



CENTRO PAULA SOUZA
ETEC Vasco Antonio Venchiarutti

Curso Técnico em Edificações

Ana Beatriz Andressa Samuel da Silva
Bianca de Campos Machado
Luiza Garcia Rodrigues
Rillary Cristiny Santos Queiroz
Sara Muniz

**SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO PARA
RECICLAGEM DE AGREGADOS EM PISOS INTERTRAVADOS DE
CONCRETO**

OBJETIVO GERAL

O objetivo da pesquisa é estudar a resistência do concreto com os diferentes agregados reciclados e analisar qual pode se encaixar melhor na fabricação de lajotas para jardim.

RESUMO

O artigo apresenta uma pesquisa detalhada sobre o potencial uso dos entulhos gerados em construções e demolições na mistura de concreto, analisando como esses resíduos influenciam o comportamento e a resistência do material. A pesquisa destaca que, conforme as normas vigentes, o concreto reciclado não pode ser utilizado diretamente em edificações estruturais. No entanto, a utilização desses resíduos na fabricação de pisos intertravados surge como uma alternativa viável, promovendo a reutilização dos resíduos e gerando uma aplicação prática para eles. Esses pisos intertravados oferecem várias vantagens, incluindo a capacidade de absorver água através dos vãos entre as peças, o que contribui para a drenagem adequada e não afeta negativamente o solo. No estudo, foram testados resíduos de cerâmicas de argila e de resíduos cimentícios, que foram separados em categorias de lavados e não lavados. O objetivo foi avaliar o impacto desses materiais na resistência do concreto, substituindo os agregados graúdos em uma proporção de 50%, seguindo a formulação padrão de traço 1:2:4. Com esses testes, buscou-se entender melhor como esses materiais reciclados afetam a qualidade e a durabilidade do concreto, promovendo alternativas sustentáveis na construção civil.

Palavras-chave: Concreto, Resistência e agregado

ABSTRACT

The article presents a detailed study on the potential use of debris generated from construction and demolition in concrete mixtures, analyzing how these waste materials influence the behavior and strength of the material. The research highlights that, according to current standards, recycled concrete cannot be directly used in structural buildings. However, the use of this debris in the production of interlocking pavers emerges as a viable alternative, promoting the reuse of waste and providing a practical application for it. These interlocking pavers offer several advantages, including the ability to absorb water through the gaps between the pieces, which contributes to proper drainage and does not negatively impact the soil. In the study, clay ceramic and cementitious waste were tested, and they were separated into categories of washed and unwashed materials. The objective was to evaluate the impact of these materials on the strength of concrete, replacing coarse aggregates at a 50% ratio, following the standard 1:2:4 concrete mix formulation. Through these tests, the aim was to better understand how these recycled materials affect the quality and durability of concrete, promoting sustainable alternatives in civil construction.

Keywords: concrete, strength and aggregate

SUMÁRIO

1. Introdução	4
2. Histórico do Concreto	5
2.1 Definição.....	5
3. Elementos do Concreto.....	6
3.1 Cimento Portland	6
3.2 Agregados Graúdos.....	6
3.3 Agregados Miúdos.....	6
3.4 Água.....	6
4. Entulho	6
5. Concreto com Agregado Reciclado	8
6. Resistência.....	9
6.1 Como a Resistência é Testada	10
7. Material Pulverulento.....	10
7.1 Brita.....	11
7.2 Areia.....	11
8. Piso Intertravado para Jardim	12
8.1 Como o Concreto Reciclado Influencia na Produção do Piso Intertravado	13
8.2 Diferença Entre Concretagem e Aplicação das Peças	14
9. Ensaio de Resistência a Compressão.....	15
9.1 Materiais.....	15
9.2 Equipamentos.....	15
9.3 Procedimento.....	15
9.4 Moldagem I.....	16
9.5 Moldagem II.....	17
9.6 Moldagem III.....	18
9.7 Moldagem IV	19
10. Resultado (Tabelas).....	22
11. Conclusão	23
12. Refêrências.....	24

1. INTRODUÇÃO

É um material trabalhado de diferentes formas dentro da construção civil, como na alvenaria, fundação, acabamento, permitindo a adição de aditivos potencializando ou adquirindo propriedades para melhor performance. Feito a partir da mistura de cimento, água, brita e areia, pode variar de consistência e resistência por conta da quantidade de água adicionada. Para obter a mistura correta de todos os materiais, é utilizado o fator água/cimento (A/C) que determina o peso da água em relação ao cimento, para os outros materiais é utilizado traço ou dosagem preenchendo todo o vazio com uma boa distribuição granulométrica, pois a porosidade pode atrapalhar na resistência. Para uma melhor performance do concreto, a escolha dos agregados é essencial, pois são a maior parte e responsáveis pela resistência.

