

ESTUDO DA QUALIDADE DA AREIA UTILIZADA NA CONSTRUÇÃO CIVIL NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM DO PARÁ

ANA CAROLINA DE ASSIS SOUSA
JAIME HENRIQUE BARBOSA DA COSTA
KLEBER ROBERTO MATOS DA SILVA
THIAGO SANTOS CARVALHO



**ESTUDO DA QUALIDADE DA AREIA UTILIZADA NA
CONSTRUÇÃO CIVIL NA REGIÃO METROPOLITANA
DE BELÉM DO PARÁ**



ANA CAROLINA DE ASSIS SOUSA
JAIME HENRIQUE BARBOSA DA COSTA
KLEBER ROBERTO MATOS DA SILVA
THIAGO SANTOS CARVALHO

**ESTUDO DA QUALIDADE DA AREIA UTILIZADA NA
CONSTRUÇÃO CIVIL NA REGIÃO METROPOLITANA
DE BELÉM DO PARÁ**

1ª Edição

Quipá Editora
2023

Copyright © 2023 dos autores e autoras.
Todos os direitos reservados.

Esta obra é publicada em acesso aberto. O conteúdo dos capítulos, os dados apresentados, bem como a revisão ortográfica e gramatical são de responsabilidade de seus autores, detentores de todos os Direitos Autorais, que permitem o download e o compartilhamento, com a devida atribuição de crédito, mas sem que seja possível alterar a obra, de nenhuma forma, ou utilizá-la para fins comerciais.

Normalização: dos autores.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E82 Estudo da qualidade da areia utilizada na construção civil na região metropolitana de Belém do Pará / Ana Carolina de Assis Sousa [et al.]
. — Iguatu, CE : Quipá Editora, 2023.

40 p. : il.

ISBN 978-65-5376-270-1

1. Engenharia Civil. 2. Materiais. I. Título.

CDD 624

Obra publicada pela Quipá Editora em dezembro de 2023.

Quipá Editora
www.quipaeditora.com.br
@quipaeditora

APRESENTAÇÃO

Este livro apresenta uma investigação aprofundada sobre a qualidade da areia utilizada na construção civil da região metropolitana de Belém do Pará. A areia natural, composta principalmente por sílica e predominantemente constituída pelo mineral quartzo, é um elemento fundamental na construção civil, uma vez que suas propriedades exercem influência direta sobre as características das argamassas e concretos. Garantir a qualidade desse agregado é crucial para assegurar a durabilidade e o desempenho das estruturas construídas.

O livro que apresentamos é o resultado de um estudo minucioso que teve como objetivo a caracterização de amostras de areia provenientes de diferentes bairros da região metropolitana de Belém do Pará, destinadas à utilização na construção civil. As amostras de areia provenientes de bairros diversos, como Guamá, Pedreira, Guanabara, Centro (Ananindeua), Terra Firme e Centro (Marituba), foram minuciosamente investigadas por meio de ensaios rigorosos, abordando aspectos como a determinação da massa específica, massa específica aparente, índice de inchamento, absorção de água, análise granulométrica e análise petrográfica. Além disso, foram realizadas análises para determinar o teor de materiais pulverulentos, o teor de partículas leves e a presença de argila em torrões nos agregados, com o propósito de identificar possíveis substâncias prejudiciais que poderiam comprometer a qualidade do concreto ou argamassa.

É relevante ressaltar que todos os ensaios realizados atenderam às especificações mínimas necessárias para garantir a aplicação desses materiais na construção civil.

Este livro oferece uma contribuição valiosa para profissionais da construção civil, pesquisadores e estudiosos que buscam aprimorar a qualidade e a eficácia dos materiais utilizados na construção na região metropolitana de Belém do Pará. Além disso, enfatiza a importância do controle da qualidade do agregado miúdo, especialmente a areia, na busca pela construção de estruturas seguras e duráveis.

Os autores esperam que esta obra sirva como uma referência útil e esclarecedora para todos aqueles envolvidos na indústria da construção civil, contribuindo para a contínua melhoria das práticas de construção na região. Convidamos todos a explorar as descobertas e análises detalhadas apresentadas neste livro.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO

CAPÍTULO 1 6

INTRODUÇÃO

CAPÍTULO 2 8

AGREGADOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

CAPÍTULO 3 12

CARACTERÍSTICAS DOS AGREGADOS MIÚDOS

CAPÍTULO 4 17

MATERIAIS E MÉTODOS

CAPÍTULO 5 27

ANÁLISE DOS RESULTADOS

CAPÍTULO 6 35

CONSIDERAÇÕES FINAIS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 37

SOBRE OS AUTORES 40

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Agregados para construção civil são materiais granulares, sem forma e volume definidos, de dimensões e propriedades estabelecidas para uso em obras de engenharia civil, tais como: a pedra britada, o cascalho e as areias naturais ou obtidas por moagem de rocha, além das argilas e dos substitutivos como resíduos inertes reciclados, escórias de aciaria, produtos industriais, entre outros (SERNA; REZENDE, 2009). As areias naturais utilizadas na construção não necessitam passar por rigorosos processos de beneficiamento, porém, devem atender diferentes exigências, além da distribuição granulométrica adequada, como a forma de grãos e composição mineralógica apropriada, grau de umidade, massa específica e ausência de substâncias deletérias, visto que é extremamente importante a sua utilização de acordo com especificações técnicas adequadas. Os usos mais comuns para a areia são: como agregado miúdo em concretos e argamassas, na pavimentação, em misturas asfálticas para construção de rodovias e como aditivo para melhorar a coesão do concreto, entre outros.

A importância do setor de agregados para a sociedade é evidenciada pela sua estreita relação com o bem-estar da população, abrangendo aspectos como a edificação de residências, a infraestrutura de saneamento básico, a pavimentação de vias, a construção de estradas, ruas, ferrovias, hidrovias, portos, aeroportos, pontes, viadutos e outros projetos similares (FERREIRA; OLIVEIRA, 2009, p. 9). Assim, é imprescindível a análise minuciosa dos materiais empregados nesse setor a fim de garantir sua qualidade. Segundo Bauer (1995), o estudo dos agregados deve ser considerado imprescindível em pesquisas acerca da tecnologia do concreto, tendo em vista que de 70% a 80% do volume do concreto é constituído pelos agregados, bem como é o material menos homogêneo com o qual se lida na fabricação do concreto e das argamassas.

O crescimento populacional e o crescimento da quantidade de bens e serviços transacionados num país é um processo que ocorre concomitantemente ao consumo de minerais para uso direto na construção civil. Na formação da infraestrutura nacional o processo de transacionar esses bens reflete-se nas contas nacionais, tanto no que tange ao consumo, como no que tange ao investimento, como na formação bruta de Capital (DNPM, 2013).

A produção de agregados na Região Metropolitana de Belém se destina a atender à implantação e manutenção de obras de infraestrutura, bem como às necessidades básicas da população como habitações, sistema viário, reservatório de água (para consumo humano e para geração de energia elétrica), esgotamento sanitário e outros.

A correta utilização das rochas e demais materiais pétreos na construção civil requer o conhecimento prévio de suas propriedades para qualificação do material rochoso. As rochas e agregados em geral devem passar por uma caracterização tecnológica antes de serem utilizados na construção que deve, contudo, ser executada por procedimentos padronizados. A padronização desses procedimentos que regulam a qualidade do agregado está definida nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e também de outras instituições (CAVALCANTI; PARAHYBA, 2011).

De acordo com a NBR 7211/2009d “os agregados não devem conter substâncias de natureza e em quantidade que possam afetar a hidratação e o endurecimento do cimento, a proteção da armadura contra a corrosão e a durabilidade”. Assim sendo, é de fundamental importância que seja feita a caracterização dos agregados a serem utilizados na produção de argamassas e concretos, com o objetivo de identificar agentes deletérios, tais como: torrões de argila, impurezas orgânicas, materiais pulverulentos e materiais friáveis.

Diante desse contexto, o objetivo desse estudo é analisar a qualidade de amostras de areias comercializadas para utilização da construção civil, em Belém do Pará e sua região metropolitana, com a finalidade de determinar se o agregado miúdo fornecido encontra-se dentro das especificações previstas pelas normas vigentes.

CAPÍTULO 2

AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

Almeida e Luz (2009) definem os agregados como materiais granulares sem forma e volume definidos que podem ser classificados considerando a origem, a densidade e o tamanho dos fragmentos. Quanto à origem são denominados naturais os extraídos diretamente como fragmentos, como areia e cascalho; e como artificiais aqueles que passam por processos de fragmentação como britagem ou moagem. Os agregados leves são pedrapomes, vermiculita, argila, etc. Os agregados pesados são barita, limonita e afins; e os agregados normais, as areias, cascalhos e pedras britadas.

Ainda segundo Almeida e Luz (2009), a classificação mais utilizada é a que considera o tamanho dos fragmentos, classificando os agregados em finos (até 0,2 mm), médios (entre 0,2 e 2 mm) e grossos (> 2 mm).

Os agregados devem apresentar uma boa durabilidade, boa resistência a elementos agressivos e não possuir substâncias deletérias. De acordo com Neville (2016) essas substâncias podem ser impurezas que interferem no processo de hidratação do cimento, substâncias que cobrem a superfície do agregado, impedindo uma boa aderência com a pasta de cimento e partículas fracas e friáveis que podem alterar a resistência e a característica de concretos e argamassas.

