

## **Estudo da Viabilidade Técnica e Econômica do Calcário Britado na Substituição Parcial do Agregado Miúdo para Produção de Argamassas de Cimento**



Rodrigo César Kanning  
rckanning@yahoo.com.br  
Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná -  
UTFPR

Patricia Ribeiro da Silva - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

Osmar Barbosa - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

**Resumo:** O artigo apresenta o estudo da viabilidade técnica e econômica do uso de calcário agrícola na substituição parcial do agregado miúdo natural em argamassas. Foram utilizados resíduos da produção de calcário da região de Almirante Tamandaré, Paraná, Brasil. A pesquisa teve como objetivo comparar o desempenho da argamassa de cimento, com a substituição de 0%, 10%, 20% e 30% de calcário britado, nas granulometrias constantes de (0,3; 0,6 e 1,2) mm. Para validar o presente trabalho, foram realizados ensaios laboratoriais que comprovam, que o resíduo oriundo da produção de calcário agrícola, poderá ser utilizado na argamassa, em substituição parcial do agregado miúdo natural, atendendo aos requisitos técnicos estabelecidos nas normas técnicas brasileiras.

**Palavras-chave:** calcário agrícola, argamassa, agregado miúdo.

### **1. INTRODUÇÃO**

A construção civil é um dos setores que provoca maior impacto ambiental, devido ao elevado consumo de matéria-prima. A construção civil consome entre 15% a 50% dos recursos naturais que são extraídos da terra (1). Segundo estimativa, o consumo de agregados para concreto e argamassa, no Brasil, é em torno de 210 milhões de toneladas por ano. Atualmente grande parte do agregado miúdo natural (areia) é extraída dos leitos de rios, provocando a retirada da cobertura vegetal e a degradação dos cursos d'água, causando grande impacto ao meio ambiente.

Órgãos responsáveis pela fiscalização do meio ambiente, como o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), vêm coibindo esta prática. Com isso, os mineradores são forçados a extrair esses agregados em locais mais distantes do mercado consumidor, o que onera o preço final do produto (2). Uma alternativa viável para o abastecimento de areia no setor da construção civil, é a utilização de areias oriundas da britagem das rochas calcárias, encontradas em enorme quantidade na Região Metropolitana de Curitiba, bem como em outras regiões do Brasil (3). A ANEMAC-DNPM informa que, no Brasil, a demanda de agregados para a construção civil vem aumentando a cada ano. A ANEPAC (Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil) afirma que, do consumo total de areia para a construção civil no Brasil, em 2000, 50% destinaram-se para argamassas em geral, enquanto que os outros 50% destinaram-se para concretos usinados ou não usinados. O Estado do Paraná produziu, neste mesmo ano, aproximadamente 1.966t de areia (4). Sabe-se das dificuldades de utilização de areia de rio e o seu custo elevado devido ao transporte e a sua extração. Na região metropolitana de Curitiba, onde existe grande quantidade de areia, está se tornando cada vez mais difícil a sua extração. Além disso, a extração da areia natural causa impactos ambientais, como a abertura de cavas e buracos (5 e 6).

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia de pesquisa envolveu ensaios nos laboratórios de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Para realização dos ensaios adotou-se uma argamassa de cimento padrão no traço 1 : 3 em massa, utilizando como materiais: cimento CII-Z32; areia natural quartzosa, areia britada de calcário e água da rede de abastecimento público. As etapas dos trabalhos experimentais estão descritas na Figura 1.

