

---

# ARQUITETURA E ENGENHARIA CIVIL contemporânea: inovação, tecnologia e sustentabilidade

---

**Adriano Mesquita Soares**  
(Organizador)

## **Direção Editorial**

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

## **Organizador**

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

## **Capa**

AYA Editora

## **Revisão**

Os Autores

## **Executiva de Negócios**

Ana Lucia Ribeiro Soares

## **Produção Editorial**

AYA Editora

## **Imagens de Capa**

br.freepik.com

## **Área do Conhecimento**

Engenharia

# **Conselho Editorial**

Prof.º Dr. Aknaton Toczec Souza

*Centro Universitário Santa Amélia*

Prof.ª Dr.ª Andréa Haddad Barbosa

*Universidade Estadual de Londrina*

Prof.ª Dr.ª Andreia Antunes da Luz

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Dr. Argemiro Midonês Bastos

*Instituto Federal do Amapá*

Prof.º Dr. Carlos López Noriega

*Universidade São Judas Tadeu e Lab. Biomecatrônica - Poli - USP*

Prof.º Me. Clécio Danilo Dias da Silva

*Centro Universitário FACEX*

Prof.ª Dr.ª Daiane Maria De Genaro Chirolí

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Danyelle Andrade Mota

*Universidade Federal de Sergipe*

Prof.ª Dr.ª Déborah Aparecida Souza dos Reis

*Universidade do Estado de Minas Gerais*

Prof.ª Ma. Denise Pereira

*Faculdade Sudoeste – FASU*

Prof.ª Dr.ª Eliana Leal Ferreira Hellvig

*Universidade Federal do Paraná*

Prof.º Dr. Emerson Monteiro dos Santos

*Universidade Federal do Amapá*

Prof.º Dr. Fabio José Antonio da Silva

*Universidade Estadual de Londrina*

Prof.º Dr. Gilberto Zammar

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Helenadja Santos Mota

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, IF Baiano - Campus Valença*

Prof.ª Dr.ª Heloísa Thaís Rodrigues de Souza

*Universidade Federal de Sergipe*

Prof.ª Dr.ª Ingridi Vargas Bortolaso

*Universidade de Santa Cruz do Sul*

Prof.ª Ma. Jaqueline Fonseca Rodrigues

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Dr. João Luiz Kovaleski

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.º Me. Jorge Soistak

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Dr. José Enildo Elias Bezerra

*Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Ubajara*

Prof.º Me. José Henrique de Goes

*Centro Universitário Santa Amélia*

Prof.ª Dr.ª Karen Fernanda Bortoloti

*Universidade Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Leozenir Mendes Betim

*Faculdade Sagrada Família e Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais*

Prof.ª Ma. Lucimara Glap

*Faculdade Santana*

Prof.º Dr. Luiz Flávio Arreguy Maia-Filho

*Universidade Federal Rural de Pernambuco*

Prof.º Me. Luiz Henrique Domingues

*Universidade Norte do Paraná*

Prof.º Me. Milson dos Santos Barbosa

*Instituto de Tecnologia e Pesquisa, ITP*

Prof.º Me. Myller Augusto Santos Gomes

*Universidade Estadual do Centro-Oeste*

Prof.ª Dr.ª Pauline Balabuch

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Me. Pedro Fauth Manhães Miranda

*Centro Universitário Santa Amélia*

Prof.º Dr. Rafael da Silva Fernandes

*Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Parauapebas*

Prof.ª Dr.ª Regina Negri Pagani

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.º Dr. Ricardo dos Santos Pereira

*Instituto Federal do Acre*

Prof.ª Ma. Rosângela de França Bail

*Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais*

Prof.º Dr. Rudy de Barros Ahrens

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

*Universidade Federal do Piauí*

Prof.ª Ma. Silvia Aparecida Medeiros

Rodrigues

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.ª Dr.ª Silvia Gaia

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Sueli de Fátima de Oliveira Miranda

Santos

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Thaisa Rodrigues

*Instituto Federal de Santa Catarina*

Prof.º Dr. Valdoir Pedro Wathier

*Fundo Nacional de Desenvolvimento Educacional, FNDE*

© 2021 - **AYA Editora** - O conteúdo deste Livro foi enviado pelos autores para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição Creative Commons 4.0 Internacional (**CC BY 4.0**). As ilustrações e demais informações contidas desta obra são integralmente de responsabilidade de seus autores.

---

A772 Arquitetura e engenharia civil contemporânea inovação, tecnologia e sustentabilidade [recurso eletrônico]. / Adriano Mesquita Soares (organizador) -- Ponta Grossa: Aya, 2021. 223 p. – ISBN 978-65-88580-77-6

Inclui biografia

Inclui índice

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

DOI 10.47573/aya.88580.2.48

1. Engenharia civil. 2. Materiais de construção. 3. Concreto. 4. Geração de energia fotovoltaica. 5. Sistemas de energia fotovoltaica. 6. Engenharia elétrica. 7. Energia solar. 8. Acidentes – Prevenção. 9. Estações meteorológicas. 10. Arquitetura. I. Soares, Adriano Mesquita. II. Título

CDD: 624

---

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Bruna Cristina Bonini - CRB 9/1347

## **International Scientific Journals Publicações de Periódicos e Editora EIRELI**

### **AYA Editora©**

CNPJ: 36.140.631/0001-53

Fone: +55 42 3086-3131

E-mail: contato@ayaeditora.com.br

Site: <https://ayaeditora.com.br>

Endereço: Rua João Rabello Coutinho, 557

Ponta Grossa - Paraná - Brasil

84.071-150

## **Estudo da influência da substituição de agregado miúdo natural por areia de britagem nas propriedades físicas e mecânicas do concreto**

### **Study of the influence of the replacement of natural thin aggregate by crushing sand on the physical and mechanical properties of concrete**

---

**Carlos de Azevedo**

*Acadêmico de Engenharia, Faculdade Educacional de Medianeira – UDC Medianeira*

**Michel Fernando Albertim**

*Engenheiro Civil, Mestre, Professor do Curso de Engenharia Civil, Faculdade Educacional de Medianeira – UDC Medianeira*

**Crislaine Trevisan da Rocha Ribeiro Ferrari**

*Professora Mestre do Curso de Engenharia Civil, Faculdade Educacional de Medianeira – UDC Medianeira*

DOI: [10.47573/aya.88580.2.48.2](https://doi.org/10.47573/aya.88580.2.48.2)

# Resumo

A qualidade do concreto é diretamente proporcional à qualidade dos agregados nele empregados. Os agregados miúdos possuem uma grande importância por exercer considerável influência nas propriedades do concreto no estado fresco e endurecido e um papel fundamental na trabalhabilidade da mistura. Um dos mais utilizados é a areia natural, além dos danos ambientais que sua exploração por dragagem pode ocasionar, refletindo no aumento de seu custo. Esse trabalho apresenta a viabilidade da substituição parcial da areia natural por areia artificial proveniente de britagem nas proporções de 25, 50, 75, 100% nas composições das amostras. A areia de britagem possui as características físicas e químicas necessárias para ser utilizada na fabricação de concreto, porém, deve-se um cuidado maior na dosagem. Métodos de dosagem das amostras foram desenvolvidas a partir do método ABCP e ensaios normalizados, onde por meio foi desenvolvido os traços. Para cada traço foi quantificados o seu abatimento, resistência à compressão axial e a tração. Admite-se que objetivo principal desta pesquisa foi completamente atingido, sendo que foi comprovada a viabilidade da substituição parcial ou até mesmo total, da areia natural pela areia artificial, onde é possível desenvolver um concreto com qualidades físicas e mecânicas e uma ótima trabalhabilidade sem perda de resistência. Sendo assim, a areia de britagem apresenta todos os requisitos necessários a um agregado miúdo, mantendo a maioria das propriedades dos concretos convencionais.

