

Desenvolvimento de Formulações de Massas para a Indústria de Cerâmica Vermelha do Rio Grande do Norte

**Ricardo Peixoto Suassuna Dutra^{a,*}, Pedro Alighieri Silva de Araújo^a,
Rose Meire Penha Revoredo de Macedo^a, Rubens Maribondo do Nascimento^{a,b},
Uilame Umbelino Gomes^{a,c}, Antonio Eduardo Martinelli^{a,b},
Carlos Alberto Paskocimas^{a,b}**

^aPrograma de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais - PPgCEM

^bDepartamento de Engenharia Mecânica - DEM

^cDepartamento de Física Teórica e Experimental - DFTE,

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Campus Universitário - Lagoa Nova,
59072-970, Natal - RN, Brasil

*e-mail: rpsd@ccet.ufrn.br

Resumo: O desenvolvimento de produtos para a indústria de cerâmica estrutural tem como base a formulação de massas cerâmicas envolvendo duas ou mais argilas, provenientes ou não de uma mesma jazida. Estas matérias-primas podem variar amplamente com relação ao conjunto de características físicas, químicas e mineralógicas. Na maior parte dos casos, para se chegar a uma formulação considerada aceitável, as indústrias cerâmicas utilizam métodos baseados apenas no conhecimento empírico sobre o comportamento destas matérias-primas, ou seja, nenhum tipo de estudo é conduzido visando entender o comportamento das diferentes matérias-primas quando introduzidas no processo industrial. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é caracterizar física e quimicamente diferentes tipos de argilas, bem como, estudar o comportamento destas matérias-primas na formulação de massas para produção de artigos de cerâmica estrutural. O estudo foi realizado com seis tipos de argilas utilizadas pelas indústrias do Pólo de Cerâmica Estrutural do Estado do Rio Grande do Norte. Foram utilizadas as técnicas de caracterização de raios X e fluorescência de raios X e os ensaios de limite de plasticidade e de análise granulométrica. As matérias-primas foram combinadas duas a duas em diferentes proporções, conformadas por prensagem, e submetidas às temperaturas de queima de 850, 950 e 1050 °C. Os resultados obtidos permitirão estabelecer as relações ótimas entre argilas plásticas e não-plásticas e demonstrar que estas proporções são bastante distintas para as diferentes indústrias.

Palavras-chave: argilas, cerâmica, formulações, argilas não-plásticas

1. Introdução

A argila é uma das materiais-primas mais importantes no processamento dos materiais cerâmicos, sendo utilizadas em quase todos os tipos de produtos cerâmicos. O segmento de cerâmica vermelha responde pela maior parcela deste consumo, devido ao grande número de indústrias e ao fato de ser praticamente o único tipo de matéria-prima empregada em seus processos produtivos.

As indústrias de cerâmica vermelha utilizam na formulação de suas massas cerâmicas diferentes tipos de argilas (duas, três ou mais), sendo normalmente duas de característica distintas. Para a obtenção de uma massa cerâmica com um comportamento adequado ao processo de fabricação e produtos com as características finais que estejam de acordo com as normas técnicas, é necessário que a proporção entre os diferentes tipos de argilas seja definida com critérios técnicos⁶, o que raramente acontece. Em muitos casos, para se chegar a uma massa considerada ideal, as indústrias cerâmicas utilizam métodos baseado apenas na experiência prática adquirida com o uso de matérias-primas locais, formulando as massas cerâmicas de maneira empírica sem nenhuma caracterização das argilas e sem estudo do comportamento das mesmas quando introduzidas no processo industrial. Deste modo, as formulações são realizadas de maneira empírica e desconsiderando as características químicas, físicas e mineralógicas de tais materiais.

As argilas são constituídas por uma fração argilosa combinada a uma fração não-argilosa. A fração argilosa, também denominada de fração argila, é constituída por argilominerais ou minerais de argila.

A fração não-argilosa é constituída de minerais acessórios ou complementares. As argilas apresentam combinações bastante distintas destas duas frações, o que influi fortemente no seu comportamento reológico, nas alterações físicas e químicas durante a etapa de queima e nas propriedades tecnológicas do produto final. Por exemplo, uma argila plástica, ou seja, com uma fração majoritária de minerais argilosos, comparativamente a fração de minerais acessórios, tende a apresentar uma elevada plasticidade, bem como, granulometria muito fina e elevada reatividade química e sinterabilidade. Inversamente, uma argila de baixa plasticidade, ou seja, com predominância da fração de minerais acessórios, apresenta partículas mais grossas com formas arredondadas e equidistantes, menor superfície específica e elevada estabilidade térmica³, melhorando o controle dimensional.

