

Caracterização Estrutural e Microestrutural do Gesso Produzido pelo Pólo Gesseiro de Araripina

**Pedro Linhares da Cunha Filho^a, Ricardo Arthur Sanguinetti Ferreira^a,
Arnaldo Carneiro^b, Yeda Medeiros Almeida^c, Yogendra Prasad Yadava^{a*}**

^aDepartamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE,
CEP 50740-530, Recife - PE, Brasil

^bDepartamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

^cDepartamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

*e-mail: yadava@ufpe.br

Resumo: O processo produtivo no Pólo Gesseiro de Araripina-PE é muito diversificado, em virtude do grande número de empresas calcinadoras e da falta de padronização no recebimento das gipsitas que são extraídas, tornando difícil o processo de otimização da qualificação destes materiais, para efeito comercial e de pesquisa acadêmica. Neste trabalho foram realizadas caracterizações estruturais e microestruturais das gipsitas e dos seus sub-produtos. Foram utilizadas técnicas de caracterização físicas, químicas e mecânicas com microscopias óptica e eletrônica de varredura e os resultados obtidos servirão de base ao projeto de utilização de gesso na fabricação de blocos reforçados com fibras naturais e/ou sintéticas como alternativa à alvenaria na construção civil.

Palavras-chave: caracterização microestrutural, caracterização mineralógica, gipsita, resistência mecânica, blocos reforçados com fibras naturais e/ou sintéticas.

1. Introdução

O presente trabalho é parte integrante de um projeto caracterizador de um composto a base de gesso e fibras recicláveis utilizada na preparação de blocos alternativos à indústria da construção civil como elemento de alvenaria. O gesso é um material de construção e artístico utilizado há séculos no mundo inteiro. Hoje, Espanha, França, Estados Unidos e Brasil, são os maiores produtores de gesso e derivados da gipsita e industrialmente é utilizada como carga, veículo, dispersante e condicionador¹. O Pólo Gesseiro de Araripina-PE responde pela produção de aproximadamente 94% da produção nacional e exporta cerca de 25% da produção mundial.

O uso de blocos de gesso maciço nas construções justifica o interesse em melhorar as condições de calcinação da gipsita e do preparo dos gessos. A maximização das propriedades na elaboração de um composto gesso x fibra (sintéticas e/ou naturais) proporcionará uma agregação de valor a vários tipos de fibras produzidas e/ou descartadas em outros processos produtivos da região e na própria reciclagem dos refugos de gesso na construção civil.

2. Materiais e Métodos

O processo de fabrico do gesso (hemidrato-β) está centrado basicamente na calcinação de dois tipos de minerais de gipsita, a “rapadura” e a “cocadinha” e são destinados ao preparo de placas, blocos, revestimentos e artefatos de decoração. De acordo com o tipo de aplicação, gessos de pega lenta ou pega rápida são utilizados e estas características (composição e misturas com aditivos) podem conferir maior ou menor resultados na resistência dos produtos produzidos². Foram recebidos carregamentos de minerais de Gipsita (cocadinha, rapadura, alabastro e Johnson) extraídos das principais minas da região, além dos tipos de gessos produzidos (fundição, revestimento, massa e acabamento) que apresentavam teor de sulfatos de cálcio em torno de 97%, granulometria média entre 150 e 600 μm e densidade entre 0,65 e 0,80 g.cm⁻³.

Nos ensaios de caracterização física e mecânica foram utilizados blocos padrões medindo 50 x 50 x 50 mm. As seguintes técnicas foram utilizadas: especificação de consistência, tempo de pega pela técnica de Vicat e Vicat-modificado, de acordo a norma NBR 12128 da ABNT

e as normas NF B 12-401 (francesa), C 472-99 (ASTM) e 3049-74 (ISSO); temperatura de pega através de termopares Cromel-Alumel (tipo K) acoplados a um circuito de aquisição de dados informatizado; difração de raios-X em equipamento D 5000 da SIEMENS com radiação Cu-Kα em gessos puros nas consistências (relação água x gesso) 0,30 até 0,75; especificação da dureza de acordo com as normas NBR 12129 (ABNT), 3051-74 (ISO) e C 472-99 (ASTM), em durômetro WPM com carga de penetração de 50N, esfera de 10 mm de diâmetro nos mesmos materiais utilizados no Raio X; resistência a compressão em uma prensa WPM de 30 t e velocidade de deformação de 0,5 mm/mim; determinação das temperaturas de calcinação da gipsita por técnica de termogravimetria em aparelho DTA-TG Perkin-Elmer no intervalo de temperatura entre 25 e 400 °C e taxa de aquecimento de 5 °C/min nas amostras das gipsitas recebidas; microscopia óptica em microscópio Philips com luz transmitida e refletida com ampliação de até 1500x; microscopia eletrônica de varredura em um aparelho JEOL com magnificação de até 3000x; determinação dos tempos de secagem dos materiais fabricados com os gessos recebidos, em diversos níveis de consistência e em condições ambientais diversas.

3. Resultados e Discussão

3.1. Caracterização da gipsita

As gipsitas encontradas na região da Serra do Araripe são minerais que possuem em média 80% de teor de sulfato de cálcio^{3,5}, devido ao fato da região ter sido uma bacia sedimentar, o que determina a existência de impurezas do tipo carbonatos e silicatos. Análises Químicas realizadas nas amostras recebidas constataram um grau de pureza das gipsitas em torno de 79% de CaO e 21% de SO₃. Na Tabela 1 poderão ser encontradas as composições das gipsitas analisadas. A Anidrita Natural tem composição química CaSO₄, estequiometria de 41,2% CaO e 58,8% SO₃; estrutura cristalina Ortorrômbica, dureza variando entre 3 e 3,5, densidade de 2,95 g.cm⁻³ e índice de refração de 1,59⁴. A composição química detalhada de cada mineral está descrita na Tabela 1.