**Palavras-chave:** areia de britagem. concreto. agregados miúdos.

# Abstract

The quality of concrete is directly proportional to the quality of the aggregates used in it. Fine aggregates are of great importance as they exert considerable influence on the properties of concrete in the fresh and hardened state and play a fundamental role in the workability of the mixture. One of the most used is natural sand, in addition to the environmental damage that its exploitation by dredging can cause, reflecting the increase in its cost. This present work presents the feasibility of partial replacement of natural sand by artificial sand from crushing in proportions of 25, 50, 75, 100% in the sample compositions. Crushing sand has the necessary physical and chemical characteristics to be used in the manufacture of concrete, however, it took greater care in the dosage. Sample dosage methods were developed from the ABCP method and standardized tests, where the traces were developed. For each mix, its slump, axial compression strength, and tensile strength were quantified. It is admitted that the main objective of this research was completely achieved, and the feasibility of partial or even total replacement of natural sand by artificial sand was proven, where it is possible to develop concrete with physical and mechanical qualities and excellent workability without loss of resistance. Thus, crushing sand has all the requirements for a fine aggregate, maintaining most of the properties of conventional concretes.

**keywords:** crushing sand. concrete. fine aggregates.

## INTRODUÇÃO

O sucesso do concreto de cimento Portland é relatado por diversos pesquisadores como sendo segundo produto mais consumido na economia global, depois da água. Cimento Portland é principal matéria prima do concreto, em conjunto com o aço, formão o concreto armado (IBRACON, 2009).

Segundo revista IBRACON (2009), o concreto pode ser encontrado em nossas casas de alvenaria, em rodovias, em pontes, nos edifícios mais altos do mundo, em torres de resfriamento, em usinas hidrelétricas e nucleares, em obras de saneamento, até em plataformas de extração petrolífera móveis. Ainda conforme a revista a estima-se que anualmente são consumidas 11 bilhões de toneladas de concreto, aproximadamente, um consumo médio de 1,9 tonelada de concreto por habitante por ano. No Brasil, o concreto que sai de centrais dosadoras gira em torno de 30 milhões de metros cúbicos.

De jeito mais abreviado, pode dizer que o concreto é uma rocha artificial que é moldada pelo homem. As propriedades desse material que, depois de endurecido, tem resistência à compressão similar às rochas naturais e, uma boa resistência água, quando no estado fresco, tem fácil modelagem, possui boa trabalhabilidade, podendo ser moldada de diferentes formas geométricas (BASTOS, 2013).

Areia natural é material que tem origem natural e utilizado como um dos agregados miúdos na produção de concreto. A exploração ao logo dos anos tende a ficar escasso na natureza. Devido a isso existem normas e leis para extração da areia natural mirando a preservação das jazidas. A extração provoca danos ao meio ambiente comprometendo os leitos dos rios. Isso pode aumentar vazão da água, ocorrendo erosões nas margens (SANTOS, 2013).

A qualidade do concreto é diretamente proporcional à qualidade dos agregados nele empregados. Os agregados miúdos possuem uma grande importância por exercer considerável influência nas propriedades do concreto no estado endurecido e papel fundamental no custo e trabalhabilidade da mistura. Um dos mais utilizados é a areia natural, motivo pelo qual este recurso está ficando escasso, refletindo no aumento de seu custo. Sendo assim, a substituição parcial da areia natural por areia de britagem pode se tornar uma realidade. Sua uniformidade e maior facilidade de obtenção são as principais vantagens de utilização. A elevada quantidade de pó, a granulometria e a forma de seus grãos, que dependem do tipo de rocha e do britador utilizado, podem influenciar nas propriedades do concreto, sendo que os grãos arredondados possuem melhor desempenho frente aos grãos lamelares (ALMEIDA, SILVA, 2005).

Define-se que para agregado miúdo, areia natural, ou areia artificial que é resultante da britagem de rochas assentes, no qual, os grãos, tenham que atravessar pela peneira com as aberturas de 4.75mm e ficam armazenados na peneira com abertura de malha de 150  $\mu$  (ABNT NBR 7211, 2009).

A areia de britagem possui as características físicas e químicas necessárias para ser utilizada na fabricação de concreto, porém, necessitará maior quantidade de água. Atribui-se ao fato de que a areia de britagem possui uma proporção maior de partículas finas além de ser mais rugosa. Para não se empregar uma quantidade excessiva de água, prejudicando a resistência concreto é necessário utilizar aditivos plastificantes, a fim de obter uma boa trabalhabilidade sem

perda de resistência, uma vez que, quanto menor o valor da relação água/cimento maior a resistência, menor a sua permeabilidade e maior a sua durabilidade (CABRAL, 2007).

Quanto à durabilidade, os concretos que utilizam areia de britagem apresentam maior compacidade, ou seja, menor permeabilidade, associado à fração fina do pó da rocha. Sendo assim, a areia de britagem substituição gradual da areia natural por areia de britagem apresenta todos os requisitos necessários a um agregado miúdo, mantendo a maioria das propriedades do concreto (IBRACON, 2009).

## BASE TEÓRICA

O concreto de cimento Portland, é uma mistura de aglomerantes (cimento), agregados graúdo, miúdo e água em determinadas proporções. Na linguagem da construção civil, essa mistura é chamada de dosagem ou traço. De maneira sucinta, o concreto é uma pedra artificial que se molda à criatividade construtiva do homem. Após endurecido tem perpétua evolução, onde é capaz de desenvolver resistência similar às das rochas naturais e, quando no estado fresco, é composto plástico: possibilita sua modelagem em formas e tamanhos os mais variados (IBRACON, 2009).

O cimento Portland é composto de clínquer e de adições. O clínquer é principal componente, que apresenta como matéria-prima o calcário e a argila. Este componente reage quimicamente na presença da água, na qual ele, primeiramente, tornando-se pastoso e em seguida endurecendo, adquirindo elevada resistência e durabilidade (ABCP, 2002). Ainda, de acordo Guia Básico de Utilização do Cimento Portland menciona que o cimento pode ser entendido como um material com propriedades aglutinantes e, portanto, com capacidade de unir agregados em fragmentos minerais formando uma massa.

Agregados utilizados na construção civil são materiais minerais, sólidos inertes que, de acordo com granulometrias adequadas, são utilizados para fabricação de produtos artificiais resistentes mediante a mistura com materiais aglomerantes de ativação hidráulica ou com ligantes betuminosos (PETRUCCI, 1998).

Segundo ABNT NBR 7211 (2019), define-se que para agregado miúdo, areia natural ou artificial é material particulado de origem mineral no qual predomina o quartzo ou de rochas, no qual, os grãos, tenham que atravessar pela peneira com as aberturas de 4.75mm e ficam armazenados na peneira com abertura de malha de 0.15mm=150µm.

Segundo Almeida, Luz (2009) agregado natural (areia natural) é um material rígido que pode ser utilizado, no qual pode ser encontrado na natureza, bem como pode ser submetido à lavagem, classificação ou britagem. O autor define que agregado miúdo artificial, é resultante do processo de britagem, sua produção pode ser realizada no canteiro das pedreiras, esse procedimento se torna industrial.

Conforme Lang (2006), as rochas empregadas para produção de brita, é consequentemente utilizado para a produção da areia industrial, essas rochas denominadas como granitos, gnaisses, calcários, dolomitos e basaltos. Ainda segundo o autor, até pouco tempo atrás, a areia de britagem era considerada um material secundário, pouco desejável, devido a sua qualidade e forma lamelar, além da existência de grande quantidade de materiais finos.

A extração das rochas que serão encaminhadas ao processo de britagem e peneiramento de grandes blocos para dar origem à areia de britagem, é retirado de maciços rochosos de basalto com auxílio de explosivos (ALMEIDA, LUZ, 2009).

Lang (2006), menciona que depois da rocha passar por o britador mandíbula e tirar material granulométrico acima de 9.5mm considerado como gabião, rachão, brita graduada, brita 2, brita 1, brita 0, pedrisco o material que passa na peneira com abertura 9.5mm é levado por uma esteira até britador de impacto de eixo vertical, onde processo chamado de britagem rocha sobre rocha, o material triturável é alimentado através do centro do rotor, onde é acelerado a alta velocidade antes de ser descarregado pelas aberturas na periferia do rotor. O material é triturado quando atinge o corpo externo em alta velocidade e devido a rochas colidindo umas contra as outras, a velocidade dentro da câmara chega entorno 80m/s. Ainda, de acordo com o autor arredondamento acentuado do produto, ajuda plasticidade do concreto.

A grande quantidade de material que passa pela peneira 0.075mm (material pulverulento), estando presente no agregado industrializado acaba por influenciar duas características do concreto e das argamassas: a trabalhabilidade e a resistência à compressão. Ainda, segundo Cabral (Keillon Oliveira, 2007), essa proporção de finos demanda uma maior quantidade de água de amassamento. Assim, quanto maior a quantidade de areia industrial na mistura, mantida a mesma relação água/cimento, menor a trabalhabilidade.

