

**Revista Eletrônica Multidisciplinar Pindorama do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – IFBA Nº 02 – Ano 3 – junho/2012 –
www.revistapindorama.ifba.edu.br**

A influência de pó de brita substituindo areia e cimento na argamassa com vistas à produção de telhas

Paola Dias da Silva

Aluna do curso Integrado de Edificações do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia da Bahia – IFBA, Campus Eunápolis, Bahia, Brasil.
ola_dds@hotmail.com

Everton Jose da Silva

Professor efetivo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da
Bahia – IFBA Campus Eunápolis, Bahia, Brasil. js_everton@yahoo.com.br

RESUMO

O elevado consumo de cimento e recursos naturais vem exaustando as reservas minerais e prejudicando o meio ambiente devido à grande produção de gás carbônico (CO₂). Assim, novos materiais para a construção civil vêm sendo pesquisados e estudados para possibilitar obras mais sustentáveis e econômicas. Os rejeitos de britagem das rochas ficam estocados nas pedreiras, sem destinação final, o que altera a paisagem e proporciona diversos problemas ambientais. Dessa forma, neste trabalho foram analisadas a substituição de cimento e a areia pelo rejeito de britagem das rochas, conhecidas como pó de brita, para a produção de argamassas visando à produção de telhas. Para a produção das telhas de argamassa, foram usados de cimento Portland V ARI, areia fina, areia média, água e um aditivo impermeabilizante. O proporcionamento dos materiais (traço) foi o mesmo já utilizado pela empresa, porém com a incorporação de pó de brita substituindo na quantidade de cimento. Os resultados obtidos através de ensaios técnica

demonstram a viabilidade da utilização de pó de brita para a produção de telhas de argamassa.

Palavras-chave: recursos naturais, telhas de argamassa, pó de brita.

Introdução

A preocupação e conscientização da sociedade sobre o meio ambiente e fatores que o degradam vem aumentando. A construção civil é um dos setores que está procurando inovações, métodos e novos materiais, que proporcionem menores problemas ambientais. Esses problemas podem ser: a retirada da flora e da fauna do local das jazidas e do percurso feito para o escoamento do material, alteração nos cursos de rios, destruição da mata ciliar dos rios, a área torna-se infértil, os rios aumentam a vazão de água, acelera o ritmo de erosão das margens, entre outros problemas.

Segundo Menossi (2004), a construção civil brasileira consome 320 milhões de m³ de areia natural por ano. Essa quantidade possibilita a construção de 7100 Maracanãs. Um volume extremamente alto de areias que são retiradas dos leitos de rios.

No Brasil, a produção e o consumo de cimento vêm crescendo gradativamente. Com sua colocação de primeiro lugar da América Latina, o país terminou o ano de 2010 com crescimento de 14,8% em relação à 2009, chegando a 59,1 milhões de toneladas, segundo dados do SNIC - Sindicato Nacional da Indústria do Cimento.

Contudo, esse elevado consumo de cimento e recursos naturais vem exaustando as reservas próximas aos grandes centros, aumentando o custo de transporte dos produtos e prejudicando o meio ambiente.

Além de sustentabilidade e economia, o setor da construção civil visa também a qualidade de seus materiais usados, que proporcionam maior segurança às edificações. Estudos já realizados demonstraram que o pó de pedra possui essas qualidades exigidas, por possuir uniformidade de suas propriedades. De acordo com Menossi (2004), a trabalhabilidade e por

consequência a resistência a compressão, são influenciadas pelo formato que os grãos possuem. O pó de pedra também melhora essas duas características, pois possuem partículas equidimensionais (ALMEIDA e SAMPAIO, 2002).

1. Conteúdo histórico das telhas de argamassa

A História da telha de argamassa começa em 1844, quando é registrada a primeira patente por Adolf Kroher na Alemanha.

De 1844 até 1919 a produção das telhas era feita em máquinas de prensagem manual, o que limita sua produtividade. A maior ruptura tecnológica ocorreu em 1919, quando a primeira máquina operada mecanicamente, conhecida como Ringsted, foi construída na Dinamarca. Esta máquina utilizava uma esteira com formas de ferro fundido passando sobre um silo que lançava a argamassa dentro dos moldes.

