



PRPG | Pré-Reitoria de Pós-Graduação  
PIBIC/CNPq/UFPG-2009

## INFLUÊNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZADA NOS ENSAIOS DE PLASTICIDADE DE ARGILA VERMELHA

Tatiana Borba da Cruz<sup>1</sup>, Reginaldo Severo de Macedo<sup>2</sup>

### RESUMO

O objetivo deste trabalho é analisar a influência da salinidade da água na plasticidade de massas usadas na produção de blocos cerâmicos. A plasticidade foi determinada pelo método de Casagrande e foi utilizada uma massa industrial e cloreto de sódio, para o desenvolvimento do estudo. A metodologia adotada consiste no beneficiamento da massa, seguido da caracterização física através da análise granulométrica e das características de plasticidade pelo método de Casagrande, onde serão usados três tipos de água: água destilada, água natural e água aditivada com cloreto de sódio. Os resultados dos ensaios de plasticidade evidenciam que o uso de água com alto teor de sais influencia no comportamento reológico da massa, implicando em alterações significativas nas características de processamento do material.

**Palavras-chaves:** Caracterização, comportamento reológico, água salobra.

### INFLUENCE OF THE WATER QUALITY USED IN THE PLASTICITY REHEARSALS OF RED CLAY

#### ABSTRACT

The objective of the present research is to analyze the influence of the salinity of the water in the plasticity of masses used in the production of ceramic blocks. The plasticity was determined by the method of Casagrande and it was utilized an industrial mass and chloride of sodium, to the development of the study. The methodology adopted consists in the improvement of the mass, followed by the physical characterization through the size analysis and the plasticity characteristics through the method of Casagrande, where three types of water will be used: distilled water, fresh water and water with chloride of sodium. The results of the plasticity rehearsals evidence that the use of water with high content of salts influences the rheological behavior of the mass, resulting in significant alterations of the material processing characteristics.

**Key-words:** Characterization, rheological behavior, fresh water.

### INTRODUÇÃO

Argila é um material natural, de textura terrosa, de granulação fina, constituído essencialmente de argilominerais, podendo conter outros minerais que não são argilominerais (quartzo, mica, pirita, hematita, etc), matéria orgânica e outras impurezas. Os argilominerais são os minerais característicos das argilas; quimicamente são silicatos de alumínio ou magnésio hidratados, contendo em certos tipos outros elementos como ferro, potássio, lítio e outros.

Graças aos argilominerais, as argilas na presença de água desenvolvem uma série de propriedades tais como: plasticidade, resistência mecânica a úmido, retração linear de secagem, compactação, tixotropia e

<sup>1</sup> Aluna de Curso de Engenharia de Materiais, Depto. de Engenharia de Materiais, UFPG, Campina Grande, PB, E-mail: [tatiana\\_borba@hotmail.com](mailto:tatiana_borba@hotmail.com)

<sup>2</sup> Engenheira de Materiais, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia de Materiais, UFPG, Campina Grande, PB, E-mail: [reginaldo@dema.ufcg.edu.br](mailto:reginaldo@dema.ufcg.edu.br)

viscosidade de suspensões aquosas que explicam sua grande variedade de aplicações tecnológicas. Os principais grupos de argilominerais são caulinita, illita e esmectitas ou montmorilonita.

Uma das lacunas existentes na metodologia proposta por Souza Santos (1992), para o estudo de argilas desconhecidas, é a falta de especificações relativas às características de plasticidade. Um dos mais completos estudos sobre a composição mineralógica de argilas para cerâmica pode ser encontrado no trabalho de Souza Santos onde são consideradas as argilas plásticas para cerâmica vermelha. Estas matérias-primas têm como argilomineral predominante a caulinita mal cristalizada de origem quaternária recente, podendo também conter illitas principalmente no caso de folhelhos e impurezas de esmectitas.