A trabalhabilidade do concreto fresco refere-se à facilidade com o qual um concreto pode ser manipulado sem perder sua homogeneidade. Ainda um concreto que seja difícil de lançar e adensar não só aumentará o custo de manipulação como também em tese terá sua resistência, durabilidade e aparência, impróprias. de forma similar, misturas com elevada segregação e exsudação, são mais difíceis e mais caras na hora do acabamento e fornecerão concreto menos durável (NEVILLE, 2013).

É importante ressaltar que para dosagem do concreto a ABNT NBR 12655 (2015) utiliza conjunto de normas que são relacionados para produção do concreto armado. Como exemplo temos a ABNT NBR 6118:2014, que trata sobre projeto de estruturas de concreto; ABNT NBR 14931:2004, que trata sobre a execução dessas estruturas e ABNT NBR 16886:2020, que dispõe sobre a amostragem concreto fresco, entre outras.

A dosagem baseada em experiências anteriores é chamada de dosagem não experimental, já a dosagem experimental é baseada em estudos científicos (NEVILLE, 2016).

Existem vários métodos de dosagem experimental, dentre eles o ITERS, INT, IPT, ABCP, etc.

Existem diversos métodos de dosagem de concretos de Cimento Portland. Um dos mais conhecido publicado na década 80 pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), o método ABCP sob título “Parâmetros de Dosagem de Concreto”, no qual foi desenvolvido baseando-se no método de dosagem do ACI (*American Concrete Institute*), adaptado para as condições.

Segundo Rodrigues (1998) o método ABCP para estimar a quantidade de água necessária para que a mistura fresca, onde pode adquirir uma determinada consistência, utiliza uma correlação entre abatimento do tronco de cone requerido e dimensão máxima do agregado graú-

do, onde forma e textura dos grãos, mais especificamente, da área específica do agregado total da mistura. O método permite a obtenção de misturas com uma determinada consistência aliada ao menor volume de vazios. Assim, determina-se um teor ótimo do agregado graúdo na mistura por meio de uma relação adequado do agregado graúdo/agregado miúdo, partindo-se do princípio de colocar na mistura o máximo volume de agregado compactado seco por metro cúbico de concreto. O método exige o conhecimento das seguintes informações: massa específica do cimento e nível de resistência aos 28 dias; ensaios de granulométrica, massa específica e massa unitária compacta dos agregados; dimensão máxima característica do agregado graúdo e miúdo; consistência desejada do concreto fresco e resistência de dosagem do concreto.

Segundo Neville (2013), a característica do concreto depende do controle de suas propriedades, tanto no estado fresco, quanto no estado endurecido. Muitas vezes, o ensaio de resistência à compressão, torna-se o principal ensaio para o controle tecnológico do concreto, mesmo que a resistência característica seja aceitável para tal necessidade, isso não garante a qualidade final do concreto, pois pode não proporcionar as propriedades para desenvolver um bom desempenho e durabilidade.

A consistência do concreto é uma das medidas de referência das características do concreto, onde capaz de fornecer uma avaliação completa da trabalhabilidade do concreto. O ensaio mais conhecido, que mede a consistência do concreto, é o denominado ensaio de abatimento do tronco de cone, denominado como *Slump Test* (NEVILLE, 2016). Ainda, o abatimento é uma das medidas das características do concreto, motivo pelo qual seu valor costuma ser especificado no pedido do concreto.

Segundo o ensaio de abatimento do tronco de cone NBR 16889 (ABNT, 2020) tem como objetivo verificar a uniformidade do abatimento entre uma remessa e outra de concreto. Este ensaio aplica-se a concretos cuja consistência seja plástica, com abatimento igual ou superior a 10 mm, conforme a NBR 8953 (ABNT, 2015).

De acordo ABESC (2000), o concreto precisa apresentar-se uma boa durabilidade e resistência em relação a intempéries e abrasividade.

Os principais ensaios de controle para concreto endurecido são: ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos, determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos, entre outros, onde determinação da resistência tem como referência sua durabilidade, o que diz sobre sua vida útil (ABESC, 2000).

No presente trabalho, foi analisada a viabilidade técnica do uso da areia basáltica em substituição parcial e total nas proporções de 0, 25, 50, 75 e 100% à areia convencional de rio, para produção de concretos utilizados na construção civil, mediante uma caracterização física e química dos resíduos derivados de britagem e da determinação da resistência à compressão, tração e de sua trabalhabilidade.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Materiais

Na composição do concreto utilizou-se o cimento CP II Z 32 da Votorantim, água potável e os agregados empregados foram areia artificial, areia natural, brita 1 os quais foram caracterizados segundo os ensaios das normas técnicas citadas no Quadro 1. Para caracterização granulometria utilizou os limites da distribuição da NBR - 7211 (ABNT, 2009).

**Quadro 1 - Ensaios realizados para a caracterização dos agregados**

Ensaios	Norma de Ensaios/ano
Composição granulométrica	ABNT NBR NM 248/2003
Massa específica aparente do agregado miúdo	ABNT NBR 16916/2021
Massa específica aparente do agregado graúdo	ABNT NBR 16917/2021
Absorção de água agregado graúdo e miúdos	ABNT NBR NM 30/2001
Massa unitária e volume de vazios	ABNT NBR 16972/2021
Material pulverulento	ABNT NBR 16973/2021

Fonte: Autor, 2021

### Métodos de proporcionar os concretos

Metodologia para verificar a influência da areia artificial de rocha britada em substituição à areia natural, nas propriedades do concreto no estado fresco e endurecido, levando-se em conta os aspectos mecânicos, físico. Para entender essa influência, os concretos foram dosados pelo método ABCP, conforme a apresentado por Rodrigues (1984), abatimento pelo tronco de cone foi fixado em  $80 \pm 10$ mm. A determinação dos traços foi baseada na análise granulométrica, massa específica aparente e massa unitária no estado compacto.

Após caracterizados dos materiais, aplicou-se o método ABCP, utilizou uma correlação entre a resistência do cimento com a resistência média do concreto à compressão ( $f_c$ ), adotou resistente mínima para estruturas concreto, foi fixado em uma resistência média 20 megapascals (Mpa), desvio padrão optou 7 ( $\sigma$ ), onde cimento medido em massa, agregados e água em volume, com resultado da resistência média do concreto à compressão ( $f_c$ ), foi feito uma correlação na curva Abrams e chegou-se em relação água/cimento ( $w/c$ ), utilizou esse valor para todos os traços, assim como consumo de cimento, onde variou somente os agregados na substituições.

Levando em consideração etapa anterior os resultados do módulo de finura da areia (MF), dimensão máxima característica do agregado graúdo (DMC), definindo-se os traços com 100% de areia natural e 100% areia artificial. Para realizar as substituições de 25%, 50% e 75% realizou-se uma média entre os traços referência, essa média foi feita para a brita e areia artificial e natural mostrados os percentuais de substituição no Quadro 2.

**Quadro 2 - Traços utilizados para cara percentual de substituição**

Nº da Mistura	Composição do traço (cimento; areia artificial; areia natural; brita)					
	Cimento (%)	Areia (%)		Brita (%)		Relação a/c (%)
		Artificial	Natural	Traço 1	Traço 5	
traço 1	100	100	0	100	0	100
traço 2	100	75	25	75	25	100
traço 3	100	50	50	50	50	100
traço 4	100	25	75	25	75	100
traço 5	100	0	100	0	100	100

Fonte: Autor, 2021

## Processo de produção e avaliação do concreto

Após quantificar a quantidade de concreto a ser produzido, onde essa quantificação foi feita a partir da quantidade de corpos empregados na pesquisa, foram iniciados, então, os procedimentos de mistura mecânica dos materiais, em velocidade lenta, no tempo de 4 a 5 minutos. Foram confeccionadas 2 betonadas de concreto por traço, para verificação da consistência foi utilizado a ABNT NBR 16889/2020, ainda, após essa etapa foram moldados 30 corpos de prova por traço de acordo com as recomendações da ABNT NBR 5738/2015, os corpos de prova prismático com dimensões de 10cm diâmetro e 20cm altura.

Após 24 horas os corpos-de-prova eram desmoldados e colocados dentro de câmaras úmidas, onde permaneceram até a data da realização do ensaio de resistência.