Segundo a última pesquisa Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2023, o país gerou 45 mil toneladas de resíduos de construção civil e demolição (RCD), só em 2022. (ABREMA). Uma forma de tentar reverter é utilizando o entulho em uma granulometria parecida com a da brita, como mostra este estudo, minimizando o descarte em locais inapropriados. O concreto com agregado reciclado não pode ser utilizado para fins estruturais, como indicado na ABNT NBR 15116/2021, então a alternativa encontrada para trabalhá-lo foi fazendo piso intertravado para jardim acrescentando 50% de resíduos graúdos cimentícios e cerâmicos na mistura. A norma foi revisada e os resíduos da classe A e subclasse ARCO, que significa Agregado Reciclado de Concreto, foram permitidos para fins estruturais, mas permanece em análise.

A Durabilidade do material não depende apenas dos estágios feitos de forma correta, sua vida útil também depende da qualidade dos materiais da mistura e de terceiros, como o aço. De acordo com a NBR 15.575 a vida útil dos projetos de estrutura de concreto, deve ser igual ou superior a 50 anos visando fatores que podem interferir: tipo de projeto estrutural, execução, frequência nas manutenções e o ambiente em que a estrutura está inserida. Então, as estruturas não devem apresentar nenhuma patologia nesse intervalo de tempo, mas na prática pode ocorrer diferentes falhas por conta do manuseio errado do concreto.

2. HISTÓRICO DO CONCRETO

O concreto é um dos pilares da construção civil moderna e suas raízes remontam a uma receita desenvolvida em 1756 pelo engenheiro britânico John Smeaton. Smeaton foi pioneiro na definição de concreto como uma mistura de agregado graúdo, miúdo, água e cimento, estabelecendo a base para seu uso em grandes projetos de engenharia. Suas inovações surgem da necessidade de criação de estruturas mais resistentes e rígidas, o que incentiva a era e o desenvolvimento de novos métodos e materiais na engenharia civil. Desde então, o concreto passou por muitas mudanças e melhorias, consolidando-se como um importante material na construção civil em todo o mundo. a partir da criação do engenheiro, o concreto passou por inúmeras transformações.

Com o tempo, essa mistura tornou-se cada vez mais popular na construção, impulsionado pela introdução de novos materiais e tecnologias. Estas mudanças mostram como o concreto não é apenas adaptável, mas também continuamente eficiente para atender às necessidades da construção moderna. Este progresso reflete a capacidade do material de continuar a evoluir e se adaptar aos requisitos atuais , demonstrando a sua importância contínua na indústria.

2.1 DEFINIÇÃO

O concreto, também denominado betão em algumas regiões, é amplamente reconhecido como o material mais utilizado na construção civil. Sua composição é formada pela mistura de cimento, areia (agregado miúdo), brita (agregado graúdo) e água, resultando em um material de alta resistência e durabilidade. Esses componentes, quando combinados adequadamente, promovem reações químicas, como a hidratação do cimento, que conferem ao concreto suas propriedades mecânicas essenciais, como a capacidade de suportar grandes cargas compressivas, tornando-o fundamental para a construção de estruturas de diversos portes.

3. ELEMENTOS DO CONCRETO

3.1 CIMENTO PORTLAND

Utilizado mundialmente e patenteado pelo construtor inglês Joseph Aspin, o cimento Portland é fabricado a partir da mistura e queima em alto forno de materiais, eles são argila, calcário e clínquer. Ele atua como um agente unificante, ou seja, sua função é unir todos os materiais presentes no concreto, como a areia, brita e água.

3.2 AGREGADOS GRAÚDOS

Compreende os materiais provenientes de rochas estáveis que passam pela peneira de 152mm e ficam retidos na de 4,8mm, eles são popularmente conhecidos como brita ou pedra. São primordiais na composição do concreto, sua função é oferecer disposição granulométrica, resistência, porosidade e absorção de água.

3.3 AGREGADOS MIÚDOS

Provenientes da areia de origem natural, de rochas estáveis ou a mistura de ambas, o agregado miúdo é o material que passa da peneira de 4,8mm e ficam retidos na de 0,075mm. No concreto o agregado miúdo (areia) tem como função reter água, aumentar trabalhabilidade assim como o cimento e para estruturar a mistura.

3.4 ÁGUA

Composta por dois elementos químicos 2 átomos de hidrogênio e 1 átomo de oxigênio. A água é um recurso primordial na fabricação de concreto, sua função é hidratar a mistura e consequentemente aumentar a trabalhabilidade da massa.

