

**CARACTERIZAÇÃO E COMPARAÇÃO ENTRE AGREGADO GRAÚDO
CONVENCIONAL E DE RCD PARA APLICAÇÃO EM CONCRETO
PERMEÁVEL**

**ALUNO: TIAGO APOLINÁRIO DE LIMA
ORIENTADOR: BACUS OLIVEIRA NAHIME**

RIO VERDE, 2025

CARACTERIZAÇÃO E COMPARAÇÃO ENTRE AGREGADO GRAÚDO CONVENCIONAL E DE RCD PARA APLICAÇÃO EM CONCRETO PERMEÁVEL

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil do Instituto Federal Goiano – IF Goiano.

Professor Orientador: Bacus Oliveira Nahime

RIO VERDE, 2025

Apolinário de Lima, Tiago

Cutter Caracterização e comparação entre agregado graúdo convencional e de RCD para aplicação em concreto permeável / Tiago Apolinário de Lima. – Rio Verde. – 2025.
23f. : il.

Artigo (Graduação) – Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde, 2025.

Orientador: Dr. Bacus Oliveira Nahime.

Bibliografia

1. Resíduo de construção civil. 2. Agregado reciclado. 3. Concreto permeável. 4. Resistência mecânica I. Título. II. Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde.

CDD

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Tiago Apolinário de Lima

Matrícula: 2020102200840115

Título do Trabalho: Caracterização e comparação entre agregado gráudo convencional e de RCD para aplicação em concreto permeável

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 04/09/2025

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Documento assinado digitalmente
 TIAGO APOLINARIO DE LIMA
Data: 04/09/2025 16:12:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Rio Verde, 04/09/2025.
Local Data

Ciente e de acordo: _____
Assinatura do /a

Documento assinado digitalmente
 BACUS DE OLIVEIRA NAHIME
Data: 05/09/2025 09:41:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Autorais

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 67/2025 - GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao(s) **vinte oito** dia(s) do mês de agosto de 2025, às 17:30 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Dr. Bacus de Oliveira Nahime (orientador), Dr. Michell Macedo Alves (membro), Dr. Jorge Luis Akasaki (membro externo), para examinar o Trabalho de Curso intitulado “Caracterização e comparação entre agregado graúdo convencional e de resíduo da construção e demolição (RCD) para aplicação como concreto permeável” do(a) estudante Tiago Apolinário de Lima, Matrícula nº 2020102200840115 do Curso de Engenharia Civil do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao(a) estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do(a) candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela **APROVAÇÃO** do(a) estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Dr. Bacus de Oliveira Nahime
Orientador(a)

(Assinado Eletronicamente)

Dr. Michell Macedo Alves
Membro

(Assinado Eletronicamente)

Dr. Jorge Luis Akasaki
Membro Externo ***

Observação: * O Orientador assinara SUAP pelo membro externo, diante da sua aprovação e anuência.**

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Bacus de Oliveira Nahime**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 29/08/2025 15:31:25.
- **Michell Macedo Alves**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 29/08/2025 15:41:01.
- **Jorge Luís Akasaki**, Jorge Luís Akasaki - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal Goiano (1) , em 29/08/2025 16:21:29.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 15/03/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 687223

Código de Autenticação: 17c87957e7



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3624-1000

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, por nos conduzir a este momento, e pelo cuidado para conosco.

A meus pais, que tanto batalharam para que eu pudesse me formar e tornar um cidadão de bem.

Ao meu amigo Luis Medina, por toda ajuda e empenho para que este trabalho pudesse ser concluído.

A minha noiva Abgayl, por estar comigo todo este tempo, até nos momentos difíceis.

Muitos são os planos no coração do homem, mas o que prevalece é o propósito do Senhor. Provérbios 19:21

RESUMO

A utilização de resíduos de construção e demolição (RCD) surge como alternativa sustentável para reduzir impactos ambientais e preservar recursos naturais na construção civil. Este trabalho avaliou o desempenho e o comportamento do RCD como substituto do agregado graúdo natural em concretos, utilizando o concreto permeável como base de análise. Foram produzidos três traços: referência (Cr), com 40% (C40) e com 100% (C100) de RCD. Os ensaios realizados incluíram resistência à compressão, tração diametral, permeabilidade e propriedades físicas. O C40 apresentou os melhores resultados mecânicos, enquanto o C100 mostrou maior permeabilidade. Todos os traços atenderam às exigências mínimas normativas para concretos permeáveis em tráfego de pedestres. Os resultados confirmam o potencial técnico do RCD para aplicação em concretos, evidenciando sua viabilidade como material alternativo e sustentável para a engenharia civil.

Palavras-chave: Resíduo de construção civil; Agregado reciclado; Concreto permeável; Resistência mecânica

SUMÁRIO DE FIGURAS

Figura 1 – Amostra RCC.....	9
Figura 2 – Amostra brita 1	10
Figura 3 – Curva granulométrica RCD.....	13
Figura 4 – Curva granulométrica do agregado convencional.....	13
Figura 5 – Curva granulométrica da mistura dos agregados.....	14
Figura 6 – Resistência à compressão.....	16
Figura 7 – Resistência à tração por compressão diametral.....	17
Figura 8 – Índice de vazios x Massa Específica Real.....	19
Figura 9 – Absorção x Índice de vazios.....	20
Figura 10 – Permeabilidade x Massa Específica Real.....	21

SUMÁRIO DE TABELAS

Tabela 1 – Dosagem.....	11
Tabela 2 – Propriedades dos agregados.....	12
Tabela 3 – Resistência à compressão.....	15
Tabela 4 – Resistência à tração por compressão diametral.....	17
Tabela 5 – Propriedades físicas dos concretos.....	18

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. MATERIAIS E MÉTODOS	9
2.1 Agregados.....	9
2.2 Ensaios nos agregados.....	10
2.3 Ensaios no Concreto.....	10
2.4 Dosagem e mistura.....	11
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	12
3.1 Agregados.....	12
3.2 Concreto.....	14
4. CONCLUSÕES	21
5. REFERÊNCIAS	22

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil gera grandes volumes de resíduos (PAULINO et al., 2023) e demanda significativa de recursos naturais, como areia e brita, que são limitados. Esse cenário reforça a necessidade de alternativas sustentáveis para o setor (STRIEDER, 2021).