Os corpos-de-prova após cura foram retirados da câmara úmida e levados até a prensa para serem rompidos. Os ensaios do concreto endurecido à resistência à compressão e tração por compressão diametral, foram realizados após 3, 7, 28 dias, esses ensaios estão descritos Quadro 3 e suas respectivas normas.

**Quadro 3 - Avaliação das propriedades mecânicas do concreto endurecido**

Traço	Dimensão dos corpos prova	Determinação da resistência a compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto ABNT NBR 5739/2018			Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos de concreto ABNT NBR 7222/2011		
		3 dias	7 dias	28 dias	3 dias	7 dias	28 dias
TR1	10×20	5	5	5	5	5	5
TR2	10×20	5	5	5	5	5	5
TR3	10×20	5	5	5	5	5	5
TR4	10×20	5	5	5	5	5	5
TR5	10×20	5	5	5	5	5	5
<b>Sub total de amostra</b>		<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>
<b>Total das amostras</b>		<b>150</b>					

Fonte: Autor, 2021

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentação e análise dos resultados obtidos na metodologia experimental. Trata-se da avaliação das caracterizações dos agregados graúdos, da areia natural, da areia de britagem também chamada neste capítulo de areia artificial, além de análises referente às propriedades dos concretos nos estados frescos e endurecido.

### Resultados da composição granulométrica dos agregados

Foi utilizado duas amostras de 1.000 gramas de areia artificial para cálculo da média das porcentagens retidas e acumuladas, a Tabela 3 apresenta os resultados obtidos juntamente com o módulo de finura (MF) e a dimensão máxima característica (DMC), proporcionado pela composição granulométrica da areia artificial utilizada na pesquisa. O agregado artificial em estudo é uma areia produzida no processo de britamento a seco.

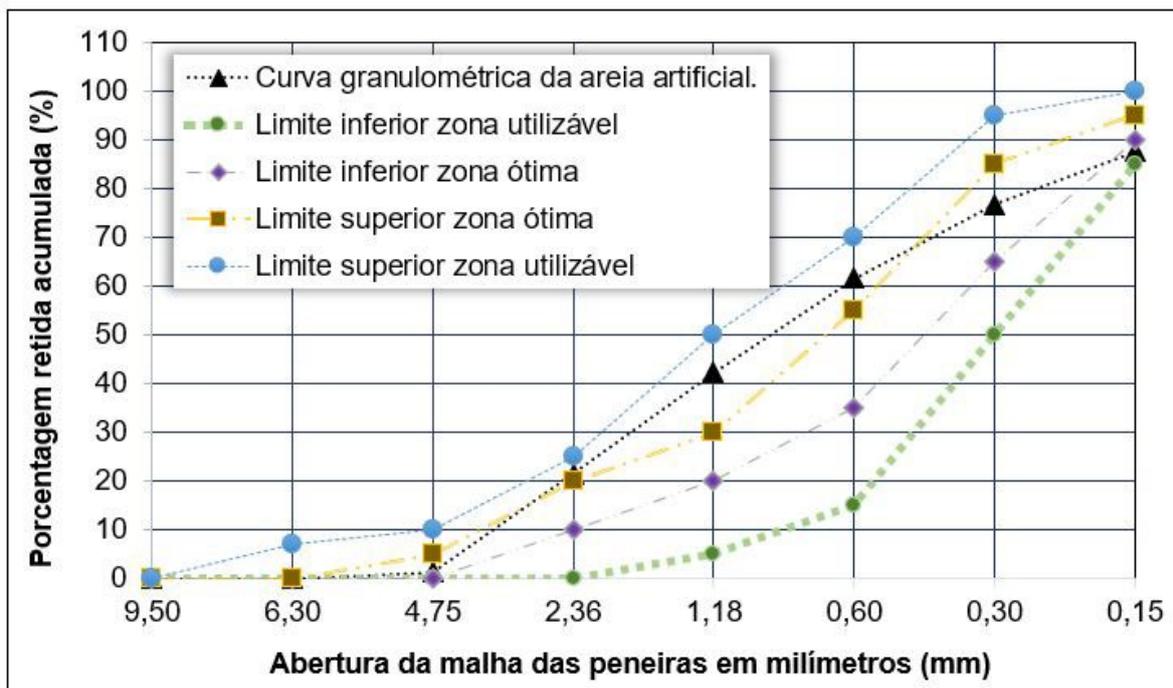
Tabela 1 - Resumos dos resultados da areia artificial

MÉTODO	ENSAIO REALIZADO	RESULTADO
NBR NM 248 (ABNT, 2003)	Granulometria (MF)	2,9
NBR NM 248 (ABNT, 2003)	D. Máx. C (mm)	4,75

Fonte: Autor, 2021

No Gráfico 1, a curva granulométrica do agregado ensaiado, onde obteve uma boa distribuição. A curva mostra-se com boa parte de sua distribuição granulométrica dentro dos limites superiores de utilização, porém, entre do ponto da peneira 0,30mm a curva saiu e retorna próximo 0,15mm, onde ficou acima da zona do limite superior ótima, de acordo com NBR 7211/2019 está dentro dos limites utilização. Sendo assim, esse material pode ser empregado sem nenhuma restrição devido sua variação menor que 4%.

Gráfico 1 - Composição granulométrica da areia artificial



Fonte: Autor, 2021

As Tabela 2 apresentam os resultados obtidos das duas amostras de 500 gramas juntamente com o módulo de finura (MF) e a dimensão máxima característica (DMC), proporcionado pela composição granulométrica da areia natural utilizada na pesquisa. Trata-se de uma areia natural lavada e de boa qualidade.

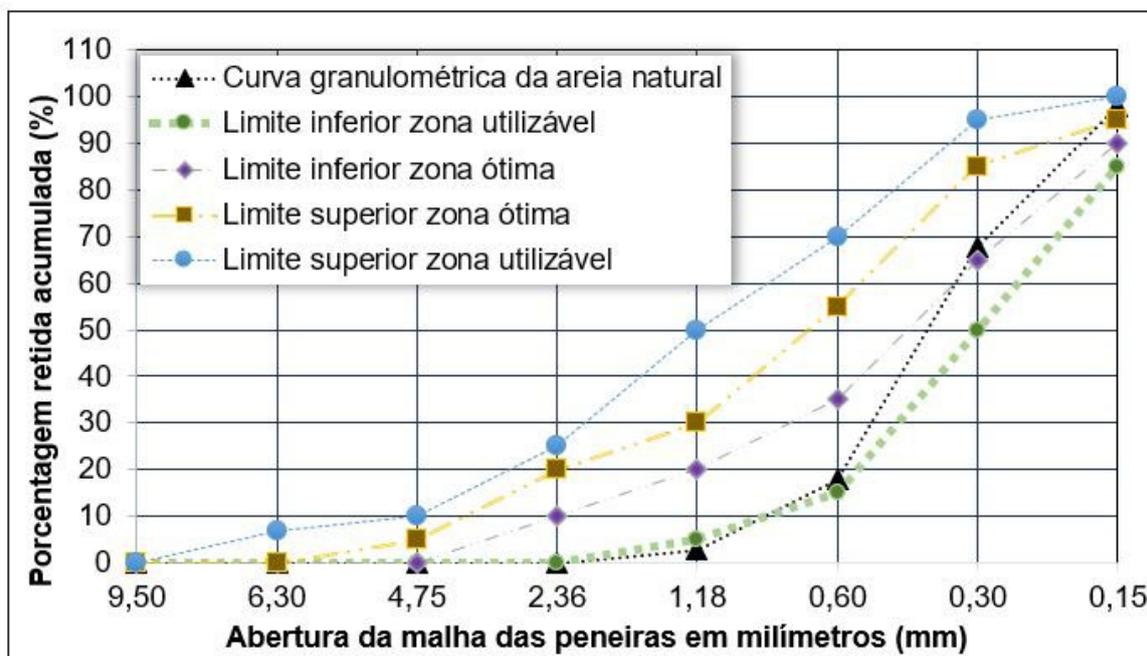
**Tabela 2 - Resumos dos resultados da areia natural**

MÉTODO	ENSAIO REALIZADO	RESULTADO
NBR NM 248 (ABNT, 2003)	Granulometria (MF)	1,9
NBR NM 248 (ABNT, 2003)	D. Máx. C	2,36

Fonte: Autor, 2021

A curva granulométrica obtida para a areia natural empregada na produção do concreto está ilustrada no Gráfico 3, onde é possível verificar que grande parte da curva granulométrica divergiu dentro dos limites inferior de utilização, onde início dentro dos limites inferior utilizável, próximo da peneira 2,36mm a curva saiu e retornou entre peneira 1.18mm e 0,60mm, a partir desse ponto à curva mostrou-se com boa parte de sua distribuição granulométrica dentro dos limites de utilização, determinados pela NBR 7211/2019 para agregado miúdo, sendo assim esse material pode ser empregado sem nenhuma restrição devido sua variação menor que 4%. Observou-se, também, que pouco menos de 11% do material ensaiado passou pela na peneira 0,15mm. Vale ressaltar que está areia é vendida no mercado da região como areia média, porém de acordo com sua granulometria é uma areia fina.

