

## CARACTERIZAÇÃO DAS AREIAS INDUSTRIAIS UTILIZADAS NA INDÚSTRIA DE ARTEFATOS DE CIMENTO – ESTUDO DE CASO

### INDUSTRIAL SAND WORN ON CEMENT ARTIFACTS INDUSTRY CHARACTERIZATION CASE STUDY

**Bárbara Banczynski Salgado**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba – PR, Brasil  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC  
barbarabsalgado@gmail.com

**Graziela Yumi Suetake**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba – PR, Brasil  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC  
grazisuetake@gmail.com

**Adalberto Matoski**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba – PR, Brasil  
Departamento de Construção Civil – DACOC  
adalberto@utfpr.edu.br

#### **Resumo**

O objetivo deste trabalho é caracterizar os dois tipos de areias artificiais utilizadas numa indústria de artefatos de cimentos, localizada na região metropolitana de Curitiba. Essa areia é utilizada em substituição da areia natural em concreto seco. A empresa optou por esses dois fornecedores devido à viabilidade econômica (proximidade do fornecedor e preço). No entanto o aspecto de sustentabilidade também está presente uma vez que trata do reaproveitamento de resíduos, no caso a areia artificial, de outra indústria. Para caracterizar as areias artificiais foram realizados os seguintes ensaios: teor de umidade, granulometria, materiais pulverulentos e massa específica. Como resultado, observou-se que as areias artificiais. As areias industriais utilizadas na fábrica de artefatos de cimento avaliada nesse trabalho se enquadraram dentro dos limites inferior e superior da zona utilizável para agregado miúdo estabelecido pela norma.

**Palavras-chave:** Areia industrial. Areia artificial. Agregado.

#### **Abstract**

This article reports a study case characterization of two distinct artificial sand types used in industry cement artifacts located in the metropolitan area of Curitiba, Brazil. Industrial sand used in replacement of the natural one during dry concrete process. The analyzed company adopted those types of artificial aggregate from two different providers due economic advantage - distance and price. The tradeoff is sustainable considering being the reuse of another industry waste. In order to characterize the two artificial sand samples, tests were performed embodying relative humidity, granulometry, dusty materials and specific weight. As result the artificial sand samples analyzed suit the usable normative limits for fine aggregate.

**Keywords:** Industrial sand. Artificial sand. Aggregate.

## 1 Introdução

O concreto é o produto mais consumido no mundo e faz parte de praticamente todas as construções (ABCP, 2013). O concreto a base de cimento portland, produto básico da indústria da construção civil, utiliza, em média, por metro cúbico, 42% de agregado graúdo (brita), 40% de agregado miúdo (areia), 10% de cimento e 7% de água (MENOSSI, 2004). Observa-se que 70% do concreto é constituído por agregados (BASÍLIO, 1995).

Diante do grande consumo de concreto a demanda dos agregados, e especial a demanda de areia natural também é elevada. Os impactos ambientais causados pela extração de areia em várzeas e leitos dos rios, principalmente próximos às grandes metrópoles, trouxe como consequência a geração de um passivo ambiental considerável. Deve-se considerar que grande parte da areia consumida provém de municípios distantes acarretando um incremento dos custos de transporte e encarecendo o custo final dos artefatos de concreto, MENOSSI (2004).

Uma alternativa para a solução desse problema está na substituição da areia natural pela artificial. Estudos como o de Bastos (2002) demonstram a viabilidade dessa substituição total ou parcial em concretos com a finalidade estrutural.

Segundo Gonçalves (2004), há três alternativas para a substituição do agregado natural decorrentes de sua produção, são elas:

1. a reciclagem através de materiais alternativos (resíduos sólidos);
2. a utilização de areia a partir dos finos de britagem e;
3. a utilização da areia artificial, que é produzida a partir do agregado graúdo.

Dessa forma o objetivo principal deste trabalho é caracterizar as areias artificiais utilizadas numa indústria de artefatos de cimentos, localizada na região metropolitana de Curitiba, indicando aspectos de sua utilização na substituição da areia natural na fabricação de artefatos utilizando o concreto seco.