3.2. Caracterização estrutural

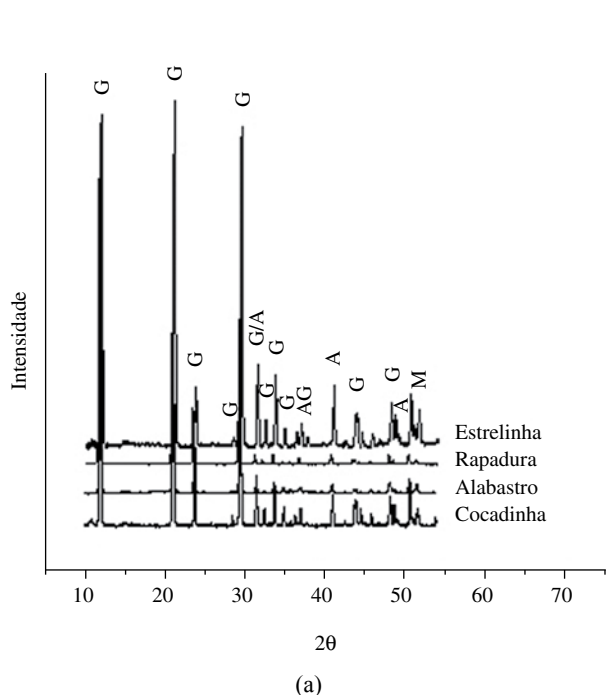
As amostras de gipsita foram analisadas por difração de raios-X e foram constatados teores de anidrita natural e carbonato de magnésio. Nas amostras dos minerais coletados os picos de maior intensidade estão próximos aos ângulos de 11.62°, 20.74° e 29.06°, indexados pelo padrão JCPDS 21-816 de Winchell (1951)⁷. A amostra da gipsita “estrelinha” revela a existência de um maior volume de impureza (MgCO₃). Na Figura 1 são demonstrados os teores das fases calculados pelas áreas nas difrações de raios-X.

Em trabalho sobre calcinação da gipsita, Khalil⁸ demonstra difratogramas semelhantes aos encontrados. Os resultados dos cálculos de frações feitos pelo método das áreas, nas difrações de raios-X, ajustam-se adequadamente as análises químicas em outras frações do mesmo material.

Os níveis de empacotamento das estruturas cristalinas, calculados a partir dos difratogramas de raios-X alteram-se consideravelmente mudando o tipo de gipsita. O tipo Alabastro é o que apresenta o melhor fator de empacotamento, teoricamente é o que necessitará de maior aporte térmico na calcinação. A Figura 1b mostra a variação do parâmetro “d” com relação aos três maiores planos encontrados nas amostras analisadas.

Tabela 1. Análise Química das gipsitas da região do Araripe.

Determinações	Cocadinha	Estrelinha	Rapadura	Alabastro
Umidade (45 °C)	0,07	0,07	0,06	0,05
Água combinada (225 °C)	20,12	19,75	19,82	20,05
Perda ao fogo (1000 °C)	0,92	1,08	1,74	1,29
Resíduos insolúveis	0,33	0,25	0,20	0,47
Sílica (em SiO ₂)	0,29	0,27	0,08	0,13
Ferro e alumínio (em R ₂ O ₃)	0,19	0,22	0,20	0,17
Cálcio (em CaO)	32,90	32,54	32,24	32,30
Magnésio (em MgO)	0,18	0,33	0,08	0,01
Sulfatos (em SO ₃)	45,00	45,49	45,58	45,53
Sulfato de cálcio hidratado	77,90	78,03	77,82	78,83



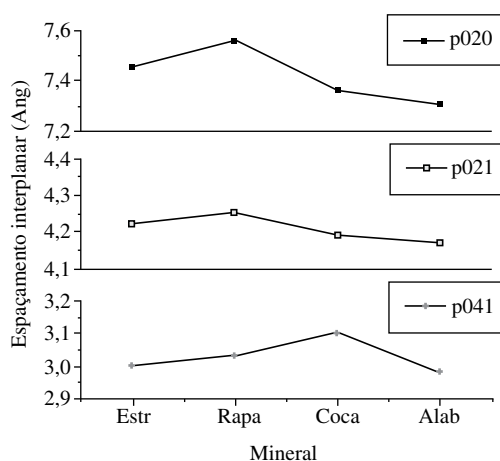
3.3. Análise termogravimétrica

A transformação $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ caracteriza a fabricação dos gessos pela calcinação da Gipsita. Métodos de ensaios termogravimétricos em aparelhos DTA-TG possibilitam a identificação das temperaturas nas quais ocorrem a retirada da água. Os minerais recebidos foram analisados e os resultados são apresentados na Tabela 2.

Pela estequiometria o sulfato de cálcio hidratado possui um percentual de massa em relação à água de 84,3% e o sulfato de cálcio semi-hidratado (Gesso) de 6,2%. Desta maneira, analisando os dados retirados das análises termogravimétricas em análises dinâmicas, em temperaturas próximas a 153 °C cerca de 23% da massa gipsítica já teria se transformado em hemidrato e se a temperatura for de 400 °C, teríamos aproximadamente cerca de 12% de Anidrita solúvel no material calcinado⁹ (de acordo com o termograma demonstrado na Figura 2).

Estudos sobre calcinação da gipsita revelam que a existência de Anidrita-γ (forma insolúvel) na composição do gesso prejudica alguns parâmetros de trabalhabilidade e resistência³.

As temperaturas de transformação (TT) do grupo de minerais analisados, estão muito próximas, considerando-se o teor de im-



Rocha	GYP	Anid	Carb
Alab	0,972	0,010	0,018
Coca	0,890	0,086	0,024
Rapa	0,906	0,076	0,018
Estr	0,844	0,123	0,033

Tabela 2. Caracterização termogravimétrica dos minerais de gipsita.

Mineral	M. inicial (mg)	Umíd	Hemidrato (h)				Anidrita solúvel (a)				M final (mg)
			TTi (°C)	TTf (°C)	Perda* (mg)	%	TTi (°C)	TTf (°C)	Perda* (mg)	%	
Rapadura	65,24	1,81	102,20	192,61	12,95	0,2354	192,61	401,13	0,52	0,129	51,00
Cocadinha	69,38	0,02	96,80	194,80	13,87	0,2372	194,80	401,45	0,49	0,114	55,00
Estrelinha	60,91	0,29	101,76	191,17	12,19	0,2374	193,65	401,77	0,43	0,114	48,00
Alabastro	66,95	0,08	92,74	193,44	13,38	0,2371	193,44	401,63	0,50	0,119	53,00

*Cálculo referente a perda de H₂O durante a transformação.