**Gráfico 2 - Composição granulométrica da areia natural**



Fonte: Autor, 2021

A Tabela 1 mostra o resultado da caracterização do agregado graúdo (brita 0), onde o agregado graúdo apresentou Dimensão Máxima Característica (DMC) igual a 12.5 mm. DMC é a abertura da malha, em milímetros, da peneira da série normal na qual ficou retida acumulada a porcentagem de agregados, em massa, igual ou imediatamente inferior a 4%. O Módulo de Finura (MF) foi igual a 3,00. MF é a soma das porcentagens, em massa, retidas acumuladas nas peneiras da série normal, dividida por 100. Utilizou-se de duas amostras de 1.000 gramas para

cálculo. Esses parâmetros foram utilizados para a classificação dos agregados e também nas dosagens experimentais do concreto.

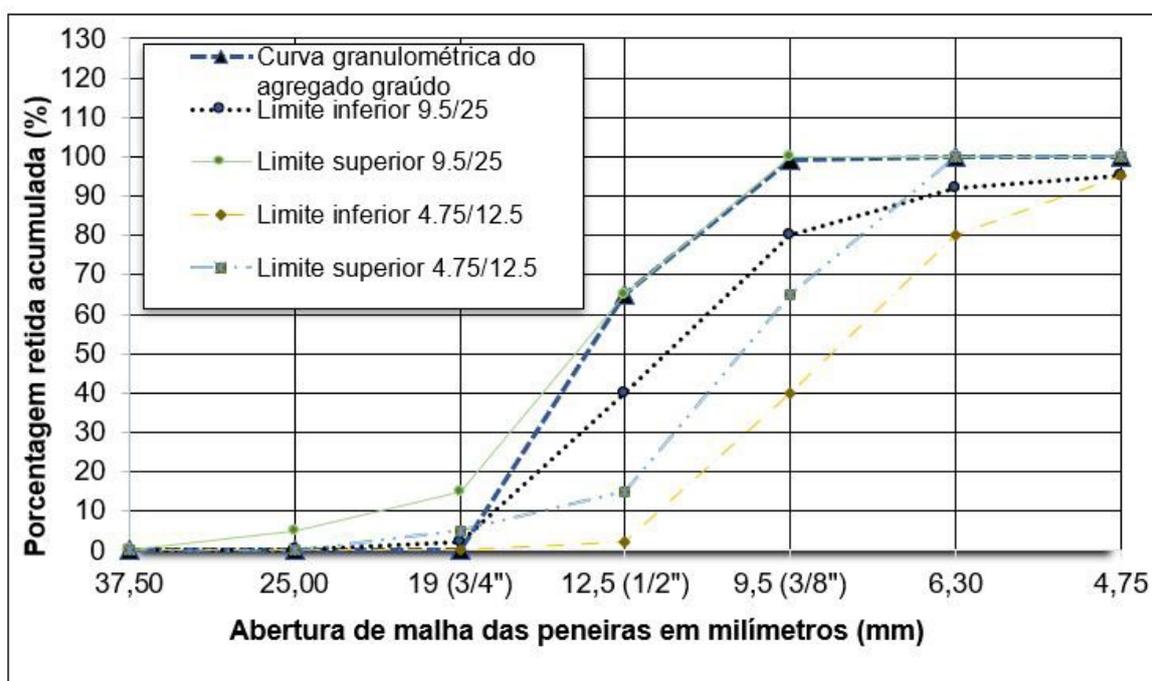
**Tabela 3 - Resultado da caracterização do agregado graúdo**

MÉTODO	ENSAIO REALIZADO	RESULTADO
NBR NM 248 (ABNT, 2017)	Granulometria (MF)	3,0
NBR NM 248 (ABNT, 2017)	D. Máx. (mm)	12,5 (1/2")

Fonte: Autor, 2021

A curva granulométrica obtida para o agregado graúdo empregado na produção do concreto está ilustrada no Gráfico 3. Verificar-se que grande parte da curva granulométrica percorreu dentro dos limites 9.5/25, iniciou entre limites inferior 9,5/25 e 4,75/12,5, evolução constantemente até chegar à peneira 12.5mm, onde a partir desse ponto à curva mostrou-se com boa parte de sua distribuição granulométrica dentro dos limites superior, de acordo com a NBR 7211/2019 está dentro dos limites determinados para a fração 9,5/25, ou seja, brita classificada como número 1.

**Gráfico 3 - Curva granulométrica da brita 1**



Fonte: Autor, 2021

## Massa unitária e compacta dos agregados

Os resultados obtidos nos ensaios de massa unitária e compacta estão apresentados no Quadro 4.

**Quadro 4 - Massa unitária e compacta**

Ensaio Realizado NBR 16972 (ABNT, 2021)	Material		
	Areia artificial (Kg/m³)	Areia natura (Kg/m³)	Brita 1 (Kg/m³)
Massa unitária compacta	1627,5	1573,5	1570,5
Massa unitária estado solto	1847,5	1700,5	1726,5

Fonte: Autor, 2021

A diferença da massa unitária para a compacta da areia artificial foi de 12%, já da areia natural teve 7% e da brita 9%. De acordo com Neville (2016), a massa unitária depende do nível de compactação do agregado, ainda, a massa unitária dependerá da granulometria e da forma das partículas.

As partículas de uma única dimensão podem ser compactadas até certo limite, mas frações menores podem ser adicionadas aos vazios entre as maiores, aumentando, assim, a massa unitária, devido ao baixo grau de empacotamento da areia natural e a forma das suas partículas, pode aumentar significativamente o índice de vazios (Neville, 2016).

Segundo Neville (2016), a relação entre a massa unitária em estado solto e a massa unitária compactada, em geral, resulta entre os limites 4% a 13%, podemos observar que está dentro dos limites o ensaio.

Após todos os ensaios de caracterização, ensaios de massa unitária e compacta, se faz necessário o ensaio da densidade e da absorção de água do agregado.

## Massa específica aparente e absorção de água

Os resultados obtidos nos ensaios de massa específica aparente e absorção de água dos agregados demonstrados no Quadro 5.

**Quadro 5 - Massa específica e absorção de água dos agregados**

Ensaio Realizado Agregado miúdo NBR 16916/2021 Agregado graúdo NBR 16917/2021	Material		
	Areia artificial (Kg/m <sup>3</sup> )	Areia natura (Kg/m <sup>3</sup> )	Brita 1 (Kg/m <sup>3</sup> )
Absorção de água (%)	1,74	0,73	1.46
Massa específica (Kg/m <sup>3</sup> )	2723,5	2594.7	2997,1
Massa específica aparente (Kg/m <sup>3</sup> )	2600,3	2565,2	-
Massa específica na condição saturada SSS (kg/m <sup>3</sup> )	2645,5	2546,7	2913.3

Fonte: Autor, 2021

Como esperado, verificou-se que os agregados britados possuem massa específica maior do que o agregado natural, o que permite concluir que os agregados derivados de britagem apresentam uma densidade maior do que o agregado natural. Pode-se observar os resultados obtidos para a absorção de água. Para Bastos (2002), os materiais capazes de absorver mais água são mais porosos, desse modo, areia artificial foi a que mais apresentou-se absorção, cerca de 41.95% a mais que a areia natural.

De acordo NBR 16916/2021 e 16917/2021, a qual determina que a absorção de água para agregados miúdos e graúdos deve ser menor ou igual a 2%.

Massa específica do cimento CP II-Z-32 da Votorantim, especificado no saco igual a 2950 kg/m<sup>3</sup>.

## Material Pulverulento

No Quadro 6 apresenta-se as porcentagens das amostras ensaiadas, de material pulverulento, dos agregados utilizados neste trabalho.