A plasticidade é a propriedade que um sistema tem de se deformar pela aplicação de uma força e de manter essa deformação quando a força aplicada é retirada. Se o sistema argila + água não fosse plástico, não seria possível fazer blocos por extrusão em marombas (extrusoras). A plasticidade em argilas é essencialmente resultante das forças de atração entre partículas de argilominerais e da ação lubrificante da água entre as partículas anisométricas lamelares. Pode-se admitir que a plasticidade se desenvolva quando a argila tem água suficiente para cobrir toda a superfície acessível dos argilominerais, com uma película de “água rígida” (não-líquida, mas com um pouco de água “líquida”), isto é, não orientada, que age como meio lubrificante facilitando o deslizamento das placas umas sobre as outras quando uma tensão tangencial é aplicada.

Essas duas águas, expressas percentualmente em relação à massa da argila seca, são o limite de plasticidade de Atterberg. Já a “água de plasticidade” é a quantidade de água necessária para tornar uma argila suficientemente plástica para ser moldada por um determinado método, geralmente por extrusão, (neste caso é também chamada água de extrusão). Qualquer que seja o tipo de moldagem (plástica, semi-seca, manual, colagem), quanto mais plástica é uma argila, maior é a água de plasticidade e também o limite de plasticidade. A água de plasticidade para moldagem por extrusão é igual ou superior ao limite de plasticidade da mesma argila, porém é inferior ao limite de liquidez, afirma Souza Santos (1992).

As argilas têm sua plasticidade afetada principalmente pelos seguintes fatores relacionados com as partículas sólidas: o efeito de água ou de outro meio fluido nas partículas sólidas e fenômenos coloidais entre elas; o tamanho e a composição das partículas sólidas; a distribuição de tamanho dessas partículas; a forma e a estrutura interna das partículas sólidas; a agregação, a área de superfície e a atração intermolecular das partículas sólidas; a presença de outros materiais que podem influenciar nas propriedades das partículas; a orientação das partículas na massa e, finalmente, a história prévia do material argiloso.

O grau de deformação duma pasta de argila, até ela entrar em ruptura, aumenta progressivamente até determinado valor em função do conteúdo em água. O conteúdo ótimo de água para qualquer trabalho plástico representa um compromisso entre ter uma yield stress muito baixa (com conseqüente distorção das formas obtidas) e ter uma deformação muito fraca (com conseqüente fendilhamento). A água, em quantidade adequada, forma à volta das partículas de argila filmes com efeito lubrificante que facilitam o deslizamento das partículas umas sobre as outras sempre que uma tensão superficial é aplicada. <sup>[10]</sup>

Em geral, nas massas ou pastas argilosas, um aumento da percentagem de partículas finas corresponde a um aumento de plasticidade. Também a distribuição dimensional das partículas é muito importante. Quer a dimensão média quer a distribuição dimensional das partículas se refletem na superfície específica. Quanto maior é a superfície específica, maior é a quantidade de água que se pode fixar numa superfície disponível maior. <sup>[10]</sup>

Campos et al. (1999), em seus estudos sobre as características de plasticidade de argilas para uso em cerâmica vermelha, definem que as características de plasticidade dos solos são tradicionalmente determinadas pelo método de Casagrande e são constituídas pelo limite de liquidez (LL), pelo limite de plasticidade (LP) e pelo índice de plasticidade (IP), que são também denominados de índices de Atterberg, onde o limite de liquidez é o teor de água expresso em porcentagem de argila seca, acima do qual a massa flui como um líquido, quando agitada ligeiramente; o limite de plasticidade é o teor de água, expresso em porcentagem de argila seca de uma massa plástica, acima do qual a massa pode ser moldada na forma de cilindros medindo de 3 a 4 mm de diâmetro e 100 mm de comprimento, as argilas que não formam esses cilindros com qualquer teor de água são consideradas não-plásticas, e o índice de plasticidade é a diferença entre o limite de liquidez e o limite de plasticidade.