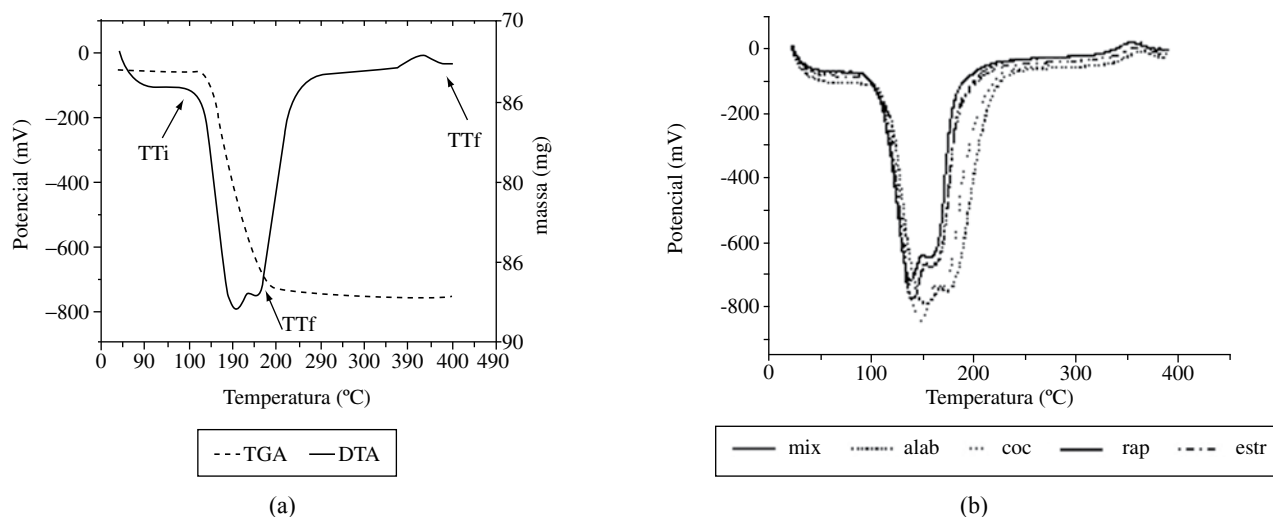


Figura 2. Termogravimetria das gipsitas: a) mineral alabastro com taxa de aquecimento de 5 °C/min; e b) comparativo das curvas termogravimétricas dos minerais puros e do “mix” para estudo de calcinação.

pureza que alguns destes minerais possuem. O mineral Alabastro apresenta temperaturas de início (TTi) e fim (TTf) de transformação entre 118 e 211 °C respectivamente, tendo o pico endotérmico em 153 °C (Figura 2a). As demais temperaturas de transformação são encontradas na Tabela 3.

Um “mix” de 25% de cada mineral foi preparado para que fossem identificados os intervalos de temperatura para realização de algumas calcinações em escala laboratorial, que indicaram temperaturas de transformação entre 148 e 201 °C e maior pico acontecendo em 148 °C (Figura 3b).

3.4. Caracterização morfológica

Os cristais de gipsita assemelham-se aos cristais de selenita ou santipar e tem estrutura monoclinica. De formato grosseiro, os cristais podem ser vistos ao microscópio óptico sob líquidos de refração entre 1,521 e 1,530. Apresentam formas diferenciadas da Anidrita Natural, que podem ser encontradas na forma de blocos cristalinos de arestas quadradas (Figura 3d), devido a sua forma entrelaçada (Figura 3e). Fotografias dos minerais de gipsita do tipo “rapadura”, “cocadinha” e “Johnson” são demonstrados nas Figuras 3a, b e c.

4. Caracterização dos Gessos

Em Araripina-PE e região são produzidos gessos para diversas finalidades: para fundição de elementos utilizados na construção civil (placas, blocos e peças decorativas); para revestimento e acabamento de paredes; como insumos industriais (utilizados em matrizes e moldes para cerâmica); para peças artísticas e para fins medicinais. Para cada finalidade existem condições de fabricação e trabalhabilidade diferentes, que exigem desde o tipo de mistura pré-calcinação até a cuminição e preparo pós-calcinação, onde as adições de componentes químicos e orgânicos são efetuados.

Devido ao escopo do projeto do bloco, gessos que não sejam indicados para materiais “fundidos” ou possuam adição de produtos que retardam os tempos de endurecimento da massa, podendo vir a reduzir os níveis mecânicos, não serão citados.

4.1. Caracterização estrutural

Misturas para fundição necessariamente exigem tempos curtos de pega (cristalização), enquanto que misturas para revestimento e acabamento exigem tempos longos de pega, capaz de proporcionar a trabalhabilidade com a massa. Adições de Anidritas Solúveis e Insolúveis, além de alguns retardantes químicos, alteram os tempos de pega¹.

A Figura 4 mostra os difratogramas dos gessos e a Tabela 3 especifica os teores quantitativos medidos pelo método das áreas. Foram detectados teores de gipsita não calcinada, hemidrato-β, anidrita insolúvel e carbonato de cálcio e todos os resultados e foram indexados por padrões do JCPDS 2000¹⁰⁻¹². Os gessos são de estrutura monoclinica com parâmetro de rede 12,0317 Å (a); 6,9269 Å (b); e 12,6712 Å (c) e distorção da célula de aproximadamente 96,270°, enquanto que os comprimentos dos eixos X e Y mediram 1,7370 e 1,8293 Å respectivamente. As Figuras 5a e b são imagens de de gessos, onde apenas são encontrados cristais de gipsita não calcinadas. Nas Figuras 5c e d mostram os cristais de gipsita re-hidratada obtida a partir de gessos com granulometrias de 225 e 450 μm.

4.2. Consistência, tempo e temperatura de pega

O ensaio de consistência demonstram a quantidade ótima da relação água/gesso que permita uma boa trabalhabilidade com a mistura. O sulfato de cálcio hemi-hidratado é solúvel em água e como normalmente o teor de água na mistura é menor que o de gesso, temos a formação de uma solução saturada de gesso em água. Em condições normais uma solução supersaturada não pode se manter, provocando a formação de precipitados de partículas extremamente finas de gesso hidratado. Durante a absorção de água pela reação

química de hidratação e evaporação, as partículas, geralmente de forma coloidal⁸, se aproximam uma das outras, formando cristais que vão crescendo na forma de agulhas e se entrelaçando durante a reação (Figura 6). Essa formação de cristais é a principal responsável pela resistência mecânica das peças em gesso.

As consistências dos diferentes tipos de gessos recebidos foram determinadas pelo método de Vicat Modificado representando uma

Tabela 3. Caracterização dos compostos encontrados nas amostras de gesso.