Uma das soluções estudadas é o uso de resíduos de construção e demolição (RCD) como agregados no concreto. O Brasil gera cerca de 100 milhões de toneladas de RCD por ano (PAULINO et al., 2023) e municípios como Rio Verde – GO chegam a 180 toneladas diárias (PREFEITURA MUNICIPAL, 2022). A substituição do agregado graúdo convencional pelo RCD apresenta potencial técnico e ambiental (NAGALLI, 2017).

Paralelamente ao emprego de materiais sustentáveis, é possível adotar soluções igualmente voltadas à sustentabilidade (PALII et al., 2024), favorecendo o desenvolvimento de novos materiais e aplicações no âmbito da engenharia de materiais. Nesse contexto, os resíduos provenientes da construção civil podem ser aproveitados na produção de concretos permeáveis (VIEIRA et al., 2020).

O concreto permeável (escolhido para observação direta da interferência dos agregados) caracteriza-se por sua elevada porosidade, permitindo o escoamento de água e contribuindo para uma drenagem urbana sustentável (BALBO, 2020). É aplicado em calçadas, estacionamentos e áreas drenantes, sendo regulamentado pela NBR 16416.

O objetivo deste trabalho é caracterizar e comparar a interferência da substituição do agregado convencional pelo agregado reciclado nas propriedades mecânicas, físicas e hidráulica em concretos permeáveis. Justifica-se tal estudo pela relevância da reutilização de resíduos de construção e demolição, que, além de reduzir impactos ambientais como poluição e degradação, também é uma alternativa economicamente viável e sustentável para a indústria da construção (NAGALLI, 2017).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Agregados

O agregado graúdo utilizado para o estudo foi obtido pelo processo de triagem feito pela Prefeitura de Rio Verde – GO, regulamentado pela Resolução nº 307 do CONAMA (2002), que classifica os resíduos de construção e demolição como Classe A. A NBR 15116 também estabelece critérios técnicos, como absorção de água e granulometria, para a classificação de agregados reciclados. Para este estudo, foram selecionadas as frações de brita 0 e brita 1 (diâmetro mínimo e máximo entre 2,36mm e 19mm, respectivamente) misturadas, por serem as mais comuns na produção de concretos permeáveis (STRIEDER, 2021).

Visualmente, o agregado reciclado evidenciou uma composição heterogênea (NAGALLI, 2017), incluindo fragmentos de concreto, argamassa, brita, tijolos e revestimentos cerâmicos, além de finos gerados no próprio processo de reciclagem (Figura 1).



Figura 1. Amostra RCC

Fonte: Arquivo Pessoal

O agregado graúdo convencional é uma brita 1 (diâmetro mínimo e máximo entre 2,36mm e 19mm, respectivamente) que pertence ao Laboratório de Materiais de Construção Civil do IF Goiano – Campus Rio Verde (Figura 2).



Figura 2. Amostra brita 1

Fonte: Arquivo Pessoal

2.2 Ensaios nos agregados

Os ensaios conduzidos tiveram como objetivo caracterizar fisicamente os agregados, permitindo definir dosagens adequadas e comparar o desempenho entre materiais reciclados e convencionais (PALII et al., 2024). Essa caracterização é essencial para garantir a qualidade do concreto, sobretudo em relação à resistência e permeabilidade (VIEIRA et al., 2020).

As amostras foram preparadas segundo a NBR 16915, e os ensaios incluíram: determinação da massa específica (NBR NM 53), fundamental para avaliar a relação água/cimento (STRIEDER, 2021); massa unitária (NBR NM 45), utilizada no controle da densidade e do índice de vazios (LIMA et al., 2022); e análise granulométrica (NBR NM 248), que verifica a distribuição de partículas e influencia diretamente a compactidade e o desempenho mecânico do concreto (PALII et al., 2024).

2.3 Ensaios no concreto

Para a caracterização física, mecânica e hidráulica, foram moldados corpos de prova cilíndricos de 10 × 20 cm, conforme a NBR 5738, produzindo dez unidades para cada traço. A cura foi feita através de imersão total em água, assegurando as condições adequadas de hidratação, tendo os ensaios ocorrido aos 7 e 28 dias após a moldagem.

A resistência à compressão axial foi avaliada segundo a NBR 5739, sendo essa a principal propriedade do concreto (STRIEDER, 2021). Já a resistência à

tração foi determinada pelo ensaio de compressão diametral, de acordo com a NBR 7222, importante para avaliar e atender aos requisitos mínimos para concretos permeáveis estabelecidos pela NBR 16416 (BALBO, 2020).

