

Sazonamento e Homogeneização de Argilas em Pilhas

Roberta Gaidzinski^{a*}, Jamil Duailibi Filho^{b*}, Luís Marcelo Marques Tavares^a

^aPrograma de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, COPPE,
Universidade Federal do Rio de Janeiro, C.P. 68505, 21945-970 Rio de Janeiro - RJ

^bInstituto Nacional de Tecnologia – INT,
Av. Venezuela, 82, sala 602, 20081-310 Rio de Janeiro - RJ

*e-mail: roberta@metalmat.ufrj.br; jamildua@int.gov.br

Resumo: A utilização do sistema de formação de pilhas de estocagem de argilas proporciona melhorias significativas no processo de fabricação de produtos cerâmicos, pois além de tornar mais uniforme a matéria-prima, também melhora as suas propriedades tecnológicas. Este trabalho tem como objetivo avaliar o processo de sazonalidade de argilas através deste sistema e analisar o seu efeito nas propriedades tecnológicas das mesmas. Foram utilizados dois tipos de argilas dos Municípios de Itaboraí e Rio Bonito. Foram formadas duas pilhas de homogeneização, uma para cada tipo de matéria-prima, as quais permaneceram estocadas por um período de aproximadamente um ano. Coletas periódicas de amostras de vários pontos de cada pilha foram realizadas. Um tratamento estatístico de todos os resultados obtidos foi feito, por meio da análise de variância, a fim de identificar somente as variáveis que apresentaram elevado grau de significância. Os resultados obtidos demonstraram a contribuição da etapa de sazonalidade no processo de fabricação de produtos cerâmicos. Foram observadas melhorias nas propriedades das matérias-primas, como plasticidade, resistência mecânica e absorção de água, o que resulta em um aumento na qualidade do produto final. Os resultados também foram indicativos de que existem determinadas épocas do ano mais favoráveis para a realização deste processo.

Palavras-chave: argilas, homogeneização, sazonalidade, plasticidade

1. Introdução

A grande maioria dos depósitos de argilas secundárias ou transportadas apresenta variações expressivas nas características das matérias-primas ao longo dos jazimentos minerais, tanto na direção lateral quanto vertical. Quando essas argilas são utilizadas na produção de produtos cerâmicos sem a devida homogeneização, o controle das etapas do processo produtivo se torna difícil, o que frequentemente resulta em produtos com baixa qualidade e elevada variabilidade. Por outro lado, quando as matérias-primas utilizadas no processo produtivo apresentam boa qualidade e constância, a otimização do processo e a utilização de sistemas apropriados de monitoramento contínuo dos produtos finais se torna possível, o que resulta invariavelmente em variações menos significativas na qualidade dos produtos finais⁵. Desta maneira, é fundamental proceder à homogeneização das matérias-primas, começando já na lavra, uma vez que o ajuste dos sistemas de dosagem no interior da instalação é pouco eficaz se os componentes da mistura apresentam variações significativas. Essa homogeneização pode ser realizada a partir da preparação de pilhas, desde que adequadamente preparadas. Ainda que, inicialmente, essa prática possa representar ao produtor um custo adicional, é reconhecido que esse investimento reverte em uma economia importante a médio prazo, que facilmente supera a despesa associada à montagem da pilha de homogeneização⁷.

Além da maior homogeneidade que a formação de pilha confere à matéria-prima alimentada ao processo, sabe-se que o processo de estocagem por um dado período de tempo é ainda capaz de melhorar as características tecnológicas da argila. Dados da literatura relatam que a exposição das argilas ao sazonalidade favorece a ocorrência de reações químicas e biológicas na pilha, que têm como consequência, a melhora de certas propriedades da matéria-prima, principalmente a plasticidade¹⁰. Embora os mecanismos que atuam durante este