**Quadro 6 - Média do material pulverulento dos agregados**

Ensaio Realizado NBR 16973 (ABNT, 2021)	Material fino que passa na peneira 0,75mm por lavagem (%)		
	Areia artificial	Areia natural	Brita 1
	3,54	0,27	0,43

Fonte: Autor, 2021

De acordo com os resultados apresentados, o material pulverulento da areia natural e da areia artificial estão dentro do limite permitido pela norma NBR 7211 (2019), podendo variar entre 3% e 5%. Ainda, de acordo com a norma a brita 1 apresenta uma quantidade de material pulverulento dentro do limite permitido, sendo que máximo de 1%.

## Traços Proporcionalizado a partir do Análise dos Resultados

A partir dos resultados da caracterização dos materiais, foi possível desenvolver os dois traços previstos para substituição.

Após correlação entre a resistência do cimento com a resistência média do concreto à compressão, utilizando-se a curva Abrams e chegou-se em relação água/cimento de 0,53, utilizou esse valor para todos os traços.

Em seguida realizou-se a interpolação linear para achar consumo de água por metro cúbico ( $m^3$ ), devido que a tabela de Rodrigues (1998) apresenta a dimensão entre um intervalo de 9.5mm e 19mm do agregado grado, onde calculado apresenta uma dimensão máxima de 12,5 mm, o abatimento do tronco do cone empregou 60 a 80mm, onde chegou resultado de 217.5 kg/ $m^3$ , utilizou esse valor para todos traços.

O mesmo procedimento descrito a cima foi feito para interpolar volume compactado seco do agregado graúdo por metro cubico de concreto ( $m^3$ ), como esse resultado define-se conforme a dimensão máxima do agregado graúdo e módulo de finura do agregado miúdo, onde os agregados miúdos possuem resultados distintos, utilizou esse resultado somente em seus respectivos traços. O resultado utilizado para o traço com 100% de areia artificial é de 0.57 e para 100% areia natural é de 0.67. Com todos os parâmetros definidos, realizou-se os cálculos dos traços baseando-se no método de dosagem ABCP, descritos por Rodrigues (1998), estão apresentando na Tabela 4. Já na Tabela 5 está o traço unitário em massa.

Tabela 4 - Traços dos concretos utilizados

Nº da Mistura	Composição do concreto		Resistência média do concreto à compressão ( $f_{cmj}$ ) (MPa)	Relação $a/c$	Água ( $C_{ag}$ ) (kg/m³)	Cimento ( $C_c$ ) (kg/m³)	Volume do agregado miúdo ( $V_a$ ) (m³)	Areia natural ( $C_{AN}$ ) (kg/m³)	Areia artificial ( $C_{AA}$ ) (kg/m³)	Brita ( $C_b$ ) (kg/m³)
	AN (%)	AA (%)								
1	100	0	31,55	0,53	217,5	410,39	0,258	668,70	0,00	1155,85
2	75	25	31,55	0,53	217,5	410,39	0,271	501,52	212,73	1114,84
3	50	50	31,55	0,53	217,5	410,39	0,285	334,35	425,47	1073,84
4	25	75	31,55	0,53	217,5	410,39	0,299	167,17	638,20	1032,83
5	0	100	31,55	0,53	217,5	410,39	0,312	0,00	850,94	991,83

Fonte: Autor, 2021

Tabela 5 - Traço unitário de cada mistura, em massa

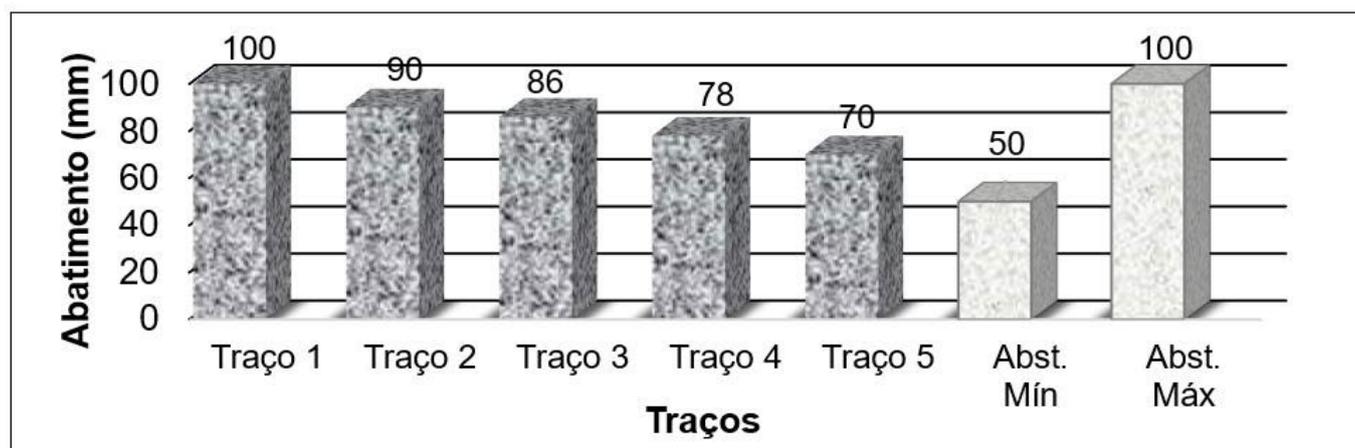
Nº da Mistura	Composição do concreto		Cimento ( $C_c$ ) (kg/m³)	Areia natural ( $C_{AN}$ ) (kg/m³)	Areia artificial ( $C_{AA}$ ) (kg/m³)	Brita ( $C_b$ ) (kg/m³)	Água ( $C_{ag}$ ) (kg/m³)
	AN (%)	AA (%)					
1	100	0	1,00	1,63	0,00	2,82	0,53
2	75	25	1,00	1,22	0,52	2,72	0,53
3	50	50	1,00	0,81	1,04	2,62	0,53
4	25	75	1,00	0,41	1,56	2,52	0,53
5	0	100	1,00	0,00	2,07	2,42	0,53

Fonte: Autor, 2021

## Ensaio do concreto no estado fresco

Foi realizada um ensaio de abatimento de tronco de cone ( para todos os traços desenvolvidos, no qual apresentou uma variação entre trabalhabilidade  $70 \leq A < 100$ . De acordo NBR 8953/2015, a consistência dos traços ficou na classe S50, onde possui variação de abatimento de  $50 \leq A < 100$ , ainda, essa classe pode ser aplicada em alguns tipos de elementos de fundações. Pode-se observar que no Gráfico 4 essa comparação, onde na qual à uma pequena tendência de maior perda de abatimento com o aumento da substituição da areia natural pela artificial, mais evidente no traço 5 que possui 100% de areia artificial.

Gráfico 4 - Variação de trabalhabilidade do concreto e a referência



Fonte: Autor, 2021

## Ensaio do concreto no estado endurecido

O ensaio para determinar a resistência à compressão axial foi realizado em corpos de prova prismático de 10x20cm nas idades de 7, 14 e 28 dias, segundo a norma NBR 5739 (ABNT, 2018), para cada idade avaliou-se 5 corpos por traço, onde fez uma média dessa resistência, os resultados estão apresentados na Tabela 6, ainda, apresenta-se os resultados dos desvios padrões conforme NBR 7212 (ABNT, 2021).

