

Utilização da areia industrial em argamassas de revestimento



Luana Cechin ^[1], Rosângela Basso Tokarski ^[2], Ticiane Patel Weiss Trento ^[3], Adalberto Matoski ^[4]

[1] luhcechin@gmail.com. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). [2] rosangela.tokarski@ifsc.edu.br. Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC). [3] ticiane.weiss@hotmail.com.br. [4] adalberto@utfpr.edu.br. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo a caracterização da areia industrial, identificando suas propriedades físicas e mecânicas através de ensaios de laboratório. Para tanto, essas propriedades são comparadas com os resultados obtidos com a utilização de areia natural na confecção de argamassas. As análises foram realizadas por meio de ensaios com ambas as areias, conforme as Normas Técnicas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), bem como das argamassas moldadas em corpos de prova prismáticos. Foram realizados ensaios de compressão e de tração na flexão. Para a comparação da ação dessas areias, foram usados cinco traços diferentes na composição da argamassa, quais sejam: 100% areia natural; 75% areia natural e 25% areia industrial; 50% areia natural e 50% areia industrial; 25% areia natural e 75% areia industrial; e 100% areia industrial. Como resultado, observou-se que a areia industrial possui características que possibilitam o seu uso como componente de argamassa de revestimento, para traços com até XX% de areia industrial. Observou-se ainda que, para um mesmo fator água/cimento, ocorre a redução da trabalhabilidade, se comparada com a argamassa feita com areia natural.

Palavras-chave: Areia industrial. Areia natural. Argamassa de revestimento. Ensaios.

ABSTRACT

This study aims to provide characterization for industrial sand, by identifying its physical and mechanical properties through laboratory tests. This paper compares the results obtained in these tests, with results obtained by using natural sand in mortar manufacture. In order to develop the analysis, tests were performed following the Technical Standards required by ABNT (Brazilian Technical Standards Association) for both kinds of sand, as well as for mortars molded into prismatic test specimens. The tests performed were contraction and traction in bending. To compare the action of the sands, 5 different traits were used to make the mortar: 100% natural sand; a mix of 75% natural sand and 25% artificial sand; 50% natural sand and 50% artificial sand; 25% natural sand and 75% artificial sand; and 100% artificial sand. The tests results show that the industrial sand has features that enable its use as a component for coating cement mortar paste for traces up to the trace XX%. It was also noted that for the same water/cement factor, there is significant workability level reduction by using industrial sand when compared to mortar made of natural sand.

Keywords: Industrial sand. Natural sand. Coating mortar. Laboratory tests.

¹ Toda a correspondência deve ser enviada ao autor referenciado.

1 Introdução

Agregado artificial pode ser entendido como material granular resultante de processo industrial envolvendo alteração mineralógica, química ou físico-química da matéria-prima original. Dentro dessa classificação encontra-se a areia industrial, objeto deste trabalho.

Segundo Guacelli (2010), a extração contínua das areias naturais – utilizadas em argamassas, concretos e demais processos construtivos na construção civil – acabou por resultar no esgotamento das jazidas próximas aos grandes centros urbanos. Além disso, órgãos ambientais têm aumentado gradativamente as restrições para essa extração, em virtude do impacto que ela causa na natureza. Esse aspecto pode justificar a busca de fontes alternativas para a substituição da areia natural. Nesse sentido, o objetivo desta pesquisa é identificar o comportamento da areia industrial, comparando-a com a areia natural, na confecção de argamassas para revestimento, a fim de contribuir para a adoção de formas alternativas de produção da argamassa.

2 Revisão bibliográfica

2.1 Areia industrial (areia artificial)

A areia industrial pode ser obtida através do processo de britagem de rochas. Após a trituração dessas rochas, a areia resultante adquire a granulometria de um agregado miúdo, cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 0,15 mm, segundo definição da NBR 7211 (ABNT, 2005a).

A areia industrial produzida por esse processo apresenta granulometria mais homogênea, com grãos de superfície áspera e irregular, o que acaba por influenciar a trabalhabilidade de concretos (SUTPEKAR; KUMBHAR, 2012) e argamassas. Essa areia, conforme Ribeiro (2010), não apresenta matéria orgânica em sua composição, porém possui maior quantidade de material pulverulento se comparada com a areia natural.

Segundo Viero (2010), as rochas utilizadas para produção de brita – e, conseqüentemente, para a produção da areia industrial – são os granitos, gnaisses, calcários, dolomitos e basaltos. Ainda segundo

o autor, até pouco tempo atrás, a areia de britagem era considerada um material secundário, pouco desejável, devido a sua aspereza e forma lamelar, além da presença de grande quantidade de materiais finos.