Material	Hemidrato (%)	Gipsita (%)	Anidrita (%)	Carbonato (%)
FD	85,5	5,6	6,6	2,3
SM	94,0	2,1	2,1	1,8
SRK	51,0	47,0	2,0	0,0
SRV	88,9	6,5	3,4	1,2

média de três leituras. Os quantitativos de material sólido na mistura para aplicação em fundição, rejunte, revestimento e acabamento foram de 260, 230, 200 e 245 g respectivamente. As temperaturas e dos tempos de pega estão demonstrados na Tabela 4. Na Figura 7 estão demonstrados os gráficos dos tempos e temperaturas de pega das amostras de gesso analisadas.

A quantidade estequiométrica de água necessária para ativar a reação de hidratação dos gessos para fundição é de aproximadamente 18%, entretanto as condições de trabalhabilidade da mistura exigem um mínimo de 20% de água. Diversos trabalhos citam o fato de que teores superiores ao quantitativo estequiométrico provocam o aparecimento de porosidades, em escalas macro e micrométrica que comprometem os níveis de resistência mecânica do material. Para se adotar os padrões de consistência indicados pela referida norma, ter-se-ia que se aceitar as condições impostas a mistura, o que não é o caso deste trabalho.

Dentro das condições normatizadas pela NBR 12128, foram estimados os tempos (t) e as temperaturas (T) de endurecimento da

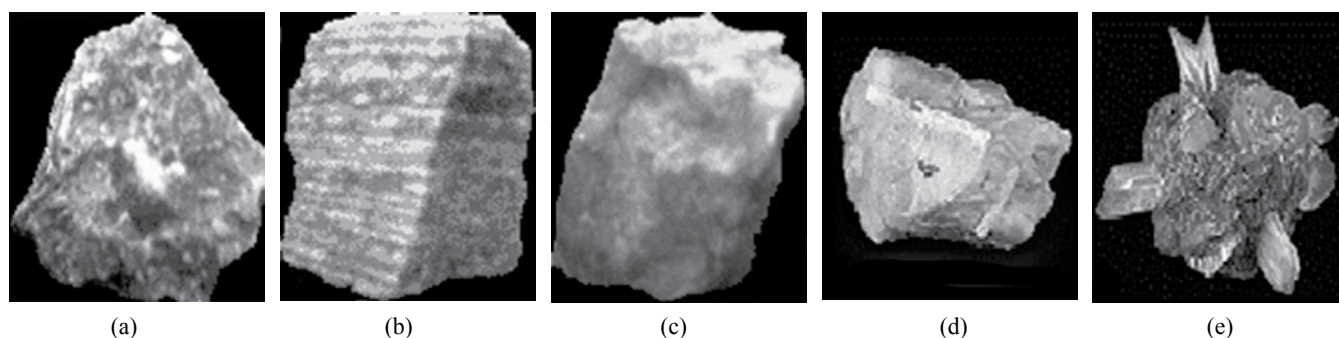


Figura 3. Micrografia óptica das rochas do mineral gipsita: a) gipsita rapadura; b) cocadinha; c) Johnson; d) anidrita natural; e e) selenita.

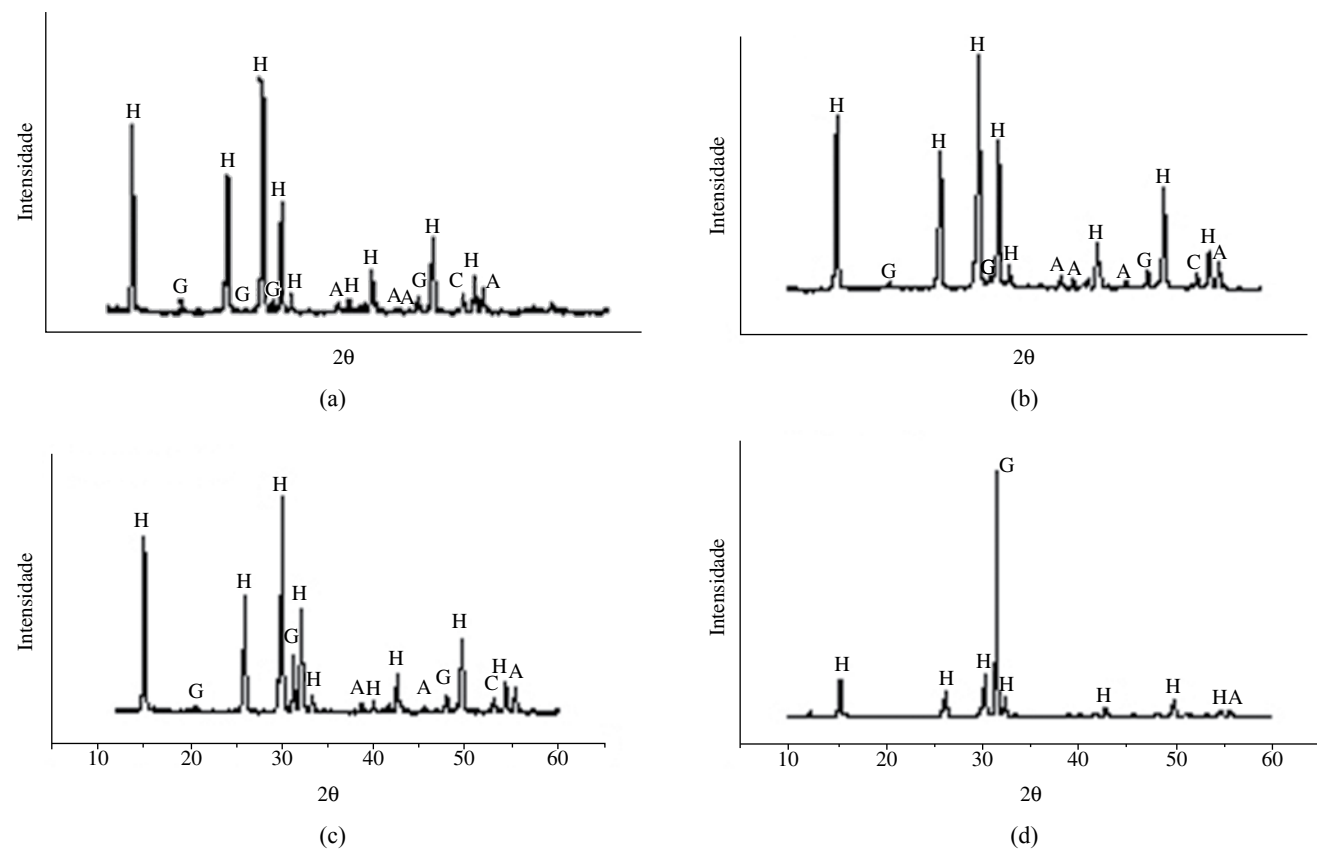
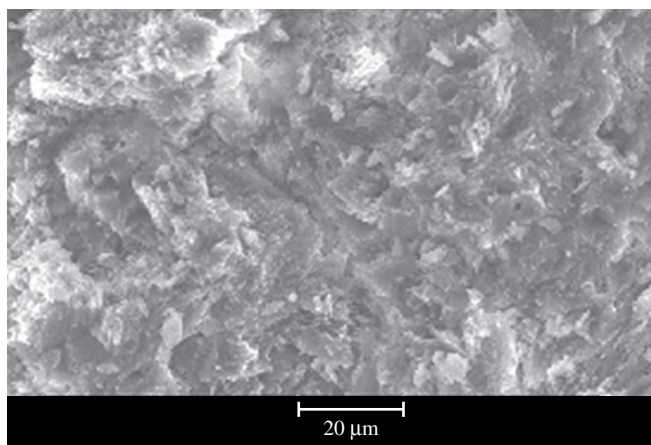
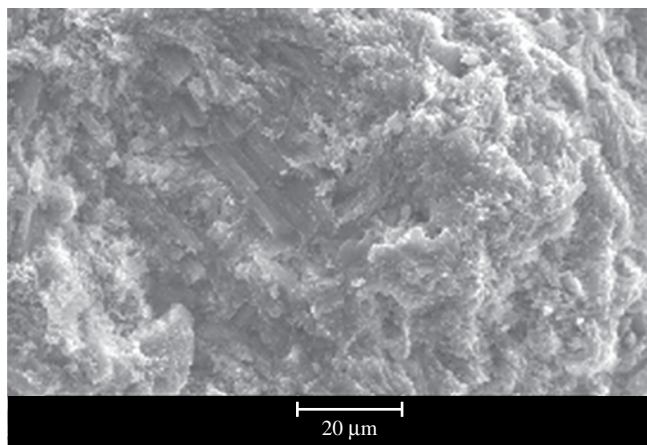