4 ENTULHO

Os entulhos da construção civil, nome técnico Resíduos da Construção e Demolição (RCDs), são materiais gerados através de reformas, construções e demolições, este tipo de material pode ser de madeira, cerâmica, telhas, metal, entre outros. A quantidade e tipo do material varia-se de obra para obra, levando em conta o tamanho do local, a estética do ambiente, porém grande parte desse descarte tem um potencial de serem reutilizados.

No Brasil, o manejo desses resíduos é regulamentado pela Resolução 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que através de normas, coloca em evidencia a reutilização e a maneira correta de descartar os resíduos. A lei vigora que os próprios geradores desses materiais façam o descarte corretamente e que sejam levados aos locais apropriados, como os aterros de resíduos ou as usinas de reciclagem.

Contudo, ainda é um problema significativo o descarte excessivo e incorreto de entulhos, ainda que haja muita clareza nas leis, diversas pessoas as ignoram e fazem o descarte incorreto, na beira de rios, terrenos baldios. Além de ocupar espaços públicos, esteticamente, mas também diferentes tipos de materiais podem soltar substâncias tóxicas para o solo e para as águas, os materiais podem se decompor forma inadequada, resultando em uma contaminação progressiva e perigosa, podendo contaminar ecossistemas locais, afetando a saúde humana e animal. Entretanto, não é só o solo e a água que são afetados, o ar também sofre impactos causados pela emissão de gases tóxicos, o metano por exemplo, contribui para o aquecimento global.

A saúde humana é refém de tais descartes irregularmente, podendo criar condições propícias para a propagação de doenças, como roedores e mosquitos, que são capazes de transmitir leptospirose, dengue, entre outras infecções. Consequentemente, respirar o ar deste ambiente tóxico pode causar problemas de saúde a longo prazo, câncer e doenças respiratórias.

O esgotamento de recursos naturais é inicialmente o mais afetado, uma vez que falta a reciclagem de materiais que poderiam ser utilizados novamente, fazendo com que haja esgotamento de algumas matérias primas, no entanto a fiscalização correta e falta de infraestrutura faz o Brasil ter baixa taxa de reciclagem. Grande parte dos entulhos acaba em lixões clandestinos ou aterros

sanitários, agravando a degradação ambiental e a escassez de recursos.

Entretanto, é crucial um gerenciamento adequado obras, promovendo que haja o descarte incorreto dos entulhos produzidos, almejando a sustentabilidade e favorecendo a saúde pública. Deve de ser rigorosa as leis, com o objetivo de conscientizar todos envolvidos, desde os geradores dos entulhos até as maiores autoridades, promovendo um futuro mais saudável para o país.

5 CONCRETO COM AGREGADO RECICLADO

A reciclagem de resíduos da construção civil é uma solução promissora para mitigar os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado dos RCD. Além disso, a reutilização desses materiais, conforme regulamentado pela ABNT NBR 15116, promove uma economia circular no setor da construção, diminuindo a demanda por recursos naturais e reduzindo a quantidade de resíduos enviados para aterros sanitários. Estudos recentes indicam que o uso de agregados reciclados, especialmente em concretos sem função estrutural, não apenas mantém as propriedades mecânicas desejadas, como também pode aprimorar a durabilidade do concreto. A revisão em andamento dessa norma, com o objetivo de ampliar o uso de agregados reciclados em estruturas de alta resistência, pode abrir novas possibilidades para a construção sustentável, equilibrando as demandas de desenvolvimento com a preservação ambiental.

O uso desse concreto, reduz problemas ambientais que o setor construtivo gera no meio ambiente, descartando de forma indevida os RCD (Resíduos de Construção e Demolição). Segundo Ghueths (2011), a indústria de construção civil é responsável por gerar 50% dos resíduos sólidos nos municípios. Apenas Curitiba gera cerca de 15 mil toneladas de lixo proveniente de construções, por dia.

De acordo com Buttler (2003), os resíduos de concreto se destacam entre os diversos tipos de resíduos da construção civil, apresentando um dos maiores potenciais de reutilização. Isso se deve ao fato de suas propriedades básicas, como a resistência à compressão e o tempo de cura, serem bem conhecidas, além de possuir um menor nível de contaminação por outros materiais em comparação com outros resíduos do setor. Em sua pesquisa, Buttler verificou

que o uso de uma fração de agregado graúdo reciclado não afetou a resistência à compressão e à tração do concreto. Pelo contrário, observou-se um leve aumento da resistência à compressão em relação ao concreto feito com agregados naturais. Esse comportamento pode ser atribuído ao processo de cura interna, promovido pela presença de partículas de cimento não-hidratadas no agregado reciclado.

A British Standards - 8500-2 (BS-8500-2) norma britânica, diz que é definido como agregado de concreto reciclado a mistura que contenha até 5% de materiais da alvenaria, acima disso é denominado apenas como agregado reciclado.