Na prática ceramista, Ribeiro et al. (2003) definem dois diferentes tipos de plasticidade: a boa e a má. Se a massa se adapta perfeitamente a um processo específico de conformação, define-se a plasticidade como boa; por outro lado, se a massa, ao ser conformada, origina defeitos no produto ou demonstra dificuldades na conformação, a plasticidade é considerada como má. Uma plasticidade inadequada causa empenamentos e trincas que comprometem a qualidade do produto final, provocam perdas e desperdícios durante o processamento das peças, podendo causar danos à maromba. O que é confirmado por Menezes et al. (2003), onde afirmam que para essa argila de elevada plasticidade pode ser necessária adição de compostos de menor plasticidade ou até mesmo de materiais não-plásticos de forma a obter-se uma plasticidade ao processamento. Pois plasticidade inadequada causa defeitos visíveis comprometendo a qualidade do produto final, além de provocar uma série de perdas e desperdícios durante o processamento dos produtos, podendo causar danos às extrusoras.

Para Ribeiro et al. (2004), ao se estudar a plasticidade das massas plásticas cerâmicas, existem vários métodos de determinação, os quais podem ser divididos em dois grupos conforme determinem uma propriedade relacionada com a plasticidade (métodos indiretos) ou uma abordagem mais direta (métodos diretos). Como é possível verificar pela classificação dos diferentes testes, a medição da plasticidade até pode ser uma tarefa simples, mas a interpretação dos resultados já é uma tarefa mais complicada e a comparação de resultados obtidos por diferentes métodos requer extremos cuidados, visto não ser possível uma comparação direta de valores.

Uma das etapas fundamentais do processo de fabricação de produtos cerâmicos é a dosagem das matérias-primas e dos aditivos, que deve seguir com rigor as formulações de massas, previamente estabelecidas. Os diferentes tipos de massas são preparados de acordo com a técnica a ser empregada para dar forma às peças.

O uso de substâncias químicas nos índices de plasticidade de massas cerâmicas tem sido estudado por vários autores. O problema de aditivos em cerâmica tornou-se importante frente à crise energética atual, especialmente no Brasil. De acordo com Rawet et al. (1980), a prática de adicionar água para obter massas plásticas e depois ará-la é normal nos processos de fabricação utilizados em cerâmica. Se o teor de água puder ser reduzido sem prejuízo da plasticidade e trabalhabilidade da massa cerâmica e das propriedades físico-mecânicas das peças úmidas, secas e após queima, haverá uma economia apreciável do combustível usado na secagem.

As argilas, quando tratadas corretamente com alguns sais inorgânicos alcalinos, demonstram marcantes variações nas suas propriedades reológicas para uso industrial. Tornam-se mais plásticas, apresentam menor consumo de energia elétrica para serem extrudadas, menos teor de água para plastificação, após secagem, apresentam elevada resistência mecânica e diminuem consideravelmente a tendência a laminação. Após a queima apresentam elevada resistência mecânica e geralmente baixo teor de absorção de água.

Segundo Caputo (1994), para os solos em cuja textura haja certa porcentagem de fração fina, não basta a granulometria para caracterizá-los, pois suas propriedades plásticas dependem do teor de umidade, além da forma das partículas e da sua composição química e mineralógica. O índice de Atterberg que é calculado pela equação (1), define a zona em que o solo se acha no estado plástico, e por ser máximo para as argilas e nulos para as areias, fornece um critério para se ajuizar o caráter argiloso de um solo. Assim, quanto maior o índice de plasticidade, mais plástico será o solo.

$$IP = LL - LP \quad (1)$$

onde:

IP = índice de plasticidade  
LL = limite de liquidez  
LP = limite de plasticidade

Sabe-se que as argilas são tanto mais compressíveis quanto maior for o IP. Os solos argilosos poderão ser classificados em:

- fracamente plásticos.....  $1 < IP < 7$
- medianamente plásticos.....  $7 < IP < 15$
- altamente plásticos.....  $IP > 15$

Com base neste contexto, o presente trabalho objetiva analisar a influência da qualidade da água usada no ensaio de plasticidade de massas cerâmicas pelo método de Casagrande, usando água natural, água destilada e água aditivada quimicamente.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Materiais

#### Argila

Foram utilizados dois tipos de argila: a Juriti e a Camaragibe, fornecidas por indústrias de blocos cerâmicos, sendo a primeira proveniente do Estado da Paraíba e a segunda do Estado de Pernambuco.