A caracterização física do concreto seguiu a NBR 9778, que define os métodos para determinar massa específica, absorção de água e índice de vazios, parâmetros fundamentais para relacionar porosidade e densidade com desempenho mecânico e hidráulico (LIMA et al., 2022). Por fim, a permeabilidade foi determinada segundo a NBR 13292, conforme orienta a NBR 16416, garantindo a verificação do coeficiente mínimo de 10^{-3} m/s exigido para concretos permeáveis (BALBO, 2020).

2.4 Dosagem e mistura

Os traços utilizados (Tabela 1) foram elaborados com base na metodologia de Vieira et al. (2024), que aplicaram uma dosagem de referência de concreto permeável, utilizando diferentes relações de agregado convencional/reciclado. O diferencial foi a inclusão de um traço com 100% de substituição do agregado graúdo pelo RCD, visando a avaliar integralmente seu desempenho. Assim, foram definidos três traços: Cr (referência), C40 (40% de RCD) e C100 (100% de RCD).

Tabela 1. Dosagem

Amostras	Cimento (kg/m ³)	Agregado Convencional (kg/m ³)	Agregado Reciclado (kg/m ³)	w/c
Cr	374,8	1.499,20	–	0,3
C40	374,80	899,52	599,68	0,36
C100	374,80	0	1499,2	0,40

Fonte: Autoria Própria

Devido à maior absorção do RCD (NAGALLI, 2017; ANGULO; ULSEN, 2017), foi necessário ajustar a quantidade de água, preservando a proporção ideal para garantir uma mistura coesa e com desempenho adequado (LIMA et al., 2022), como recomendado por Strieder (2021), sendo que a relação água/cimento ideal para concreto permeável sem aditivos fica entre 0,27 e 0,40.

Foi utilizado o cimento Portland CPV-ARI, da marca CIPLAN, conforme a NBR 16697, indicado para concretos de alta resistência.

O processo de mistura seguiu a metodologia de Vieira et al. (2024), consistindo na pré-mistura dos agregados com 5% do cimento por 30 segundos, seguida da adição do restante do cimento com rotação contínua por 3 minutos. Posteriormente, a água foi incorporada gradualmente, mantendo a mistura por mais 3 minutos, antes de um repouso de 2 minutos e nova homogeneização por mais 3 minutos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Agregados

Os resultados foram compatíveis com a literatura (VIEIRA et al., 2024; NAGALLI, 2017) (Tabela 2), destacando-se a massa específica aproximadamente 5% inferior à do agregado convencional (PALII et al., 2024) e reduções de 24% e 20% nas massas unitárias solta e compactada, respectivamente, evidenciando maior porosidade e menor densidade (LIMA et al., 2022; STRIEDER, 2021; NAGALLI, 2017; ANGULO; ULSEN, 2017), condições que favorecem a permeabilidade, mas podem reduzir a resistência mecânica do concreto (VIEIRA et al., 2020).

Tabela 2. Propriedades dos agregados

Propriedade	RCD	Agregado Convencional
Massa Específica Real (g/cm ³)	2,52	2,66
Absorção (%)	7,15	2,02
Massa Unitária Solta (kg/m ³)	1356,74	1803,45
Massa Unitária Compactada (kg/m ³)	1582,39	1980,37

Fonte: Autoria Própria

A absorção de água do RCD foi cerca de 5 pontos percentuais superior à do agregado convencional, valor menor que Vieira et al. (2024) encontraram (aproximadamente 6 pontos percentuais). Strieder (2021) e Palii et al. (2024) apontam que a absorção do RCD varia entre 3,52% e 8,7%, podendo ultrapassar

10%, como demonstrado em Lima et al. (2022), que foi de 11,24%, por exemplo, dependendo do tipo de RCD. Já na análise granulométrica, verificou-se que ambos os agregados não atenderam plenamente à NBR NM 248, reforçando a necessidade de controle granulométrico (PALII et al., 2024) (Figuras 3 e 4).

