



COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
- CPRM -

RI
396

LÍTIO DO CEARÁ E DA PARAÍBA/RIO GRANDE
DO NORTE - PROGRAMA DE APROVEITAMENTO
DAS JAZIDAS PEGMATÍTIAS



I 99
I/2004

Elaborado por: Geól. Mario Farina
CPRM - Superintendência Regional
de Recife.



Recife - Setembro/1979



PREVÊ-SE QUE NO ANO 2.000 ESTEJAM TRAFEGANDO NOS ESTADOS UNIDOS 18.000.000 DE VEÍCULOS ELÉTRICOS.

- VINE, J. B. -

O LÍTIO DESPONTA COMO UMA DAS MATÉRIAS PRIMAS MAIS INDICADAS PARA A FABRICAÇÃO DE BATERIAS AUTOMOTIVAS PARA OS VEÍCULOS ELÉTRICOS.

É IMPERIOSO QUE SE CONHEÇA ADEQUADAMENTE NOSSOS RECURSOS DE MINERAIS DE LÍTIO, ATRAVÉS DE LEVANTAMENTOS GEOLÓGICO-ECONÔMICOS, QUE VENHAM RESPALDAR A NECESSÁRIA EXPANSÃO DA INDÚSTRIA LITINÍFERA NACIONAL.



APRESENTAÇÃO

Apresenta-se neste trabalho uma proposição para um adequado levantamento técnico e econômico dos depósitos litíferos do Ceará e da Paraíba/Rio Grande do Norte, delineando-se uma metodologia de estudo geológico e para o dimensionamento de recursos e reservas dos pegmatitos. Mostra-se as aplicações relevantes do lítio, enfatizando-se sua importância como fonte alternativa de energia.



S U M Á R I O

1 - GENERALIDADES SOBRE O LÍTIO	1
2 - MODOS DE OCORRÊNCIA	2
2.1 - Depósitos Pegmatíticos	2
2.2 - Salmouras Naturais	3
3 - CAMPOS DE APLICAÇÃO ECONÔMICA DO LÍTIO E SEUS COMPOSTOS QUÍMICO - INDUSTRIAIS	4
3.1 - Aplicações mais comuns, no presente	5
3.2 - Aplicações industriais futuras	9
4 - DEPÓSITOS LITINÍFEROS DO NORDESTE	14
4.1 - Pegmatitos Litiníferos do Ceará	14
4.2 - Pegmatitos Litiníferos da Paraíba/Rio Grande do Norte.	16
5 - PROGRAMA DE APROVEITAMENTO DOS DEPÓSITOS LITINÍFEROS DO CEARÁ E PARAÍBA/RIO GRANDE DO NORTE.	18
5.1 - Justificativas	18
5.2 - Estratégia do programa	21
5.3 - Levantamento geológico-econômico e avaliação dos recursos e reservas.	22
5.3.1 - Metodologia	22
5.3.2 - Cronograma	26
5.3.3 - Pessoal técnico necessário	27
5.3.4 - Estimativa orçamentária	28



5.4 - Exploração	27
5.5 - Aproveitamento industrial	29
6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
7 - BIBLIOGRAFIA	33
<u>APÊNDICE</u>	34
A - Relação de pegmatitos litiníferos do Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte - 1977.	35
B - Relação de trabalhos apresentados no "Lithium resources and requeriments by the year 2.000". Simpósio de Golden/Colorado/USA, 1976.	45

1 - GENERALIDADES SOBRE O LÍTIO

O lítio é um metal cuja grande importância econômica advém de seu largo campo de aplicações industriais, despertando atualmente enorme atenção pelas possibilidades de se tornar uma significativa fonte alternativa de energia.

É o lítio o mais leve de todos os metais e o terceiro mais leve entre os elementos. Indica-se abaixo suas principais propriedades físicas:

Densidade	0,531
Número atômico	3
Peso atômico	6,940
Ponto de fusão	180,5°C
Ponto de ebulição	1.327°C
Calor de fusão	100 cal/g
Calor de vaporização	4.636 cal/g
Capacidade calórica	0,9 cal/g

O lítio pertence a família dos metais alcalinos e ao grupo I da tabela periódica dos elementos.

É encontrado na natureza, formando silicatos e fosfatos. Seus principais minerais, com a respectiva fórmula química e teor em óxido (Li_2O), são os seguintes:

Espodumênio	$\text{LiAl Si}_2\text{O}_6$	4 - 7%
Ambligonita	$\text{K}_2\text{Li}_3\text{Al}_4\text{Si}_7\text{O}_{21}(\text{OH},\text{F})_3$	3 - 4%
Lepidolita	$\text{LiAl}(\text{F},\text{OH})\text{PO}_4$	8 - 9%
Petalita	$\text{LiAl Si}_4\text{O}_{10}$	2 - 4%

2 - MODOS DE OCORRÊNCIA

Os depósitos comerciais de lítio pertencem a duas grandes categorias: depósitos pegmatíticos e salmouras naturais.

2.1 - Depósitos pegmatíticos

Neste caso o lítio encontra-se contido em minerais dos pegmatitos que são rochas ou jazidas, geralmente de composição granítica, com cristais de tamanhos, via de regra, extremamente desenvolvidos, representados por corpos de forma filonianas, lenticulares ou irregulares, ligados a processos magmatogênicos ou metassomáticos. Além do lítio, os pegmatitos podem conter outros elementos de importância econômica como berílio, nióbio, tântalo, estanho, terras raras, urânio e tório - além de caulim, mica (muscovita) quartzo (inclusive cristal de rocha) e diversas gemas como água marinha, turmalinas coloridas e ametista.

Os minerais litiníferos, neste caso, são os já mencionados no item anterior, ou seja, espodumênio, ambligonita, lepidolita e petalita, aos quais se associa com frequência a cassiterita (mineral de estanho).

Os pegmatitos mineralizados constituem geralmente micro-jazidas que ocorrem em associação, formando os chamados campos pegmatíticos (ou províncias pegmatíticas) que podem estender-se por dezenas ou mesmo centenas de quilômetros. Uma característica marcante das mineralizações pegmatíticas é relativa à disposição bastante irregular e até mesmo aleatória dos minerais úteis, tornando a pesquisa muito dificultada, sendo que muitas vezes torna-se impraticável a correta quantificação das reservas.

Os depósitos pegmatíticos são responsáveis pela grande maioria da produção mundial de lítio, sendo que no Brasil representam atualmente a única fonte conhecida deste metal.

2.2 - Salmouras naturais.

O carbonato e o cloreto de lítio são recuperados de salmouras naturais, como em Searles Lake, na Califórnia (USA), como subproduto do aproveitamento de sais de potássio e sódio. A produção mundial de lítio a partir de salmouras ainda é bastante diminuta comparada com aquela oriunda de pegmatitos.

O lítio é ainda encontrado, em a natureza, em concentrações susceptíveis de aproveitamento em outros tipos de depósitos, como em evaporitos e em greisens, desconhecendo-se registros de haver, atualmente, recuperação econômica. No caso de evaporitos, deve-se destacar que no Chile existem estimativas de 1.200.000 t de lítio contido, com concentração da ordem de 2.000 ppm de Li, em associação com núcleo de halita.

3 - CAMPOS DE APLICAÇÃO ECONÔMICA DO LÍTIO E SEUS COMPOSTOS QUÍMICO - INDUSTRIAIS.

DINIZ FILHO (1978), em recente artigo, publicou uma excelente compilação sobre os usos do lítio e seus compostos, mercê de primoroso tratamento de selecionadas e atualizadas informações oriundas de diversas fontes nacionais e internacionais. Em função disto, apresenta-se aqui, a seguir, uma transcrição algo simplificada e adaptada das aplicações do lítio contidas naquele trabalho.

O lítio pode ser utilizado segundo três formas básicas: como mineral (na forma natural ou de concentrados), como metal puro e, principalmente, na forma de seus inúmeros compostos obtidos pelos processos químico-industriais. Em função de sonegação de dados, torna-se difícil avaliar, mas supõe-se que o consumo setorial no mundo está assim distribuído:

- Comissões de Energia Nuclear e fins	
• Militares	28%
- Indústrias cerâmica, vidro e alumínio primário	50%
- Preparo de graxas lubrificantes	10%
- Outros fins	12%

Entende-se, por outros fins, setores de consumo tais como: ligas metálicas, condicionadores de ar, indústria farmacêutica, catalizadores para indústria de borracha sintética, combustível para foguetes, na armazenagem e transferência de calor, desinfecção de piscinas, soldas para magnésio, titânio e zircônio, e como agente redutor na purificação de silicone e sistemas de absorção de umidade (desenvolvido na II Guerra para submarinos, utilizando o brometo, foi miniatu-

rizado e adaptado aos veículos espaciais da classe Apollo). A seguir, detalha-se a aplicação do lítio e seus compostos, presentemente, nos seus mais comuns setores de consumo.