#### Água:

Foram usados três tipos de água:

- Água natural, a do sistema público do abastecimento da cidade de Campina Grande – Paraíba.
- Água destilada.
- Água aditivada com sal a 0,5%, 1,0%, 2,0% e 3,0% para 100 ml da água.

Utilizou-se também:

- Aparelho completo de Casagrande;
- Balança analítica;
- Estufa (110°C).

## Caracterização da argila

A caracterização da argila foi feita através dos ensaios de plasticidade e de análise granulométrica por peneiras.

## Ensaio de plasticidade

A plasticidade tem uma importância fundamental nas propriedades tecnológicas, pois define o ponto ótimo de trabalhabilidade da massa para conformação.

O limite de plasticidade corresponde à quantidade de água mínima necessária para que uma argila possa alcançar o estado plástico.

As características de plasticidade das amostras serão determinadas pelo aparelho de Casagrande (Figs. 1 e 2), segundo o método do DNER.



Figura 1 – Aparelho de Casagrande



Figura 2 – Cinzel para argila

Inicialmente colocou-se a massa cerâmica peneirada em malha 80 em um recipiente e juntou-se a ela água destilada suficiente para se obter uma massa plástica. Em seguida, transferiu-se a massa para a concha do aparelho de Casagrande, nivelando-a de modo adequado. Com um cinzel, abriu-se uma canelura no centro da concha, e em seguida golpeou-se acionando a manivela, até que as bordas da canelura se unissem, anotando o número de golpes necessários para que isso ocorresse. Logo após tomou-se uma parte da amostra, pesou-a e a colocou na estufa por 24 horas, pesando-a novamente para determinar-se a umidade. Assim foram determinadas as características de plasticidade: limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP) e índice de plasticidade (IP).

Esse procedimento foi repetido cinco vezes para cada tipo de argila e água.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 nos mostra o resultado da plasticidade para as duas argilas analisadas por meio dos limites de Atterberg.

Tabela 1 – Limite de plasticidade para as águas de Boqueirão e destilada

	JURITI		CAMARAGIBE	
	AB	AD	AB	AD
LP <sub>m5</sub>	28,27	29,06	26,42	26,36
LL <sub>m5</sub>	44,04	44,15	42,15	44,65
IP <sub>m5</sub>	15,77	15,09	15,73	18,29

AB = água de boqueirão e AD = água destilada

LP<sub>m5</sub> = limite de plasticidade médio de cinco amostras

LL<sub>m5</sub> = limite de liquidez médio de cinco amostras

IP<sub>m5</sub> = índice de plasticidade médio de cinco amostras

Analisando a Tabela 1, observam-se os valores das características de plasticidade das amostras analisadas, antes da aditivção. Verifica-se que os limites de liquidez (LL) e de plasticidade (LP) variaram de 42,15 a 44,65% e de 26,36 a 29,06%, respectivamente, enquanto o índice de plasticidade situou-se entre 15,09 a 18,29%.

Analisando especificamente o LP, por corresponder à quantidade de água mínima necessária para que uma argila possa alcançar o estado plástico, e com base em dados da literatura, verifica-se que os valores obtidos estão dentro dos intervalos observados para o processo de conformação por extrusão em cerâmica vermelha, que é de 15 a 30%. Embora as amostras sejam de diferentes regiões hidrográficas, apresentaram limites de plasticidade (LP) muito próximos para as águas de boqueirão e destilada, não havendo alterações significantes nos valores do LP para ambas as águas. Nota-se que o uso da água destilada não influenciou muito no resultado do ensaio de plasticidade das amostras em relação à água de boqueirão, que é a água normal do abastecimento da cidade.

A Tabela 2 apresenta o resultado das características de plasticidade para as duas argilas analisadas por meio dos limites de Atterberg.