De acordo com Lodi (2006), além da aspereza, outro fator que tornava essa areia um material pouco desejável era a ocorrência de silte e argila, prejudicando a aderência entre o agregado e a pasta de cimento e elevando a demanda de água para a trabalhabilidade dos concretos e o atrito interno entre as partículas sólidas da mistura. Como consequência, quando se utiliza areia industrial em substituição à natural, ocorre um elevado consumo de cimento nos concretos, para que atinjam um mesmo nível de resistência à compressão. Além disso, o concreto resultante pode ser um material mais caro e mais áspero, mais difícil de ser trabalhado na obra, ao ser bombeado, ao ser acabado etc. Essas desvantagens podem ser combatidas pela introdução, na massa de concreto, de aditivos plastificantes e redutores de água.

As areias industriais, quando comparadas às areias naturais, apresentam diferenças no que se refere à distribuição granulométrica, à forma, à textura e à resistência mecânica das partículas. Desse modo, surge a necessidade de adequação desses agregados (SILVA, 2006).

A areia industrial possui partículas angulosas e superfícies frescas, recém-criadas pela britagem, não hidratadas ou oxidadas, diminuindo, assim a plasticidade da argamassa. Entretanto, os britadores de impacto de eixo vertical vêm ganhando espaço, devido a uma vantagem única: como grande parte do trabalho de redução de tamanho é feita pelo impacto de partícula contra partícula, ocorre um arredondamento acentuado do produto, compensando a desvantagem da angulosidade das partículas, mencionada anteriormente (FREITAS, 2007).

A grande quantidade de finos (material pulverulento) presentes na areia industrial acaba por influenciar duas características do concreto e das argamassas: a trabalhabilidade e a resistência à compressão. Segundo Cabral (2007), essa proporção de finos demanda uma maior quantidade de água de amassamento. Assim, quanto maior a quantidade de areia industrial na mistura, mantida a mesma relação água/cimento, menor a trabalhabilidade.

Ainda segundo Cabral (2007), concretos com baixa relação água/cimento, quando utilizada areia artificial em sua composição, têm a resistência à

compressão potencializada, devido ao alto teor de finos mencionado, que acaba por causar o efeito *filler*, ou seja, de preenchimento dos vazios na mistura.

No Brasil, vários pesquisadores – Almeida e Sampaio (2002), Bastos (2002), Pereira e Almeida (2004), Andriolo (2005), Almeida e Silva (2005), Chaves (2005), Buest Neto (2006), Lodi (2006), Cabral (2007), Busanello *et al.* (2007), Barbosa *et al.* (2008), Pereira (2008), entre outros – vêm elaborando estudos sobre a areia industrial, procurando identificar suas características e visando avaliar seu uso em concretos e argamassas, com substituição completa ou parcial da areia natural. Os resultados obtidos pelos autores mencionados acima demonstram que a utilização de areia industrial melhora as características do produto final.

2.1.1 Argamassa de revestimento

As argamassas de revestimento apresentam usos, propriedades e funções apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Usos, funções e propriedades da argamassa de revestimento.

USOS	FUNÇÕES	PROPRIEDADES
Chapisco	Unir camadas de revestimento ao substrato.	Trabalhabilidade, aderência.
Emboço	Vedar a alvenaria, regularizar a superfície, proteger o ambiente interno.	Trabalhabilidade, retenção de água, estanqueidade, aderência, estabilidade volumétrica.
Reboco	Vedar o emboço (acabamento).	Trabalhabilidade, aderência, estabilidade volumétrica.

Fonte: Adaptado de Yoshida e Barros (1995)

Além das propriedades citadas acima, presentes no estado fresco, a argamassa em seu estado endurecido necessita ter resistência mecânica, aderência para a aplicação do revestimento e capacidade de absorver deformações.

Para Alves (2002), é considerada argamassa de revestimento o material ainda no estado fresco. Após sua aplicação no substrato e realização de processos executivos, o material será considerado como revestimento.

3 Metodologia

Tanto a areia industrial quanto a areia natural utilizadas neste trabalho foram obtidas por meio de fornecedores da região metropolitana de Curitiba. A areia industrial utilizada para esta pesquisa é proveniente de rochas calcárias.

Foram realizados ensaios para a caracterização da areia industrial e da areia natural utilizadas na confecção dos corpos de prova de argamassa, que verificaram a granulometria da areia, a quantidade de material pulverulento, a absorção de água, a massa específica, a massa unitária e o inchamento.