6 RESISTÊNCIA

Os cálculos realizados em uma estrutura são baseados no seu tamanho e variáveis, sendo uma delas a resistência do concreto estrutural. Se faz importante em todos os tipos de edificações, unida com as estruturas metálicas, conseguem mantê-las em pé por muitos anos quando feita por profissionais responsáveis.

A estrutura é submetida a um carregamento de peso, por isso o valor do Feature Compression Know (FCK) é um dado importante e será necessário em diversas etapas da obra, como no momento de cotar os preços do material, já que o valor do metro cúbico (m) de concreto varia conforme a resistência, o slump test e no uso de aditivos, até no controle da execução conforme normas da NBR, através dos resultados dos ensaios de resistência à compressão. É uma sigla inglesa que significa Feature Compression Know, traduzida para o português, indica a Resistência Característica do Concreto à Compressão. O FCK baixo pode deixar grandes riscos de apresentar fissuras e trincas, correndo o risco dos pilares e vigas não suportarem o peso da construção e, conseqüentemente, comprometerem a segurança da obra. Por outro lado, o FCK alto previne acidentes e é utilizado na construção de pontes e edifícios maiores, podendo aumentar o custo.

“Quando um projeto é elaborado de forma adequada, as prescrições da NBR 6118 são obedecidas e a obra segue as especificações de projeto, incluindo a resistência do concreto.

Mas se a obra não possui projeto estrutural e é executada com base na experiência do construtor, é muito difícil determinar suas condições de segurança”. (MONTEIRO MARCOS,

O megapascal (MPa) é a unidade de medida complementar de pressão do sistema internacional utilizada para expressar os valores da resistência (FCK), ou seja, a unidade FCK é o MPa. O "Mega" indica a potência multiplicada por 100.000 (cem mil) e a medida "pascal" é a pressão exercida por uma força de 1 newton numa área de superfície de 1 metro quadrado (m), sendo muito pequena para resistir, por isso a necessidade de utilizar o MPa. "1 MPa equivale a 10,1972 kgf/cm²". (ENGEMIX, 2023)

6.1 COMO A RESISTÊNCIA É TESTADA

Todo concreto precisa ter a resistência testada para atingir o esperado, para isso, é preciso realizar uma dosagem com uma determinada margem, só assim o concreto passa pelo teste de qualidade. Extração de testemunho, esclerometria e ensaio de ultrassom são testes prescritos por norma, cada um tem sua função específica e nem sempre todos são utilizados, o mais comum é o ensaio de compressão de corpos de prova feitos em laboratório com umidade controlada para obter resultados mais precisos. Para executar o ensaio, são feitas peças de concreto em formato cilíndrico, que são desmoldados após 24 horas de secagem e deixados em cura por 7, 14 e 28 dias.

A cura é importante para manter a concretagem hidratada, não gerar fissuras ou trincas depois de endurecida e diminuir os efeitos da evaporação prematura, consiste em jogar água na superfície concretada com frequência, evitando que fique seca, mas os laboratórios possuem um espaço dedicado a isso chamado "câmara úmida" que possui o próprio sistema de encanamento. Após o período de cura, o corpo de prova é colocado sobre a prensa simulando o movimento e peso da construção realizando o teste de pressões e chegando no valor máximo até o corpo se romper. Tem a forma de rompimento correta, na diagonal formando uma espécie de "montanha" na base.

"A resistência à compressão deve ser obtida, dividindo-se a carga da ruptura pela área da seção transversal do corpo-de-prova, devendo o resultado ser expresso com aproximação de 0,1 MPa" (NBR 5739-94). É indicado realizar a ruptura de dois corpos de prova com a mesma idade para obter a média entre eles.

7 MATERIAL PULVERULENTO

De acordo com a ABNT NBR 7211 que se refere a agregados para concreto, é estabelecido que

“não devem conter substâncias de natureza e em quantidade que possam afetar a hidratação e o endurecimento do cimento, a proteção da armadura contra a corrosão, a durabilidade ou, quando for requerido, o aspecto visual externo do concreto.”

Definido pela NBR 7211, o limite máximo de presença de materiais pulverulentos nos agregados para concreto é definido pelos seus tipos e dimensões. Estes materiais são definidos como partículas que passaram pela peneira de 0.075mm.

* Para agregados miúdos, ou areia, este limite é de 3%

* Para agregados graúdos, ou brita, este limite é de 1%

Para lavá-los, é preciso a submissão a um fluxo constante de água, que ajuda a separação e a retirada de materiais pulverulentos. Quando é realizado em pequenas quantidades, o procedimento pode ser produzido manualmente, agitando o agregado em recipientes com água e assim realizando a decantação das impurezas. Já em volumes maiores, são utilizados equipamentos mecânicos, como o lavador de areia e o lavador de brita, que realizam a limpeza de forma mais precisa. Após a lavagem, é fundamental assegurar que a concentração de partículas finas esteja de acordo com as normas determinadas pela norma brasileira.