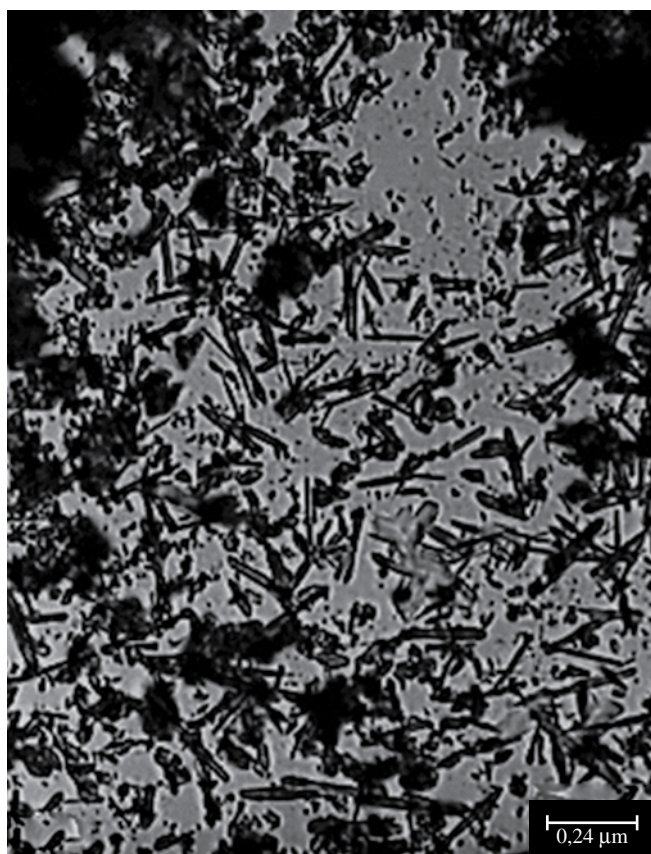
Figura 4. Difratogramas dos gessos utilizando radiação Cu-K α : a) fundição; b) massas; c) revestimento; e d) acabamento.



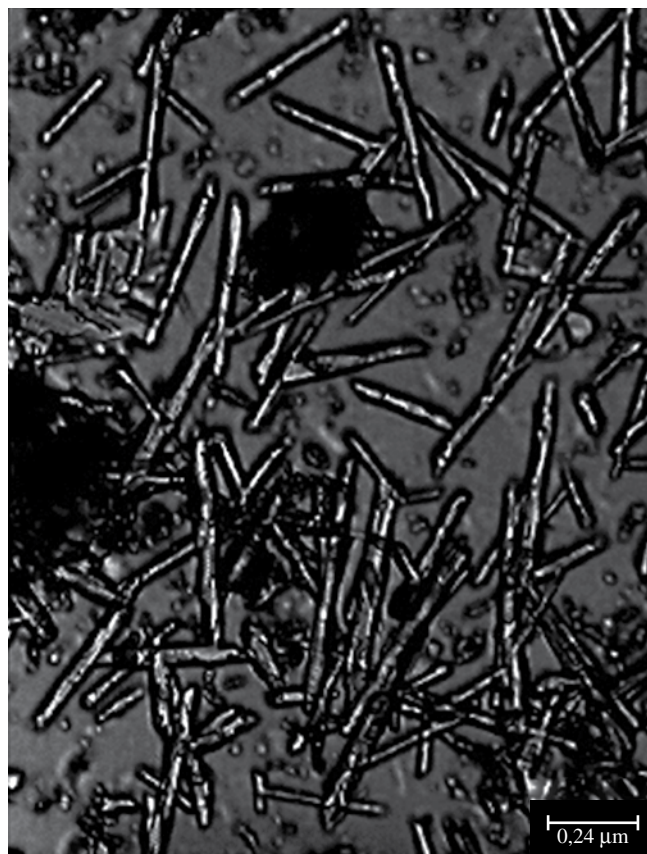
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 5. Morfologias dos cristais de gesso feitos com granulometrias diferenciadas: Microscopia Eletrônica de Varredura, aumento de 2000x a) gessos com granulometria média de 225 µm re-hidratado; b) gessos com granulometria média de 450 µm re-hidratado; Microscopia Ótica, aumento de 100x; c) granulometria média de 225 µm; e d) granulometria média de 450 µm.

pastas. O tempo de manuseio da massa (t_{nuc}) é de aproximadamente 12 minutos para gessos de fundição e de aproximadamente 30 minutos para gessos de revestimento. As temperaturas iniciais (TT_i) e finais (TT_f) da transformação exotérmica estão compreendidas no intervalo entre 28 e 40 °C para todos os tipos de gessos, enquanto que para o final do aquecimento e a total formação do “esqueleto” gipsítico exigem tempos para reação (t_{rea}) entre 7 e 20 minutos e de 24 a 39 minutos até a sua total compleição.