Já para a argamassa, foram realizados os ensaios de densidade de massa, teor de ar incorporado, resistência à tração na flexão, resistência à compressão e retenção de água.

3.1 Ensaios para a caracterização das areias

A fim de determinar a diferença que agregados miúdos artificiais e naturais podem gerar na qualidade do produto final, foram caracterizados ambos os tipos de areia. Os testes conduzidos para essa caracterização serão descritos a seguir e compreendem: granulometria – NBR 7217 (ABNT, 1987b), material pulverulento – NBR 7219 (ABNT, 1987c), absorção da água – NBR NM 30 (ABNT, 2001b), inchamento – NBR 6467 (ABNT, 1987a), massa unitária – NBR 7251 (ABNT, 1982) e massa específica – NBR NM 52 (ABNT, 2009).

3.1.1 Determinação da granulometria das areias

Para a determinação da distribuição granulométrica das areias, foi utilizada a NBR 7217 (ABNT, 1987b) e montado o conjunto de peneiras, iniciando com fundo e aberturas de malha de 0,075 mm, 0,150 mm, 0,300 mm, 0,600 mm, 1,200 mm, 2,400 mm e 4,800 mm (série normal de agregado miúdo). A peneira de 0,075 mm foi utilizada para a determinação do material pulverulento na amostra; o resultado foi comparado com o obtido pelo método da NBR 7219 (ABNT, 1987c).

As areias foram ensaiadas nesse conjunto de peneiras com a realização da agitação mecânica da amostra. Assim, foi possível a realização da separação e classificação, no que se refere à granulometria. Esse teste também permite determinar o Módulo de Finura, ou seja, a “soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras

da série normal, dividida por 100", conforme a NBR 7217 (ABNT, 1987b). A NBR 7211 (ABNT, 2005a), por sua vez, complementa essa informação ao indicar que quanto maior o módulo de finura, mais graúdo é o agregado.

3.1.2 Material pulverulento

Para o ensaio de material pulverulento, tomaram-se por base as premissas da NBR 7219 (ABNT, 1987c), a qual estabelece que uma amostra de 500 gramas de areia deve ser peneirada e lavada quantas vezes for necessário, até que a água se torne límpida. Após isso, a amostra deve ser seca em estufa e deve ser coletado seu peso seco. Para a determinação do teor de material pulverulento, deve-se efetuar o cálculo da Equação 1:

$$M_p = \frac{M_I - M_F}{M_I} \quad (1)$$

Onde:

M_p = material pulverulento (%);

M_I = massa antes do início das lavagens (g);

M_F = massa após a secagem na estufa (g).

3.1.3 Absorção de água

Para a determinação da absorção de água, seguiu-se a NBR NM 30 (ABNT, 2001b). Essa norma estabelece que uma amostra de 1 kg de agregado miúdo deve ser coletada e seca em estufa por 24 horas para, logo em seguida, ficar em repouso em água por mais 24 horas.

Deve ser realizado o teste com o cone para determinar sua massa na condição de saturado superfície seca, ou seja, quando o grão da areia se apresenta seco por fora, mas com água (saturado) internamente (ABNT, 2001b). Com o cone cheio, a amostra deve ser compactada com 25 golpes da haste de compactação; o teste será finalizado quando, ao remover o cone, a amostra desmoronar. Nesse momento, a amostra deve ser colocada novamente na estufa e ter seu peso seco coletado. Para o cálculo da absorção de água, deve ser utilizada a Equação 2:

$$A = \frac{m_s - m}{m} * 100 \quad (2)$$

Onde:

A = absorção de água (%);

m_s = massa na condição de saturado superfície seca (g);

m = massa seca em estufa (g).

3.1.4 Massa específica

Para a determinação da massa específica da amostra, foi utilizado um tubo de Chapman, conforme indicado na NBR 9776 (ABNT, 1987d), no qual foram colocados 200 ml de água e posteriormente 500 gramas de areia. Após alguns minutos, efetuou-se a leitura final no tubo. Para o cálculo da massa específica, é utilizada a Equação 3:

$$\gamma = \frac{500}{L - 200} \quad (3)$$

Onde:

γ = massa específica da amostra (g/cm³);

L = leitura final do tubo de Chapman (ml).

