

CARACTERIZAÇÃO DE MATÉRIAS-PRIMAS UTILIZADAS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO CELULAR

A. A. P. Mansur¹, H. S. Mansur¹

Rua Espírito Santo, 35/316 – Centro, Belo Horizonte, MG, CEP: 30160-030,
hmansur@demet.ufmg.br

¹Depto. Engenharia Metalúrgica e Materiais da Universidade Federal de Minas Gerais

RESUMO

O concreto celular é um concreto leve obtido a partir do aprisionamento de bolhas de ar na matriz de argamassa pelo uso de um agente gerador de ar. Diversos são os agentes geradores de gases que podem ser misturados com cal e/ou cimento, capazes de promover um aumento de volume e deixar uma estrutura porosa remanescente quando os gases escapam. No entanto, pó de alumínio finamente dividido é o mais utilizado. Neste estudo, as matérias-primas utilizadas na produção de concreto celular, a saber, cimento, cal virgem, areia, filler calcário e pó de alumínio, foram caracterizadas quanto à composição química e quanto às propriedades microestruturais e cristalográficas através de fluorescência de raios-X, microscopia eletrônica de varredura acoplada com espectroscopia de energia dispersiva e difração de raios-X. Além disso, a influência das características obtidas nas reações químicas que ocorrem durante a obtenção do concreto celular também foram avaliadas.

Palavras-chave: concreto celular, caracterização, XRF, XRD, SEM.

INTRODUÇÃO

O concreto celular é um concreto leve obtido a partir do aprisionamento de bolhas de ar na matriz de argamassa pelo uso de um agente gerador de ar⁽¹⁾.

As vantagens associadas com o uso deste material vão desde a sua baixa

densidade, o que permite uma redução de carga no dimensionamento de estruturas de concreto e suas fundações, às propriedades de isolamento térmico e acústico⁽¹⁻³⁾.

Diversos são os agentes geradores de gases que podem ser misturados com cal e/ou cimento capazes de promover um aumento de volume e deixar uma estrutura porosa remanescente quando os gases escapam. No entanto, pó de alumínio finamente dividido é o mais utilizado⁽¹⁾.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar as matérias-primas utilizadas na fabricação do concreto celular, bem como identificar os principais parâmetros associados às matérias-primas envolvidos nas reações que ocorrem durante a obtenção do concreto celular.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste estudo foram avaliados o cimento, a areia, o cal e o filler calcário utilizados na produção de concreto celular. Os materiais foram gentilmente doados pela Precon Industrial S.A..

A identificação dos elementos químicos presentes na amostra foi realizada através de fluorescência de raios X (XRF). Foi utilizado o equipamento PW 9710 mpd, PHILIPS. Antes dos ensaios, as amostras foram cominuídas até que 100% da amostra fosse passante na peneira de abertura 0,075 mm.

As fases cristalinas constituintes das matérias-primas foram identificadas através de difração de raios X (XRD), utilizando o difratômetro PW 1710, PHILIPS. Para esta avaliação as amostras foram preparadas conforme descrito para XRF.

Análise morfológica e dimensional dos materiais em análise foram conduzidas através de microscopia eletrônica de varredura (MEV). Foi utilizado o equipamento JSM 6360LV, Jeol/Noran acoplado com Espectrômetro de Energia Dispersiva (EDS). Imagens foram obtidas utilizando elétrons secundários (SE – Secondary Electrons) e elétrons retroespalhados (BSE) e energia do feixe de 15 kV. Espectros de energia de elétrons, que permitem a avaliação da composição química elementar, foram obtidos através da captura dos raios X característicos. Para a avaliação por MEV/EDS, as amostras foram dispersas em lâmina de vidro utilizando álcool benzílico e, antes do ensaio, foram recobertas com uma fina camada de ouro ou carbono para tornar a amostra condutora.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Fluorescência de Raios X

Os resultados obtidos para os diferentes materiais em estudo estão mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados de Fluorescência de raios x.

Elementos Químicos	Amostras			
	Cimento	Areia	Cal	Filler
Si	++++	++++	++	+++
Ca	++++	-	++++	++++
Al	++	++	+	++
Fe	+++	++	++	++
S	+++	+	++	++
K	++	+	+	+
Na	+	-	+	+
Mg	++	+	+	++
Sr	+++	-	+++	+++
P	++	+	++	-
Ti	+	+	-	+
Mn	+	+	+	+
Cr	+	+	+	+
Ni	+	+	-	-
Cu	-	+	-	-
B	-	-	-	-
Cl	-	-	+	-

Legenda: ++++ → Principais elementos químicos; +++ → Elementos químicos presentes em quantidades intermediárias; ++ → Elementos químicos presentes em pequenas quantidades; + → Elementos químicos presentes na forma de traços; - → Elemento não identificado

Os resultados obtidos refletem a fórmula química/natureza dos materiais analisados. Não foram verificados quaisquer elementos químicos estranhos aos materiais em quantidades significativas. Os teores obtidos de estrôncio, situados na faixa de intermediário a pequeno, são devido à sua similaridade química com o cálcio, tendo sido observado apenas nas amostras com elevados teores deste elemento (Ca). É interessante observar que esta técnica não é capaz de detectar de forma precisa elementos químicos de baixo peso molecular, incluindo C, H e O.

Difração de Raios X

O difratograma obtido para o cimento (Figura 1) apresenta os componentes esperados: alita (C_3S), belita (C_2S), aluminato (C_3A), ferrita (C_4AF), gesso ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) e calcita ($CaCO_3$).

