

## Índice de Plasticidade e Análise Racional de Argilas de Marabá (PA) para Avaliação das Zonas de Extrusão

**Carlos Vinícius de Paes Santos<sup>a</sup>, Adilton Rocha da Silva<sup>a</sup>,  
Milton Adalberto Silva Guimarães Filho<sup>a</sup>, Elias Fagury Neto<sup>a</sup>,  
Adriano Alves Rabelo<sup>a\*</sup>**

<sup>a</sup>Laboratório de Materiais Cerâmicos, Faculdade de Engenharia de Materiais,  
Universidade Federal do Pará – UFPA, Campus Universitário de Marabá, Folha 17,  
Quadra 04, Lote Especial, CEP 68505-080, Marabá, PA, Brasil  
*\*e-mail: adrianoalves@ufpa.br*

**Resumo:** Foram estudadas argilas utilizadas na indústria de cerâmica vermelha da microrregião de Marabá, sudeste do estado do Pará, com o intuito de analisar as características mineralógicas e avaliar o comportamento das massas cerâmicas durante a etapa de extrusão para a conformação de blocos cerâmicos e tarugos (bastonetes) para a prensagem hidrolástica de telhas. A análise racional das argilas foi realizada a partir dos resultados qualitativos de difração de raios X e espectrometria de fluorescência de raios X, permitindo quantificar as fases mineralógicas e estes resultados foram correlacionados aos limites de consistência - limites de plasticidade e de liquidez e respectivo índice de plasticidade de Atterberg - possibilitando classificar as zonas de extrusão ótima e aceitável das argilas. Os resultados da análise racional demonstraram que as argilas analisadas são caulínicas plásticas e que não apresentaram diferenças qualitativas acentuadas entre as fases presentes possuindo naturalmente uma zona de extrusão dentro do limite aceitável.

**Palavras-chave:** argila, consistência, análise racional, gráfico de extrusão.

### 1. Introdução

O sudeste paraense apresenta uma produção expressiva de cerâmica vermelha ou estrutural devido à qualidade e abundância das matérias-primas utilizadas, argilas plásticas que são extraídas em áreas de várzea para a produção de blocos de alvenaria, blocos de vedação e telhas, utilizando para este processo de produção a conformação de massas cerâmicas através de extrusão em marombas. O comportamento destas massas durante a extrusão está relacionado a vários fatores, tais como: composição mineralógica, teor de umidade, morfologia e distribuição granulométrica das partículas<sup>1</sup>. A avaliação das massas cerâmicas para este método de conformação pode ser realizada de forma bastante simples, através de uma classificação prévia, utilizando os Índices de Plasticidade de Atterberg para obter gráficos de extrusão, e visualizar as zonas de extrusão ótima e aceitável das matérias-primas<sup>2</sup>. Com isto, este trabalho teve como objetivo principal avaliar as matérias-primas representativas da produção cerâmica de Marabá (PA) por meios de métodos de caracterização que permitem conhecer e quantificar as fases mineralógicas e o comportamento das massas durante a etapa de extrusão para a fabricação de blocos e telhas.

### 2. Materiais e Métodos

As argilas foram coletadas em seis indústrias cerâmicas da região sudeste paraense de médio a grande porte, acondicionadas em sacos plásticos e transportadas para o Laboratório de Materiais Cerâmicos da UFPA, onde foram codificadas como AB, AC, AI, AL, ASF e AMG. As amostras foram secas em estufa a 110 °C durante 24 horas, destorroadas em almofariz e passadas em peneiras de 80 mesh. Cada amostra foi submetida às mesmas técnicas de caracterização. As fases mineralógicas puderam ser identificadas através de difração de raios X (DRX), utilizando equipamento da marca Philips, modelo PW3710

e a base de fichas JCPDS no software X'Pert High Score Plus. A análise química das amostras foi determinada por espectrometria de fluorescência de raios X (FRX) em equipamento da marca Panalytical, Axios Minerals. Na determinação dos índices de plasticidade (IP) das amostras foram utilizadas as normas técnicas da ABNT, determinando-se previamente os limites de Atterberg: Limite de Liquidez (LL)<sup>3</sup> e Limite de Plasticidade (LP)<sup>4</sup>. Os limites de Atterberg baseiam-se na determinação da umidade do solo em dois estágios distintos, onde o LL equivale ao teor de umidade correspondente à transição entre o estado líquido e o plástico, ou seja, é o teor de água expresso em percentagem mássica de argila seca a 110 °C acima do qual a massa flui como líquido quando agitado. A indicação do LP corresponde ao teor de umidade da argila no instante em que ela deixa de ser plástica, tornando-se quebradiça, podendo ser determinada através do teor de água expresso em percentagem mássica de argila após secagem a 110 °C acima da qual a massa argilosa pode ser moldada em rolos de 3 a 4 mm de diâmetro e cerca de 15 cm de comprimento. Através dos resultados do Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade obtém-se o Índice de Plasticidade (IP) do material, de acordo com a Equação 1:

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

onde o índice indica a maior ou menor plasticidade de um solo conforme sua umidade<sup>5</sup>. Por fim, pode-se plotar o gráfico de extrusão a partir do Índice de Plasticidade e Limite de Plasticidade.

