

2



CETEM

Série Rochas e Minerais Industriais

Quartzo

**Adão Benvindo da Luz
Eliezer Braz**

PRESIDENTE DA REPÚBLICA: Fernando Henrique Cardoso

VICE-PRESIDENTE DA REPÚBLICA: Marco Antônio Maciel

MINISTRO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA: Ronaldo Mota Sardenberg

SECRETÁRIO EXECUTIVO: Carlos Américo Pacheco

SECRETÁRIO DE COORDENAÇÃO DAS UNIDADES DE PESQUISA:
João Evangelista Steiner

CETEM - CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

DIRETOR: Fernando A. Freitas Lins

COORD. DE PROJETOS ESPECIAIS (CPE): Juliano Peres Barbosa

COORD. DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS (CTM): Adão Benvindo da Luz

COORD. DE METALURGIA EXTRATIVA (CME): Ronaldo Luiz C. dos Santos

COORD. DE QUÍMICA ANALÍTICA (CQA): Maria Alice C. de Góes

COORD. DE ESTUDOS E DESENVOLVIMENTO (CES): Carlos César Peiter

COORD. DE ADMINISTRAÇÃO (CAD): Cosme Antônio Moraes Regly

Adão Benvindo da Luz

Eng. de Minas - UFPE, Mestre e Doutor em Engenharia Mineral - USP, Pesquisador Titular do CETEM/MCT. Tem atuado ultimamente na área de minerais industriais.

Eliezer Braz

Eng. de Minas – UFPE, M.Sc em Economia Mineral pela Colorado School of Mines, Ph.D. em Economia Mineral pela Pennsylvania State University, Consultor Independente.

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS - SRMI

CORPO EDITORIAL

Editor

Adão Benvindo da Luz

Sub-Editor

Gildo de Araújo Sá Cavalcanti de Albuquerque

Membros Internos

Adriano Caranassios, Antônio Rodrigues de Campos,
Francisco Wilson Hollanda Vidal, Jurgen Schnellrath

Membros Externos

Arthur Pinto Chaves (USP), Benjamín Calvo Pérez (Universidade Politécnica de Madri),
Carlos Adolpho Magalhães Baltar (UFPE), Gladstone Motta Bustamante (Consultor),
Hélio Antunes Carvalho de Azevedo (CBPM), José Carlos da Rocha (INT), Marsis
Cabral Júnior (IPT), Pérsio Souza Santos (USP), Renato Ciminelli (Consultor)

A *Série Rochas e Minerais Industriais*

publica trabalhos que busquem divulgar
tecnologias de aproveitamento e agregação
de valor a rochas e minerais industriais.

O conteúdo deste trabalho é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).

Jackson de F. Neto COORDENAÇÃO EDITORIAL

Vera Lúcia Ribeiro EDITORAÇÃO ELETRÔNICA

Valéria Cristina de Souza DIGITAÇÃO

Luz, Adão Benvindo da

Quartzo/Adão Benvindo da Luz e Eliezer Braz - Rio de Janeiro:
CETEM/MCT, 2000.

20 p. (Série Rochas e Minerais Industriais, 2)

1. Quartzo. I. Eliezer Braz. II. Centro de Tecnologia Mineral. III.
Título. IV. Série.

ISBN 85-7227-134-1

ISSN 1518-9155

CDD 553

SUMÁRIO

RESUMO/ABSTRACT	1
1. INTRODUÇÃO	3
2. USOS	4
3. COMPORTAMENTO DA DEMANDA E DA OFERTA	7
3.1 O Efeito das Inovações Tecnológicas sobre o comportamento da Demanda	9
3.2 A Oferta Mundial de Quartzo	11
3.3 A Oferta Brasileira de Quartzo	12
4. VANTAGEM COMPARATIVA	14
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	16
BIBLIOGRAFIA	18

RESUMO

É feita uma análise econômica dos quartzos natural e cultivado, abordando-se, principalmente, o comportamento da oferta e da demanda, frente às inovações tecnológicas ocorridas desde a década de quarenta aos dias atuais. O primeiro efeito tecnológico sobre a demanda do quartzo se deu em função de seu uso como ressonador, durante a II Guerra Mundial. O segundo efeito tecnológico ocorreu com o desenvolvimento, em escala comercial, do cultivo do quartzo em autoclave, desestabilizando o mercado do quartzo natural piezelétrico. Por último, a partir do final da década de oitenta, com a disseminação do uso da comunicação digital, vem ocorrendo a substituição dos circuitos analógicos pelos digitais, afetando de maneira significativa a demanda do quartzo piezelétrico.

