

# Processo produtivo de agregados sinterizados de argila calcinada para a região Amazônica

## *Productive process of sintered calcinated clay aggregates for the Amazonian region*

**Carmem Lúcia Alencar da Silva**

Engenheira Civil e Mestranda em Engenharia de Recursos da Amazônia, UFAM  
Grupo de Geotecnia, Universidade Federal do Amazonas  
Av. General Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 3000  
69077-000, Manaus, AM, Brasil  
carmemalencar@yahoo.com.br

**Cleudinei Lopes da Silva**

Engenheiro Civil e Mestrando em Engenharia Civil, UFAM  
Grupo de Geotecnia, Universidade Federal do Amazonas  
Av. General Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 3000  
69077-000, Manaus, AM, Brasil  
cleudineilopes@gmail.com

**Eude de Paula Rebelo**

Engenheiro Civil e Mestre em Engenharia Civil, UFAM  
Grupo de Geotecnia, Universidade Federal do Amazonas  
Av. General Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 3000  
69077-000, Manaus, AM, Brasil  
eude.paula@hotmail.com

**Consuelo Alves da Frota**

Doutorado em Engenharia Civil, USP e Pós-doutorado em Engenharia Civil, UT, USA  
Coordenadora GEOTEC, Universidade Federal do Amazonas  
Av. General Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 3000  
69077-000, Manaus, AM, Brasil  
cafrota@ufam.edu.br

## Resumo

A confecção artesanal dos agregados sinterizados de argila calcinada (ASAC) é um processo lento que resulta em pequenas quantidades de material com granulometria descontínua, o que dificulta o enquadramento das misturas asfálticas nas faixas granulométricas utilizadas. Neste trabalho, apresenta-se o processo produtivo de ASAC nas instalações de uma cerâmica. A matéria-prima é um solo argiloso típico de Urucu (AM). Validaram-se o material natural e os agregados sinterizados confeccionados por intermédio de testes recomendados pelo DNIT e ABNT. Os resultados são satisfatórios e revelam que o mencionado material é apto para participar da composição de misturas

## Abstract

The handmade manufacture of sintered calcinated clay aggregates (ASAC, in Portuguese) is a slow process that it results in small output of material whit discontinuous gradation, fact that indeed hindered the framing of the asphalt mixtures within the granulometric limits used. This work introduces the productive process of said material made in the facilities of a ceramic manufacturer. The raw material is a typical clayey soil of the Urucu-AM oil fields. The natural material, as well as the manufactured sintered aggregates, was validated through the use of DNIT and ABNT - recommended tests. The results proved to be satisfactory having shown that said material is apt to being used in the composition of the asphalt mixture and solving the shortage of stony

asfálticas e solucionar a escassez de material granular na região, além de minimizar a extração dos recursos naturais usualmente empregados na pavimentação regional.

material in the region, besides minimizing the extraction of natural resources usually employed in the paving services in the region.

**Palavras-chave:** agregados sinterizados de argila calcinada, produção industrial, cerâmica.

**Key words:** sintered calcinated clay aggregates, industrial production, ceramic.

## 1. Introdução

A Base de Operações Geólogo Pedro de Moura (BOGPM) — Urucu, pertencente à Petróleo Brasileiro S/A (Petrobras), localiza-se na floresta amazônica, a cerca de 650km do Município de Manaus, capital do Estado do Amazonas. O espaço geográfico onde se encontram a BOGPM e o restante do território amazonense apresenta carência de material pétreo, levando construtores a adotarem alternativas que, comprovado pelo retrospecto histórico, propiciam pavimentos com baixa resistência mecânica, o que acarreta a sua falência estrutural *precoce*, motivo do dispêndio de vultosos recursos com sua manutenção e recuperação.

O estudo dos agregados sinterizados de argila calcinada (ASAC) se revela necessário pelo fato desse material se constituir, por vezes, na única solução de agregado graúdo para a construção civil em regiões longínquas do Estado do Amazonas, nas quais a aquisição de material pétreo gera custos onerosos, conforme acima salientado.

Em geral, nos pavimentos flexíveis, o revestimento (misturas asfálticas) tem a função não apenas de propiciar segurança e conforto aos usuários como também de receber as cargas diretamente do tráfego e as transmitir para as camadas inferiores. Em face das dificuldades enfrentadas pela construção desses revestimentos asfálticos na região amazônica, notadamente em razão da escassez de agregados pétreos, o presente estudo perscruta alternativas ao citado material, por meio da utilização dos agregados sinterizados (ASAC) oriundos de argilas, porquanto tal fração granulométrica constitui-se, em regra, na camada superficial predominante na bacia amazônica.