O processamento industrial da cerâmica vermelha é composto por três grandes etapas: preparação da massa cerâmica, conformação do produto e tratamento térmico. Em todas as etapas, as características das argilas influenciam de maneira direta no processamento e na qualidade do produto final, a exemplo da etapa de preparação da massa cerâmica, em que argilas com maior plasticidade, normalmente, necessitam de maior quantidade de água para desenvolver a umidade ideal para ser conformada. Na secagem, a maior proporção de minerais argilosos em relação aos minerais acessórios, diminui a velocidade de secagem devido a menor permeabilidade da peça. Se considerar apenas os diferentes grupos minerais, tais características podem ser bastante diferentes e relevantes, a exemplo da maior plasticidade dos minerais do grupo da montmorilonita comparando-se

as do grupo da caulinita, da maior refratariedade deste com o grupo das illitas, dentre outras características.

As empresas do Pólo de Cerâmica Estrutural do Estado do Rio Grande do Norte, por intermédio do Sindicato das Indústrias de Cerâmica do Estado do Rio Grande do Norte - SINDICERAMICA-RN vem realizando estudos em conjunto com o Departamento de Engenharia de Materiais da UFRN para determinar as características físicas, químicas e mineralógicas de diversas argilas empregadas em seus processos produtivos. O presente trabalho tem como objetivo verificar a influência da adição de argilas locais consideradas de baixa plasticidade no comportamento industrial de massas cerâmicas, bem como, estabelecer as proporções consideradas ideais entre essas matérias-primas e argilas de elevada plasticidade. A principal motivação para estes estudos é desenvolver produtos com melhor qualidade e com menores custos de produção.

2. Materiais e Métodos

Inicialmente as matérias-primas foram coletadas no pátio das indústrias cerâmicas e preparadas em laboratório para caracterização, formulação e determinação das propriedades físicas e mecânicas, de acordo com o esquema da Figura 1.

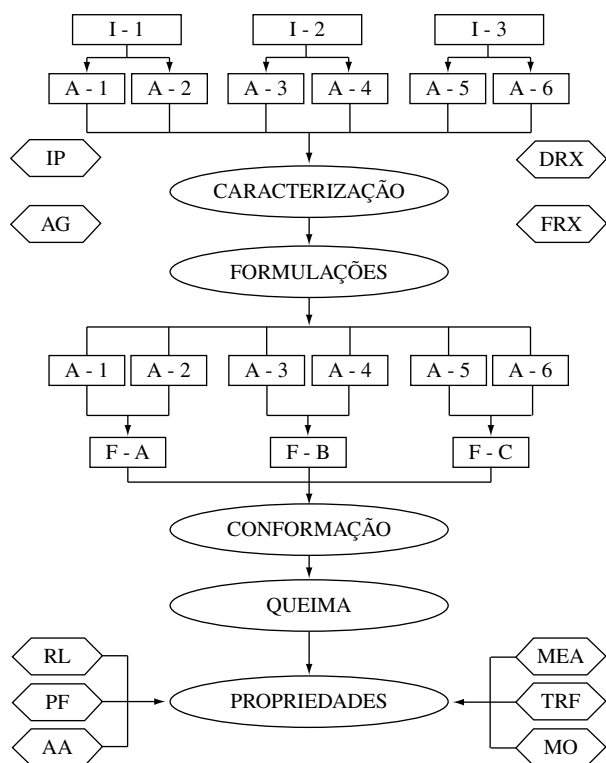


Figura 1. Esquema da metodologia de trabalho adotada.

Tabela 1. Formulação das massas.

Indústrias	Argilas	Formulações	Formulação (n°)						
			1	2	3	4	5	6	7
			%, em peso						
I-1	A-1	F-A	100,0	75,0	66,5	50,0	33,5	25,0	0,0
	A-2		0,0	25,0	33,5	50,0	66,5	75,0	100,0
I-2	A-3	F-B	100,0	75,0	66,5	50,0	33,5	25,0	0,0
	A-4		0,0	25,0	33,5	50,0	66,5	75,0	100,0
I-3	A-5	F-C	100,0	75,0	66,5	50,0	33,5	25,0	0,0
	A-6		0,0	25,0	33,5	50,0	66,5	75,0	100,0

Antes da formulação das massas cerâmicas as matérias-primas foram estudadas individualmente por meio de técnicas de caracterização.

