

# **OBTENÇÃO DE AREIA ARTIFICIAL A PARTIR DE FINOS DE PEDREIRA – ANÁLISE DE ENSAIOS**

**Luiz Henrique de Oliveira Bispo**

Bolsista de Inic. Científica, Eng. Química, UFRJ

**Salvador Luiz Matos de Almeida**

Orientador, Eng<sup>o</sup>. Metalúrgico, D.Sc.

## **RESUMO**

*Foi estudada a obtenção de areia artificial a partir de finos de brita utilizando uma unidade piloto de britagem com capacidade de 4 t/h. O britador utilizado foi de eixo vertical modelo Barmac 3000 e após obtenção do produto abaixo de 3mm, fez-se a classificação do mesmo em duas frações utilizando-se um classificador pneumático Sturtevant. Obteve-se então areia artificial (3mm x 0,074mm) para concreto e fino (-0,074mm) para argamassa, cujos produtos estão sendo testados no Departamento de Engenharia Civil da COPPE-UFRJ.*

## **1. INTRODUÇÃO**

Os recursos de agregados para a construção civil no Brasil são abundantes e em geral os grandes centros consumidores, as grandes áreas metropolitanas, encontram-se em regiões geologicamente favoráveis a existência de reservas de boa qualidade.

Em 2001 foram produzidos no Brasil 399,0 milhões de toneladas de agregados para construção civil e deste total, 236,1 milhões de toneladas foram de areia. Os principais produtores são: São Paulo, que respondeu por 33,2% da produção nacional; Minas Gerais (11,1%); Paraná (9,7%); Rio de Janeiro (8,6%); Rio Grande do Sul (6,7%) e Santa Catarina (3,8%). Na Tabela 1 é apresentada a produção de agregados no Brasil (anos 1999 a 2001).

**Tabela 1: Produção de agregados no Brasil.**

Discriminação		1999 <sup>(r)</sup>	2000 <sup>(r)</sup>	2001 <sup>(p)</sup>
Areia	Produção 10 <sup>6</sup> t	203,6	225,7	236,1
	Consumo t per capita	1,2	1,3	1,4
Pedra britada	Produção 10 <sup>6</sup> t	140,4	155,7	162,8
	Consumo t/per capita	0,8	0,9	0,9

Fonte: Anepac/DNPM

(r) revisado

(p) previsto

A crescente urbanização está levando a esterilização ou restrição de exploração de importantes depósitos, além disso as restrições ambientais a utilização de várzeas e leitos de rios para a extração de areia estão fazendo com que as novas áreas de extração estejam cada vez mais distantes dos centros consumidores. Como a pedra britada e a areia se caracterizam pelo baixo valor e grandes volumes de produção sendo o transporte responsável por cerca de 2/3 do preço final do produto, quanto mais distante do mercado consumidor for extraída a areia mais cara ela se torna.

Deve-se destacar também que em relação ao ano 2001 houve um aumento da ordem de 12% nos custos de frete, o que torna ainda mais cara a obtenção de areia para os grandes centros de consumo.

Na região metropolitana de São Paulo, maior mercado de pedra britada do país e o segundo maior mercado consumidor de areia, as fontes de areia natural encontram-se a cerca de 120 km de distância e a região metropolitana do Rio de Janeiro, um dos outros grandes mercados consumidores de areia, possui grande parte da areia consumida proveniente do município de Campos dos Goytacazes, que está a 270 km de distância da capital.

Um outro problema enfrentado pelo setor de areia e brita é a estocagem dos finos. A britagem das rochas gera basicamente as seguintes frações granulométricas:

1. Brita 3 — 70 a 50 mm
2. Brita 2 — 50 a 25 mm
3. Brita 1 — 25 a 12,5 mm
4. Brita 0 — 12,5 a 4,8 mm
5. Pó de pedra — -4,8 mm

Desses produtos as britas de 1 a 3 encontram aplicações nobres na construção civil, entretanto, a brita 0 e o pó de pedra só possuem aplicações marginais. Esses finos ficam estocados em pilhas nas pedreiras e acabam gerando problemas ambientais para elas tais como: impacto ambiental, geração de poeira, etc.

Os finos das pedreiras devidamente processados podem vir a substituir a areia natural, porém para isso eles devem possuir algumas características tais como: distribuição granulométrica, forma e textura superficial adequadas, resistência mecânica, estabilidade das partículas e ausência de impurezas.