Consoante evidenciam os estudos anteriores do Grupo de Geotecnia da Universidade Federal do Amazonas, os ASACs representam solução promissora para resolver a insuficiência de material pétreo superficial na Amazônia (Frota *et al.*, 2006, 2007; Santos, 2007; Silva *et al.*, 2008; Nunes, 2006). Sua produção de forma artesanal — processo inicial empregado nas pesquisas realizadas pelo GEOTEC, deveras moroso — apresentava granulometria descontínua, redundava na obtenção de pequenas quantidades de material e ostentava restrições quanto à forma desejada. A fim de solucionar tais problemas, optou-se pela industrialização do processo produtivo dos ASACs, por intermédio das instalações de cerâmica tradicional, equipadas para a fabricação de artefatos em argila (a exemplo de tijolos e telhas), em que foram confeccionados e calcinados os tijolos, posteriormente britados. O material foi analisado de acordo com as recomendações do Departamento de Infra-estrutura de Transportes (DNIT), visando à sua adequada aplicação no sistema viário da mencionada Base Petrolífera da Petrobras.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. Escolha da região para estudo

Pela experiência do Grupo de Geotecnia da UFAM em trabalhos anteriores na região amazônica (Frota *et al.*, 2006; Nunes 2006) e, particularmente, pela realização do projeto “Caracterização Mineralógica e Química das Argilas do Estado do Amazonas”, financiado pela Petrobras e FINEP, onde foram analisados depósitos sedimentares da Bacia do Solimões (encontrados em terraços ao longo rio Solimões), da Rodovia BR-319 e da Província Petrolífera do Urucu, optou-se por estudar este material em razão da importância da sua viabilidade técnica frente aos problemas construtivos do sistema viário da Base Petrolífera da Petrobras. O critério para a seleção dos afloramentos foi, principalmente, a excelente plasticidade, além de uma boa coesão, que possibilitasse uma futura exploração deste material (jazidas) como agregado visando a pavimentação. As amostras escolhidas foram submetidas a análises por difração de raios-X, e microscopia de varredura eletrônica. Os resultados de campo associados aos ensaios laboratoriais, mostraram profusão de depósitos de argila, sem variações significativas na composição mineralógico-química da Formação Solimões, a caulinita como argilomineral predominante, com ocorrência dos argilominerais illita e, subordinadamente, montmorillonita, clinocloro, sepiolita, clorita-vermiculita e interestratificado illita-esmectitas, sendo composicionalmente ricas em  $\text{Si}_2\text{O}_2$  (59.7%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (26.1%),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (2.7%) e  $\text{K}_2\text{O}$  (1.8%).

### 2.2. Levantamento e escolha das jazidas

Baseado nos dados anteriores (item 2.1) selecionaram-se os pontos de amostragem para esta segunda etapa, onde se determinou a Projeção Latitude e Longitude DATUM (SAD69), em coordenadas UTM usando um GPS “Garmin Navigator”, seguindo-se em linha reta e em forma poligonal. Estas informações foram delimitadas em quatro ou mais pontos e, as de linha reta por pontos coletados nos bordos das vias de acesso, a fim de se demarcar as extensões frontais. Paralela a essas e a uma distância perpendicular de 200 metros (duzentos metros), traçou-se outra linha, visando delimitar as áreas. Adotou-se tal valor, devido às dificuldades locais para a determinação das coordenadas com GPS, por se tratar de áreas de mata virgem com difícil acesso.

O resultado foi digitalizado, transferindo-se as coordenadas do GPS para a Base Cartográfica de Urucu, e proporcionou a confecção do mapa de ocorrências, com as devidas observações referentes às especificações ambientais, bem como a tabulação desses dados. Efetivou-se o processamento das informações auxiliado por ferramenta computacional, o ARCVIEW (Figura 1). Para atender às questões ambientais definiram-se áreas de jazidas, respeitando-se a margem de proteção de 50m (cinquenta metros) de floresta para os cursos d’água, e no tocante às estradas e linhas de gás fixou-se à margem de 20m (vinte metros).