2.1. Análise química

As análises químicas das amostras foram realizadas por fluorescência de raios X (FRX). Utilizou-se espectrômetro de raios X por energia dispersiva (EDX 700, Shimadzu). Antes da análise as amostras foram desaglomeradas em almofariz e passadas em peneira ABNT n° 200 (aberturas 0,074 mm). Os resultados de análises químicas foram expressos em base de óxidos.

2.2. Análise de fases

As análises de fases mineralógicas foram realizadas por difração de raios X (DRX). Utilizou-se um difratômetro (XRD-6000, Shimadzu) com radiação CuK_α , varredura de $2^\circ/\text{min}$ com 2θ de 5° a 55° . A identificação dos argilominerais e minerais acessórios foi realizada com base nas cartas-padrão JCPDS, bem como por métodos propostos por autores^{4,7} visando identificar os argilominerais e os minerais acessórios presentes nas argilas.

2.3. Análise granulométrica

A análise granulométrica foi realizada pela técnica de dispersão de laser. Utilizou-se um equipamento de dispersão de laser (CILAS 920L). Antes da análise as amostras foram desaglomeradas em almofariz e passadas em peneira ABNT no 35 (abertura 0,42 mm) e dispersas em água destilada e detergente neutro sob agitação mecânica.

2.4. Índice de plasticidade

Foi determinado o índice de plasticidade (IP), por meio dos também denominado de Limites de Atterberg, a partir dos índices que delimitam o intervalo de consistência de uma massa, denominados limite de liquidez (LL) e de limite de plasticidade (LP). Na determinação do LL utilizou-se o método padronizado por Arthur Casagrande, de acordo com a norma ABNT NBR 6459¹. A determinação do LP foi realizada de acordo com a norma ABNT NBR 7180².

2.5. Formulação das massas

Na formulação das massas cerâmicas foram utilizadas seis matérias-primas (A-1 a A-6) procedentes de três indústrias de cerâmica estrutural do estado do Rio Grande do Norte (I-1, I-2 e I-3), sendo três usadas nas respectivas indústrias como materiais de característica argilosa (A-1, A-3 e A-5), denominadas de argilas plásticas e três de característica arenosa (A-2, A-4 e A-6) denominadas de argilas não-plásticas.

As argilas foram combinadas em sete diferentes proporções, sendo A-1 com A-2, A-3 com A-4 e A-5 com A-6, conforme contido na Tabela 1. Devido à falta de trabalhabilidade da A-6 não foi possível compor a formulação F-7 da I-3.

As argilas foram secas em estufa elétrica (110 °C) durante 24 h para retirada da umidade natural. Em seguida procedeu-se a dosagem e homogeneização em moinho de bolas a seco. Após essa etapa, adicionou-se às formulações 10 % de água, visando uma uniformização das umidades para a etapa de conformação.

Os corpos-de-prova foram moldados utilizando-se uma prensa hidráulica e uma matriz de aço de forma retangular com dimensões de 6 cm x 2 cm. Para cada corpo-de-prova produzido foram utilizadas 13 g da massa e uma pressão de compactação uniaxial de 25 MPa.

Após conformados os corpos-de-prova foram secos em estufa elétrica (110 °C) por 24 h. A queima foi realizada em um forno elétrico com atmosfera oxidante, nas temperaturas de 850, 950, 1050 °C, com patamar de 10 minutos, sob taxa de aquecimento de 2 °C/min e resfriamento natural no próprio forno. As dimensões e o peso dos corpos-de-prova queimados foram medidas para determinação da retração linear de queima e da perda de massa. Também foram determinadas a absorção de água, a porosidade aparente e a massa específica aparente de todas as amostras. Todos os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de determinação da tensão de ruptura sob flexão em 3 pontos. Utilizou-se uma máquina universal de ensaios mecânicos da *Shimadzu*.