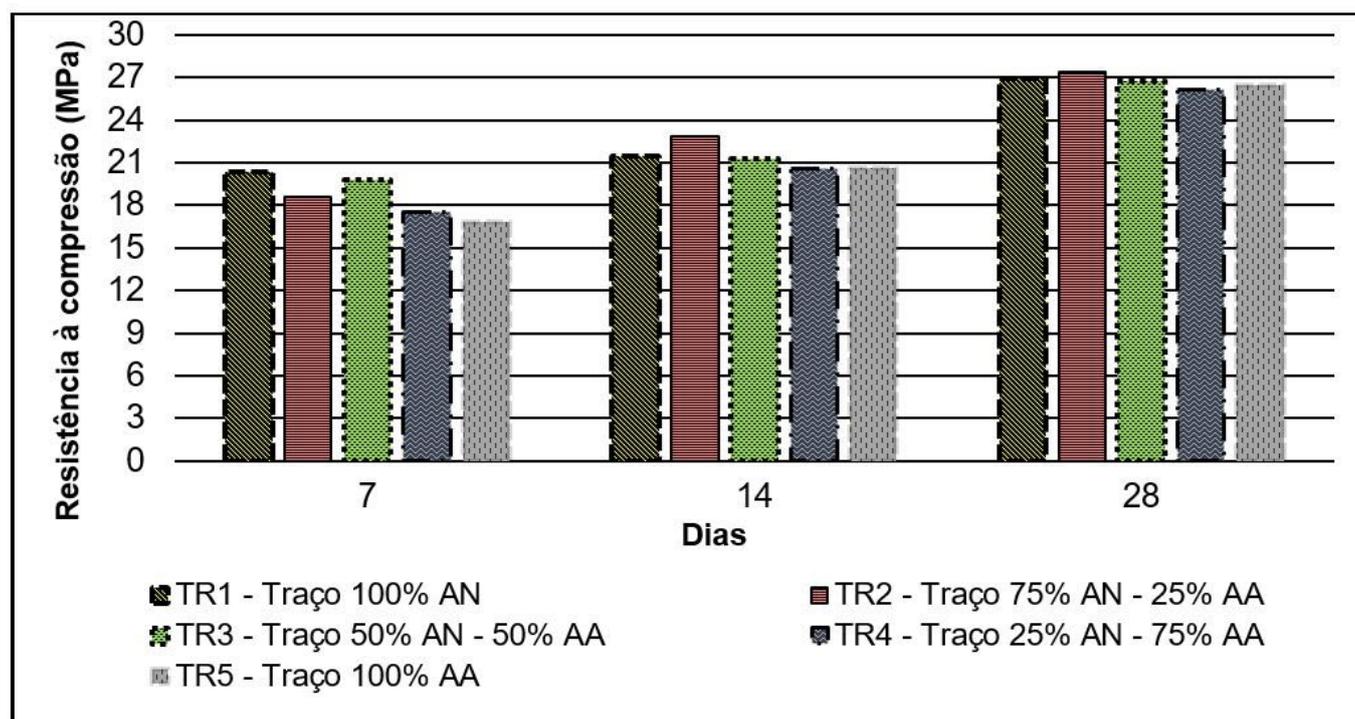
Tabela 6 - Resultados da resistência à compressão aos 7, 14 e 28 dias

Traço	Média dos ensaios de resistência de compressão (MPa)			Desvio padrão da Resistência a compressão (MPa)		
	7 dias	14 dias	28 dias	7 dias	14 dias	28 dias
TR1	20,32	21,48	26,97	0,90	0,94	1,20
TR2	18,57	22,85	27,36	1,30	0,40	0,71
TR3	19,80	21,32	26,74	1,22	0,88	1,15
TR4	17,55	20,61	26,17	0,56	0,67	0,65
TR5	16,84	20,67	26,44	0,58	0,58	1,01

Fonte: Autor, 2021

Pra melhor entendimento apresenta o Gráfico 5, onde apresenta a variação da resistência a compressão dos traços desenvolvidos, com a categoria de 20MPa após 28 dias. Nas três idades de ruptura nota-se que no traço TR1 (Traço-100%AN) na primeira semana obteve a maior resistência, já na segunda semana obteve uma resistência inferior e na terceira semana persistiu a resistência do TR2(Traço-25%AA-75%AN) chegado em 27,97 MPa. Vale ressaltar que os resultados apresentados são uma média do rompimento de 150 corpos de prova, ainda resistência média de 20Mpa. Nas três idades de ruptura nota-se que no traço TR1 (Traço-100%AN) na primeira semana obteve a maior resistência, já na segunda semana obteve uma resistência inferior e na terceira semana persistiu a resistência do TR2(Traço-25%AA-75%AN) chegado em 27,97 MPa. Vale ressaltar que os resultados apresentados são uma média do rompimento de 150 corpos de prova, ainda resistência média de 20Mpa.

Gráfico 5 - Resistência à compressão aos 7, 14 e 28 dias



Fonte: Autor, 2021

O ensaio para determinar a resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos foi realizado em corpos de prova 10x20cm, nas idades de 7, 14 e 28 dias, segundo a norma NBR 7222 (ABNT, 2018), para cada idade avaliou-se 5 corpos por traço, onde fez uma média dessa resistência, verificou-se o desvio padrão da resistência conforme NBR 7212 (ABNT, 2011), esses resultados estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Resistência à tração por compressão diametral

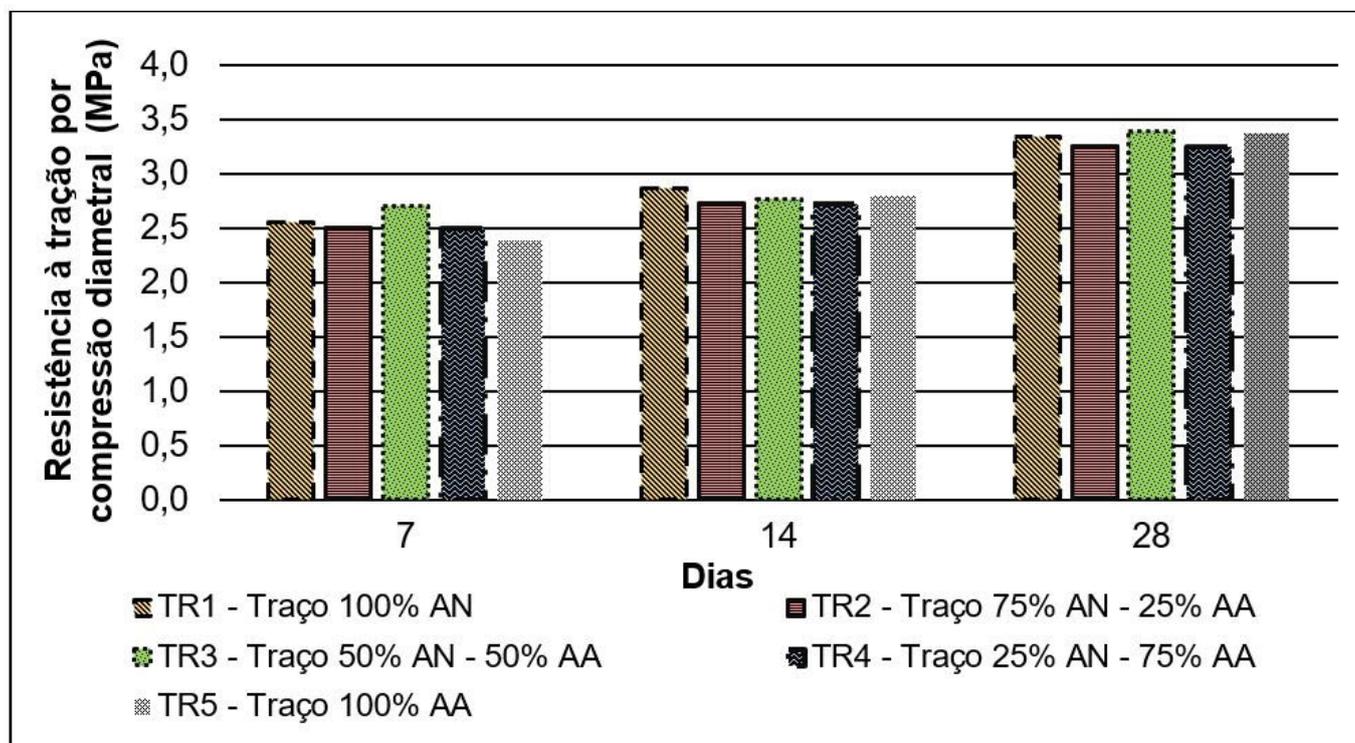
Traço	Média dos ensaios à tração por compressão diametral (MPa)			Desvio padrão da Resistência a compressão (MPa)		
	7 dias	14 dias	28 dias	7 dias	14 dias	28 dias
TR1	2,56	2,87	3,35	0,28	0,18	0,35
TR2	2,50	2,73	3,25	0,26	0,20	0,38
TR3	2,71	2,77	3,39	0,28	0,21	0,31
TR4	2,50	2,73	3,25	0,26	0,20	0,38
TR5	2,39	2,80	3,38	0,35	0,15	0,32

Fonte: Autor, 2021

Através dos resultados pode-se observar no Gráfico 6 que a resistência à tração por compressão diametral aumentou com o passar dos dias. Sendo que a maior resistência no 7 dia foi 2.71MPa, esse traço (TR3) correspondia à 50% de areia artificial e 50% de areia natural, ainda, após os 14 a resistência não evoluiu tanto quanto ao traço (TR1) com 100% de areia natural, já aos 28 dias à resistência à tração por compressão do traço TR3 teve um aumento de 5.66%

comparando com traço TR1, chegando num valor de 3,39. Já menor a resistência à tração ao 7 dia foi a do traço (TR5) com 100% de areia artificial, ficando cerca de 13.39% menor que traço TR3, após 14 dias o traço TR5 ficou maior que o traço TR3, próximo de 1%, já os 28 dias o traço TR5 ficou próximo do traço TR3, com sua resistência de 0.3% menor.