### 3. Resultados e Discussão

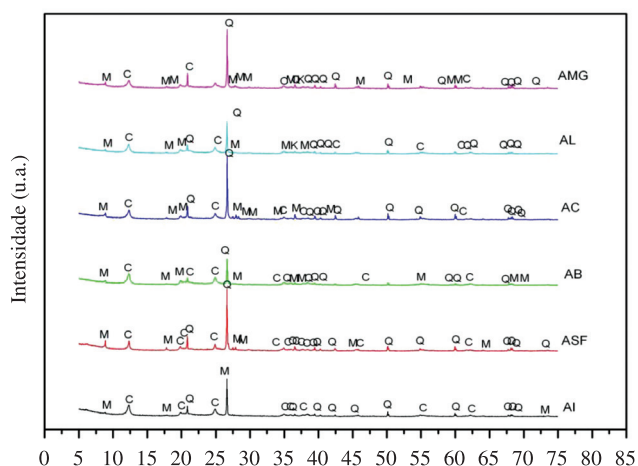
A análise dos dados de difração de raios X das seis amostras indicou a predominância de três fases: caulinita -  $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ , mica muscovita -  $KAl_2Si_3AlO_{10}(OH,F)_2$  e quartzo -  $SiO_2$ . Os óxidos

minoritários são atribuídos a prováveis fases acessórias e foram incluídas na análise racional. Os resultados de DRX com a análise de fases estão apresentados na Figura 1. Nota-se que as matérias-primas possuem características mineralógicas bastante semelhantes, demonstrando a existência de um padrão para as matérias-primas utilizadas na região, que são extraídas principalmente das várzeas de grandes rios (Itacaiúnas e Tocantins) no período de estiagem e estocadas em pátios para a produção. Embora a produção sofra queda de aproximadamente 20% nos longos períodos de cheias, neste trabalho não foi possível determinar a influência do sazonalidade sobre o ganho de plasticidade das argilas estudadas.

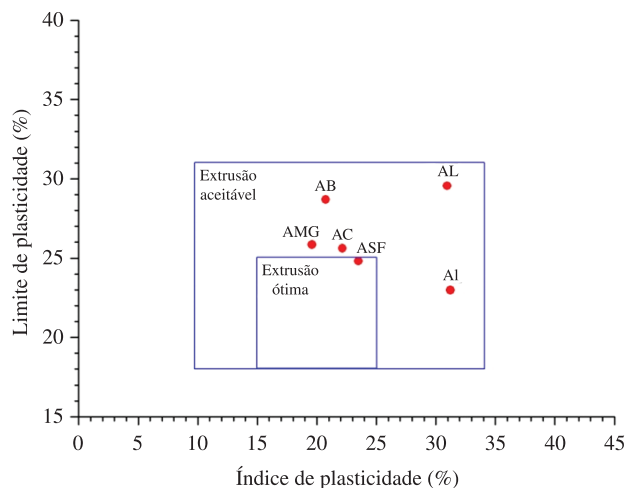
Os resultados da análise química obtidos na FRX são apresentados em percentagem mássica dos respectivos óxidos juntamente com

o resultado de Perda ao Fogo, como apresentado na Tabela 1. Não foi detectado CaO nas matérias-primas, com exceção da amostra identificada como AB com apenas 0,07% de CaO. Os valores elevados de alumínio (>20%) e silício (>53%) são característicos de matérias-primas caulínicas de coloração creme, uma vez que os teores de ferro são relativamente baixos (~5%).

Através da correlação entre os resultados de DRX e FRX foi possível determinar o teor de fase mineral utilizando o método da análise racional das argilas, o qual as quantificações das fases estão apresentadas na Tabela 2. Os minerais argilosos (argilominerais) como a caulinita são responsáveis pela alta plasticidade das massas cerâmicas, uma vez que suas pequenas partículas são envelopadas por água adsorvida em sua superfície, fazendo um efeito lubrificante



**Figura 1.** Difratogramas de raios X das argilas – AMG, AL, AC, AB, ASF e AI. Legenda: M- Muscovita, C- Caulinita, Q- Quazto.