3. Resultados e Discussão

A Tabela 2 contém os resultados das análises químicas das argilas estudadas. Verificou-se que todas as argilas apresentam um teor de Fe₂O₃ superior a 3,00%, o que caracteriza essas matérias-primas como sendo de queima vermelha. Teores inferiores a 5,00%, podem resultar em produtos de queima clara, contudo, nem sempre há uma proporcionalidade na razão direta entre a cor de queima e a quantidade de óxidos de ferro. Isso pode ser atribuído às diversas possibilidades de combinação dos compostos de ferro com outros componentes da argila⁵. Desta forma, as argilas A-5 e A-6 podem apresentar uma tonalidade clara indo desde o vermelho até o bege, visto que, apresentam um teor de ferro relativamente baixo. Outras características da argila A-5 é a baixa quantidades de óxidos fundentes (Na₂O, K₂O, CaO e MgO), totalizando um teor de 2,84%, enquanto as demais argilas apresentaram valores bem superiores, na faixa de 9% até 13%. A mais elevada quantidade de Al₂O₃ da A-5 também merece destaque, o qual pode ser atribuído pela presença do argilomineral caulinita.

Na Figura 2 são apresentados os difratogramas de raios X das argilas estudadas. Em todos os casos o mineral illita foi o argilomineral predominante, com exceção da amostra A-5 que apresentou uma composição mineralógica a base de montmorilonita e caulinita. A caulinita também foi detectada na amostra A-1.

Desta forma, os resultados de difração de raios X foram ratificados pelos resultados de análise química que indicaram um maior teor de Al₂O₃ para as amostras A-1 e A-5. Constatou-se a presença de quartzo em todas as argilas. Nas argilas A-1 e A-5 o quartzo foi o único mineral acessório presente. Na amostra A-2 verificou-se a presença de feldspato, representado pelo mineral acessório albita (NaAlSi₃O₈ - 90% a 100%), o que está coerente com os teores mais elevados de Na₂O verificados nesta argila. Verificou-se a presença de dolomita (carbonato de magnésio/cálcio) na amostra A-2, o que justifica o teor elevado de CaO (3,41 %) encontrado nesta argila. A argila A-6 apresentou o teor mais elevado de CaO (5,67%), presente na forma de feldspato plagioclásio - anortita (CaAlSi₂O₈ - 90% a 100%).

A Tabela 3 contém os resultados das análises granulométricas, representados pelas frações acumuladas em D₁₀, D₃₀, D₅₀, D₇₀, D₉₀ e pelo diâmetro médio D_m, e os índices de plasticidade IP das argilas estudadas. Estes resultados permitiram confirmar a correlação entre a granulometria das argilas com seus respectivos índices de plasticidade. Deste modo, as amostras com granulometrias mais grosseiras (A-6 > A-4 > A-2) estão associadas às argilas que não

Tabela 2. Análise química das argilas.

	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6
%, em peso						
SiO ₂	42,89	52,25	50,85	52,68	60,55	58,29
Al ₂ O ₃	28,81	25,86	27,85	27,12	30,74	20,47
Fe ₂ O ₃	14,19	7,19	6,94	5,17	4,79	4,84
CaO	2,26	3,41	2,61	2,76	0,74	5,67
Na ₂ O	1,67	2,07	1,84	1,78	0,77	1,99
K ₂ O	5,08	5,10	6,12	6,88	0,72	5,61
MnO	0,16	0,12	0,09	0,10	0,03	0,09
TiO ₂	1,60	0,71	0,75	0,71	0,81	0,50
MgO	2,25	1,59	1,32	1,31	0,61	0,79
Outros	1,10	1,70	1,63	1,49	0,24	1,75

Tabela 3. Análise granulométrica e índice de plasticidade das argilas.

	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6
%						
μm						
D ₁₀	1,46	3,69	2,18	2,88	2,29	5,70
D ₃₀	3,36	13,40	9,38	16,06	5,96	24,49
D ₅₀	5,71	26,90	24,14	37,92	10,78	56,96
D ₇₀	9,31	42,30	47,09	63,24	16,69	95,99
D ₉₀	14,15	61,33	98,15	94,15	24,16	157,31
D _m	6,98	30,64	40,42	44,24	12,31	70,70
IP	24,5	0	7,9	0	16,8	0

