

MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DA PLASTICIDADE DE ARGILAS

Santana, L. N. L. (1); Macedo, R. S (1); Silva B. J. (1);.Fonsêca, F. A. S. (1);
Ramos, S. O. (1); Neves, G. A (1), Gonçalves, W. P. (1)
Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Campina
Grande. Av. Aprígio Veloso 882, Bodocongó, Campina Grande, PB
lisiane@dema.ufcg.edu.br
(1) Universidade Federal de Campina Grande.

RESUMO

A plasticidade das argilas e das massas cerâmicas é uma das propriedades determinantes no processamento, sendo um parâmetro importante para a moldagem dos corpos cerâmicos. O limite de plasticidade é tradicionalmente determinado pelo método de Casagrande e também pode ser determinado pelos métodos de Indentação e de Pfefferkorn, este último avalia a plasticidade medindo o grau de deformação sofrido por um corpo de prova cilíndrico, sujeito à queda de um punção. Este trabalho teve como objetivo determinar as características químicas, físicas, mineralógicas e de plasticidade de argilas provenientes de jazidas do estado da Paraíba. As massas e as argilas foram beneficiadas e caracterizadas química e granulometricamente, posteriormente foi determinado o índice de plasticidade pelos métodos de Atterberg e Pfefferkorn. Os valores de plasticidade variaram entre 19 a 35%.

Palavras-chave: Métodos Atterberg e Pfefferkorn, plasticidade, caracterização.

INTRODUÇÃO

Interesse em argilas tem aumentado nos últimos anos devido as suas propriedades físicas, químicas e de plasticidade, as quais fazem com que as argilas sejam um dos materiais mais utilizados em numerosos processos industriais ⁽¹⁾. A indústria de processamento que utiliza maior quantidade de argila é a da cerâmica tradicional.

As massas empregadas na produção de peças da cerâmica vermelha podem ser conformadas a partir da mistura de uma única argila com água, massa simples, ou podem conter uma mistura de argilas e água, massa composta. As argilas possuem na sua composição materiais acessórios, e dependendo do tipo e da quantidade destes é necessário fazer uma correção da plasticidade da argila, para que seja obtida uma massa que apresente trabalhabilidade adequada e produza peças com resistência ao manuseio e boa permeabilidade.

As fases mineralógicas, a presença de alguns óxidos e de matéria orgânica são fatores que interferem diretamente sobre a plasticidade da massa. As principais impurezas que possuem propriedades não plásticas são: minerais de ferro, óxido de alumínio, feldspatos sódicos e potássicos, sais solúveis (Na_2CO_3), calcita e sílica ⁽²⁾. Entretanto, se as impurezas apresentarem tamanho de partículas abaixo de $4,00\mu\text{m}$ elas podem permanecer em suspensão, aumentando a plasticidade do corpo cerâmico. A relação entre o tamanho de partícula e a plasticidade dos argilominerais é inversamente proporcional, quanto maior a área superficial (menor tamanho das partículas) maior a quantidade de água adsorvida ⁽³⁾.

As propriedades dos blocos cerâmicos dependem principalmente das características químicas, granulométricas e mineralógicas das argilas, assim como, dos parâmetros de processamento. Em vários países, o entendimento das características físicas, químicas e mecânicas dos materiais argilosos já é considerado uma das etapas mais importantes do processamento, fundamental para se obter produtos de boa qualidade ⁽⁴⁾. No Brasil ainda não se observa essa tendência no setor de cerâmica vermelha ⁽⁵⁾.

Este trabalho teve por objetivo determinar as características química, física, mineralógica e de plasticidade de argilas provenientes de jazidas do estado da Paraíba.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizadas argilas provenientes de jazidas localizadas no Estado da Paraíba. Inicialmente as amostras foram secas, beneficiadas em moinho de galga e passadas em

peneiras ABNT 80 (0,177 mm) e 200 (0,074mm). Posteriormente foram submetidas às seguintes caracterizações: química, mineralógica, granulométrica e índice de plasticidade.

Análise química

A análise semi-quantitativa dos elementos presentes nas amostras foi determinada por fluorescência de raios-X por energia dispersiva, modelo EDX-720, da marca SHIMADZU.

Análise granulométrica

A análise granulométrica foi realizada em um granulômetro (CILAS modelo 1064 LD).

Análise mineralógica

Para a análise mineralógica foi utilizado o difratômetro XRD-6000 da Shimadzu, com radiação Cu K α (40KV/40mA), com 2 θ variando de 5° a 60°.