3.1.5 Massa unitária

O ensaio de massa unitária foi baseado na NBR 7251 (ABNT, 1982), que estabelece que deve ser utilizado um recipiente paralelepípedo metálico e que a amostra utilizada deve ter, no mínimo, o dobro do volume desse recipiente. A amostra deve ser colocada no recipiente e alisada com régua metálica; em seguida, esse conjunto deve ser pesado. A massa unitária da amostra é calculada pela Equação 4:

$$\gamma = \frac{M_{rv} - M_{rc}}{V_r} \quad (4)$$

Onde:

γ = massa unitária da amostra (kg/dm³);

M_{rv} = massa do recipiente vazio (kg);

M_{rc} = massa do recipiente cheio (kg);

V_r = volume do recipiente (dm³).

3.1.6 Inchamento

No ensaio de inchamento, foram empregadas as premissas da NBR 6467 (ABNT, 1987a). Para a sua realização, foi utilizada a mesma amostra do teste anterior, já que a referida norma recomenda executar simultaneamente a determinação da massa unitária da amostra. A cada amostra da massa unitária, foi acrescentada uma quantidade de água. Após uma distribuição homogênea da água na areia, foi retirada

uma quantidade de amostra para ser colocada na estufa e, depois de 24 horas, essa amostra foi pesada.

Através deste ensaio, foi determinado o teor de umidade crítica das amostras (Equação 5).

$$h = \frac{M_i - M_f}{M_f - M_c} * 100 \quad (5)$$

Onde:

h = teor de umidade (%);

M_i = massa da cápsula com o material coletado durante o ensaio (g);

M_f = massa da cápsula com material coletado, após a secagem em estufa (g);

M_c = massa da cápsula (g).

Através deste método de ensaio, também foi possível determinar o coeficiente de inchamento das amostras de areia, seguindo a Equação 6.

$$\frac{V_h}{V_o} = \frac{\gamma_s (100 + h)}{\gamma_h 100} \quad (6)$$

Onde:

V_h = volume do agregado com $h\%$ de umidade (dm^3);

V_o = volume do agregado seco em estufa (dm^3);
 γ_s = massa unitária do agregado seco em estufa (kg/dm^3);

γ_h = massa unitária do agregado com $h\%$ de umidade (kg/dm^3);

V_h/V_o = coeficiente de inchamento.

3.2 Caracterização da argamassa

Para a confecção da argamassa, adotou-se o traço 1:3 – ou seja, uma parte de cimento para três de areia – e relação água/cimento de 0,5. No que se refere à areia, foram confeccionadas: a) uma argamassa com 100% de areia natural, que será considerada o padrão de referência deste estudo; b) uma com 75% de areia natural e 25% de areia industrial; c) uma com 50% de areia natural e 50% de areia industrial; d) uma com 25% de areia natural e 75% de areia industrial, e; e) um último traço com 100% de areia industrial.

3.2.1 Densidade de massa e teor de ar incorporado

A determinação da densidade de massa foi feita de acordo com a NBR 13278 (ABNT, 1995b). Para o

cálculo da densidade de massa de cada argamassa, utilizou-se a Equação 7:

$$A = \frac{M_c - M_v}{V_r} \quad (7)$$

Onde:

A = densidade de massa (g/cm^3);

M_c = massa do recipiente cilíndrico de PVC com argamassa (g);

M_v = massa do recipiente cilíndrico vazio (g);

V_r = volume do recipiente cilíndrico de PVC (cm^3).

Para calcular o teor de ar incorporado em cada argamassa, foi utilizada a Equação 8:

$$AI = 100 * \left(1 - \frac{A}{B}\right) \quad (8)$$

Onde:

AI = teor de ar incorporado (%);

A = densidade de massa da argamassa (g/cm^3);

B = densidade de massa teórica da argamassa, sem vazios.

3.2.2 Resistência à tração na flexão e à compressão

Para os ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão, foram utilizados os critérios da NBR 13279 (ABNT, 2005b). Foram confeccionados três corpos de prova de cada traço para cada idade com que estes seriam rompidos (7 e 28 dias). Esses corpos de prova eram prismáticos, com dimensões de 0,04 m x 0,04 m x 0,16 m. Foi utilizada uma mesa adensadora; em seguida, os corpos de prova foram colocados em câmara úmida para cura.