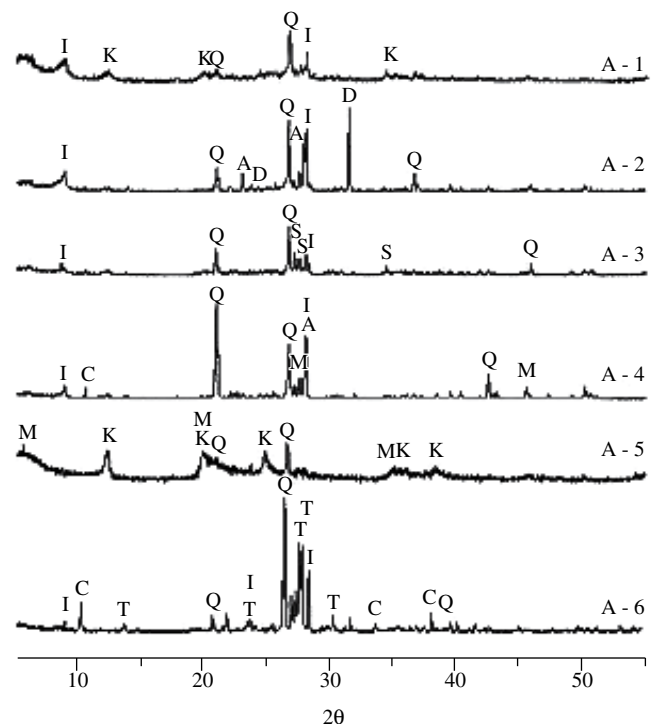


Figura 2. Difratograma das argilas. (M: montmorilonita; I: illita; K: caulinita; A: albita Q: quartzo; D: dolomita; T: anortita; S: sanidina; C: cordierita).

apresentam plasticidade (IP = 0), podendo ser classificadas como materiais não-plásticos de origem arenosa. Estas argilas foram as que apresentaram maior somatório de óxidos fundentes. As argilas A-1, A-3 e A-5 apresentam valores adequados de plasticidade e correspondentemente diâmetros médios de partículas inferiores ao grupo

de amostras não-plásticas. A amostra A-3 apresenta um valor de D_m comparável ao grupo de amostras não-plásticas, contudo o seu índice de plasticidade moderada pode ser atribuído a elevada proporção de finos nas frações D_{10} , D_{30} e D_{50} .

Na Figura 3 são apresentadas as curvas de perda ao fogo dos grupos de formulações nas temperaturas de queima de 850, 950 e 1050 °C. Nota-se que a tendência das curvas, para as três formulações, é decrescente à medida que aumenta o teor das argilas menos-plásticas (formulação: nº 1 → nº 7), ou seja, quanto maior a percentagem de argila plástica (mais argilominerais, menor granulometria, maior plasticidade) maior a perda de massa. A perda de massa da formulação F-B é bastante inferior aos demais, visto que, a argila A-3 é uma argila que contém teores elevados de minerais acessórios, maior granulometria e menor plasticidade na comparação com as argilas A-1 e A-5. Com relação aos ciclos térmicos, o comportamento das três formulações é semelhante, ou seja, quanto maior a temperatura de queima maior a perda de massa.

Na Figura 4 são apresentadas as curvas de retração linear referentes às temperaturas de queima de 850, 950 e 1050 °C. Esse conjunto de resultados oferece uma outra forma de apreciar o comportamento

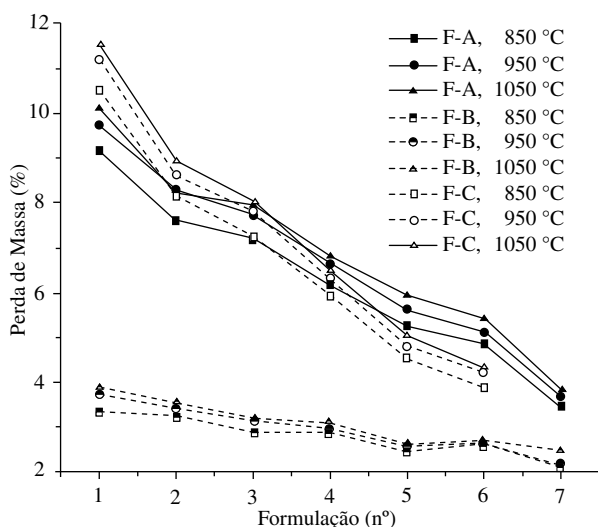


Figura 3. Curvas de perda de massa ao fogo das formulações F-A, F-B e F-C.