Índice de plasticidade

O índice de plasticidade foi determinado por dois métodos: Casagrande e de Pfefferkorn. Método de Casagrande - Após secagem em temperatura ambiente, as amostras foram passadas em peneira ABNT N.º 40 (0,42 mm) e em seguida foram determinados o LL, LP e IP pelo ensaio de Casagrande, segundo método do DNER ⁽⁶⁾.

O método de Pfefferkorn avalia a plasticidade, de uma massa ou de uma argila, medindo o grau de deformação sofrido por um corpo de prova cilíndrico, sujeito à queda de um punção de uma altura constante e com um peso bem definido (1,192 kg). O coeficiente de plasticidade determinado por este método corresponde à percentagem de água presente, para a qual o corpo de prova apresenta uma deformação de 30%, em relação à sua dimensão inicial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise Química

A Tabela 1 apresenta as composições químicas das amostras analisadas. Pode-se observar para todas as amostras, com exceção da amostra C4, composições típicas de argilas para cerâmica vermelha, com predominância de SiO_2 e Al_2O_3 e altos teores de Fe_2O_3 , este último com teores variando de 6,00 a 10,00% sendo suficientes para garantir a cor vermelha, podendo indicar também a presença de hematita na massa cerâmica.

Observa-se também a perda ao fogo variando de 5,25 a 13,82%, estando relacionada à decomposição de minerais argilosos, assim como a combustão de matéria orgânica e os teores de óxidos fundentes variando de 9,50 a 18,6%. Esses resultados estão de acordo com os observados em outros trabalhos utilizando argilas para cerâmica vermelha ^(7, 8).

Tabela 1 – Análise química das amostras.

Matérias-primas / óxidos (%)	Argila A1	Argila A2	Argila A3	Argila B	Argila C1	Argila C2	Argila C3	Argila C4
SiO_2	54,00	53,00	51,41	48,93	53,95	49,69	50,28	73,18
Al_2O_3	22,63	22,69	22,53	24,26	24,55	21,46	20,98	16,02
Fe_2O_3	8,23	8,10	9,68	7,65	6,03	8,94	7,95	1,94
K_2O	2,89	2,94	2,72	2,24	2,82	1,54	1,03	3,55
MgO	2,58	2,54	2,62	2,10	1,67	1,90	1,85	0,86
CaO	2,24	1,79	1,77	0,98	1,08	1,80	1,47	1,77
TiO_2	1,20	1,10	1,21	1,23	1,09	1,29	1,46	0,71
Na_2O	-----	-----	-----	-----	-----	0,85	0,74	-----
Outros óxidos	0,98	0,54	0,56	0,28	0,29	0,59	0,42	0,52
Perda ao fogo	5,25	7,30	7,50	12,33	8,52	11,94	13,82	1,45
Total	100	100	100	100,00	100	100	100	100

É possível observar que a amostra C4 apresenta uma composição com porcentagem de óxidos diferentes das demais amostras, esta apresenta uma elevada quantidade de sílica e baixos teores de ferro e de perda ao fogo, provavelmente trata-se de um material rico em quartzo. Merece destaque

também a quantidade de SiO_2 e Al_2O_3 da argila B, provavelmente essa argila possui maior quantidade do argilomineral caulinita.

Análise granulométrica

A distribuição granulométrica das amostras está apresentada na Tabela 2. Com base nos dados apresentados observa-se que a amostra C4 apresenta maior diâmetro médio e a amostra B menor diâmetro. As amostras A1, C1 e C4 apresentam diâmetros maiores para grandes concentrações, enquanto a amostras C3 apresenta para 10% de massa acumulada diâmetro de partícula muito pequeno, estes fatos irão ter influencia direta sobre a plasticidade das massas cerâmicas e como consequência problemas na etapa de conformação. Portanto, haverá a necessidade de se formular massas, a partir da misturas de argilas, para se alcançar à distribuição granulométrica adequada para a compactação, produção de peças com elevada resistência ao manuseio, boa permeabilidade e obtenção de um produto final com as propriedades desejadas.

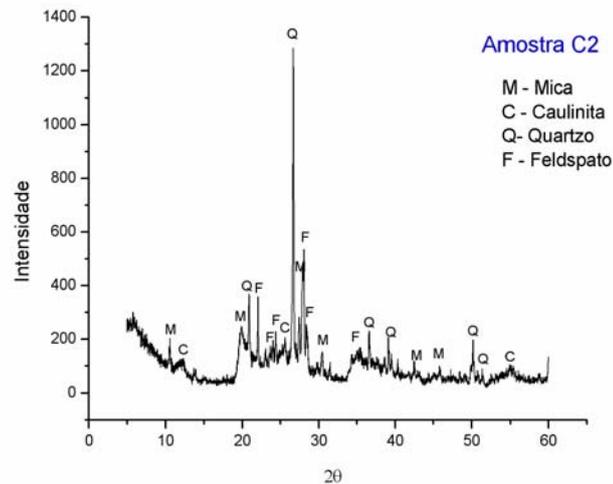
As amostras B e C2 apresentaram melhor distribuição de tamanho de partículas, destacando-se a amostra C2. Segundo Barba et al.⁽⁹⁾ a variação da compatibilidade é diretamente influenciada pela quantidade de partículas de tamanho grande e pequeno adicionados à massa.