3.1 - Aplicações mais comuns, no presente.

- Na Cerâmica

Nos Estados Unidos da América, o principal setor de consumo de lítio é na indústria cerâmica. Os produtos utilizados são o carbonato e o óxido de lítio. Suas aplicações nos processos cerâmicos, conferem os seguintes resultados: facilitam o espalhamento do esmalte e vernizes, baixam a viscosidade dos silicatos fundidos, e aumentam a dureza das superfícies esmaltadas. Em alguns processos cerâmicos, muitas vezes, é usado o próprio mineral de lítio, como é o caso da ambligonita, usada na produção de esmaltes. A lepidolita tem qualidades fluidificantes, substituindo muitas vezes o feldspato na produção de porcelana.

O óxido de lítio é muito empregado na produção de vidros-cerâmicos, os quais são mais tenazes que o vidro comum, mais densos que alguns aços e mais leves que o alumínio. A seguir cita-se alguns vidros especiais nos quais o lítio (quer como mineral ou compostos) entra na composição: vidros para eletrodos, vidros para bulbos de televisão (branco e preto), vidro para laboratório, Pyrex, vidros para capacitores (substitutos industriais da mica como dielétrico) e vidros para aparelhos de transmissão ultravioleta.

- Na Fabricação de Polímeros

Os polímeros, sendo substâncias formados por um enca

deamento de moléculas simples (monômeros) de uma mesma substância ou por um encadeamento de moléculas de substâncias diferentes (copolímeros), descortinaram um campo de pesquisa muito vasto, resultando na descoberta de muitas substâncias, hoje em dia, básicas à vida do homem moderno. Um bom exemplo, é o "mundo" dos plásticos, cujo avanço mais recente é o plástico biodegradável. O papel do lítio no processo de polimerização é bastante acentuado, como iniciador de reações, nas quais as partes orgânicas dos compostos de lítio são consumidas no processo. Em alguns processos atua somente como catalizador, sendo sua regeneração total.

- Na Fabricação de Combustíveis Para Foguetes.

As pesquisas para obtenção de combustíveis à base de lítio evoluíram a tal ponto, que a Olinmathieson Chemical Corporation utilizando hidreto de lítio e outros insumos produz di-borano, um combustível de foguete de alta energia.

- Na Produção de Ligas

Ligas de Lítio e Chumbo. A fundição de chumbo se torna fácil quando a massa a ser fundida recebe cerca de 0,5% em peso de lítio. Apresentando a mesma durabilidade do chumbo, a liga formada ainda tem aumentada a sua rigidez e dureza.

Ligas de Lítio e Alumínio. Uma das principais e a "scleron", cujas principais características são: resistência à tração, dureza e elasticidade superior ao "duralumínio".

Ligas de Lítio e Magnésio. A indústria aeroespacial é um dos maiores setores de consumo das ligas de lítio e magnésio, em função de seu baixo peso específico. Nas suas composições levam cerca de 14% de alumínio (em peso).

Como exemplo, enquanto uma liga de magnésio e lítio tem o peso específico de $1,35 \text{ g/cm}^3$, o magnésio metálico puro tem $1,74 \text{ g/cm}^3$. Um outro setor de consumo dessa liga, é a indústria de veículos militares.

- Na Fabricação de Graxas.

A maioria das graxas "all-purpose" e "multi-purpose" existentes no mercado norte-americano, contém estearato de lítio ou um outro "sabão" de lítio. O que as distingue em relação a outros produtos similares, é que retêm suas propriedades lubrificantes (viscosidade, etc.) dentro de um largo espectro de temperaturas, desde abaixo de zero grau, até 300°F . Apresentam ainda uma boa resistência à água, à oxidação e se liquefeitas, continuam estáveis após o resfriamento. Muitas especificações militares para graxas podem somente ser satisfeitas pela incorporação de sabões de lítio. Na indústria automobilística e aérea, uma única graxa à base de lítio pode ser usada para múltiplas aplicações, o que outrora requeria diferentes tipos. Isto resultou em uma maior ou menor substituição das graxas de sódio e cálcio pelas de lítio, se bem que, em temperaturas muito altas, as graxas de estrôncio e bário podem ser superiores àquelas que contêm lítio.

O atual consumo de hidróxido de lítio monohidratado, em graxas nos Estados Unidos da América, é estimado em torno de 3 milhões de libras de Li_2O .

- Na Produção de Alumínio.

A adição de carbonato de lítio nas células de redução de alumina foi um dos setores de consumo que apresentou uma das maiores taxas de crescimento durante os últimos quatro ou cinco anos, segundo as publicações especializadas.

A Kaiser Aluminiun foi uma das pioneiras neste campo, mas a Montecatini e outros produtores de alumínio foram quem, realmente, tiveram o mérito da aprovação do processo, sob o ponto de vista técnico-econômico. A Kaiser demonstrou que é possível melhorar em 8% o rendimento na produção de alumínio primário, se for acrescentado de 2 a 8% de lítio na fundição eletrolítica. O lítio diminui a resistência interfacial das células, podendo passar maiores quantidades de corrente, o que seria normal a altas temperaturas, além de diminuir a névoa de alumínio causado pela reoxidação do alumínio nas células e também a emissão de fluoretos. O efeito é conhecido há muitos anos, mas a política de economia de energia veio em favor do processo viabilizando o custo do lítio.

- Na Refrigeração e Condicionadores de Ar.

O brometo de lítio, o cloreto ou nitrato são usados como absorventes em sistemas de refrigeração, porque eles têm altos coeficientes de absorção para amônia e uma baixa pressão de vapor, bem como um baixo ponto de congelação.

O cloreto de lítio é usado como desumidificador em sistemas de condicionamento de ar para hospitais, que requerem paralelamente teores de umidade padronizados, um ambiente esterilizado. A W.C. Homes and Co. Ltd. adquiriu uma licença da International Engineering and Trading Society para comercializar o sistema "Kathabar"; desenvolvido pela Surface Combustion Corporation, Ohio; U.S.A. O sistema tem capacidade para remover 97% das bactérias transportadas pelo ar.

O brometo de lítio, por outro lado, é muito usado em sistemas de absorção de umidade de submarinos. Já o hidróxido de lítio anidro foi usado como absorvente de dióxido de

carbono (gás carbônico) em submarinos. Posteriormente, o processo foi miniaturizado e adaptado nos veículos parciais da classe Apollo. O mesmo tem capacidade de absorver até três quartos de seu peso de dióxido de carbono e tem ainda uma outra vantagem tal como a soda cáustica (hidróxido de sódio) de remover sólidos sem endurecer-se até que seja completamente transformado em carbonato.

- No Tratamento de Piscinas.

O hipocloreto de lítio é vendido como branqueador e é largamente usado nos Estados Unidos para tratamento de piscinas de natação. Apesar de mais caro que os hipocloritos de sódio e cálcio suas vantagens são: um alto teor de cloro ativo, estabilidade quando armazenado e rápida e completa solubilidade em água. No entanto, o produto químico mais usado ainda é o hipoclorito de cálcio, cujo consumo em piscinas nos Estados Unidos foi de cerca 33.000 toneladas em 1967 e foi, provavelmente, em torno de 40.000 toneladas em 1970. Outros produtos usados incluem o hipoclorito de sódio, cloro isocianetos e o gás cloro em cilindros.

3.2 - Aplicações industriais futuras.

- Farmacologia

O lítio foi "desenterrado" dos arquivos médicos pela "Clínica de lítio do Instituto Psiquiátrico do Estado de Nova York". Como toda droga que inaugura novos campos em terapêutica, vem polarizando a atenção dos psiquiatras desde que se comprovou sua eficácia no tratamento de certas psicoses.

Em 1970 o uso do carbonato de lítio, como quimioterápico, foi aprovado pelo "U.S. Foods and Drug Administration", órgão governamental norte americano, que controla o comércio de medicamentos nos Estados Unidos.

- Baterias Elétricas

A recente crise energética que abala atualmente o mundo (e forçados ainda pelo controle da poluição ambiental), levou numerosos países à busca de fontes alternativas de energia, que satisfaçam três itens: baixo custo, bom rendimento e mínima poluição ambiental.