Palavras-Chave: quartzo, lasca de quartzo, quartzo cultivado, fibra óptica, piezelétrico, osciladores

ABSTRACT

An economical appraisal, since the forties, was carried out regarding the supply and demand of natural and synthetic quartz as related to technological innovation. The first impact on quartz demand took place during the II World War, when the use of quartz as resonator started. The second impact was recorded when quartz synthesis in autoclave was developed. As a consequence, the market for piezoelectric natural quartz decreased drastically. From the end of the eighties, the use of digital communication has been disseminated, causing the change of analogical to digital circuits. This is affecting significantly the demand of piezoelectric quartz.

Key words: quartz, lasca of quartz, optical fiber, piezoelectric, resonator, cultivated quartz

1. INTRODUÇÃO

O óxido de silício é encontrado na natureza sob as formas polimorfas: quartzo, tridimita e cristobalita. Com a variação de temperatura ocorrem as transformações de fase, recebendo cada uma, a sua denominação específica. O quartzo alfa é estável à temperatura ambiente, transformando-se na variedade beta a 573 °C e em tridimita a 870°C. À temperatura de 1470°C ocorre a transformação para cristobalita, até atingir o ponto de fusão a 1713 °C^(1,2).

O quartzo é o mais comum dos polimorfos e, graças aos seus cristais grandes, transparentes e bem formados, é conhecido desde os tempos antigos. As principais variedades cristalinas do quartzo são: quartzo hialino ou cristal de rocha, quartzo leitoso, esfumado, roxo (ametista), negro (mourion), verde (prásio) etc. Estas variedades são usadas como gemas e ornamentação⁽³⁾.

O quartzo pode ser natural ou cultivado. O primeiro é extraído da natureza e o segundo é produzido a partir do crescimento hidrotérmico, em autoclave. As principais reservas mundiais de quartzo encontram-se no Brasil e, em volumes menores, em Madagascar⁽⁴⁾.

A piezeletricidade do quartzo é a mais importante de suas propriedades, tendo sido observada, pela primeira vez, no século XVIII. Essa se caracteriza pelo efeito da aplicação de uma tensão mecânica sobre o cristal produzindo polarização elétrica, ou, inversamente, a aplicação de um campo elétrico causando a deformação do cristal.

No presente trabalho é feita uma análise econômica sobre o quartzo natural e cultivado, abordando-se principalmente o comportamento da demanda e da oferta, frente às mudanças tecnológicas.

2. USOS

O emprego do quartzo na indústria é função do conteúdo de impurezas, defeitos no cristal e outras normas específicas que cada segmento industrial requer. Os cristais de melhor qualidade são destinados à indústria óptica, eletrônica e de instrumentação, enquanto os de qualidade inferior destinam-se à indústria em geral (abrasivos, cerâmica, metalúrgica)^(5,6).

Para uso no segmento eletro-eletrônico, vidros ópticos, tubos para lâmpadas halógenas ou fibras ópticas, têm sido utilizadas como matéria prima, lascas de alta pureza ou pó de quartzo. Este é obtido a partir do beneficiamento de lascas de quartzo de qualidade inferior ou do beneficiamento de pegmatito ou alasquito⁽⁷⁾.

O cristal natural, embora tenha sido substituído, desde o início da década de setenta, pelo quartzo cultivado em autoclave, ainda é utilizado na confecção de sementes-mães para o crescimento do quartzo cultivado^(8,9).

As lascas de quartzo de alta pureza são usadas diretamente na produção de quartzo cultivado, quartzo fundido, cerâmicas especiais, e *filler* para microcircuitos de alta integração⁽¹⁰⁾.

A partir do pó de quartzo obtido de lascas variadas ou da concentração de quartzo de pegmatitos, produz-se o quartzo fundido. Este é um material não cristalino, transparente e que retém muitas das propriedades ópticas e de resistência química do quartzo, mas que não possui mais a sua propriedade piezelétrica, perdida após o processo de fusão. O quartzo fundido possui um mercado bastante sofisticado, compreendendo uma linha de produtos da maior relevância: indústria óptica, indústria de equipamentos elétricos, indústria química de base, equipamentos e aparelhagem científica e de precisão, fibra óptica^(8,11).