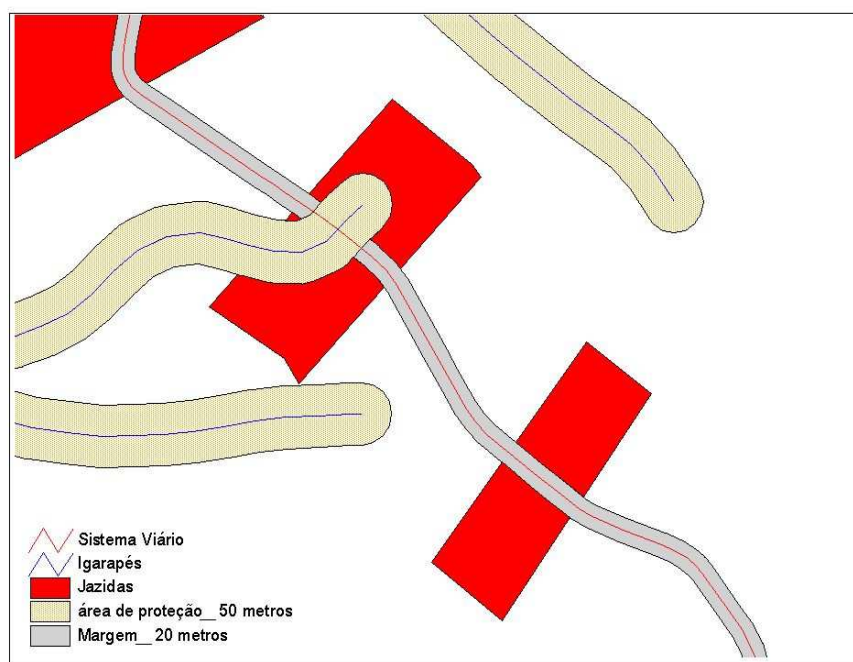
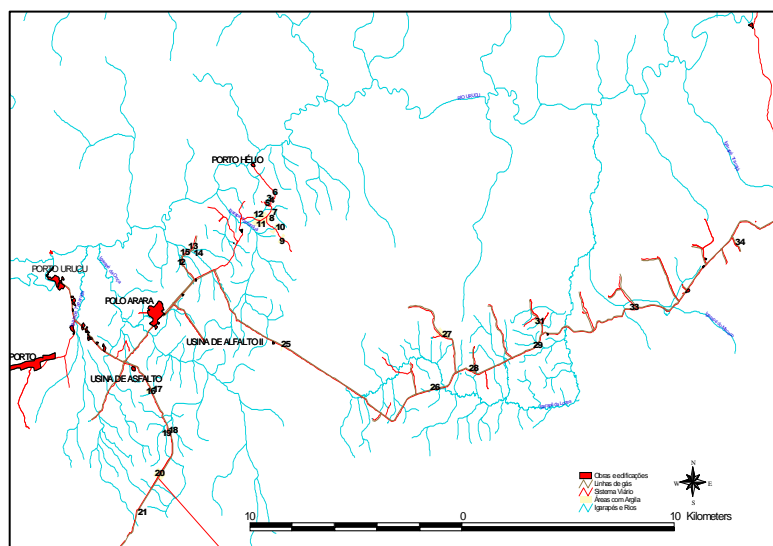


Figura 1: Análise espacial dos dados e delimitação das áreas de exclusão (Frota et al., 2006).

Segundo o levantamento executado obtiveram-se 35 (trinta e cinco) áreas de afloramento de argila, sendo que 15 (quinze) destas cruzavam as vias de acesso e cursos d'água (Figura 2). Ressalta-se a preocupação relativa às superfícies situadas dentro das margens de proteção pertinentes aos cursos d'água, vias de acesso e linhas de gás. A Tabela 1 expõe as dimensões das jazidas identificadas na Figura 2.



#### LEGENDA

- Linhas de Gás
- Sistema Viário
- Igarapés e Rios
- Áreas com Argila
- Obras e Edificações

Figura 2: Mapa com afloramento de argila e margens de proteção (Frota et al., 2006).

Tabela 1: Dimensões das áreas identificadas.

Pontos	Coordenadas		Área		Perímetro
	Latitude	Longitude	m <sup>2</sup>	ha	
1	246129,986	9463813,613	3941,175	0,394	252,336
2	246278,231	9463813,613	3416,848	0,342	242,893
3	250336,243	9466349,257	3909,787	0,391	261,050
4	250456,422	9466238,808	3538,364	0,354	304,387
5	250249,798	9466139,275	1895,548	0,190	179,243
6	250624,679	9466536,323	1208,987	0,121	192,286
7	250595,614	9465774,570	12287,225	1,229	810,492
8	250450,557	9465552,823	33412,146	3,341	1184,504
9	250930,287	9464617,949	57930,360	5,793	1379,730
10	250750,596	9465188,529	59998,026	6,000	1763,985
11	249919,551	9465381,513	219150,291	21,915	3791,088
12	249742,593	9465609,699	22836,373	2,284	859,089
13	246745,884	9464398,239	19350,800	1,935	867,810
14	246935,862	9464184,364	942,966	0,094	152,011
15	246337,633	9464184,440	12781,354	1,278	530,566
16	244769,601	9458708,436	35150,981	3,515	1085,637
17	245042,720	9458764,952	254,402	0,025	79,656
18	245725,657	9457085,009	22448,314	2,245	888,263
19	245454,625	9457009,830	2871,715	0,287	228,906
20	245152,899	9455407,703	141775,615	14,178	2593,751
21	244303,788	9453858,984	10580,576	1,058	519,186
22	243077,331	9451945,779	67336,761	6,734	1474,406
23	242427,892	9451540,256	26323,691	2,632	1061,855
24	242064,411	9450076,669	15673,110	1,567	556,753
25	251081,405	9460557,839	31115,711	3,112	1112,864
26	258072,900	9458845,263	12350,519	1,235	462,581
27	258562,066	9460972,042	126994,830	12,699	2137,404
28	259901,649	9459576,426	16435,294	1,644	565,449
29	262922,150	9460476,892	5114,683	0,511	325,806
30	262839,866	9460620,970	3281,857	0,328	271,506
31	263013,651	9461430,382	28695,229	2,870	765,211
32	263076,694	9461261,931	3340,704	0,334	290,629
33	267464,243	9462021,700	1967,680	0,197	177,861
34	272418,228	9464583,978	12888,626	1,289	528,399
35	274492,712	9468072,421	38153,987	3,815	1182,388