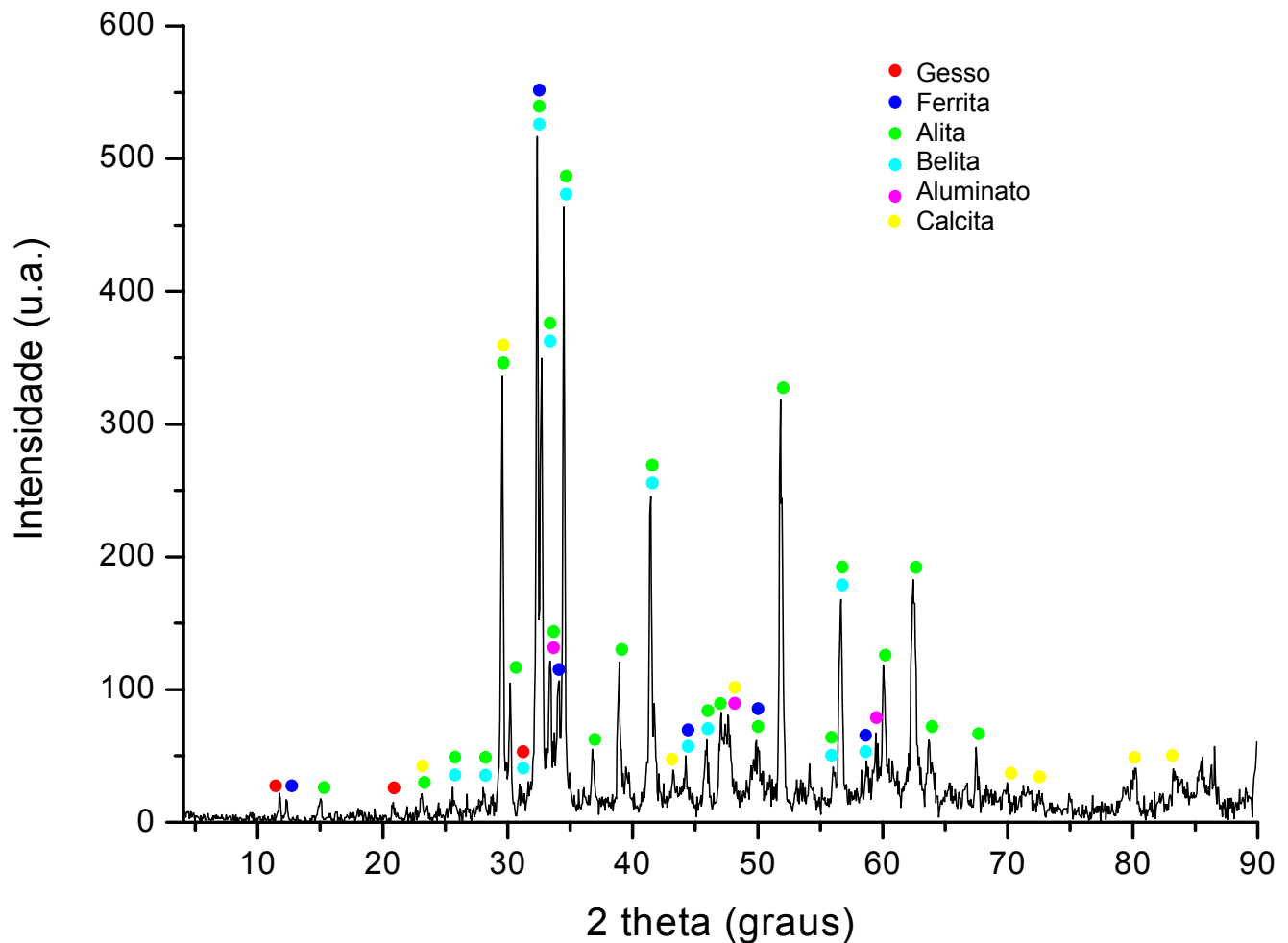


Figura 1 – Difratograma obtido para o cimento.

A amostra de cal (Figura 2) é essencialmente cristalina e constituída basicamente por cal livre (CaO). Foram observados traços de hidróxido de cálcio ou cal extinta ($Ca(OH)_2$, forma da cal geralmente utilizada, obtida a partir da extinção da cal livre) e carbonato de cálcio ($CaCO_3$), que pode ser produto da carbonatação do hidróxido de cálcio ou resíduo do processo de calcinação para a obtenção da cal livre.