processo ainda não sejam suficientemente conhecidos, os principais fatores responsáveis pelo aumento na plasticidade detectado seriam a troca catiônica (modificação da carga elétrica e da superfície específica da argila), a oxidação da matéria orgânica presente e o ataque bacteriológico (excreção de polissacarídeos que atuam como ligantes entre as micelas argilosas). Além disso, as pilhas de homogeneização favoreceriam também um aumento da capacidade de retenção de umidade pelas partículas argilosas, conferindo às argilas características tecnológicas superiores se comparadas ao do material diretamente extraído da jazida⁶. Portanto, a melhor trabalhabilidade das argilas, tanto nos equipamentos de conformação como nas demais etapas do processo produtivo, proporciona ganhos de produtividade, permitindo melhorias significativas na qualidade do produto final em função da estabilidade dimensional adquirida.

O presente trabalho tem como objetivo o estudo do processo de sazonalidade de argilas através do sistema de empilhamento por camadas lineares, bem como o seu efeito nas propriedades tecnológicas das matérias-primas. Um tratamento estatístico de todos os resultados obtidos em cada coleta de amostras nas pilhas foi realizado, por meio da análise de variância, a fim de verificar a influência do tempo de exposição da pilha, do tipo de argila e da variabilidade no interior das pilhas.

2. Materiais e Métodos

A primeira etapa do trabalho consistiu no acompanhamento da formação de duas pilhas de homogeneização em uma empresa que fabrica produtos de cerâmica vermelha localizada no Município de Itaboraí (RJ). A Empresa utiliza as argilas de uma jazida localizada na Região de Itambi, também utilizada por diversas cerâmicas da região. Duas pilhas de homogeneização foram formadas, uma para

cada tipo de matéria-prima a ser investigada. Destas matérias-primas, uma é normalmente utilizada pela empresa e denominada “argila Itaboraí - IT”, a qual é conhecida na região por apresentar moderada plasticidade. A segunda pilha foi constituída a partir de uma argila de alta plasticidade, proveniente da Região de Rio Bonito e denominada de “argila Rio Bonito - RB”.

As pilhas foram constituídas a céu aberto, em forma de camadas com cerca de 10-20 toneladas cada, espalhadas com o auxílio de um trator de esteira. A pilha da argila de Rio Bonito foi formada apresentando um volume total de aproximadamente 200 toneladas. Cada camada era referente ao conteúdo de um caminhão e representou espessura em torno de 12 cm. A pilha da argila de Itaboraí foi formada com cerca de 160 toneladas. Considerando as alturas finais das pilhas, as pilhas de argila de Itaboraí e de Rio Bonito foram constituídas de 16 e 20 camadas, respectivamente.

A Figura 1 apresenta um esquema das pilhas de homogeneização, mostrando os pontos de coleta de amostras. Nos pontos indicados foram efetuadas perfurações a profundidades variáveis [superior a): 0 a 50 cm; e inferior b): 50 a 100 cm], com extração do material em forma de colunas contínuas, utilizando-se um trado manual com diâmetro de aproximadamente 15 cm. Imediatamente após a extração, as amostras de cada ponto e de cada intervalo de profundidade das perfurações foram quarteadas manualmente, visando-se a obtenção de amostras médias representativas contendo cerca de 5 Kg, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos, a fim de garantir a manutenção da umidade das mesmas e enviadas ao laboratório para ensaios.

Três campanhas de amostragem, realizadas no intervalo de alguns meses, foram realizadas com o objetivo de avaliar quaisquer alterações provenientes do sazonalamento das matérias-primas. A Tabela 1 apresenta o tempo transcorrido de sazonalamento para cada matéria-prima entre as coletas de amostras.

Após cada coleta de amostra, ensaios foram realizados em duas etapas. A primeira etapa correspondeu aos ensaios de caracterização física das amostras individuais de cada ponto das pilhas, com medida do teor de umidade, teor de resíduos e plasticidade (NBR 6459-84, NBR 7180-84).