Logo após estas máquinas serem introduzidas na Inglaterra, por volta de 1925, um jovem engenheiro chamado Willian Powell, desenvolveu uma nova máquina, considerada um avanço em relação à máquina dinamarquesa. Em 1930, H. A. Wilkison, que era gerente na fábrica de seu pai na cidade de Surrey, Inglaterra, decidiu eliminar o tedioso trabalho manual, ainda existente na fabricação das telhas de argamassa e desenvolveu o mais eficiente equipamento de fabricação de telhas de argamassa, introduzindo o sistema de extrusão.

Daquela época até os dias de hoje, outras importantes melhorias tecnológicas foram introduzidas na fabricação das telhas de argamassa, o que proporcionou o rápido crescimento desta indústria em todo o mundo.

No Brasil, a produção de telhas de argamassa começou apenas em 1976, com a implantação da fábrica em São Paulo. Apesar de ser um material relativamente novo no mercado nacional, atualmente existem diversos fabricantes espalhados por todo território nacional, produzindo telhas nos mais diversos formatos e cores e com qualidade equiparada aos melhores fabricantes do restante do mundo, onde a telha de argamassa já é tradicional.

Não há trabalhos na literatura que relatem a produção de telhas de argamassa com a incorporação de pó de pedra, mas sabe-se que a utilização do mesmo em concreto convencional é perfeitamente viável em substituição parcial à areia.

2. Materiais utilizados

Por definição, que argamassa é constituída de cimento, areia e água. Para a telha, usamos cimento Portland CP V, areia fina e areia média, e também o pó de brita como adição mineral para a substituição.

As areias utilizadas e o pó de brita foram cedidas pela empresa Britaki que se localiza na cidade de Eunápolis-BA. Para a fabricação das telhas, a areia e o pó de brita foram usados da mesma maneira a empresa produz suas telhas. Eles ficam armazenados no pátio da empresa e são secas através de luz solar. Já para os ensaios de análise granulométrica e massa específica, esses materiais foram secos na estufa de secagem e esterilização SL100 por 24 horas a temperatura de 100 °C.

Cimento Portland CP V ARI

O cimento portland de alta resistência inicial - CP V ARI – tem como principal característica alcançar alta resistência nos primeiros dias. Ele é mais usado em produção que necessita rápida desmoldagem e alta resistência inicial. Essa resistência é conseguida devido à dois fatores principais: a elevada quantidade de clinker e a baixa granulometria. Esse cimento foi escolhido para ser utilizado na produção das telhas de argamassa pelo fato que a desmoldagem precisa ser rápida, pois em 7 dias a telha já tem que ter resistência mínima de 250 Kgf exigida pela NBR 13.858-2 para ser comercializada.

3. Caracterização dos materiais

Os ensaios que usamos para caracterizá-los foram à análise granulométrica e massa específica.

Análise granulométrica

Através da análise granulométrica pode-se conhecer a curva granulométrica, o módulo de finura e o diâmetro máximo do agregado. Sobre a granulometria ótima, através de estudos feitos por Carneiro e Cincotto (1997) pode-se concluir que a heterogeneidade de partículas da areia é fundamental para conseguir uma granulometria ótima, pois assim há um maior preenchimento de vazios. Consequentemente gera uma diminuição da quantidade usada de cimento.

Curvas granulométricas situadas na zona ótima são curvas contínuas ou bem graduadas, ou seja, as frações menores existem em quantidade suficiente para preencher os vazios entre as partículas maiores, propiciando o menor volume de vazios possível.

A análise granulométrica foi feita seguindo os procedimentos da NBR NM 248 (2003), que recomenda os passos a seguir:

1. As peneiras limpas foram encaixadas, formando um conjunto de peneiras e com um fundo 1 e tampa 1, também limpos;
2. Colocou-se a amostra de agregado pela peneira superior do conjunto de peneiras;
3. Através do agitador mecânico, o conjunto foi agitado por 5 minutos, havendo separação e classificação prévia dos tamanhos das partículas do agregado;
4. A peneira superior foi separadamente agitada com movimentos circulares e laterais com a tampa 2 e fundo 2, por cerca de 1 minuto. Depois, pesou-se a massa do material retido e calculou-se 1 % de sua massa. Em seguida, pesou-se a massa do material passante, sendo que esta deverá ser inferior a 1% da massa do material retido;
5. O material retido foi despejado em uma bandeja separada, limpando a peneira em todo seu interior e exterior e o material passante foi despejado na peneira superior do conjunto;

6. As próximas peneiras seguiram o procedimento 4, até que todas foram verificadas;

7. Depois de todo o conjunto (Figura 1) ser verificado, determinou-se a massa de material retido em cada peneira e no fundo do conjunto. Assim, o somatório de todas as massas não pode passar mais de 0,3 % da massa seca da amostra do agregado.

