embora com redução da resistência a flexão para os concretos produzidos com material reciclado se comparados com aqueles produzidos com brita natural, o resultado foi que se garantiu os padrões mínimos de norma sem necessidade de uso de aditivos ou aumento do consumo de cimento.

No tocante a permeabilidade verificou-se que para as determinações de coeficiente de permeabilidade no permeâmetro (aparato) adaptado, os concretos produzidos com materiais reciclado apresentaram aumento discreto do coeficiente de permeabilidade e tal fato corroborou o trabalho de pesquisadores como: Alencar (2013), Ximenes (2024) e Neutzling, Duarte e Hlenka (2023).

Quando se analisou o teste de permeabilidade pela simulação de precipitação diretamente em placas o resultado foi diverso do que se esperava e as placas de concreto produzidas com agregados reciclados apresentaram menor volume passante no mesmo tempo fixado e isso levou a discreto aumento considerado desprezível de 2,8%, ou seja, os resultados podem ser considerados iguais tanto para concretos como agregados quanto com agregados naturais.

Tal resultado demonstra que embora o coeficiente de permeabilidade tenha também um aumento discreto para concretos permeáveis na passagem livre (simulação de chuva) tal resultado não foi confirmado. Tal explicação pode ser dada pelo fato de que no ensaio de permeâmetro usa-se uma carga constante e pelas dimensões do corpo de prova provoca pressão de penetração o que não acontece no teste de placa com simulação de precipitação atmosférica.

Embora o ensaio de precipitação volumétrica possa parecer mais realístico por simular o que realmente acontece durante a chuva, deve-se considerar que o ensaio com permeâmetro tem condições mais controladas e de maior confiabilidade de reprodução laboratorial e, portanto, seus resultados podem ser mais fidedignos.

Considera-se que o objetivo da pesquisa foi atingido ao poder produzir concretos com uso de materiais reciclados mistos especialmente com o uso de resíduos de pavimentos rodoviários e conseguir provar que promovem a permeabilidade e especialmente o reaproveitamento de materiais.

Ainda se focou no tema de redução de alagamentos pelo incentivo de pavimentos drenantes que podem reduzir não só a velocidade das enchentes, mas também a sua intensidade. Este tema é cada vez mais atual e necessário e deve-se buscar ao entendimento que não apenas as administrações públicas devem tentar viabilizar a permeabilidade urbana, mas também cada cidadão ou construtora devem fazer sua parte para contribuir minimamente para descargas nas ruas e meios hídricos da precipitação que incide sobre suas propriedades.

Finalmente deve-se considerar que esta pesquisa levou ao estudo de temas convergentes como sustentabilidade pelo reaproveitamento de matérias primas de origem natural e disponibilidade finita na natureza como os agregados basálticos e ainda a busca por solução sustentável para produção de pavimentos drenantes que cada vez mais são necessários para redução dos efeitos climáticos como enchentes e alagamentos.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT **NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2015, 09 p. Disponível em: <<https://www.gedweb.com.br/home/ifsc>>. Acesso em: 18 nov. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT **NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2018, 09 p. Disponível em: <<https://www.gedweb.com.br/home/ifsc>>. Acesso em: 18 nov. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16416:2015: Pavimentos permeáveis de concreto: requisitos e procedimentos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. Disponível em: <<https://www.gedweb.com.br/home/ifsc>>. Acesso em: 18 nov. 2023.

\_\_\_\_\_. **NBR 7215: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2019, 12 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2022, 22 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 13292: Solo - Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos**

granulares à carga constante. Rio de Janeiro, 2021, 13 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 14545**: Solo - Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos à carga variável. Rio de Janeiro, 2021, 16 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15287**: Informação e documentação — Projeto de pesquisa — Apresentação. Rio de Janeiro, 2011, 08 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 16697**: Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro, 2018, 12 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 17054**: Agregados - Determinação da composição granulométrica - método de ensaio. Rio de Janeiro, 2022, 05 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 16972**: Agregados - Determinação da massa unitária e do índice de vazios. Rio de Janeiro, 2021, 06 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 12142** - Concreto — Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro, 2010. XX p.

BRASIL. **Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012**. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 11 abr. 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm). Acesso em: 07 ago. 2024.

PENA, Rodolfo F. Alves. **Enchentes**. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/enchentes.htm>. Acesso em: 4 fev. 2025.

SOUSA, Camila Amaral Silva; SILVA, Evelyn Joyce Castro da. **Resíduos Gerados na Construção Civil no Município de Goianésia-GO**. 2019. 31f. Trabalho de Conclusão de Curso – (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade Evangélica de Goianésia – Goianésia-GO, 3 dez. 2024.