Em uma segunda etapa, foram preparadas amostras compostas ponderadas. Estas foram preparadas por meio de quarteamento das amostras de cada ponto da pilha e posterior mistura de partes iguais de cada ponto. Estas amostras foram submetidas a ensaios adicionais de caracterização física. Para a realização dos ensaios tecnológicos, foram preparados corpos-de-prova de formato prismático, com as dimensões 11,43 x 2,54 x 1,00 cm por prensagem uniaxial a 25 MPa e controle do teor de umidade em 6,5%. Estes foram secos em estufa a 110 °C e sinterizados na temperatura de 1050 °C, com taxa de aquecimento de 10 °C/min e patamar de 1 hora. Os seguintes ensaios foram realizados: retração linear, perda ao fogo, absorção de água (ASTM C 373-88) e módulo de ruptura à flexão em 3 pontos (ASTM C 674-88). Este último foi realizado utilizando-se uma máquina de ensaios EMIC®, modelo DL 2000.

Considerando o grande número de ensaios para cada campanha de amostragem e o grande número de variáveis envolvidas, o tratamento estatístico dos resultados se fez necessário. A técnica utilizada foi a análise de variância (Tabela ANOVA)⁸ usando o software STATISTICA® (Mathworks Inc). As variáveis-resposta utilizadas foram o teor de resíduos, o teor de umidade e a plasticidade e as variáveis estudadas são o tempo de exposição e a posição da amostra na pilha.

3. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos nos ensaios físicos realizados com amostras da primeira coleta demonstraram o elevado grau de variabilidade apresentado pelas pilhas. Pontos de coleta localizados próximos uns aos outros apresentaram valores das medidas bastante distintos das variáveis estudadas (Figura 2), o que confirma a necessidade de um tratamento estatístico adequado dos resultados. Foram considerados os resultados obtidos para todos os pontos de coleta de amostra nas pilhas. As comparações foram realizadas com significância (α) de 0,01, o que corresponde à certeza de 99%. Portanto, quando o valor da probabilidade p é inferior à significância, então conclui-se que a influência da variável em questão não é significativa (NS)⁸. A Tabela 2 mostra os resultados obtidos nesta análise, onde foram verificados, para todos os ensaios realizados, os efeitos do tempo de sazonalamento e da posição ocupada nas pilhas de homogeneização. Enquanto o efeito do tempo permite avaliar a influencia do sazonalamento, a influência da posição permite avaliar a eficácia da homogeneização resultante da formação da pilha.

A Tabela 2 mostra que nem o tempo de exposição nem a posição na pilha influenciam de forma estatisticamente significativa o teor de resíduos das argilas estudadas. A Tabela 3 apresenta os valores dos ensaios de plasticidade, representados por meio do limite de plasticidade. Para a argila de Rio Bonito, observou-se uma variação

Tabela 1. Tempo transcorrido de sazonalamento para cada matéria-prima.

Coleta	Tempo Transcorrido de Sazonamento	
	Argila de Itaboraí	Argila de Rio Bonito
1	2 meses	10 dias
2	10 meses	8 meses
3	13 meses	11 meses