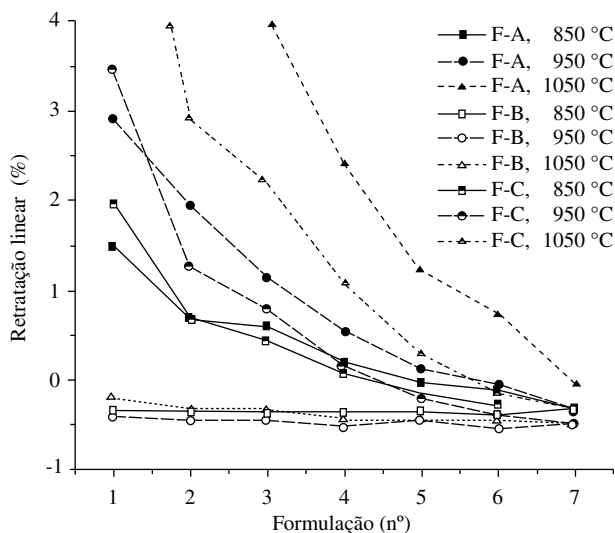


Figura 4. Curvas de retração linear das formulações F-A, F-B e F-C.

de queima dos três conjuntos de amostras estudadas. As tendências das curvas para os grupos de formulações F-A e F-C são idênticas, verificando-se uma diminuição da retração linear total com o aumento da quantidade das argilas não-plásticas (formulação: nº 1 → nº 7). Deste modo, as formulações com teores mais altos de argilominerais sofreram uma retração mais pronunciada nas temperaturas em todas as temperaturas estudadas, atingindo valores de retração muito elevados, superiores aos 3 %, na temperatura de 1050 °C. Nas formulações do grupo F-B a retração linear total foi muito baixa. Esse resultado é atribuído à grande quantidade de minerais acessórios, em especial o quartzo, que resultam na formação de um esqueleto refratário rígido e de alta estabilidade térmica. Essa ausência de retração sugere que o material não deve ter desenvolvido extensivamente as reações capazes de promover a coesão entre as partículas que compõem o compacto cerâmico. Isto deve comprometer drasticamente as propriedades mecânicas desse grupo de amostras.

A Figuras 5 contêm as curvas de absorção de água referentes aos grupos de formulações F-A, F-B e F-C nas temperaturas de 850 °C, 950 °C e 1050 °C.

Para os grupos de formulações F-A e F-C verifica-se uma redução apreciável da absorção de água com o aumento da temperatura, principalmente para as formulações com maior quantidade de minerais de argila. Esse efeito é bem pronunciado no grupo F-A, mais rico em argilominerais, é moderado no grupo F-C e irrelevante no grupo F-B, rico em minerais acessórios.

O grupo F-B apresentou valores relativamente altos de absorção de água. Esse resultado pode ser atribuído ao mau empacotamento das partículas nas formulações deste grupo aliado a uma baixa perda de massa durante a queima devido à predominância de minerais não-argilosos.

A Tabela 4 contém o resultado da massa específica aparente e da tensão de ruptura à flexão das formulações F-A, F-B e F-C, em função das temperaturas e das formulações com as argilas não-plásticas.

Observa-se que o aumento de temperatura de 850 °C para 1050 °C, na formulação nº 1, da formulação F-A, provocou um aumento da MEA de 1,93 g/cm³ para 2,33 g/cm³. No entanto, essa variação foi diminuindo na medida em que a argila A-2 foi sendo introduzida, de maneira que na formulação nº 7 o aumento da MEA foi de 1,99 g/cm³ para 2,03 g/cm³; conseqüentemente, a resistência mecânica teve também a menor variação. Quanto o efeito da adição da argila não-plástica (A-2), fixando as temperaturas, observa-se que ocorreu uma diminuição da TFR.

A formulação F-B teve um comportamento oposto ao da formulação F-A quando se elevou a temperatura de 850 °C para 950 °C e para 1050 °C ocorrendo uma irregularidade da AA e uma diminuição da resistência do material. Observa-se que a adição da argila não-plástica teve pouca influência na MEA e na TFR. Este fato deve-se a semelhantes características das argilas A-3 e A-4.