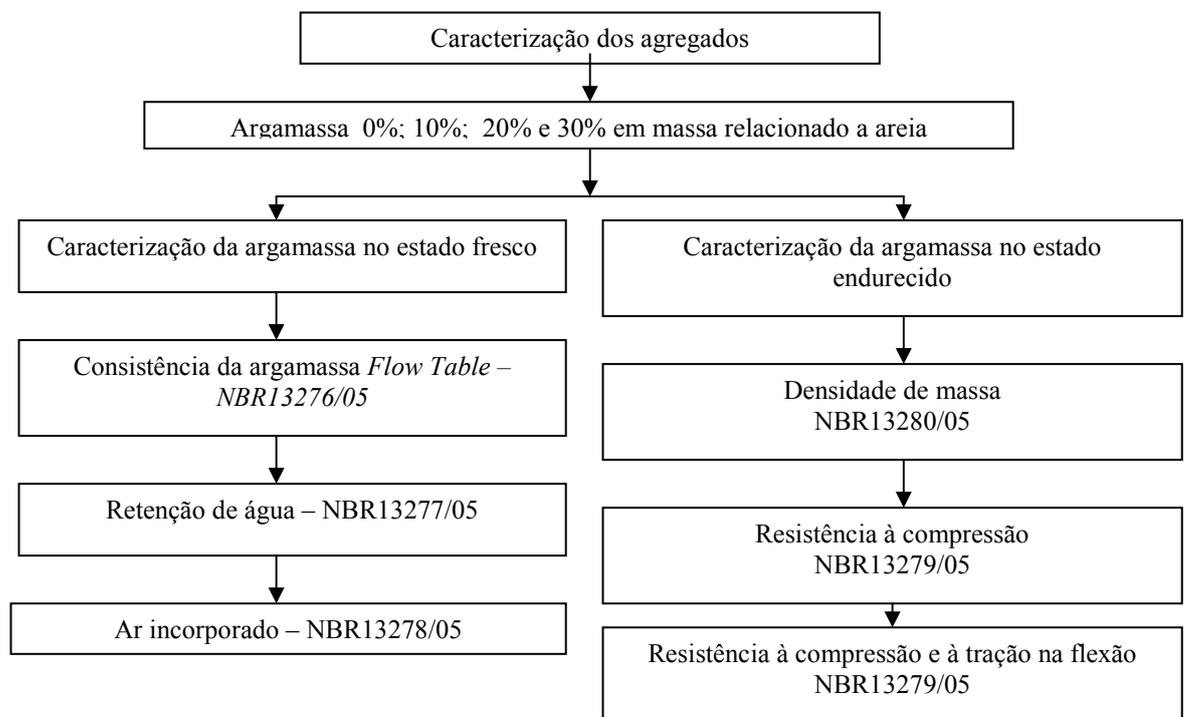


Figura 1 - Etapas de ensaio do Programa Experimental

## 2.1 Caracterização dos agregados

A composição granulométrica dos agregados miúdos utilizados teve como base a norma NRB7211/05.

A Figura 2 mostra a curva granulométrica dos agregados e, apesar dos dois agregados apresentarem um módulo de finura similar, há um excesso de material fino no agregado de resíduo sólido a partir da peneira de malha 0,15mm – característica já esperada para materiais oriundos de britagem de rocha. Enquanto a areia natural se enquadra na zona ótima da norma NBR 7211/05, o resíduo sólido se enquadra na zona utilizável.

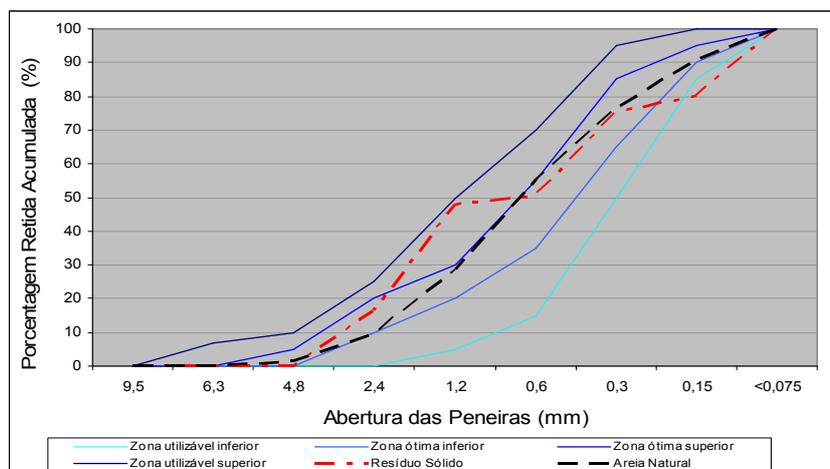


Figura 2 – Curva granulométrica dos agregados miúdos

## 2.2 Consistência da argamassa – Flow Table

Através da Figura 3 pode-se observar uma redução no consumo de água das argamassas com adição de resíduo de até 7,8% em relação à argamassa padrão, proporcionando uma melhor trabalhabilidade já que obtiveram consumos de água menores para uma mesma consistência.

