

ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO DA AREIA NATURAL NO CONCRETO POR AREIA DE BRITAGEM

Jackeline Borges Elias

*Discente do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(jackelineb.elias@gmail.com)*

Tarcísio Flávio Silva

*Discente do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(tarcisioflavio2009@hotmail.com)*

Ana Lúcia Carrijo Adorno

*Professora Doutora do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA - Centro
Universitário de Anápolis (ana.carrijo@unievangelica.edu.br)*

Kiria Nery Alves do Espírito Santo Gomes

*Professora Mestra do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de
Anápolis (kiriagomes@gmail.com)*

RESUMO

Devido ao preço elevado da areia natural utilizada na construção civil no município de Anápolis/GO e região e a grande atividade extrativista em todo país, este trabalho propõe a utilização da areia de britagem de rochas metamórficas como alternativa para a substituição da areia natural na produção de concreto para fins estruturais, verificando a viabilidade técnica e econômica desta substituição. Após pesquisa bibliográfica, realizou-se a caracterização de dois agregados propostos resultantes do processo de cominuição dos minerais gnaiss e quartzo para produção das amostras de concreto com substituição total da areia natural por areias de britagem em proporções intercaladas de 20%, 40%, 60%, 80% e 100% na composição do traço. As propriedades apresentadas no traço com 80% de areia de britagem de gnaiss e 20% de areia de britagem de quartzo atenderam os requisitos de resistência à compressão axial, absorção de água e índice de vazios exigidos por norma para o uso em concreto estrutural, mostrando-se viável tecnicamente na substituição total de areia natural, inclusive, por superar os resultados do traço de referência. Verificou-se também que a substituição da areia natural por areias de britagem pode reduzir consideravelmente o custo de produção do concreto estrutural em até 14,4%, desta forma, mostrando viabilidade econômica total na substituição da areia natural no mercado regional, principalmente devido à produção da areia de britagem ser realizada nos canteiros das pedreiras localizadas próximas aos grandes centros urbanos, reduzindo assim o custo de seu frete aos pontos de consumo.

Palavras-Chave: Areia natural, Areia de britagem, Concreto, Gnaiss e Quartzo.

1 INTRODUÇÃO

A Construção Civil é a indústria que consome a maior quantidade de recursos naturais como forma de agregados, e de acordo com Ribeiro, Pinto e Starling (2011), esses agregados podem ser obtidos por meio de processos artificiais originados a partir da cominuição da rocha ou ainda através da extração diretamente da natureza em leitos de rios, como: areias e pedregulhos. A extração mineral envolve recursos ambientais, econômicos e tem impactos que atingem a todos os cidadãos, empresas e órgãos governamentais e não apenas aos seus usuários diretos que atualmente tem forçado mudanças culturais, tecnológicas e de comportamento para atender às demandas de uma sociedade cada vez mais bem esclarecida e exigente em relação à preservação do meio ambiente. Apesar de uma conscientização tardia, a Construção Civil vem tomando ações decisivas para se tornar menos agressiva à natureza, por meio de posturas cada vez mais proativas (AGOPYAN; JHON, 2012). A areia natural (AN), hoje, por se tratar de um material escasso no mercado da construção civil, o seu custo que antigamente era reduzido, vem aumentando nos últimos anos em função de maior controle dos órgãos fiscalizadores na extração da areia natural a fim de diminuir a extração irregular e minimizar os impactos causados pela mesma, e também pelo transporte, isto ocorre quando o centro de extração fica cada vez mais distante do centro de consumo. Com isso, este assunto tem sido fonte de pesquisa há algum tempo para que a AN possa ser substituída por outros tipos de areias, caso este, da areia de britagem, resultado do processo de britagem e trituração de minerais disponíveis em grande quantidade na natureza.