O quartzo tem um vasto campo de aplicação, estando os principais usos apresentados no Quadro 1 ⁽¹²⁾.

Quadro 1 - Aplicações dos produtos de quartzo nas indústrias

Usos nas Indústrias Produtos Finais	Automobilística	Bélica	Computação	Const. Civil	Elétrica	Eletrodométrica.	Eletrônica
Osciladores		●	●			●	●
Filtros		●					●
Sensores	●	●					
Transdutores	●	●					●
Sementes de cultivo							
Blocos ornamentais							
Tubos de sílica					●		●
Fibra ótica	●						
Tubos para difusão							●
Vidro ótico							
Vidraría especial	●						●
Bulbos					●		
Ampolas					●		
La de sílica		●					
Fios de sílica		●					
Placas de sílica							
Blocos de sílica							
Cadinhos							
Aços especiais	●	●		●			
Ligas especiais	●	●		●			
Silicones	●	●	●	●	●	●	●
Tubos de sílica					●		●
Bastões de sílica					●		
Célula fotovolta		●					●
Transdutores	●						●
Transistores	●					●	●
Tristores	●					●	●
Sensores		●					●
Chips	●	●	●			●	●
Detentores	●	●					●
Abrasivos		●					
Refratários		●		●	●		
Resistores					●		
Vidros planos	●			●			
Vasilhames							
Vidraría em geral							
Areia				●			

Fonte: CETEC - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais

Quadro 1 - Aplicações dos produtos de quartzo nas indústrias (Continuação)

Usos nas Indústrias Produtos Finais	Equip. Médico	Metal.	Óptica	Química	Relo- joeira	Telecom.	Outras
Osciladores	•				•	•	
Filtros						•	
Sensores							
Transdutores				•			
Sementes de Cultivo							•
Blocos ornamentais							•
Tubos de sílica	•	•		•			•
Fibra óptica	•					•	
Tubos para difusão				•			
Vidro óptico			•				
Vidraría especial	•		•	•			
Bulbos							
Ampolas				•			
Lã de sílica							•
Fios de sílica							•
Placas de sílica			•				
Blocos de sílica			•				
Cadinhos	•			•			•
Aços especiais		•					
Ligas especiais		•					
Silicones	•	•	•	•	•	•	•
Tubos de sílica	•	•		•			•
Bastões de sílica							
Célula fotovolta					•		•
Transdutores							
Transistores							
Tristores							
Sensores							
Chips	•				•	•	•
Detentores			•				
Abrasivos			•				•
Refratários		•					
Resistores		•					
Vidros planos	•						•
Vasilhames	•			•			•
Vidraría em geral	•			•			•
Areia		•					•

Fonte: CETEC - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais

3. COMPORTAMENTO DA DEMANDA E DA OFERTA

Na análise da demanda pelos bens minerais, há que considerar as suas peculiaridades. Usualmente os minerais não se constituem em produtos acabados, mas são usados na cadeia de produção de um bem final para lhe conferir determinadas propriedades. Portanto, a demanda por um bem mineral depende da demanda pelos bens finais em cuja produção o bem mineral é utilizado. Esta, por sua vez, é função do preço do bem final, do preço dos substitutos e complementares, da renda dos consumidores e de suas preferências.

Além de depender da demanda pelos bens finais, a demanda por bens minerais sofre o efeito de mudanças em seus próprios preços, nos preços dos materiais substitutos e complementares, bem como na tecnologia de utilização em produtos já existentes ou em novos produtos. Em certos casos, também as políticas governamentais afetam a demanda pelos minerais⁽¹³⁾.

Ocorreu um aumento significativo na demanda do quartzo natural piezelétrico, durante a II Guerra Mundial. Este comportamento da demanda foi consequência de sua utilização como controlador de frequência em equipamentos de comunicação, cuja produção teve grande incremento durante a guerra tendo em vista o papel vital que desempenhavam nas operações militares.