3.2.3 Determinação da retenção de água

Para este procedimento, seguiu-se a NBR 13277 (ABNT, 1995a), que traz também a Equação 9, para cálculo da retenção de água:

$$Ra = \left[1 - \frac{(Mf - Mse)}{AF * (Mma - Mm)}\right] * 100 \quad (9)$$

Onde:

Ra = retenção de água;

AF = fator água / argamassa fresca;

Mf = massa do conjunto de papéis-filtro molhados (g);

Mse = massa do conjunto de papéis-filtro secos (g);

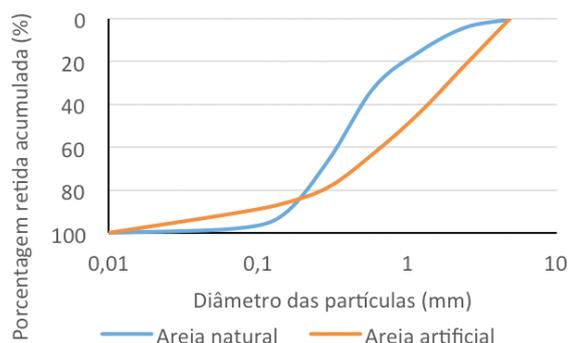
Mma = massa do molde com argamassa (g);
Mm = massa do molde vazio (g).

4 Resultados

4.1 Caracterização das areias natural e industrial

As curvas apresentadas na Figura 1 permitem comparar o grau de uniformidade das areias estudadas (natural e artificial).

Figura 1 – Curva granulométrica de comparação entre as areias natural e artificial.



Fonte: Dados da pesquisa

Analisando a Figura 1, percebe-se que a areia industrial apresenta distribuição mais uniforme de grãos e também uma maior porcentagem de grãos com granulometria mais grossa, em comparação com a areia natural.

Os resultados dos ensaios para determinação do material pulverulento, da massa específica, da absorção de água, da massa unitária e do inchamento, além da granulometria, estão apresentados na Tabela 1.

Com relação ao Módulo de Finura, a NBR 7211 (ABNT, 2005a) estabelece zonas de utilização organizadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Zonas de utilização conforme Módulo de Finura.

Módulo de finura	Zona de utilização
1,55 - 2,20	Zona utilizável inferior
2,20 - 2,90	Zona ótima
2,90 - 3,50	Zona utilizável superior

Fonte: Adaptado de NBR 7211 (ABNT, 2005)

Logo, com base nos resultados dos ensaios e nas faixas de utilização indicadas pela referida norma, percebe-se que o módulo de finura para a areia natural é menor que o módulo para a areia artificial, e ambos estão acima da zona ótima, sendo que o da areia artificial está acima do recomendado pela norma como utilizável. Sendo assim, em relação ao item módulo de finura, esse último tipo de areia não seria recomendado pela norma.

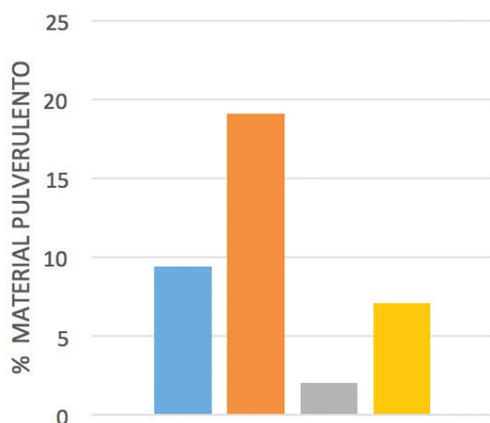
Em ambos os testes para verificação da quantidade de material pulverulento, observou-se que a areia artificial apresenta maior quantidade desse material que a natural, conforme exposto na Figura 2. Segundo a NBR 7211 (ABNT, 2005a), o teor de material pulverulento das areias deve variar entre 3% e 5%. Assim, do mesmo modo que no módulo de finura, no item material pulverulento a areia artificial não atende à norma, em contraposição à natural.

Tabela 1 – Resultados dos ensaios para as areias natural e artificial,

ENSAIO	AREIA NATURAL	AREIA INDUSTRIAL
Módulo de finura	3,06	3,84
Material pulverulento (%), segundo NBR 7219 (ABNT, 1987c)	7,11	19,11
Material pulverulento (%), segundo NBR 7217 (ABNT, 1987b)	2,00	9,40
Massa específica (g/dm³)	2,60	2,75
Absorção de água (%)	0,07	0,21
Massa unitária (γs) (kg/dm³)	1,48	1,70
Massa unitária (γh) (kg/dm³)	1,13	1,34
Coefficiente de inchamento (%)	2,10	2,40
Umidade crítica (%)	4,40	6,40

Fonte: Dados da pesquisa

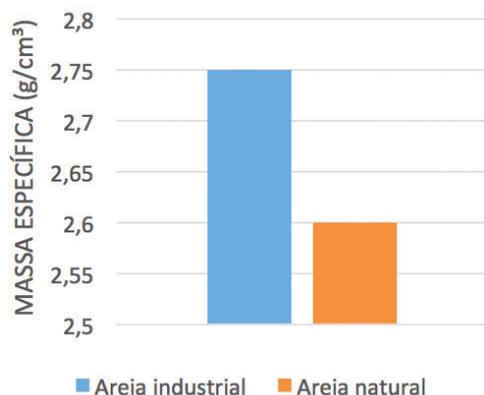
Figura 2 – Material pulverulento segundo NBR 7217 e NBR 7219.