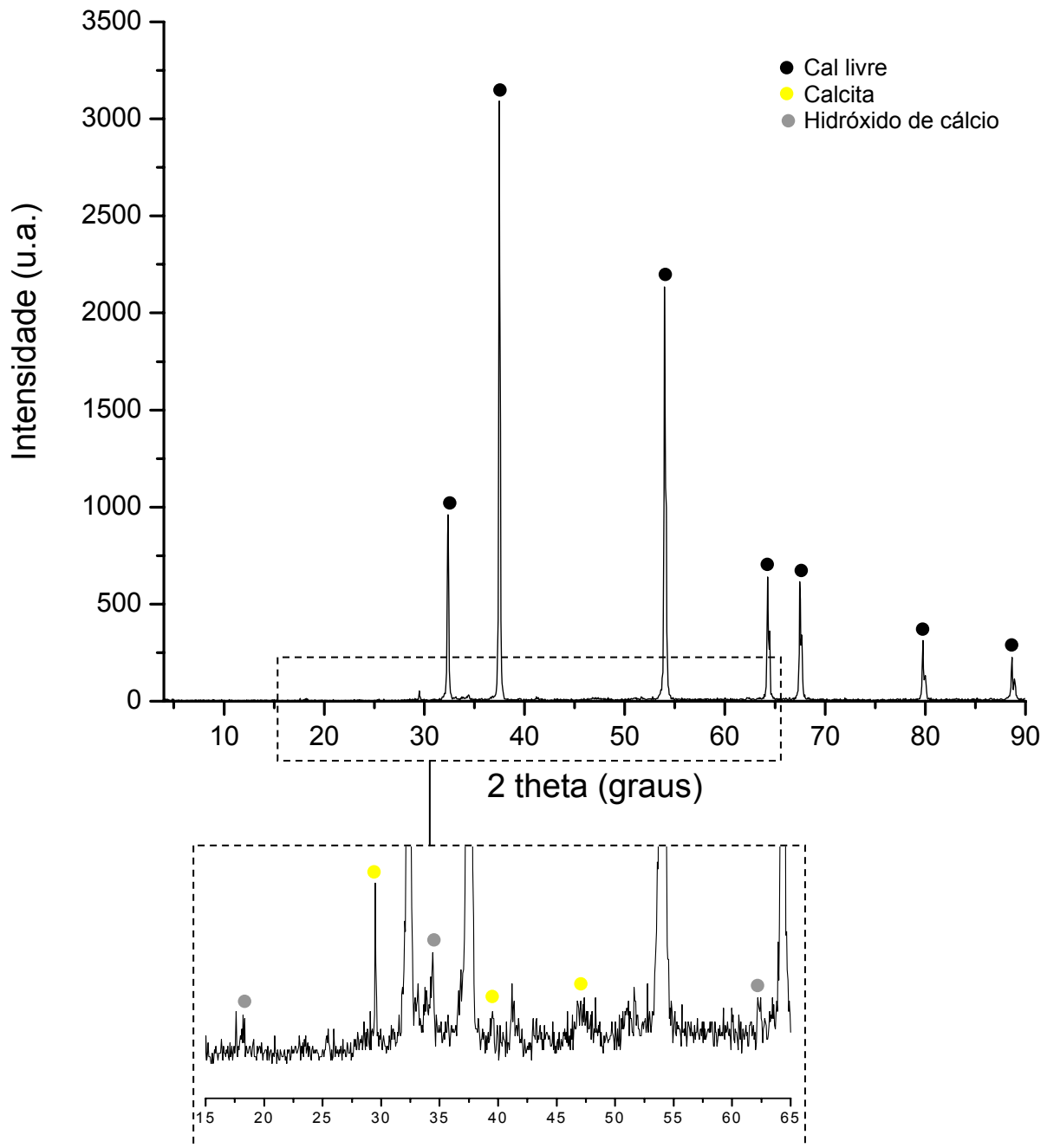


Figura 2 – Difratoograma obtido para a cal.

A amostra de filler calcário (Figura 3) se mostrou essencialmente cristalina e constituída de carbonato de cálcio (CaCO_3 - calcita), com traços de quartzo (SiO_2 - sílica) e hematita (Fe_2O_3).

A areia utilizada (Figura 4) é um material cristalino constituído basicamente por quartzo (SiO_2 – sílica). Foram, ainda, observados traços de calcita e hematita, bem como de alguns argilo-minerais (caolinita – $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ e muscovita – $(\text{K,Na})(\text{Al,Mg,Fe})_2(\text{Si}_{3,1}\text{Al}_{0,9})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$).