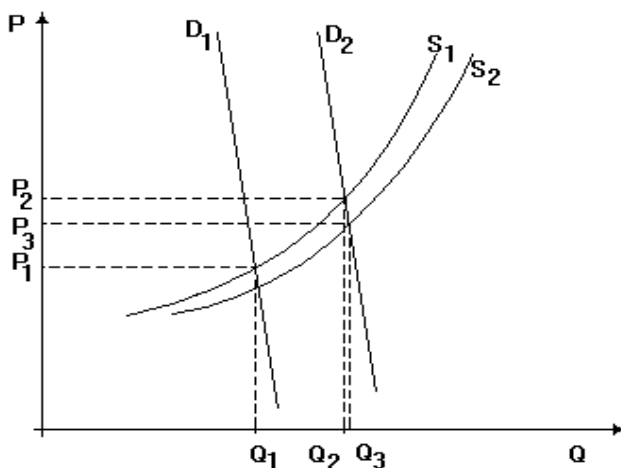


Figura 1 - Curva de oferta e demanda por quartzo piezelétrico no início da guerra

A Figura 1 representa, de forma simplificada, o que ocorreu com o início da guerra. As curvas S_1 e D_1 representam, respectivamente, a oferta e a demanda por quartzo piezelétrico antes da guerra. A curva de demanda D_1 é bastante inelástica, em consequência da ausência de substitutos para o quartzo nessa aplicação. A curva de oferta S_1 também torna-se inelástica quando as minas existentes estão operando no máximo de suas capacidades. Nessas condições, P_1 seria o preço e Q_1 representaria a quantidade demandada.

Com as necessidades da guerra, a demanda aumenta (D_2), permanecendo, pelo menos inicialmente, inalterada a oferta (S_1). Em consequência, há elevação do preço para P_2 e a quantidade procurada passa de Q_1 para Q_2 . O preço mais elevado incentiva a descoberta e a abertura de novas minas de quartzo de modo que, com o passar do tempo, a curva de oferta também desloca-se para a direita (S_2), passando o preço para P_3 e a quantidade ofertada para Q_3 .

No final da década de setenta, ocorreu uma mudança de grande impacto sobre o mercado de quartzo natural, causada pela modificação na tecnologia de produção do quartzo cultivado em autoclave, a partir de lascas de quartzo usadas como nutriente. O desenvolvimento deste processo permitiu a obtenção de um quartzo piezelético com as mesmas propriedades do quartzo natural, o que afetou profundamente a demanda por quartzo natural no mercado internacional e, conseqüentemente, seu consumo e produção.

No final da década de oitenta, com o advento dos semi-condutores e à medida que se tornavam mais baratos, as técnicas de processamento de dados se disseminaram e com isto a comunicação digital também passou a ser utilizada. Dessa forma, passou-se a substituir os circuitos analógicos pelos circuitos digitais, afetando com isso a indústria do quartzo piezelétrico. Nos circuitos analógicos, o quartzo é utilizado como ressonador, onde a frequência (rádio, televisão, telefone etc.) é submetida a uma modulação para outro sinal imposto. A transmissão de informação via sistema digitalizado (base sistema binário -zero e um) é mais eficiente, menos sujeita a erro e mais barata do que a transmissão analógica.

3.1 O Efeito das Inovações Tecnológicas sobre o Comportamento da Demanda

A importância estratégica do quartzo esteve em evidência durante a II Guerra Mundial, quando os submarinos alemães dificultaram o suprimento do quartzo brasileiro aos Estados Unidos da América. Estes não dispunham na época de nenhum depósito de quartzo de qualidade eletrônica e, por uma questão estratégica, precisavam colocar equipamentos de comunicação (rádio, telefone) nas frentes de batalha. Na época, o Brasil era fornecedor de, praticamente, todo o quartzo de grau eletrônico para o mercado americano, usado como controlador de frequência em instrumentos de comunicação analógica (telefonía, rádios militares etc). Como o mercado não teve condições de atender a essa demanda crescente do quartzo

eletrônico, provocada pela guerra, o seu suprimento tornou-se crítico e os EUA e a Alemanha concentraram esforços de pesquisa na busca de substitutos para o quartzo, bem como pesquisas visando a sua síntese.

Assim durante a II Guerra Mundial, a utilização do quartzo nos equipamentos de comunicação propiciou um crescimento adicional na sua demanda. Com isto, ao final da década de quarenta, a indústria atingiu um ciclo muito intenso de oferta e demanda de quartzo.