AREIA

A NBR 7211:2009 define agregado miúdo como areia de origem natural ou resultante do britamento de rochas estáveis, ou a mistura de ambas, cujos grãos passam pela peneira de 4,8 mm e ficam retidos na peneira 0,150 mm (ABNT NBR 7211/2009d).

A areia é conceituada na indústria como um bem mineral constituída predominantemente por quartzo de granulação fina, podendo ser obtida a partir de depósitos de leitos de rios e planícies aluviais, rochas sedimentares e mantos de alteração de rochas cristalinas. Areias de praias e dunas litorâneas não apresentam boa qualidade como material para construção civil devido à presença de sais (ANEPAC, 2016).

Na construção civil, o principal uso da areia é como agregado para concreto, argamassa, filtros, abrasivos, artefatos de concreto e pré-fabricados, bases de pavimentos de concreto e asfalto, dentre outros (ANEPAC, 2016).

PROCESSOS DE LAVRA DA AREIA

A areia é quase sempre comercializada na forma como é extraída, passando, na maioria das vezes, apenas por grelhas fixas que separam as frações mais grossas (cascalho, pelotas e concreções), eventuais sujeiras (matéria orgânica, folhas e troncos), e por uma simples lavagem para retirada de argila (ANEPAC, 2016).

Segundo Almeida e Silva (2005), atualmente 90% da produção nacional de areia natural, no Brasil, é obtida a partir da extração em leito de rios e os 10% restantes, de outras fontes (várzeas, depósitos lacustres, mantos de decomposição de rochas, pegmatitos e arenitos decompostos).

A lavra de areia é feita em função do tipo de depósito que está sendo lavrado, podendo ser:

- a) Dragagem: feita em leitos de rios e em cavas submersas;
- b) Desmonte hidráulico: feito em cavas secas e em mantos de alteração de maciços rochosos;

- Extração em leito de rio

A extração em leito de rio consiste na dragagem dos sedimentos ativos existentes nos leitos dos rios, em profundidades não muito elevadas. A dragagem é feita através de bombas de sucção instaladas sobre barcaças ou flutuadores. As bombas de sucção são acopladas às tubulações que efetuam o transporte da areia na forma de polpa até os silos. O processo da extração por este método é semelhante ao método de cava submersa (ANEPAC, 2016).

- Extração em cava submersa

No método de cava submersa, a extração é feita na base e nas paredes laterais de uma cava preenchida com água, sendo realizada por uma draga instalada sobre um barco e equipada com bombas centrífugas. Esta cava geralmente é formada pelo desvio de rios e trabalha material inconsolidado ou com pouca coesão. Tubos acoplados às bombas servem

como condutores da água necessária à escavação e como meio de transporte da polpa até os silos, servindo, também, para conduzir a polpa até as câmaras das barcas que transportam a areia até as instalações de lavagem. À medida que a polpa é descarregada nas câmaras, os finos (silte e argila) nela presentes são eliminados em suspensão na água de transbordo. Quando as barcas estão com as suas câmaras cheias, são rebocadas até as margens, onde a areia é depositada no leito da cava mediante a abertura de comportas do fundo. Em seguida, a areia é novamente succionada por uma draga montada em uma estação fixa que conduz aos silos de classificação/estocagem (ANEPAC, 2016).

- **Extração em cava seca**

O método de cava seca é empregado na lavra de depósitos de planície fluvial, formações sedimentares, coberturas indiferenciadas e mantos de alteração de rochas cristalinas. A extração é feita por desmonte hidráulico com a mina evoluindo para o formato de uma cava ou de um talude irregular. Para otimizar o desmonte hidráulico, quando possível, existe uma etapa prévia que compreende a escarificação da frente de lavra. O decapeamento antecede a operação de desmonte hidráulico e geralmente é feito com tratores de esteiras e pás-carregadeiras, dependendo da compactação do capeamento (ANEPAC, 2016).

É um processo simples em que são empregados tratores de esteira, retroescavadeiras e caminhões para carregar o agregado que será separado dos dejetos indesejáveis e, posteriormente, separado por granulometria. Quando a extração atinge o nível d'água, são introduzidas dragas para continuar com a retirada do material, seguindo o mesmo molde da extração em áreas de várzea (CAMPOS; FERNANDES, 2005).

Beneficiamento da areia

As operações de beneficiamento empregadas visam desagregar as partículas, individualizando-as, lavá-las, removendo a cobertura de pulverulentos, desagregar as partículas mais frágeis e separar os tamanhos desejados (ALMEIDA; LUZ, 2009).

- **Lavagem**

A lavagem pode ser considerada como uma operação de beneficiamento nos métodos da lavra da cava seca e da cava submersa, com sucessivas movimentações e lavagem da areia (ANEPAC, 2016).

Esta operação tem pouca importância nas minas operadas por dragagem, mas é essencial nas cavas secas. Ela tem que ser a primeira operação de qualquer fluxograma.

Em um tanque giram dois eixos munidos de palhetas que batem a polpa (areia e água) e a agitam intensamente. A areia a ser beneficiada é alimentada no fundo do tanque e transportada para cima pelo movimento das palhetas. As partículas se movimentam entre as palhetas, sofrendo intensa atrição superficial e impactos que desagregam as partículas inconsolidadas ou friáveis e removem as coberturas de argila. A lama gerada transborda, enquanto que as partículas sólidas percorrem toda a extensão do aparelho, sendo descarregadas (ALMEIDA; LUZ, 2009).

- **Classificação e peneiramento**

A classificação dos produtos é iniciada por um peneiramento, com a retirada do material mais grosso (concreções / pedrisco / cascalho) em grelhas ou peneiras estáticas. O undersize (material passante) é separado por classe granulométrica, em caixas de classificação e armazenamento, também conhecidas como silos, com o preenchimento gradativo das caixas por decantação, da direita para a esquerda e de baixo para cima (ANEPAC, 2016). As primeiras caixas recebem o material mais grosso e, assim sucessivamente, as caixas vão sendo preenchidas até restar a fração sobrenadante (overflow) que é encaminhada para a bacia de decantação. Os produtos finais são areia grossa, média e fina, e a sua expedição é feita diretamente nos silos ou são estocados em pilhas (ANEPAC, 2016).

CAPÍTULO 3

CARACTERÍSTICAS DOS AGREGADOS MIÚDOS

Substâncias deletérias são aquelas que estão presentes como constituintes minoritários, tanto nos agregados graúdos, quanto nos miúdos, mas que são capazes de prejudicar a trabalhabilidade, a pega e endurecimento e as características da durabilidade do concreto (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

Segundo Neville (2016), há três grandes categorias de substâncias deletérias que podem ser encontradas nos agregados: impurezas que interferem com o processo de hidratação do cimento; películas que impedem a aderência efetiva entre o agregado e a pasta de cimento hidratada e algumas partículas que são fracas ou não são. Todo o agregado ou parte dele também pode ser prejudicial devido às reações químicas com a pasta de cimento. Dentre os materiais friáveis são destaques os torrões de argila, madeira e carvão que, quando são presentes em proporções de 2 a 5% da massa do agregado, podem comprometer a resistência do concreto, devendo ser evitados em concretos submetidos à abrasão.

A NBR 7211 (ABNT, 2009d) limita a presença de materiais deletérios no agregado miúdo, conforme pode-se observar na figura 1.

Figura 1 – Limites máximos aceitáveis de substâncias nocivas no agregado miúdo em relação à massa do material.

Determinação	Método de ensaio		Quantidade máxima relativa à massa do agregado miúdo %
Torrões de argila e materiais friáveis	ABNT NBR 7218		3,0
Materiais carbonosos ¹	ASTM C 123	Concreto aparente	0,5
		Concreto não aparente	1,0
Material fino que passa 3 através da peneira 75 µm por lavagem (material pulverulento)	ABNT NBR NM 46	Concreto submetido a desgaste superficial	3,0

	Concretos protegidos do desgaste superficial		5,0
Impurezas orgânicas ²	ABNT NBR NM 49		A solução obtida no ensaio deve ser mais clara do que a solução-padrão
	ABNT NBR 7221	Diferença máxima aceitável entre os resultados de resistência à compressão comparativos.	10 %
1) Quando não for detectada a presença de materiais carbonosos durante a apreciação petrográfica, pode-se prescindir do ensaio de quantificação dos materiais carbonosos (ASTM C 123).			
2) Quando a coloração da solução obtida no ensaio for mais escura do que a solução-padrão, a utilização do agregado miúdo deve ser estabelecida pelo ensaio previsto na ABNT NBR 7221.			

Conforme Petrucci (1982), as impurezas orgânicas da areia são basicamente formadas por partículas de húmus, que é ácido, e neutraliza a água alcalina da argamassa, prejudicando a aderência entre o cimento e as partículas de agregados. De modo geral, as impurezas orgânicas são nocivas para os concretos e argamassas.

O excesso de torrões de argila, principalmente os de grandes dimensões, quando não dissolvidos durante a mistura do concreto, ocasionam pontos fracos em seu interior e, quando dissolvidos, envolvem os grãos resistentes dos agregados reduzindo a aderência e, conseqüentemente, a resistência do concreto (CAVALCANTI; PARAHYBA, 2011).

O material pulverulento é definido como a fração com dimensão inferior a 75µm, sendo normalmente quantificado em processo de lavagem do agregado em uma peneira com esta malha descrita na NBR NM 46 (ABNT, 2003a).

A quantidade de material pulverulento é importante para verificar se a aderência entre a pasta de cimento e a argamassa, em excesso, ocasiona diminuição da resistência dessas pastas.