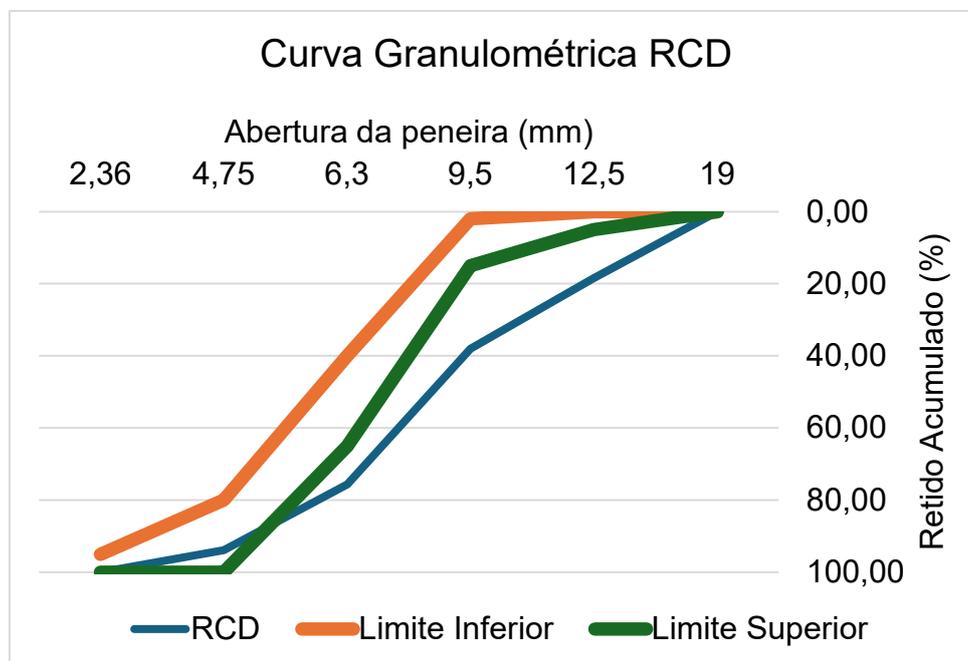


Figura 3. Curva granulométrica RCD

Fonte: Autoria Própria

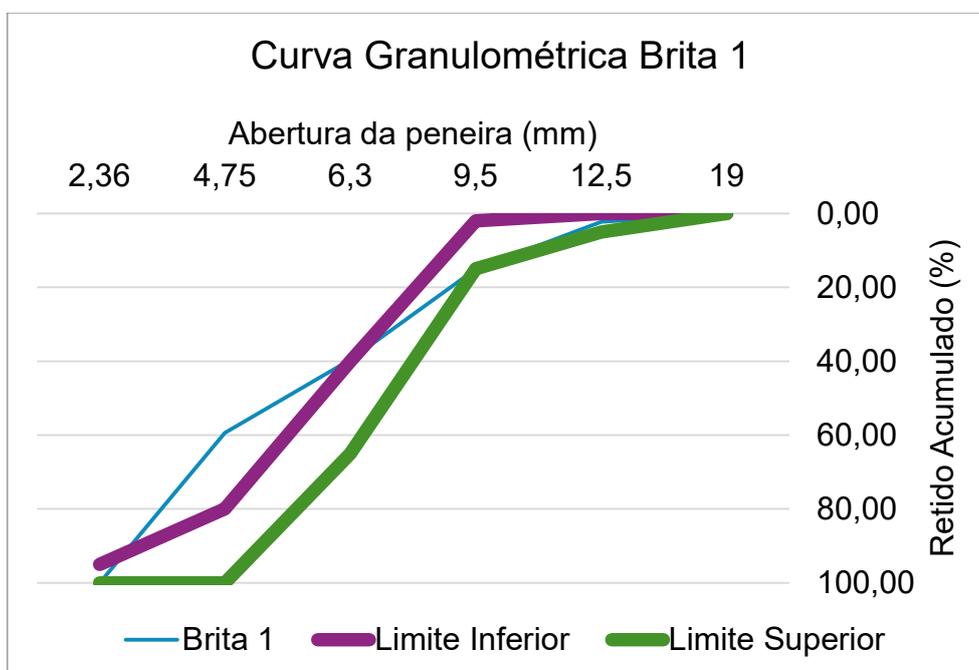


Figura 4. Curva Granulométrica agregado convencional

Fonte: Autoria Própria

Ambos os materiais registraram um diâmetro máximo de 19 mm. O módulo de finura do RCD foi de 2,31, próximo ao descrito por Santos et al. (2024), enquanto o módulo do agregado convencional apresentou um valor menor, 1,74.

A mistura utilizada, composta por 60% de agregado convencional e 40% de RCD, resultou em uma curva granulométrica intermediária (Figura 5).

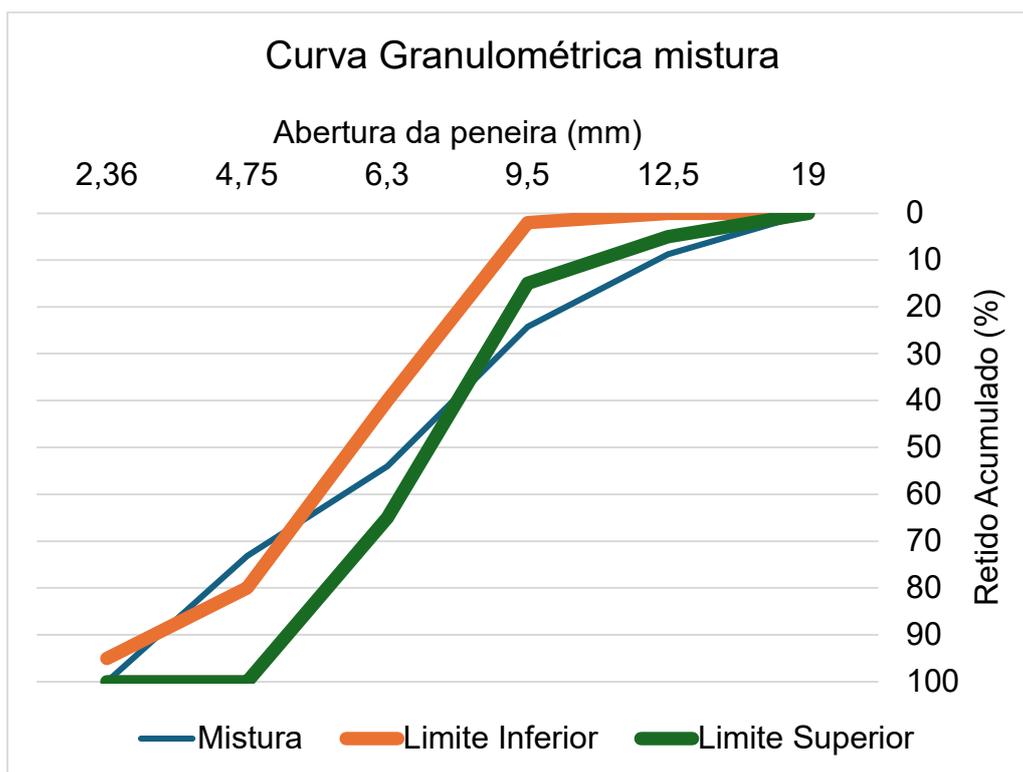


Figura 5. Curva Granulométrica da mistura dos agregados

Fonte: Autoria Própria

3.2 Concreto

O concreto de referência apresentou resistência à compressão próxima à do concreto C100, cerca de 10% menor (Tabela 3), ficando ambos equiparados. Isto também pode ser observado em Strieder (2021), que constatou uma diferença de aproximadamente 20%, tendo sido o concreto com agregado convencional superior. Esse desempenho evidencia o potencial técnico e sustentável da substituição total do agregado graúdo natural pelo reciclado quando suas propriedades são potencializadas pela dosagem (STRIEDER, 2021).