1.1 JUSTIFICATIVA

Boa parte das edificações, ainda é executada de forma convencional, consumindo uma quantidade muito grande de recursos naturais, desta forma, sendo de relevante importância à racionalização e o melhor aproveitamento destes recursos, que em boa parte deles, estão se esgotando na natureza. Este trabalho propõe a utilização de outros recursos disponíveis na cidade de Anápolis/GO e região, que dispõe em sua geologia, de uma abundante formação rochosa metamórfica, tornando viável a extração desses minerais, que após os processos de britagem e trituração, formarão um resíduo de areia que poderá ser utilizado no traço de concreto, evitando o seu descarte desnecessário. O intuito da atividade é diminuir, os impactos gerados pelo processo de extração de areia natural concentrados nos leitos de rios e cavas submersas redirecionando esse tipo de lavra para pedreiras regionais, comprovando que é possível a substituição total da areia natural, sendo a opção mais viável técnica e economicamente, devido à sua escassez e elevado custo.

2 CONCRETO

2.1 CONCEITO

Conforme prescrito da NBR 12655 (ABNT, 2015), concreto convencional de Cimento Portland (CP), é um material formado pela mistura homogênea de cimento, agregados miúdo e graúdo e água, com ou sem a incorporação de componentes minoritários (aditivos químicos, pigmentos, metacálcio, sílica ativa e outros materiais pozzolânicos), os quais desenvolvem propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento.

2.1.1 Fatores que influenciam na qualidade do concreto

Ambrozewicz (2012) especifica que para serem obtidas as características essenciais do concreto, como a facilidade de manuseio quando fresco, boa resistência mecânica, durabilidade e impermeabilidade quando endurecido, é preciso conhecer os fatores que influenciem na sua qualidade, evitando vários problemas decorrentes da baixa de resistência do material, como: qualidade e proporção adequada de cada material, resistência mínima a ser considerada, execução das fôrmas e cura cuidadosa.

2.1.2 Definições e propriedades do concreto no estado fresco

A NBR 12655 (ABNT, 2015) descreve os termos e definições para concreto no seu estado fresco como o concreto totalmente misturado e que ainda encontra-se no seu estado plástico, capaz de ser adensado através de um método escolhido. Além dos fatores que influenciam diretamente na sua qualidade, existem ensaios que contribuem para a verificação da qualidade e boa trabalhabilidade do material no seu estado fresco, como é o caso do *Slump Test* que possibilita imediatamente a visualização para a utilização do concreto ou a confirmação de um lote que não teve uma boa mistura dos agregados.

2.1.3 Definições e propriedades do concreto no estado endurecido

A NBR 9778 (ABNT, 2009) define concreto no estado endurecido como aquele que já desenvolveu propriedades mecânicas. E para essa condição, também existe diversos ensaios conhecidos que são capazes de promover resultados bem satisfatórios, são exemplos: absorção de água e índice de vazios, resistência à compressão e tração, entre outros. A taxa de absorção de água, por exemplo, é uma boa medida da qualidade de um concreto e de sua durabilidade potencial, principalmente quando exposto a meios agressivos. Mehta e Monteiro (2008) especificam que os baixos valores de absorção indicam que íons agressivos terão dificuldade de penetrar no concreto. O índice de vazios segundo a NBR 9778 (ABNT, 2009) descreve o ensaio como a relação de volumes de poros permeáveis e o volume total da amostra. Para o ensaio de resistência à compressão axial, o corpo de prova é submetido a diferentes níveis de carga até o seu rompimento, garantindo a resistência do concreto na estrutura conforme as especificações do projetista. O concreto é disposto em corpos de prova padronizados para possibilitar que resultados de diferentes amostras possam ser comparadas (MEHTA; MONTEIRO, 2008). Em relação ao ensaio de resistência à tração, através dele é possível submeter o material a uma carga axial que tende a alongá-lo até sua ruptura, ou seja, o corpo é deformado por alongamento, até o momento em que se rompe. A resistência à tração permite maior conhecimento sobre como

os materiais reagem a esses esforços, quais os limites de tração que suportam e a carga aplicada (ARAÚJO, 2014).

2.2 COMPONENTES DO CONCRETO CONVENCIONAL

2.2.1 Aglomerante

Por si só, o cimento não é um aglomerante, mas desenvolve propriedade aglomerante como resultado de hidratação (ou seja, a partir da reação química dos componentes do cimento com a água). Neville (2016) descreve que o Cimento Portland (CP), no sentido geral da palavra, pode ser descrito como um material com propriedades adesivas coesivas que o faz capaz de unir fragmentos minerais na forma de uma unidade compacta.