**Figura 2.** Zonas de extrusão das matérias-primas.

**Tabela 1.** Análise química (FRX) e perda ao fogo das matérias-primas.

Amostra	Constituintes (%)									
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	ZrO <sub>2</sub>	P.F.
ASF	19,62	60,73	5,44	1,72	1,17	0,26	0,10	1,00	0,03	9,93
AMG	20,79	60,09	5,47	2,11	0,73	0,27	0,06	0,96	0,03	9,49
AI	23,38	57,42	4,97	1,11	0,38	0,28	0,05	1,01	0,03	11,40
AB	25,80	53,67	5,40	1,35	0,43	-	0,07	0,80	0,03	12,37
AC	20,17	61,64	5,96	1,62	0,53	0,34	0,13	0,84	0,04	8,73
AL	25,30	53,36	6,32	1,53	0,48	0,19	0,07	0,92	0,03	11,80

**Tabela 2.** Análise racional das matérias-primas utilizadas em indústrias cerâmicas de Marabá (PA).

Amostra	Muscovita (%)	Caulinita (%)	Silica (%)	Acessórios (%)	Total (%)
ASF	14,55	35,66	37,56	4,28	93,05
AMG	17,85	35,41	35,55	3,75	92,56
AI	9,43	50,22	29,81	4,19	93,65
AB	11,45	54,14	23,31	4,29	93,19
AC	13,70	37,71	37,90	2,26	92,16
AL	12,93	51,70	23,47	3,99	92,09

**Tabela 3.** Resultado do limite de Atterberg.

Amostras	LP%	LL %	IP %
ASF	24,81	48,30	23,90
AMG	25,85	45,45	19,60
AI	22,98	54,20	31,22
AB	28,7	49,45	20,75
AC	25,62	48,00	22,14
AL	29,56	60,51	30,95

entre elas. A presença majoritária dos minerais argilosos confere maior perda de massa e retração de queima, portanto, menor estabilidade de queima. As micas atuam como fundentes em temperaturas mais elevadas de sinterização, enquanto que o quartzo está relacionado à resistência mecânica e diminuição de retração de queima do corpo cerâmico, formando o chamado esqueleto do corpo cerâmico junto a óxidos alcalinos terrosos durante a formação de fase líquida. Observa-se que as amostras AI, AL e AB apresentam maior teor de caulinita e uma quantidade considerável de muscovita.

Vale ressaltar que os valores da análise racional fecham em torno de 93% devido à difração de raios X, pois esta técnica não detecta fases que possuem teores inferiores a 5%, como provavelmente os carbonatos de cálcio e magnésio, comuns em argilas, sendo atribuída a esta diferença devido à presença dos minerais acessórios.

Os resultados dos Índices de Plasticidade das matérias-primas estão apresentados na Tabela 3 e estão coerentes com a literatura<sup>4</sup>, uma vez que as matérias-primas que apresentaram maior índice de plasticidade são as que possuem maior quantidade de argilomineral caulinita e um considerável teor de mica muscovita. Como não há variação significativa de constituintes presentes nas matérias-primas avaliadas, todas as argilas apresentaram uma plasticidade relativamente elevada como ficou evidente nos resultados obtidos.

A partir do Índice de Plasticidade e do Limite de Plasticidade pode-se construir o gráfico para classificação destas argilas em zona de extrusão ótima e zona de extrusão aceitável. Para uma extrusão aceitável a argila deve apresentar Índice de Plasticidade entre 10 e 34% e Limite de Plasticidade entre 18 e 31%. No entanto, para uma extrusão ótima a argila deve apresentar Índice de Plasticidade entre 15 e 25% enquanto o Limite de Plasticidade deve estar entre 18 e 25%.

Todas as argilas analisadas apresentaram extrusão aceitável, entretanto houve um destaque para a argila ASF que apresentou classificação de extrusão ótima, como mostra a Figura 2.

#### 4. Conclusões

As técnicas utilizadas foram eficazes para a caracterização das matérias-primas da região de Marabá, pois permitem o conhecimento fundamental das fases mineralógicas presentes e através da análise racional é possível determinar a quantidade relativa entre os argilominerais e demais minerais não-argilosos. Foi possível a classificação das matérias-primas quanto ao comportamento na extrusão determinando os Limites de Atterberg.

As argilas da microrregião de Marabá apresentaram características semelhantes ao considerar os minerais presentes. Com relação à percentagem dos minerais, todas as argilas possuem caulinita em uma quantidade considerável o que atribui plasticidade a estas argilas.

As amostras que apresentaram maior plasticidade foram as argilas AI e AL, entretanto, todas as amostras possuem plasticidade elevada e naturalmente extrusão aceitável. Para futuros trabalhos as argilas poder ser formuladas para que recaiam na zona de extrusão ótima.

#### Referências

1. RIBEIRO, M. J. et al. Aspectos fundamentais sobre a extrusão de massas de cerâmicas vermelhas. **Cerâmica Industrial**, v. 8, n. 1, p. 37-42, 2003.
2. HOLDRIDGE, D. A. The Mineralogy of some American (U.S.) ball clays. **Transactions of the British Ceramic Society**, v. 62, p. 857-875. 1963
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459**: Solo - Determinação do Limite de Liquidez. Rio de Janeiro, 1984.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180**: Solo - Determinação do Limite de Plasticidade. Rio de Janeiro, 1984.
5. SANTOS, P. S. **Tecnologia de argilas aplicada às argilas brasileiras**. São Paulo: EdUSP; Edgard Blücher, 1975.