## 2 Revisão bibliográfica

O agregado natural é um material pétreo granular que pode ser utilizado da forma como é encontrado na natureza, enquanto que o agregado artificial é um material resultante de processo industrial, como a britagem de rocha, envolvendo alteração mineralógica, química ou físico-química (NBR 9935, 2011).

E os agregados artificiais, especificamente a areia artificial, são provenientes de rejeitos de britagem de pedreiras, ou seja, redução do tamanho de pedras grandes através de trituração em equipamentos mecânicos (britadores) Basílio, (1995). Esses rejeitos são finos de pedreira com diâmetro máximo inferior a 4,75mm e ficam retidos na peneira de 150 µm, sendo classificados como agregados miúdos (NBR 9935, 2011).

Segundo a NBR – 7211, os agregados “não devem conter substâncias de natureza e em quantidade que possa afetar a hidratação e o endurecimento do cimento, a proteção da armadura contra a corrosão, a durabilidade ou, quando for requerido, o aspecto visual externo do concreto.”. Ainda segundo essa mesma norma, a quantidade de material pulverulento é limitada em, no máximo, 5% da massa total do agregado miúdo para que não prejudique o concreto, sendo que o material pulverulento é aquele com dimensão inferior a 75 µm e considerado uma substância deletéria para o concreto.

A presença de material pulverulento é um possível indicador da existência de substâncias deletérias que podem afetar adversamente não somente a trabalhabilidade, a pega, mas as características de durabilidade do concreto, (MEHTA E MONTEIRO, 2008).

Cabe observar que o agregado influencia as propriedades do concreto fresco e também as propriedades do concreto endurecido, devido à alta porcentagem ocupada na massa do concreto.

O material pulverulento apesar de ser considerado uma substância deletéria, pode ser utilizado com baixos teores. Segundo Menossi (2004), “estudo mostram que pós de pedras que apresentam porcentagem de material pulverulento variando de 7% a 20%, dependendo da litologia, podem ser utilizados, pois colaboram na melhoria da aglomeração das partículas maiores do concreto”.

Menossi (2004) optou por trabalhar com os 13,60% de material pulverulento presente na areia artificial e obteve resultados satisfatórios ao final de sua pesquisa.

### **3 Metodologia**

Os ensaios foram realizados com duas areias artificiais com origens distintas. Essas areias são compradas pela fábrica de artefatos de cimento de diferentes fornecedores, localizados na região metropolitana de Curitiba. Nesse trabalho, as areias serão denominadas como areia tipo 1 e areia tipo 2, evitando a identificação dos fornecedores.

Para o desenvolvimento do trabalho, foram seguidas as recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas. As normas utilizadas para os procedimentos de caracterização foram:

- Agregados – Amostragem (NBR NM 26:2009);
- Agregados – Determinação da Composição Granulométrica (NBR 7217, 1987);
- Agregados – Determinação da Massa Unitária e do Volume de Vazios (NBR NM 45:2006);
- Agregados – Determinação do teor de materiais pulverulentos (NBR 7219, 1987)

Também foi determinado o teor de umidade dos materiais, pois esse indicador influencia na quantidade de água a ser adicionada ao concreto.

A amostra retirada, de cada tipo de areia, para realização dos ensaios foi de 550 g, de acordo com a massa mínima de 500 g, obedecendo as especificadas da NBR – 7217.

Cabe observar que a composição granulométrica, de um determinado agregado, tem uma influência considerável sobre a qualidade das argamassas e dos concretos, especialmente sobre a compactidade e a resistência aos esforços mecânicos, conforme Basílio, (1995). Assim, através do ensaio de granulometria pode-se traçar a curva de granulometria dos agregados.

A partir da análise da composição granulométrica obtém-se também o módulo de finura, detecção de pequenas variações em agregados de uma mesma origem, que podem afetar a trabalhabilidade do concreto fresco. Geralmente, é calculado preferencialmente para agregado miúdo. Valores típicos variam entre 2,3 e 3,0, sendo que um valor mais alto indica um agregado mais grosso. (NEVILLE, 2013).