2.2.2 Água

No preparo do concreto, é de grande relevância o cuidado que se deve ter com a qualidade e a quantidade da água utilizada, pois ela é o principal elemento responsável por ativar a reação química que transforma o cimento em uma pasta aglomerante. Se sua quantidade for muito pequena, a reação não ocorrerá por completo e se for superior a ideal, a resistência diminuirá em função dos poros que ocorrerão quando este excesso evaporar (BERTINI *et al.*, 2012).

2.2.3 Agregados graúdo e miúdo

Mehta e Monteiro (2008) especificam como agregado, um material granular, como areia, pedregulho, pedrisco, rocha britada escória de alto-forno ou resíduos de construção e demolição, que é usado como um meio cimentício para produzir o concreto. A NBR 9935 (ABNT, 2011), especifica a areia como agregado miúdo originado de processos naturais, artificial ou proveniente de processos industriais. A areia em si pode ser classificada como: areia natural quando resultando da ação de agentes da natureza; areia artificial quando proveniente de processos industriais; areia reciclada quando proveniente de processos de reciclagem e areia de britagem quando proveniente do processo de cominuição de rochas. Essa mesma norma especifica brita ou pedra britada como agregado graúdo originado da cominuição mecânica da rocha.

2.2.4 Aditivo químico e adição

Aditivos químicos são as substâncias que são adicionadas intencionalmente ao concreto imediatamente antes ou durante a mistura, com o fim de reforçar ou potencializar certas características, inclusive facilitando seu preparo e utilização (PETRUCCI, 1998). Quanto às adições minerais, além da redução de custos e do ganho na trabalhabilidade do concreto fresco, elas podem melhorar a resistência do concreto à fissuração térmica, à

expansão causada pela reação álcali-agregado e ao ataque por sulfato (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

2.3 TIPOS DE CONCRETO

Para Salgado (2009), a tecnologia do concreto pode conferir ao projetista e ao construtor para as mais diversas aplicações e finalidades. Destacam-se neste meio: concreto bombeável, concreto rolado, concreto de alta resistência inicial, concreto de pavimento rígido, concreto resfriado com gelo, concreto submerso, concreto protendido, concreto colorido, concreto projetado, concreto celular, concreto com adição de fibras, concreto autoadensável, concreto fluido, concreto translúcido entre outros.

2.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DO CONCRETO

Há ao menos quatro razões vantajosas para que o concreto seja o material mais utilizado na construção civil de acordo com Mehta e Monteiro (2008): excelente resistência à água, facilidade com a qual elementos estruturais de concreto podem ser obtidos através de uma variedade de formas e tamanhos, resistência ao fogo e rápida disponibilidade do material para uma obra além de grande mão de obra disponível. Assim como vantagens, o concreto também apresenta desvantagens em sua utilização como: aumento no peso próprio da estrutura, grande tempo de cura podendo paralisar algumas etapas da obra e grande quantitativo de profissionais envolvidos em sua execução.

3 EXTRAÇÃO DA AREIA E SEUS PROCESSOS

3.1 MEIO AMBIENTE

A construção civil teve um avanço significativo nos últimos anos e isso impulsiona a demanda por atividades extrativistas no país. A areia natural (AN) um dos materiais utilizados no concreto, tornou-se escassa no mercado nacional em função da qualidade dos rios, aumento considerável de processos erosivos, alterações nos cursos da água devido ao assoreamento, extrações ilegais e aumento considerável no custo final do produto devido à distância entre o local de extração e centros urbanos (LELLES *et al.*, 2005).

