

ESPONGILITO DA REGIÃO DE JOÃO PINHEIRO, MG: CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA E MORFOLÓGICA

Esper, J.A.M.M.¹, Brandão, P.R.G.², Caçado, R.Z.L.²

1 - Rio Paracatu Mineração S.A. – Paracatu, MG – 38600-000

2 – Departamento de Engenharia de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Rua Espírito Santo, 35, sala 702 – Belo Horizonte, MG – 30160-030

pbrandao@demin.ufmg.br

O espongilito é uma rocha sedimentar biogênica, formada em ambientes lacustres continentais. É constituída essencialmente por espículas silicosas (pequenas agulhas compostas por sílica amorfa hidratada ou opala), associadas a argila, areia, matéria orgânica e carapaças de diatomáceas. As espículas são os constituintes inorgânicos da estrutura de suporte do corpo de esponjas, animais multicelulares primitivos. Contrariamente ao diatomito, que é outra rocha sedimentar também formada essencialmente de opala, os espongilitos são pouco conhecidos e subutilizados em aplicações industriais, apesar de que a composição, forma e tamanho das espículas são potencialmente favoráveis para várias utilizações. O minério caracterizado provém da região de João Pinheiro, MG, onde ocorre em lagoas rasas, de formação geologicamente recente. A reserva estimada da região é da ordem de 5,8 milhões de toneladas. A amostra era constituída por materiais coletados em quatro lagoas e misturados. A partir das técnicas de análise química, difração de raios-X, espectrometria infravermelha, termogravimetria e microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura/microanalisador EDS, concluiu-se que as espículas eram constituídas essencialmente por opala. Os outros componentes foram quartzo (areia) e argila caulínica; anatósio ocorria como acessório. O diâmetro médio das espículas foi 12 μ m; o comprimento médio das espículas inteiras e fragmentos longos foi 315 μ m; contudo, uma quantidade relativamente alta de espículas quebradas foi constatada. Pequena quantidade de frústulas de diatomáceas também foi observada. A amostra tinha cerca de 30% de espículas; as frações granulométricas mais ricas em espículas eram -300 μ m a +38 μ m. O quartzo distribuía -se desde +300 μ m até -10 μ m. A argila ocorria essencialmente na fração -10 μ m (60% da amostra). Para a produção de um concentrado de espículas relativamente puro, indicou-se a sedimentação elutriadora, pela vantagem da diferença de forma entre as espículas e o quartzo da areia. Uma separação por tamanho produziria um enriquecimento em espículas, mas com uma quantidade de areia ainda relativamente alta. A separação da argila, devido à sua finura, não apresenta dificuldades.

Palavras-chave: espongilito, espícula, opala, fibra.

Área Temática: Caracterização de Minérios

INTRODUÇÃO

São conhecidos dois tipos de depósitos minerais de sílica biogenicamente formada e precipitada em ambientes lacustres: o diatomito, ou terra diatomácea, e o espongilito. O primeiro refere-se a rocha sedimentar que consiste principalmente de frústulas ou carapaças remanescentes de algas diatomáceas. Já os espongilitos são depósitos ricos em espículas de esponjas de água doce (finas agulhas silicosas). Em ambos depósitos, é comum a associação de espículas e carapaças. O espongilito é conhecido no Brasil como “pó-de-mico”, porque o manuseio do mesmo provoca coceiras na pele. Os diatomitos são relativamente mais abundantes que os espongilitos, em todo o mundo. No Brasil, destaca-se a Região Nordeste como a mais rica em diatomitos, sendo que os espongilitos encontram-se no centro-sul do país. Enquanto os primeiros constituem importante bem mineral, com usos industriais como auxiliar de filtração, carga mineral e abrasivos, os espongilitos, apesar de diferirem quanto à morfologia e ao tamanho dos componentes, vêm sendo aplicados principalmente na fabricação de peças cerâmicas rudimentares, como tijolos em olarias (Volkmer-Ribeiro e Motta: 1995; Souza et al.: 1988).