Conforme a NBR 7211: 2009 a quantidade máxima de torrões de argila e materiais friáveis é de 3 % em relação à massa do agregado miúdo.

DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA

Composição granulométrica é a distribuição das partículas dos materiais granulares entre várias dimensões e usualmente é expressa em termos de porcentagens acumuladas maiores ou menores do que cada uma das aberturas de uma série de peneiras ou de porcentagens entre certos intervalos de abertura das peneiras (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

De acordo com a NBR 7211/2009, a dimensão máxima característica do agregado é a grandeza associada à distribuição granulométrica do agregado, correspondente à abertura de malha quadrada da peneira, em milímetros, a qual corresponde a uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa e seu módulo de finura como a soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série normal, dividida por 100.

Podem ser utilizados como agregados miúdos para concreto, materiais com distribuição granulométrica diferente das zonas estabelecidas no quadro 1, desde que estudos prévios de dosagem comprovem sua aplicabilidade.

Quadro 1 - Limites de distribuição granulométrica do agregado miúdo.

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida, acumulada			
	Limites Inferiores		Limites Superiores	
	Zona Utilizável	Zona Ótima	Zona Utilizável	Zona Ótima
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 Mm	15	35	55	70
300 Mm	50	65	85	95
150 Mm	85	90	95	100

Ainda segundo a NBR 7211/ 2009: agregados para concreto, o módulo de finura da zona ótima da distribuição granulométrica do agregado miúdo varia de 2,20 a 2,90. O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20 e da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.

A importância do conhecimento da granulometria da areia se dá, entre outros aspectos, devido à sua grande influência na qualidade das argamassas e concretos, em especial nas propriedades mecânicas

INCHAMENTO DO AGREGADO MIÚDO

Denomina-se inchamento de agregados miúdos o fenômeno da variação do seu volume aparente, provocado pela água adsorvida. Assim, se variarmos a quantidade de água contida em um agregado miúdo, seu volume também variará (BASÍLIO, 1995).

Areias podem sofrer um fenômeno conhecido como inchamento e dependendo do teor de umidade e composição granulométrica do agregado, pode ocorrer um aumento considerável do volume aparente da areia, porque a tensão superficial da água mantém as partículas afastadas (SIQUEIRA, 2008).

Umidade crítica: é o valor da umidade onde ocorre o inchamento máximo do agregado.

Inchamento médio: é a média dos valores do inchamento no ponto de umidade crítica e no ponto máximo da curva (Inchamento Máximo).

Normalmente, o inchamento máximo ocorre para teores de umidade entre 4 e 7%, podendo variar, dependendo da granulometria da areia, para teores entre 15 e até 35%. Acima desses níveis, o inchamento decresce, chegando praticamente a anular-se no estado saturado (RODRIGUES, 2000).

TORRÕES DE ARGILA E MATERIAIS FRIÁVEIS

Para Neville (2016), dentre os materiais friáveis destacam-se: torrões de argila, madeira e carvão, substâncias que podem comprometer a resistência do concreto quando presentes em proporções de 2 a 5% da massa do agregado, devendo, portanto, ser evitados em concretos que serão submetidos a abrasão.

De acordo com a norma ABNT NBR 7211/2009, a quantidade máxima de torrões de argila e materiais friáveis é de 3% em relação a massa do agregado miúdo.

MASSA UNITÁRIA, MASSA ESPECÍFICA, MASSA ESPECÍFICA APARENTE E ABSORÇÃO DO AGREGADO

A NM 52:2009 define que massa específica é a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, excluindo os poros permeáveis; e massa específica aparente é a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, incluindo os poros permeáveis (ABNT, 2009b). Seguindo as diretrizes da norma ABNT citada, antes de deduzir a massa específica (ME), é necessário encontrar as massas específicas aparentes (MEA) e a massa específica saturada de superfície seca (MESS).

Segundo Mehta e Monteiro (2008), para efeitos de dosagem, é indispensável que se conheça o espaço ocupado pelas partículas do agregado, incluindo os poros existentes dentro das partículas, sendo suficiente determinar a “Massa Específica”, massa do material, abrangendo os poros internos por unidade de volume.

Ainda de acordo com Mehta e Monteiro (2008) a absorção nos permite entender as características da massa específica, sendo determinada medindo-se o aumento de peso de uma amostra, antecipadamente seca em estufa e, em seguida, imersa em água. A relação entre esse acréscimo e a massa da amostra seca, mostra, em percentual, a quantidade de água absorvida.

A Massa unitária de um agregado é a relação entre sua massa e seu volume sem compactar, considerando-se, também, os vazios entre os grãos. É utilizada para transformar massa em volume e vice-versa. Massa unitária compactada é a relação entre sua massa e seu volume compactado, segundo um determinado processo, considerando-se, também, os vazios entre os grãos. Pode ser feita com um único agregado ou com uma composição destes (GUERRA, 2013).

Segundo a NBR NM 45: 2006a, o volume de vazios é o espaço entre os grãos de uma massa de agrega. Quanto maior for o volume de vazios, menor é a resistência mecânica e maior é a absorção de água e consumo de cimento. Isso influencia na eficiência da relação “agregado-água-cimento” (GÓMEZ-SOBERÓN, 2002).

CAPÍTULO 4

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostras de areia foram coletadas em diferentes bairros da Região Metropolitana de Belém, preparadas e posteriormente ensaiadas de acordo com as normas listadas na tabela 1.

Tabela 1 - Normas utilizadas para a execução deste estudo

ABNT NBR NM (Número e ano de publicação)	Descrição
ABNT NBR 7211 /2009	Determinação da composição granulométrica.
ABNT NBR NM 248/2003	Agregados para concretos – Especificação.
ABNT NBR NM 46/2003	Determinação de material fino que passa através da peneira 75 micrômetros, por lavagem.
ABNT NBR NM 52/2009	Determinação da massa específica e massa específica aparente.
ABNT NBR NM 30/2001	Determinação de absorção de água.
ABNT NBR NM 45/2006	Determinação da massa unitária.
ABNT NBR 7218/2010	Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis.
ABNT NBR 7218/2010	Determinação do Inchamento de agregado miúdo
ABNT NBR 7389-1/2009	Agregados - Análise Petrográfica
ABNT NBR 7389-1/2009	Impurezas Orgânicas

COLETA DAS AMOSTRAS DE AREIA

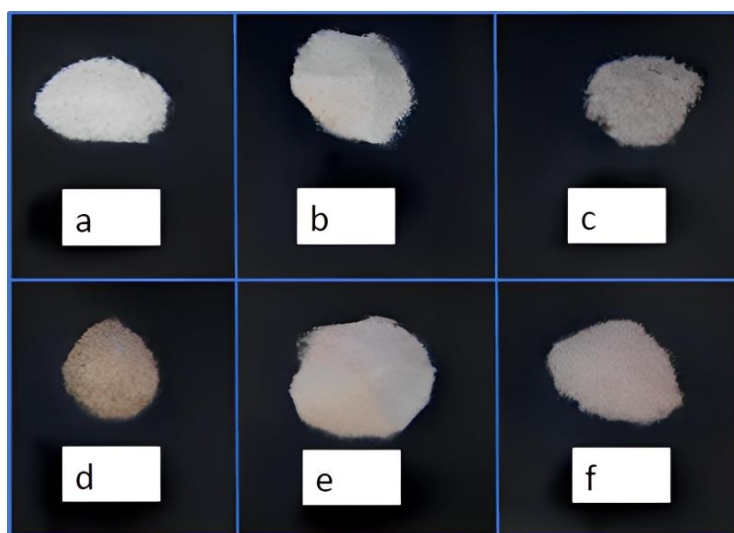
As amostras de areia foram coletadas em pontos de venda de material de construção, já beneficiadas e prontas para o uso em obras, em diferentes bairros da região metropolitana de Belém do Estado do Pará (Belém, Marituba e Ananindeua), conforme a tabela 2:

Tabela 2 - Bairros onde as amostras foram coletadas

Amostras	Bairros
A	Guamá (Belém)
B	Pedreira (Belém)
C	Guanabara (Belém)
D	Centro (Ananindeua)
E	Terra Firme (Belém)
F	Centro (Marituba)

Toda coleta do material foi feita de modo a preservar a parte pulverulenta do material, retiradas em porções de diferentes partes da pilha de agregados, abrangendo a base, meio e topo do lote, sendo posteriormente misturadas e quarteadas adequadamente visando atender às especificações da ABNT NBR NM 26/2009a.

As partes representativas dos lotes, com aproximadamente 15 kg cada, foram acondicionadas em sacos plásticos, para conservá-las para os ensaios, identificados de acordo com os bairros onde foram coletadas e transportadas para os laboratórios do IFPA. Logo de início, foram colocadas em bandejas e secas em estufas apropriadas, conforme a uma temperatura de $105\text{ }^{\circ}\text{C} + \text{ou} - 5^{\circ}\text{C}$. Na figura 2 estão organizadas amostras representativas das areias coletadas.

**Figura 2** - Frações representativas das areias coletadas

Em laboratório cada amostra de campo (A, B, C, D, E e F) passou por um processo de homogeneização e quarteamento de acordo com a NBR NM 27/2001: redução da amostra de campo para ensaios de laboratório, para serem utilizadas nos ensaios posteriores.