A análise do conjunto (Figura 2 e Tabela 1) mostra que a maior área (área 11) levantada possui aproximadamente 22ha, valor bem representativo para a produção de agregados sinterizados de argila calcinada (ASAC). Observa-se, ainda, que o somatório das áreas delimitadas perfaz um valor em torno de 106ha.

Em todos os pontos mencionados na Tabela 1 efetuaram-se *in loco* os seguintes ensaios expeditos: (1) teste de plasticidade, (2) *shaking test*, (3) teste tátil-visual e (4) teste de resistência a seco. O resultado destes experimentos juntamente com aqueles oriundos do projeto citado no item 2.1, apresentou homogeneidade nas características dos solos amostrados, e, objetivando à produção de argilas sinterizadas, escolheu-se como referência para o estudo em pauta a maior área identificada — área 11 (Tabela 1 e 2), particularmente situada na Estrada Porto Hélio próximo à Ponte do Tamanduá (Figura 3). O material indicou

uma argila variegada que se mostrou predominante em quase a totalidade das 35 áreas mapeadas, doravante denominada Amostra SUC.



Figura 3: Jazida Urucu — Estrada de SUC (esquerda) e Amostra SUC (direita).

Tabela 2: Localização da maior jazida.

Amostra	Localização	Coordenadas
SUC	Urucu – Coari - AM	S04° 59'01,68"
		W065°19'59,20"

### 2.3. Obtenção dos agregados sinterizados

Os trabalhos de pesquisa do Grupo de Geotecnia — GEOTEC vinham sendo realizados com agregados sinterizados de argila calcinada, obtidos por meio de um processo artesanal (Frota *et al.*, 2006; Nunes, 2006) que consistia nas seguintes etapas: (a) homogeneização da amostra com adição de água (Figura 4a); (b) moldagem de massas de solo em formato cilíndrico (Figura 4b), para posterior corte por meio de telas (Figura 5a); (c) secagem dos agregados à sombra (Figura 5b); (d) acondicionamento dos agregados em jarros cerâmicos (Figura 6a); (e) calcinação, em forno elétrico, à temperatura aproximada de 900°C (Figura 6b). Esta temperatura resultou dos estudos prévios realizados no Laboratório do GEOTEC com amostras testadas em mufla. No entanto, tal processo proporcionava aos agregados uma granulometria descontínua, o que dificultava sobremaneira o enquadramento das misturas asfálticas nas faixas granulométricas (DNIT, Superpave) de interesse à pavimentação, além de ser limitante quanto à forma de obtenção, e consistir em um processo lento, sendo possível confeccionar pequenas quantidades para um longo tempo de produção.

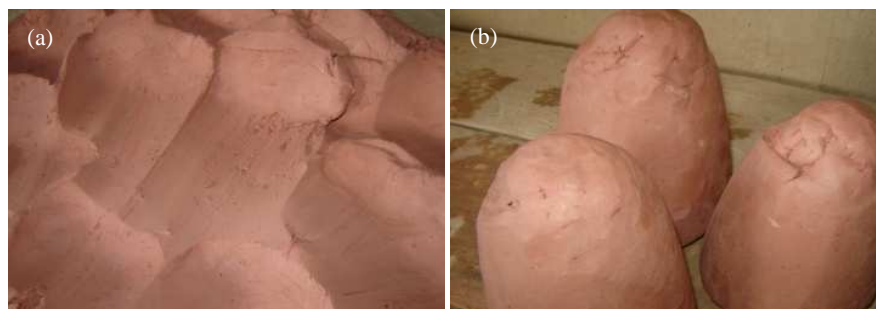


Figura 4: (a) Homogeneização. (b) Massas cilíndricas.