3.2 EXTRAÇÃO DA AREIA NATURAL

Por se tratar da extração de recursos naturais não renováveis da crosta terrestre, a mineração geralmente é vista como uma atividade altamente impactante e não sustentável. Por outro lado, a mineração também é à base da sociedade industrial moderna, fornecendo matéria-prima para todos os demais setores da economia, sendo, portanto, essencial ao desenvolvimento (IBAMA, 2001). Bauer (2012) descreve que os principais tipos de lavras existentes para obtenção de areia natural a partir da extração são: através de leitos de rios, cava seca e cava submersa. Essa última é a mais conhecida no meio principalmente por

ser muito associada a atividades ilegais. Segundo Bruchi e Peixoto (1997), os principais impactos ocasionados pela extração dos bens minerais mencionados são: alteração de paisagem, supressão da vegetação, modificações na estrutura do solo, interferência sobre a fauna, compactação do solo, conflito de uso dos recursos naturais, alteração nas calhas dos cursos d'água, alterações no nível do lençol freático, contaminações por óleos e graxas, turbidez das águas entre outros.

3.2.1 Escassez da areia natural

A crescente urbanização é um dos fatores que tem levado a esterilização ou restrição de exploração de importantes depósitos. A escassez da areia natural tem ocorrido em função de vários fatores, por exemplo, as extrações de areia natural realizada nas várzeas e leitos de rios estão resultando na migração dos mineradores para locais cada vez mais distantes do mercado consumidor, o que onera consideravelmente o preço final do produto chegando a representar para a Construção Civil, segundo a Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados (ANEPAC, 2018), cerca de 75% do preço final da areia. Outro fator para a escassez do agregado é em função da burocracia dos órgãos responsáveis pela fiscalização do meio ambiente que determinam requisitos básicos para serem seguidos como: estudo do local e impactos causados antes, durante e posterior à atividade extrativista para posteriormente liberarem a Licença Ambiental para uma determinada área, e isso infelizmente, também tem contribuído, para que as atividades extrativistas ilegais no país ganhem maior espaço, onerando mais uma vez no custo final do agregado. Como a aquisição de areia natural tem se tornado mais difícil a cada dia e como exemplo de que tudo evolui, hoje, empresas concreteiras, com visão ampliada, têm utilizado areias de britagem, para substituição parcial ou total da areia natural, garantindo não somente a resistência no traço de concreto, mas também a redução de valores na compra do material. A areia de britagem, vinda do processo seco, é um material mais barato que o do processo úmido (areia natural/areia lavada/areia de rio) (BAUER, 2012).

3.3 EXTRAÇÃO DA AREIA DE BRITAGEM

Passuelo (2005) descreve que rochas metamórficas mostram um bom potencial como matéria prima na produção de agregados para concreto. São exemplos de rochas metamórficas o gnaisse e quartzito (seu principal componente é o quartzo). A produção dos agregados britados é realizada nas pedreiras em duas fases distintas: a partir do desmonte e britagem (BAUER, 2012). Recentemente, com a exaustão das jazidas de agregados miúdos próximas dos grandes centros, o uso da areia de britagem como agregado para o concreto de Cimento Portland tem crescido muito. O processo de cominuição dos minerais para utilização como agregado miúdo nos traços de concreto são ecologicamente corretos, pois diminui a extração da areia natural amenizando os impactos causados no meio ambiente. No estado de Goiás, existem várias pedreiras no ramo de extração mineral de gnaisse e quartzito que são rochas abundantes na região, tornando viável que as lavras para

extrações de areia natural possam ser redirecionadas para pedreiras para obtenção do produto final.

4 PROGRAMA EXPERIMENTAL

4.1 MÉTODO DE DOSAGEM

Escolheu-se como base para a dosagem de concreto o método ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) que fornecerá uma primeira aproximação da quantidade dos materiais por meio de uma mistura experimental.

4.1.1 Escolha dos materiais utilizados

O cimento utilizado foi o CP II Z 32 da marca Ciplan. A água, potável, é distribuída pela SANEAGO (Saneamento de Goiás). Quanto aos agregados miúdos, as areias natural e de britagem de gnaiss e quartzo foram cedidas pela concreteira Ciplan e o agregado graúdo, Brita 1, foi cedido pela própria instituição de ensino.

4.2 CÁLCULOS PARA DESENVOLVIMENTO DOS TRAÇOS

Seguindo o método ABCP, após obter todos os resultados, para definição do traço em massa, adotou-se como referência uma unidade de saco de cimento de 50 kg. A Tabela 1 descreve a quantidade de materiais utilizados nos 8 traços executados.