Tabela 2 – Limite de plasticidade para a água aditivada com sal

AA (%)	JURITI			CAMARAGIBE		
	LP(%)	LL(%)	IP(%)	LP(%)	LL(%)	IP(%)
0,5% de sal	26,47	42,77	16,30	24,95	38,50	13,55
1,0% de sal	28,16	41,47	13,31	24,96	39,37	14,41
2,0% de sal	26,55	38,32	11,77	22,00	37,76	15,76
3,0% de sal	24,03	33,66	9,93	22,35	34,96	12,61

AA = Água aditivada

LP = limite de plasticidade médio

LL = limite de liquidez médio

IP = índice de plasticidade médio

Analisando o resultado dos ensaios com a água salobra (aditivada), conforme Tabela 2, percebemos que houve uma redução nos valores do LP, em relação aos ensaios realizados com a água de Boqueirão (sem aditivo) e com a água aditivada, de 14,69 e 16,67%, respectivamente, na amostra Juriti; e de 21,35 e 13,22%, para a amostra Camaragibe.

Verifica-se também que há uma redução significativa superior a 30% no IP de ambas as amostras com a adição do NaCl ao sistema argila + água, o que indica uma diminuição na faixa de trabalhabilidade do sistema. Esses comportamentos podem estar associados a um efeito defloculante do sódio se sobrepondo ao efeito floculante do íon cloreto, tornando a argila menos plástica.

Nota-se a influência do cloreto de sódio na redução do limite de plasticidade, o que foi comprovado em estudos anteriores com outros sais, realizados com argilas vermelhas do Estado da Paraíba.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica e ao orientador do projeto, Prof. Dr. Reginaldo Severo de Macedo.

## CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos nesta pesquisa experimental, onde se analisou influência da salinidade da água na plasticidade de massas usadas na produção de blocos cerâmicos, concluiu-se que:

- Ao se adicionar o cloreto de sódio à água, houve alterações significantes nos índices de plasticidade.
- A influência do aditivo químico utilizado na água de plasticidade variou com a amostra analisada e com o teor de aditivo usado, causando variações nos valores dos índices de plasticidade, dependendo da amostra.
- O limite de plasticidade teve o maior percentual de redução para amostra de Camaragibe, reduzindo de 26,42 para 22,00%, com adição de 2% do aditivo, o que provavelmente causará uma economia de água e energia no processo extrusão de produtos de cerâmica vermelha.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SOUZA SANTOS, P. **Ciência e Tecnologia de Argilas**, vols. 1 e 2, Editora Edgard Blücher, São Paulo, 1992.

**Propriedades gerais das argilas**. Disponível em: < <http://dminas.ist.utl.pt/Geomuseu/RG2008/Argilas/> >. Acesso em: 12 fev. 2009.

CAMPOS, L.F.A.; MACEDO, R.S.; FERREIRA, H.C.; KIYORARA, P.K. **Características de plasticidade de argilas para uso em cerâmica vermelha ou estrutural**. *Cerâmica*, v. 45, nº. 140, 1999, 295p.

RIBEIRO, M.J.; FERREIRA, A.A.L.; LABRINCHA, J.A. **Aspectos fundamentais sobre a extrusão de massas de cerâmicas vermelhas**. *Cerâmica Industrial*, v. 8, nº. 1, 2003.

MENEZES, R.R.; NEVES, G.A; PATRÍCIO, S.M.R.; FERREIRA, H.C. **Reaproveitamento de resíduo da produção de agregado como matéria-prima alternativa na confecção de tijolos e telhas**. *Interação*, nº. 2, 2003, 1p.

RAWET, J.; SOUZA SANTOS, P. **Estudo sobre a variação do limite de plasticidade de três argilas do estado de São Paulo pelo efeito de alguns aditivos**. *Cerâmica*, v. 26, nº. 128, 1980, 193p.

RIBEIRO, C.G.; CORREIA, M.G.; FERREIRA, L.G.; GONÇALVES, A.M.; RIBEIRO, M.J.P.; FERREIRA, A.A.L. **Estudo sobre a influência da matéria orgânica na plasticidade e no comportamento térmico de uma argila**. *Cerâmica Industrial*, v. 9, nº. 3, 2004.

CAPUTO, H.P. **Mecânica dos solos e suas aplicações fundamentais**, Livros Técnicos, v. 1, Rio de Janeiro, 1994.

DNER, **Materiais para obras rodoviárias, métodos e instruções de ensaios**, Rio de Janeiro. 1977.