ENSAIOS REALIZADOS

Seguindo as determinações da NBR NM 248/2003 para a determinação da composição granulométrica de agregados miúdos e graúdos, destinados ao preparo do concreto, as amostras foram secas em estufa com temperatura de $105\text{ }^{\circ}\text{C} + \text{ou} - 5^{\circ}\text{C}$, peneiradas em um peneirador mecânico mediante a utilização das peneiras de série normal 4,75mm a 0,15mm, conforme elencado na tabela 4, proporcionando o fracionamento por diferentes tamanhos de grãos do agregado. As porções de material retidas em cada peneira foram separadas e pesadas, anotando-se o valor na planilha de composição granulométrica.

- Composição granulométrica

Seguindo as determinações da NBR NM 248/2003 para a determinação da composição granulométrica de agregados miúdos e graúdos, destinados ao preparo do concreto, as amostras foram secas em estufa com temperatura de $105\text{ }^{\circ}\text{C} + \text{ou} - 5^{\circ}\text{C}$, peneiradas em um peneirador mecânico mediante a utilização das peneiras de série normal 4,75mm a 0,15mm, conforme elencado na tabela 3, proporcionando o fracionamento por diferentes tamanhos de grãos do agregado. As porções de material retidas em cada peneira foram separadas e pesadas, anotando-se o valor na planilha de composição granulométrica.

Tabela 3 - Sequência de peneiras utilizadas na caracterização granulométrica

Série Normal
4,8 mm
2,36 mm
1,18 mm
0,6 mm
0,3 mm
0,15 mm
0,075 mm

Uma escova de aço foi utilizada para escovar as peneiras e retirar os grãos de agregado miúdo que ficaram presos nas mesmas para que nenhuma partícula fosse perdida.

- Determinação de material fino que passa através da peneira 75 micrômetros, por lavagem

Em conformidade com a norma ABNT NBR NM 46: 2003, pesou-se 500g de material de cada amostra e foram secas em estufa a uma temperatura de 105°C, +ou- 5°C, e posteriormente deixadas à temperatura ambiente. Cada amostra foi acondicionada em um recipiente adequado de forma a não ocorrer perda de material, em seguida cobertas com água e agitadas de forma que o material pulverulento ficasse em suspensão. Após esse processo, cada amostra foi vertida em uma sequência de duas peneiras de abertura de malha de 1,2mm e 0,075mm, respectivamente, e o material retido na segunda peneira retornou ao recipiente.

Repetiu-se a operação até que a água de lavagem ficasse clara, sempre com cuidado para que nenhum material fosse perdido durante o procedimento. O agregado lavado foi seco em estufa e posteriormente pesado.

O teor de material pulverulento do agregado miúdo foi calculado conforme a equação 1:

$$m = \frac{A-B}{A} \times (100 \%) \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

M = Teor de material pulverulento;

A = Massa da amostra seca em estufa;

B = Massa da amostra seca em estufa após lavagem.

- Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis

O agregado miúdo foi seco em estufa a temperatura média de 105°C e separado em quantidade suficiente para que após o peneiramento a amostra retida entre as peneiras de 1,2mm e 4,8mm fosse superior a 200g, sendo definida a alíquota inicial de 1500 g para cada amostra. Em seguida, foi montado um conjunto de peneiras para realizar o ensaio de peneiramento de modo que a de 4,8 mm ficou sobre a de 1,2 mm.

Pesou-se 200 g do material que ficou retido na peneira 1,2 mm e, em seguida, espalhou-se o material sobre uma superfície plana na qual foram destorroados manualmente todos os torrões existentes no material; depois de realizado o processo de destorroamento,

peneirou-se novamente o material, agora acrescentando-se ao conjunto a peneira de 0,6mm, de onde o material retido foi retirado para ser pesado.

O peso dos torrões de argila foi obtido pela diferença entre as duas pesagens e expresso em porcentagem do peso inicial da amostra ensaiada através da equação 2 (adap.)

$$M = \frac{m_i - m_f}{m_i} \quad \text{Equação 2 (adap.)}$$

Onde:

M = material destorroadado;

Mi = massa inicial;

Mf = massa final.

- Determinação da massa unitária

O ensaio foi adaptado para ser realizar de acordo com NBR NM 45: 2006. O Primeiramente determinou-se o volume do recipiente metálico a ser utilizado no ensaio. O recipiente foi pesado para determinar sua massa.

Uma alíquota de areia, previamente seca em estufa a 110 °C, até a constância de peso, foi lançada no cubo metálico a uma altura em torno de 12 cm da borda superior deste. O lançamento foi realizado de forma a espalhar de maneira uniforme o material dentro do recipiente, a fim de evitar a compactação da areia. Com o auxílio de uma régua, procedeu-se ao rasamento da superfície, deixando-a nivelada em relação às bordas do recipiente. Esse processo foi realizado tanto para a areia úmida quanto para a areia seca. Após isso, pesou-se o recipiente com o agregado miúdo contido.

Todo esse processo foi repetido para condição da areia seca e úmida.

A massa do agregado solto é a diferença entre o recipiente cheio e a massa do recipiente vazio, sendo que foram feitas duas determinações para cada amostra e retirada uma média, obtendo-se, posteriormente, o valor da massa unitária por meio da equação 3:

$$Pap = \frac{M_{ar} - M_r}{V} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

Pap – é a massa unitária do agregado em kg/m³

Mar – é a massa do recipiente do mais o agregado em quilogramas

Mr – é a massa do recipiente vazio em quilogramas.

V – é o volume do recipiente, em metros cúbicos.

- Determinação do inchamento do agregado miúdo

Cada amostra a ser ensaiada foi seca em estufa (105 – 110°C) até atingir a constância de massa e depois resfriada naturalmente até atingir a temperatura ambiente. Transferiu-se, então, a amostra para a lona, onde foi homogeneizada e determinada sua massa unitária, segundo os procedimentos descritos na NBR NM 45: 2006 para determinação da massa unitária.

Adicionou-se água sucessivamente de modo a obter teores de umidade próximos aos valores de 0,5 %, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 7%, 9% e 12%. Após isso, foi realizada cuidadosamente a homogeneização da amostra a cada adição de água;

Realizou-se, em cápsulas de alumínio mostradas na figura 3, a coleta de amostra de agregado a cada adição de água, para determinação do teor de umidade.

Foi determinada a massa de cada cápsula com a amostra coletada (M_i). Em seguida, elas foram colocadas para secar em estufa. Por fim, foi determinada a massa final (M_f) das cápsulas com as amostras devidamente secas.



Figura 3 - Cápsulas de alumínio levadas à estufa para secagem contendo amostras de agregado

- Análise petrográfica

Uma amostra de cada bairro foi separada e levada à análise petrográfica, onde foi realizada a microscopia através do microscópio óptico de luz polarizada, onde a luz passa por um filtro unidirecional, sendo polarizada em um plano à medida que atravessa o primeiro filtro até atingir a amostra. A análise foi realizada obedecendo as diretrizes da NBR 7389-1/2009.

- Determinação de massa específica e massa específica aparente

As amostras foram previamente secas em estufa a uma temperatura média de 105°C e constituídas por 1 kg de agregado miúdo obtido por quarteamento. Em seguida, foram cobertas por água durante 24 horas e secas com uma suave corrente de ar.

Uma vez prontas, as amostras foram pesadas ($500,0 \pm 0,1$) g, colocadas no picnômetro e registrou-se, em seguida, a massa do conjunto. O frasco foi cheio com água até próxima da marca de 500 ml e levado ao banho em um aquário por aproximadamente 60 minutos a uma temperatura média 27 °C.

Após isso, o agregado foi retirado e seco em estufa, novamente pesado e os resultados utilizados para a determinação da massa específica do agregado saturado de superfície seca e da massa específica, utilizando-se as equações 4 e 5.

$$d_2 = \frac{m_s}{V - V_a} \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

- a) d_1 : é a massa específica do agregado saturado superfície seca, em gramas por centímetro cúbico;
- b) M_s : é a massa da amostra na condição saturada superfície seca, determinada em gramas;
- c) V : é o volume do frasco, em centímetros cúbicos;
- d) V_a : é o volume de água adicionada ao frasco em centímetros cúbico. O V_a pode ser obtido pela massa do volume do frasco com agregado e água, menos o volume do frasco com agregado, dividido pela densidade padrão da água.

$$d_3 = \frac{m}{(V - V_a) - \frac{m_s}{p_a} - \frac{m}{p_a}} \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

- a) D_3 : é a massa específica do agregado, em gramas por centímetros cúbicos; m é a massa da amostra seca em estufa, em gramas;
- b) V : é o volume do frasco, em centímetros cúbicos;
- c) V_a : é o volume de água adicionado ao frasco, determinado segundo 8.1, em centímetros cúbicos;
- d) M_s : é a massa da amostra na condição saturada superfície seca em gramas (500g pesadas inicialmente após a secagem da suave corrente de ar).
- e) P_a : é a massa específica da água, em gramas por centímetro cúbico.

Este ensaio foi repetido mais uma vez para que fosse feita uma média entre os resultados.

- Absorção de água

A amostra do agregado para este ensaio foi previamente pesada obtendo-se uma alíquota de massa 1 kg, que foi colocada em um recipiente e seca em estufa a uma temperatura de 105 °C (± 5). Após, foi coberta com água e deixada imersa por 24h. Uma vez retirada, a amostra foi parcialmente seca com uma suave corrente de ar para, em seguida, ser novamente pesada. Os resultados foram utilizados para calcular a absorção de água do agregado, utilizando-se a Equação 6.

$$A = \frac{m_s - m}{m} * 100 \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

- a) A é a absorção de água, em porcentagem;
- b) M_s é a massa ao ar da amostra na condição saturado e de superfície seca, em gramas;
- c) M é a massa da amostra seca em estufa, em gramas.