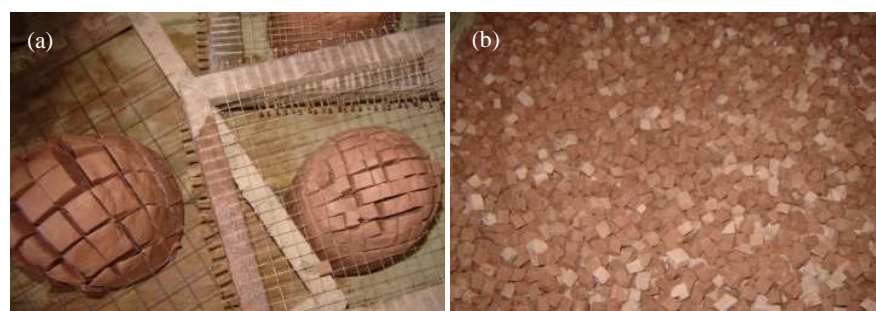


Figura 5: (a) Corte com telas. (b) Secagem.



Figura 6: (a) Agregados em jarros cerâmicos. (b) Forno elétrico.

Em decorrência de tais problemas optou-se por industrializar o processo produtivo, utilizando-se as instalações de uma cerâmica tradicional equipada para a fabricação de artefatos em argila (tijolos, telhas etc.). Realizou-se um levantamento prévio das empresas nos municípios amazonenses de Manaus e Iranduba (tradicional pólo oleiro regional), onde foram conferidas as condições técnicas de produção, particularmente o controle da queima.

Posteriormente a escolha da empresa e com a região selecionada para o estudo — Base de exploração da Petrobrás em Urucu, coletou-se 6m<sup>3</sup> da amostra SUC, sendo transportada via fluvial em sacos plásticos adequados (*bags*) do Porto Evandro (BOGPM) em Urucu ao Porto Encontro das Águas (PEA) em Manaus. Em seguida, foi conduzida de veículo automotor à empresa cerâmica no município de Iranduba (AM), realizando a travessia do Rio Negro, por meio de balsa, pelo Porto do Bairro de São Raimundo em Manaus.

A produção industrial dos agregados sinterizados (ASAC) consistiu nas seguintes etapas: (a) colocação da Amostra SUC em um silo com auxílio de uma pá carregadeira (Figura 7a); (b) trituração do material (Figura 7b); (c) homogeneização com adição de água (Figura 8); (d) moldagem por extrusão de



tijolos maciços, medindo 60×110×200mm, contendo dois furos centrais de Ø 16mm (Figuras 9a e 9b); (e) secagem lenta e uniforme em secador estático com a introdução de ar quente procedente dos fornos (Figura 10a); (f) calcinação em fornos abóboda, iniciando com o aquecimento gradual num período de 8 a 12 horas até atingir a temperatura de 600°C, após está temperatura o processo é mais rápido até 900°C, mantendo-se por um período de tempo, e na seqüência tem-se o resfriamento gradual num período de dois dias (Figura 10b); (g) britagem dos tijolos para obtenção dos ASACs (Figura 11a e 11b).

A etapa final, referente à britagem dos tijolos, executou-se em uma segunda empresa, equipada para triturar resíduos de concreto provenientes de construções e demolições (RCD). Trata-se da única corporação que desempenha tal atividade no município de Manaus. Durante o procedimento de britagem os agregados foram separados em quatro frações granulométricas, segundo o tamanho da brita comercial: brita 0, brita 1, brita 2 e brita 3.



Figura 7: (a) Amostra sendo colocada em silo (esquerda). (b) Amostra sendo introduzida no triturador (direita).



Figura 8: Homogeneização da amostra com adição de água.





Figura 9: (a) Tijolos sendo cortados (esquerda). (b) Tijolos sendo armazenados para secagem (direita).



Figura 10: (a) Secagem dos tijolos em sistema de túnel (esquerda). (b) Forno abóboda (direita)



Figura 11: (a) britagem dos tijolos (esquerda). (b) ASAC após britagem (direita).

## 2.4 Verificação da matéria-prima e do agregado sinterizado

Realizaram-se os seguintes testes constantes nas especificações do Departamento Nacional de Estradas de Rodagens (DNER), atual Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes (DNIT), e da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), recomendados para verificação da potencialidade à calcinação das argilas no estado natural: análise granulométrica – ABNT NBR 7181 (ABNT, 1984c), limite de

liquidez – ABNT NBR 6459 (ABNT, 1984a) e limite de plasticidade – ABNT NBR 7180 (ABNT, 1984b). Posteriormente, os agregados sinterizados foram submetidos aos seguintes ensaios: seleção expedita pelo processo de fervura – DNER ME 223 (DNER, 1994b), determinação da perda de massa após fervura – DNER ME 225 (1994c) e desgaste por abrasão *Los Angeles* – DNER ME 222 (DNER, 1994a).

