

# PRODUÇÃO DE CONCRETO UTILIZANDO RESÍDUOS GERADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

*Data de submissão: 28/04/2023*

*Data de aceite: 02/06/2023*

### **Mikaely de Souza Binha**

Universidade São Francisco  
Bragança Paulista – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/2172069251790610>

### **Paulo Yuri Marques Yamasata**

Universidade São Francisco  
Bragança Paulista – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/2736937553167237>

### **Cristina das Graças Fassina**

Universidade São Francisco  
Bragança Paulista – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/3593793991674607>

**RESUMO.** A construção civil é um setor que gera grande quantidade de resíduos sólidos, sendo estes denominados de Resíduos da Construção Civil. Esses resíduos geram grandes impactos ambientais, pois muitas vezes são destinados de forma incorreta. Sendo assim, é de grande importância buscar soluções para esse problema através de métodos para minimizar o descarte desse material. Esse trabalho tem por objetivo identificar formas de reutilizar os resíduos provenientes da construção civil para a produção de concreto. Os materiais utilizados foram o cimento CP II – E 32, areia média, brita 1, água e resíduos

de construção civil obtidos de uma usina de reciclagem do Município de Itatiba. Para a realização da parte prática desta pesquisa foi feita a moldagem de corpos de prova, primeiramente com o concreto normal como referência, e depois testado o mesmo traço com a substituição de algumas porcentagens dos agregados para verificação. Depois da moldagem, os corpos de prova foram submetidos a testes de compressão para verificação da resistência e determinar as possíveis utilizações desse concreto. Em alguns países já é utilizado o concreto reciclado e nesse estudo obteve-se outras porcentagens de agregado reciclado na mistura da argamassa, como novas possibilidades de suas aplicações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agregados; Concreto reciclado; Reciclagem; Resíduos de Construção Civil.

## CONCRETE PRODUCTION USING WASTE GENERATED IN CIVIL CONSTRUCTION

**ABSTRACT.** SUMMARY. Civil construction is a sector that generates a large amount of solid waste, which is called Civil Construction Waste. These residues generate great environmental impacts, as they are often

disposed of incorrectly. Therefore, it is of great importance to seek solutions to this problem through methods to minimize the disposal of this material. This work aims to identify ways to reuse waste from civil construction for the production of concrete. The materials used were CP II – E 32 cement, medium sand, gravel 1, water and construction waste obtained from a recycling plant in the municipality of Itatiba. In order to carry out the practical part of this research, specimens were molded, firstly with concrete as a reference, and then the same trait was tested with the replacement of some percentages of the aggregates for verification. After molding, the specimens were subjected to compression tests to verify strength and determine the possible uses of this concrete. In some countries recycled concrete is already used and in this study other percentages of recycled aggregate in the mortar mixture were obtained, as new possibilities for its applications.

**KEYWORDS:** Aggregates; Recycled concrete; Recycling; Civil Construction Waste.

## 1 | INTRODUÇÃO

A construção civil é responsável por extrair grande quantidade de materiais da natureza e, conseqüentemente, uma grande geradora de resíduos como resultado do volume de obras que acontecem. A reutilização desses resíduos é de suma importância para o meio ambiente e historicamente ela começou a ocorrer apenas após a Segunda Guerra Mundial.

O descarte inadequado dos resíduos pode gerar sérios problemas para sociedade, sendo eles doenças, poluição, contaminação de água, entre outros. Deve-se haver uma conscientização por parte dos responsáveis pela geração deles, já que, a reutilização desses materiais pode gerar benefícios ambientais e econômicos para si e para sociedade em geral. Ocorre falhas também em sistemas gestores como prefeituras, pois muitas vezes não tem leis para viabilizar a reciclagem dos entulhos.

Os materiais principais da construção civil são: madeira, rocha, aço, concreto e solo, sendo o mais antigo deles a madeira, depois surgiu o tijolo cerâmico e começou a ser mais utilizada também a pedra nas construções. Logo surgiu o ferro, como uma opção maleável e resistente, e houve uma grande transformação até ser aplicado como é hoje e sua utilização ajudou na expansão da indústria do aço. O concreto, por ser uma opção também maleável, tem grandes aplicações, pois permite construções maiores devido a sua resistência.