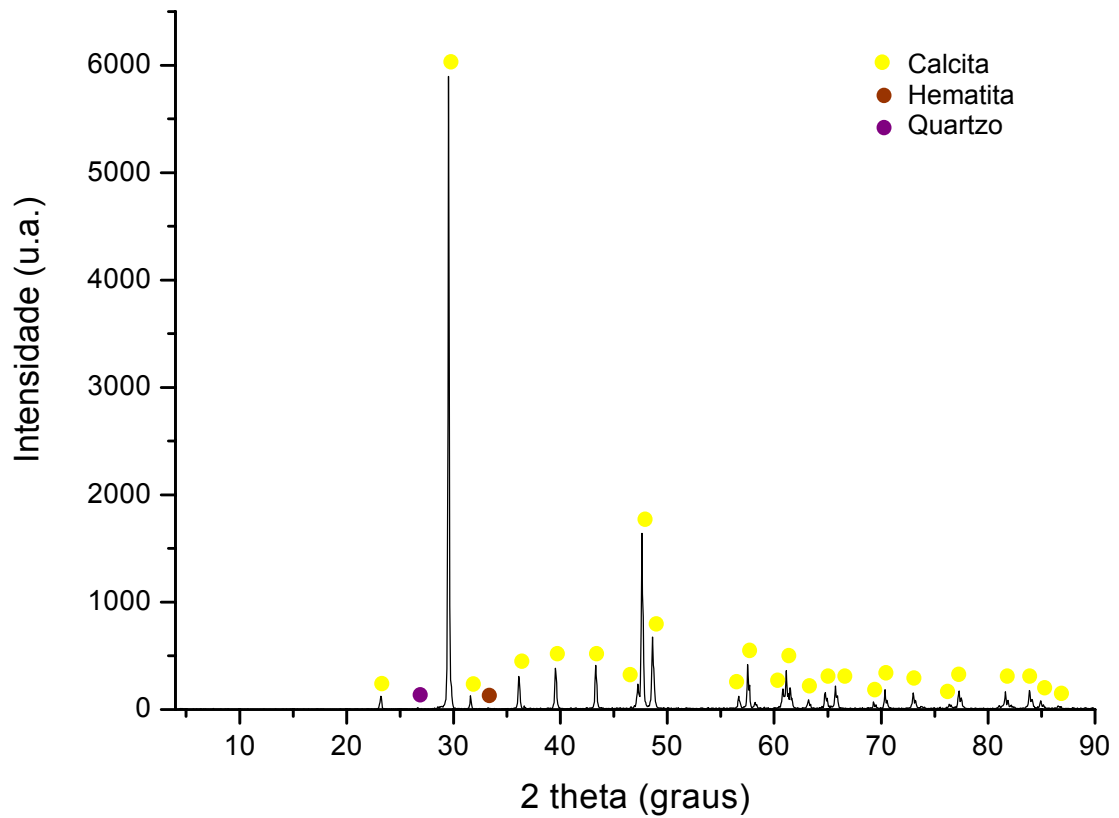


Figura 3 – Difratoograma obtido para o filler calcário.