*(a) Seleção expedita pelo processo de fervura – Ensaio de autoclave*

Determina-se nesta seleção (DNER, 1994b) possíveis alterações de volume nos agregados sinterizados de argila calcinada, pelo processo visual, e de consistência, pelo processo tátil. O ensaio consistiu em cozer o material, depois de iniciada a fervura, durante 15 minutos em panela de pressão (Figura 12).



*Figura 12: Ensaio de autoclave.*

*(b) Determinação da perda de massa após fervura*

Verificam-se as alterações na massa do agregado sinterizado (DNER, 1994c). Segundo tal método o valor máximo da perda de massa para os ASACs deve situar-se em torno de 10%. Realizou-se o teste com material, resultante do ensaio de autoclave, passando na peneira com malha de abertura igual a 19,00mm e ficando retido na peneira de 2,00mm. Após agitação mecânica (Figura 13) de 30min verificou-se, em relação à massa inicial, a porcentagem de material passando na peneira com malha de abertura 0,42mm, que consistiu na perda de massa.

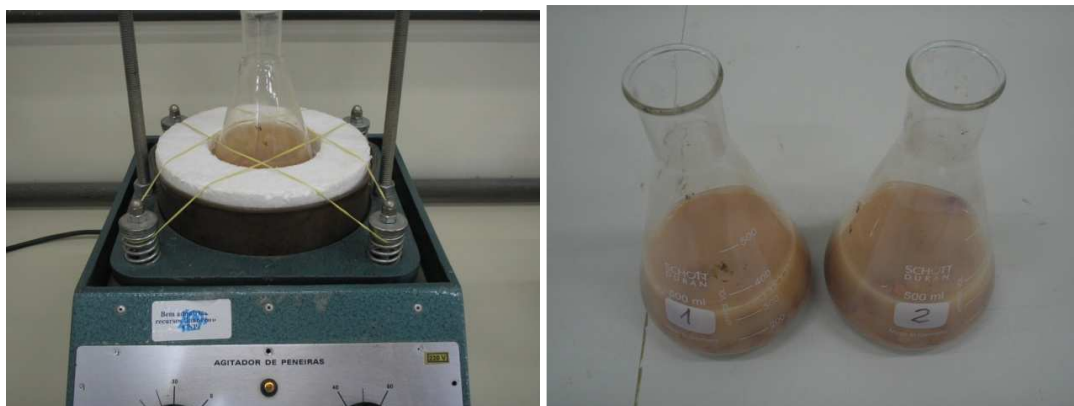


Figura 13: Ensaio de perda de massa após fervura.

#### c) Desgaste por abrasão "Los Angeles"

Realizou-se de acordo com o Método de Ensaio – DNER ME 222 (DNER, 1994a) o exame das condições de desgaste do agregado sinterizado. Executou-se o experimento na máquina *Los Angeles*, sendo o material submetido a uma carga abrasiva durante 500 revoluções do seu tambor, segundo uma velocidade de 30 a 33 rotações por minuto. Ao término do teste o agregado foi lavado na peneira com malha de abertura 1,70mm. O resultado incidiu na porcentagem de ASAC passando na aludida peneira, em relação à massa inicial.

### 3. Resultados e Discussão

A classificação textural da Amostra SUC, que indica as frações granulométricas que a compõem (Tabela 3 e Figura 14), mostra a predominância concomitante das frações argila e silte (ABNT, 1995), bem como um percentual de 92,0% de material passado na peneira com abertura da malha igual a 0,075mm (valor que atendeu a recomendação mínima de 85% estabelecida pelo DNIT). Além disso, os resultados dos limites de consistência (Tabela 4) e, particularmente, o resultado do IP acima de 20% prescrito pelo DNIT consolidam a Amostra SUC, para fins de confecção de agregados sinterizados de argila calcinada. O conjunto de tais resultados (granulometria e limites de Atterberg) classifica o material em estudo como pertencente ao grupo A7-6 (*American Association of State Highway and Transportation Officials/Transportation Research Board*) e como CL (Sistema Unificado de Classificação dos Solos).

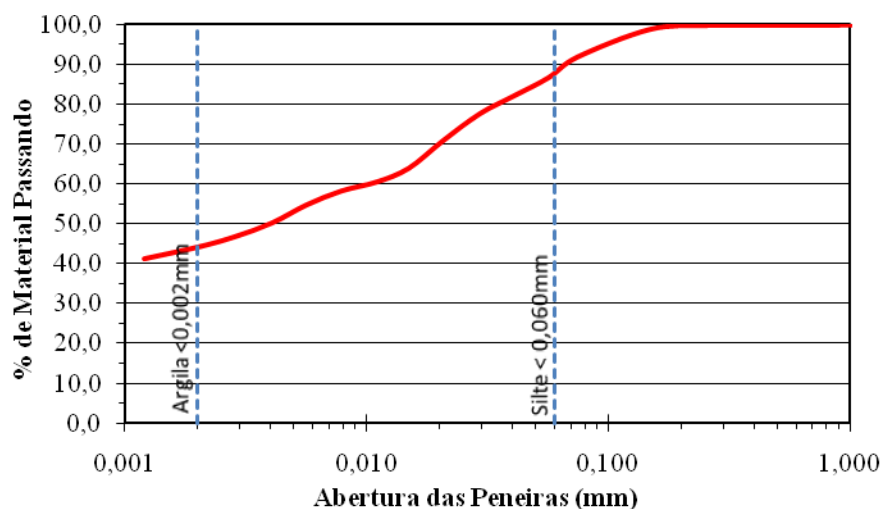


Figura 14: Curva granulométrica da Amostra SUC.