Há uma grande busca por diferentes materiais e técnicas atualmente, já que a sociedade busca mais fortemente por alternativas sustentáveis, ou seja, que haja um benefício ambiental e econômico. Em alguns países a reciclagem de resíduos de construção civil (RCC) e resíduos de construção e demolição (RCD) já é um mercado bem desenvolvido, enquanto no Brasil ainda não é uma prática comum.

Um bom gerenciamento da obra faz grande diferença em seu andamento e na obtenção e administração de seus recursos, a falta de planejamento pode levar não só a

atrasos no serviço como também a desperdícios. Mesmo com planejamento ainda existem riscos, mas com uma boa gestão muitos podem ser minimizados.

A fim de encontrar soluções para o descarte inadequado dos Resíduos de Construção Civil (RCCs) e Resíduos de Construção e Demolição (RCDs), esse trabalho tem por objetivo identificar formas de reutilizar os resíduos provenientes da construção civil para a produção de concreto.

Inicialmente buscou-se estudar os diferentes tipos de resíduos provenientes da construção civil, como eles podem ser reaproveitados, como se dá seu processo de reciclagem e quais as normas e leis vigentes para esse tipo de ação. Além disso procedeu-se a análise da viabilidade técnica e econômica do custo-benefício da utilização deste material. Para isso foram feitos testes em laboratório para definir resistência e dar uma destinação para o concreto produzido utilizando os RCCs e RCDs em sua composição.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

O surgimento de um órgão nomeado Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em 1981, foi um ponto chave na mudança de tudo que é relacionado ao meio ambiente. Através desse conselho foi definida pela Lei nº 6938/81, a Resolução nº 307 de 5 de julho de 2002 que leva em conta a preocupação com a geração de resíduos causada pela construção civil, foram criadas diretrizes com intuito de diminuir os efeitos causados ao meio ambiente.

No Art. 3º dessa resolução foi classificado os tipos de resíduos:

Classe A: é composta por resíduos que podem ser reutilizáveis ou transformados em agregados para novas funções de processos construtivos, o concreto em seu estágio final, argamassas e tijolos, são alguns exemplos.

Classe B: apesar de nessa classe os resíduos também serem reutilizáveis, eles não serão utilizados em processos construtivos, são eles: plásticos, papelão, madeiras, entre outros.

Classe C: existem materiais nos quais sua reciclagem ainda não é viável economicamente ou ainda não possuem formas de reciclagem, um exemplo é o isopor.

Classe D: materiais perigosos vindos de processos construtivos como tintas e solventes, ou contaminados vindo de demolições ou reformas de indústria ou locais com radiação e que sejam perigosos para a saúde.

Com o passar do tempo essa resolução foi sendo atualizada devido às novas descobertas e tecnologias que surgiram, passando pelas resoluções nº 348/04, nº 431/11, nº 448/12 e pôr fim a nº 469/2015.

Na cidade de Bragança Paulista foi sancionada a Lei 4.732/2020 pelo Exmo. O Sr. Prefeito Jesus Adib, que define parâmetros de gestão de Resíduos da Construção Civil no município. A classificação dos resíduos do município segue a Resolução do CONAMA nº

348 ou legislações que sobrevierem. A lei também institui um sistema de gerenciamento dos resíduos, para facilitar a destinação correta dos resíduos e estes serão designados conforme a quantidade de volume do material recebido. É possível que seja feita a utilização desses resíduos em obras públicas como em infraestrutura, revestimento de vias (o que atualmente já é feito pelo município), passeios, construções de muros, entre outras aplicações.

Os projetos de gerenciamento dos RCCs serão elaborados pelos grandes geradores em conjunto com a Secretaria Municipal do Meio Ambiente com frequência anual e de forma gradual seguindo a consolidação do Sistema Estadual de Gerenciamento Online de Resíduos Sólidos (SIGOR). Esse plano tem como objetivo a diminuição e destinação adequada dos resíduos para contribuição ambiental.

Pode-se dizer que construção civil está diretamente ligada a quantidade de resíduos que é gerada no planeta, sendo um dos maiores e principais motivos desse fenômeno. O motivo para essa grande quantidade de resíduos está relacionado a uma série de erros como a falta de planejamento, falta de acompanhamento necessário pelos responsáveis técnicos, falta de mão de obra qualificada, má qualidade dos materiais, além destes sabe-se que demolições e ampliações também são fatores para a geração dos resíduos. Blocos e argamassa (reboco) compõem a maior parte dos resíduos gerados.