Antes do final da década de cinquenta, o quartzo passou a fazer parte do estoque estratégico americano. Do ponto de vista histórico, material estratégico para os EUA é aquele que não é abundante no país, é adquirido do estrangeiro e é vital para a sua indústria militar e civil.

Os EUA importavam do Brasil, no período pré e pós guerra, as lascas de quartzo e os cristais semente destinados à sua indústria de cultivo e de quartzo fundido. Em 1974, o governo brasileiro embargou os carregamentos de quartzo e com isso causou uma crise no seu suprimento internacional, por um determinado período, elevando em dez vezes o seu preço.

A política brasileira resultou em forte incentivo à redução da utilização do quartzo natural, substituído pelo quartzo cultivado.

A difusão tecnológica da utilização do quartzo cultivado rapidamente se disseminou pelo mundo, gerando uma forte competição ao quartzo natural, principalmente do Japão. No início de 1980, mais de 80% da capacidade de cultivo de quartzo dos EUA estava com apenas dois produtores. A expansão de cultivo do quartzo foi tão rápida que antes do final da década de oitenta, metade da capacidade de produção mundial de quartzo cultivado já estava com os japoneses.

O fato do Japão ter atingido um nível de desenvolvimento muito elevado na área eletrônica possibilitou ao país adotar a

estratégia de produzir o quartzo cultivado necessário à demanda da sua indústria.

3.2 A Oferta Mundial de Quartzo (4,15)

Os dados relacionados com reservas mundiais de quartzo são escassos. Sabe-se, no entanto, que o Brasil é detentor de 95% das reservas mundiais, o equivalente a 78 milhões de toneladas, pelas estatísticas oficiais do DNPM, no ano de 1986. Estes dados referem-se a quartzo de todas as qualidades ou seja para fabricação de Fe-Si, vidros, silício metalúrgico, cerâmicas tradicionais etc. O Brasil também é detentor das principais jazidas mundiais de quartzo piezelétrico, ocorrendo em menor escala em outros países, tais como Madagascar, EUA (Arkansas), Angola e África do Sul^(12,14).

No início da década de oitenta, o estoque estratégico americano para quartzo começou a passar por revisões, em vista das mudanças tecnológicas e tendências de mudança de seu uso. Com isso, o estoque de quartzo foi reduzido de 661 para 271 t.

Atualmente quase todas as aplicações piezelétricas e ópticas são atendidas pelo quartzo cultivado, sendo a produção mundial em torno de 2.000 t/ano. Esta produção concentra-se no Japão, EUA e China e em menor quantidade em outros países (Alemanha, África do Sul, Bélgica e Coréia do Sul).

3.3 A Oferta Brasileira de Quartzo

As restrições impostas pelo Brasil (1974) às exportações de lascas e cristal de quartzo, aumentaram o seu preço em dez vezes. Para superar essas restrições de mercado, os americanos concentraram esforços em pesquisa, visando encontrar materiais domésticos que pudessem substituir o quartzo importado do Brasil. Desta forma, foram encontrados nos EUA depósitos de quartzito, veios brancos de quartzo e areia com relativa uniformidade em composição suficientemente puros ou purificáveis, que são usados em substituição às lascas de quartzo⁽¹⁵⁾. Isto afetou profundamente o mercado de lascas de quartzo no Brasil, reduzindo drasticamente a sua produção.

Em 1999 foram produzidos 1.470 t de lasca e cristal de quartzo bruto, correspondendo em preços médios FOB a US\$ 918.000 contra 1594,2 t (Quadro 2) e US\$ 1.250.000 em 1998, observando-se uma queda 99/98 de 7,8% em peso e 21,6% em valor.

Ressalta-se que desde 1996 o Brasil deixou de produzir quartzo cultivado.