## **4 Resultados**

### **4.1 Umidade do material**

Na fábrica avaliada, a dosagem dos materiais é feita na usina pela pesagem dos materiais, porém não há um controle da umidade do concreto, ou seja, a dosagem dos materiais não considera a quantidade de água contida nos materiais. O controle da umidade é feito de forma empírica pelos próprios fabricantes, estes determinam se a quantidade de água inserida na massa deve ser aumentada ou diminuída.

Antes dos ensaios serem realizados foi avaliada a massa úmida e seca das areias tipo 1 e 2, resultando no teor de umidade de cada material.

- Areia Tipo 1: 1,45%
- Areia Tipo 2: 3,00%

Assim nota-se uma diferença de 52% no teor de umidade de uma areia artificial para outra.

### **4.2 Análise granulométrica**

Obtém-se o módulo de finura (MF) através da soma das porcentagens retidas acumuladas nas peneiras da série normal dividida por 100 (NBR 9935).

A Tabela 1 apresenta a composição granulométrica da areia do tipo 1.

Tabela 1 – Composição Granulométrica da Areia da Areia Tipo 1

Peneira (mm)	Massa Retida (g)	Porcentagens	
		Retida	Acumulada
6,3	0,0	0,0	0,0
4,8	3,9	0,72	0,72
2,4	90,7	16,73	17,47
1,2	139	25,65	43,13
0,6	100	41,32	61,60
0,3	75	30,99	75,44
0,15	41,4	17,11	83,09
Fundo	91,6	37,85	100,00

Fonte: Aatoria própria (2015)

Observa-se que de acordo com a tabela 1, as dimensões máxima e mínima característica da areia de tipo 1 são: 4,8 mm e 0,15 mm, respectivamente.

Por sua vez, a tabela 2 apresenta a composição granulométrica da areia do tipo 2.

Tabela 2 – Composição Granulométrica da Areia Tipo 2

Peneira (mm)	Massa Retida (g)	Porcertagens	
		Retida	Acumulada
6,3mm	0,0	0,0	0,0
4,8mm	0,0	0,0	0,0
2,4mm	87,1	16,34	16,34
1,2mm	153,9	28,88	45,22
0,6mm	94,8	17,79	63,01
0,3mm	69,5	13,04	76,06
0,15mm	43,4	8,14	84,20
Fundo	84,2	15,80	100,00

Fonte: Aatoria própria (2015)

De acordo com a tabela2 pode observar-se que as dimensões máxima e mínima característica da areia de tipo 2 são: 2,4 mm e 0,15 mm, respectivamente.

### 4.3 Massa unitária

O espaço ocupado pelas partículas do agregado incluindo os poros existentes dentro das partículas por unidade de volume é a massa unitária, que é definida como a massa das partículas do agregado que ocupam uma unidade de volume. (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

A massa unitária é a relação entre a massa de um certo volume total de agregado e este volume, seu conhecimento é de grande importância, pois serve de base para as transformações dos traços em massa para volume e vice-versa.

Para a determinação da massa unitária, foram seguidos os procedimentos descritos na norma NBR NM – 45, porém a norma não estabelece valores limites para massa unitária do agregado.

A Tabela 3 mostra a média das amostras ensaiadas de massa unitária das areias industriais avaliadas.

Tabela 3 – Média da Massa Unitária

Material	Média da Massa Unitária dos Agregados (g/cm <sup>3</sup> )
Areia Tipo 1	2,11
Areia Tipo 2	2,10

Fonte: Autoria própria (2015)

#### 4.4 Determinação do teor de material pulverulento

Segundo a NBR 7219, material pulverulento são partículas com dimensão inferior a 0,075mm, inclusive os materiais solúveis em água, presentes nos agregados.