Fonte: Dados da pesquisa

A massa específica da areia natural é menor que a da artificial, o que é representado na Figura 3. O cálculo da massa específica é importante, pois influencia diretamente o cálculo das quantidades de materiais consumidas nas pastas.

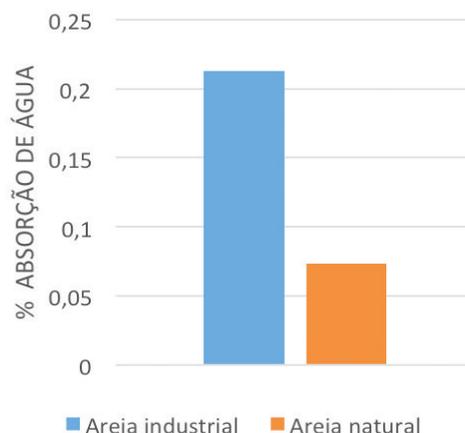
Figura 3 – Massa específica.



Fonte: Dados da pesquisa

No que se refere à absorção de água, a água transportada pelos agregados através do seu teor de umidade (h%) deve ser considerada na relação água/cimento (a/c) para não afetar a resistência da argamassa. Como a areia artificial apresentou uma absorção superior à da areia natural, conforme mostra a Figura 4, a utilização da areia artificial requer um controle constante dessa propriedade.

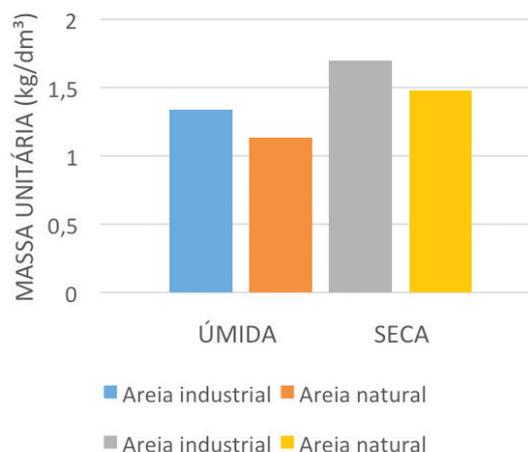
Figura 4 – Absorção de água.



Fonte: Dados da pesquisa

As massas unitárias encontradas – tanto úmida quanto seca – são superiores para a areia artificial, demonstrando que esta possui uma distribuição uniforme de grãos, mais regular que a da areia natural, conforme apresentado na Figura 5.

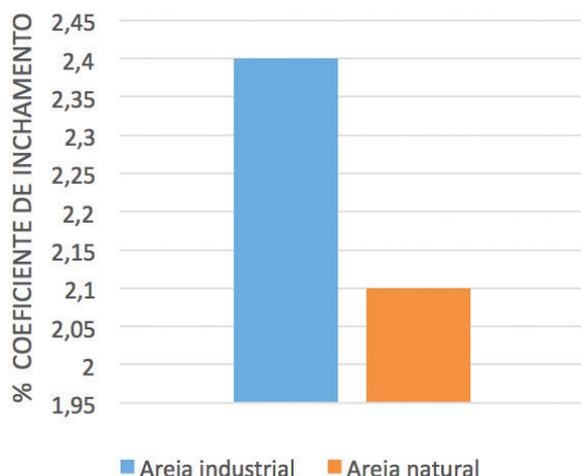
Figura 5 – Massa unitária.



Fonte: Dados da pesquisa

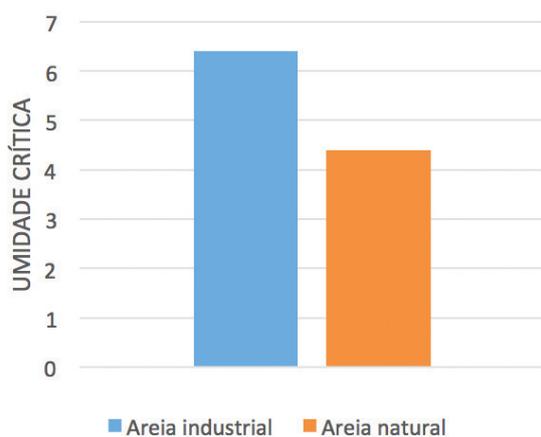
Em relação à umidade crítica, observou-se maior porcentagem desta para a areia artificial. Esse índice representa o máximo de água que o agregado absorve; depois desse ponto, este não absorve mais água. A areia artificial poderá absorver mais água que a areia natural, ocasionando um maior consumo de água, elevando o fator água/cimento da pasta e alterando a resistência final. Os valores obtidos para o coeficiente de inchamento e para a umidade crítica são apresentados nas Figuras 6 e 7.