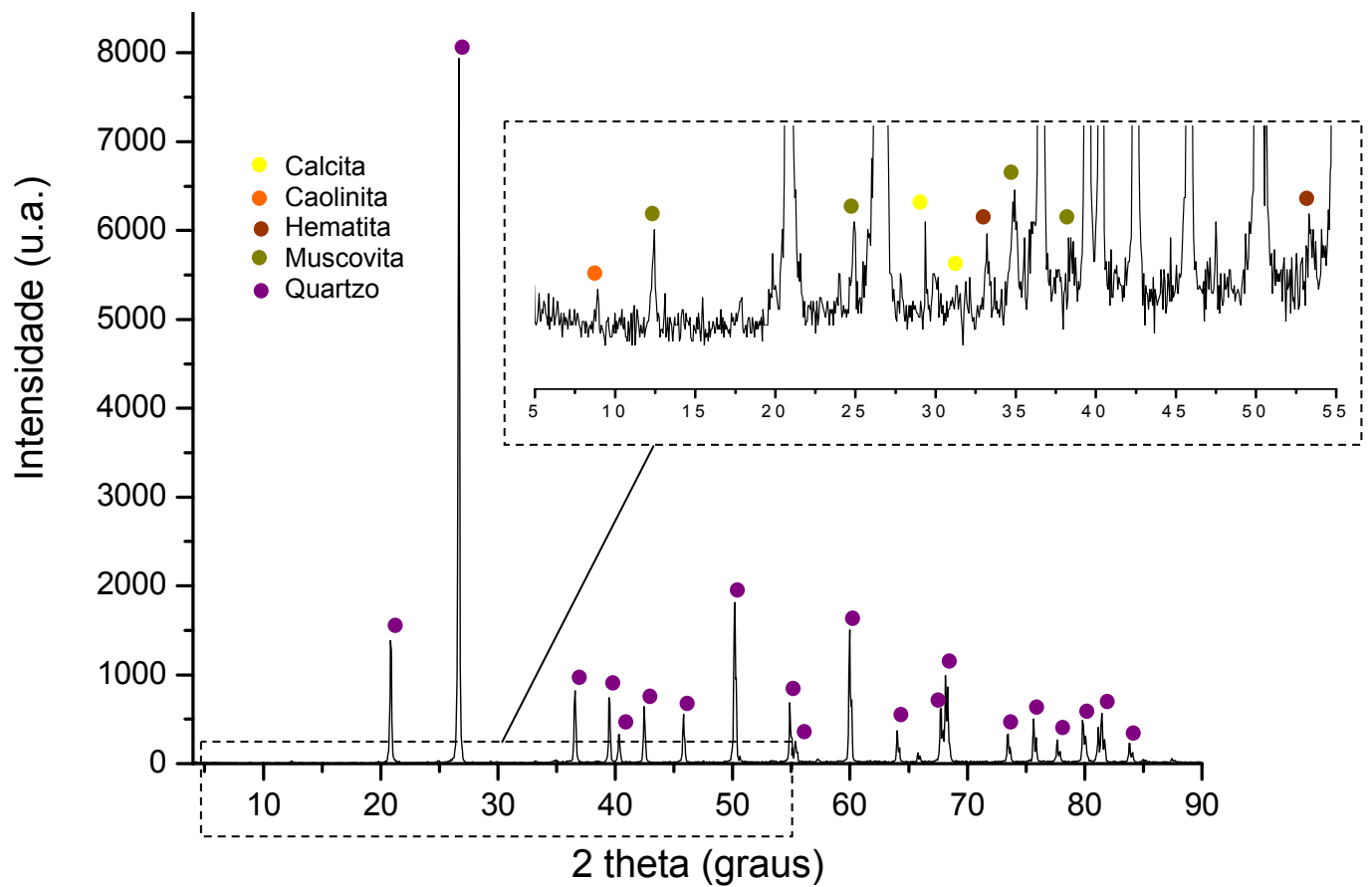


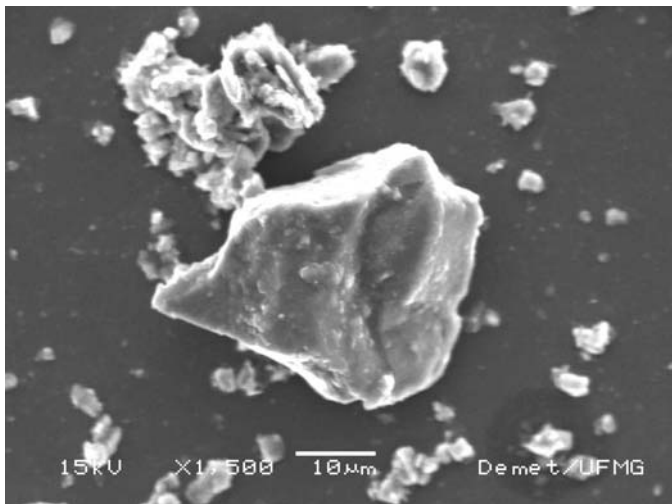
Figura 4 – Difratoograma obtido para a areia.

Microscopia Eletrônica de Varredura

Imagens obtidas para o cimento permitem observar a grande faixa de distribuição de tamanho de grãos do cimento, bem como a elevada finura deste tipo de cimento utilizado (CP V), com ausência de partículas maiores que 50µm.

Na Figura 5 está mostrado um grão de cimento dos de maiores dimensões, com contornos bem definidos. Espectro de EDS obtido sobre este grão revela se tratar de uma partícula predominantemente constituída de silicato de cálcio.

Na Figura 6 podem ser visualizadas partículas componentes do cimento de menores dimensões. Análise elementar sobre estas partículas revelou uma composição mais rica em sulfato, mostrando que as partículas mais finas são características de gesso e das fases mais amorfas que compõem o cimento. Pode também assinalar para um início de hidratação dos grãos mais finos.



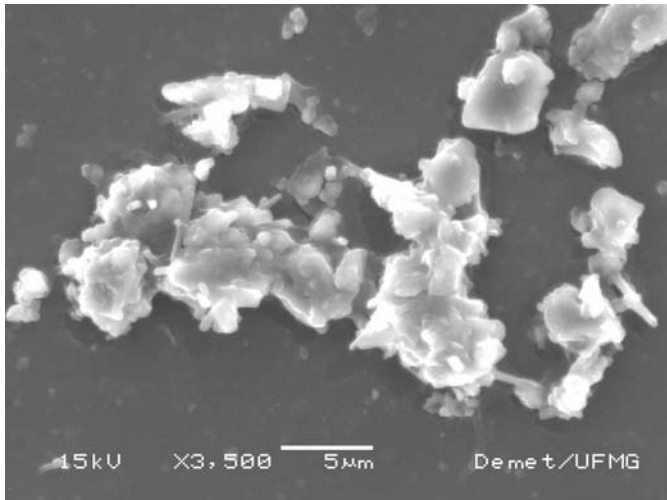
Elemento Químico	Percentual Atômico
Si	9
Ca	28
Al	3
S	1
K+Na	2
Mg	<1
Fé	2

Figura 5 – Fotomicrografia de grãos de cimento (SE, x500) com o espectro de EDS obtido sobre grão de maior dimensão.

Fotomicrografia obtida para a areia está mostrada na Figura 7. Nesta imagem pode ser verificado o efeito da cominuição da areia em moinho previamente a sua utilização na produção do concreto celular resultando em particulado de dimensões inferiores a 80µm. EDS sobre partícula de areia (não mostrado) confirma se tratar de uma fase rica em silício (SiO₂), conforme previamente já verificado via XRF e XRD.

Imagem obtida a partir de elétrons retroespalhados (Figura 8) mostra a presença de uma partícula mais clara, indicativa de composição química diferenciada. Espectro de EDS sobre esta partícula (não mostrado) identificou uma

fase rica em ferro, provavelmente representante da hematita observada através de XRD.



Elemento Químico	Percentual Atômico
Si	7
Ca	17
Al	2
S	7
K+Na	6
Mg	1

Figura 6 – Fotomicrografia das partículas de menores dimensões (SE, x3500) com espectro de EDS correspondente.

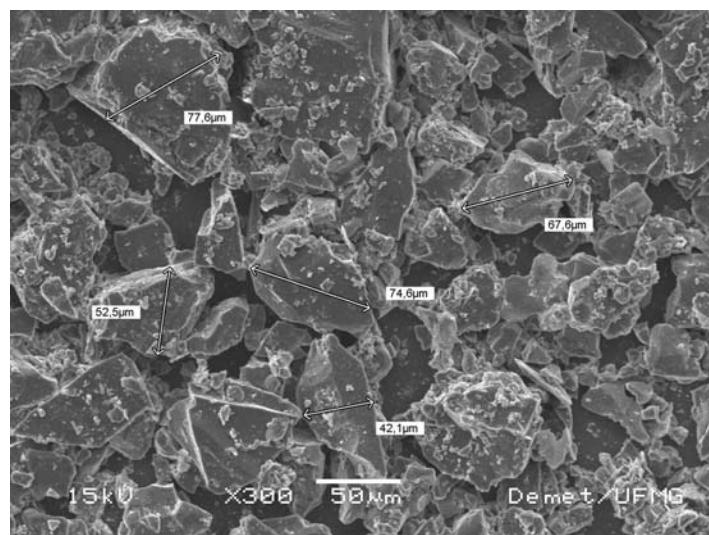


Figura 7 – Fotomicrografia com identificação do tamanho de grãos obtida para a areia (SE, x300).