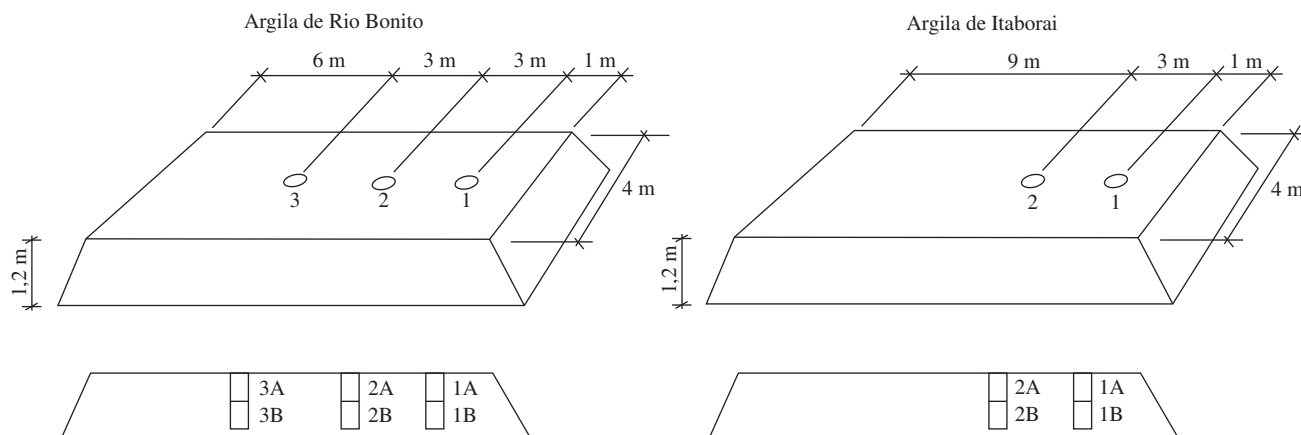


Figura 1. Esquema de malhas de amostragem das pilhas de homogeneização.

estatisticamente significativa dessa propriedade durante o tempo de exposição da pilha ao sazonalamento. Por outro lado, observou-se que tanto a posição quanto o tempo exercem um efeito na plasticidade da argila de Itaboraí. De fato, observou-se que a plasticidade aumenta

do topo até a base da pilha. Este fato pode ter sido ocasionado em função do maior grau de umidificação das camadas inferiores, o que, entretanto, não foi confirmado pela análise estatística.

A Tabela 4 apresenta os valores encontrados para o teor de umidade da argila de Itaboraí, os quais mostraram-se como significativos somente em função do sazonalamento.

A Tabela 5 mostra os resultados obtidos para as propriedades tecnológicas de queima das argilas de Rio Bonito e Itaboraí, respectivamente. Observa-se um aumento de resistência mecânica e uma diminuição na absorção de água na amostra proveniente da segunda coleta em relação à amostra inicial. Este fato é observado para ambas argilas, sendo mais significativo para a argila de Rio Bonito. O mesmo não ocorre com a amostra relativa à terceira coleta, já que foi observado um pequeno decréscimo na resistência mecânica e um acréscimo na absorção de água.

Dessa maneira, observou-se que algumas propriedades tecnológicas como a resistência mecânica e a absorção de água não apresentaram uma variação monotônica durante o período de exposição, com valores ótimos tendo sido obtidos como resultado da amostragem realizada na segunda coleta de amostras realizada durante o mês de maio. Por isto, formulou-se a hipótese que essa variação poderia ser explicada não somente pelo tempo, mas também pela pluviosidade e pela temperatura durante o período de exposição. A Figura 3 apresenta o índice pluviométrico acumulado e a temperatura média (Instituto Nacional de Meteorologia - RJ) na região durante todo o período de

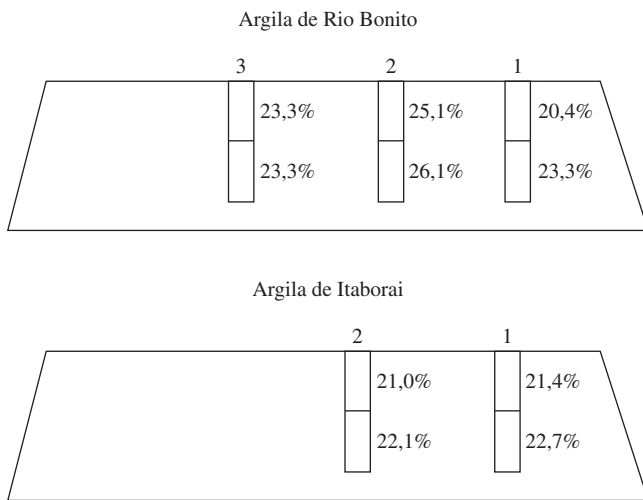


Figura 2. Resultados de medida de teor de umidade na primeira coleta.