4.3. Secagem dos gessos

Na determinação dos parâmetros de pega, com relação aos graus de consistências de misturas, foram determinadas as perdas de massa

e os tempos despendidos no processo de secagem dos corpos de prova até o ponto de massa constante ou variabilidade de 0,1 g e o início dos registros começaram após 3 horas de misturado. Em todos os tipos de gesso foram confeccionados 18 blocos de tamanho padrão e secados em ambiente cobertos a 30 ± 2 °C e com umidade em torno de $60 \pm 5\%$. Verificou-se que na média que o processo de hidratação provoca na mistura uma perda em torno de 4,6% de sua massa, referente ao processo de solubilização do gesso. Apenas o material destinado à fabricação de rejuntas de placas, apresentou perda inicial de apenas 2,6%. Desta maneira, determinou-se a massa referente à água de transformação, que variou de 6 a 13 g por bloco. O tempo de secagem nas condições acima descritas foi de 12 dias, demonstrando

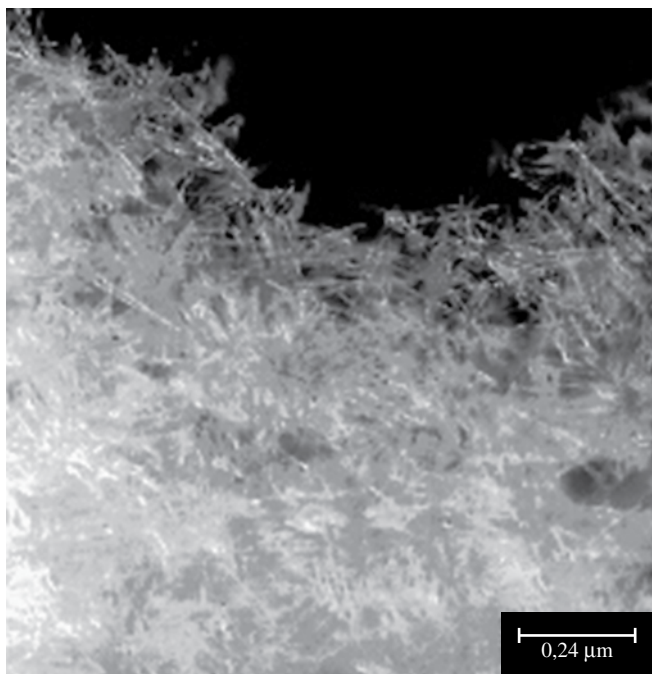


Figura 6. Morfologia microscópica dos cristais após a re-hidratação do gesso na forma de agulhas, aumento de 50x.

perdas de aproximadamente 26% de seu peso. A Tabela 5 traz todos os parâmetros estudados. A Figura 7a mostra que na secagem ao ambiente, os materiais feitos com gesso de fundição estão completamente secos dentro do prazo de 7 dias, enquanto que os materiais feitos com gesso massa levam em média 11 dias para secar.

Os resultados do processo de secagem dos corpos de prova em forno a 45 °C estão demonstrados nas Figuras 8a e 8b, que mostra o comportamento dos materiais puros e os que foram elaborados com gesso de fundição dentro do intervalo de consistência de 0,40 a 0,55 e adição de retardante a base de Citrato de Sódio (Figura 7b). As amostras de menor relação água/gesso, com e sem retardante, apresentaram o mesmo comportamento, estando secas dentro do prazo de 72 horas, o mesmo tempo foi detectado para a amostra que possuía a consistência intermediária. As amostras com consistência maior precisaram de 120 horas para estabilizar. Corpos de prova elaborados com materiais de fundição, em misturas mais secas, perdem no processo de re-hidratação e secagem cerca de 15% de sua massa, enquanto que misturas mais aquosas provocam perdas de até 24% da massa inicial.

4.4. Dureza, porosidade aparente e absorção de água

Optou-se em trabalhar com o gesso para fundição de placas e blocos, em virtude deste ter o menor tempo de pega e os maiores níveis de resistência mecânica (o que será abordado a seguir). O ensaio de

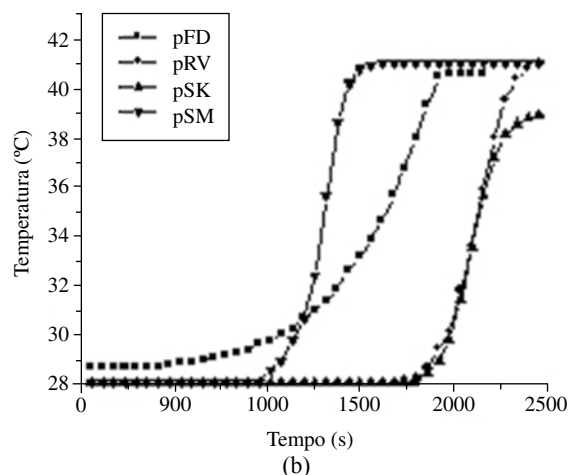
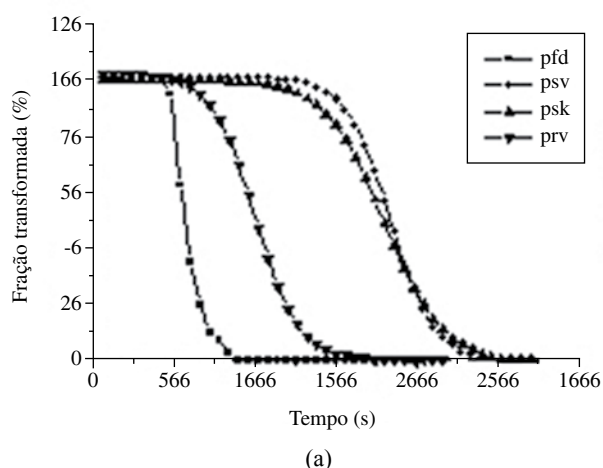


Figura 7. “Pega” do gesso: a) evolução do endurecimento da massa em relação ao tempo; e b) tempo necessário para completa formação da estrutura re-hidratada.

Tabela 4. Parâmetros de formação da estrutura do gesso.