Figura 6 – Coeficiente de inchamento.



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 7 – Umidade crítica.



Fonte: Dados da pesquisa

4.2 Caracterização das argamassas

Os resultados obtidos com os ensaios efetuados nas argamassas são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados dos ensaios para as areias natural e artificial.

	100% areia natural	75% areia natural	50% areia natural	25% areia natural	100% areia artificial
Resistência à tração na flexão (MPa) aos 7 dias	4,19	6,57	6,26	7,04	6,68
Resistência à tração na flexão (MPa) aos 28 dias	4,21	7,18	8,76	7,34	8,47
Resistência à compressão (MPa) aos 7 dias	13,72	21,87	21,78	24,66	21,66
Resistência à compressão (MPa) aos 28 dias	13,07	29,76	27,32	27,13	27,59
Densidade da massa (g/cm ³)	1,83	2,02	2,08	2,11	2,13
Teor de ar incorporado (%)	68,42	65,45	64,57	64,27	64,04
Retenção de água (%)	99,71	99,03	99,55	98,69	97,85

Fonte: Dados da pesquisa

Os ensaios realizados nos corpos de prova mostram que a resistência à tração na flexão e à compressão são maiores para os corpos de prova moldados com 75% de areia artificial e 25% de areia natural para a idade de sete dias. Porém, aos 28 dias, pode-se observar que os corpos de prova que apresentaram maior resistência à tração na flexão foram os que possuíam 50% de areia natural e 50% de areia artificial. Já no que se refere à resistência à compressão para a idade de 28 dias, os corpos de prova que apresentaram melhores resultados foram os que possuíam 75% de areia natural e 25% de areia artificial.

Em relação à densidade de massa de cada amostra, pode-se observar que essa densidade aumenta conforme aumenta a quantidade de areia artificial no traço, o que comprova a distribuição mais uniforme dos grãos da areia artificial. Nota-se que ocorre uma redução do teor de ar incorporado da argamassa, se comparados os demais traços com o traço de referência (100% de areia natural). Observa-se, assim, que a pasta gerada pela areia industrial possui melhor preenchimento dos vazios e confere uma maior compacidade ao produto final. Já no que se refere à retenção de água, verificou-se que a areia natural influencia o aumento da retenção de água da argamassa.

Assim, confirmou-se que as características da argamassa são melhoradas com o uso da areia industrial na mistura. Porém, a trabalhabilidade da argamassa foi diminuída com o aumento da areia industrial no traço, pois a relação água/cimento foi a mesma para todos os traços, ou seja, de 0,5 – a relação água/cimento influencia a trabalhabilidade das argamassas, ou seja, quanto maior a relação água/cimento, maior a trabalhabilidade.

5 Conclusões

Com a diminuição das jazidas de areia natural, foi necessário o desenvolvimento de materiais que apresentassem características semelhantes às suas e pudessem ser utilizados no lugar da areia natural. Nesse contexto, a areia industrial surge como alternativa.

No decorrer desta pesquisa, observou-se que a areia industrial possui uma melhor distribuição granulométrica, se comparada à areia natural, o que acaba por influenciar as características das argamassas. No que se refere à resistência à tração na flexão e à resistência à compressão, observou-se que elas aumentam, se comparadas ao traço em que temos 100% de areia natural.

Para todos os traços analisados, a quantidade de finos e de material pulverulento está acima do permitido pela norma, o que prejudica a trabalhabilidade da argamassa, se mantida a mesma relação água/cimento para todas as composições. Esse aspecto, no entanto, pode ser compensado com o uso de aditivos.

Por outro lado, pode-se observar que a resistência à compressão aumenta conforme é adicionada mais areia industrial na argamassa. Isso se deve ao fato de que as partículas menores da areia industrial acabam por preencher os vazios que as partículas maiores deixam entre si.

Conclui-se, por fim, que a areia industrial possui características que possibilitam o seu uso como componente de pastas de argamassas de revestimento.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6467**:

Agregados – Determinação do inchamento de agregado miúdo. Rio de Janeiro, 1987a.