Tabela 1 – Traço utilizado para os concretos produzidos

Traço	Cimento (kg)	AN (kg)	ABG (kg)	ABQ (kg)	Brita 1 (kg)	Água (kg)
Referencial de AN	50	129	—	—	123,5	27
Referencial de ABG	50	—	119,5	—	116,5	25
Referencial de ABQ	50	—	—	119,5	127	27,5
20% ABG e 80% ABQ	50	—	23,9	95,6	121,75	26
40% ABG e 60% ABQ	50	—	47,8	71,7	121,75	27
50% ABG e 50% ABQ	50	—	59,75	59,75	121,75	26
60% ABG e 40% ABQ	50	—	71,7	47,8	121,75	26,4
80% ABG e 20% ABQ	50	—	95,6	23,9	121,75	26

Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2018.

Foram moldados 128 corpos de prova, sendo 5 corpos de prova destinados para os rompimentos à compressão axial aos 7, 21 e 28 dias por traço elaborado, além de 8 corpos de prova, moldados separadamente, isentos de substância oleosa para elaboração do ensaio de absorção de água e índice de vazios.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

5.1 TRABALHABILIDADE DO CONCRETO

Para o estudo foram promovidas 8 sequências de *Slump Test*, um para cada traço de concreto, seguindo os parâmetros descritos pela NBR NM 67 (ABNT, 1998). Todos os resultados apresentaram uma trabalhabilidade satisfatória (Tabela 2).

Tabela 2 – Resultado do *Slump Test* por traço elaborado

Traço	Abatimento (cm)
Referencial de AN	6
Referencial de ABG	6
Referencial de ABQ	7
20% ABG e 80% ABQ	7
40% ABG e 60% ABQ	6
50% ABG e 50% ABQ	5
60% ABG e 40% ABQ	4
80% ABG e 20% ABQ	6

Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2018.

5.2 ABSORÇÃO DE ÁGUA E ÍNDICE DE VAZIOS

O ensaio foi realizado conforme prevê a NBR 9778 (ABNT, 2009). Para determinação de absorção de água e índice de vazios, é necessário que ambos se deem através das equações descritas na mesma norma. A Tabela 3 descreve os resultados.

Tabela 3 – Resultado dos cálculos para absorção de água e índice de vazios utilizando as equações descritas na NBR 9778 (ABNT, 2005)

Traço	Absorção de Água (%)	Índice de Vazios (%)
Referencial de ABG	5,47	12,63
Referencial de ABQ	7,84	16,74
20% ABG e 80% ABQ	6,90	14,8
40% ABG e 60% ABQ	6,19	13,56
50% ABG e 50% ABQ	5,99	12,79
60% ABG e 40% ABQ	5,07	11,58
80% ABG e 20% ABQ	5,43	12,07

Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2018.

5.3 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

A Tabela 4 mostra a média dos resultados dos rompimentos à compressão axial tendo como parâmetro um f_{ck} de 25MPa.

Tabela 4 - Média dos rompimentos à compressão axial

Traço	Média dos rompimentos à compressão axial (MPa)		
	7 dias	21 dias	28 dias
Referencial de AN	20,18	23,68	25,43
Referencial de ABG	15,52	18,38	19,45
Referencial de ABQ	13,68	14,34	15,96
20% ABG e 80% ABQ	16,16	17,66	19,22
40% ABG e 60% ABQ	16,24	19,46	21,45
50% ABG e 50% ABQ	15,74	18,38	19,69
60% ABG e 40% ABQ	18,85	22,26	23,9
80% ABG e 20% ABQ	20	26,68	27,31

Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2018.

Quando a areia de britagem de quartzo (ABQ) é utilizada em maior proporção que a areia de britagem de gnaiss, o resultado final à compressão axial não atende as especificações da norma para um concreto com fins estruturais. Visivelmente, se nota que a melhor resistência entre os traços com utilização de areia de britagem está relacionada a amostra do traço com 80% de areia de britagem de gnaiss (ABG) e 20% de areia de britagem de quartzo (ABQ), cujo resultado também é superior ao traço referencial de areia natural (AN). Este resultado corresponde ao objetivo geral do trabalho, o qual foi proposto a substituição em 100% da areia natural. Ou seja, a areia de britagem de gnaiss é um agregado com grandes possibilidades na construção civil.