Material	Finalidade	Formação da estrutura						Endurecimento da estrutura			
		t _{nuc} (sec)	TT _i (°C)	TT _f (°C)	t _{final} (sec)	t _{rea} (min)	t _{pega} (min)	t _{nuc} (sec)	t _{final} (sec)	t _{rea} (min)	t _{pega} (min)
FD	Fundição	733	28,64	40,50	1927	19,90	32,20	436	737	5,0	12,3
RV	Rejunte	1032	28,18	40,96	1466	7,20	24,40	709	1311	10,0	21,9
SM	Arte decor	1805	28,18	41,12	2362	9,30	39,30	1525	2184	11,0	36,4
SK	Revest	1831	28,02	38,95	2319	8,10	38,60	1396	2180	13,1	36,3

Tabela 5. Parâmetros de secagem ao ambiente*.

Tipo	Consistência	Massa úmida*	Perda de H ₂ O (%)	Água de transf (g)	Massa para secagem	Após secagem	Perda (%)	Tempo para secagem (dias)
FD	0,58	295,6	4,60	13,0	282,6	208,4	26,3	7
RV	0,56	302,1	4,60	13,0	289,1	218,7	24,4	7
SM	0,65	269,3	2,60	6,8	269,3	187,0	28,8	11
SK	0,61	285,2	4,10	11,2	274,0	196,1	28,4	7

*Temperatura: 30 ± 2 °C - Umidade relativa do ar: 60 ± 5%

dureza deste material foi realizado respeitando-se as determinações da NBR 12129.

Foram preparadas cinco misturas com consistências diferenciadas entre 0,38 e 0,65 de relação água/gesso, onde foram aferidos os volumes e as respectivas perdas de massa durante a secagem, até massa constante, para determinação do poder de absorção d'água; e nos níveis de consistência entre 0,38 e 0,54 da relação água/gesso para determinação da porosidade aparente, obedecendo a Equação 1,

$$P = (W.D_s)/D_a \quad (1)$$

onde W consiste no coeficiente de perda de massa durante a secagem, D_s representa a densidade calculada do bloco e D_a é a densidade da água.

Na Figura 9a é demonstrado que o aumento nas proporções de água acarreta um acréscimo de vazios no bloco. Conseqüentemente o nível de resistência superficial é drasticamente reduzido. Um outro fator que está atrelado aos níveis de porosidade é o aumento no poder de absorção de água, quando elementos fabricados com consistências acima de 0,6 podem absorver mais de 30% de sua massa em água (Figura 9b).

4.5. Resistência mecânica

Foram realizados ensaios mecânicos de compressão em blocos de tamanho 50 x 50 x 50 mm e determinados os módulos de elasticidade (Young) e as tensões de ruptura. O parâmetro consistência tem grande

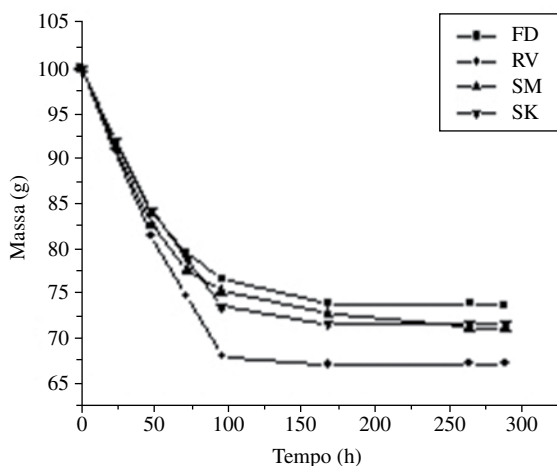
importância no estudo das propriedades mecânicas dos materiais, demonstrado que os níveis de resistência caem drasticamente quando se opta por adicionar mais água à mistura.

A Figura 9a demonstra o comportamento das variáveis acima mencionadas, enquanto que a Figura 9b demonstra o gráfico tensão x deformação característico para materiais puros feitos a base de gesso. Pode-se notar que existe um comportamento não-linear no início do intervalo elástico da curva. Isto é caracterizado pela "acomodação" das porosidades formadas nos materiais.

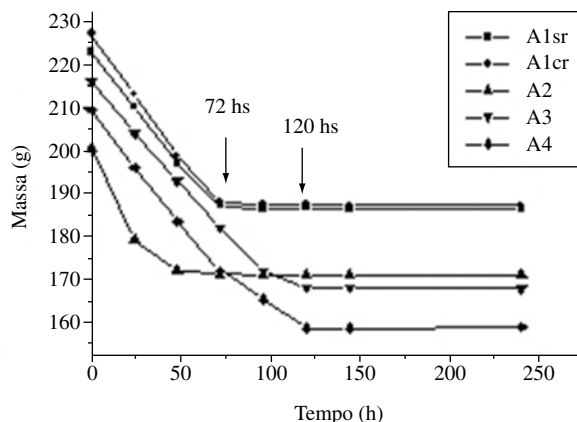
5. Conclusões

Os estudos apresentados neste trabalho servem de base teórica ao trabalho de obtenção de um bloco de gesso que será reforçado com fibras sintéticas e/ou naturais. Os resultados aqui obtidos estão respaldados por inúmeros outros trabalhos, mas complementam-se quando demonstram o valor das variáveis estudadas e caracterizam cada tipo de matéria-prima em virtude das regionalidades dos produtos.

Um fato que merece destaque está no teor de Gipsita não calcinada, que reduz os níveis das propriedades físicas e mecânicas dos materiais estudados e que demonstra falhas no processo de calcinação. Por motivo de segredo industrial a presença deste composto na composição do gesso, os tipos de aditivos e suas respectivas quantidades não foram revelados, prejudicando a análise de suas influências nos parâmetros desejados.

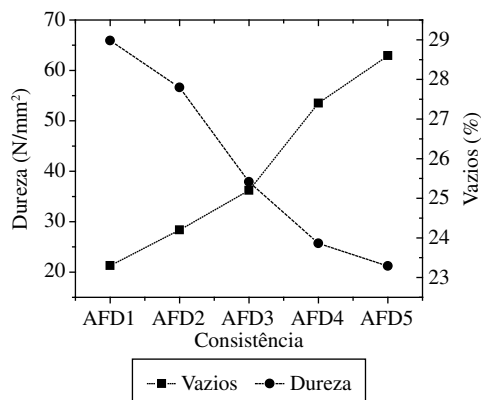


(a)

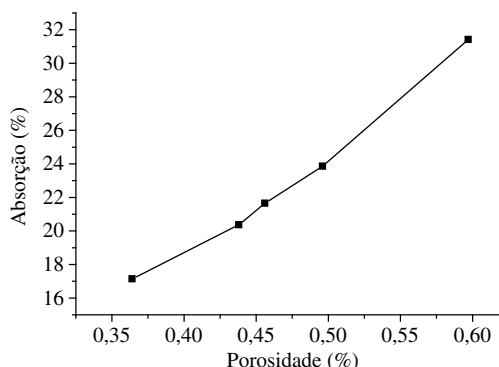


(b)

Figura 8. Curva de Secagem dos corpos de prova em a) ambiente a 30 ± 2 °C e umidade de $60 \pm 5\%$; e b) secados em forno a 45 ± 3 °C e umidade de $70 \pm 5\%$.