A formulação F-C, referente à massa cerâmica da indústria I-3, apresenta um comportamento semelhante ao da formulação F-A, diminuição da TFR com a introdução da argila não-plástica. Neste mesmo grupo de formulações, entre a formulação 1 e a 6 na temperatura de 850 °C, a MEA aumentou de 1,76 g/cm³ para 1,94 g/cm³, prevalecendo uma maior distribuição de tamanho de partículas. Entretanto, na temperatura de 1050 °C a MEA diminuiu de 2,04 g/cm³ para 1,93 g/cm³, prevalecendo o efeito da alta temperatura sobre a maior quantidade de minerais acessórios.

4. Conclusões

Com base nos objetivos propostos e resultados obtidos, chegaram-se as seguintes conclusões:

- O aproveitamento de argilas de menor plasticidade para cerâmica vermelha é totalmente indicado e perfeitamente possível tendo como base o conhecimento do comportamento

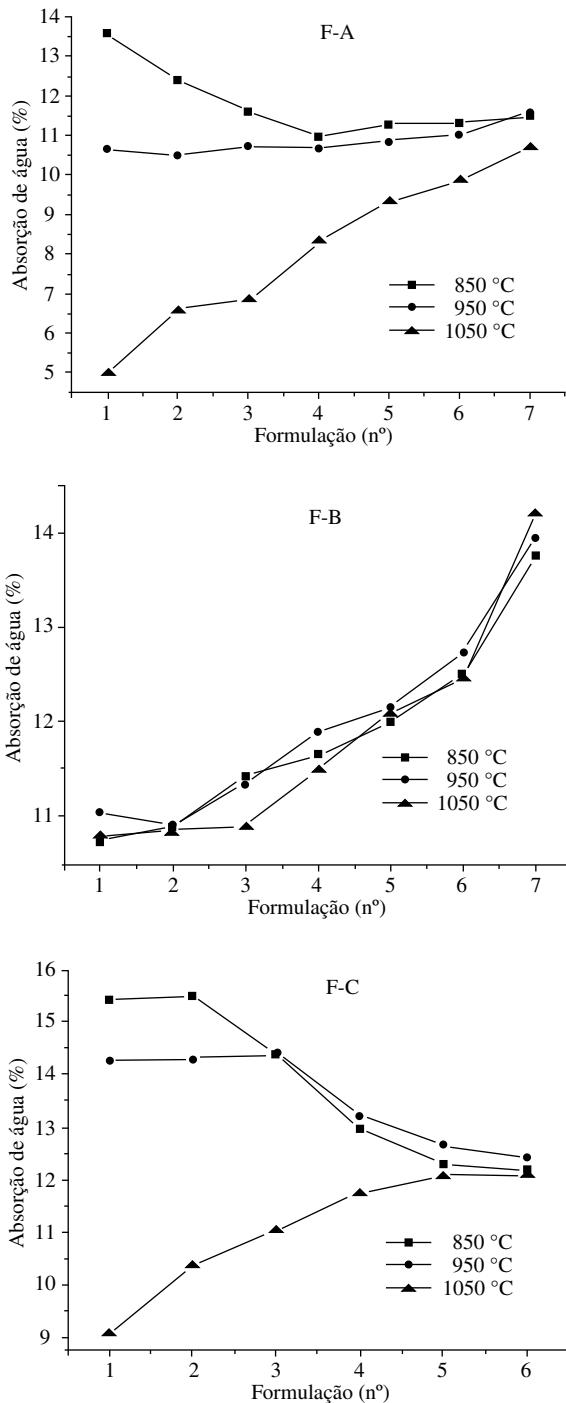


Figura 5. Curvas da absorção de água das formulações F-A, F-B e F-C.

individual das argilas e os procedimentos de formulação de massa;

- As matérias-primas A-1, A-3 e A-5 são caracterizadas por apresentar maior quantidade de minerais de argila, granulometria mais fina e maior reatividade térmica, sendo caracterizadas como argilas plásticas. As matérias-primas A-2, A-4 e A-6 apresentaram predominância de minerais acessórios, granulometria mais grosseiras e menor reatividade térmica. Estes dois comportamentos distintos justificam a mistura entre as matérias-primas, melhorando o processamento cerâmico e as propriedades finais, bem como, viabilizando a exploração das jazidas por períodos mais longos;

Tabela 4. Massa específica aparente e tensão de ruptura a flexão das formulações.