ALMEIDA, F. R.; LIMA, P. R. **Pavimentos permeáveis em regiões urbanas**. In: **Metodologias ativas na educação: uma abordagem prática**, v. 9. São Paulo: AYA Editora, 2023. p. 113-127. Disponível em: <https://ayaeditora.com.br/wp-content/uploads/Livros/L135C8.pdf>. Acesso em: 7 jan.. 2024

SILVA, Kananda Santos; ANDRADE, Sérgio Júnior Rocha. **Reciclagem de resíduos sólidos na construção civil**. 2019. 102 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) — Universidade de Alfenas, Almenara, MG, 2019. Disponível em: [https://repositorio.alfaunipac.com.br/publicacoes/2019/259\\_reciclagem\\_de\\_residuos\\_solidos\\_na\\_construcao\\_civil.pdf](https://repositorio.alfaunipac.com.br/publicacoes/2019/259_reciclagem_de_residuos_solidos_na_construcao_civil.pdf). Acesso em: 6 jan. 2025.

SANTOS, DV; CABRAL, AEB **Análise técnica da reciclagem de resíduos de construção em canteiro de obras**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 20, n. 3, pág. 363-383, jul./set. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/WwvypM8JqHNMXRBDsvJd5dS/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 10 jan. 2025.

GOMES, CL **Concretos com agregados reciclados de resíduos de construção e**

**demolição e adições minerais.** Revista Matéria, Rio de Janeiro, v. 2, pág. 1-12, abril/jun. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/CBN49DCPXbDZGq4S8L5QH6y/?lang=pt> . Acesso em: 7 dez. 2024.

NEUTZLING, M.; DUART, J.; HLENKA, P. **Uso de agregado basáltico reciclado em pavimentos drenantes moldados in loco.** In: **Metodologias ativas na educação: uma abordagem prática**, v. 9. São Paulo: AYA Editora, 2023. Disponível em: <https://ayaeditora.com.br/livros/L511.pdf>. p. 293-310. Acesso em: 20 dez. 2024.

ZAPPE, Naiara de Lima. **Gerenciamento de resíduos da construção civil em obras de pequeno e médio porte: desafios e possibilidades.** 2023. Número de folhas 21. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Câmpus Criciúma, Criciúma, 2023.

BATEZINI, Rafael. **Estudo preliminar de concretos permeáveis como revestimento de pavimentos para áreas de veículos leves.** 2013. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: . Acesso em: 8 agosto 2024.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, NO 307, 5/07/2002. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.**

PEREIRA, Katucha Kamilla Marques. **Gerenciamento de resíduos na construção civil.** 2017. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/11744/1/Arquivototal.pdf>. Acesso em: 7 jan. 2025.

ACIOLI, Laura Albuquerque. **Estudo experimental de pavimentos permeáveis para o controle do escoamento superficial na fonte.** 2008. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/5843>. Acesso em: 7 jan. 2025.

VIANA, I. da S.; SILVA, F. T. M.; LEITE, A. P. C. **O gerenciamento de resíduos da construção civil: pesquisa de campo realizada em uma empresa de locações e construções.** Revista de Gestão e Secretariado, [S. l.], v. 15, n. 10, p. e4243, 2024. Disponível em: <https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/4243> . Acesso em: 7 fev. 2025.

PINTO, L. L. C. A. **O desenvolvimento de Pavimentos Permeáveis como Medida Mitigatória da Impermeabilização do Solo Urbano.** 2011. 256p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

ABREUPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021** . ABRELPE, Publicação: Dezembro de 2021, disponível em: <https://abrelpe.org.br/> Acesso em: 23

maio 2024.

DUART, M. A. **Concreto de cimento Portland** [livro eletrônico]: materiais, princípios básicos e controle tecnológico. 1. ed. 2020.

ARRUDA, Matheus Costa. **A gestão de resíduos sólidos da construção civil no Distrito Federal**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Gestão Ambiental)—Universidade de Brasília, Planaltina-DF, 2015. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/13769>. Acesso em: 10 nov. 2024.

SILVA, J. S.; RANIERI, V. E. L. **O mecanismo de compensação de reserva legal e suas implicações econômicas e ambientais**. Ambiente & Sociedade, Campinas. v. 17, n. 1, p. 115-132, 2014.

VIEIRA, Cesar Brito Marçal; MORAES, Iago Jorge Albuquerque de. **Impactos ambientais da construção civil: análise da gestão de resíduos sólidos em uma obra na região de Bragança Paulista**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade São Francisco, Itatiba, 2020. Disponível em: <https://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/3572.pdf>. Acesso em: 5 out. 2024.

STRIEDER, H. L. **Estudo do uso de agregados de concreto reciclado em concreto permeável para pavimentos**. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura, UFRGS, Porto Alegre.

GEOTEC DEMOLIÇÕES. **Reciclagem na construção e demolição: renove e reutilize**. Geotec Demolições, 2023. Disponível em: <https://geotecdemolicoes.com.br/reciclagem-na-construcao-e-demolicao-renove-e-reutilize/#:~:text=A%20reciclagem%20desempenha%20um%20papel,respons%C3%A1vel%20na%20constru%C3%A7%C3%A3o%20e%20demoli%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 11 jan. 2025.

VIDAL, Almir dos Santos. **Caracterização de concreto permeável produzido com resíduos de construção e demolição para utilização em pavimentação permeável em ambiente urbano**. Rio de Janeiro, 2014. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

XIMENES, J.M.C.B. et al. **Propriedades de betão drenante em misturas com agregados reciclados**. Engenharia Civil UM, n. 67, p. 43-55, 2024.