O tratamento dos finos deve visar não somente a adequação do tamanho das partículas mas também, a forma e a integridade das mesmas e ainda a obtenção de forma produtiva e sustentável.

Outro fator que vem contribuindo para a substituição da areia natural pela areia artificial é o surgimento de equipamentos de britagem capazes de superar a principal restrição de utilização da areia artificial no concreto e em argamassa, a forma das partículas. Um exemplo é o impactador de eixo vertical, britador BARMAC. As frações finas do pó de pedra possuem formato alongado ou lamelar e o formato adequado para a utilização em concreto é um formato cúbico arredondado, que é conseguido com a britagem do material neste tipo de equipamento.

Nesse contexto já é observado um incremento na participação da areia artificial na região metropolitana de São Paulo, pois é produzida pelas pedreiras da Grande São Paulo, que estão em torno de 35 km do centro da cidade, o que a torna competitiva com a areia natural oriunda de lavras bem mais distantes. Em 1999 a participação da areia artificial no mercado de São Paulo já era de 7%, em 2000 já estava na ordem de 8,5% e em 2001 de 9%, com grande expectativa de um crescimento acelerado nessa participação.

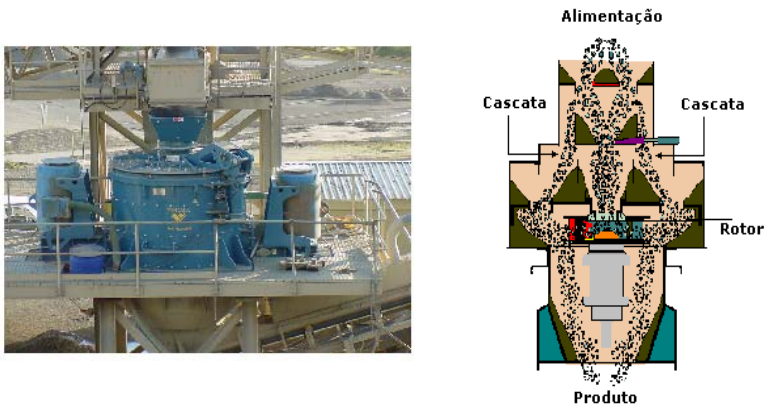
## **2. OBJETIVO**

Analisar os ensaios feitos com finos de brita na unidade piloto de britagem do CETEM na pedreira Pedra Sul - MG, visando obter: areia artificial, visando obter de maneira economicamente viável: areia, para uso em concretos e finos para usos em argamassas.

### 3. METODOLOGIA

O trabalho teve as seguintes etapas: seleção e aquisição de um britador VSI com capacidade de 2 a 10 t/h; confecção de silo alimentador, 4 correias transportadoras, peneira vibratória; montagem da unidade piloto; ensaios realizados; amostragem dos produtos e interpretação dos resultados.

O britador VSI, rocha-contra-rocha é um impactador de eixo vertical que se diferencia dos convencionais pela utilização de acúmulos de rocha dentro da máquina para minimizar o desgaste metálico (Figura 1).



**Figura 1 – Vista panorâmica (esquerda) e detalhes do interior (direita) do britador VSI autógeno**

A placa dosadora controla o fluxo de material para dentro do rotor pela seleção do tamanho adequado de abertura. O material excedente, impossibilitado de passar pelo rotor transborda como cascata. A redução do diâmetro da placa dosadora aumenta o fluxo do material em cascata. O rotor acelera o material e o descarrega continuamente na câmara de britagem. A velocidade de saída das partículas varia de 50 a 150 m/s. Na câmara de britagem o material do rotor e o da cascata se recombina. Uma cortina constante de partículas em suspensão circula pela câmara de britagem. As partículas ficam retidas por 5-20 segundos antes de perderem energia e se precipitarem fora da câmara de britagem.

Um aumento da friabilidade do material ou da rotação produz maior cominuição com conseqüente aumento na produção de finos. Um decréscimo na friabilidade do material ou na rotação resulta em menor

cominuição com menor produção de finos. O aumento da quantidade de material introduzido na câmara de britagem via cascata diminui a taxa de redução, porém, resulta num ganho líquido de produtividade sem aplicação de energia extra. O britador VSI é altamente adequado para a obtenção de areia artificial quando se trabalha com alimentação fina na faixa de 3/4" a 3/8" e o formato das partículas britadas são bastante cúbicas.