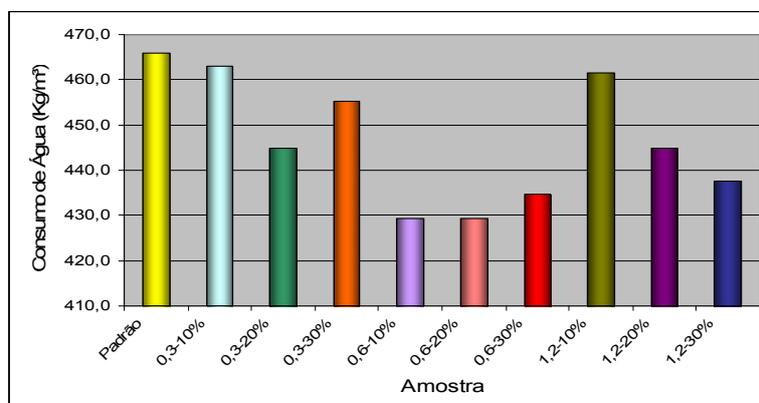


Figura 3 – Consumo de água por metro cúbico

Os fatores que influenciam diretamente na trabalhabilidade das argamassas são: a relação água/cimento, a relação cimento/areia, a curva granulométrica do agregado miúdo e a natureza e qualidade do aglomerante (7). Como a relação ao fator a/c definiu-se mediante a consistência desejada, mantendo-se constante o cimento utilizado na produção de todas as argamassas

### 2.3 Retenção de água da argamassa

Analisando a Figura 4, verifica-se que, quanto maior o teor de finos no agregado, maior será a retenção de água, já que a argamassa com maior teor de finos (#0,3mm com adição de 30%) apresentou maior capacidade de retenção de água e as argamassas #0,6mm e #1,2mm a 30% de adição apresentaram valores menores em relação à argamassa de referência. Tal fato pode ter sido decorrente da superfície específica do agregado #0,3mm ser maior que as demais, visto que é a razão entre a superfície total e o volume das partículas, já que a argamassa tende a conservar a água necessária para molhar a superfície dos grãos. Assim, sua capacidade de retenção de água está relacionada com a superfície específica de seus constituintes (7).

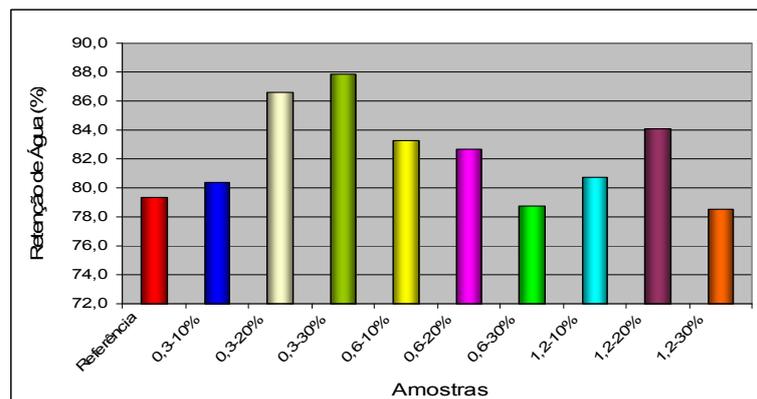


Figura 4 – Retenção de água da argamassa

### 2.4 Massa específica no estado fresco

A adição do resíduo tende a aumentar a massa específica da argamassa, o que poderá dificultar o trabalho de aplicação pelo operário (8). Pela Figura 5, percebe-se que, em média, quanto maior o diâmetro do resíduo sólido, maior será a massa específica da argamassa no estado fresco, apresentado um acréscimo de até 3,5% em relação à argamassa de referência – com agregado natural. As argamassas com adição de resíduo #0,3mm são as mais indicadas, pois mais se aproximam da massa específica da argamassa padrão.

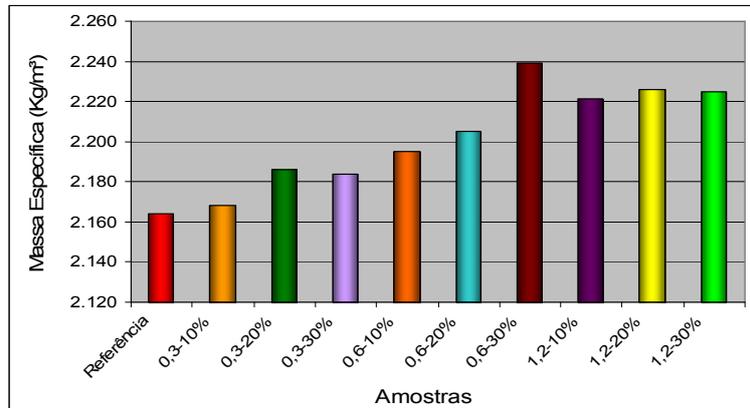


Figura 5 – Massa Específica no estado fresco

## 2.5 Absorção de Água por Capilaridade

Na Figura 6, a absorção de água por capilaridade se mantém constante nas argamassas com o resíduo de 1,2mm e é, em média, 250% maior em relação à argamassa de referência.