A porcentagem de material pulverulento é facilmente visualizada através do ensaio de granulometria. Os valores de porcentagem de material pulverulento foram:

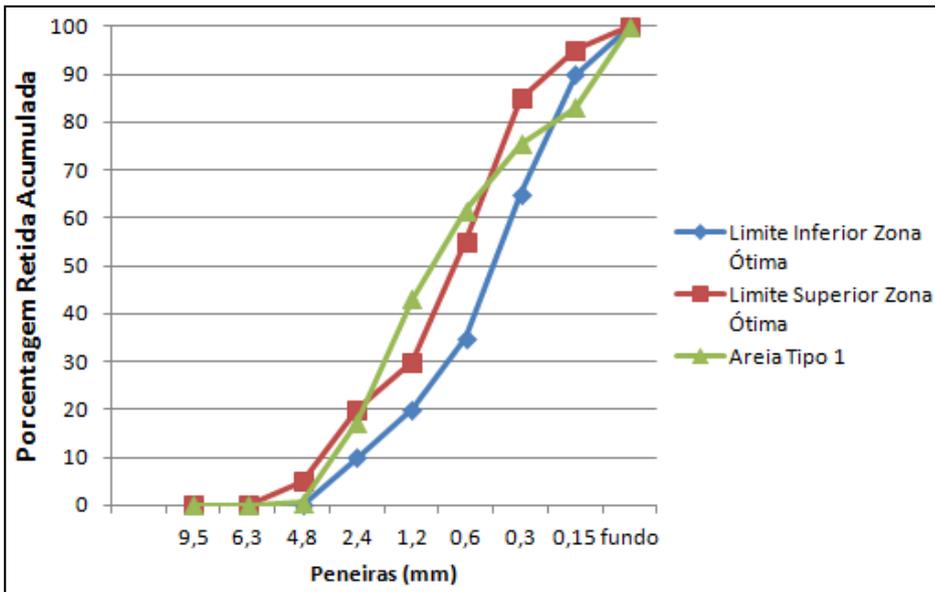
- Areia Tipo 1: 16,91%
- Areia Tipo 2: 15,80%

Observa-se que as porcentagens de material pulverulento das areias artificiais ficaram acima de 5% da massa total, como valor limite especificado na norma. Deve-se considerar que a quantidade de finos ou material pulverulento pode ajudar na diminuição da porosidade, elevando a massa específica do concreto.

#### 4.5 Curvas granulométricas dos agregados

A Figura 1 mostra o gráfico obtido a partir da granulometria da areia industrial tipo 1 utilizada na fábrica de artefatos de cimento estudada.

Figura 1 – Granulometria da Areia Tipo 1

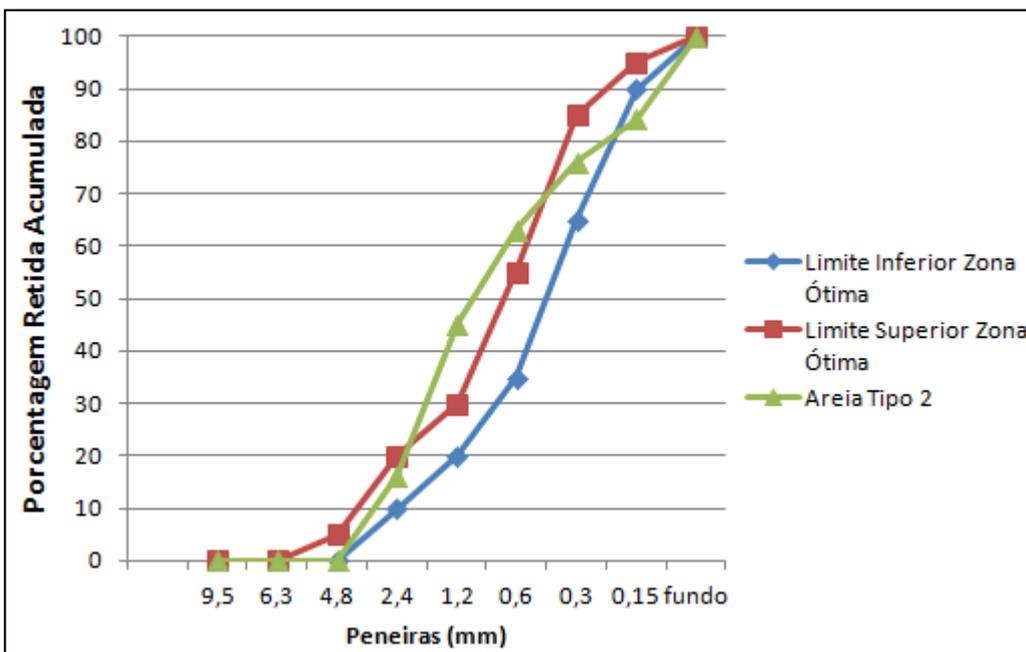


Fonte: Fonte: Aatoria própria (2015)