As esponjas pertencem ao filo Porifera, são animais pluricelulares (Ruppert e Barnes: 1996; Bergquist: 1978) que se alimentam por filtração. Existem cerca de 7.000 espécies de esponjas, com cerca de 160 espécies de água doce conhecidas. As esponjas silicosas são as mais abundantes das espécies de água doce. Sua forma é diversificada e seu tamanho varia de poucos centímetros a mais de 50cm. Todos os componentes silicosos das esponjas são chamados espículas, que são fibras com uma grande variação no seu comprimento. As espículas constituem o esqueleto ou estrutura de sustentação do animal, sendo o restante composto de material orgânico. Após a morte da esponja, apenas as espículas persistem, indo fazer parte de sedimentos no fundo das lagoas. Três tipos de espículas são conhecidos: (1) megascleras que são relativamente grandes (150-450µm de comprimento), (2) microscleras que são similares em forma às megascleras, mas são normalmente 20% menores e (3) gemoscleras, do tamanho das microscleras e que várias formas (Conley e Schelske: 1993). Nas esponjas de água doce, a sílica é depositada em torno de uma fibra orgânica (Ruppert e Barnes: 1996), resultando em que as espículas apresentam um canal central, oriundo da decomposição deste filamento orgânico.

O espongilito é uma rocha sedimentar inconsolidada constituída de espículas silicosas de esponjas, associadas a uma quantidade menor de carapaças de diatomáceas, grãos de areia, argila e matéria orgânica (Souza et al.: 1988).

Os depósitos minerais, objeto deste estudo, fazem parte de uma área de cerca de 85km², na região de João Pinheiro, noroeste de Minas Gerais, a cerca de 470km de Belo Horizonte. Pesquisas geológicas (Geoexplor: 1996) apontam cerca de 83 depósitos minerais, apresentando uma reserva *in situ* da ordem de 5,8 milhões de toneladas. Os depósitos de espongilito apresentam-se em formas lenticulares, tendo sido depositados em depressões rasas. Algumas dessas lagoas são perenes, outras têm água na maior parte do ano e outras ficam secas durante todo o tempo.

O presente trabalho objetivou caracterizar química, granulométrica, mineralógica e morfológicamente uma amostra de espongilito coletada na região de João Pinheiro, MG. A caracterização do espongilito é importante para se conhecer em detalhe e com segurança, suas características, aptidões e problemas, auxiliando a definição de sua concentração e aplicações industriais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram selecionadas quatro lagoas ricas em espongilito (Lagoa da Preguiça, Lagoa da Divisa, Lagoa Severino e Lagoa Lourinha), sendo realizado um furo no centro de cada lagoa. A partir dessas amostras, foi composta uma única amostra representativa, tomando-se cerca de 25% de cada.

As análises e ensaios realizados foram os seguintes: perda ao fogo, análise química por espectrometria de fluorescência de raios-X (FRX), difratometria de raios-X (DRX), análise granulométrica por peneiramento e pelo

Cyclosizer Warman, microscopia óptica por luz transmitida e lupa estereoscópica, microscopia eletrônica de varredura e microanálise por dispersão de energia (MEV-EDS), espectrometria de infravermelho (EIV) por transformada de Fourier e termogravimetria (TGA e DTG).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra os dados granulométricos e mineralógicos obtidos. Incluem-se dados da granulometria feita pelo Cyclosizer Warman àqueles obtidos por peneiramento. A amostra possui 70,5% de material abaixo de $38\mu\text{m}$ e tem ainda 59,4% $-10\mu\text{m}$, sendo, portanto, muito fina; isto se deve, principalmente, à abundância de argila caulínica. A composição química, inclusive a perda ao fogo, mostra-se consistente com os dados mineralógicos. A maior parte da argila encontra-se na fração menor que $10\mu\text{m}$. As demais faixas são compostas basicamente por material silicoso, com concentrações baixas de óxido de titânio e óxido férrico.