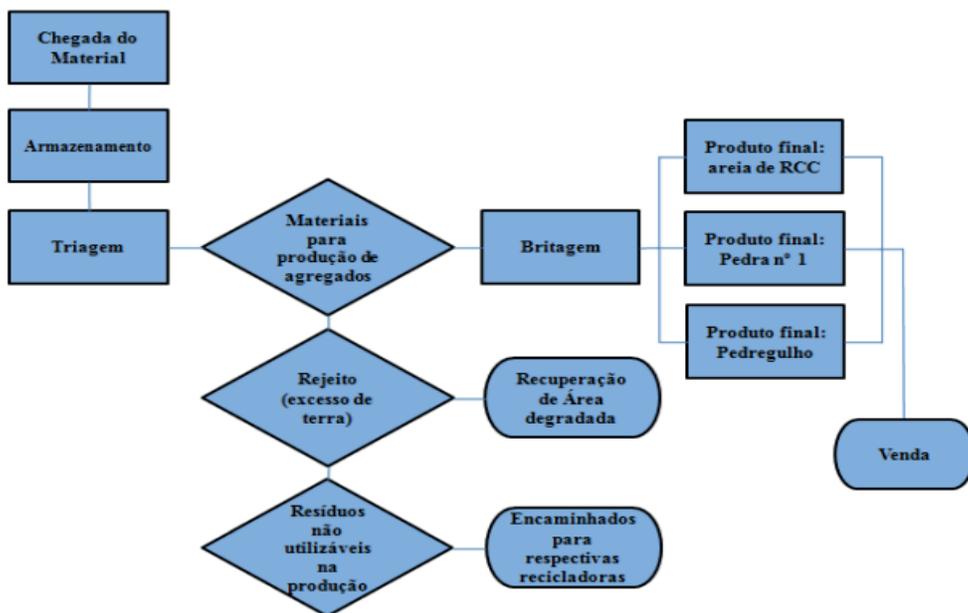
Com as norma e leis vigentes é possível definir a forma correta de gerenciar os resíduos gerados na construção civil, assim como suas classificações e destinações corretas, além de ajudar a descobrir soluções para os possíveis problemas que são causados pelo excesso desses resíduos. Os resíduos de construção possuem um potencial de serem triturados e de certa forma reutilizados em novas funções. Como a construção é um setor que gera uma elevada quantidade de resíduos, estes foram denominados como Resíduos da Construção Civil (RCC). O gerenciamento do RCC deve estar ligado ao controle de destinação final do entulho, e o gerenciamento dos materiais em obra faz uma grande diferença em toda a execução, já que pode trazer uma diminuição de desperdício de materiais e conseqüentemente gerar uma economia na compra deles além de contribuir com o meio ambiente já que esse material não será mais depositado em qualquer local de forma incorreta.

Visto que a construção civil consome uma quantidade altíssima de recursos naturais do planeta, entende-se que a reciclagem dos resíduos gerados por ela e de suma importância para diminuição do uso do agregado natural e para não poluição proveniente do descarte inadequado dos RCCs e RCDs. Entre as quatro classes e resíduos existentes, os de classe A são os que possuem melhor potencial para serem reaproveitados, além de não apresentarem alto risco, se seguido os procedimentos corretos vigentes na Resolução nº 307/2002 do CONAMA e na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) regidas pela lei 12.305/2010. Os resíduos da classe A são: areia, cerâmica e brita sendo esses materiais os mais utilizados nas obras e os que tem um maior potencial de reciclagem para serem

utilizados como agregados, sabendo disso, uma opção para diminuir os danos causados pelo descarte incorreto seria a triagem de materiais dentro dos canteiros de obras para serem mandados para reciclagem, isso ajudaria a ter controle dos materiais que podem ser reutilizados na própria obra o que minimizaria a extração de recursos naturais.