Tabela 3: Composição textural da Amostra SUC.

Textura	Resultado
Areia	12%
Silte	44%
Argila	44%
Passando na #0,075mm	92%

Tabela 4: Índices de Consistência da Amostra SUC.

Índices	Resultado
Limite de Liquidez - LL	48%
Limite de Plasticidade - LP	22%
Índice de Plasticidade - IP	26%

Concernentes ao material sinterizado, os resultados dos ensaios de Autoclave e Perda de Massa mostraram-se satisfatórios, obtendo-se o valor de 1,8% relativo ao último experimento. No caso do ensaio de Abrasão *Los Angeles*, a especificação do DNER EM 230 (DNER, 1994d) estabelece 45% como o valor máximo. Os resultados para o material pesquisado indicaram um valor igual a 70%, o que o torna inadequado como agregado graúdo, haja vista o seu alto grau de desgaste.

Por outro lado, apesar desse parâmetro alcançar 63% de desgaste, nos trabalhos citados pelo Grupo de Geotecnia misturas asfálticas compostas com tais agregados apresentaram resistência mecânica apreciável e ostentaram menor potencial em desenvolver deformações permanentes, comparadas com as tradicionais misturas asfálticas com seixo, habitualmente utilizadas na construção dos pavimentos amazônicos (Nunes, 2006; Silva *et al.*, 2008). Deve-se, portanto, avaliar a viabilidade desse material alternativo não apenas diante daquele resultado, mas, sobretudo, em face do desempenho mecânico.

Ante o exposto, percebe-se que o conjunto dos resultados validou a jazida de Urucu, no seu estado natural e como agregado calcinado oriundo de um processo industrial, quanto ao potencial para a confecção de agregados sinterizados de argila calcinada (ASAC).

Na Tabela 5 e na Figura 15, apresentam-se as composições granulométricas dos agregados na forma Artesanal e Industrial (B1 e B0), em que se observa, pelo que estabelece a NBR 6502 (ABNT, 1995), que os materiais sinterizados obtidos nas duas formas são pedregulhos na fração entre 6,0 e 20,0mm. Nota-se, também, que o ASAC B1 mostrou granulometria mais bem distribuída quanto ao ASAC confeccionado artesanalmente. Ainda no que tange à mesma figura, evidencia-se que o ASAC B0 se apresenta como uma areia pedregulhosa, de granulometria igualmente bem-distribuída, podendo vir a substituir as areias naturais na composição das misturas asfálticas, a minimizar, desse modo, a exploração dessa matéria-prima finita. Por meio dos resultados obtidos, alcançou-se a granulometria desejada — um dos objetivos do trabalho em pauta.

#### 4. Considerações Finais

Ante o exposto, cumpre registrar estas inferências e reflexões derradeiras:

- (i) O conjunto dos resultados apresentados validou a jazida oriunda da Base Petrolífera da Petrobras em Urucu na condição "in natura" e de agregado (ASAC) fruto de processo industrial, segundo o estabelecido pelo DNIT.
- (ii) Comparado com o processo artesanal de produção dos agregados sinterizados de argila calcinada, o seu processo industrial (cerâmica tradicional e britagem) ostenta as seguintes vantagens: (a) obtenção de maiores quantidades de material, em menor tempo; (b) granulometria contínua; (c) diminuição da absorção e (d) forma confiável, conforme o padrão brita.

Tabela 5: Composição granulométrica dos agregados graúdos.