Tabela 2 - Distribuição granulométrica das amostras analisadas.

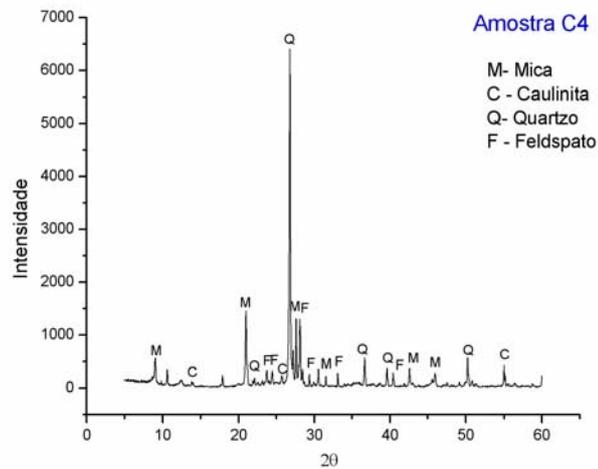
Matérias-primas/ Diâmetros (μm)	Argila A1	Argila A2	Argila A3	Argila B	Argila C1	Argila C2	Argila C3	Argila C4
Diâmetro a 10% :	2,47	1,54	1,38	1,21	1,11	0,65	0,29	3,10
Diâmetro a 50% :	30,15	15,27	14,17	5,03	15,47	4,35	5,49	44,30
Diâmetro a 90% :	125,97	70,96	60,08	16,05	116,14	24,05	47,36	108,92
Diâmetro médio :	49,08	26,72	23,22	7,20	38,97	9,33	15,44	50,86

Análise mineralógica

As amostras de todas as olarias apresentaram composições mineralógicas qualitativas semelhantes, portanto essas serão representadas pelas amostras C2 e C4, Figura 1.



(a)



(b)

Figura 1 – Difratogramas das amostras C2 (a) e C4 (b).

Índice de Plasticidade

Observou-se a presença de picos característicos da caulinita, mica, quartzo e feldspato para todas as amostras. A presença de feldspato e quartzo

influencia muito sobre o comportamento de plasticidade das massas, esses minerais agem como redutores de plasticidade. Para a amostra C4, os picos de quartzo, feldspato e mica apresentaram maiores intensidades quando comparados com as demais argilas.

A Tabela 3 apresenta os valores do índice de plasticidade, determinados pelos métodos de Casagrande e Pfefferkorn. Os valores estão condizentes com os resultados obtidos nas análises química e granulométrica. Para a amostra C4 que apresenta maior granulometria e maior porcentagem de SiO₂ não foi possível determinar a plasticidade. Com base nos dados apresentados observa-se que a amostra C3 apresenta maior índice de plasticidade. Associando este resultado com os obtidos anteriormente nas demais caracterizações, observa-se que esta foi à amostra que apresentou maior perda de massa e menor diâmetro para 10% de massa acumulada, provavelmente estes fatores tiveram influencia sobre a plasticidade. Como essa amostra apresenta alta plasticidade, a preparação de uma massa simples com essa amostra (C3) será inadequada ao processamento por extrusão.

Tabela 3- Índices de plasticidade das amostras determinados pelos métodos de Casagrande e Pfefferkorn.

Amostras / Índice de Plasticidade	Método de Casagrande	Método de Pfefferkorn
A1	19,29	19,40
A2	20,16	24,23
A3	23,00	27,48
B	25,34	27,00
C1	25,00	22,00
C2	28,73	25,00
C3	34,44	37,00
C4	N.d.	N.d.

Observa-se também que, as amostras C2 e B, apresentam alta plasticidade. Essas amostras apresentaram distribuição granulométrica mais uniforme e menor diâmetro médio, quando comparadas com as demais amostras. Com relação aos diferentes métodos utilizados, os valores obtidos foram próximos. Com base em dados da literatura ⁽⁵⁾ verifica-se que os valores obtidos, 10 a 30% para o IP, estão dentro dos intervalos observados para cerâmica vermelha.