Um fator fundamental na construção civil visando a diminuição de problemas ambientais foi a implementação das usinas de reciclagem de entulhos (UREs), sendo elas de grande ajuda na administração dos resíduos gerados pelas obras. Com a destinação dos entulhos sendo direcionadas às UREs, os RCCs passam por processos previstos na Resolução 307/ 2002 do CONAMA (Figura 1), onde são separados todos os resíduos que possuem potencial de serem reaproveitados (no caso resíduos da classe A) de outros tipos de resíduos, estes por sua vez são enviados para locais onde podem ser realizados os procedimentos e forma correta prevista na Resolução do CONAMA. Após a separação dos resíduos, os RCCs de classe A seguem para um processo de britagem determinado pela usina, no qual são transformados em agregados para que posteriormente possam ser reaproveitados de outras maneiras.

Há diversos tipos de utilização para os RCCs, como por exemplo, substituindo agregados em concreto, fabricação de lajotas de vedação, blocos, entre outros, porém é necessário que o agregado reciclado cumpra sua função diante a reutilização de forma correta, ou seja, desde que não haja falhas nos produtos obtidos.



**Figura 1** - Processo de reciclagem (FONTE: <https://pdfs.semanticscholar.org/82e3/d0ca2d413b6b96ba0cec67f727af527437e6.pdf>)

Em comparação aos agregados naturais, os agregados reciclados são mais baratos, entretanto o uso em obras ainda não é tão comum devido a confiabilidade do material, por isso é de suma importância saber a procedência dos agregados reciclados da construção civil, pois se vindo de empresas com certificação correta, pode-se utilizá-los de diversas formas.

O concreto é a mistura de agregados com água e cimento, que se torna uma pasta moldável no formato desejado para realização de estruturas. Existem diversas funções para o concreto, por isso existem variados tipos de traços, o traço é a proporção de materiais utilizada em determinada mistura de concreto e muda conforme o uso ao qual será empregado, que deve ser seguido à risca para evitar problemas futuros, atualmente muitas obras de pequeno porte ainda não dão tanta importância a isso, pois há uma tradição construtiva na qual os responsáveis trabalham sempre com o mesmo traço independente da função que o concreto deverá exercer.

Na produção do concreto existem vários fatores fundamentais, nos quais se devem ter um cuidado maior na maneira de realizá-los, o mais importante deles é a relação água/cimento que compõe a massa, pois a quantidade de água a ser utilizada interfere diretamente na resistência à compressão do concreto ao fim de seu processo de endurecimento e na sua durabilidade.

Como apontam Cruz e Alvarenga (2018), “A principal propriedade no estado fresco é a trabalhabilidade, enquanto no estado endurecido sobressai-se a resistência à compressão, ambas ligadas diretamente à quantidade de água”.

A dosagem de água/cimento interfere muito na trabalhabilidade e na resistência à compressão que o concreto irá obter, por isso deve-se evitar erros nessa dosagem, pois com excesso de água, pode acarretar em concretos muito fluidos, ou seja, muito mole para que se possa utilizá-lo na finalidade desejada, e posteriormente podem surgir fissuras nas estruturas devido a menor resistência obtida, já os erros quando se utiliza pouca água, o processo das reações do concreto tendem a ficar mais difíceis de acontecer deixando o concreto mais espesso, e conseqüentemente tendo uma menor trabalhabilidade, e podendo também ter sua resistência diminuída devido à falta de adensamento para que haja as reações químicas necessárias.

Aliado a isso tem-se a verificação da cura do concreto, é o último processo, onde é jogada água de forma contínua ou com alguns intervalos sobre o concreto a fim de manter o concreto úmido e é de suma importância para que após seu início de endurecimento, o concreto perca a menor quantidade de água possível devido a evaporação da mesma, minimizando a perda de resistência e possíveis fissuras.

Outro fator importante para um concreto com boa qualidade vem das características dos agregados utilizados, esses agregados são divididos em dois tipos, agregado miúdo e o agregado graúdo.

Há uma grande diversidade de ambos os tipos de agregados, por isso, deve haver

uma maior precisão na caracterização da forma de cada agregado, um fator que altera as características do agregado é que, para um mesmo material, é possível encontrar variações já que são produtos naturais, essas características dependem também da forma como são triturados, ou seja, a britagem desse agregado influencia diretamente em qual funcionalidade o mesmo poderá ser utilizado, pois os formatos diferentes alteram a trabalhabilidade da massa e o tipo de utilização.