**Quadro 2 - Estatísticas do Segmento de Quartzo no
Brasil de 1997 a 1999**

Ano	1997		1998		1999	
Itens	Quant. (t)	10⁶ US\$	Quant. (t)	10⁸ US\$	Quant. (t)	10³ US\$
Produção	2.168,5	1.580,0	1.594,2	1.250,0	1.470	980
Importação: (Bem Primário)		278,7		212,7	251	113,0
Lasca e quartzo Bruto	814,8	278,7	707,0	212,7	251,0	113,0
Importação Manufatura		25.724		39.164,1	0,068	33.004
Cristal Montado e Partes	140,9	25,659	109,1-	39,156	0,068	32,997
Cristal Cultivado e Trabalhado	0,9	65	0,15	8,1	0,0	7,0
Exportação: Bem Primário		1.585,8		1250,0	1.470,0	918,0
Lasca e Cristal Bruto	2.168,5	1.585,0	1.594,2	1.250,0	1.470,0	918,0
Exportação Manufatura		40,46		188,9	0,06	67,0
Cristal Piezoelétrico Montado e Partes	0,2	40,1	0,2	188,9	0,06	67,0
Cristal Cultivado e Trab.	0,05	0,36-	-	-	-	-
Quartzo Ornam. (manuf.)	-	-	-	-	-	-
Cons. Interno: Lasca	-	-	-	-		
Cristal Cultivado Bruto	40,1	-	37,9	-	390	-

Fonte: Sumário Mineral DNPM/2000⁽⁴⁾

4. VANTAGEM COMPARATIVA (4,11,16,17)

O Brasil detém grandes reservas de quartzo, sendo possuidor não só dos maiores depósitos como daqueles de melhor qualidade. É razoável supor que minérios de melhor qualidade resultem em um custo de produção menor, o que confere ao País uma vantagem na produção desse bem mineral, traduzida por sua expressiva participação na produção mundial. Segundo estimativas do DNPM, em 1999 o Brasil participou com cerca de 80% do mercado mundial de lascas como nutriente, atendendo demandas do Japão, Reino Unido, Alemanha e China ⁽⁴⁾.

No entanto, a vantagem comparativa do Brasil possuir grandes reservas de quartzo é apenas parcialmente aproveitada, pois o País não dominou ainda o ciclo de capacitação tecnológica para manufaturar os produtos nas qualidades e purezas desejadas. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de silício metalúrgico, mas importa todo o silício de grau eletrônico que consome. Produz-se monocristal de silício, mas a partir da importação de silício grau eletrônico. Produz-se fibra óptica, mas importa-se o tubo de quartzo fundido de grau óptico.

O Japão permanece na liderança tanto como consumidor, quanto como produtor de quartzo cultivado. Essa liderança é atribuída principalmente aos seus baixos custos por unidade produzida e ao seu destaque como produtor de componentes eletrônicos, onde os cristais de quartzo cultivado são usados ^(4,16).

A empresa americana UNIMIN Corporation produz pó de quartzo de alta pureza, a partir do processamento do alaskito, rocha similar ao nosso pegmatito. Os produtos comercializados por essa empresa são conhecidos no mundo inteiro e denominados de IOTA QUARTZ. Dentre esses, podem ser mencionados: i) IOTA 4 comercializado (US\$ 4.00/kg) para a

manufatura de cadinhos fundidos de quartzo e tubos de difusão; ii) IOTA 6 apresenta uma pureza extremamente elevada e é comercializado (US\$ 8.00/kg) para aplicações em semicondutores.

A Heraus na Alemanha é um dos principais fabricantes de quartzo fundido e utiliza o quartzo produzido pela UNIMIM.

Mais recentemente, o CETEM e a CVRD estiveram envolvidos em projetos de pesquisa visando a obtenção de pó de quartzo de alta pureza, a partir de lascas de quartzo. No caso do CETEM, os estudos conduzidos, em escala de bancada, permitiram obter um produto com especificações próximas das requeridas para bulbo de lâmpada⁽³⁾. Quanto à CVRD, os estudos desenvolvidos permitiram obter um produto de alta pureza, visando a obtenção de fundidos de quartzo, para a manufatura de: cadinhos, tubos para fibras ópticas, lâmpadas halógenas etc⁽⁷⁾.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a elaboração do presente trabalho foi possível estabelecer as seguintes conclusões:

- a) a demanda por quartzo tem sido muito sensível às mudanças tecnológicas;
- b) os materiais alternativos ao quartzo natural, tais como o pó de quartzo de alta pureza, produzido pela UNIMIN Corporation-EUA, contribuíram para desestabilizar o mercado de lascas de quartzo no Brasil;
- c) países como o Japão, que dominam o mercado de componentes eletrônicos, onde se usa o quartzo piezoelétrico (quartzo cultivado) como controlador de frequência, têm uma capacidade muito grande de influenciar o mercado.
- d) até o momento, o principal uso da lasca de quartzo tem sido como nutriente para a produção de quartzo cultivado. Como os equipamentos eletrônicos estão cada vez mais sendo construídos em miniaturas, os componentes também o são e desta forma contribuem para reduzir o consumo de lasca de quartzo, como nutriente;
- e) a idéia de se produzir no País pó de quartzo de alta pureza, a partir de lascas de quartzo, visando competir com os produtos da UNIMIM, universalmente utilizados pelos fabricantes de quartzo fundido, até o momento não foi viabilizada comercialmente;
- f) face às mudanças nos sistemas de comunicação telefônica, do sistema analógico para digital, o mercado de fibra óptica encontra-se em plena expansão e, dessa forma, parece mais vantajoso viabilizar o uso das lascas de quartzo para este segmento, ao invés de utilizar apenas como nutriente para quartzo cultivado, cujo consumo vem caindo, consideravelmente.

BIBLIOGRAFIA

1. DEER, W.A.; HOWIE, R. A. ; ZUSSMAN. An Introduction to the Rock-Forming Mineral, Logman Group Ltd, p. 340-355, London, 1975.
2. TORIKAI, D. ; SCHINOHARA, A. H.; IWASAKI, H. ; SUZUKI, C.K. Estudo de Atenuação Ultrassônica em Quartzo. Cerâmica, 33(211), p.167-172, 1987.
3. LUZ, A. B.; NETO, J. P. Obtenção de Pó de Quartzo de Alta Pureza. In: Anais do XVI ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E HIDROMETALURGIA, Vol. I Processamento Mineral, p.191-202, Rio de Janeiro-RJ, setembro/1995.
4. DINIZ FILHO, L.C.; ARCOVERDE, W.L. Quartzo (Cristal), Sumário Mineral, Brasília, DNMPM/2000.
5. MEDINA, H. V.; REIS, L. A. A. Minerais e Materiais Avançados: Crise Recente e Perspectivas. Série Estudos e Documentos nº 26, 62p, CNPq/CETEM, 1995
6. CONSTANTINO, W. L. Quartzo: purificação deve começar na mina. Dirigente Construtor, . p.27-32, junho de 1985
7. FREITAS, L. R.; VALADÃO, J. T. R.; NOGUEIRA, J. M.; VASCONCELLOS, J. A.; BITTENCOURT, J. C. Produção de pó de quartzo de alta pureza a partir de lascas de quartzo. In: Anais do XVII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa e I Seminário de Química de Colóides Aplicada à Tecnologia Ambiental, p.53-63, Águas de S. Pedro-SP, agosto/1998.
8. BRAGA, R. Quartzo cultivado, aspectos da tecnologia, aplicações e economia, Mineração e Metalurgia, 50(479), p.60-63, 1986
9. QUARTZO, Serviço Geológico Minero Argentino, Instituto de Tecnologia Minera, Instituto de Geologia y Recursos

- Minerales, Universidad Nacional de General San Martín, Publicación Técnica SEGEMAR-unsam N° 4, Septiembre, 1999.
10. ARCOVERDE, W.L. Balanço Mineral do Quartzó, Brasil Mineral, nº 54, p.24-35, maio/1988.
 11. Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo. Oportunidades Tecnológicas e Industriais para Minerais Estratégicos. IPT, Relatório Final. Vol. I, p.1-20, vol.2, 182p, São Paulo. 1989.
 12. LEMOS, C. R. ; LASTRES, H. M. M. Novos Materiais, Desafios e Oportunidades, Parte 3 Quartzó e Silício INT/1992.
 13. BRAZ, E. Introdução à Economia Mineral, Notas de Aula (Curso Convênlo USP/CETEM) novembro/1995.
 14. BARBOSA, M. I. M.; PORPHÍRIO, N. H. Caracterização Tecnológica de Lascas de Quartzó, 45p-Série Tecnologia Mineral, CNPq/CETEM, 1995.
 15. NATIONAL RESEARCH COUNCIL - Quartz for the national defense stockpile, Washington - DC, 1985.
 16. DAVIS, B. A. Brazil's Comparative Advantage in the Global Economy. First International Symposium on Mining and Development, july/1995, Campinas, S.Paulo, Brazil.
 17. AUSTIN, G. T. Quartz Crystal (Industrial). U.S. Bureau of Mines, Mineral Commodity Summaries, January 1995.