7.1 BRITA

A lavagem da brita é essencial para garantir a resistência do concreto, uma vez que a presença de material pulverulento acima dos limites estabelecidos compromete a aderência entre os grãos do agregado e a pasta de cimento. Esses limites são especificados para assegurar o controle das partículas finas, visto que uma quantidade superior ao permitido pode prejudicar a qualidade do concreto, influenciando negativamente suas propriedades mecânicas e a durabilidade.

7.2 AREIA

A lavagem da areia é importante no controle da consistência e na redução do consumo de água. Pois, quando há presença de material pulverulento na areia

é exigido mais água para atingir a consistência ideal. Limpando estas impurezas, é reduzido a quantidade de água necessária, mantendo assim a relação água/cimento perfeita. A redução do consumo de água não apenas melhora a eficiência da mistura, mas também melhora a resistência e a durabilidade do concreto, evitando perdas de desempenho devido às relações água-cimento.

A parte pulverulenta da areia britada pode apresentar características pozolânicas. O teor de poeira refere-se à quantidade de partículas (silte e argila) em forma de poeira que cobrem os grãos do agregado e afetam negativamente as propriedades do concreto fresco e endurecido. No concreto fresco, esses materiais podem modificar a consistência, enquanto no concreto endurecido, reduz a resistência, diminuindo a aderência entre os agregados e a pasta de cimento. Alguns estudos mostram que partículas de origem granítica, que não são pozolânicas, podem acelerar a hidratação do cimento graças ao efeito de enchimento. Esse efeito ocorre quando o pó mineral é distribuído uniformemente pela matriz cimentícia, preenchendo os poros, evitando a segregação e reduzindo a deposição de Ca(OH)_2 , além de reduzir o tamanho dos produtos da reação de hidratação no material pulverulento.

8 PISO INTERTRAVADO PARA JARDIM

Piso intertravado ou paver, mais conhecido como bloquete, é uma peça de pavimentação pré-moldada feita de cimento ou cerâmica, utilizada em calçadas, jardins, áreas urbanas e residenciais criada no Império Romano. Possui formatos geométricos que se encaixam deixando o ambiente esteticamente mais organizado, os mais comuns são: quadrado, sextavado e retangular que possuem as laterais retas para garantir o travamento das peças. A NBR 9781/2013 determina que as peças precisam ter no máximo 250mm em largura e comprimento, espessura mínima de 60mm, além de indicar o modo que devem ser encaixadas, sendo em fileiras ou espinha de peixe. As peças de 6cm são indicadas para calçadas e caminhos com pouco tráfego de pedestres, por outro lado, para tráfego de veículos e caminhões leves é indicado 8cm e espessuras de 10 a 12cm são utilizadas em ruas com alto movimento de pedestres e veículos.

A aplicação dos bloquetes em áreas verdes é uma tendência que vem sendo cada vez mais utilizada pelas inúmeras vantagens, sendo elas: ação

antiderrapante, prática instalação, absorção de luz gerando diminuição da temperatura e a principal, ajuda a não afetar o solo de baixo absorvendo água da chuva. Não necessita de argamassa para fixação, apenas do solo forrado com areia para selagem, onde o travamento é proporcionado por contenção lateral e por atrito entre as peças deixando a carga distribuída pelos blocos e suportadas por todo o conjunto.

Um estudo realizado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul comparou a resistência à compressão do piso intertravado com a resistência do concreto convencional utilizado em pavimentos de ruas e avenidas. Os resultados mostraram que o piso intertravado apresentou uma resistência média à compressão de 41,8 MPa, enquanto o concreto convencional apresentou uma resistência média de 30,6 MPa. Isso indica que o piso intertravado é mais resistente e durável do que o concreto convencional utilizado em pavimentos. (André de Souza, 2018)

8.1 COMO O CONCRETO RECICLADO INFLUENCIA NA PRODUÇÃO DO PISO INTERTRAVADO

A resistência à abrasão deve ser levada em consideração na hora da produção do cimento para dar a forma ao piso. É uma propriedade física de materiais que mede sua capacidade de resistir ao desgaste causado pela fricção ou contato repetitivo com superfícies não lisas. Esses desgastes ocorrem quando dois materiais entram em contato e ocorre a remoção progressiva de partículas do material de menor resistência, causando deterioração ao longo do tempo.