(a)



(b)

Figura 9. Ensaios de caracterização física: a) dureza x porosidade aparente; e b) capacidade de absorção de água x porosidade aparente.

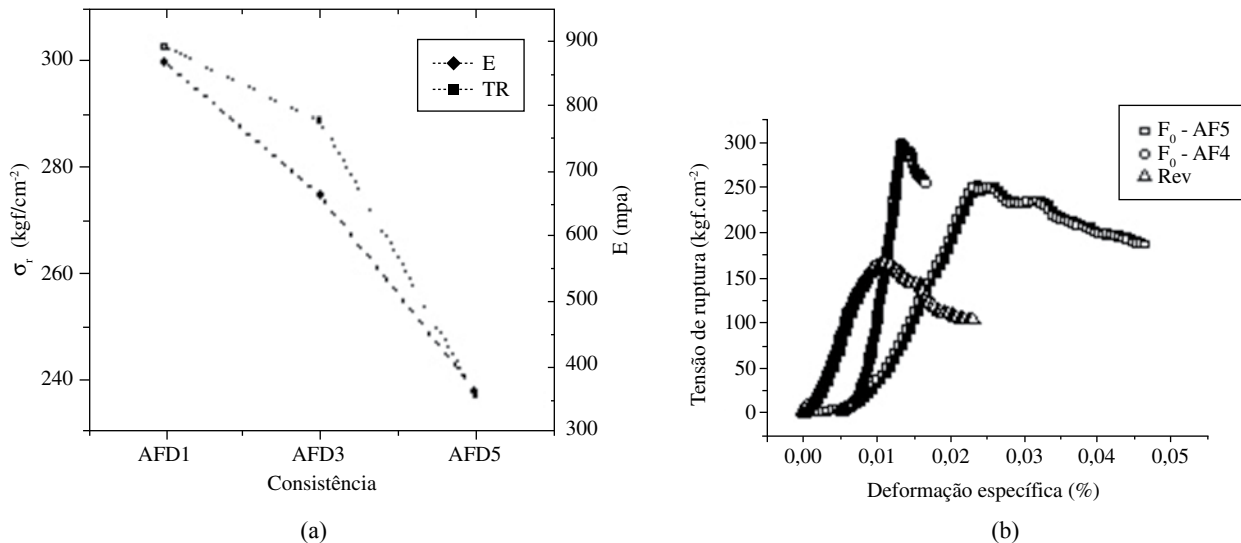


Figura 10. Comportamento mecânico do gesso de fundição em função do parâmetro consistência: a) variação da tensão de ruptura e módulo de elasticidade; e b) gráfico tensão x deformação.

Com relação às propriedades mecânicas os materiais feitos com gessos de fundição, que foram secados em condições ambientais diferenciadas, não apresentaram divergências em suas medidas, possibilitando que o tempo de secagem seja reduzido consideravelmente.

Materiais elaborados com gessos para revestimento/acabamento apresentaram níveis de resistência mecânica inferiores aos de fundição, fato este que impossibilita sua aplicação em blocos para alvenaria.

Agradecimentos

Agradecemos ao programa RHAEC/CNPQ pelo apoio a este projeto que possibilitará o desenvolvimento de tecnologia de reaproveitamento de materiais recicláveis. Ao Sindugesso pelo apoio técnico e material que tem dado. Aos professores e co-autores deste trabalho que dedicaram participação importante com seus conhecimentos e aos alunos de iniciação científica que demonstraram empenho no aprendizado das técnicas aqui utilizadas.

Referências

1. Pereira, E. B. **Perfil Analítico da Gipsita**. Rio de Janeiro: DNPM, 1973.
2. Peres, L.; Benachour, M.; Santos, V. A. **O Gesso: Produção e Utilização na Construção Civil**. Recife-Pe: Editora Bagaço, 2001.
3. Angeleri, F. B.; Cardoso, S. R. F. Gipsitas brasileiras e sua aplicação como Gesso na indústria cerâmica. Descrição dos métodos utilizados

para seu estudo e caracterização. Parte I: Ensaios Químicos. **Cerâmica**, v.28, n.156, p.471 - 479, 1982.

4. Kuntze, R. A. **The chemistry and Tecnology of Gypsum**. STP 861. USA: ASTM, 1984.
5. Abdel-Aziz, A. K. Some Aspects of the Hydrothermal Calcination of Gypsum. **Themochimica Acta**, v.53, p.59-66, 1982.
6. Font-Altaba, M. **Atlas de Mineralogia**. Rio de Janeiro: Ed Ibero-Americano, 1969.
7. Winchell, A. N.; Winchell, H. **Elements of optical mineralogy: an introduction to microscopic petrography**. 4 ed. New York: John Wiley, 1951. 551 p.
8. Jordão, M. A.; Goulart, E. P.; Souza, D. D.; Kiyohara, P. K. Gesso: Sua influencia sobre o comportamento do molde no processo de colagem. CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 33, 1989, Serra Negra, SP. **Anais...** Serra Negra: ABC, 1989.
9. Ferreira, R. A. S.; Amorim, I. S.; Yadava, Y. P.; Baraúna, O. S.; Aguiar, J. A. O. Estudos da Cinética de Decomposição dos Diferentes Tipos de Gipsita do Araripe Pernambucano. CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 47, 2003, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABC, 2003
10. Bezou, C. Investigation of the Crystal Structure of γ -CaSO₄, CaSO₄ · 0.5 H₂O, and CaSO₄ · 0.6 H₂O by Powder Diffraction Methods. **Journal of Solid State Chemistry**, v.117, n.1, p.165 - 176, 1995.
11. McMurdie, H. F. Standard X-Ray Diffraction Powder Patterns from the JCPDS Research Associateship. **Powder Diffraction**, v.1, n.3, p.265, 1986.
12. Wyckoff, R. W. G. JCPDS 2000 (85-1108). **Am. J. Sci.**, v.50, p.317, 1920.