8. Depois calculou-se as porcentagens médias, retidas e acumuladas em cada peneira e determina o módulo de finura.



Figura 1: Jogo de peneiras usado para a Análise Granulométrica

Massa específica

Segundo a NBR NM 52 (2003), o procedimento para encontrar a massa específica do agregado segue os seguintes passos:

- Pesar 500g de amostra do agregado (M_s), colocar no frasco e pesar o conjunto (M_1).
- Preencher com água até próxima da marca de 500 ml e mexe-lo para que não existam bolhas de ar.
- Após 1 hora, preencher com água até a marca de 500 ml e pesar, determinando assim o M_2 .

A fórmula para descobrir a Massa específica é $D = m / (V - V_a)$. Sendo:

- m a massa da amostra seca em estufa,
- V é o volume do frasco em centímetros cúbicos,

- V_a é o volume de água adicionada ao frasco.

O volume de água (V_a) é descoberto pela fórmula $V_a = (m_2 - m_1) / \rho_a$

- m_1 = areia seca+frasco (Figura 2)
- m_2 = areia + frasco + água (Figura 3)
- ρ_a , é a massa específica da água, em gramas por centímetro cúbico.

Metodologia

4. Processos de produção das telhas

A fabricação da telha de argamassa é dividida nas seguintes etapas: lançamento e mistura de agregados e aglomerantes no misturador (Figura 2), transporte da argamassa pela esteira (Figura 3), moldagem por extrusão e recorte da telha em seu tamanho padrão (Figura 4). Depois de prontas, as telhas com o molde seguem para uma câmara úmida, onde ficam por 24 horas (Figura 5). Após este período, as telhas são retiradas do molde e guardadas, até o prazo de 7 dias para sua comercialização.



Figura 2: Processo de mistura dos agregados e aglomerantes



Figura 3: Transporte da argamassa pela esteira

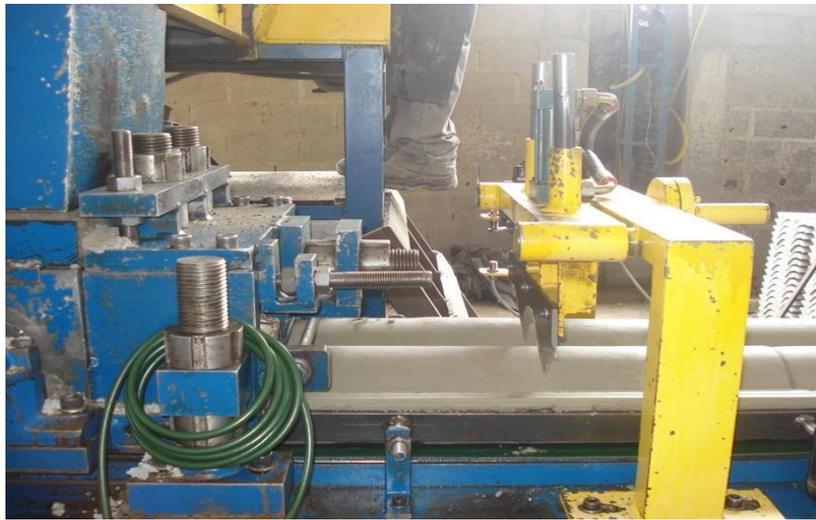


Figura 4: Extrusão e recorte da telha



Figura 5: Retirada das telhas da esteira para colocá-las na câmara úmida

5. Ensaio de tração por flexão

O ensaio de tração por flexão é um ensaio que informa a carga que a telha poderá suportar, ou seja, sua resistência. A resistência é uma propriedade de fundamental importância para os compósitos constituídos de cimento Portland. Isto está ligado diretamente à estrutura interna do material, o que informa sobre a durabilidade da telha. O ensaio foi realizado 28 dias após a fabricação das telhas e a prensa utilizada foi MK 3030-I. Segundo a NBR 13.858-2, a carga que a telha de argamassa deve suportar é no mínimo 2500 N - 250 kgf.