Tabela 2. Influência do tempo de exposição e da posição na pilha nas características tecnológicas das argilas*.

Argila	Teor de Resíduos		Plasticidade		Teor de Umidade	
	Tempo	Posição	Tempo	Posição	Tempo	Posição
Rio Bonito	NS (0,4049)	NS (0,2724)	S (0,0009)	NS (0,8252)	NS (0,0323)	NS (0,1096)
Itaboraí	NS (0,0103)	NS (0,5188)	S (0,0001)	S (0,0077)	S (0,0036)	NS (0,1229)

*NS – Não significativo; S – Significativo; Valor p apresentado em parênteses.

Tabela 3. Limite de Plasticidade das argilas de Rio Bonito e Itaboraí*.

Amostra	Argila de Rio Bonito			Argila de Itaboraí		
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3
1A (superior)	26,9 (0,05)	28,3 (0,03)	31,6 (0,02)	21,7 (0,03)	23,8 (0,04)	25,2 (0,009)
1B (inferior)	27,8 (0,03)	29,7 (0,03)	30,4 (0,06)	22,0 (0,07)	23,8 (0,04)	24,1 (0,01)
2A (superior)	27,0 (0,03)	28,9 (0,05)	30,4 (0,03)	22,1 (0,05)	24,7 (0,01)	24,3 (0,01)
2B (inferior)	27,9 (0,02)	28,0 (0,03)	32,1 (0,007)	27,4 (0,01)	24,4 (0,02)	25,0 (0,04)
3A (superior)	26,5 (0,05)	29,1 (0,03)	30,6 (0,07)	-	-	-
3B (inferior)	27,1 (0,06)	28,7 (0,04)	31,1 (0,02)	-	-	-
Amostra composta	27,4 (0,07)	28,0 (0,05)	31,0 (0,02)	22,1 (0,03)	24,7 (0,03)	24,8 (0,01)

*Coeficientes de variação apresentados entre parênteses.

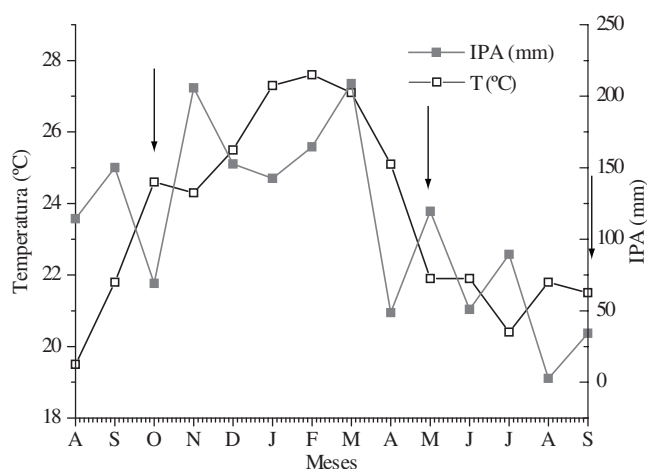
Tabela 4. Teor de umidade da argila de Itaboraí (% em peso)*.

Amostra	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3
1A (superior)	21,0 (0,02)	20,7 (0,02)	19,6 (0,03)
1B (inferior)	22,1 (0,01)	21,2 (0,005)	20,6 (0,01)
2A (superior)	21,4 (0,007)	19,9 (0,006)	18,7 (0,002)
2B (inferior)	22,7 (0,001)	19,8 (0,03)	19,7 (0,02)

*Coeficientes de variação entre parênteses.

Tabela 5. Propriedades Tecnológicas de queima das argilas de Rio Bonito e Itaboraí.