Tabela 3. Resistência à compressão

Traço	7 dias (MPa)	28 dias (MPa)
Cr	4,58	6,16
C40	10,14	12,39
C100	5,63	6,88

Fonte: Autoria Própria

A mistura com 40% de agregado reciclado (C40) registrou o melhor desempenho entre os traços avaliados, tanto aos 7 quanto aos 28 dias, resultado associado principalmente à granulometria equilibrada que favoreceu a compactação e a eficiência interna do concreto (STRIEDER, 2021). Este valor foi maior quando comparado com Vieira et al. (2024), que utilizaram 40% de RCD (8,24 MPa), porém permanecendo menor que o concreto de referência de Vieira et al. (2024) e de Santos et al. (2024).

Além do bom desempenho mecânico, o C40 mostra-se uma alternativa sustentável e economicamente viável, pois reduz o consumo de recursos naturais e o descarte de resíduos (ANGULO; ULSEN, 2017), mantendo-se adequado para aplicações que exigem maior resistência (Figura 6). Desta forma, os três traços estão dentro da média estipulada pela bibliografia para concretos permeáveis, que variam de 3 a 28 Mpa (STRIEDER, 2021; LIMA et al., 2022).

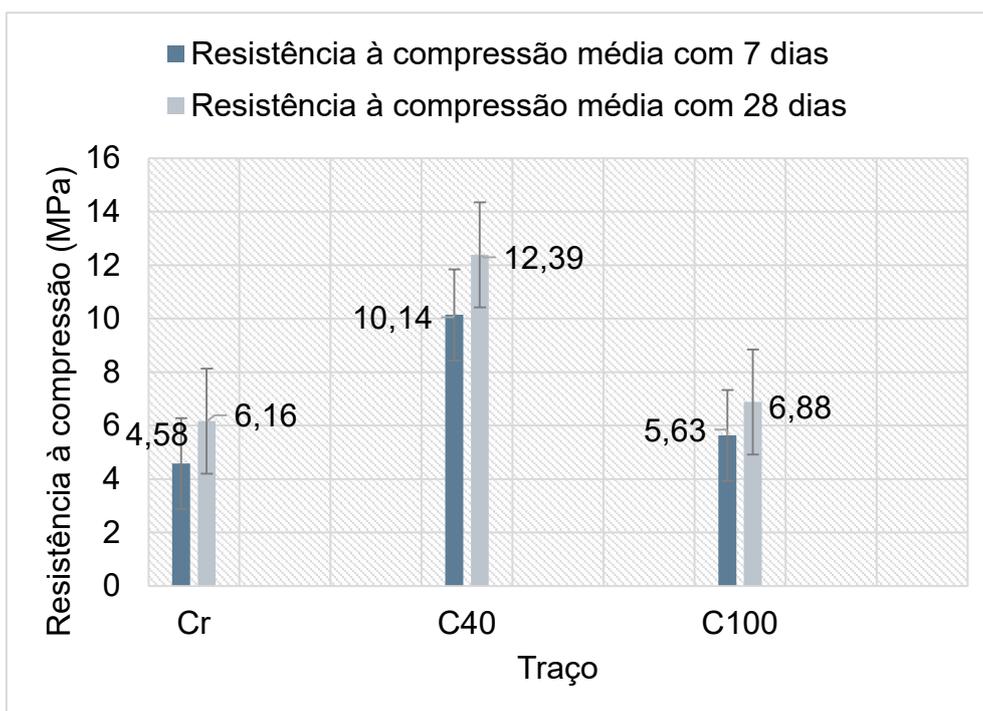


Figura 6. Resistência à compressão

Fonte: Autoria Própria

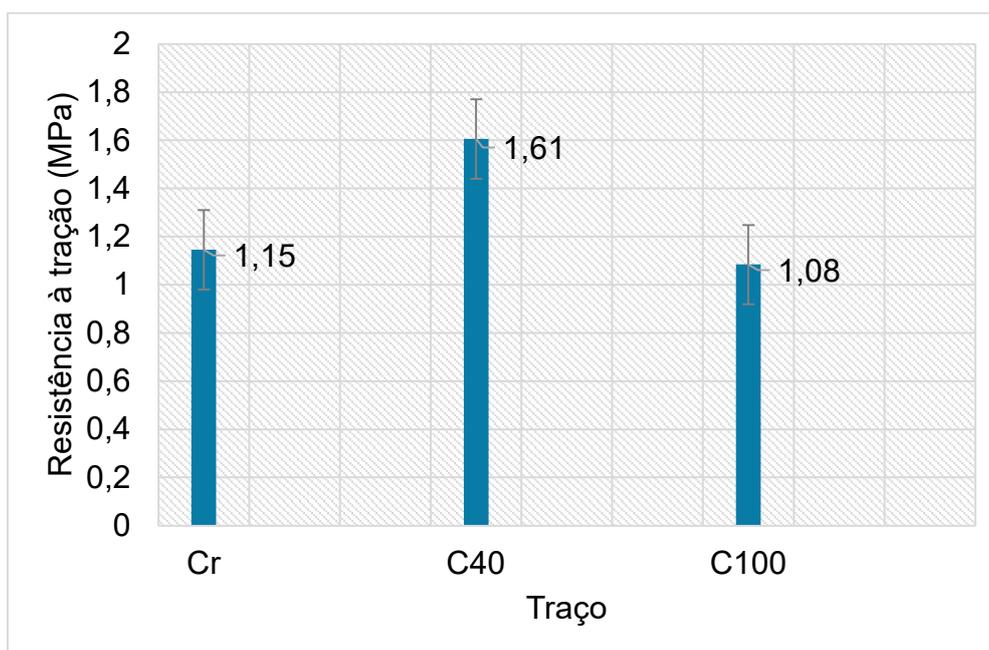
Os traços com RCD registraram resistência à compressão superior ao concreto de referência, resultado atribuído à alteração na dosagem (STRIEDER, 2021). Ajustes na dosagem são, portanto, fundamentais para adaptar o uso de agregados reciclados, evidenciando que, com correções adequadas, concretos com substituição parcial ou total do agregado graúdo pelo RCD apresentam desempenho satisfatório (STRIEDER, 2021; VIEIRA et al., 2024).

Todos os traços atingiram a resistência mínima à tração exigida pela NBR 16416 (1 MPa) aos 28 dias para tráfego de pedestres (VIEIRA et al., 2024). O traço C40 teve o melhor desempenho, com resistência 32% superior ao C100 e 28% maior que o concreto de referência (Cr), conforme Tabela 4 e Figura 7. Este valor maior de C40 ocorreu com Vieira et al. (2024), em que o C40 também obteve resultado maior na tração, quando comparado ao concreto referência (2,13 MPa para o Cr e 2,36 MPa para o C40).

Tabela 4. Resistência à tração por compressão diametral

Traço	Resistência (MPa)	Tração/Compressão
Cr	1,15	0,19
C40	1,61	0,13
C100	1,08	0,16

Fonte: Aatoria Própria

**Figura 7.** Resistência à tração por compressão diametral

Fonte: Aatoria Própria