Assim é que os Estados Unidos da América criaram um programa ERDA-Energy Research and Development Administration (Pesquisa de Energia, Desenvolvimento e Administração dos Estados Unidos da América). Este programa, tem um subprograma, "Energy Storage Program" - Programa de Acumuladores de Energia. Seus objetivos são: desenvolvimento técnico de acumuladores de energia para uso futuro nos sistemas energéticos americanos e que sejam otimizados do ponto de vista de recursos, meio ambiente e economia. Os setores a serem satisfeitos deverão ser: sistemas automotivos avançados, usos residenciais, comercial e possíveis aplicações industriais. Além do mais, em termos econômicos, deverão usar insumos que substituam o petróleo e gás natural.

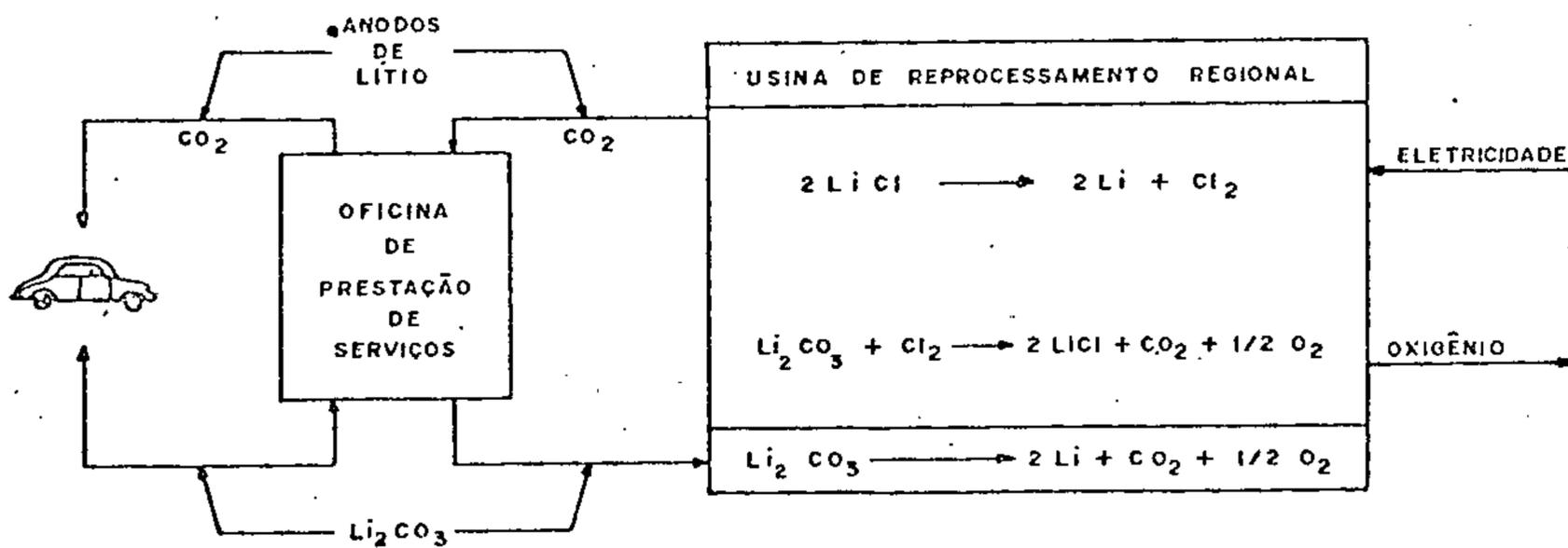
Por causa de seu baixo peso específico e potencial eletroquímico elevado, o lítio está sendo preferido nas experiências. Dos vários projetos, das inúmeras Instituições Científicas que se engajaram no projeto, um dos mais interessantes é o da Lockheed Missiles And Space Co., Palo Alto, Califórnia. A bateria utiliza água e gás carbônico. Baseia-se numa antiga reação eletroquímica do lítio com água.

As precipitações de hidróxido de lítio hidratado são controlados pela adição de dióxido de carbono.

A bateria já existe a nível de escala de laboratório e também um ciclo de uso em escala social esquematizado conforme fig. 1. Remove-se da bateria o produto da reação (uma lama de carbonato de lítio) e recarrega-se com suprimento de lítio e dióxido de carbono. Para um veículo de 910 kg de peso e um percurso de 320 km a uma velocidade média de 97 km/hora, são necessários 7,2 kg de lítio e 23 kg de gás carbônico. Nos postos de serviços, a cada 320 km é retirado o carbonato de lítio e reabastecido o gás carbônico, e somente após 1600 km é adicionada a nova carga de lítio metálico. O carbonato de lítio é transportado para as usinas locais de reprocessamento

Fig. Nº 1

SISTEMA AUTOMOTIVO COM RECICLAGEM DE CARBONATO DE LÍTIO



FONTE: LITHIUM RESOURCES AND REQUIRENTES BY THE YEAR 2000
 Geological Survey Professional Paper 1005
 UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, 1976

e transformado em lítio metálico, gás carbônico e oxigênio. Os produtos resultantes, lítio e gás carbônico, são devolvidos aos postos de prestação de serviços, fechando-se assim o ciclo. O sistema tem uma estrutura de custo formada mas não divulgada. Entretanto, apesar dos inúmeros problemas a serem vencidos, promete revolucionar a indústria automobilística futura. Uma análise econômica do processo, foi feita pela Lawrence Livermore Laboratory, em 1975, que recomendou estudos para redução dos custos de recuperação do lítio metálico.

- Reator de Fusão por Laser.

"A possibilidade da fusão nuclear controlada está compreendida num projeto que pretende obter mediante a fusão dos átomos de hidrogênio (princípio da "bomba de hidrogênio") uma fonte de energia muito mais eficiente que qualquer outro processo de fissão nuclear".

O problema maior consiste em encontrar materiais que possam suportar e controlar a fusão nuclear. Nos últimos 20 anos verbas foram gastas pesquisando a possibilidade de usar forças magnéticas. Demonstrada teoricamente a impossibilidade, chegaram a conclusão que ao invés de aquecer uma pelota de isótopos de hidrogênio como um único "laser", muitos raios de diferentes direções aqueceriam o combustível a tal forma que ela seria comprimida. Haveria a fusão com eliminação dos efeitos explosivos. O sistema só existe atualmente nas pranchetas e simulações de computadores e está com previsão de experimentação prática em 1985.

O lítio tem importância no processo por duas razões:

- Bombardeado com um neutron é fonte de hidrogênio trítio.

- O tamanho do reator será determinado pela necessidade de uma camada de lítio líquido que, envolvendo o núcleo do reator terá funções de absorver neutrons de alta energia além de servir para transmissão de calor e refrigeração.

- Reator a Lítio

Até poucos anos atrás, tanto nos Estados Unidos, como na Rússia, depois de retirado o isótopo de Li_6 (fonte de trítio) o lítio residual (Li_7) era destinado ao "Stockpille" (estoque estratégico) ou conforme o comportamento do mercado, vendido para os fornecedores do concentrado ou para a própria indústria. Porém em 1963 a Comissão de Energia Atômica dos Estados Unidos, através de contrato, iniciou a construção de um Reator Térmico Refrigerado a Lítio (HTLIR) em Idaho, cujo projeto recebeu a denominação de "LICRE" - Reator Experimental Refrigerado à Lítio.

4 - DEPÓSITOS LITINÍFEROS DO NORDESTE

A potencialidade dos depósitos litiníferos do Nordeste é a mais importante do Brasil, destacando-se o Estado do Ceará e Paraíba/Rio Grande do Norte.

Consideradas as peculiaridades da extração dos minerais úteis dos pegmatitos, na forma como tem sido levada a efeito no Nordeste (garimpagem, carente de um sistema organizacional) e as dificuldades ou inviabilidade de proceder-se avaliações quantitativas de reservas (devido as características inerentes ao tipo de depósitos mineral), torna-se impraticável apresentar-se números representativos das produções e das reservas. Interessa bem mais, entretanto, mostrar-se a potencialidade de depósitos susceptíveis de recuperação econômica.

Recentemente ARGENTIÈRE (1977) apresentou uma síntese sobre a ocorrência de minerais litiníferos no Nordeste, que pela sua atualidade e objetividade, representa documento importantíssimo para que se vislumbre uma perspectiva altamente favorável para este metal, ao proceder-se uma apreciação conjuntamente com os demais informes técnicos e econômicos disponíveis.

4.1 - Pegmatitos litiníferos do Ceará.