- Determinação de Impurezas Inorgânicas

Separou-se 200g de todas as amostras e cada uma foi acondicionada, separadamente, em um frasco Erlenmeyer. Em sequência, adicionou-se 100ml de uma solução de Hidróxido de Sódio a 3%, previamente preparada em laboratório, em cada um dos frascos.

Agitou-se vigorosamente cada mistura e os frascos foram tampados com rolhas apropriadas. Em seguida, cada frasco foi acondicionado em um local escuro e protegido da luz, por um período de 24 horas.

A solução obtida em cada amostra foi comparada com a tabela de cores da placa colorimétrica específica para esse ensaio.

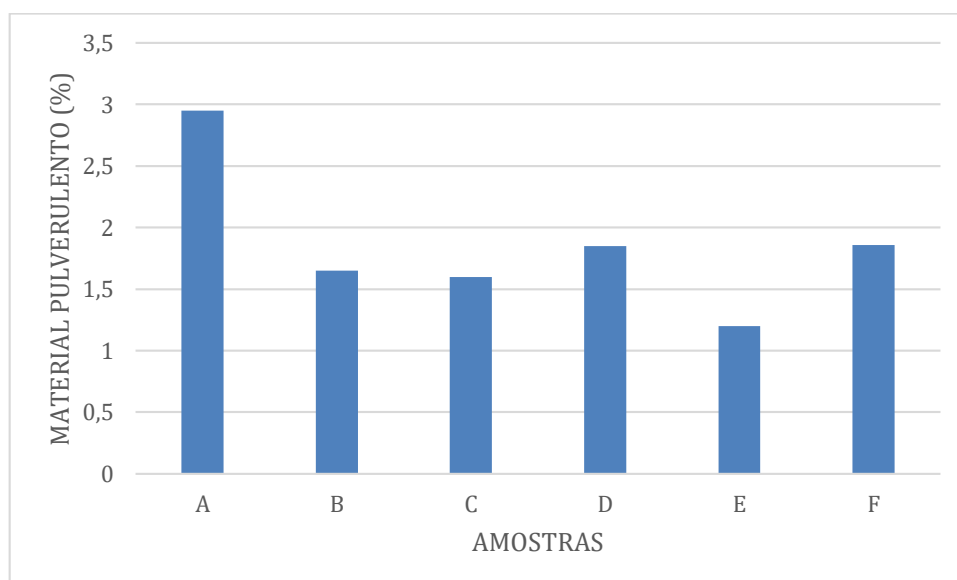
CAPÍTULO 5

ANALISE DOS RESULTADOS

- Determinação do teor de material pulverulento (0,075mm)

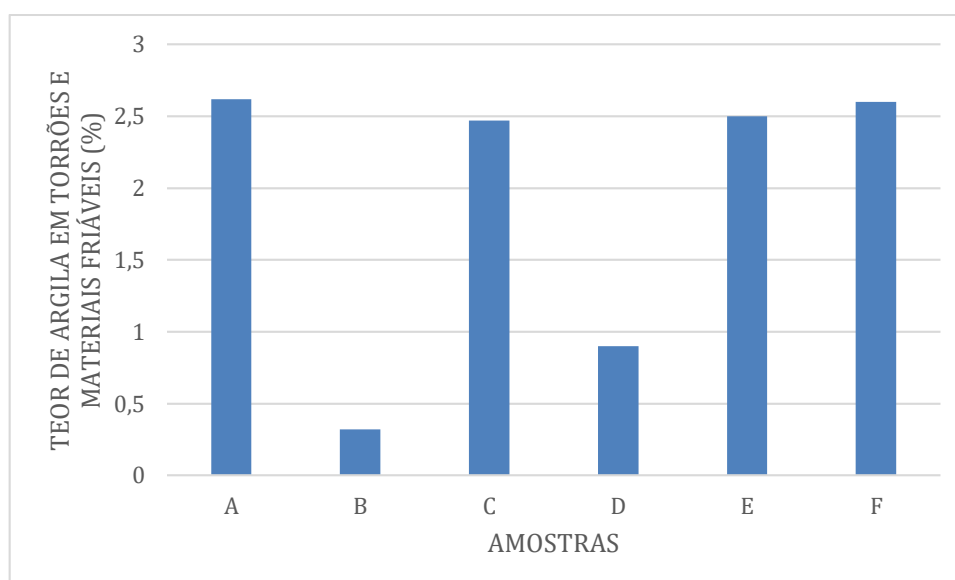
Todas as amostras submetidas ao ensaio demonstram conformidade com as prescrições estabelecidas na norma NBR 7211 (ABNT, 2009d). Observa-se, por meio do gráfico 1, que a amostra "A" exibiu a maior proximidade com o limite de 3%, apresentando um teor de material pulverulento de 2,95%. Em contrapartida, a amostra "E" registrou o menor teor em comparação com as demais amostras, com uma porcentagem de 1,2%.

Gráfico 1 - Teor de material pulverulento



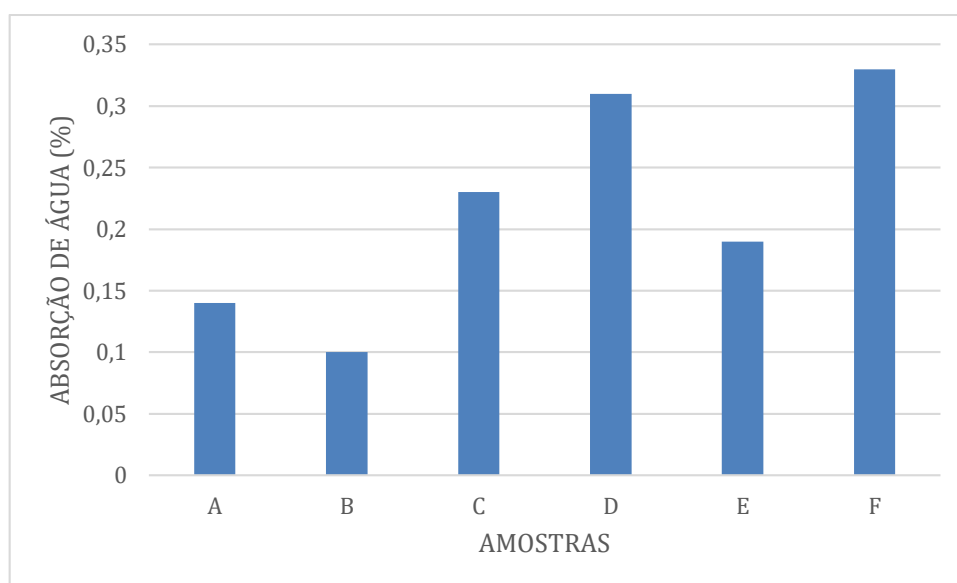
- Determinação do teor de torrões de argila e matérias friáveis

Observa-se por meio do gráfico 2, que as amostras "A" (2,62%), "C" (2,47%), "E" (2,50%) e "F" (2,60%) apresentaram níveis de teor de argila ou materiais friáveis bastante similares, com médias em torno de 2,5%, enquanto que as amostras "B" (0,32%) e "D" (0,90%) não ultrapassaram 1%. Estando em conformidade com a NBR 7218 (ABNT, 2010).

Gráfico 2 - Teor de torrões de argila e matérias friáveis.

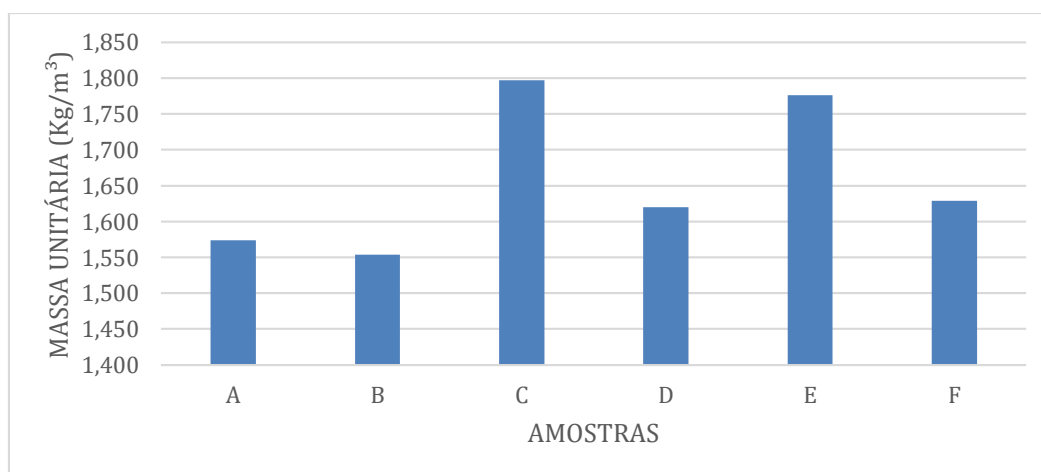
- Determinação do teor de absorção de água

O conteúdo de água absorvida pelo agregado miúdo exerce uma influência substancial na resistência do concreto, uma vez que o aumento na absorção resulta em uma maior quantidade de água na mistura, com a consequente redução da relação água-cimento (a/c), que determina a composição da pasta envolvendo os agregados (PEDROSO, TERTULINO e PULIDO, 2016). Como indicado no gráfico 3, as amostras "A" (0,14%) e "B" (0,10%) demonstram os menores níveis de absorção de água, ao passo que as amostras "D" (0,31%) e "F" (0,33%) exibem níveis mais elevados de absorção de água. As amostras "C" (0,23%) e "E" (0,19%) apresentam valores muito próximos entre si. Quanto maior o índice de absorção de água, menor a trabalhabilidade da massa de cimento (SOUZA, ASSIS; SOUTO, 2014).