Pela difração de raios-X foram identificadas as fases cristalinas abundantes quartzo (Figura 1) e caulinita; também o anatásio (TiO_2 , tetragonal) está presente como acessório, associado à caulinita, na fração abaixo de $10\mu\text{m}$, onde este argilomineral é preponderante. A DRX também indicou a presença de uma fase amorfa, pelo nítido domo de amorfização (Suryanarayana e Norton: 1998) na Figura 1, centrado no ângulo 2θ de $22,3$ graus. Esta fase amorfa – opala, SiO_2 hidratada – é a constituinte essencial das espículas.

A perda ao fogo (PF) é alta (Tabela 1) mostrando-se ao redor de 6%, para as frações granulométricas ricas em espículas e seus fragmentos. Uma exceção é a fração retida em $300\mu\text{m}$ (PF = 0,30%), o que está consistente com a presença praticamente apenas de quartzo. Na amostra cabeça e na fração $-10\mu\text{m}$, a PF é bem mais alta, de 9 a 13%, o que se deve às contribuições conjuntas de caulinita e opala.

O espectro de infravermelho de transmissão (pastilha de KBr) da Figura 2 corresponde a uma amostra composta praticamente apenas por espículas e fragmentos. As bandas grandes e arredondadas, entre 1300 e 400cm^{-1} , caracterizam uma fase silicosa de baixo grau de cristalinidade a mesmo amorfa (Farmer: 1974). Quanto à presença de água na fase amorfa, há uma ambigüidade: como o brometo de potássio (KBr) da pastilha é altamente higroscópico, ele está hidratado. Para certificar-se que a sílica amorfa é mesmo hidratada, foi gerado um espectro de espículas pulverizadas dispersas em óleo Nujol (Nujol mull), que é um meio totalmente anidro. Assim, as bandas com máximos em 3440 e 1630cm^{-1} (Figura 3) demonstram a presença de moléculas de água, provando que a sílica amorfa é também hidratada. A banda lateral (ombro) em 3696cm^{-1} evidencia a presença de hidroxilas, provavelmente adsorvidas nos fragmentos das espículas e também formando grupos silanol.

A comprovação da composição das espículas é também fornecida pela termogravimetria (TG/DTG). A Figura 4 mostra uma perda de massa suave centrada a 260°C , que corresponde à opala. O valor desta perda é de 5,0%, descontando-se a umidade total (0,5%) a 110°C , e considerando-se o término da desidratação em 400°C , o que é nítido nos gráficos de TG e DTG. A perda de massa acima de 400°C (2,9%) corresponderia às hidroxilas e matéria orgânica. As perdas de massa totais, até 1380°C , para a amostra e frações estudadas, são sempre um pouco maiores, porém consistentes, com os respectivos valores de perda ao fogo (Tabela 1).

Os estudos por microscopia forneceram resultados importantíssimos na caracterização do esponjilite e das espículas. A lupa estereoscópica foi útil na observação das espículas inteiras e dos fragmentos maiores e também de esponjas inteiras; a Figura 5 mostra um indivíduo da espécie *Metania spinata* (Volkmer-Ribeiro et al.:

1996). O microscópio de luz transmitida foi usado principalmente na determinação dos tamanhos das espículas e de seus fragmentos. Os resultados, para espículas inteiras e fragmentos compridos foram os seguintes:

- comprimento médio: 315 μm ; desvio padrão: 85 μm ; máximo: 600 μm ; mínimo: 120 μm ;
- diâmetro médio: 12,0 μm ; desvio padrão: 3,6 μm .