Apesar das diferenças nos valores absolutos de resistência à tração, a relação tração/compressão do traço Cr manteve-se idêntica e em consonância com Santos et al. (2024). O traço C40 também se destacou, reforçando os benefícios da combinação entre agregado convencional e reciclado (LIMA et al., 2022; VIEIRA et al., 2024). Esses resultados confirmam o potencial de uso do RCD no que concerne à resistência à tração por compressão diametral.

Os 3 traços atingiram o coeficiente mínimo de permeabilidade exigido pela NBR 16416 ($\geq 0,1$ cm/s), porém abaixo ao apresentado, segundo Vieira et al. (2024) e Santos et al. (2024), provavelmente em razão do menor valor de índice de vazios (STRIEDER, 2021) (Tabela 5). Os concretos C100 e C40 registraram menor massa específica em relação ao Cr, evidenciando maior leveza (ANGULO; ULSEN, 2017), além de maiores valores de absorção de água,

comportamento esperado em razão das características do RCD conforme Palii et al. (2024) verificaram que pode chegar a 11,8% com o agregado reciclado.

Quanto ao índice de vazios, os valores foram próximos entre si, assim como demonstram Vieira et al. (2024) quando observados o concreto referência e o concreto com 40% de RCD. Os três traços ficaram com o índice de vazios comum para concretos permeáveis, entre 15 e 35%, segundo Strieder (2021) e Lima et al. (2022). O C100 obteve o maior índice de vazios, possivelmente pela maior heterogeneidade do agregado reciclado (PALII et al., 2024; NAGALLI, 2017).

Tabela 5. Propriedades físicas dos concretos

Propriedade	Cr	C40	C100
Permeabilidade (cm/s)	0,110	0,116	0,182
Índice de vazios (%)	16,24	16,05	18,35
Absorção (%)	7,79	8,19	9,88
Massa específica seca (kg/m ³)	2084,34	1960,62	1858,56
Massa específica saturada (kg/m ³)	2246,77	2121,17	2042,10
Massa específica real (kg/m ³)	2488,56	2335,60	2276,36

Fonte: Autoria Própria

Os traços Cr e C40 atingiram a permeabilidade mínima exigida pela NBR 16416, porém no limite, possivelmente em razão da granulometria mais uniforme e do menor índice de vazios, que reduziram os poros (STRIEDER, 2021). Esse resultado destaca a importância do controle granulométrico em concretos permeáveis (VIEIRA et al., 2020). Já o C100 registrou equilíbrio entre resistência e permeabilidade, confirmando sua aplicabilidade prática e ambiental para concretos permeáveis (VIEIRA et al., 2020; STRIEDER, 2021; LIMA et al., 2022).

A Figura 8 indica que o aumento do teor de RCD reduz a massa específica real (STRIEDER, 2021; VIEIRA et al., 2024; LIMA et al., 2022), tornando a estrutura mais porosa e menos compacta, como constatado principalmente no traço C100.