5.4 VIABILIDADE ECONÔMICA

Uma das grandes vantagens da areia de britagem é que a sua produção pode ser realizada no canteiro das pedreiras localizadas próximas aos grandes centros urbanos, o que reduziria o custo da matéria-prima para o seu maior mercado consumidor, a indústria da construção civil. Embora o valor do m³ de areia ou brita seja baixo, o mercado de agregados é bastante promissor, pois corresponde por 60% do volume de uma obra de construção civil (SANTOS, 2015). Comprovando a viabilidade econômica na aquisição de areias de britagem de gnaiss e quartzo em relação a areia natural, foi feita uma pesquisa com fornecedores regionais para um comparativo dos valores totais gastos na composição do traço de concreto, tendo como base os três referenciais calculados (100% com areia natural, 100% com areia de britagem de gnaiss e 100% com areia de britagem de quartzo) além da composição de custos do traço com o melhor resultado ao ensaio de resistência à compressão axial (80% de areia de britagem de gnaiss com 20% de areia de britagem de quartzo). A Tabela 5 indica os custos por traço após consulta nas mineradoras regionais dos valores dos agregados utilizados na pesquisa. Os valores de produção dos traços de concreto decrescem na medida em que se utiliza como recurso apenas a areia de britagem. O custo mais alto é correspondente ao traço com a utilização da areia natural. A amostra com 80% de areia de britagem de gnaiss (ABG) e 20% de areia de britagem de quartzo (ABQ) além de ser a mais resistente ao ser submetida à compressão axial, também supera o traço de referência de areia natural em custos.

Tabela 5 - Composição de custos para execução do m³ de concreto por amostra

Amostra	Cimento (R\$)	Areia (R\$)	Brita 1 (R\$)	Água (R\$)	Total (R\$)
Referencial de AN	169,50	95,71	62,13	2,06	329,40
Referencial de ABG	171,65	48,02	62,94	2,09	284,70
Referencial de ABQ	168,08	43,02	61,63	2,05	274,78
80% ABG e 20% ABQ	170,45	46,87	62,50	2,08	281,90

Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2018.

6 CONCLUSÃO

O propósito deste trabalho constituiu-se na possibilidade da substituição total da areia natural no traço de concreto por areias de britagem de rochas abundantes em Anápolis/GO e região, no intuito de comprovar que os agregados do estudo permitem uma boa trabalhabilidade e resistência final com f_{ck} suficiente para execução de obras estruturais, além de ser economicamente viável e ainda permitir a redução dos impactos gerados pelo processo de extração de areia natural concentrados nos leitos de rios e cavas imersas redirecionando esse tipo de lavra para pedreiras regionais. Através dos ensaios realizados, tem-se que o objetivo do estudo foi alcançado, pois se comprovou uma boa qualidade de concreto.

No *Slump Test*, através do visual, foi possível trabalhar de maneira facilitada na moldagem dos corpos de prova dentro das características específicas de cada agregado que permitiu a confirmação de sua aplicabilidade em obras civis.

Para o ensaio de absorção de água, todos os resultados foram inferiores a 10%, e os traços das amostras de 40% de areia de britagem de gnaiss e 60% de areia de britagem de quartzo, 60% de areia de britagem de gnaiss e 40% de areia de britagem de quartzo e 80% de areia de britagem de gnaiss e 20% de areia de britagem de quartzo tiveram os menores dados registrados. Como os resultados do ensaio de índice de vazios esteve ligado diretamente à absorção de água, os dados foram considerados aceitáveis para as amostras obtidas, uma vez que se encontram abaixo do limite de referência, com exceção apenas para o traço utilizando 100% de areia de britagem de quartzo, sendo considerado como uma amostra porosa.