Os valores mais próximos do valor de referência são os obtidos na argamassa de 0,3mm com 30% e 10%, respectivamente.

Como a absorção de água é função da porosidade total da argamassa, pode-se observar que a argamassa com resíduo 0,3mm e adição de 10% e 20% têm menor índice de vazios, que engloba o ar incorporado e a porosidade intrínseca da ligação entre os componentes da argamassa.

O coeficiente de capilaridade das argamassas, onde as argamassas com resíduo # 0,6mm apresenta valores mais elevados, na ordem de 400%.

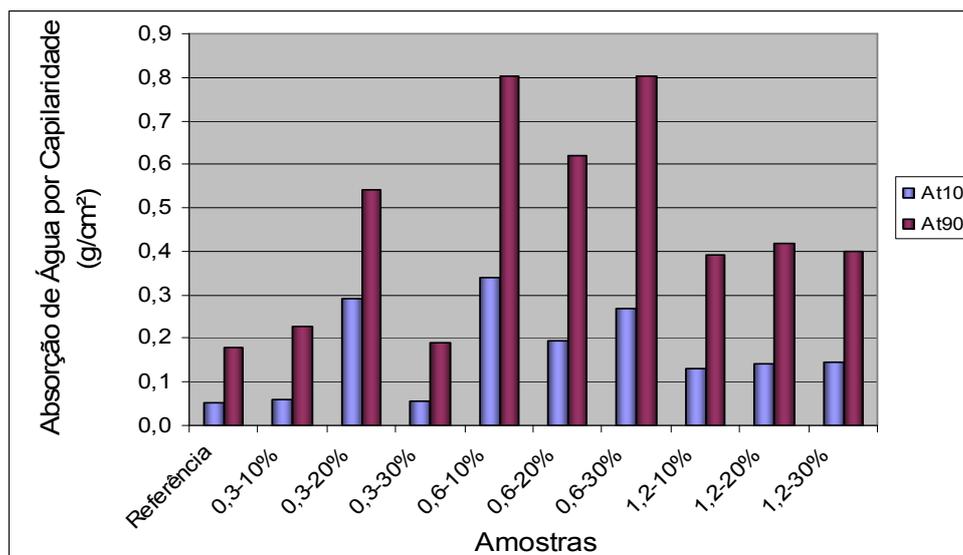


Figura 6 – Absorção de água por capilaridade

O coeficiente de capilaridade permite avaliar a impermeabilidade da argamassa de revestimento à água, através da movimentação da água pelos capilares (2). Analisando a Figura 6, supõe-se que a argamassa com resíduo #0,3mm e adição de 10% e 30% apresentam melhor desempenho em relação à impermeabilidade do revestimento.

## 2.6 Ensaio de Resistência à tração na flexão

A Figura 7 apresenta os resultados de resistência à tração na flexão das argamassas estudadas, em ordem decrescente, onde observa-se uma redução de até 26% em relação ao valor de referência.