Tristão (2005 apud FIALHO; JANUTHE; PRATA, 2017, p.3) observou que:

[...] em estudos realizados com argamassas que as propriedades destas no estado fresco foram alteradas em função da forma do agregado, sendo que quanto mais arredondado e esférico o grão, menor a quantidade de pasta de argamassa, o que implica em menor consumo de aglomerante e de água de emassamento.

E segundo Neville (1997 apud FIALHO; JANUTHE; PRATA, 2017, p.3)

No caso de agregado miúdo, sua forma e textura superficial tem um efeito significativo sobre a demanda de água de amassamento da mistura, enquanto a lamelaridade e a forma do agregado graúdo geralmente tem um efeito apreciável sobre a trabalhabilidade do concreto.

Com ensaio do Slump Test, são obtidos resultados que determinam a qualidade e a trabalhabilidade do concreto, fator fundamental pois assim é possível definir para qual tipo de aplicação ele poderá ser utilizado, ou se ele será descartado. O Slump Test deve ser feito em um lugar plano e sem interferências, é importante realizar a limpeza dos instrumentos antes do início do teste, após isso, é então feito o enchimento do cone de metal em três camadas de tamanhos aproximados, cada camada deve ser golpeada 25 vezes com a haste de compactação de modo que sejam distribuídos os golpes uniformemente por toda camada, antes da retirada do cone é necessário que o excesso de concreto que sobrou acima do cone seja retirado, é então feita a remoção do cone de metal cuidadosamente na direção vertical em um intervalo de tempo de aproximadamente 5 segundos, por fim é feita a medição do abatimento de concreto que é a diferença da altura do cone e o eixo do corpo de prova desmoldado, com valor obtido é possível determinar a provável aplicação do concreto.

Outro fator de suma importância é a resistência do concreto, e para determiná-la é necessário realizar um ensaio que segue as seguintes normas: a NBR 5738/2015 e posteriormente a NBR 5739/2018, esse ensaio consiste basicamente em romper o concreto para descobrir o valor de sua resistência. Para os ensaios as dimensões dos corpos de prova devem possuir a altura duas vezes maior que o diâmetro e antes de despejar o concreto fresco, deve-se revesti-los com óleo para facilitar o processo de desmolde, o processo de enchimento varia conforme o valor do ensaio de abatimento realizado anteriormente. Os corpos de prova devem ser colocados durante as primeiras 24 horas em local plano e protegido de qualquer tipo de interferência mecânica ou intempéries

que possam movimentar o concreto, após essas 24 horas devem ser desmoldados e armazenados em um local úmido ou submersos em água até o dia de seu rompimento, esse tempo geralmente é de 3, 7, 14 e 28 dias. Nos dias de rompimento deve posicioná-lo entre discos de Neoprene, para que a aplicação de forças da prensa eletrônica seja uniformemente distribuída pela superfície dele até que ocorra o rompimento, apontando assim a resistência que aquele concreto possui.

### 3 | METODOLOGIA

A pesquisa tem como objetivo apresentar os procedimentos realizados no laboratório de Materiais da Construção Civil da Universidade São Francisco de Bragança Paulista, com intuito de comparar se o concreto produzido com substituição de parte do agregado graúdo (brita1) por 10%, 20% e 30% de agregados oriundos de RCCs e RCDs, possuem resistência à compressão satisfatória em relação ao concreto convencional. Como foi definido 3 porcentagens diferentes, então foram realizados 4 tipos de corpos de prova, para que posteriormente possam ser rompidos, o corpo de prova com concreto convencional e os 3 com as porcentagens de agregado. Primeiramente foi necessário definir o traço do concreto utilizado, sendo eles: 1; 0,5; 0,75; 0,6 (Tabela 1) com intuito de que esse traço atingisse a resistência de 30 MPa.

MATERIAL	QUANTIDADE ESTIPULADA	QUANTIDADE UTILIZADA
Cimento CP II - E - 32	6,0 kg	15 kg
Areia (umidade 4%)	3,0 kg	7,8 kg
Brita 1	4,5 kg	11,25 kg
Água	3,6 L	6,1 L

**Tabela 1** – Traço utilizado na produção do concreto convencional.

FONTE: Autores.

Para a realização da moldagem dos corpos de prova foram utilizados uma betoneira, 9 moldes a balança para definir o volume de materiais e os equipamentos necessários para realização do Slump Test.