_____. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005a.

_____. **NBR 7217**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987b.

_____. **NBR 7219**: Agregados – Determinação do teor de materiais pulverulentos. Rio de Janeiro, 1987c.

_____. **NBR 7251**: Agregado em estado solto – Determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, 1982.

_____. **NBR 9776**: Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman, Rio de Janeiro, 1987d.

_____. **NBR 13277**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 1995a.

_____. **NBR 13278**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 1995b.

_____. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005b.

_____. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2001a.

_____. **NBR 13530**: Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro, 1995c.

_____. **NBR NM 30**: Agregado Miúdo – Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001b.

_____. **NBR NM 52**: Agregado Miúdo – Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

ALMEIDA, S. L. M.; SAMPAIO, J. A. Obtenção de areia artificial com base em finos de pedreiras. **Revista Areia & Brita**, São Paulo, n. 20, p. 32-36, out./dez 2002.

ALMEIDA, S. L. M.; SILVA, V. S. Areia artificial: uma alternativa econômica e ambiental para o mercado nacional de agregados. In: **Anais do II SUFFIB**: O uso da fração fina de britagem. São Paulo: EPUSP, 2005.

ALVES, N. J. D. **Avaliação dos aditivos incorporadores de ar em argamassas de revestimento.** 2002. 198 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

ANDRIOLO, F. R. Usos e abusos do pó de pedra em diversos tipos de concreto. In: **Anais do II SUFFIB: o uso da fração fina da britagem.** São Paulo: EPUSP, 2005.

BARBOSA, M, T. G.; COURA, C. G.; MENDES, L. O. Estudo sobre a areia artificial em substituição à natural para confecção de concreto. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 4, p. 51-60, out./dez. 2008.

BASTOS, S. R. B. **Uso da areia artificial basáltica em substituição parcial à areia fina para a produção de concretos convencionais.** 2002. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BUEST NETO, G. T. **Estudo da substituição de agregados miúdos naturais por agregados miúdos britados em concretos de cimento Portland.** 2006. 117 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

BUSANELLO, G.; GARLET, G.; REGINATO, P. Uso da areia artificial oriunda de britagem de rochas na região de Caxias do Sul em substituição a areia natural para produção de concretos. In: ENCONTRO DE JOVENS PESQUISADORES DA UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL, 15., 2007, Caxias do Sul. **Caderno...** Caxias do Sul: UCS, 2007.

CABRAL, K. O. **Influência da areia artificial oriunda da britagem de rocha granito-gnaiss nas propriedades do concreto convencional no estado fresco e endurecido.** 2007. 341 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007.

CHAVES, A. P. Estado da arte da produção de areia de britagem. In: **Anais do II SUFFIB: O uso da fração fina da britagem.** São Paulo: EPUSP, 2005.

FREITAS, J. M. C. **Influência da variação dos constituintes no desempenho de argamassas de revestimento.** 2007. 168 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

GASPERIN, J. **Aderência de revestimentos de argamassa em substrato de concreto: influência da forma de aplicação e composição do chapisco.** 2011. 194 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

GUACELLI, P. A. G. **Substituição da areia natural por areia de britagem de rochas basálticas para argamassa de revestimento.** 2010. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, 2010.

LODI, V. H. **Viabilidade técnica e econômica do uso de areia de britagem em concretos de cimento Portland na região de Chapecó-SC.** 2006. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

PEREIRA, G. L. **Avaliação do uso de areia de britagem em argamassas e concretos de cimento Portland.** 2008. 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2008.

PEREIRA, A. F. R.; ALMEIDA, S. L. M. Obtenção de areia artificial da pedreira Vigné. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 12., Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004.

RIBEIRO, B. C. **Utilização da areia artificial (areia de brita) no preparo do concreto.** 2010. Relatório – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

SILVA, N. G. **Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária.** 2006. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

SUPEKAR, V. R.; KUMBHAR, P. D. Properties of concrete by replacement of natural sand with artificial sand. **International Journal**

of Engineering Research & Technology
(IJERT), Fayoum City, v. 1, n. 7, 2012.

VIERO, E. H. **Aplicação de areia de britagem de rochas basálticas na fabricação de concreto de cimento Portland**. 2010. 137 f. Dissertação (Mestrado em Materiais) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, RS, 2010.

YOSHIDA, A. T.; BARROS, M. M. S. B.
Caracterização de argamassas no estado fresco: peculiaridades na análise de argamassas industrializadas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 1., 1995, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ANTAC, 1995. p. 53-62.