Gráfico 3 - Teor de Absorção de Água

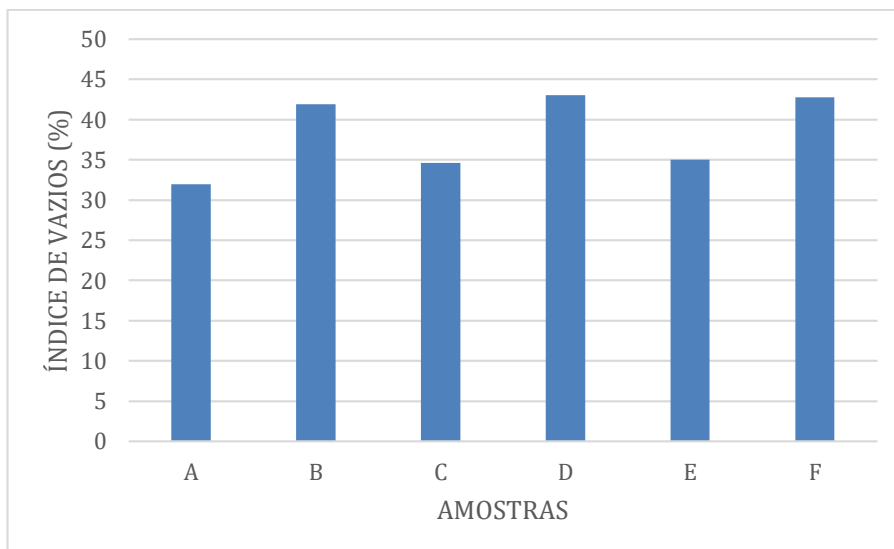
- Determinação da massa unitária e o volume de vazios

No gráfico 4, encontram-se os resultados do ensaio conduzido. A amostra “A” apresentou massa unitária igual a 1580 kg/m^3 , a amostra “B” 1550 kg/m^3 , aproximadamente, sendo estes os menores resultados. Em contrapartida, a amostra “C” apresentou o resultado de 1800 kg/m^3 e a amostra “E” resultado 1770 kg/m^3 aproximadamente, sendo estes os maiores valores de massa unitária obtidos nas amostras de agregado ensaiadas. As amostras “D” e “F” com valores muito próximos de 1620 kg/m^3 .

Gráfico 4 - Determinação da massa unitária e teor de vazios

O gráfico 5 apresenta os dados em porcentagem do índice de vazios de cada amostra A, B, C, D, E e F.

Gráfico 5 - Volume de vazios

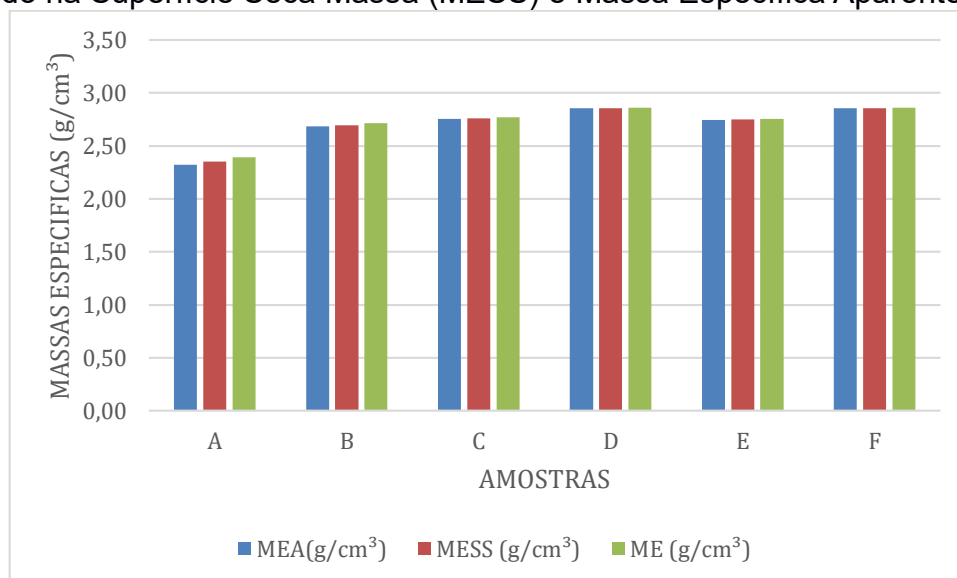


Os índices de vazios nas amostras "A" (32%), "C" (35%), e "E" (35%) revelam valores extremamente próximos, notavelmente distintos dos índices apresentados pelas amostras "B" (42%), "D" (43%), e "F" (43%), que exibem valores superiores a 40%. Isso denota que as amostras "B," "D," e "F" possuem, de acordo com a observação de Gómez-Soberón (2002), uma maior predisposição à permeabilidade da água em concretos e argamassas.

- Determinação da massa específica e massa específica aparente

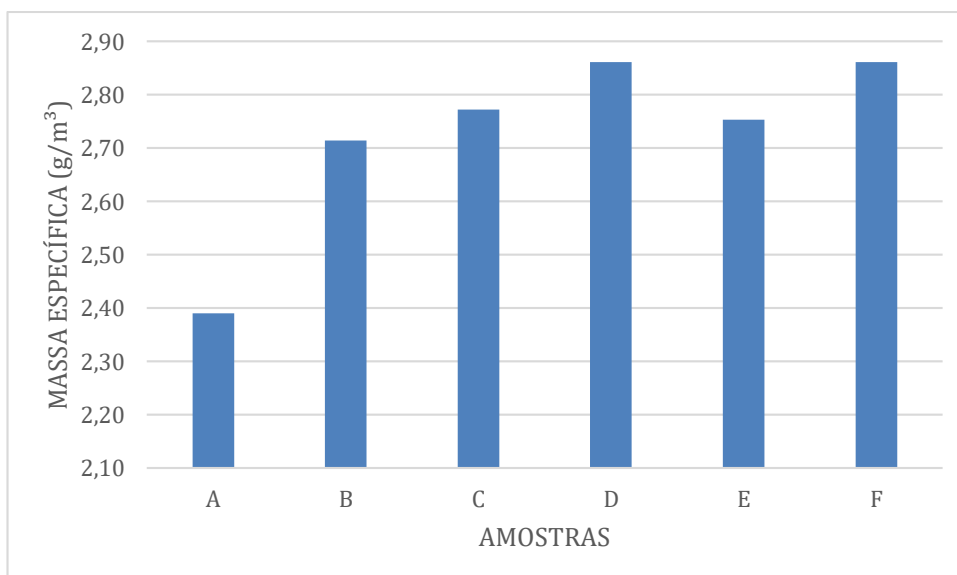
O gráfico 6 apresenta as massas específicas encontradas. Antes de calcular a densidade real (massa específica) é necessário determinar a massa específica aparente (MEA) e a massa específica do agregado saturado seco (MESS).

Gráfico 6 - Resultados das Massa Específica (ME), Massa Específica do Agregado Saturado na Superfície Seca Massa (MESS) e Massa Específica Aparente (MEA).



Assim, destacamos o resultado da massa específica (densidade real), representada através do gráfico 7.

Gráfico 7 - Massa específica

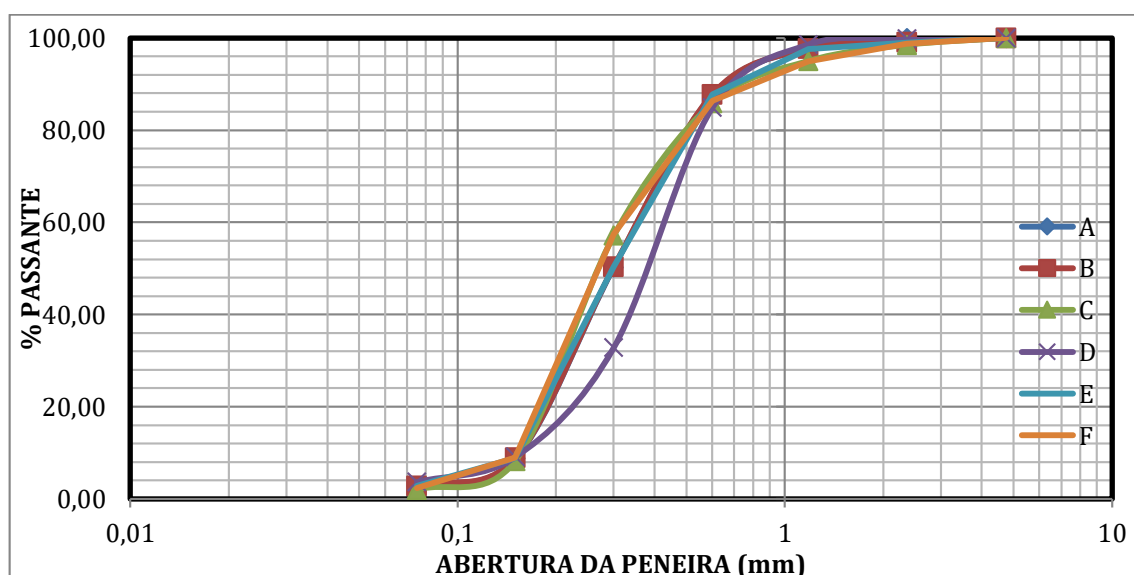


Conforme pode ser observado no gráfico 7, a amostra “A” apresentou o menor valor de massa específica com $2,35\text{g/cm}^3$. Enquanto que “B” ($2,69\text{g/cm}^3$), “C” ($2,76\text{ g/cm}^3$), “D” ($2,85\text{g/cm}^3$), “E” ($2,75\text{g/cm}^3$) e “F” ($2,86\text{g/cm}^3$) apresentaram valores abaixo e acima de $2,60\text{g/cm}^3$, ou seja, valores não tão habituais para aplicação em concreto, segundo as prescrições da NBR 9935 (ABNT, 2011).