Os resultados mostram que as argilas apresentaram um índice de plasticidade da ordem de 19 - 31%, assim, estas argilas podem ser classificadas do ponto de vista de mecânica dos solos, como pertencentes ao grupo de argilas inorgânicas de plasticidade alta. Segundo White (1965) citado por Souza Santos ⁽¹⁰⁾, as faixas de variação da água de plasticidade dos grupos de argilominerais são: caulinita de 8,9 a 56,3%; illita de 17,0 a 38,5% e montmorilonita de 82,9 a 250,0%. Portanto, as amostras apresentam valores dentro dos especificados para a caulinita e da illita, argilominerais que fazem parte das amostras, conforme resultados apresentados anteriormente na análise mineralógica.

Comparando os resultados obtidos pelos dois métodos, observa-se que, para algumas amostras o índice de plasticidade obtido pelo método de Pfefferkorn apresentou valores mais altos. As amostras C1 e C2 apresentaram maiores valores quando foi empregado o método de Casagrande. Em trabalho realizado por Modesto e Bernardin ⁽¹¹⁾ o índice de plasticidade também variou quando determinado pelos métodos de indentação e de Pfefferkorn, e estes concluíram que o método de indentação foi mais preciso.

CONCLUSÃO

As argilas provenientes de jazidas localizadas no estado da Paraíba apresentam características química, física, granulométrica e de plasticidade adequadas para serem utilizadas em formulações de produtos da cerâmica vermelha. Os índices de plasticidade obtidos pelos dois métodos apresentaram valores diferentes, no entanto, estes foram condizentes com os resultados obtidos nas análises de caracterizações das amostras e estão dentro das

faixas de variação da água de plasticidade dos grupos de argilominerais caulinita e illita.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, Processo Nº 576560/2008-1, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- (1) W. HAJJAJI, M. HACHANI, B. MOUSSI, K. JERIDI, M. MEDHIOUB, A. LÓPEZ-GALINDO, F. ROCHA, J.A. LABRINCHA, F. JAMOSSI. Mineralogy and plasticity in clay sediments from north-east Tunisia. **Journal of African Earth Sciences**, 57, 41–46, 2010.
- (2) ANCEY, C.,. Plasticity and geophysical flows: a review. **Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics** 142, 4-35, 2007.
- (3) MALKAWI, A.I.H., ALAWNEH, A.S., ABU-SAFAQAH, O.T.. Effects of organic matter on the physical and the physicochemical properties of an illitic soil. **Applied Clay Science** 14 (5–6), 257–278, 1999.
- (4) G. P. SOUZA, R. SANCHEZ, J. N. F. HOLANDA, **Cerâmica**, 48, 2002.
- (5) MACEDO, R. S.; MENEZES, R. R.; NEVES, G. A.; FERREIRA, H. C.. Estudo de argilas usadas em cerâmica vermelha. **Cerâmica**. vol.54, n.332, pp. 411-417, 2008.
- (6) DNER, Materiais para obras rodoviárias, métodos e instruções de ensaios, Rio de Janeiro, 1977.
- (7) VICENZI, J.; BERGMANN, C. P.. Adição de Chamota em uma Massa Cerâmica à Base de Argila Vermelha: Efeito na Secagem Pré-Queima. **Cerâmica Industrial**, 14 (2) Março/Abril, 2009
- (8) VIEIRA, C. M. F.; HOLANDA, J. N. F. E PINATTI, D. G.. Caracterização de massa cerâmica vermelha utilizada na fabricação de tijolos na região de Campos dos Goytacazes–RJ. **Cerâmica**, vol.46, n.297, 2000.
- (9) BARBA, A. et al.. **Materias primas para la fabricación de suportes de baldosas cerámicas**. Castellón, Espanha: Castañeda, 1997. 292p.
- (10) SOUZA SANTOS, P.. – **Ciência e Tecnologia de Argilas** – Vol 1, 2ª ed., Edgard Blucher, São Paulo – SP, 1989.

(11) MODESTO, C. O., BERNARDIN, A. M.. **Determination of clay plasticity: Indentation method versus Pfefferkorn method.** Applied Clay Science 40 15–19, 2008.

METHODS OF DETERMINATION OF CLAYS' PLASTICITY

ABSTRACT

The plasticity in clays and ceramic masses is one of the determining properties on processing. The plasticity limit is traditionally determined by Casagrande method and can also be determined by Identification and Pfefferkorn methods, the later evaluates plasticity measuring the degree of deformation suffered by a cylindrical body apt to a punch. This work aims to compare two methods of determination of plasticity. The plasticity limits of clays used by potteries from the state of Paraíba have been determined using the Casagrande and Pfefferkorn methods. The masses and the clays have been benefited and characterized chemical and minerologically, afterward the plasticity limit has been determined. The values of plasticity vary between 19 e 35%

Keywords: Atterberg and Pfefferkorn methods, plasticity, characterization.