Após a mistura pronta, foi realizado o Slump Test, utilizando os equipamentos prescritos pela norma NBR 16889:2020 Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. É importante salientar que foi realizada a limpeza em todos os instrumentos antes do início do teste.

O teste foi realizado em local plano e sem interferências, o enchimento foi separado em 3 camadas de tamanhos aproximados e a cada camada foi aplicada 25 golpes com a haste de adensamento, os golpes foram de maneira uniforme por toda a camada, foi então retirado o excesso de concreto presente na superfície do cone é feita a remoção do mesmo em um intervalo de aproximadamente 5 segundos;

A medição do Slump foi feita virando o cone e medindo a diferença presente entre a altura do cone e o eixo do concreto desmoldado. No presente teste constatou-se o valor de aproximadamente 15,5 cm.

A partir disso moldou-se 9 corpos de prova segundo a NBR 5738:2015 versão corrigida: 2016 - Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova;

Foi utilizado o molde cilíndrico de 10x20 cm, nos quais foi necessário colocar óleo mineral para lubrificar seu interior a fim de facilitar o processo de desmolde;

O processo de moldagem passa por 2 etapas, primeiro é despejado concreto até a metade do molde e então golpeado 12 vezes por toda superfície da camada com a haste de adensamento, e por fim despejado concreto até a borda e repetido os 12 golpes por toda a camada. Foi golpeado a face externa do molde para que possíveis vazios fossem preenchidos (Figura 2).



(a)

(b)

**Figura 2** – moldagem dos corpos de prova. (a) adensamento; (b) regularização da superfície  
(FONTE: Próprio autor).

Por fim os corpos de provas já moldados foram colocados em um lugar plano e não houvesse nenhum tipo de vibração, por aproximadamente 24 horas até serem desmoldados.

Após 24 horas foi feito o desmolde dos corpos de prova, e posteriormente os mesmos foram colocados submersos em água, para dar continuidade ao processo de cura do concreto.

Para a realização do concreto com os RCCs foi necessário a obtenção dos mesmos por meio de uma usina de reciclagem, no caso a URI usina de reciclagem de RCC de Itatiba. Esses resíduos contêm certos materiais como telhas, blocos cerâmicos, argamassa, azulejos.

Como os resíduos coletados da usina não estavam todos exatamente na granulometria necessária para a realização dos traços, foi necessário também um processo

de granulometria afim de separar os componentes no tamanho ideal, ou seja, tiveram que ser peneirados para que chegassem a granulometria correspondente da brita 1, que varia de 9,5mm a 19mm.

Foi utilizado exatamente o mesmo traço de concreto nos laboratórios seguintes, com a diferença de substituir a porcentagem de brita por RCCs (Tabela 2).

PORCENTAGEM	CIMENTO CP-II	AREIA	ÁGUA	BRITA 1	RCCS
10%	6,0 kg	3,0 kg	6,1 L	10,125 kg	1,125 kg
20%	6,0 kg	3,0 kg	6,1 L	9,0 kg	2,25 kg
30%	6,0 kg	3,0 kg	6,1 L	7,875 kg	3,375 kg

**Tabela 2** – Quantificação de materiais nos traços com RCCs.

FONTE: Autores.

A partir da produção dos corpos de provas foram realizados os testes de resistência à compressão nos quatro traços produzidos com 7, 14 e 28 dias após o início do seu processo de cura submerso. Foram rompidos 3 corpos de prova por vez nos dias marcados no laboratório da Universidade São Francisco, utilizando uma máquina de ensaios de resistência à compressão.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a realização do Slump Test em cada traço obteve-se os seguintes resultados (Tabela 3).

SEM RCCS	10%	20%	30%
15,50	20,95	20,60	15,10

**Tabela 3** – Valores obtidos do Slump Test em centímetros.

FONTE: Autores.

Com esses valores é possível definir aplicações para cada um dos traços realizados, sendo então definido que os traços do concreto convencional e com substituição de 30% de RCCs pertencem a classe S100 e podem ser utilizados em casos onde o lançamento do concreto é feito de maneira convencional, ou seja, utilizando carrinho de mão, baldes, entre outros, suas possíveis utilizações são em elementos estruturais como vigas, lajes, pisos. Já nos casos de 10% e 20% é possível verificar que o valor foi maior, ou seja, pertencem a classe S160, o que resulta em um lançamento bombeado do concreto, pois é um concreto mais fluido, suas utilizações são as mesmas citadas anteriormente, porém um exemplo que pode ser adicionado é uma parede diafragma.