O ensaio de resistência à compressão axial, realmente comprovou que as proporções de areias de britagem foram eficazes, neste caso:

- A substituição da areia natural no concreto convencional pode impactar positivamente na resistência final;
- O traço utilizando maiores porcentagens da areia de britagem do quartzo, não apresentou resultados acima da média.
- É importante ressaltar que a areia de britagem de gnaiss sozinha não dá boa resistência, ela só é eficiente quando misturada com a areia de britagem de quartzo, e a melhor proporção foi de 80% de areia de britagem de gnaiss e 20% de areia de britagem de quartzo com 27,31MPa obtido aos 28 dias e valor do m³ igual a R\$ 281,90;

Portanto, utilizando a areia de britagem, além da eficiência em resistência tem-se também o ganho ambiental e econômico onde se comprovou uma redução de aproximadamente 14,4% no custo final do m³ do traço do concreto utilizando a proporção de 80% de areia de britagem de gnaíse e 20% de areia de britagem de quartzo (total de R\$ 281,90) em comparação ao traço com utilização apenas de areia natural (total de R\$ 329,40).

REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **O desafio da sustentabilidade da construção civil**. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2012. 138 p.

AMBROZEWICZ, P. H. L. **Materiais de Construção: Normas, Especificações, Aplicação e Ensaio de Laboratório**. São Paulo: Pini Ltda, 2012. 460 p

ANEPAC (Org.). **História da areia e brita**. 2018. Disponível em: <<http://www.anepac.org.br/agregados/areia-e-brita>>. Acesso em: 15 out. 2018.

ARAÚJO, F. R. **Avaliação das propriedades mecânicas do aço**. 2014. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia Civil de São Carlos, São Carlos, 2014. Disponível em: file:///C:/Users/Jackeline%20B.%20Elias/Downloads/TCC_Jonathan_Final_Publicar%20(1).pdf . Acesso em: 01 nov. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998. 8 p

———. **NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. 4 p.

———. **NBR 9935: Agregados – Terminologia**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 12 p.

———. **NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. 23 p

BAUER, L.A.F. **Materiais de construção**. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 488p.

BERTINI, A A et al. **O concreto como material construtivo**: <https://civilizacaoengenharia.wordpress.com/2012/11/07/o-concreto-como-material-construtivo-da-origem-as-novas-tecnologias/>. 2012. Elaborado por Grupo Pet Civil da UFC. Disponível em: <https://civilizacaoengenharia.wordpress.com/2012/11/07/o-concreto-como-material-construtivo-da-origem-as-novas-tecnologias/>. Acesso em: 09 set. 2018.

BRUCHI, D. M.; PEIXOTO, M.C.D. **Extração de areia cascalho e argila: manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do meio Ambiente, 1997. Vol 04. 90 p

IBAMA - **Manual de normas e procedimentos para licenciamento ambiental no setor de extração mineral**, Brandt Meio Ambiente, Brasília, 2001.

LELLES, L. C.; SILVA, E.; GRIFFITH, J. J.; MARTINS, S. V. **Perfil ambiental qualitativo da extração de areia em cursos d' água**, Revista Árvores, v. 29, n. 3, 2005. 439-444 p.

MEHTA, P.K; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais: 1 ed.** São Paulo: IBRACON, 2008. 669 p.

NEVILLE, A.M. **Propriedades do concreto: 5 ed.** Porto Alegre: Bookman, 2016. 912 p.

PASSUELO, A. et al. **Concreto: ENSINO, PESQUISA E REALIZAÇÕES.** São Paulo: IBRACON, 2005. 1600 p.

PETRUCCI, E.G.R. **Concreto de Cimento Portland.** 13. ed. São Paulo: Globo, 1998. 299 p.

RIBEIRO, C. C; PINTO, J. D. S.; STARLING, T. **Materiais de construção.** 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2011. 212 p.

SALGADO, J. C. P. **Técnicas e práticas construtivas para edificação.** 2. ed. São Paulo: Érica Ltda, 2009. 317 p.

SANTOS, L. S. **Areia artificial para uso em construção civil.** 2015. 6 f. Artigo para iniciação científica (Graduação) - Curso de Engenharia Metalúrgica, Centro de Tecnologia Mineral - CETEM, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015..