Para a realização dos ensaios montou-se o seguinte circuito de britagem (Figura 2).

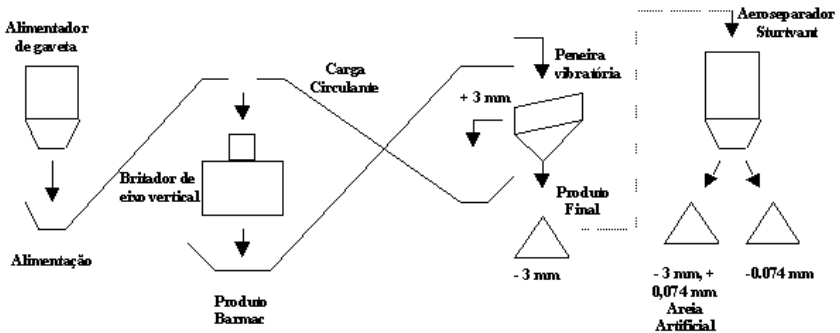


Figura 2 – Unidade Piloto de Britagem.

A primeira pedra estudada para produzir areia foi a Pedreira Pedra Sul, localizada no município de Matias Barbosa – MG, cerca de 180 km do Rio de Janeiro.

Foram realizados vários ensaios na unidade piloto alterando as seguintes variáveis:

- Tipo de alimentação;

Alguns ensaios tiveram somente brita 0 como alimentação e outros tiveram 50% de brita 0 e 50% de pó de pedra em massa como alimentação.

- Taxa de alimentação;

A taxa de alimentação nos ensaios variou de 2 a 4 t/h.

- A abertura do cascadeador;

Realizaram-se os ensaios com 4 e 8 cm de abertura do cascadeador, e em todos os ensaios a rotação do britador foi de 5000 rpm (rotação máxima).

- Tela da Peneira Vibratória;

Foi mantida durante todos os ensaios realizados a malha de classificação de 3mm.



**Figura 3 – Aeroseparador Sturtevant.**

Os ensaios de classificação em 200# (0,074mm) foram realizados no aeroseparador do tipo Sturtevant, com capacidade de 200kg/h (Figura 3) no CETEM.

Ao passar no aeroseparador foram obtidas duas frações, a fração superfina, que poderá ser utilizada na produção de argamassa e a outra que é a areia artificial propriamente dita.

No aeroseparador temos como variáveis: o ângulo das pás e a taxa de alimentação. Foram feitos ensaios usando os ângulos de 30°, 45°, 90° e 135° para as pás e taxas de alimentação diferentes. O objetivo desses

ensaios era ver em que condição seria obtido o melhor corte em 200#.

A areia artificial obtida foi encaminhada ao Departamento de Engenharia Civil da COPPE–UFRJ, parceira do CETEM juntamente com o Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da COPPE–UFRJ na execução deste projeto, para que fossem feitos testes de trabalhabilidade com argamassas e concreto.

Quanto ao formato das partículas foi utilizado um método bi-dimensional onde foram utilizados dois parâmetros: fator de forma e razão de aspecto. Esses testes foram realizados no Departamento de Engenharia Civil da COPPE–UFRJ. Em todos os ensaios foram usados como referência os resultados obtidos com a areia padrão IPT.

O fator de forma indica o quanto uma partícula se assemelha a uma esfera, e a razão de aspecto é a razão entre o comprimento e a largura de uma partícula. Para ambos o valor ideal é um.

A unidade piloto será instalada em outras cinco pedreiras no Rio de Janeiro além da Pedra Sul. Nessas pedreiras a geologia de cada rocha é diferente, sendo mantido o mesmo programa de ensaios feitos na Pedra Sul de maneira a possibilitar, ao término do projeto, uma comparação entre as

características de cada material, em todas será produzida areia artificial e finos para argamassa.

#### **4. RESULTADOS OBTIDOS**

Na Tabela 2 estão descritos os ensaios realizados na Pedra Sul.