Figura 6: Ensaio de tração por flexão

6. Absorção por imersão

O ensaio de absorção por imersão informa o quanto que a telha absorve de água. Após a idade de 28 dias, as telhas foram colocadas na estufa por 24 horas para perderem o máximo de água e se obter seu peso seco (P_s). Depois foram levadas à imersão durante 24 horas em tanque d'água para a determinação do seu Peso saturado (P_{sat}). A absorção por imersão é obtida pela expressão abaixo:

$$A(\%) = \frac{P_{sat} - P_s}{P_s} * 100 .$$

Segundo a NBR 13.858-2, a absorção de água da telha não deve ultrapassar a 10%.

7. Dosagem da argamassa

Foram definidos quatro traços com a substituição (em volume) de parte do cimento pelo pó de brita a saber:

Traço 1 (75% de cimento e 25% de pó de brita):

Traço 2 (75% de cimento e 25% de pó de brita com aditivo plastificante):

Traço 3 (Traço controle - 100% de cimento com aditivo plastificante):

Traço 4 (Traço controle - 100% de cimento – uso corrente da empresa):

OBS: A quantidade dos dois tipos de areia permaneceu inalterada para todos os traços.

Resultado e discussão

Através da análise granulométrica e massa específica conseguimos obter os dados a seguir. A areia branca possui o módulo de finura de 1,33, classificado como areia muito fina e sua massa específica é de 2,7g. A areia lavada possui o módulo de finura de 2,57, classificado como areia média e sua massa específica é de 2,48 g. O módulo de finura do pó de brita que utilizamos é 2,82 e seu diâmetro máximo é de 4,8mm, sendo classificado como areia média. A massa específica do pó de brita é 2,8g.

As curvas granulométricas da areia branca, areia lavada e do pó de brita são mostradas a seguir respectivamente pelos gráficos 1, 2 e 3.