Imagens obtidas para cal estão mostradas na Figura 9. As imagens refletem uma aglomeração do material. Acredita-se que, durante o armazenamento, verificou-se a extinção da cal pela umidade do ar seguida de eventual carbonatação.

A comparação dos padrões de difração (Figura 10) obtidos para o material quando fornecido (também mostrado na Figura 2) com o do material que foi realizado avaliação através de MEV, indica a ocorrência da extinção da cal, com o desaparecimento dos picos correspondentes ao CaO e aparecimento dos picos do Ca(OH)₂.

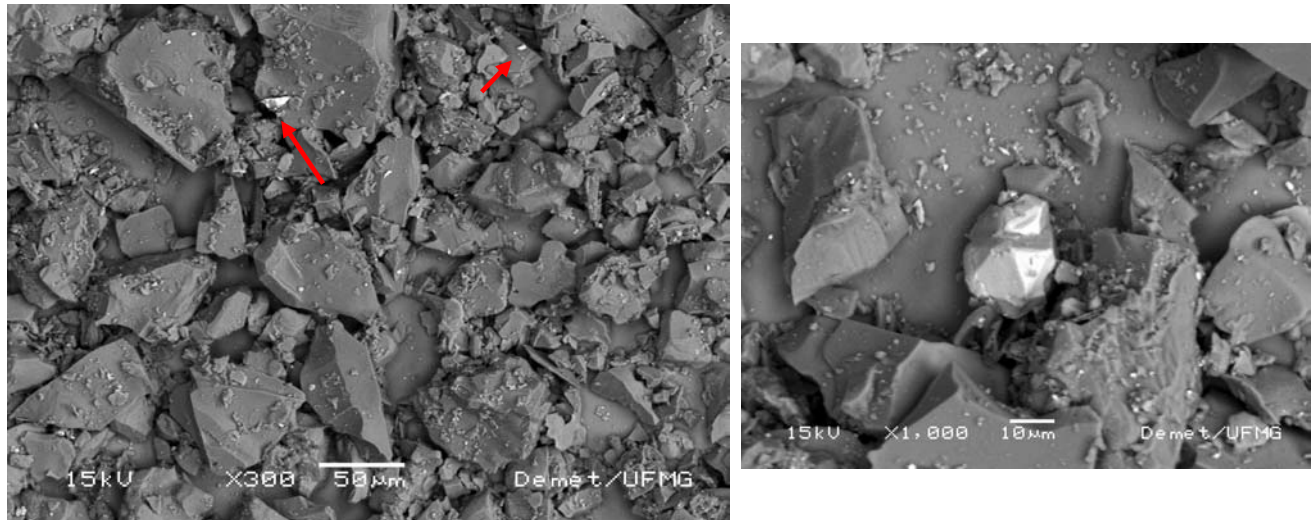


Figura 8 – Fotomicrografia da area com elétrons retroespalhados (BSE, x300). No detalhe, imagem ampliada do particulado mais claro observado na areia (BSE, x1000).

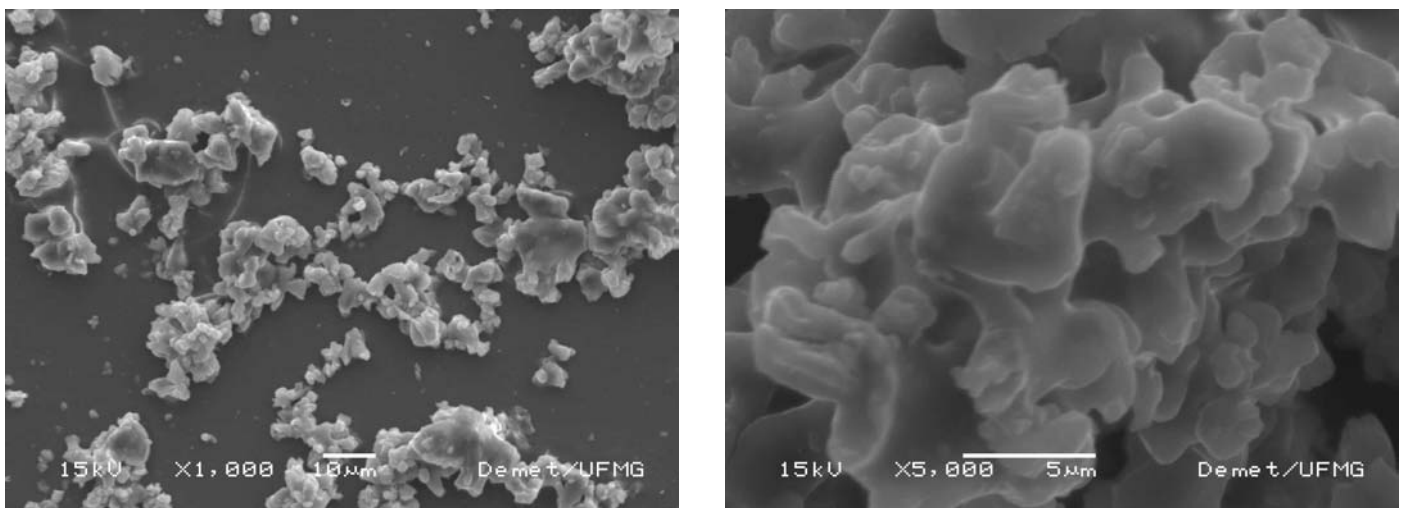


Figura 9 – Fotomicrografias obtidas para a cal (SE, x1000 e x5000).