- Determinação da composição granulométrica

A distribuição do tamanho das partículas está intrinsecamente associada às variações no comportamento reológico da trabalhabilidade de argamassas e concretos. Nesse contexto, ao analisar o gráfico 8 da curva granulométrica, percebe-se que as areias analisadas exibem granulometrias caracterizadas por uma distribuição uniforme.

Gráfico 8 - Curvas Granulométricas das amostras de areia



Os módulos de finura encontrados estão apresentados na tabela 4.

Tabela 4 – Módulo de finura

AMOSTRAS	MODULO DE FINURA
A	1,56
B	1,56
C	1,55
D	1,75
E	1,47
F	1,54

Considerando as prescrições estabelecidas na norma NBR 7211/2009, todas as amostras exibem um módulo de finura classificado como "muito fino," à exceção da amostra "D," que se caracteriza pelo módulo de finura classificado como "fino." As amostras "A," "B," "C," e "D" encontram-se situadas dentro da faixa inferior utilizável, que varia de 1,55 a 2,20,

de acordo com as diretrizes delineadas na referida norma. No entanto, as amostras "E" e "F" desviam-se do padrão estabelecido pela norma, situando-se fora dos limites especificados. Segundo Neville (2016), em aplicação para concretos, se a granulometria de um agregado miúdo for deficiente em partículas mais finas, o aumento da relação agregado miúdo/agregado graúdo pode não se mostrar uma solução satisfatória, pois pode resultar em excesso de tamanhos médios e, possivelmente, uma mistura áspera.

- Determinação do teor de Inchamento

Quando o processo de produção de argamassa é todo realizado no canteiro de obras, sendo estes locais descobertos, como é bem comum, a areia sofre grande variação de teor de umidade, devido a grande capacidade de retenção de água que os agregados possuem, alterando seu volume e influenciando de forma direta no volume correto que deve ser misturado durante a produção de argamassas ou concretos. Sendo assim, se faz necessário o conhecimento do teor de inchamento do agregado.

A tabela 5 apresenta as porcentagens de umidade crítica e coeficiente de inchamento.

Tabela 5 - Umidade crítica e coeficiente de inchamento		
AMOSTRAS	UMIDADE CRÍTICA (%)	COEFICIENTE DE INCHAMENTO V_h/V_o
A	4,3	1,469
B	4,0	1,405
C	4,1	1,500
D	3,2	1,425
E	3,6	1,475
F	3,6	1,530

De acordo com Terra (2003), o ponto de inchamento máximo normalmente ocorre em faixas de teor de umidade crítica situadas entre 4% e 7%. Conforme os resultados deste estudo, as amostras "A," "B," e "C" encontram-se dentro dessa faixa crítica de umidade, conforme definido por Terra (2003), enquanto as amostras "D," "E," e "F" demonstraram teores de umidade inferiores a 4%.

Neville (2016) enfatiza que o inchamento resulta em uma menor densidade de areia ocupando o mesmo volume em uma caixa de medida, ou seja, em areias mais finas, o inchamento é mais pronunciado em comparação com as areias mais grossas. Portanto, a amostra "D," que apresenta o menor índice de inchamento (3,2%) e uma maior finura em

relação às demais amostras, está em consonância com as conclusões da literatura de Neville (2016).

- Determinação da análise de petrográfica

Em conformidade com as orientações estabelecidas na norma NBR 7389-1/2009, o ensaio petrográfico conduzido neste estudo teve por objetivo a identificação da textura, compreendendo a forma e o arranjo dos minerais, bem como a estrutura dos grãos de areia sob análise. Nesse contexto, a figura 4 (A, B, C, D, E e F) permite a observação de algumas dessas características.

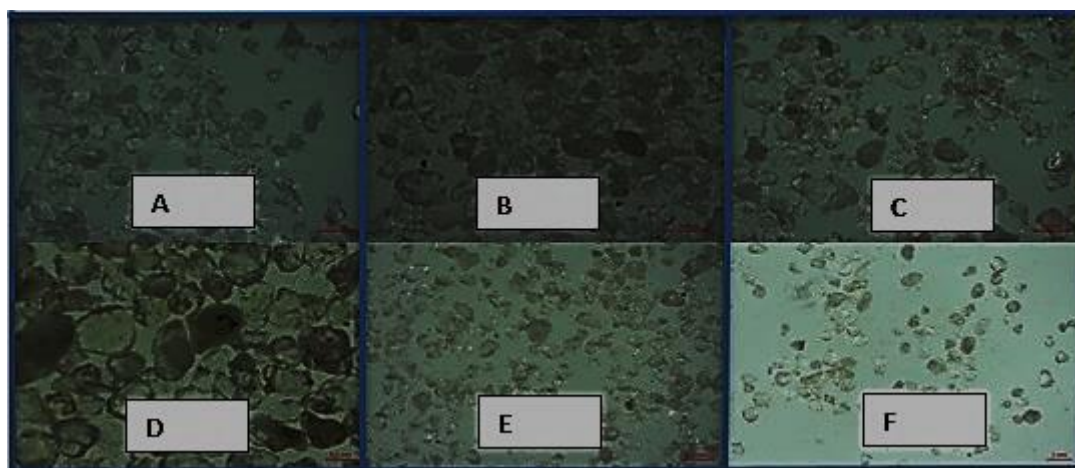


Figura 4 - Morfologia dos grãos de areia da amostra “A, B, C, D E, e F”, Com aumento de 100X

As amostras de areia coletadas exibiram predominantemente a morfologia subarredondada dos grãos, acompanhada da presença de partículas angulares, subangulares, laminares, subarredondadas e arredondadas. Tais características encontram-se em consonância com a literatura existente (CARASEK et al., 2016).

- Determinação quanto ao grau de impurezas orgânicas

A figura 5 exibe a solução padrão de Ácido Tânico, concebida como referência visual para comparação entre sua coloração e a coloração das soluções de Hidróxido de Sódio (NaOH), contendo o agregado miúdo, objeto de análise, conforme ilustrado na figura 6. Essa análise visa a avaliar a quantidade de matéria orgânica presente em cada amostra.



Figura 5 - Solução padrão de Ácido Tânico

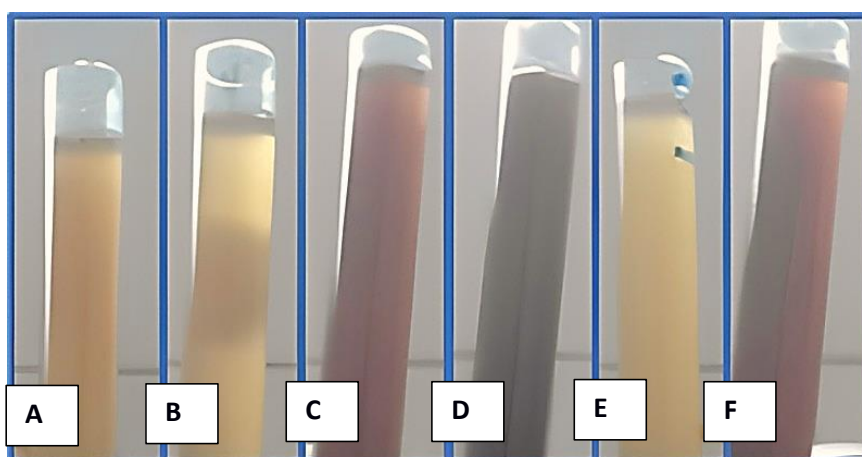


Figura 6 – Soluções filtradas de Hidróxido de Sódio a 3% das amostras “A”, “B”, “C”, “D”, “E” e “F”

As amostras "A", "B" e "E" revelaram uma coloração mais clara em comparação com a solução padrão, sugerindo que os agregados nelas contidos não apresentam teores excessivos de matéria orgânica capazes de comprometer a trabalhabilidade e resistência das argamassas analisadas. Isso indica que a areia submetida à análise é adequada para utilização em argamassas e concretos. Por outro lado, as amostras "C", "D" e "F" exibiram uma coloração mais escura, aproximando-se da tonalidade da solução padrão. De acordo com a norma NBR NM 49 (ABNT, 2001c), à medida que a solução de NaOH, contendo o agregado miúdo, se assemelha cromaticamente à solução padrão, observa-se um acréscimo no nível de impureza orgânica.