Os estudos por MEV-EDS foram muito frutíferos nesta pesquisa. As figuras 6a e 6b mostram aspectos tridimensionais de uma amostra de espongilito, da qual foi removida a fração argilosa. Vêem-se várias espículas inteiras, alguns fragmentos destas e vários grãos de quartzo equiaxiais da areia. As espículas inteiras exibem sua forma característica de agulhas com pontas nas duas extremidades (biterminadas). Outros tipos de espículas – microscleras e gemoscleras – são freqüentes na Figura 7a, onde também observam-se vários fragmentos de megascleras. Na parte central de 7a, observa-se um fragmento com fratura transversal, onde o orifício central da espícula aparece nitidamente. A figura 7b mostra um detalhe de outro fragmento, cujo canal central ainda está parcialmente preenchido. Uma gemosclera aparece na Figura 8a, orientada quase verticalmente; na sua extremidade superior, uma rótula ainda está afixada; freqüentemente, as rótulas aparecem já destacadas. Gemoscleras e rótulas são as componentes das gêmulas, que são estruturas reprodutivas das esponjas (Volkmer-Ribeiro e Motta: 1995). Esta mesma gemosclera apresenta vários espinhos salientes na sua superfície lateral (Figura 8a). Estes espinhos são devidos ao filamento orgânico, que preenchia o canal central das espículas e que tem ramificações que formaram as proeminências ou espinhos. Se as ramificações da matéria orgânica se decompõem após a deposição da espícula no fundo da lagoa, aparecem furos ou poros laterais. Todos os três tipos de espículas podem mostrar espinhos e poros laterais.

O outro componente formado por opala nos espongilitos, embora muito minoritário em relação às espículas, são as frústulas de diatomáceas. Os fragmentos de frústulas têm morfologia completamente diferente das espículas, como lâminas onduladas e muito porosas (Figura 8b).

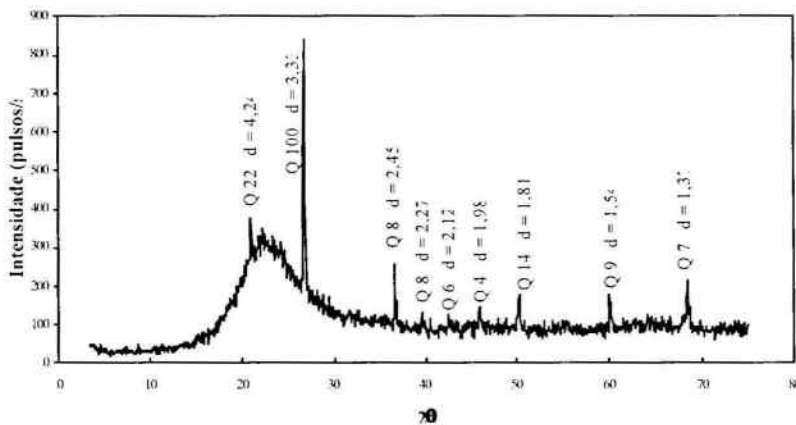


Figura 1 – Difratograma do material retido em 150 μm .

Tabela 1 – Análise granuloquímica-mineralógica

Elementos (% em peso)	Amostra cabeça	300µm	150µm	75µm	38µm	10µm (C5)	<10µm (OFC5)
% retida	100,0	4,6	13,0	8,5	3,4	11,1	59,4
PF	(9,27)	(0,30)	(6,86)	(6,13)	(5,93)	(6,31)	(12,98)
SiO ₂	79,48	98,30	98,57	98,50	97,22	91,55	60,43
TiO ₂	1,56	0,07	0,06	0,12	0,39	0,81	2,96
Al ₂ O ₃	17,18	0,42	1,14	0,95	1,72	6,44	32,78
Fe ₂ O ₃	1,23	1,17	0,14	0,31	0,35	0,79	2,42
CaO	0,03	0,02	0,05	0,04	0,12	0,13	0,31
MgO	0,16	0,00	0,00	0,00	0,04	0,09	0,46
K ₂ O	0,19	0,01	0,04	0,08	0,14	0,13	0,36
Outros	0,14	0,01	0,05	0,04	0,04	0,06	0,24
DRX (fases identificadas)	quartzo; caulinita; anatásio; mat.amorfo	quartzo	quartzo; material amorfo	quartzo; material amorfo	quartzo; material amorfo	quartzo; caulinita; material amorfo	quartzo; caulinita; anatásio; mat.amorfo
EIV (fases identificadas)	caulinita; opala	quartzo	quartzo; opala	quartzo; opala	quartzo; opala	quartzo; opala; caulinita	quartzo; opala; caulinita
TG (perda total) (fases indicadas)	11,7 caulinita; opala	1,3 anidro (quartzo)	8,3 opala	8,4 opala	8,2 opala	9,5 caulinita; opala	14,7 caulinita; opala

Outros: Na₂O + MnO + P₂O₅ + ZrO₂.