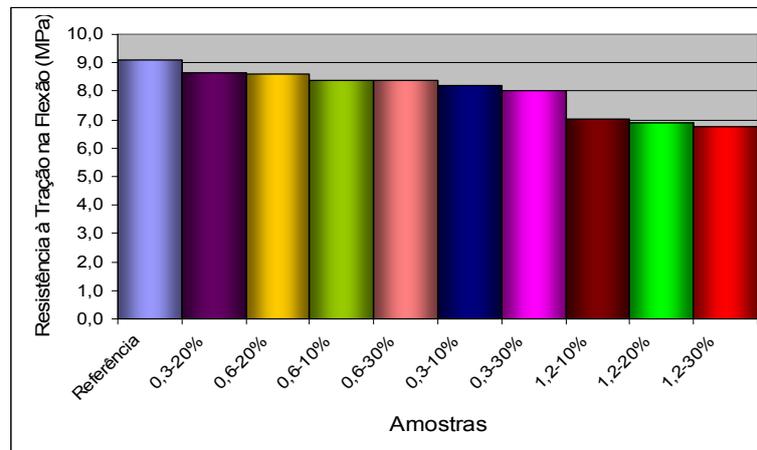


Figura 7 – Resistência à tração na flexão

Comparando com a argamassa de referência, os melhores resultados obtidos foram nas argamassas com resíduos #0,3mm e #0,6mm com 20%, respectivamente, ainda que com valores em torno de 5% menores, mas, apesar disso, todas as argamassas ensaiadas atingiram valores altos, se enquadrando na classe R6, mais alta classe de resistência à tração na flexão da norma NBR13281/05.

## 2.7 Ensaio de Resistência à compressão

A Figura 8 mostra que as argamassas com resíduo tiveram uma queda na resistência à compressão entre 13% a 27% em relação à argamassa padrão. Como a resistência à compressão não é a propriedade mais importante das argamassas no estado endurecido, a redução apresentada nos ensaios não se caracteriza como determinante, já que todas as argamassas ensaiadas atingiram valores altos, ainda se enquadrando na classe P6, mais alta classe de resistência da norma NBR13281/05.

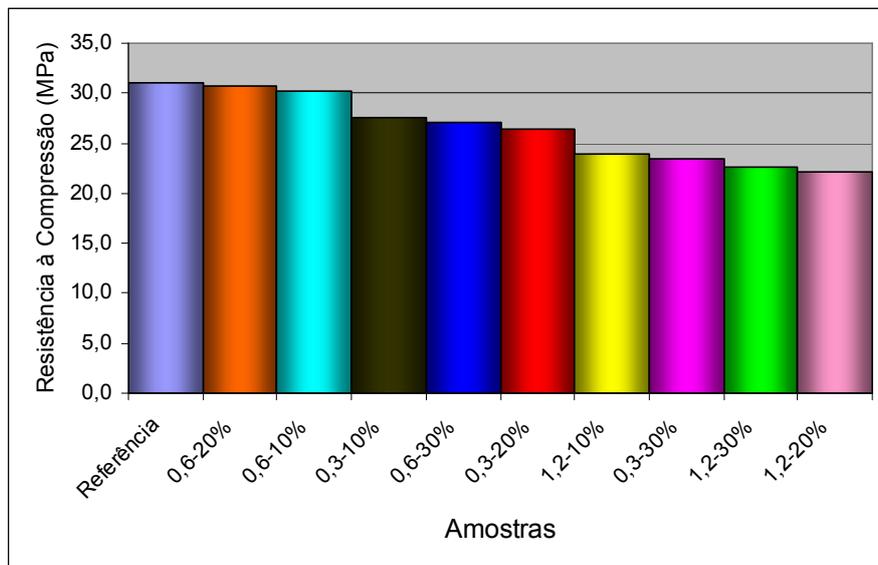


Figura 8 – Resistência à compressão

### 2.8 Ensaio de Massa Específica no estado endurecido

Os resultados obtidos no ensaio podem ser visualizados na Figura 9. Nota-se, que, com exceção das argamassas com resíduo #0,3mm e #0,6mm com adição de 30% e #0,3mm com adição de 20%, (apresentaram uma redução 0,9%), existe uma pequena variação da massa específica no estado endurecido, já que a massa específica do resíduo é maior que a massa específica da areia natural.