Os resultados indicaram que até 30% de substituição de agregados pelos RCCs, não houve alteração significativa nos valores (Tabelas 4 - 6).

CONCRETO CONVENCIONAL	10% RCCS	20% RCCS	30%RCCS
#	18,70 MPa	20,09 MPa	17,10 MPa
15,26 MPa	22,38 MPa	22,34 MPa	17,24 MPa
14,74 MPa	16,31 MPa	16,77 MPa	14,11 MPa

**Tabela 4** – Resistência dos corpos de prova com 7 dias (MPa) – Ensaio de compressão.

FONTE: Autores.

Houve problemas técnicos no rompimento do CP1 do concreto convencional, o que alterou muito o valor da resistência, sendo assim desconsiderado, para 7 e para 14 dias de cura.

CONCRETO CONVENCIONAL	10% RCCS	20% RCCS	30%RCCS
#	24,10 MPa	29,44 MPa	20,05 MPa
19,49 MPa	21,35 MPa	21,68 MPa	22,04 MPa
21,85 MPa	26,68 MPa	23,70 MPa	20,80 MPa

**Tabela 5** – Resistência dos corpos de prova com 14 dias (MPa) – Ensaio de compressão.

FONTE: Autores.

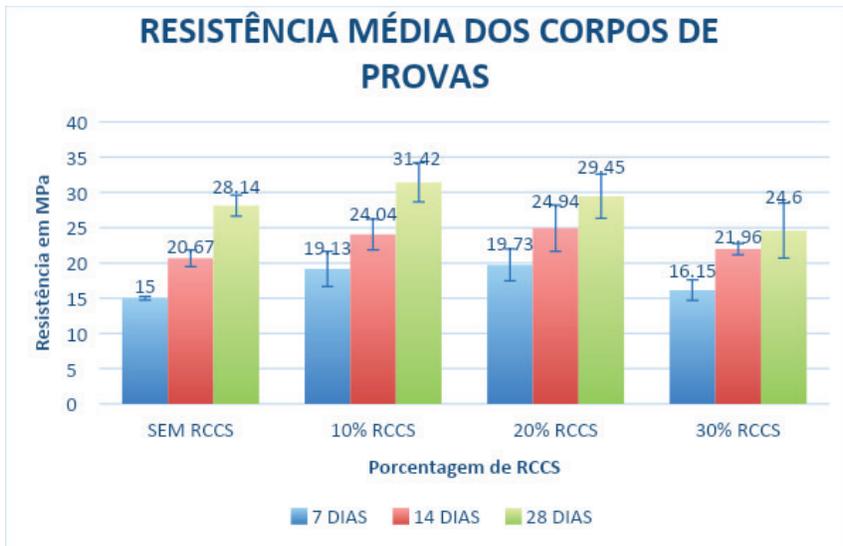
CONCRETO CONVENCIONAL	10% RCCS	20% RCCS	30%RCCS
26,61 MPa	28,87 MPa	29,21 MPa	24,3 MPa
27,65 MPa	30,11 MPa	33,43 MPa	19,96 MPa
30,16 MPa	35,29 MPa	25,76 MPa	29,53 MPa

**Tabela 6** – Resistência dos corpos de prova com 28 dias (MPa) – Ensaio de compressão.

FONTE: Autores.

Com isso conclui-se que os traços realizados com 10% e 20% obtiveram resistência superior ao realizado de forma convencional, com resistências médias de 31,42 MPa (11,66% maior) e 29,45 MPa (4,66% maior), respectivamente.

Um fator interessante é que no rompimento dos corpos de prova com 30% e idade de 7 e 14 dias resultaram em valores maiores aos do concreto convencional com o mesmo período, porém a resistência média final com 28 dias, caiu cerca de 12,6% resultando em um valor de 24,6 MPa. Com os resultados maiores nos 2 primeiros rompimentos era esperado que ao fim dos 28 dias os resultados também seriam maiores, mas houve uma variação muito grande nos valores das resistências dos 3 corpos de provas obtidos sendo eles de 19,96 MPa, 24,3MPa e 29,53 MPa, com isso é possível ver por que ao realizar a taxa de variância, o traço contendo 30% de RCCs foi o único que não obteve dados homogêneos (Figura 3).