O Estado do Ceará abriga, a luz das informações mais recentes, a maior potencialidade em depósitos litiníferos do Brasil.

Os pegmatitos concentram-se nas regiões nordeste e centro-leste do Estado, distribuindo-se pelos municípios de Aracoiaba, Beberibe, Berilândia, Cangati, Canindé, Cascavel,

Itapiuna, Cristais, S. João da Espora, Russas, Solonópole, Qui-
xeramobim e Morada Nova.

ARGENTIÈRE (op.cit.) catalogou ao todo 68 pegmati-
tos litiníferos.

De uma maneira sintética, em função dos diversos
trabalhos desenvolvidos, pode-se caracterizar estes pegmati-
tos através dos seguintes elementos:

a) a grande maioria (cerca de 90% dos conhecidos)
foi parcialmente explotada por garimpagem, até profundidades
que raramente ultrapassam aos 8m; - somente o pegmatito Jucás,
no município de Itapiuna, teria já produzido 16.000 t de mine-
rais de lítio;

b) de um modo geral enquadram-se no tipo granítico,
encaixados discordantemente em complexos pré-cambrianos (domi-
nando os gnaisses e migmatitos);

c) existem pegmatitos homogêneos e heterogêneos, sen-
do estes últimos mais importantes em termos de mineralizações;

d) os minerais litiníferos encontrados são ambligo-
nita, espodumênio e lepidolita, aos quais podem associar-se
outros minerais úteis como cassiterita, columbita/tantalita e
berilo;

e) os corpos mineralizados são geralmente arrasados
pela erosão, propiciando considerável volume de eluvião.

As variações de pegmatito para pegmatito são bastan-
te acentuadas, fugindo do escopo deste trabalho descrições de
talhadas. No entanto, é interessante que se reporte aos aspec-
tos particulares do pegmatito Jucás, um dos mais conhecidos,
a título de exemplo.

O pegmatito Jucás localiza-se no extremo sudoeste
do município de Itapiuna e segundo SOUZA et alii (1973) tra-

ta-se de pegmatito heterogêneo zonado, encaixado em gnaisses pré-cambrianos, tendo cerca de 120 m. de comprimento por 40 de possança máxima, com forma mais ou menos elipsoidal. São distinguidas quatro zonas que da periferia para o centro, estão assim dispostas:

Zona I - zona de contato com a encaixante, composta por rocha granítica gráfica, contendo como acessório turmalina verde e negra.

Zona II - é a mais espessa, composta essencialmente por pertita. O berilo ocorre com maior frequência próximo a zona III. Na parte mais interna ocorre cassiterita e tantalita.

Zona III - é a zona de maior concentração de minerais econômicos importantes. É aqui que aparece a ambligonita e o espodumênio, além do berilo, cassiterita e tantalita - o domínio mineralógico é do microclínio.

Zona IV - núcleo de quartzo com inclusões de cristais de espodumênio.

4.2 - Pegmatitos litiníferos da Paraíba/Rio Grande do Norte.

A catalogação de ARGENTIÈRE (op.cit.) engloba 15 pegmatitos litiníferos no Rio Grande do Norte e 22 na Paraíba. A região mineralizada é a conhecida província de Borborema, incluindo os municípios de Juazeirinho, Picuí, Pedra Lavrada, Cubati, Frei Martinho (na Paraíba), Acari, Carnaúba dos Dantas, Jardim do Seridó, Equador e Parelhas (no Rio Grande do Norte).

De um modo geral a caracterização genérica é semelhante a apresentada para o caso do Ceará, valendo ressaltar que, na Borborema, os pegmatitos geralmente são salientes na topografia, formando os chamados "altos", onde é marcante a associação lítio-estanho.

Como exemplo de pegmatito lítio-estanífero da Borborema menciona-se o de Marimbondo, localizado no município de Carnaúba dos Dantas (Rio Grande do Norte), a sudoeste da sede municipal. A rocha encaixante é um biotita-xisto pré-cambriano (micaxisto Seridó). Segundo ROY et alii (1964) o pegmatito é do tipo heterogêneo zonado, tendo uma extensão da ordem de 80 m e uma largura de 30 m. Os minerais úteis mais relevantes que tem sido garimpados são cassiterita, espodumênio, berilo e tantalita. As zonas e respectivas concentrações minerais são análogas ao caso do pegmatito Jucás do Ceará.

5 - PROGRAMA DE APROVEITAMENTO DOS DEPÓSITOS LITINÍFEROS DO CEARÁ E PARAÍBA/RIO GRANDE DO NORTE.

5.1 - Justificativas

As justificativas para execução do programa são essencialmente econômicas e ligadas enfaticamente ao problema da busca de soluções alternativas de fontes de energia, substitutivamente ao petróleo, além evidentemente de outras razões de ordem econômica relativas a empregos industriais em ampla e importante gama de produtos, conforme abordado em item anterior.

Afigura-se como importante salientar o grande interesse internacional que vem despertando o lítio, sendo objeto dos profundos e variados estudos e pesquisas mercê de sua perspectiva altamente favorável na indústria de vanguarda. Prova e exemplo disto tem sido a constatação do esforço especial empreendido pelos Estados Unidos em promover diversos e relevantes estudos (geológicos, analíticos, tecnológicos, pesquisas industriais, etc.) sobre o lítio, enfeixados em simpósio realizado em Golden (Colorado), em 1976, onde foram apresentados 34 trabalhos específicos sobre aquele metal. Parte dos temas lá abordados foram aqui reportados no item 3, no entanto, é interessante salientar ainda certas conclusões contidas na coletânea publicada pelo United States Geological Survey, relativa a tais investigações, quais sejam:

a) As baterias lítio/água/ar representam novas baterias primárias de potencial e energia tão excepcionais que são candidatas a prover propulsão para os automóveis elétricos dos próximos anos;

b) As baterias de lítio/alumínio/sulfeto de ferro demonstram ser promissoras, tanto pela utilidade em armazenamento de energia como para o uso em veículos elétricos;

c) Espera-se que os veículos elétricos representem nos Estados Unidos, no ano 2000, cerca de 12 a 16% de todos os automóveis. A figura abaixo mostra a proporção de crescimento do número de veículos elétricos. Esta projeção foi feita

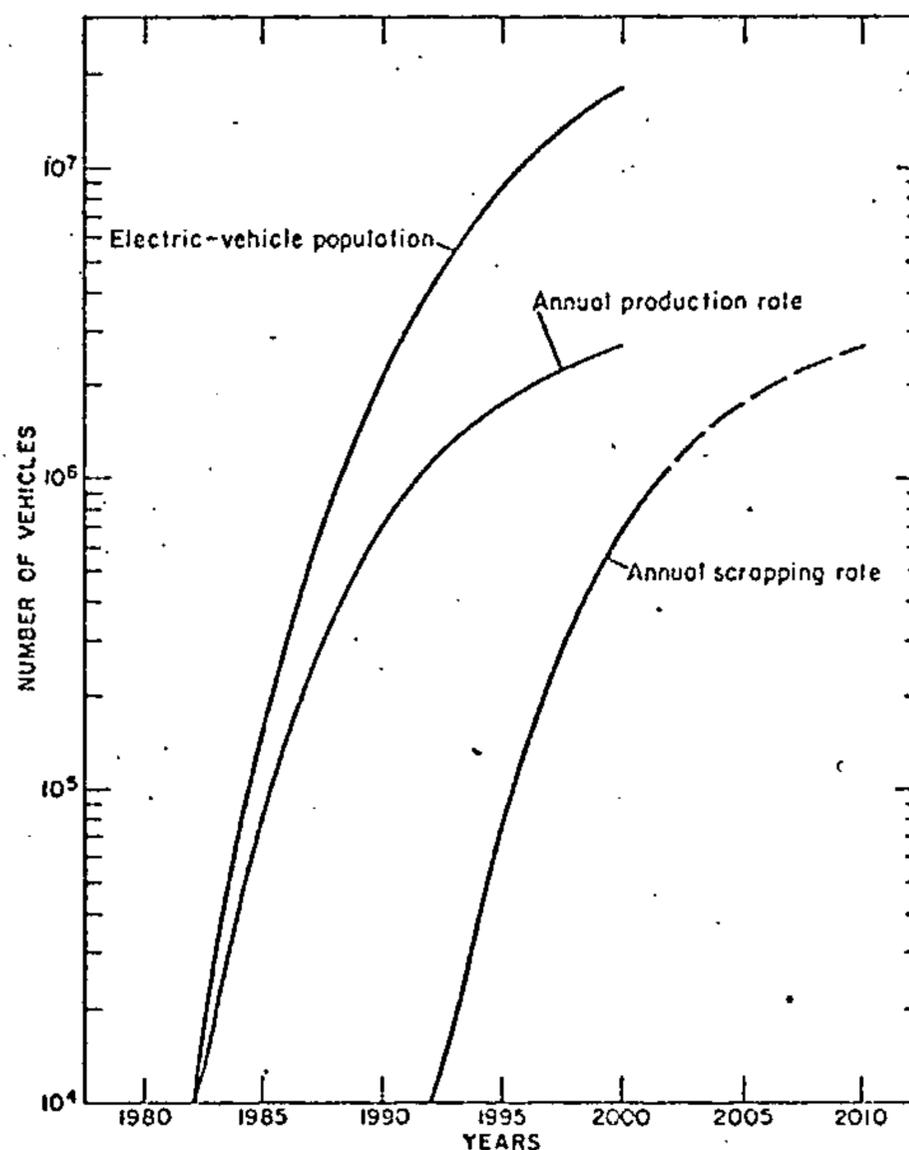


FIGURE 2.—Electric-vehicle production.