A areia tipo 1 não se enquadrou dentro dos limites inferior e superior da zona ótima para agregado miúdo estabelecidos pela norma NBR 7211, ultrapassou os valores estabelecidos para a zona ótima superior nas peneiras de 1,2 mm, 0,6 mm e 0,3 mm. Apesar disso, os valores ficaram de acordo com o limite superior da zona utilizável.

A Figura 2 mostra o gráfico obtido a partir da granulometria da areia industrial tipo 2 utilizada na fábrica de artefatos de cimento estudada.

Figura 2 – Granulometria da Areia Tipo 2



Fonte: Aatoria própria (2015)

A areia tipo 2, assim como ocorreu com a areia tipo 1, não se enquadrou dentro dos limites inferior e superior da zona ótima para agregado miúdo estabelecidos pela norma NBR 7211, ultrapassou os valores estabelecidos para a zona ótima superior nas peneiras de 1,2 mm, 0,6 mm e 0,3 mm. Apesar disso, os valores ficaram de acordo com o limite superior da zona utilizável.

## 5 Conclusões

Através da caracterização da areia industrial observou-se que as duas se adequam ao processo produtivo sendo bastante semelhantes em relação à granulometria, a massa unitária e material pulverulento. A areia artificial tipo 2 apresentou 52% a mais de umidade em relação à areia artificial tipo 1.

As areias industriais utilizadas na fábrica de artefatos de cimento avaliada nesse trabalho se enquadraram dentro dos limites inferior e superior da zona utilizável para agregado miúdo estabelecido pela norma.

A quantidade de finos ou material pulverulento está acima do limite estabelecido pela norma em ambas as areias. Cabe observar, no entanto, que essa característica pode ajudar na diminuição da porosidade, aspecto que pode aumentar a durabilidade do artefato de concreto.

## Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregado para concreto. Rio de Janeiro, 2009.
- \_\_\_\_\_. **NBR 7219**: Agregados – Determinação do teor de materiais pulverulentos, 1987.
- \_\_\_\_\_. **NBR 9935**: Agregados - Terminologia. Rio de Janeiro, 2011.
- \_\_\_\_\_. **NBR NM 26: 2009** – Agregados – Amostragem.
- \_\_\_\_\_. **NBR NM 45: 2006** – Agregados – Determinação da Massa Unitária e do Volume de Vazios.
- \_\_\_\_\_. **NBR 7217**: Agregados – Determinação da Composição Granulométrica. Rio de Janeiro, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP), 2013. Acesso em abril de 2015. <http://www.abcp.org.br/conteudo/imprensa/pesquisa-inedita-e-exclusiva-revela-cenario-do-mercado-brasileiro-de-concreto>
- BASÍLIO, Eduardo Santos, **Agregados para concreto**, São Paulo, ABCP, 1995.
- BASTOS, Sandra Regina Bertocini. **Uso da Areia Artificial Basáltica em Substituição Parcial à Areia Fina para Produção de Concretos Convencionais**. Tese de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.
- GONÇALVES, Jardel Pereira. **Desenvolvimento e Caracterização de Concretos de Baixo Impacto Ambiental e Contendo Argila Calcinada e Areia Artificial**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004.
- METHA, P. Kumar e MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto. Microestrutura, Propriedades e Materiais**. Revisores e Coordenadores: Nicole Pagan Hasparyk, Paulo Helene & Vladimir Antonio Paulon. São Paulo: IBRACON, 2008.

MENOSSE, Rômulo Tadeu. **Utilização do Pó de Pedra Basáltica em Substituição a Areia Natural do Concreto.** Dissertação em Engenharia. UNESP. 110p. Ilha Solteira-SP, 2004.

NEVILLE, Adam M. , BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto.** 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.