A NBR 9781/2013 prescreve o cimento portland (CP) III-32 ou superior para garantir a durabilidade e a integridade estética ao longo do tempo, já que a resistência mínima recomendada é de 35Mpa. “Os agregados podem ser naturais, industriais ou reciclados, obedecendo à ABNT NBR 7211 ou outras Normas Brasileiras pertinentes” (NBR 9781/2013). Devido à alta porosidade e absorção de água, características comuns nos agregados reciclados, é muito comum a alteração de características do concreto em estado fresco, principalmente no que tange à trabalhabilidade. “O agregado reciclado por ser mais absorvente, tende a reter uma maior quantidade de água da mistura, diminuindo a trabalhabilidade, podendo essas perdas variarem de 4 a 64%” (MATIAS et al., 2014; ZHANG; ZONG, 2013).

8.2 DIFERENÇA ENTRE CONCRETAGEM E APLICAÇÃO DAS PEÇAS

Os dois métodos utilizam o concreto, a grande diferença está na forma de aplicação. Se a estética for um ponto importante, a padronagem dos métodos são diferentes, na concretagem não é garantida a uniformidade na superfície, pois a quantidade de areia, água, cimento e brita mudam a cada traço utilizado, alterando os tons acinzentados que o concreto originalmente possui, ainda que pouco, é o suficiente para que o resultado final seja diferente do esperado. No uso dos pavers, a fabricação ocorre sempre com o mesmo traço, deixando os mesmos tons por todo o piso.

Fissuras e trincas estão presentes em locais onde não possuem juntas de dilatação, causando o deslocamento do concreto e tendem a aumentar com o passar do tempo por conta do tráfego contínuo. As juntas são pontos de alívio de tensão para que a estrutura se expanda e contraia devido às variações térmicas. Como os pisos são individuais, não possuem esse problema já que são posicionados estrategicamente para terem as juntas.

Ou seja, a concretagem pode ser uma aliada quando é bem planejada e executada obedecendo todas as normas, em locais maiores é preciso ter mais atenção pelas variações de temperatura. Já os pavers podem ser aplicados em qualquer local, escolhendo bem o tamanho de cada peça se baseando na intensidade do tráfego.

9 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO

OBJETIVO

Foi analisada a resistência do concreto em 14 dias de idade, para determinar a possibilidade de uso em caminho de jardim ou passagens de carro (bloquetes).

Com traço 1:2:4 em condições padronizadas e relação água cimento fixa, os resultados de sua resistência se dá por fatores como:

- a. Sua constituição ou potencial químico: inclui-se o material reciclável e suas propriedades ou seus resíduos devido ao entulho.
- b. Sua finura: Material pulverulento, diferença granulométrica e da forma do entulho.

9.1 MATERIAIS

- 9.1.1 Cimento;
- 9.1.2 Areia;
- 9.1.3 Brita 1 (lavada);
- 9.1.4 Água;
- 9.1.5 Material reciclável cimentício;
- 9.1.6 Material reciclável cerâmico.

9.2 EQUIPAMENTOS

- 9.2.1 Maseira;
- 9.2.2 Peneira 19.1mm;
- 9.2.3 Moldes CP's 10x20cm;
- 9.2.4 Tacho, espátula, proveta, soquete;
- 9.2.5 Máquina de ensaio de resistência à compressão (prensa).

9.3 PROCEDIMENTO

Foram realizados ensaios com materiais recicláveis lavados e não lavados, em substituição da brita em 50% para análise da sua potência em razão do material pulverulento.

9.4 MOLDAGEM 1

Cimento: 2,282Kg;

Areia: 4,565Kg;

Brita 1: 4,565Kg;

Material reciclável cimentício não lavado: 4,565Kg

Água: 1,55L.

O procedimento começou com CP's antigos encontrados no Laboratório de Ensaio de Materiais (LEMA), que foram rompidos, quebrados e peneirados para selecionar somente a brita 1 (diâmetro de 9,5 a 19,00 mm). Na maseira foram colocados materiais a seco, misturados enquanto adicionava água. Em seguida, em CP's de 100x200mm foi feita a moldagem com 4 camadas de 20 golpes cada uma delas. Depois de moldados foram levados para a câmara úmida seu processo de cura.

De acordo com as pesquisas realizadas, as moldagens feitas com material não lavado contém o material pulverulento, causando perda de resistência no

concreto.

Figura 1 – Materiais recicláveis sendo peneirados e selecionados.



Acervo pessoal das autoras

Figura 2 – Moldes de CPs untados



Acervo pessoal das autoras

9.5 MOLDAGEM 2

Esta moldagem foi realizada com o material cimentício lavado. A medida dos materiais da mistura foram as mesmas da moldagem anterior, antes da mistura destes materiais, o material reciclável foi lavado, tirando todo o material pulverulento e colocado na estufa por 24h para secar. O procedimento de mistura é realizado da mesma maneira que o anterior, e levado a câmara úmida para cura.