Abertura da Peneira (mm)	% de material passado		
	ASAC Artesanal	ASAC Industrial B1	ASAC Industrial B0
25,0	100,0	100,0	100,0
19,0	100,0	97,9	100,0
12,5	92,0	73,7	100,0
9,5	56,0	58,5	99,8
4,75	0	16,8	97,9
2,36	0	3,5	71,0
1,18	0	2,2	44,7
0,6	0	1,7	28,0
0,3	0	1,4	17,4
0,15	0	1,2	11,1
0,075	0,3	0,4	0,9



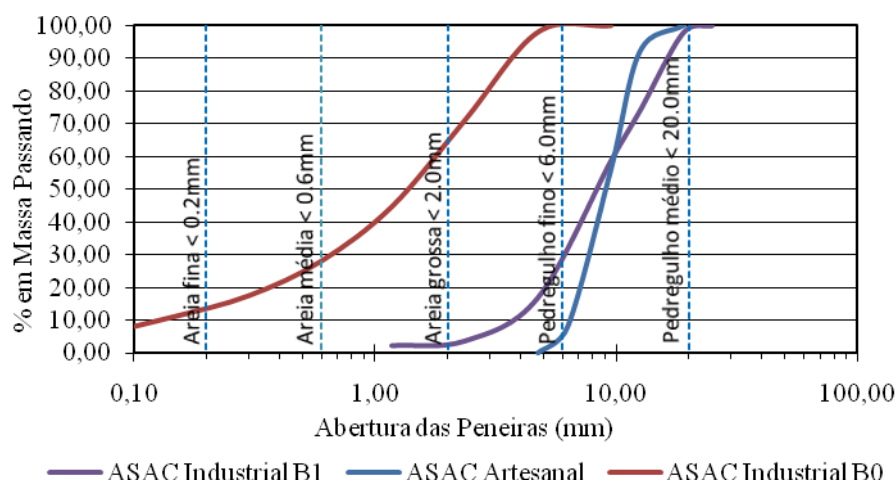


Figura 15: Curvas granulométricas dos agregados sinterizados de argila calcinada.

(iii) O citado processo industrial do ASAC revelou-se como meio viável de se obter a fração areia, o que a torna material alternativo aos agregados miúdos naturais.

(iv) A participação desse material (ASAC B0) em misturas asfálticas (a) proporcionará o melhor aproveitamento dos agregados sinterizados de argila calcinada britados (ASAC), (b) minimizará a extração do recurso natural e (c) otimizará o desempenho mecânico das misturas asfálticas, por se tratar de areia de granulometria mais grossa e mais bem distribuída, concernente ao material aluvionar, usualmente empregado nos serviços de pavimentação amazonenses.

## Referências

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1984a. *NBR 6459 – Solo: Determinação do limite de liquidez*. Rio de Janeiro, ABNT, 6 p.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1984b. *NBR 7180 – Solo: Determinação do limite de plasticidade*. Rio de Janeiro, ABNT, 3 p.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1984c. *NBR 7181 – Solo: Análise granulométrica*. Rio de Janeiro, ABNT, 13 p.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1995. *NBR 6502 – Rochas e Solos*. Rio de Janeiro, ABNT, 18 p.
- DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGENS. 1994a. ME 222/94 – Agregado sintético fabricado com argila: Desgaste por abrasão. Rio de Janeiro, DNER, 6 p.
- DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGENS. 1994b. ME 223/94 – Argilas para a fabricação de agregados sintéticos de argila calcinada: Seleção expedita pelo processo de fervura. Rio de Janeiro, DNER, 3 p.
- DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGENS. 1994c. ME 225/94 – Agregado sintético de argila calcinada: Determinação da Perda de Massa após Fervura. Rio de Janeiro, DNER, 3 p.



- DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGENS. 1994d. ME 230/94 – Agregados sintéticos graúdos de argila calcinada: Ensaio de Abrasão “Los Angeles”. Rio de Janeiro, DNER, 3 p.
- FROTA, C.A.; NUNES, F.R.G.; SILVA, C.L.; MELO, D.M.; SANTOS, M.G.R. 2007. Desempenho mecânico de misturas asfálticas confeccionadas com agregados sintéticos de argila calcinada. *Cerâmica*, **53**(2007):255-262.
- FROTA, C.A.; SILVA, C.L.; NUNES, F.R. 2006. Estudo da exploração de argila para fins de calcinação, visando a construção de pavimentos na província petrolífera de Urucu-AM-Brasil. In: V Jornadas Luso-Brasileiras de Pavimentos, Recife, 2006. *Anais da V Jornadas Luso-Brasileiras de Pavimentos*, Recife, ANDIT, 2006, p 1-12.
- NUNES, F.R. 2006. *Caracterização mecânica de misturas asfálticas com agregados sintéticos de argila calcinada quanto à deformação permanente*. Fortaleza, CE. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará, 189 p.
- SANTOS, M.G. 2007. *Estudo do comportamento de agregados sintéticos de argila calcinada para uso em revestimento asfálticos para Manaus*. Brasília, DF. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, 102 p.
- SILVA, C.L.; NUNES, F.R.; FROTA, C.A. 2008. Obtenção do módulo dinâmico de misturas asfálticas com agregados sintéticos de argila calcinada (ASAC). In: 15ª Reunião de Pavimentação Urbana, Salvador, 2008. *Anais...* Salvador, **2008**:269-282.

Submissão: 20/07/2009

Aceite: 08/10/2009