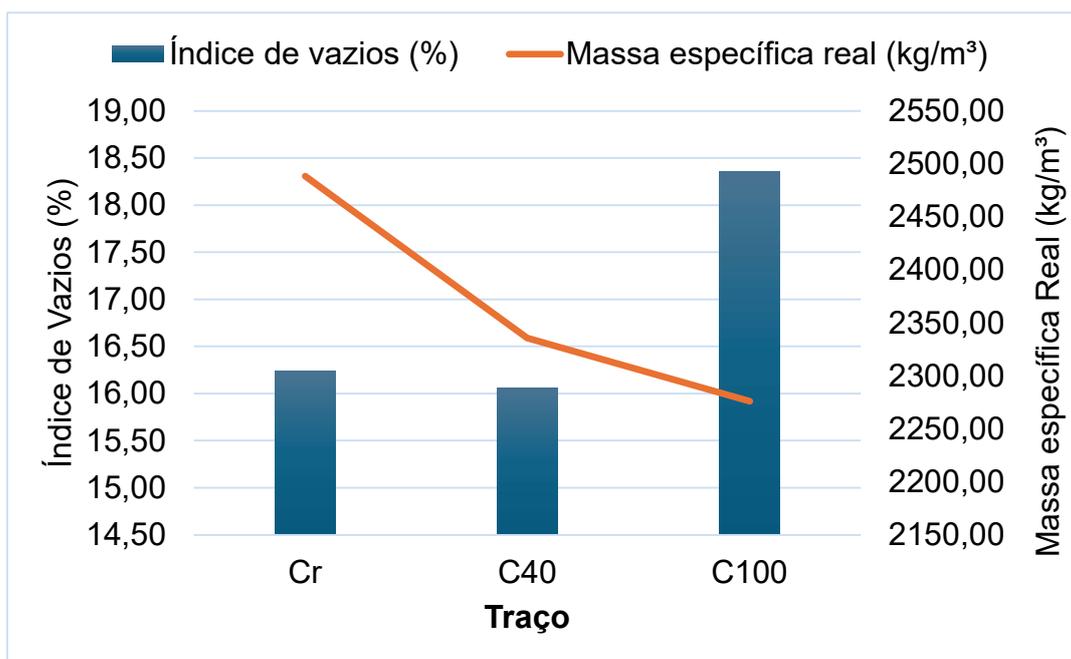


Figura 8. Índice de vazios x Massa Específica Real

Fonte: Autoria Própria

A Figura 9 mostra que o traço C100 apresentou os maiores valores de índice de vazios e absorção de água, evidenciando a elevada porosidade do concreto com 100% de agregado reciclado (STRIEDER, 2021; LIMA et al., 2022; VIEIRA et al., 2020), indicando que a substituição total do agregado natural pelo reciclado resulta em concreto mais poroso e absorvente, com possível comprometimento da resistência mecânica, mas favorecendo a permeabilidade (STRIEDER, 2021; LIMA et al., 2022; VIEIRA et al., 2020; VIEIRA et al., 2024).

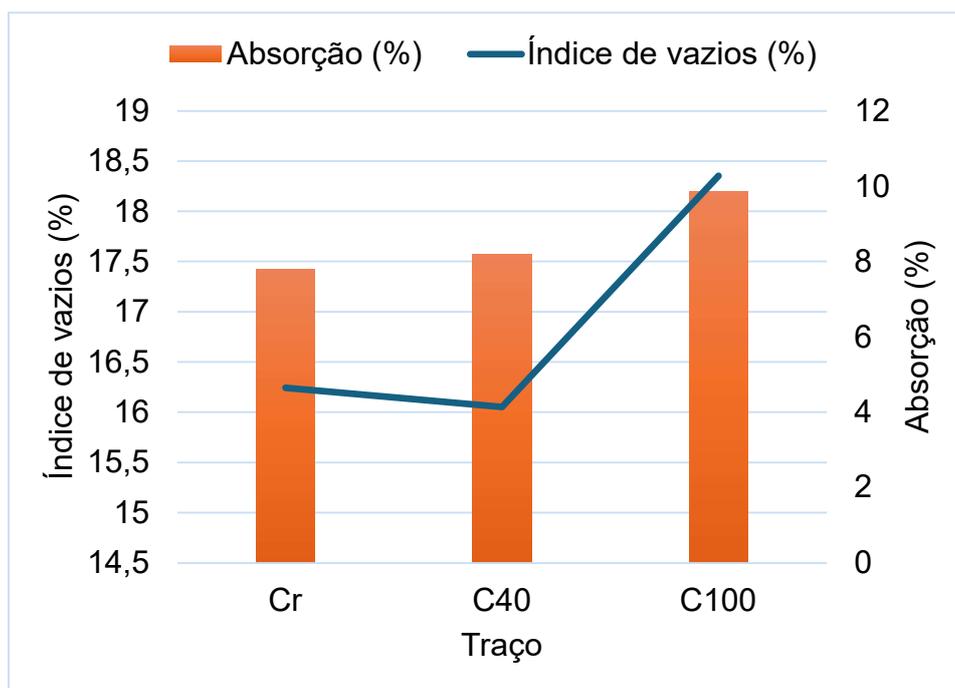


Figura 9. Absorção x Índice de vazios

Fonte: Autoria Própria

A Figura 10 mostra que, com o aumento do teor de agregado reciclado, a massa específica real diminui, enquanto a permeabilidade aumenta, indicando que a substituição por RCD gera um concreto menos denso e mais permeável (STRIEDER, 2021; LIMA et al., 2022; VIEIRA et al., 2024). Essa estrutura porosa favorece o escoamento da água, essencial para concretos permeáveis, embora possa reduzir a resistência mecânica, reforçando o potencial do C100 em aplicações que priorizem a drenagem e a sustentabilidade (STRIEDER, 2021).