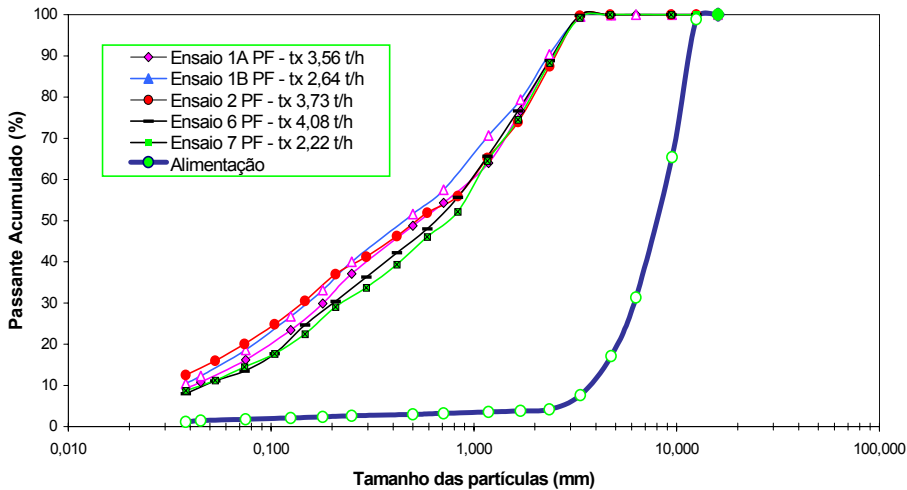
**Tabela 2 – Descrição dos ensaios realizados.**

Ensaio	Alimentação	Ab Cascadeador (cm)	Tx (t/h)	%Cc
1A	Brita 0	4,00	3,56	182,99
1B	Brita 0	4,00	2,64	145,99
2	Brita 0	4,00	3,73	162,68
3	Brita 0	8,00	3,87	114,1
4	Brita 0	8,00	4,14	104,35
5	Brita 0	8,00	3,41	60,99
6	Brita 0	4,00	4,08	73,78
7	Brita 0	4,00	2,22	59,99
8	Brita 0	8,00	3,65	76,4
9	Brita 0 + Pó	8,00	3,62	70,91
10	Brita 0 + Pó	4,00	3,88	117,16
11	Brita 0 + Pó	4,00	2,72	31,44
12	Brita 0 + Pó	4,00	4,01	66,14
13	Brita 0 + Pó	8,00	2,78	60,87
14	Brita 0 + Pó	8,00	4,27	46,22

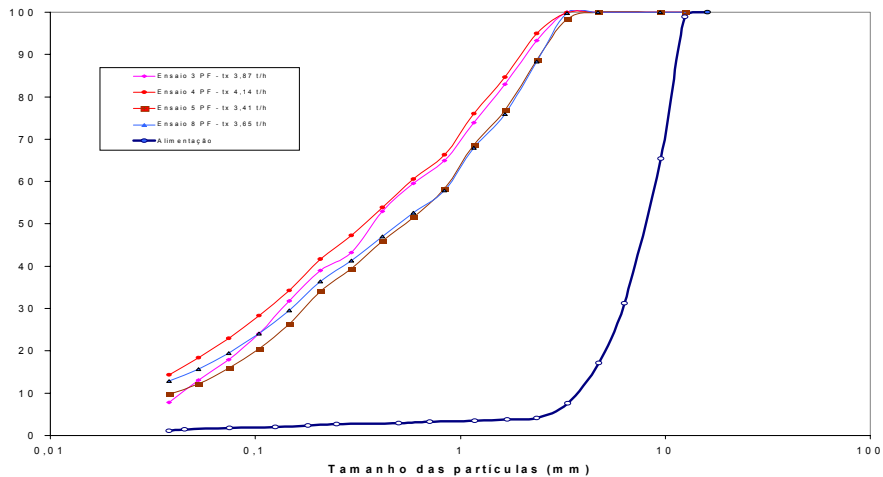
Cc – Carga circulante

##### **4.1 Análises Granulométricas dos ensaios:**

Os Gráficos 1 a 3 a seguir mostram as curvas geradas nas análises granulométricas dos ensaios na Pedra Sul.