ta para os veículos elétricos em operação nos Estados Unidos até o ano 2000. Tais veículos deverão ser introduzidos no mercado, em quantidades significativas, por volta de 1985, com uma produção anual atingindo cerca de 2,7 milhões no ano 2000.

d) A vantagem da utilização do lítio em relação as baterias convencionais está em função de sua baixa densidade e potencial eletroquímico elevado, propiciando baterias mais leves, mais potentes e com maior carga.

e) Devem ser concedidas importantes e sérias atenções para a disponibilidade dos recursos litiníferos pela indústria correlata.

Por outro lado o grande esforço brasileiro na expansão da produção de álcool para ser utilizado como combustível alternativo para automóveis deverá demandar a utilização crescente de lítio, já que este metal poderá desempenhar função de relevância crescente no fabrico de álcool carburante.

Outras ponderáveis justificativas devem ser consideradas também e dotadas de realce significativo, quais sejam

- A extração de minerais de lítio ensejará a oportunidade de aproveitamento conjunto de outros bens minerais úteis, dos quais os pegmatitos são detentores, como: tantalita, cassiterita, berilo, feldspato, mica, quartzo, caulim e gemas (água marinha, turmalina coloridas, ametista). Deve-se destacar a tantalita, fonte de obtenção do tântalo, metal de elevada importância estratégica, mercê de sua utilização em reatores nucleares, propulsores de aviões a jato e instrumentos de investigações espaciais.

- Considerada a extração do minério por pequenas minerações, através de modelo de cooperativismo mineral, como será tratado mais adiante, isto virá propiciar larga utilização de mão de obra disponível no Nordeste como benéficos resultados sócio-econômicos.

- Sendo o Nordeste possuidor do maior potencial litinífero do Brasil, é altamente recomendável e urgente que se

adote providências técnicas e políticas no sentido de usufruir-se tal vantagem natural, inclusive com a instalação de indústrias litiníferas.

5.2 - Estratégia do programa

O programa para incrementar o aproveitamento dos depósitos litiníferos do Nordeste deve considerar os seguintes aspectos principais:

a) A política do Lítio, no Brasil, é por atribuição legal, traçada pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Este órgão através de delegação ao Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), controla a pesquisa, lavra e comércio dos minérios de lítio (DINIZ FILHO, op.cit.) - Qualquer programa, pois, deverá ser compatibilizado pelos ditames de tal política superior.

b) A base para o delineamento do programa, mormente a definição das capacidades de produção das indústrias a serem instaladas e as especificações dos processos e metodologias de industrialização, devem estar em consonância com o conhecimento adequado dos depósitos minerais, relativamente aos seguintes aspectos: delimitação das regiões mineralizadas susceptíveis de lavra; localização e morfologia dos corpos pegmatíticos; mineralogia dos minerais-minério; estimativa dos recursos/reservas - isto demanda, evidentemente, a necessidade de proceder-se levantamentos geológicos e pesquisas minerais, no sentido de atualizar-se e complementar-se convenientemente as informações disponíveis, que, via de regra, são bastante deficientes.

c) A economicidade da lavra deverá ser auferida em função do conteúdo de todos os minerais úteis dos pegmatitos,

além dos litiníferos, e a admissão dos conceitos relativos a substituição de fontes energéticas de derivados do petróleo, como política estratégico - econômica.

d) Além dos conceitos puramente econômicos, o programa pretende assumir componentes de elevado significado social, através da larga utilização de mão de obra não qualificada disponível na região; o sistema de lavra (ou garimpagem organizada) deverá ser implantado através de cooperativas mineiras, subsidiadas em suas fases iniciais por recursos do Governo Federal (verbas de programas de atenuação dos efeitos das secas, Projeto Sertanejo, recursos especiais do Ministério das Minas e Energia e Ministério do Interior).

5.3 - Levantamento geológico-econômico e avaliação dos recursos e reservas.

5.3.1 - Metodologia

Etapa I - Reunião e Análise da Documentação Disponível - Nesta etapa deverá ser reunida toda a bibliografia sobre o tema proposto; relatórios de pesquisa, artigos geológicos diversos, trabalhos de cadastramento, mapas geológicos e fotografias aéreas. Além disto deverá estar disponível a bibliografia internacional sobre o assunto.

De mão deste material, terão início as atividades de análise e interpretação dos dados coligidos a fim de melhor orientar os trabalhos de campo da etapa seguinte.

Ainda nesta Etapa I terão lugar serviços de fotointerpretação, utilizando-se preferencialmente fotografias aéreas na escala 1:25.000, para subsidiar o andamento dos levantamentos de campo.

Esta etapa deverá ser coroada com uma seleção dos pegmatitos julgados mais importantes e com o detalhamento do planejamento dos trabalhos subsequentes, aqui apenas genericamente configurados.

Etapa II - Levantamento Geológico de Campo e Pesquisa Mineral - Esta etapa visa essencialmente a qualificação e quantificação dos minerais úteis dos pegmatitos.

A pesquisa de pegmatitos quando objetiva dimensionar reservas é extremamente dificultada pela irregularidade dos depósitos ou mesmo por seu caráter muitas vezes caótico de distribuição. Geralmente só se conhece as reservas de um pegmatito após o total desmonte. A pesquisa, no presente caso será dificultada ainda mais pois a maioria dos pegmatitos já foram parcialmente trabalhados, com a remoção de suas partes mais superficiais.

Considerada, no entanto, a importância econômica atual dos minérios de lítio, a pesquisa deverá ser procedida, alinhando-se aqui, em seus traços mais largos, uma metodologia que deverá ser aprimorada com o desenvolvimento dos trabalhos.

a) Mapeamentos geológicos dos setores de maior concentração dos pegmatitos selecionados pela bibliografia e fotointerpretação - Mapeamento em escala 1:25.000, objetivando exclusivamente o contexto geológico dos pegmatitos. Trata-se pois de mapeamento dirigido e não de mapeamento sistemático generalizado. A razão deste procedimento é tornar a tarefa mais rápida e objetiva.

b) Reconhecimento dos pegmatitos selecionados na Etapa I e de outros eventualmente detectados com o mapeamento geológico, procedendo-se nova seleção mais refinada através dos seguintes critérios: presença de minerais de lítio, infor

mações sobre garimpagem de minerais de lítio, possança dos pegmatitos, natureza geológica dos pegmatitos (corpos heterogêneos zonados, etc.).

c) Prospecção geoquímica e geofísica orientativa (levantamento piloto) - Exclusivamente para o caso do Estado do Ceará, onde os pegmatitos geralmente são arrasados e cobertos, é interessante selecionar-se áreas restritas para aplicação destes métodos. Quanto a prospecção geoquímica a metodologia recomendada é aquela através da coleta de sedimentos de corrente, com dosagem de lítio e 30 elementos através de espectrografia de emissão; dependendo dos resultados poder-se-á utilizar a metodologia em outras áreas e mesmo empregar-se a geoquímica de solos em alvos detectados.