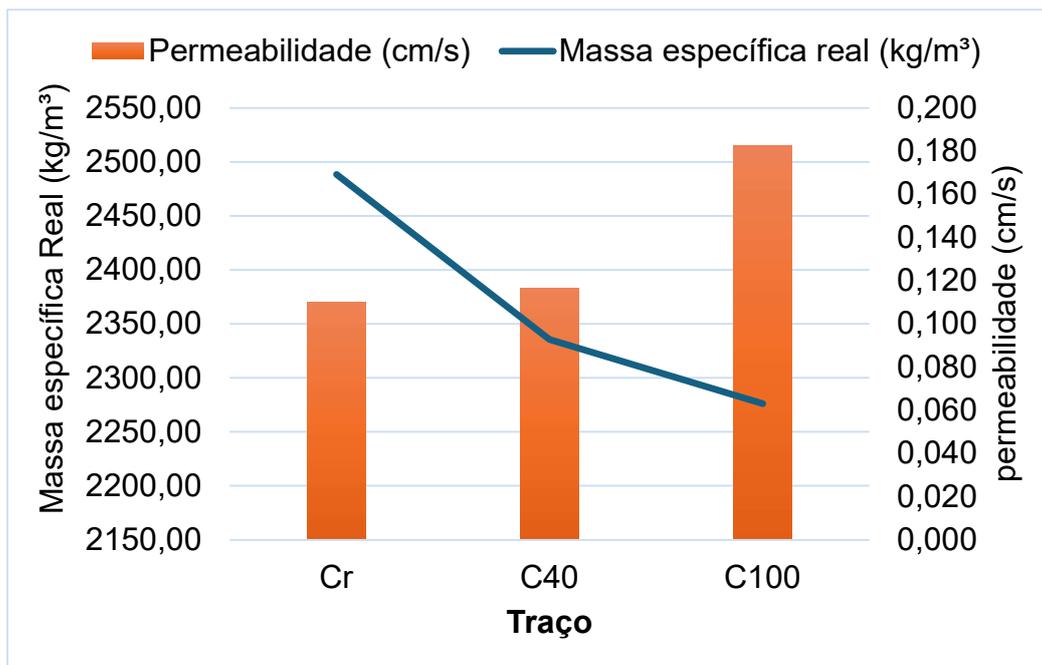


Figura 10. Permeabilidade x Massa Específica Real

Fonte: Aatoria Própria

4. CONCLUSÕES

O estudo comprovou que o agregado reciclado pode substituir ou complementar o agregado convencional para aplicação em concretos permeáveis, pois, quando comparado, o agregado reciclado apresentou resultados satisfatórios e mostrou desempenho técnico viável, atendendo aos requisitos de resistência e permeabilidade estabelecidos em norma. Foi observado que diferentes proporções de substituição podem ser aplicadas de acordo com a finalidade, permitindo priorizar resistência mecânica ou capacidade de infiltração no concreto.

Dessa forma, conclui-se que o uso do RCD em substituição ao agregado natural é uma alternativa sustentável e eficaz, que mantém a funcionalidade do concreto permeável e contribui para a redução do impacto ambiental da construção civil, além de abrir perspectivas para estudos futuros em diferentes condições de aplicação.

5. REFERÊNCIAS

PAULINO, R. S.; LAZARI, C. H.; MIRANDA, L. F. R.; VOGT, V. Atualização do cenário da reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 2008-2020. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 23, n. 3, p. 83-97, jul./set. 2023. ISSN 1678-8621. **Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212023000300677>.

STRIEDER, L. H. Estudo do uso de agregados de concreto reciclado em concreto permeável para pavimentos. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 2021.

NAGALLI, A. **Resíduos de construção civil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Oficina de Textos, 2017.

PALII, O.; SIRICO, A.; BELLETTI, B.; BERNARDI, P. Building a Sustainable Future: Database of Concrete with Recycled Aggregates from Construction and Demolition Waste. **Procedia Structural Integrity**, Volume 59, 2024, Pages 167-174, ISSN 2452-3216, <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2024.04.025>.

VIEIRA, G. L.; SCHIAVON, J. Z.; BORGES, P. M.; SILVA, S. R. da; ANDRADE, J. J. de O. influence of recycled aggregate replacement and fly ash content in performance of pervious concrete mixtures. **Journal of Cleaner Production**, Volume 271, 2020, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122665>.

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

LIMA, G. T. dos S.; ROCHA, J. C.; CHERIAF, M. Investigation of the properties of pervious concrete with a recycled aggregate designed with a new combination of admixture. **Construction and Building Materials**, Volume 340, 2022, ISSN 0950-0618, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127710>.

VIEIRA, K. P. T.; NAHIME, B. O.; LIMA, E. C.; ALVES, M. M.; FERREIRA, W. P.; SANTOS, I. S.; BEZERRA FILHO, C. P.; REIS, I. C. Influence of recycled aggregates and silica fume on the performance of pervious concrete. **Journal of**

Building Engineering, Volume 82, 2024,
<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.108347>.

ANGULO, S. C.; ULSEN, C. **Resíduos de construção e demolição: fundamentos sobre gestão e reciclagem**. São Paulo: Portal de Livros Abertos da USP, 2017.

SANTOS, I. S.; NAHIME, B. O.; AKASAKI, J. L.; LIMA, E. C.; ALVES, M. M.; REIS, I. C.; SILVA, L. A.; NETTO, A. B. Investigating the potential of incorporating concrete floor polishing sludge waste in permeable concrete. **Rev. IBRACON Estrut. Mater.**, vol. 17, no. 3, 2024, <https://doi.org/10.1590/S1983-41952024000300014>.