		F-A						
Propriedade		1	2	3	4	5	6	7
MEA (g/cm ³)	850 °C	1,93	1,99	1,99	2,05	2,02	2,02	1,99
	950 °C	2,05	2,06	2,04	2,05	2,03	2,02	1,99
	1050 °C	2,33	2,25	2,22	2,15	2,10	2,08	2,03
TFR (MPa)	850 °C	-	11,36	8,77	6,76	5,88	5,35	2,94
	950 °C	19,20	14,66	10,42	8,45	6,32	5,44	3,11
	1050 °C	26,04	19,43	13,19	8,92	6,31	5,69	3,50
		F-B						
Propriedade		1	2	3	4	5	6	7
MEA (g/cm ³)	850 °C	2,02	2,01	2,02	1,98	1,96	1,94	1,87
	950 °C	2,01	2,01	1,99	1,97	1,96	1,93	1,87
	1050 °C	2,01	1,99	2,01	1,97	1,95	1,93	1,85
TFR (MPa)	850 °C	2,73	2,38	2,29	2,43	1,56	1,23	1,02
	950 °C	2,71	2,04	2,16	2,28	1,61	0,83	0,93
	1050 °C	1,53	2,07	2,10	1,93	1,48	0,34	0,73
		F-C						
Propriedade		1	2	3	4	5	6	7
MEA (g/cm ³)	850 °C	1,76	1,77	1,82	1,90	1,94	1,94	-
	950 °C	1,82	1,80	1,84	1,89	1,93	1,94	-
	1050 °C	2,04	1,91	1,92	1,94	1,93	1,93	-
TFR (MPa)	850 °C	12,47	4,39	3,90	2,93	2,12	1,43	-
	950 °C	14,49	4,74	4,24	3,91	1,51	1,35	-
	1050 °C	13,12	6,40	4,87	3,19	1,31	1,29	-

- A formulação de massa para cerâmica vermelha com argilas plásticas e argilas não-plásticas é função do produto que se deseja fabricar. Em produtos que exigem maior resistência mecânica (ex. blocos estruturais e telhas) é aconselhável argilas com maior quantidade de minerais argilosos ou elevada temperatura de queima com moderada quantidade de argilas com predominância de minerais acessórios. Materiais com função de preenchimento estrutural (ex. blocos de vedação) quanto maior a porosidade fechada, melhor seu poder de isolamento térmico e acústico. Neste caso, o material não necessita de alta resistência mecânica, podendo-se utilizar maior quantidade de argilas não-plásticas; e
- De maneira geral as formulações estimadas para as argilas estudadas neste trabalho são: a) I-1: 50% da A-1 para 50% da A-2, ou seja, formulação 1:1; b) I-2: devido à semelhança entre as argilas desta indústria, o uso da argila A-4 mesmo não proporcionando benefícios para a formulação, só se justifica pelo prolongamento do tempo de utilização da jazida, entretanto é indicado utilizar a formulação com 100% da argila A-3; e c) I-3: 66,5% da argila A-5 para 33,5% da argila A-6, formulação 2:1.

5. Agradecimentos

A CAPES, ao CNPq, ao SIDICERÂMICA-RN e FAPERN.

Referências

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459: Solo** - Determinação do Limite de Liquidez. Rio de Janeiro, 1984, 6 p.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180, Solo** - Determinação do Limite de Plasticidade. Rio de Janeiro, 1984, 3 p.
3. Barba, A. et al. Materias primas para la fabricación de soportes de baldosas cerámicas, 1. ed. Casteilón: **Instituto de Tecnología Cerámica**, 1997. 291 p.
4. Culliti, B. D., Elements of X-ray diffraction, 2. ed. New York: Addison Wesley Publishing Co, 1978. 555 p.
5. Dutra, R. P. S. et al. Estudo da variação da tonalidade de materiais cerâmicos tradicionais. Parte-III: Efeito da composição química das argilas. In: XXI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa. Natal, RN, 2005. **Anais...**v. 1. p. 458-565.
6. Silva, A.G; MELCHIADES, F. G.; BOSCHI, A.O. Estudo da aplicabilidade da lei da aditividade na formulação de massas de revestimentos cerâmicos. In: 45º CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA. Florianópolis, Santa Catarina, 2001. **Anais...**(referência 05032).
7. Thorez, J. Practical identification of clay minerals. 1. ed. Belgium: Editions G. Lelotte, 1976. 90 p.