Imagens obtidas para o filler calcário desaglomerado com álcool benzílico podem ser visualizadas na Figura 12. Pode-se observar nestas imagens a faixa de distribuição de tamanhos das partículas com grande parte do material apresentando dimensões inferiores a 10 µm. Espectro de EDS obtido sobre a partícula maior mostrada (não mostrado) revelou os principais componentes esperados para este material (Ca, C e O).

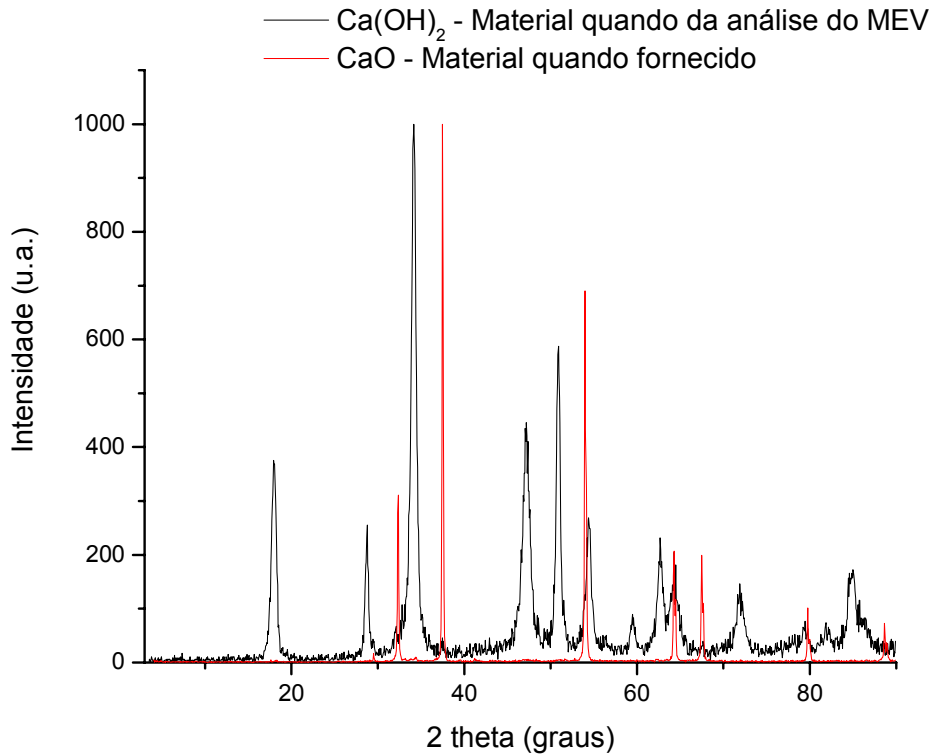


Figura 10 – Difratomogramas obtidos para “cal” quando fornecida e quando da análise de MEV.

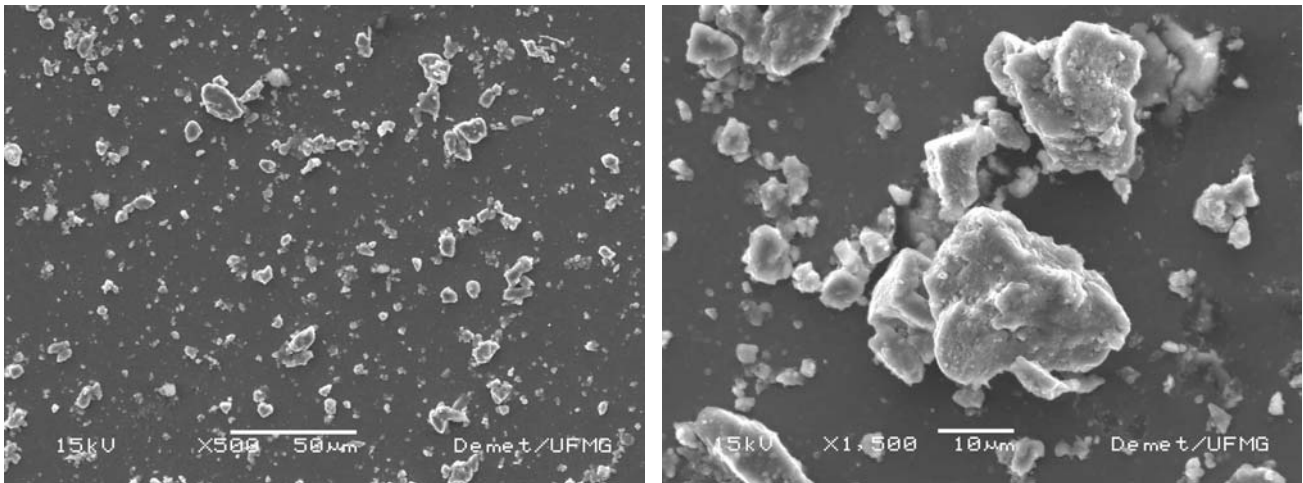


Figura 11 – Fotomicrografia obtida para o filler (SE, x500 e x1500).

As fotomicrografias obtidas para o pó de alumínio estão mostradas na Figura 12. Nestas imagens pode-se observar grande aglomeração do material. Além disso, pode-se verificar faixa de distribuição de tamanho das partículas variando da ordem de 75 μm a 15 μm para as partículas de menores dimensões.