**Figura 3** – Resistência média do concreto e desvio padrão (FONTE: Autores).

Diante dos resultados de resistência à compressão obtidos, obteve-se a média ponderada entre eles e o cálculo do desvio padrão (Tabela 7).

IDADE DO CP	SEM RCCS	10% RCCS	20% RCCS	30%RCCS
7 dias	0,26	2,5	2,3	1,4
14 dias	1,18	2,2	3,3	0,8
28 dias	1,49	2,8	3,1	3,9

**Tabela 7** – Valores de desvio padrão obtido das amostras.

FONTE: Autores.

É possível ainda ver o coeficiente de variação que compõem os agregados, utilizando a seguinte fórmula (Tabela 8).

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} * 100$$

IDADE DO CP	SEM RCCS	10% RCCS	20% RCCS	30%RCCS
7 dias	1,7	13,1	11,6	8,9
14 dias	5,7	9,1	13,2	3,9
28 dias	5,3	8,8	10,6	15,9

**Tabela 8** – Valores de coeficiente de variação obtidos das amostras em porcentagem.

FONTE: Autores.

O traço contendo 30% de RCCs com idade de 28 dias apresentou elevada taxa de variação, o que indica alta variabilidade de resistência, cujo traço indica maior

heterogeneidade das misturas.

## 5 | CONCLUSÃO

Devido ao Brasil ser um grande gerador de RCCs e RCDs e parte desses resíduos são descartados incorretamente, entende-se que esses resíduos devem ser melhor aproveitados e, nesse artigo em específico, se torna possível a utilização dos mesmos em formas de agregado graúdo na produção de concreto.

Conclui-se que os corpos de prova compostos por 10% e 20% de RCCs, obtiveram um aumento de 11,7% e 4,7% respectivamente, em sua resistência à compressão, comparado ao traço sem concreto composto. Com isso, para alguns tipos específicos de construções cujos processos estruturais não há necessidade de altas resistências, torna-se viável a utilização desse do concreto com a substituição de seus agregados graúdos pelos RCCs.

Deve-se ter em mente que esses resíduos de construção civil ainda apresentam variação muito grande de componentes como, por exemplo, telhas, blocos cerâmicos, gesso, entre outros, o que acaba tornando os resultados mais inconsistentes.

Sugere-se que novas pesquisas sejam realizadas com a utilização de aditivos buscando novas funcionalidades desse concreto, além de ser possível também o aumento da porcentagem de RCCS. Sugere-se, ainda, a realização de ensaios de absorção de água nos resíduos de acordo com normas técnicas, a fim de verificar o quanto impacta na resistência final do concreto.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 16889: Concreto — Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 2020. 5p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos: procedimento**. Rio de Janeiro, 2018. 9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2015. 9p.

BRAGANÇA PAULISTA. **Lei nº 4.732, de 26 de junho de 2020**. Institui o Sistema para a Gestão Sustentável de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos, de acordo com a Resolução CONAMA nº 307/2002 e suas alterações, e dá outras providências. Publicado na Imprensa Oficial em 29 de junho de 2020, págs. 1- 8.

CRUZ, Wilton Bernardo da; ALVARENGA, Maria Cláudia Sousa. **Estudo Sobre a Influência do Fator Água Cimento e Diferentes Tipos de Cura na Resistência à Compressão do Concreto**. Rio Paranaíba, MG: Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba, p. 1-20

JANUTHE, Mariana; PRATA, Wilger Christ de Almeida; FIALHO, Poline Fernandes. **Caracterização de agregados miúdos por análise de imagem**. Vitória, ES: Faculdade Brasileira – Multivix Vitória, p. 1-3, 2017.

NEVILLE, Adam M. **Propriedades do concreto**; tradução Salvador E. Giammusso. 2ª ed. Pini, São Paulo, 1997.

TRISTÃO, Fernando Avancini et al. **Influência dos parâmetros texturais das areias nas propriedades das argamassas mistas de revestimento**. 2005.