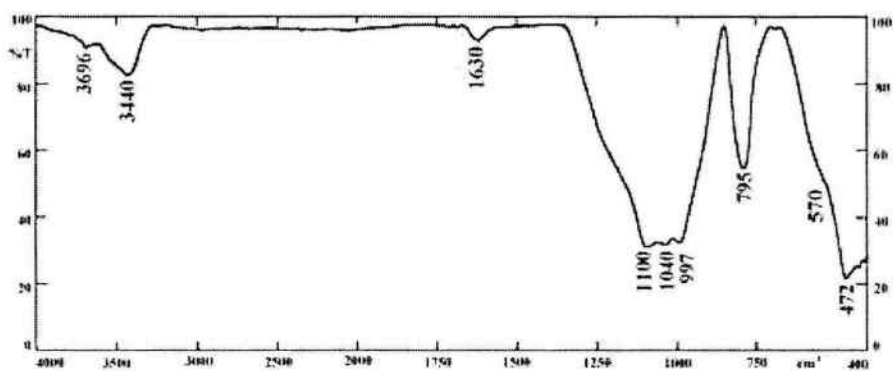


Figura 2 – Espículas de esponjilito: espectro de infravermelho; transmissão; pastilha de KBr.

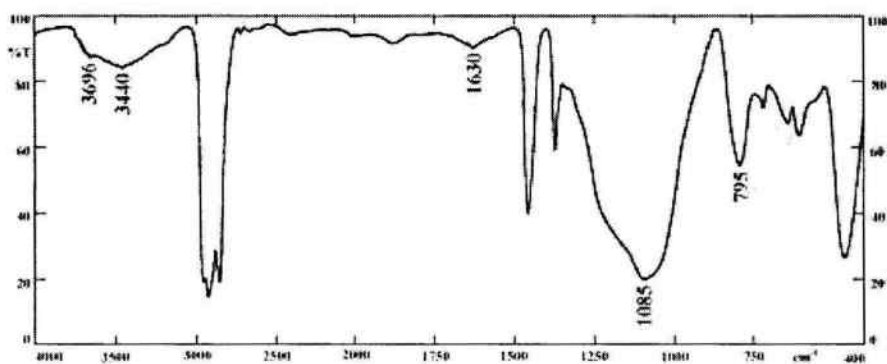


Figura 3 – Espículas de esponjilito: espectro de infravermelho; transmissão; dispersão em óleo Nujol.