Figura 3 – Maseira com mistura de concreto



Acervo pessoal das autoras

9.6 MOLDAGEM 3

Cimento: 2,282Kg;

Areia: 4,565Kg;

Brita 1: 4,565Kg;

Material reciclável cerâmico não lavado: 4,565Kg;

Água: 1,55L.

Para esta moldagem, o material reciclável foi quebrado e peneirado em tamanho de brita 1, depois todos os materiais foram misturados na maseira, moldados e levados ao processo de cura.

A mistura foi realizada da mesma forma, porém o material cerâmico não se adere muito bem ao cimento, causando baixa resistência nesta moldagem de concreto.

Figura 4 – Tacho de material reciclável cerâmico com reboco



Acervo pessoal das autoras

9.7 MOLDAGEM 4

Da mesma maneira que parte do material cimentício, o material cerâmico também foi pesado e lavado, em seguida levado a estufa para secar, só assim realizada a mistura dos materiais, da mesma maneira que as anteriores e mesma medida e moldados.

Figura 5 – Mistura do concreto



Acervo pessoal das autoras

Figura 6 – Material lavado na estufa



Acervo pessoal das autoras

De acordo com pesquisas realizadas antes do processo de escolha dos materiais e moldagem, a equipe presente nos estudos já tinha conhecimento da baixa aderência de concreto no material cerâmico, esperando assim uma baixa resistência dos CP's com este material. Por este motivo, houve complicações para o desmolde dos corpos de prova, havendo necessidade de capear todos os CP's da 3ª e 4ª moldagem (CP's 09 ao 16), e os CP's 06 e 08.

Figura 7 – CPs 06 e 08 capeados



Acervo pessoal das autoras

Figura 8 – CPs de 3º moldagem capeados (09,10,11,12)



Acervo pessoal das autoras

Figura 9 – CPs da 4ª moldagem capeados (13,14,15,16)



Acervo pessoal das autoras

10 RESULTADOS (TABELAS)

Tabela 1 - Resultados de Resistência à Compressão

Nº Corpo de Prova	Data de Mold.	Data de Ruptura	Idade (dias)	Diâm. Médio (cm)	Seção Média (cm²)	Carga Máxima (kgf)	fci (MPa)	fcm (MPa)
1	30/08/2024	06/09/2024	7	10	78,54	8.520	10,85	10,37
3	30/08/2024	06/09/2024	7	10	78,54	7.760	9,88	
2	30/08/2024	13/09/2024	14	10	78,54	12.060	15,36	12,05
4	30/08/2024	13/09/2024	14	10	78,54	6.860	8,73	
5	30/08/2024	06/09/2024	7	10	78,54	7.840	9,98	9,95
7	30/08/2024	06/09/2024	7	10	78,54	7.780	9,91	
6	30/08/2024	13/09/2024	14	10	78,54	10.020	12,76	13,93
8	30/08/2024	13/09/2024	14	10	78,54	11.860	15,10	
9	06/09/2024	13/09/2024	7	10	78,54	3.620	4,61	5,73
10	06/09/2024	13/09/2024	7	10	78,54	5.380	6,85	
11	06/09/2024	20/09/2024	14	10	78,54	3.540	4,51	5,16
12	06/09/2024	20/09/2024	14	10	78,54	4.560	5,81	
13	10/09/2024	17/09/2024	7	10	78,54	1.980	2,52	3,22
14	10/09/2024	17/09/2024	7	10	78,54	3.080	3,92	
15	10/09/2024	24/09/2024	14	10	78,54	2.040	2,60	2,58
16	10/09/2024	24/09/2024	14	10	78,54	2.000	2,55	

Fonte: Elaborado pelas autoras

11. CONCLUSÃO

As normas foram se adaptando com o passar dos anos juntamente com a tecnologia na construção civil buscando soluções para os problemas encontrados, um exemplo é a necessidade de diminuir o lixo gerado em obras como descreve a NBR 15116/2004 que especifica o concreto reciclado não adequado para fins estruturais, indicado para aterros de inertes, pavimentação, argamassas, e preenchimento de vala. A alternativa sugerida no estudo é a utilização na fabricação de piso intertravado, já que a resistência indicada é de 35 Mpa, abaixo do concreto trabalhado na fundação e servindo para produção em massa.

Nesse estudo foi apresentado como a resistência do concreto pode ser alterada ao adicionar 50% de agregado reciclado no lugar da brita 1, entre resíduos cimentícios e cerâmicos, não lavados e lavados (material pulverulento). O concreto não atingiu a devida resistência, com um resultado bem abaixo do mínimo esperado, obtendo o máximo de 13Mpa mostrando possíveis falhas na execução do ensaio. A primeira hipótese é a aderência dos agregados na argamassa, já que o resíduo cimentício teve maior resistência comparado ao cerâmico por ser menos poroso, possui menos espaço para absorver a água da mistura deixando-a seca. Outra hipótese seria o mau adensamento dos corpos de prova, pois o formato do entulho era de seixo rolado atrapalhando a adesividade do material, consequentemente afetando a resistência.