**Gráfico 1 – Abertura de 4 cm, alimentação com 100% de brita 0.**



**Gráfico 2 – Abertura de 8 cm; alimentação 100% brita 0.**



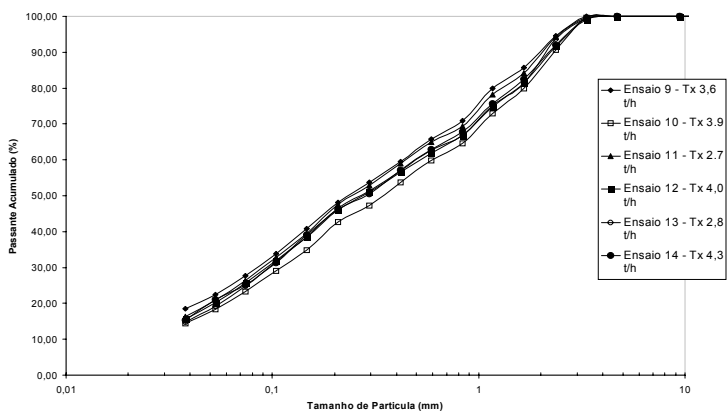
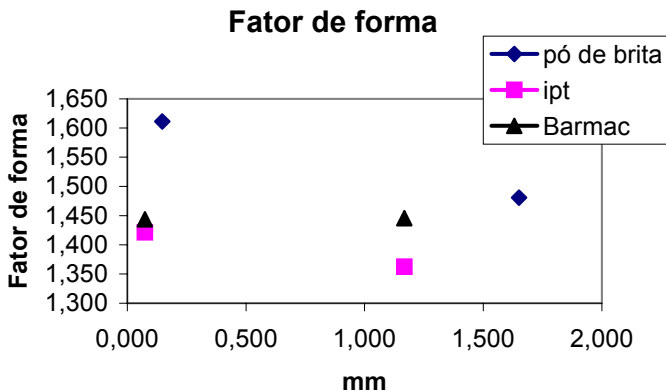


Gráfico 3 – Abertura de 4 e 8 cm; alimentação de 50% brita 0 e 50% pó de pedra:

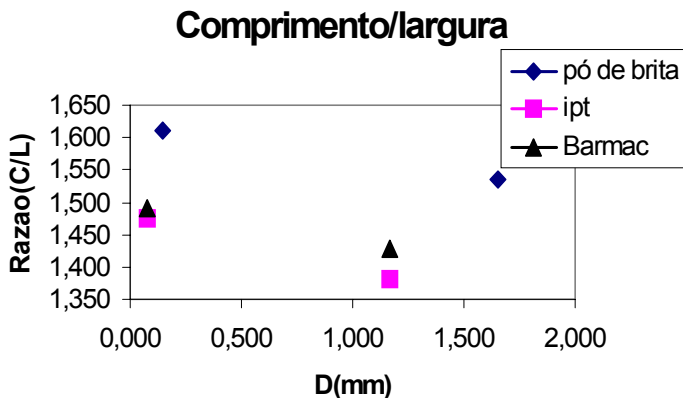
#### 4.2 Formato das Partículas

A seguir são apresentados resultados dos testes de fator de forma e razão de aspecto das partículas (pó de brita, areia IPT e Produto Barmac). Como dito, tanto para o pó de brita como para a areia artificial não classificada o valor ideal é de um entretanto nem mesmo a areia padrão IPT usada como referência apresentou esse valor.

- Fator de forma;



- – Razão de aspecto;



### 4.3 Aeroseparador Sturtevant

As curvas apresentadas no Gráfico 4 mostram os resultados de partição do equipamento para cada situação testada.

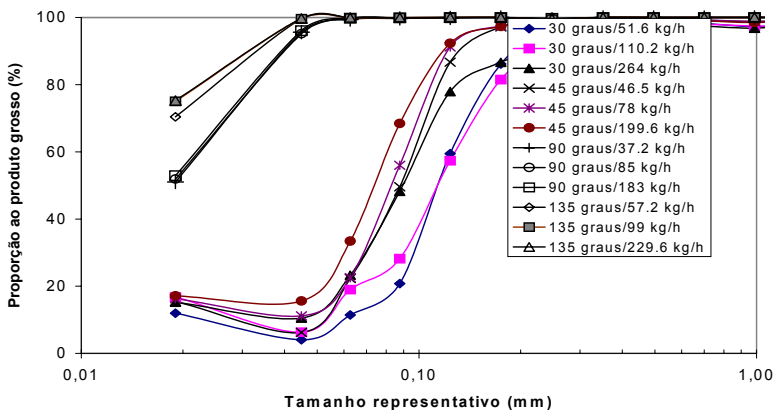


Gráfico 4 – Resultados no Sturtevant.