Gráfico 6 - Valores de resistência a tração aos 7, 14 e 28 dias



Fonte: Autor, 2021

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi confirmado que a areia natural utilizada para confecção de concreto e argamassa na região de Medianeira-PR apresenta uma granulometria abaixo da do que vendida, classificado zona 2 fina, de acordo com a norma NBR - 7211 (ABNT, 2009).

A areia artificial basáltica, utilizada neste trabalho, possui uma distribuição granulometria classificada como sendo areia média (zona 3), de acordo com a norma NBR - 7211 (ABNT, 2009).

A agregado graúdo, utilizada neste trabalho, possui uma distribuição granulometria classificada como sendo brita 1, de acordo com a norma NBR - 7211 (ABNT, 2009).

O teor de material pulverulento dos agregados miúdos usados no concreto, ficou entre 0.3% e 4% permitido pela norma de especificação NBR 16973 (ABNT, 2021).

Conforme iniciou as substituições em massa da areia natural pela artificial, houve redução do abatimento. Com 25% de substituição, ocorreu uma perda de 10% de abatimento.

Diante dos resultados obtidos, pode-se afirmar que o método ABCP, resultou em concreto com melhor resistência à compressão, atingindo 27,97 MPa a qual foi superior a resistência característica do concreto à compressão de 20 Mpa.

Na tração por compressão diametral, não foi possível observar diferenças significativas

para os concretos estudados, após substituição dos agregados. Para todos concretos, a razão entre os resultados de compressão e tração ficou dentro dos limites NBR 7222 (ABNT, 2018).

Podemos entender que areia de origem de britagem possui características semelhantes à da areia natural, utilizando de forma correta é capaz de apresentar uma boa trabalhabilidade sem perda de resistência, como provada na literatura posteriormente.

## AGRADECIMENTOS

À Faculdade Educacional de Medianeira – UDC Medianeira, ao Orientador e Professor Me. Michel Fernando Albertim, a coordenadora do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Educacional de Medianeira – UDC Medianeira Professora Ma. Dayana Ruth Bola Oliveira, e a todos os que auxiliaram no desenvolvimento desse tema.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. L. M.; SILVA, V. S. Areia artificial: Uma alternativa econômica e ambiental para o mercado nacional de agregados. In: II SUFFIB - SENINÁRIO: o Uso da Fração Fina da Britagem. 2005. São Paulo. Artigos em CDROM. São Paulo, (2005). Disponível em: <https://www.cetem.gov.br/images/congressos/2005/CAC00180005.pdf>. Acesso em: 14 abril. 2021.

ALMEIDA, Salvador Luiz Matos; LUZ, Adão Benvindo. Manual de Agregados para Construção Civil. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral – Ministério da Ciência e Tecnologia, 2009. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/482/1/Manual%20de%20Agregados%20-1a%20Edicao%28Adao%20e%20Salvador%29.pdf>. Acesso em: 20 março 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). Guia Básico De Utilização Do Cimento Portland. Revista Científica, 2002. Disponível em: <https://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2012/11/28-Guia-basico-de-utilizacao-do-cimento-portland.pdf>. Acesso em: 14 abril. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM (ABESC). Manual Do Concreto Dosado Em Central Revista Científica, 2000. Disponível em: <http://www.abesc.org.br/assets/files/manual-cdc.pdf>. Acesso em: 1 maio. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_ NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2007.

\_\_\_\_ NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_ NBR 7212: Concreto dosado em central - Preparo, fornecimento e controle – Especificação. Rio de Janeiro, 2021.

\_\_\_\_ NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_ NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

\_\_\_\_\_ NBR 7222: Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_ NBR 8953: Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_\_ NBR 12655: Concreto de cimento Portland — Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_\_ NBR 16886: Concreto — Amostragem de concreto fresco. Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_\_ NBR 16916: Agregado miúdo - Determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2021.

\_\_\_\_\_ NBR 16889: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 2020.

\_\_\_\_\_ NBR 16917: Agregado graúdo - Determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2021.

BASTOS TEODORO, Sabrina. Avaliação Do Uso Da Areia De Britagem Na Composição Do Concreto Estrutural. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Juiz de Fora. Disponível em: <https://www.ufjf.br/engenhariacivil/files/2012/10/TCC-AVALIA%C3%87%C3%83O-DO-USO-DA-AREIA-DE-BRITAGEM-NA-COMPOSI%C3%87%C3%83O-DO-.pdf>. abril. 2021.

BASTOS, S. R. B. Uso da areia artificial basáltica em substituição parcial à areia fina para produção de concretos convencionais. Dissertação de Mestrado. UFSC. 2002. 119 p.

CABRAL, K. O. Influência Da Areia Artificial Oriunda Da Britagem De Rocha Granito-Gnaiss Nas Propriedades Do Concreto Convencional No Estado Fresco E Endurecido. Dissertação De Curso De Mestrado Em Engenharia Civil- Universidade Federal De Goiás (2007). Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/669/1/dissertacao%20keilon%20engcivil.pdf>. abril. 2021

INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO (IBRACON). Concreto: Material Construtivo Mais Consumido No Mundo. Revista Científica, 2009. Disponível em: [http://ibracon.org.br/publicacoes/revistas\\_ibracon/rev\\_construcao/pdf/revista\\_concreto\\_53.pdf](http://ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/revista_concreto_53.pdf). Acesso em: 14 abril. 2021.

LANG, Cezar L. Avaliação do uso de areia britada de origem basáltica lavada e não lavada para utilização em concreto à base de cimento Portland. 2006. 143f. Dissertação (Mestrado Pós-graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível: Acesso em: 14 março 2021

NEVILLE, A. M. Tecnologia do Concreto. 5. ed. São Paulo, 2013.

NEVILLE, A. M. Propriedade Do Concreto. 5. ed. São Paulo, 2016.

PETRUCCI E, G. R. Concreto de cimento. São Paulo: Globo, (1998). Livro disponível em: [https://www.academia.edu/11399810/Concreto\\_de\\_Cimento\\_Portland\\_Petrucci](https://www.academia.edu/11399810/Concreto_de_Cimento_Portland_Petrucci). Acesso em: 14 março 2021.

RODRIGUES, P. P. F. Parâmetros de dosagem do concreto. São Paulo: ABCP, 1984. Disponível: [https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2016/01/Parametros-dosagem\\_34aRTIC1983.pdf](https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2016/01/Parametros-dosagem_34aRTIC1983.pdf). Acesso em: 14 março 2021.

SANTOS, Daniel Nery Dos. Análise Da Extração De Areia No Trecho Livre Do Canal Do Alto Curso Do Rio Paraná, Entre Os Municípios De Guaíra E Marilena (Pr): Impactos Ambientais E Aplicabilidade. 2013. 186f. Tese de Doutorado – Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro – SP 2013. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/102931/santos\\_dn\\_dr\\_rcla.pdf?sequence=1](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/102931/santos_dn_dr_rcla.pdf?sequence=1). Acesso em: 14 abril. 2021.

SILVA, L. S., DEMETRIO, J. C. C., DEMETRIO, F. J. C. Concreto Sustentável: Substituição da Areia Natural por Pó de Brita para Confecção de Concreto Simples. São Paulo: 2015. Disponível em: [http://www.advancesincleanerproduction.net/fifth/files/sessoes/5A/1/silva\\_ls\\_et\\_al\\_academic.pdf](http://www.advancesincleanerproduction.net/fifth/files/sessoes/5A/1/silva_ls_et_al_academic.pdf). Acesso em: 14 abril. 2021.

VOTORANTIM CIMENTOS. CII- Z- 32. 2017. Disponível em: <https://www.votorantimcimentos.com.br/produtos/cimentos-votoran/todas-as-obras/>. Acesso em: 25 mar. 2021.



**AYA EDITORA**  
**2021**