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Durante a realização dos ensaios, notou-se que as amostras apresentaram resultados mínimos para aplicação em concreto e argamassa. A granulometria revelou módulos de finura bastante reduzidos, indicando um caráter predominantemente muito fino. A sobreposição das linhas na curva granulométrica resultou da notável similaridade nos resultados granulométricos.
- Os valores do módulo de finura exibiram uma estreita concordância em faixas próximas, exceto para a amostra D. As curvas granulométricas, por sua vez, sugeriram a possibilidade de uma areia fina.
- Nos ensaios referentes ao teor de argila, materiais friáveis e pulverulentos, constatou-se que as amostras apresentaram valores significativos, todos situados abaixo de 3%, conforme preconizado pelas normas técnicas pertinentes. Os resultados obtidos nos ensaios de massa específica, massa específica aparente e massa unitária corroboraram com os valores previamente descritos na literatura especializada.
- A análise por meio de microscopia óptica revelou predominantemente uma morfologia esférica (subarredondada) e maciça, com uma coloração opaca (mais clara) nos grãos. Essa observação coaduna-se com as expectativas, uma vez que é intrínseca à tendência natural de agregados miúdos adotarem uma forma arredondada, resultado do efeito cumulativo de colisões múltiplas e abrasão.
- Verificou-se que a amostra F, caracterizada por um elevado teor de umidade, manifestará uma propensão a absorver uma quantidade maior de água em comparação à amostra B, a qual apresenta um teor de absorção mais reduzido.
- O ensaio de impurezas orgânicas indicou que as amostras “A”, “B” e “E” ESTÃO de acordo com as determinações da norma para aplicação em concretos e argamassas, uma vez que não apresentaram teores elevados de impurezas, já as amostras “C”, “D” e “F” apresentaram elevado teor de impurezas orgânicas, o que pode comprometer a resistência mecânica do concreto. A discrepância observada nos resultados pode ser justificada pela diversidade nos locais de coleta das amostras, caracterizados por variações substanciais, sobretudo no que tange às práticas de estocagem. No entanto, para uma avaliação mais precisa do efeito prejudicial ou não desses agregados nas características mecânicas do

concreto, recomenda-se a realização de ensaios específicos em corpos de concreto fabricados com os agregados empregados neste estudo.

- Com base nos resultados obtidos, constata-se que as amostras de agregados examinadas neste estudo satisfizeram os requisitos mínimos estabelecidos para garantir a adequada trabalhabilidade em concretos e argamassas, conforme preconizado pelas normas técnicas pertinentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR NM 26: agregados: amostragem. Rio de Janeiro, 2009a.

_____. NBR NM 27: redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. Rio de Janeiro, 2001a.

_____. NBR NM 30: agregado miúdo: determinação de absorção de água. Rio de Janeiro, 2001b.

_____. NBR NM 45: agregados: determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006a.

_____. NBR NM 46: agregados: determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003a.

_____. NBR NM 49: agregado miúdo: determinação de impurezas orgânicas. Rio de Janeiro, 2001c.

_____. NBR NM 52: agregado miúdo: determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009b.

_____. NBR NM 248: determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003b.

_____. NBR 6467: agregados: determinação do inchamento de agregado miúdo: método de ensaio. Rio de Janeiro, 2009c.

_____. NBR 6467: determinação do inchamento de agregado miúdo. Rio de Janeiro, 2006b.

_____. NBR 7211: agregados para concretos: especificação. Rio de Janeiro, 2009d.

_____. NBR 7218: agregados: determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis. Rio de Janeiro, 2010.

_____. NBR 7389-1: agregados: análise petrográfica. Rio de Janeiro, 2009e.

_____. NBR 9935: agregados: terminologia. Rio de Janeiro, 2011. ALMEIDA, Salvador Luiz

ALMEIDA, Salvador Luiz; SILVA, Valesca da Silveira. Areia artificial: uma alternativa econômica e ambiental para o mercado de agregados. In: **SEMINÁRIO O USO DA FRAÇÃO FINA DA BRITAGEM**, 2., São Paulo, 2005. Anais... São Paulo: ANTAC, 2005.

ANEPAC. **História do agregado**. São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://www.anepac.org.br/agregados/historia-do-agregado>>. Acesso em: 25 jan. 2018

BASILIO, Eduardo. Santos. Agregados para concreto. São Paulo: **ABCP**, 1995.

BAUER, Falcão. **Materiais de construção**. 5. ed. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos, 1995.

CAMPOS, Edson Esteves; FERNANDES, Lúcia. Controle ambiental aplicado a produção de agregados. Rio de Janeiro: **CETEM**, 2005.

CARASEK, Helena et al. Parâmetros da areia que influenciam a consistência e a densidade de massa das argamassas de revestimento. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 21, p. 714-732, 2016.

CAVALCANTI, V. M. M.; PARAHYBA, R. E. R. **A indústria de agregados para construção civil na região metropolitana de Fortaleza**. Fortaleza: DNPM, 2012.

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. 2013 Sumário mineral.

FERREIRA, Gilson Ezequiel; OLIVEIRA, Bernardo Regis. Mercado de agregados no Brasil. In: ALMEIDA, Salvador Luiz Matos de; LUZ, Adão Benvindo da (Ed.). **Manual de agregados para a construção civil**. Rio de Janeiro: Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2009. p. 3-29.

GÓMEZ-SOBERÓN, José Manoel Vicente. Porosity of concrete with substitution of recycled concrete aggregate: an experimental study. **Cement and concrete research**, v. 32, n. 8, p. 1301-1311, mar. 2002.

GUERRA, Ruy Serafim de Teixeira. Determinação da massa unitária e volume de vazios (NBR NM 45:2006). **Clube do Concreto** [site], [S.l.], 2013. Disponível em: <<http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/07/passos-passos-determinacao-da-massa.html>>. Acesso em: 14 ago. 2017.

Matos de; LUZ, Adão Benvindo da (Ed.). **Manual de agregados para construção civil**. Rio de Janeiro: **CETEM/MCT**, 2009.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto, microestruturas, propriedades e materiais**. 3. ed. São Paulo: Nicole Pagan Hasparyk, 2008.

NEVILLE, Adam Matthew. **Propriedades do concreto**. 5. ed. Tradução de Ruy Alberto Cremonini. Porto Alegre: Bookman, 2016.

PEDROSO, B.; TERTULINO, B.; PULIDO, A. Influência do Fator Água/Cimento para a Resistência do Concreto. In: **Anais do VII CONCCEPAR: Congresso Científico da Região Centro-Ocidental do Paraná/Centro Universitário Integrado de Campo Mourão.-Campo Mourão, PR: Centro Universitário Integrado de Campo Mourão**. 2016.

PETRUCCI, Eladio Geraldo Requião. Concreto de cimento Portland. **Enciclopedia tecnica universal Globo**. 9. ed. rev. ampl. Porto Alegre: Globo, 1982.

RODRIGUES, Edmundo Henrique Ventura; ARAÚJO, R. C. L.; FREITAS, E. G. A. Materiais de Construções-Coleção Construções Rurais. **Editora Universidade Rural, Seropédica, RJ**, 2000.

SERNA, Humberto Almeida de La; REZENDE, Marcio Marques. Agregados para a construção civil. In: **RODRIGUES, Antônio Fernando da Silva (Org.). Economia mineral do Brasil**. Brasília, DF: DNPM, 2009. p. 602.

SIQUEIRA, L. V. M. **Laboratório de materiais de construção II: 1ª Parte: Agregados [Apostila de ensaios tecnológicos]** – Joinville: Universidade do Estado de Santa Catarina, 2008.

SOUZA, L. M. de; ASSIS, C. D. de; SOUTO, S. B. G. Agregado reciclado: um novo material da construção civil, Santa Maria. 2014. **REGET/UFSM**. v.18, n.1, p. 273-278, 2013. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/reget/article/view/11297/pdf>>. Acesso em: 07 set. 2015.

TERRA, Luiz Eulálio Moraes. Finos de pedreira para execução de concreto estrutural: práticas recomendadas. São Paulo: **Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Concretagem**, 2003.

SOBRE OS AUTORES

ANA CAROLINA DE ASSIS SOUSA

Possui graduação em Engenharia de Materiais pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (2018), mestranda em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Pará. Tem experiência na área de Engenharia de Materiais, com ênfase em Engenharia de Materiais e Metalurgia, atuando principalmente nos seguintes temas: ciência dos materiais, caracterização tecnológica de materiais poliméricos, materiais compósitos, aproveitamento de resíduos sólidos, minerais e agroindustriais.

JAIME HENRIQUE BARBOSA DA COSTA

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal do Pará (1996), mestrado (2002) e doutorado (2010) em Engenharia Mineral pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Atualmente é professor do ensino básico, técnico e tecnológico do IFPA Campus Belém, da Classe Titular, atuando nos cursos de Técnico em Mineração, Metalurgia, Graduação em Engenharia de Materiais e Mestrado Profissional em Engenharia de Materiais. É líder do grupo de pesquisa em Tecnologia Mineral. Tem experiência na área de Engenharia de Minas, com ênfase em Tratamento de Minérios atuando principalmente nos seguintes temas: Tecnologia Cerâmica, Aproveitamento de Resíduos/Rejeitos de Mineração, Caracterização Tecnológica de Matérias-primas Minerais, Métodos de Concentração Mineral, Enriquecimento de Minérios e Modelagem de Processos de Fragmentação de Minérios.

KLEBER ROBERTO MATOS DA SILVA

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará (1992) e mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará (2004). Atualmente é Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Construção Civil e Saneamento Ambiental, atuando principalmente nos seguintes temas: drenagem, pavimentação, edificações e meio ambiente.

THIAGO SANTOS CARVALHO

Possui graduação em Engenharia de Materiais pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (2018).