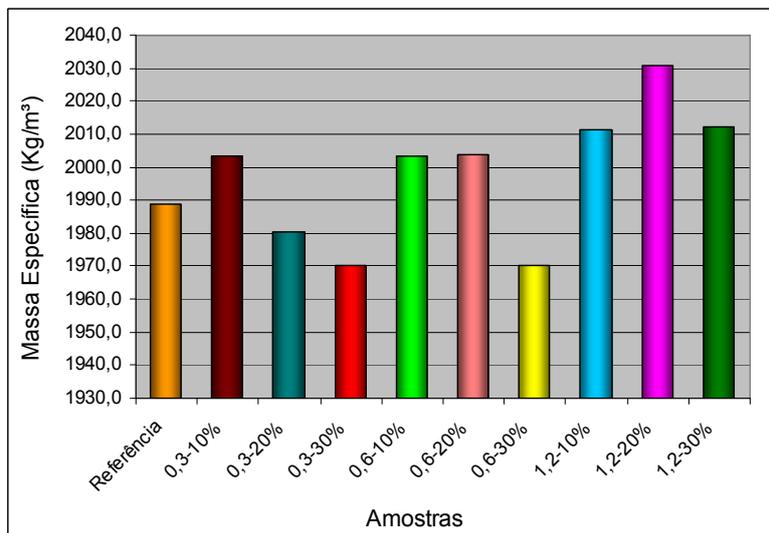


Figura 9 – Massa Específica no estado endurecido

### 3. CONCLUSÕES

Tomando como base os requisitos da norma NBR13281/05, a argamassa de revestimento terá um bom desempenho e durabilidade se apresentar: resistência à compressão, resistência à tração na flexão e retenção de água nas classes mais altas; densidade de massa no estado fresco, densidade de massa no estado endurecido e coeficiente de capilaridade nas classes mais baixas.

Considerando os parâmetros de qualidade das argamassas citados acima e, a partir dos dados e análises expostos, a seguir, as principais conclusões sobre o trabalho desenvolvido:

- Os resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão e a tração mostram que todas as argamassas analisadas se enquadram na classe P6, R6, atendendo aos requisitos de qualidade e durabilidade.
- A retenção de água atingiu a classe U3, com a utilização de 20% e 30% do resíduo de # 0,3mm. As demais argamassas se enquadraram na classe U2.
- Todas as argamassas estudadas se enquadram na classe D6 da norma no quesito de massa específica no estado fresco e na classe M6 no estado endurecido, sendo as classes mais altas.
- A argamassa que apresentou o menor coeficiente de capilaridade foi a argamassa com adição de 30% de resíduo # 0,3mm, sendo classificada como C2 da norma NBR 13281/05, seguida das argamassas # 0,3mm a 10% e 20%, na classe C3. As demais argamassas se enquadraram nas classes C4 e C5.

Com base nas considerações descritas, pode-se afirmar que a argamassa que apresentou melhor desempenho e durabilidade, conforme os critérios definidos, foi a argamassa com adição de 30% do resíduo # 0,30mm.

### REFERÊNCIAS

1. SJOSTROM, C. **Durability and sustainable use of building materials**. In: Sustainable use of materials. J. W. Llewellyn & H. Davies editors. London, BRE/RILEN, 1992.
2. ALMEIDA, S. L. M. **Aproveitamento de rejeitos de pedreiras de Santo Antônio de Pádua, RJ para produção de brita e areia**. Tese (Doutorado) –Departamento de Engenharia e Minas, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000. 118 p.
3. SILVA, NARCISO GONÇALVES, **Argamassa de Revestimento de Cimento, Cal e Areia Britada de Rocha Calcária**, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba, 2006. 180 p.
4. MINERAIS DO PARANÁ S.A – MINEROPAR. **Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana de Curitiba**. Curitiba: MINEROPAR, 2004. 288 p.
5. DONHA, A.G., SOUZA, L.C.P., RIBEIRO, A.N., Maschio, P.A. **Estudo sobre a Quantificação de áreas degradadas pela mineração no Rio Iguaçu, no município de Araucária, Região Metropolitana de Curitiba, Paraná**. Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola. Curitiba, 1996.
6. AMAS/PR, **Associação dos Mineradores de Areia e Saibro do Paraná**. Disponível: [www.curitibacenter.com.br/noticias/20060127-Social-Exploracao\\_ilegal\\_de\\_areais\\_perigo\\_real](http://www.curitibacenter.com.br/noticias/20060127-Social-Exploracao_ilegal_de_areais_perigo_real). Acesso em 15 de julho de 2008.
7. SABBATINI, F. H; FRANCO. S L.; BARROS, B. S. M. M. **Tecnologia de vedações verticais**. Notas de Aula – Capítulo 3: Argamassa de Assentamento. São Paulo. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007. p. 19.

8. REIS, A. S & TRISTÃO, F. A. **Análise de argamassas com resíduo de corte de rochas ornamentais**. In: II Congresso Nacional de Argamassas de Construção, 2007. Portugal, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto - especificação. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – preparo da mistura e determinação de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13277**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_. **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, 1995.

\_\_\_\_\_. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_. **NBR 13280**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – requisitos. Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_. **NBR 13749**: Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – especificações. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. **NBR 15259**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005.