Relativamente a geofísica poder-se-á aplicar diversos métodos terrestres, visando sempre a detecção de novos pegmatitos e a definição de suas morfologias e extensão em subsuperfície. Caso se obtenha bons resultados a geofísica será aplicada amplamente, em caso contrário deverá ser abandonada. Desde já sugere-se a utilização experimental de magnetometria e o próprio berilômetro.

d) Delimitação aproximada dos pegmatitos em escala adequada, com base em fotografias aéreas ampliadas e amarração de pontos-chave por teodolito (elaboração de esboços das configurações periféricas dos pegmatitos) - As escalas a serem adotadas variarão em função do tamanho e heterogeneidade de cada corpo.

e) Abertura de trincheiras de reconhecimento - em muitos casos serão necessários trabalhos de desobstrução das escavações pré-existentes e de bombeamento d'água.

f) Estudo das trincheiras de reconhecimento com nova seleção de pegmatitos em função das observações realizadas.

g) Elaboração de plano sistemático de abertura de trincheiras e poços, e sua execução. O material retirado deverá ser classificado mineralogicamente e quantificado.

h) Realização de sondagens naqueles pegmatitos onde forem obtidas excelentes concentrações de lítio através dos métodos superficiais de pesquisa.

A metodologia como um todo comporta-se como um processo seletivo gradativo com descarte e seleção de pegmatitos, a medida que evoluem os métodos de pesquisa, dos aspectos gerais para o detalhe.

A quantificação dos recursos e reservas deverá partir de uma avaliação do volume total de material dos pegmatitos, por metro de profundidade, inferindo-se ou estimando-se teores médios dos minerais úteis, em função dos desmontes realizados nas atividades referentes aos itens "f", "g" e "h" - consideradas as irregularidades das mineralizações os cálculos deverão ser tomados com bastante cautela e revistos após os desmontes exploratórios a fim de adquirir-se gradativamente melhores sensibilidades para reavaliações periódicas.

Deve-se ressaltar, finalmente, que serão necessários estudos geológicos paralelos a aplicação dos métodos de pesquisa. Estudos estes voltados para a definição das paragêneses, dos controles estruturais, dos zoneamentos, das tipologias, e da gênese dos pegmatitos, o que fornecerá valiosos subsídios para um melhor entendimento da distribuição das mineralizações no espaço e suas avaliações econômicas.

5.3.2. — CRONOGRAMA DE ATIVIDADES DO LEVANTAMENTO GEOLÓGICO — ECONÔMICO E DA AVALIAÇÃO DOS RECURSOS E RESERVAS

A T I V I D A D E S	M E S E S																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24							
COMPILAÇÃO BIBLIOGRÁFICA E FOTO- GEOLOGIA	▨																														
MAPEAMENTO GEOLÓGICO GERAL				▨			▨																								
PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA E GEOFÍSICA						▨																									
SELEÇÃO E DELIMITAÇÃO DE PEGMA- TITOS — POÇOS E TRINCHEIRAS							▨				▨				▨																
SONDAGENS															▨																
ANÁLISES QUÍMICAS, GEOQUÍMICAS E PETROGRÁFICAS							▨																								
CÁLCULO DOS RECURSOS E RESER- VAS — RELATÓRIO FINAL																						▨									
INTERPRETAÇÃO E INTEGRAÇÃO DE DADOS						▨			▨						▨							▨									

5.3.3 - Pessoal técnico necessário

Considerada a realização do levantamento num período total de 24 meses, incluindo a etapa de compilação dos dados e a elaboração do relatório final, estima-se ser necessária a utilização de 07 (sete) geólogos e 04 (quatro) técnicos de nível médio para comporem as equipes de geologia. O programa deverá contar ainda com pessoal especializado em sondagem, em apoio administrativo e supervisão técnica.

5.3.4 - Estimativa orçamentária

Estima-se preliminarmente a necessidade da aplicação de recursos totais da ordem de Cr\$ 52.000.000,00, correspondentes a um desembolso médio mensal de Cr\$ 2.375.000,00 admitida a execução de 2.500 m de sondagem rotativa e o desmonte (em poços e trincheiras) de 1.000 m³ de material dos pegmatitos (preços de setembro/1978).

5.4 - Exploração

Após a realização de todos os trabalhos de pesquisa e avaliação dos recursos e reservas das áreas, ter-se-á condições técnicas adequados para selecionar-se os setores prioritários para extração dos minérios e definir-se as sistemáticas de lavra.

Os portes dos corpos mineralizados, relativamente reduzidos comparativamente com a grande maioria das jazidas, fornecem a primeira indicação do tipo de lavra a ser posta em prática, ou seja, através de frentes independentes e simultâneas para cada pegmatito de determinado setor.

Preferencialmente utilizar-se-á lavra a céu aberto até as profundidades em que haja economicidade, daí em diante havendo continuidade de mineralização em profundidade que justifique os trabalhos, partir-se-á para lavra subterrânea.

Os detalhes sobre o grau de mecanização da lavra, o tipo de desmonte, etc., deverão estar em consonância com as características específicas de cada campo pegmatítico.

É importante que se enfatize que a extração e comercialização dos minerais deverá ser procedida preferencialmente através do modelo de cooperativismo mineral, mediante o agrupamento de diversas pequenas minerações ou mesmo garimpos organizados em função de certas diretrizes e orientações técnicas.

As vantagens de pequena mineração são bastante evidentes para o caso em foco, valendo destacar, entre outros, os seguintes:

- a) grande absorção de mão-de-obra desempregada ou em disponibilidade sazonal;
- b) a lavra de pequenas jazidas pode conduzir a descoberta de outras semelhantes e mesmo maiores;
- c) flexibilidade em expansão, redução ou suspensão da lavra de determinada frente, na dependência de fatores variáveis difíceis de prever;
- d) Criação e desenvolvimento de mentalidade mineira nos operários, despertando o interesse pelo setor mineral como meio de vida mais adequado, considerando os infortúnios da agricultura em região semi-árida;
- e) substituição das tarefas das frentes de trabalho das secas por atividades mais úteis e com rendimento econômico.

Outro ponto importante a ser sublinhado é o relativo ao aproveitamento mais completo possível de todos os minerais úteis disponíveis no pegmatito. Frequentemente é feita uma analogia dos pegmatitos com o boi. Neste último a rentabilidade se acentua com a utilização de suas mais variadas partes, carne, couro, vísceras, chifres, ossos, sangue, tudo enfim. Nos pegmatitos, também, o melhor rendimento ocorre quando variada gama de minerais é extraída e comercializada: berilo, espodumênio, ambligonita, lepidolita, columbita-tantalita, cassiterita, terras raras, minerais radioativos, caulim, muscovita, quartzo feldspato, e gemas diversas.

Este aproveitamento será tanto mais completo quanto melhor for a organização da lavra e da comercialização, e das condições mercadológicas. De um modo geral pode-se dizer que o mercado existe e poderá melhorar, principalmente através de um impulso de incentivos governamentais para o início de implantação do sistema de extração e comercialização. Tal estímulo poderá ser concretizado através da compra de estoques pelo Governo (através de banco competente ou outra entidade ligada ao setor governamental) que manteria por certo tempo (curto prazo) armazenada a produção, até que a cooperativa mineira dispusesse de condições para assumir o empreendimento autossustentadamente.

5.5 - Aproveitamento industrial

Uma vez assegurada certa capacidade de produção dos diversos bens minerais devidamente especificados e qualificados, mercê dos levantamentos e pesquisa de base, o aproveitamento industrial poderá ser acionado, sem risco de não dispor

se da matéria prima mineral adequada, daí a importância vital dos estudos geológicos e do dimensionamento dos recursos e reservas.

A indústria calcada em bens minerais dos pegmatitos será primordialmente a litinífera, visando-se enfaticamente a obtenção de fontes alternativas de energia, substitutivas aos derivados do petróleo, depreendendo-se como consequência a necessidade de levar-se a efeito estudos tecnológicos de dispositivos que utilizam lítio (incluindo-se principalmente as pesquisas para fabricação e utilização, em automóveis elétricos, de baterias de lítio).

O aproveitamento industrial deverá ser conduzido através de duas modalidades, a saber:

a) suprimento da indústria instalada no país e ainda carente de matéria prima mineral nacional para sua necessária expansão;

b) implantação de novas indústrias com linhas de produtos até então importados do exterior ou ainda não utilizados.

Em ambos os casos deve-se considerar não somente os minerais de lítio mas também os restantes minerais úteis dos pegmatitos. Os campos de aplicação industriais do lítio já foram tratados no item "3", quanto aqueles dos outros principais minerais, em uma apresentação sintética, são os seguintes:

Berilo - é a principal fonte do metal berílio que é utilizado largamente na indústria eletrônica, de vidro, aeronáutica, metalúrgica e em energia nuclear; as ligas de berílio são utilizadas na construção de aviões, engrenagens, etc.

Cassiterita - constitui a única fonte econômica para a obtenção do estanho, metal com vasto campo de aplicação.