Coleta de amostra	Argila de Rio Bonito				Argila de Itaboraí			
	Perda ao Fogo (%)	Retração Linear (%)	Resist. Mecânica (MPa)	Absorção de Água (%)	Perda ao Fogo (%)	Retração Linear (%)	Resist. Mecânica (MPa)	Absorção de Água (%)
1	11,8	8,6	12,2	11,3	7,4	1,1	2,0	15,3
2	11,4	8,5	20,2	6,3	7,6	2,2	2,9	12,8
3	11,7	8,5	19,3	8,9	7,8	2,0	2,3	11,5

**Figura 3.** Índice pluviométrico acumulado (IPA) e temperatura média durante o período de exposição das argilas ao sazonalamento na região de Itaboraí - RJ (agosto/2000-setembro/2001).

exposição das matérias-primas ao sazonalamento. As setas indicam os meses em que ocorreram as coletas de amostras. É importante acrescentar também que estas diferenças (variações não monotônicas) podem ser devidas às variações encontradas em microrregiões das pilhas, uma vez que as coletas não foram realizadas no mesmo ponto e sim em uma região em torno de um ponto.

A análise dos resultados obtidos permitiu concluir que alterações significativas nas propriedades tecnológicas das argilas ocorreram no período compreendido entre a primeira e a segunda coleta. Estas alterações revelaram um aumento na resistência mecânica e uma diminuição na absorção de água para as duas argilas estudadas. Estes fatos podem ser um indicativo de que, na região do estudo, a época do ano mais favorável para a realização do sazonalamento é o período de outubro a maio, período este em que tanto a temperatura média quanto o índice pluviométrico apresentam-se mais elevados. Essa observação deve ser feita com ressalvas, visto que algumas propriedades, como a plasticidade, apresentaram um aumento para ambas argilas durante o período estudado.

4. Conclusões

Os resultados obtidos durante a execução deste trabalho demonstraram a contribuição da etapa do sazonalamento no processo de

fabricação de produtos cerâmicos à base de argilas. Foram observadas melhorias nas propriedades tecnológicas das matérias-primas como resistência mecânica e absorção de água, o que resulta em um aumento na qualidade do produto final. Observou-se também a existência de períodos mais favoráveis à realização do sazonalamento. Por fim, a influência significativa da posição das amostras na pilha sugere que, embora uma maior homogeneidade tenha sido obtida com a formação da pilha, a heterogeneidade espacial da pilha permanece significativa, heterogeneidade esta que será minimizada quando do corte vertical da pilha no momento de encaminhar as matérias-primas argilosas para o caixão dosador que alimentara a linha de produção.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro à realização deste estudo e à Tijolar Indústrias Cerâmicas Ltda, por ter colocado suas instalações à disposição dos autores para a realização deste trabalho.

Referências

1. AMERICAN STANDARD FOR TASTING MATERIALS. **ASTM C 373**: Standard Test Methods for Water Absorption, Bulk Density, Apparent Porosity, and Apparent Specific Gravity of Fired Whiteware Products. R.1988. 2 p.
2. AMERICAN STANDARD FOR TASTING MATERIALS. **ASTM C 674**: Standard Test Methods for Flexural Properties of Ceramic Whiteware Materials. R. 1988. 4 p.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459**: Determinação do Limite de Plasticidade. Rio de Janeiro, 1984. 2 p.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180**: Determinação do Limite de Liquidez. Rio de Janeiro, 1984. 5 p.
5. Bender, W. Large-scale mixing according to the mixing bed technique in clay storage sheds. **Ziegelindustrie International**, v. 7-8, p. 399-409, 1989.
6. Fernández, M. A. Fabrication y control de calidad de los materiales de arcilla cocida. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL, v.1, Medellín, 1990.
7. Gari Guiu, J. M. Almacenes homogeneizadores o pudrideros. Automatización com draga (I). **Técnica Cerâmica**, n. 205, p. 484-492, 1992.
8. Hogg, R. V.; Ledolter, J. **Engineering Statistics**. 1.ed. London: Collier Macmillan Publishers, 1989.
9. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Rio de Janeiro: 6º Distrito. Coleta: Estação Rio Bonito.
10. Velde, B. **Origin and Mineralogy of Clays: Clays and the Environment**. New York: Springer, 1995.