#### 4.4 Comparação da areia artificial com curvas de areia padrão ABNT

O gráfico 5 mostra as curvas granulométricas obtidas no Barmac com diferentes taxas de alimentação no aeroseparador Sturtevant, e comparação dentro dos limites mínimo e máximo de uma areia padrão ABNT.

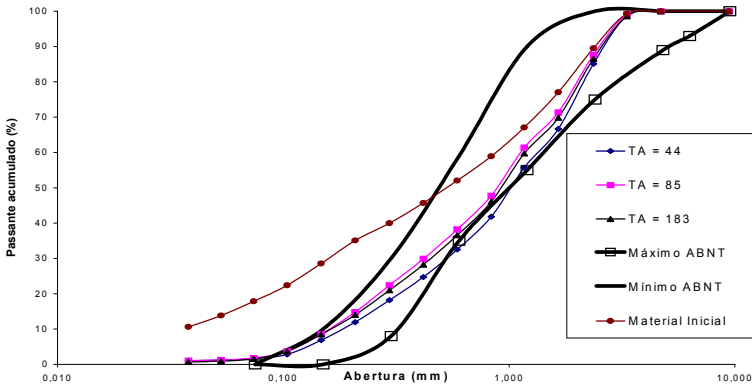


Gráfico 5 – Curvas de areia Barmac e padrão ABNT.

## 5. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Como era previsto o aumento na abertura do cascadeador e da taxa de alimentação levaram a um aumento na produção de finos. Os ensaios realizados com alimentação de 50% de pó de pedra e 50% de brita 0 apresentaram mais finos do que os ensaios somente com brita 0 independente da abertura do cascadeador, sendo assim, conclui-se que os ensaios com brita 0 foram melhores.

Pode-se concluir que houve uma grande melhoria no formato das partículas após a passagem do material no britador VSI, e as mesmas ficaram mais arredondadas, semelhantes as da areia natural, tipo IPT.

Nos ensaios com o aeroseparador a melhor posição para as pás foi a de 30°, onde a porcentagem dos finos na areia artificial ficou abaixo de 5% em todas as taxas de alimentação. Essa configuração foi usada para a

obtenção da areia artificial e a que melhor se adequou as curvas da areia da ABNT foi a taxa de alimentação de 85 kg/h.

Essa areia artificial obtida passará por ensaios de trabalhabilidade em concreto e argamassa, resistência a compressão entre outros. Somente depois desses testes teremos os verdadeiras pontos de aplicação dessa areia artificial obtida na pedreira Pedra Sul a partir de brita 0.

Atualmente a unidade piloto está montada numa pedreira em Nova Iguaçu – RJ, e seus resultados serão comparados com os dos produtos obtidos na Pedra Sul.

## **BIBLIOGRAFIA**

ANUÁRIO MINERAL BRASILEIRO. DNPM/MME – BRASÍLIA, 2001.

SUMÁRIO MINERAL. DNPM/MME – BRASÍLIA, 2002.

ALMEIDA, S. L. M. E SAMPAIO, J. A. OBTENÇÃO DE AREIA ARTIFICIAL COM BASE EM FINOS DE PEDREIRAS. REVISTA AREIA & BRITA, OUT/DEZ DE 2002.

MENDES, K. S. VIABILIDADE DO EMPREGO DE FINOS DE BASALTO EM CONCRETO COMPACTADO A ROLO. DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 109P. SÃO PAULO, 1999.

ALMEIDA, S. L. M. APROVEITAMENTO DE REJEITOS DE PEDREIRAS DE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA, RJ PARA PRODUÇÃO DE BRITA E AREIA. TESE DE DOUTORADO DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS, 118P. SÃO PAULO, 2000.

DAVID, T. ET ALI PRODUÇÃO DE AREIA ARTIFICIAL A PARTIR DE FINOS DE PEDREIRAS SEMINÁRIO APRESENTADO NO ENCONTRO BRASIL X SUÉCIA, REALIZADO NO CETEM, ABRIL DE 2003.