Tantalita-columbita - o tântalo e o colúmbio obtidos desses minerais são bastante utilizados em reatores nucleares, propulsores de aviões a jato e instrumentos de investigação espacial.

Muscovita - tem vasta aplicação como isolante na indústria de material elétrico e eletrônico.

Feldspato - usado na indústria de cerâmica para o fabrico de porcelana e azulejo branco e na indústria de vidro.

Gemas - as mais utilizadas em joalheria são ametista, água marinha, turmalinas coloridas (verde, azul e rosa).

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O programa de aproveitamento dos recursos litiníferos do Ceará e da Paraíba/Rio Grande do Norte, enquadra-se na ambiência de objetivos prioritários para um modelo de desenvolvimento econômico-social perfeitamente adequado as condições do Nordeste, considerando-se a sua base em recursos naturais próprios da região, que independem das adversidades climáticas e que se alinham entre as matérias primas mais demandadas internacionalmente na atualidade, e por possibilitar larga utilização de mão-de-obra não qualificada disponível.

Urge, pois, que se inicie a execução do programa com a necessária liberação dos recursos necessários através de fontes governamentais competentes.

7 - BIBLIOGRAFIA

ARGENTIÈRE, R. (1971) - Pegmatitos litiníferos do Nordeste es
pecialmente portadores de ambligonita. Min. Met., vol. LIII,
nº 316, pp. 151 - 155.

ARGENTIÈRE, R. (1977) - O programa Lítio no Nordeste. Rev. Esc.
Minas de Ouro Preto, vol. 34, nº 1, pp 29 - 37.

DINIZ FILHO, L.C. (1978) - Perfil analítico do lítio. Bol. nº
50, DNPM, 72 p.

ROY, P.L. et alii (1964) - Estudo dos pegmatitos do Rio Gran
de do Norte e da Paraíba. Série Geol. Econ. nº 1. SUDENE,
Div. de Geol., 129 p.

SOUZA, E.M. et alii (1973) - Programa levantamento dos recur
sos minerais do Estado do Ceará. Programa áreas pegmatíti
cas, vol. I e II, Convênio Governo do Estado do Ceará/CPRM.

VINE, J.D. - Editor (1976) - Lithium resources and require
ments by the year 2.000 - A collection of papers, presented
at a symposium held in Golden, Colorado. U.S. Geol. Surv.,
Prof. Paper 1005.

APÊNDICE

- A - Relação de pegmatitos litiníferos do Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte (segundo ARGENTIÈRE 1977).

- B - Relação de trabalhos apresentados no "Lithium resources and requirements by the year 2.000". Simpósio de Golden (Colorado), USA, 1976.

A - Relação de Pegmatitos Litiníferos (segundo ARGENTIÈRE, 1977).

CEARÁ

- 1 - Parelhas. Município de Aracoiaba.
Berilo, ambligonita, tantalita.
- 2 - Mulungu nº 1. Cristais. Município de Aracoiaba.
Ambligonita.
- 3 - Mina da Cachoeira. Município de Aracoiaba.
Berilo, mica, ambligonita, tantalita.
- 4 - Mulungu nº 4. Cristais. Município de Aracoiaba.
Ambligonita e lepidolita.
- 5 - Vaca Morta. Aroaru. Município de Aracoiaba.
Ambligonita, espodumênio e lepidolita.
- 6 - Soledade. Mulungu. Município de Aracoiaba.
Ambligonita, lepidolita.
- 7 - Foveira nº 1 e 2. Curupiri. Município de Aracoiaba
Ambligonita.
- 8 - Joazeirinho. Girau. Município de Aracoiaba.
Lepidolita, ambligonita, espodumênio, cassiterita.
- 9 - Caboclinho. Cristais. Município de Beberibe.
Ambligonita, lepidolita.
- 10 - Mulungu nº 2. Cristais. Município de Beberibe.
Ambligonita e lepidolita.
- 11 - Mulungu nº 3. Cristais. Município de Beberibe.
Ambligonita e lepidolita.

- 12 - Nova Bolinha. Município de Berilândia.
Lepidolita.
- 13 - Malhada da Areia. Município de Cangati.
Ambligonita.
- 14 - Faz. Encanto. Município de Cangati.
Ambligonita.
- 15 - Tira-Canga. Município de Canindé.
Espodumênio, lepidolita.
- 16 - Jatobá nº 1. Choró. Município de Cascavel.
Ambligonita.
- 17 - Jatobá nº 2. Choró. Município de Cascavel.
Ambligonita.
- 18 - Lago-do-Brito. Município de Cascavel.
Lepidolita, ambligonita, berilo.
- 19 - Banguê. Pitombeiras. Município de Cascavel.
Ambligonita e lepidolita.
- 20 - Serrinha nº 1. Pitombeiras. Município de Cascavel.
Berilo, mica, ambligonita, tantalita.
- 21 - Alto da Serrinha, ao lado do Rio Salgado, na área
do Município de Cascavel.
Ambligonita.
- 22 - Serrinha nº 2. Município de Cascavel.
Ambligonita, berilo, mica.
- 23 - Serrinha nº 3. Pitombeiras. Município de Cascavel.
Ambligonita, berilo.

- 24 - Serrinha nº 4. Pitombeiras. Município de Cascavel.
Ambligonita
- 25 - Jucás nº 1. Pitombeiras. Município de Cascavel.
Lepidolita, ambligonita, espodumênio, cassiterita,
tantalita, berilo. Grande produtor de lepidolita.
- 26 - Jucás nº 2. Pitombeiras. Município de Cascavel.
Lepidolita, ambligonita.
- 27 - Jucás nº 3. Município de Cascavel.
Lepidolita, ambligonita.
- 28 - Jucás. Município de Itapiuna.
Lepidolita, espodumênio, cassiterita.
- 29 - Pegmatito do Chagas. S. João da Espora, Município
de Morada Nova.
Espodumênio, lepidolita, ambligonita, berilo.
- 30 - Feijão. Monhu. Município de Russas.
Ambligonita.
- 31 - Mundo Novo. Bonhu. Município de Russas.
Ambligonita, mica.
- 32 - São Pedro. Bonhu. Município de Russas.
Ambligonita, petalita.
- 33 - Belo Horizonte nº 1. Município de Solonópolis.
Ambligonita, berilo, tantalita.
- 34 - Belo Horizonte nº 2. Município de Solonópolis.
Ambligonita, berilo, tantalita.
- 35 - Belo Horizonte nº 3. Município de Solonópolis.
Ambligonita, berilo, tantalita.

- 36 - Belo Horizonte nº 4. Município de Solonópolis.
Ambligonita.
- 37 - Belo Horizonte nº 5. Barrinho. Município de Solonópolis.
Ambligonita.
- 38 - Logradouro. Município de Solonópolis.
Ambligonita.
- 39 - Soledade nº 1. Município de Solonópolis.
Ambligonita, espodumênio, lepidolita, cassiterita,
berilo.
- 40 - Soledade nº 2. Município de Solonópolis.
Ambligonita, lepidolita.
- 41 - Soledade nº 3. Município de Solonópolis.
Ambligonita.
- 42 - Soledade nº 4. Município de Solonópolis.
Ambligonita.
- 43 - Soledade nº 5. Município de Solonópolis.
Ambligonita.
- 44 - Alto do Alfredo. Município de Solonópolis.
Lepidolita.
- 45 - Lapinha - Município de Solonópolis. Vila do Caboriu.
Ambligonita, berilo, tantalita.
- 46 - Carnaúba nº 1. Município de Solonópolis.
Ambligonita, berilo, tantalita.
- 47 - Carnaúba nº 2. Município de Solonópolis.
Ambligonita.

- 48 - Carnaúba nº 3. Município de Solonópole.
- 49 - Aroeiras. Faz. Bom Jesus. Município de Solonópole.
Ambligonita.
- 50 - Grossos nº 1. Faz. Grossos. Município de Solonópole
Berilo, ambligonita.
- 51 - Bom Jesus de Samuel Vieira. Município de Solonópole
Ambligonita, espodumênio, lepidolita, berilo.
- 52 - Bom Jesus do Pedro Isidoro nº 1. Município de Solo-
nópole.
Ambligonita, berilo.
- 53 - Bom Jesus do Pedro Isidoro nº 2. Município de Solo-
nópole.
Ambligonita.
- 54 - Bom Jesus do Carneiro. Município de Solonópole.
Ambligonita, lepidolita, espodumênio, berilo, tan-
talita.
- 55 - Bom Jesus do Gustavo Pinheiro. Município de Solo-
nópole.
Ambligonita e turmalina verde.
- 56 - Riacho da Carnaubinha. Município de Solonópole.
Ambligonita e espodumênio.
- 57 - Malhada da Areia 1, 2 e 3. Município de Solonópole
Ambligonita.
- 58 - Alto do Diniz. Faz. Logradouro. Município de Solo-
nópole.
Ambligonita.