Portanto, é possível concluir que a proposta do estudo chegou a um resultado, mas ocorreu falhas na execução, mostrando que utilizar 50% de material reciclado não é o ideal. Para outros testes, o ideal é trabalhar com apenas 20% de substituição e os resíduos com 80% de umidade para não absorverem a mistura, como descreve a NBR 15116/2004.

12. REFERÊNCIAS

FERREIRA, Naiáde. **Análise da Variação da Resistência à Compressão do Concreto Estrutural Devido à Perda de Água na Mistura do Concreto no Semiárido Nordestino**. www.repositorio.ufal.br, 2016. Disponível em: Acessado em: 14/06

ENGEMIX. **Classes de Resistência do Concreto – FCK e MPa**. Votorantim Cimentos, 2023. Disponível em: <https://www.engemix.com.br/classes-de-resistencia-do-concreto-fck-e-mpa/#:~:text=O%20FCK%20%C3%A9%20uma%20sigla,exprimir%20os%20valores%20do%20FCK>. Acessado em: 20/08

SILVA, Daniel; FORIGO, Camila. **Análise da Resistência do Concreto com Adição de Resíduos de Concreto Derivados da Construção Civil**. www2.fag.edu.br, 2019. Disponível em: https://www2.fag.edu.br/coopex/inscricao/arquivos/ecci_2019/14-10-2019--14-39-57.pdf. Acessado em: 17/09

AECWEB. **Cimento: Quais São os Tipos, Onde Usar, Preços e Mais**. AECweb, 2015. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/cimento-diferentes-tipos-e-aplicacoes/11959#:~:text=serve%20o%20cimento%3F-,O%20cimento%20serve%20para%20preparar%20diferentes%20massas%20utilizadas%20na%20constru%C3%A7%C3%A3o,%C3%A1qua%20na%20fabrica%C3%A7%C3%A3o%20do%20concreto>. Acessado em: 05/09

TETRACON. **Concreto ou Paver: Qual a Melhor Opção Para Calçada?**. Tetracon, 2017. Disponível em: <https://tetraconind.com.br/blog/concreto-ou-paver-qual-a-melhor-opcao-para-calcada/>. Acessado em: 05/09

BRASIL, Norma ABNT NBR 978.1 Peças de concreto para pavimentação - **Especificação e métodos de ensaio**. Salvadorpremoldados.com.br, 2016. Disponível em: <http://salvadorpremoldados.com.br/wp-content/uploads/2016/04/NORMA-ABNT-NBR-9781-PISOS.pdf>. Acessado em: 17/09

VALLES, Pedro; LACERDA, Camila; SPITALE, Flávia; SOUZA, Conrado. **A Importância da Segregação do Agregado Reciclado na Resistência e na Durabilidade do Concreto Estrutural**. SciELO – Brazil, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/sBkpcRRznX757JkkMkhwCfr>. Acessado em: 15/08

OPTIMAS. **O Que as Pesquisas Falam Sobre o Piso Intertravado?**. Optimas, 2023. Disponível em: <https://optimas.com.br/o-que-as-pesquisas-falam-sobre-o-piso-intertravado/#:~:text=Segundo%20os%20pesquisadores%20da%20UFMG,da%20%C3%A1gua%20em%20%C3%A1reas%20urbanas>. Acessado em: 15/08

AOKI, Jorge. **Adicionar Água Suplementar ao Concreto Exige Cuidados**. www.cimentoitambe.com.br, 2013. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/adicionar-agua-suplementar-ao-concreto-exige-cuidados/#:~:text=A%20%C3%A1gua%20%C3%A9%20um%20importante,sem%20causar%20vazios%20ou%20nichos>. Acessado em: 24/07/2024 às 23:43

BRASIL 61. **Lixo: Brasil Gerou Mais de 40 mil Toneladas de Resíduos de Construção**. Abrema, 2024. Disponível em: [https://www.abrema.org.br/2024/06/18/lixo-brasil-gerou-mais-de-40-mil-toneladas-de-residuos-de-construcao/#:~:text=Segundo%20a%20%C3%BAltima%20pesquisa%20Panorama,RCD\)%2C%20s%C3%B3%20em%202022](https://www.abrema.org.br/2024/06/18/lixo-brasil-gerou-mais-de-40-mil-toneladas-de-residuos-de-construcao/#:~:text=Segundo%20a%20%C3%BAltima%20pesquisa%20Panorama,RCD)%2C%20s%C3%B3%20em%202022).