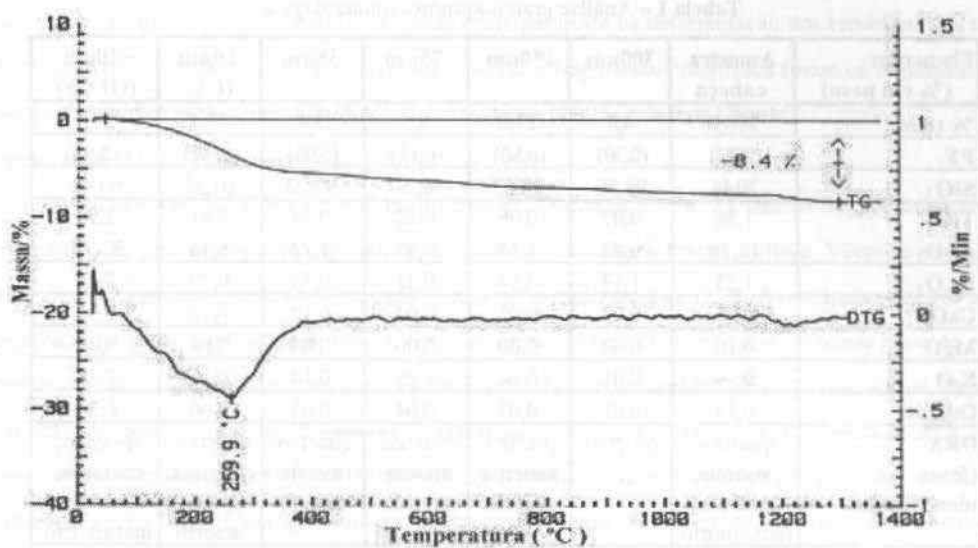


Figura 4 – Amostra retida em 75µm. TG: escala esquerda; DTG: escala direita.

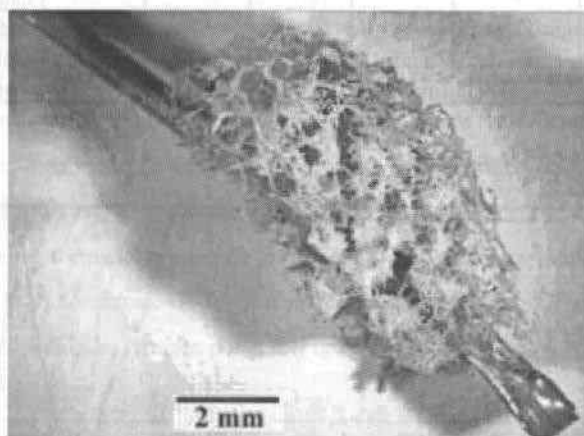


Figura 5 – Esponja, indivíduo completo fixado a um ramo de planta aquática, observando-se as espículas. Microscópio estereoscópico.

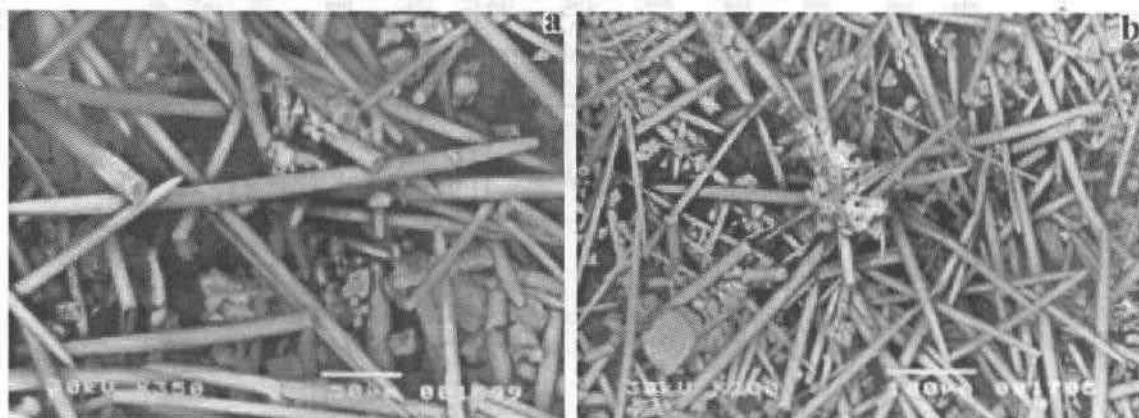


Figura 6 – Espículas, principalmente megascleras, e partículas de quartzo da ganga. Microscópio eletrônico de varredura (MEV), imagem de elétrons secundários (IES).