- 59 - Córrego do Juazeiro. Município de Solonópolis.
Ambligonita, tantalita.
- 60 - Barra do Juazeiro. Algodão. Município de Solonópolis.
Ambligonita.
- 61 - Serrota. Algodão. Município de Solonópolis.
Ambligonita.
- 62 - Mina do Hugo. Algodão. Município de Solonópolis.
Ambligonita.
- 63 - Várzea Torta ou Mina do Povo. Município de Solonópolis.
Ambligonita, berilo.
- 64 - Auriverde. Faz. Auriverde. Município de Solonópolis.
Lepidolita e espodumênio.
- 65 - Poço da Carnaubinha. Faz. Nobreza. Município de Solonópolis.
Ambligonita, berilo e tantalita.
- 66 - Nobreza do Aluísio. Município de Solonópolis.
Ambligonita.
- 67 - Serra. Cangati. Município de Solonópolis.
Ambligonita, berilo, columbita.
- 68 - Belém. Município de Solonópolis.

PARAÍBA

- 1 - Lagoa dos Defuntos. Município de Cubati.
Ambligonita, espodumênio, berilo, bismutinita, tantalita, euxenita, policrasita, monazita.
- 2 - Alto Defuntos. Município de Cubati.
Ambligonita, berilo, espodumênio, bismutinita, tantalita, euxenita, policrasita, monazita.
- 3 - Alto Esperança. Fortuna. Município de Frei Martinho
Berilo, tantalita, cassiterita e ambligonita.
- 4 - Catolé nº 1 e 2. Município de Juazeirinho.
Espodumênio.
- 5 - Seridozinho. Município de Juazeirinho.
Espodumênio, cassiterita, tantalita, ambligonita (pouca).
- 6 - Pedras Pretas. Município de Juazeirinho.
Espodumênio, cassiterita.
- 7 - Alto Patrimônio. Município de Pedra Lavrada.
Berilo, ambligonita, natroambligonita (39), tantalita, ellsworthita, djalmaita, fergusonita, bismutita, zirconita.
- 8 - Alto Serra Branca. Município de Pedra Lavrada.
Berilo, ambligonita, cassiterita, tantalita, policrasita.
- 9 - Bezouro. Município de Picuí.
Espodumênio, berilo, cassiterita, tantalita.
- 10 - Carrapateira - Serra das Flexas. Município de Picuí
Ambligonita, espodumênio, cassiterita.

- 11 - Alto Cruzeiro. Município de Picuí.
Berilo, tantalita, cassiterita, espodumênio, djalmaita.
- 12 - Malhada da Pedra. Município de Picuí.
Espodumênio, cassiterita.
- 13 - Pedra d'Água. Município de Picuí.
Espodumênio, berilo, tantalita, cassiterita.
- 14 - Porteiras. Município de Picuí.
Espodumênio, cassiterita.
- 15 - Alto Questão. Município de Picuí.
Ambligonita, berilo, bismutinita, tantalita.
- 16 - Alto Remédios. Município de Picuí.
Espodumênio, cassiterita.
- 17 - Alto Roncadeira. Município de Picuí.
Espodumênio, cassiterita.
- 18 - Serra Aguda. Município de Picuí.
Espodumênio, cassiterita.
- 19 - Alto Tanquinhos. Município de Picuí.
Ambligonita, berilo, bismutinita, tantalita.
- 20 - Alto Urubú. Município de Picuí.
Berilo, espodumênio, cassiterita, tantalita.
- 21 - Várzea Grande. Município de Picuí.
Espodumênio, berilo, tantalita, cassiterita.
- 22 - Barra das Flexas. Município de Picuí, Santo Antonio
Ambligonita, berilo, tantalita.

RIO GRANDE DO NORTE

- 1 - Maracajá. Serra do Bico. Município de Acari.
Ambligonita, espodumênio e cassiterita.
- 2 - Banquetas Motuca, Umburanas, Umbuzeiro e Cajueiro.
Serra do Bico. Município de Acari.
Ambligonita, cassiterita e tantalita.
- 3 - Cristal Branco - Banqueta S. Fazenda Bico da Arara.
Município de Acari.
Ambligonita, cassiterita e tantalita.
- 4 - Malacacheta. Município de Carnaúba dos Dantas.
Berilo, ambligonita, cassiterita e tantalita.
- 5 - Marimbondo I e II. Município de Carnaúba dos Dantas
Espodumênio, ambligonita, berilo, tantalita, cassi-
terita, bismutita.
- 6 - Mina da Cruz. Município de Carnaúba dos Dantas.
Ambligonita.
- 7 - Piauí. Município de Carnaúba dos Dantas.
Ambligonita, berilo, tantalita e cassiterita.
- 8 - Salgadinho. Município de Carnaúba dos Dantas.
Berilo, tantalita, cassiterita e ambligonita.
- 9 - Alto da Tônica. Município de Carnaúba dos Dantas.
Berilo, tantalita e ambligonita.
- 10 - Alto Giz. Município de Equador.
Ambligonita, tantalita, policrasita, djalmita, mi-
crolita, samarskita, manganotantalita, espodumênio
e lepidolita.

- 11 - Currais Novos. Município de Jardim do Seridó.
Ambligonita.
- 12 - Trempe - Currais Novos. Município de Jardim do Seridó.
Ambligonita.
- 13 - Fazenda Velha. Município de Parelhas.
Espodumênio, cassiterita.
- 14 - Estanho. Município de Parelhas.
Espodumênio e cassiterita.
- 15 - Trigueiro - Riacho do Boi. Município de Parelhas.
Ambligonita, berilo, tantalita, euxenita, policrasita, uraninita.

B - Relação de trabalhos apresentados no "Lithium Resources and Requeriments by the year 2.000". Simpósio de Golden/Colorado/USA, 1976.

- 1 - Introduction.
- 2 - Battery research sponsored by the U.S. Energy Research and Development Administration.
- 3 - Battery systems for load-leveling and electric-vehicle application, near-term and advanced technology (abstract).
- 4 - Lithium requirements for high-energy lithium-aluminum/iron-sulfide batteries for load-leveling and electric-vehicle applications.
- 5 - Lithium requirements for electric vehicles using lithium-water-air batteries.
- 6 - Fusion power and the potential lithium requirement.
- 7 - U.S. lithium supply and demand and the problems involved in compiling statistics.
- 8 - The lithium industry (abstract).
- 9 - Lithium resources - prospects for the future.
- 10 - Lithium ores.
- 11 - Lithium production from Searles Valley.
- 12 - The lithium-resource enigma.
- 13 - Lithium resource estimates - What do they mean?.
- 14 - Occurrence, development, and long-range outlook of lithium-pegmatite ore in the Carolinas.



- 15 - A comparison of three major lithium pegmatites: Varutrask, Bikita, and Bernic Lake.
- 16 - Nonpegmatite lithium resource potential.
- 17 - Lithium contents of thermal and mineral waters.
- 18 - Lithium recovery from geothermal fluids.
- 19 - Lithium resources of salars in the central Andes.
- 20 - Lithium resources of Utah.
- 21 - Preliminary design and analysis of a process for the extraction of lithium from seawater.
- 22 - Lithium brines associated with nonmarine evaporites
- 23 - Origin of lithium and other components in the Searles Lake evaporites, California.
- 24 - Use of lithium and chloride concentrations in ground water for lithium exploration.
- 25 - The influence of drainage basin area upon the distribution of lithium in playa sediments.
- 26 - The tectonic and sedimentologic environment of lithium occurrences in the Muddy Mountains, Clark County, Nevada.
- 27 - Lithium abundances in oilfield waters.
- 28 - Lithium in the Gila Conglomerate, southwestern New Mexico.
- 29 - Lithium in clayey rocks of Pennsylvanian age, western Pennsylvania.
- 30 - Lithium mineralization in Arkansas.



- 31 - The behavior of lithium in experimental rock-water interaction studies.
- 32 - An integrated geophysical approach to lithium exploration.
- 33 - Lithium - data bases and resource estimates: problems and potential.
- 34 - Analytical methods and problems of lithium determination in rocks, sediments, and brines.

SISTEMA AUTOMOTIVO COM RECICLAGEM
DE
CARBONATO DE LÍTIO