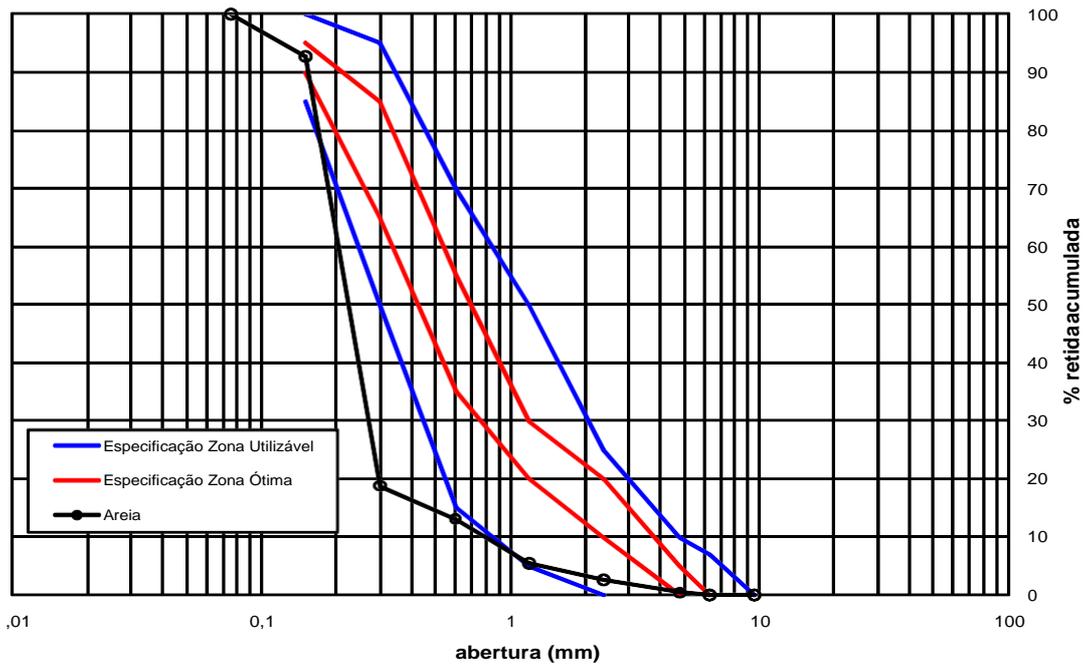


Gráfico 1: Curva granulométrica da areia branca

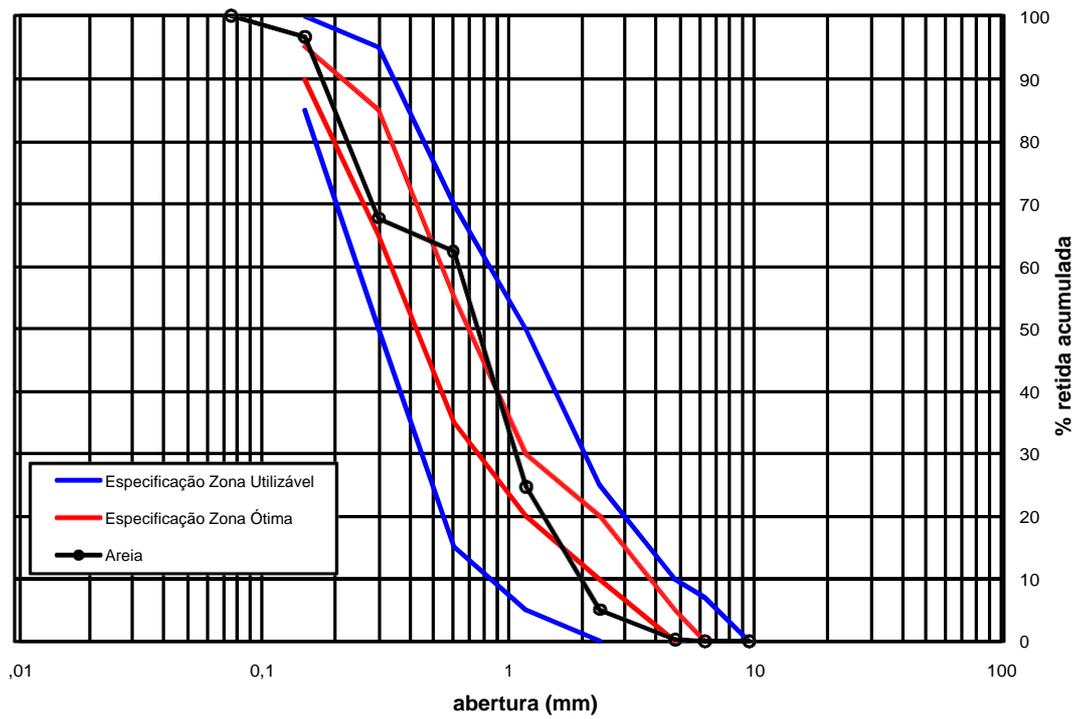


Gráfico 2: Curva granulométrica da areia lavada

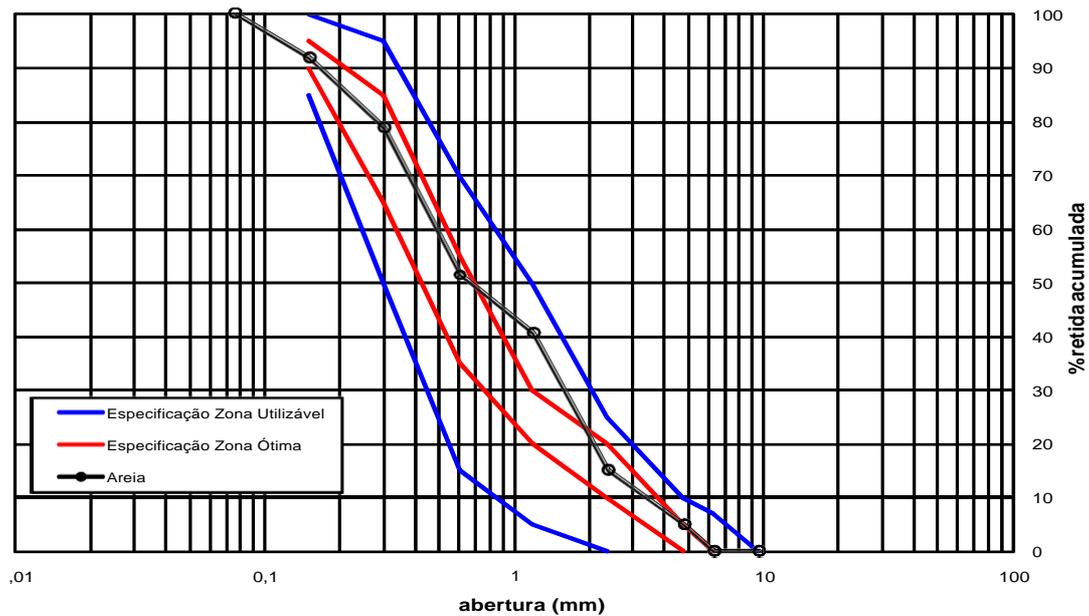


Gráfico 3: Curva granulométrica do pó de brita

Pelos resultados obtidos pode-se observar que as curvas granulométricas das areias brancas e lavadas estão fora da zona ótima e a forma da curva granulométrica do pó de brita prepondera-se dentro da zona ótima.

Através do ensaio de tração por flexão podemos obter os seguintes dados:

Traço 1 (75% de cimento e 25% de pó de brita): Média de 285,45 Kgf

Traço 2 (75% de cimento e 25% de pó de brita com aditivo): Média de 274,78 Kgf

Traço 3 (Traço controle - 100% de cimento com aditivo): Média de 355,03 Kgf

Traço 4 (Traço controle - 100% de cimento): Média de 342,64 Kgf

Através do ensaio de absorção por imersão, seguindo os mesmos traços acima, podemos obter os dados seguintes:

Traço 1: 9%

Traço 2: 8%

Traço 3: 7%

Traço 4: 8%.

Conclusão

As curvas granulométricas das areias brancas e lavadas estão fora da zona ótima e da zona utilizável, porém a composição delas faz com que a mistura fique dentro da zona ótima indicada pela NBR NM 248, demonstrando que a mistura dessas areias utilizada para fazer as telhas apresenta uma curva granulométrica contínua e bem graduada.

Com relação à resistência, constatou-se que houve uma queda de desempenho quando adicionou-se o pó de brita tanto com quanto sem o aditivo plastificante, porém os valores apresentam-se acima dos 250 Kgf definido como limite mínimo por norma. O traço com 100% de cimento com a presença do aditivo plastificante, como o esperado superou os demais atingindo 355,03 Kgf de resistência. Coerentemente, o mesmo também obteve o menor teor de absorção em relação aos demais. Os traços com pó de brita, por sua vez, apresentaram-se abaixo do limite máximo imposto pela norma que é de 10%.

Dessa forma, pode concluir a viabilidade da incorporação do pó de brita para a produção de argamassa com vistas à produção de telhas.

ABSTRACT