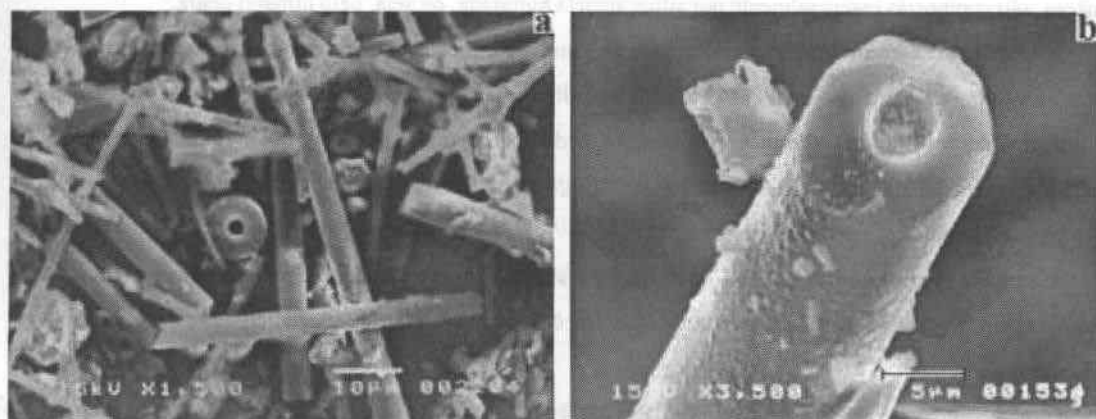


Figura 7 – Espículas e seus fragmentos. Na parte central de 8a, nota-se o orifício central de uma espícula; detalhe de outra espícula em 8b, com o orifício central ainda parcialmente preenchido. MEV-IES.

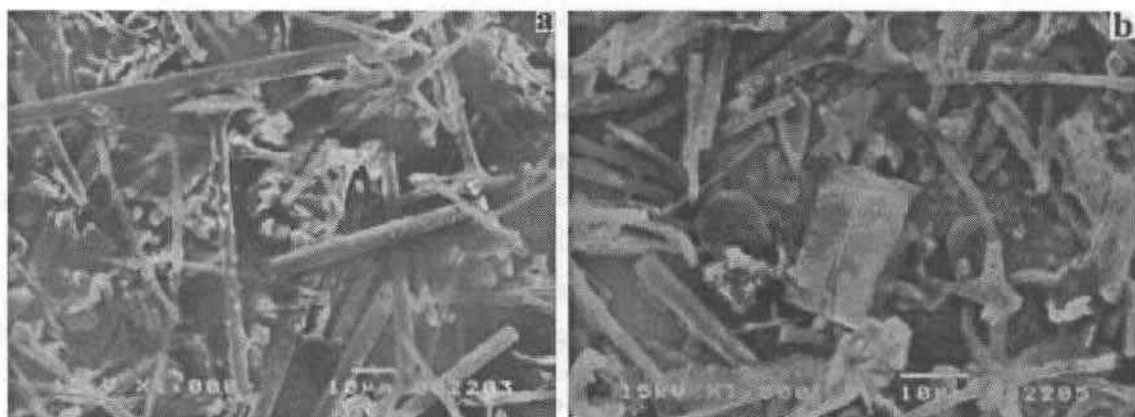


Figura 8 – Espículas e fragmentos; na parte central de 9a, nota-se uma gemosclera (vertical) com uma rótula ainda fixa e espinhos. No centro de 9b, há um fragmento de frústula de diatomácea; vários fragmentos de espículas com poros laterais estão presentes em 9b. MEV-IES.

Os canais centrais das espículas têm diâmetro entre 1,7 μ m e 3,0 μ m. Este diâmetro pode realmente variar, inclusive na mesma espícula, pois ele vai diminuindo nas extremidades afiladas. As microanálises EDS mostraram que as espículas e frústulas são compostas por SiO₂ praticamente pura, evidentemente, não se computando a água presente.

CONCLUSÕES

As fases minerais cristalinas significativas identificadas foram quartzo, caulinita e anatásio, sendo o último presente apenas como acessório. A identificação inequívoca da fase dominante das espículas foi mais complexa. Neste caso, foram realmente necessárias as informações de todas as técnicas analíticas usadas: difração de raios-X, espectrometria infravermelha, termogravimetria, perdas ao fogo, microscopia eletrônica de varredura e microanálise e microscopia óptica. Assim, pela convergência dos resultados acima, pôde-se concluir