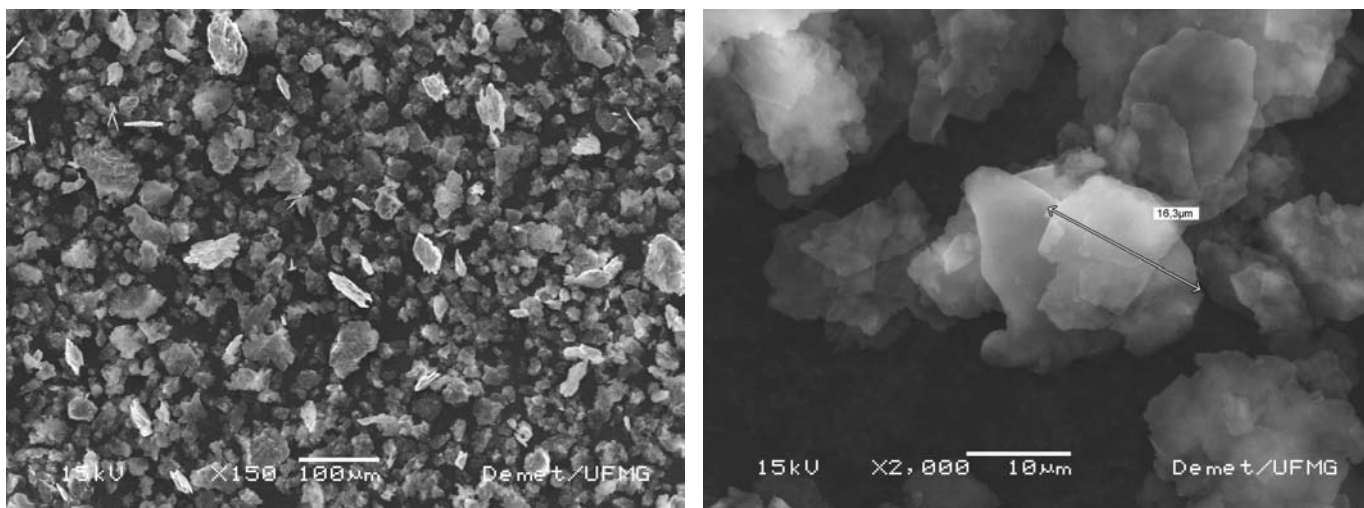
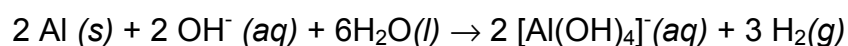


Figura 12 – Fotomicrografias obtida para o pó de alumínio (SE, x150 e x2000).

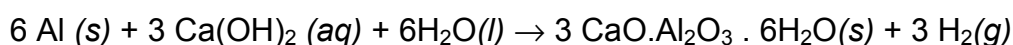
Reações Químicas envolvidas no Processo de Obtenção do Concreto Celular

No concreto celular, na mistura de cimento, cal, areia de quartzo, água e pó de alumínio, o alumínio metálico reage com as hidroxilas (OH) disponíveis em solução produzindo gás hidrogênio (H₂), conforme a seguinte reação^(4,5):



Milhões de minúsculas bolhas de gás são formadas resultando no inchamento da mistura algumas vezes o seu volume original.

Devido à presença de íons cálcio também em solução, a reação acima pode ser reescrita da seguinte forma.



A reação de produção do concreto celular envolve, portanto, basicamente, duas etapas: a reação de extinção da cal (CaO → Ca(OH)₂) e a geração de gases (H₂).

CONCLUSÕES

Baseado nos resultados obtidos pode-se estabelecer como parâmetros importantes para controle do processo de fabricação do concreto celular: distribuição granulométrica das matérias-primas, especialmente da cal e do calcário; temperatura de reação; pH da mistura; controle da cal durante armazenamento (extinção da cal reduz sua reatividade); e a homogeneidade da suspensão de alumínio metálico em água.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Brasil.

REFERÊNCIAS

1. NARAYANAN, N.; RAMAMURTHY, K. Structure and properties of aerated concrete: a review. **Cement and Concrete Composites**, v. 22, p. 321-329, 2000.
2. ARAÚJO, E. G.; TENÓRIO, J. A. S. Cellular concrete with addition of aluminum recycled foil powders. **Materials Science Forum**, v. 498-499, p. 198-204, 2005.
3. SARKAR, S. L.; CHANDRA, S.; BERNTSSON, L. Interdependence of microstructure and strength of structural lightweight aggregate concrete. **Cement and Concrete Composites**, v. 14, p. 239-248, 1992.
4. VENUAT, M. **Aditivos y tratamientos de morteros y hormigones**. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, S.A., 1972.
5. CANHAM, R. **Concrete: an old material with a new future**. Disponível em: <http://www.whfreeman.com/college/pdfs/> Acesso em: 07/11/2005.

CHARACTERIZATION OF RAW MATERIALS FOR AERATED CONCRETE

ABSTRACT

Aerated concrete is a lightweight concrete in which air-voids are entrapped in the mortar matrix by means of an aerated agent. Gas-forming chemicals are mixed into lime or cement mortar resulting in a mass of increased volume and when the gas escapes leaves a porous structure. Aluminium powder is the most commonly used aerating agent. In this paper, raw materials used in aerated concrete production (cement, lime, sand, calcareous filler, and aluminium powder) were characterized concerned about their chemical, crystallographic, and microstructural properties. Besides that, the influence of these properties in the chemical reactions involved in aerated concrete production was evaluated.

Key-words: aerated concrete, characterization, XRF, XRD, SEM.