The high consumption of cement and natural resources has extensive mineral reserves and harming the environment due to the large production of carbon dioxide (CO₂). Thus, new materials for construction have been researched and studied the works to enable more effective and sustainable. The crushing of waste rocks are stored in the quarries, no final destination, which changes the landscape and provides many environmental problems. Thus, this paper analyzed the replacement of cement and sand by crushing of waste rock, known as gravel dust, for the production of mortars aimed at the production of tiles. For the production of roofing cement, Portland cement was used in ARI V, fine sand, medium sand, water and a waterproofing additive. The proportioning of materials (dash) was already used by the same company, but with the addition of powdered replacing gravel in the amount of cement. The results obtained through tests demonstrate the technical feasibility of using crushed stone dust for the production of cement tiles.

Key-words: natural resources, tile grout powder, crushed.

REFERÊNCIAS:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778** – Argamassa e concreto endurecido – Determinação da absorção de água por imersão – Índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248** - Agregados - Determinação da Composição Granulométrica Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52** - Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.858-2** - Telhas de concreto – Parte 2: requisitos e métodos de ensaio.1997.

MENOSSE, R. T., **Utilização do pó de pedra basáltica em substituição à areia natural do concreto**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, São Paulo, 2005.

LEMOS, P. E., **Estudo de Dosagens de Concretos com Pó de Pedra Basáltica e Resíduos de Borracha de Pneus**. UNESP, Ilha Solteira, 2007.

CLARO et al, W. A., **Estudo de Dosagens de Concretos com Pó de Pedra Basáltica e Resíduos de Borracha de Pneus**. 2º Workshop “Concreto: Durabilidade, Qualidade e Novas tecnologias”. Ilha Solteira, 2004.

MODLER, **Concreto bombeável com adição de finos basálticos** – Análise das características físicas. UNIJUÍ Ijuí/RS, 2007.