

Tambo 802752



I/2004

TRONA NO BRASIL
SINOPSE PANORÂMICA

Por:
MÁRIO FARINA/DEREM
Setembro/1999

SUMÁRIO

- 1. Conceitos**
- 2. Usos**
- 3. Visão Internacional**
- 4. Situação Brasileira**
- 5. Condicionamentos da Trona**
- 6. Trabalhos Realizados pela CPRM**
- 7. Ocorrências no Brasil**
- 8. Diagnóstico da Situação**
- 9. Recomendações**

TRONA NO BRASIL SINOPSE PANORÂMICA

1. – CONCEITOS

Os carbonatos de sódio são de duas categorias:

- a) Naturais – representados principalmente pela trona ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), e diversos outros minerais de menor importância, como natrão, termonatrita, nacolita etc.;
- b) Artificial – é a barrilha, obtida a partir da halita (NaCl) e calcário.

Em inglês os diversos carbonatos de sódio são agrupados sob a denominação de “soda ash”.

2. – USOS

Principalmente na indústria de vidro, além de sabões, detergentes e papel, entre outros.

3. – VISÃO INTERNACIONAL

Produção 1998	Em 1.000 t
<u>Natural</u>	
- Estados Unidos	10.300
- Quênia	200
- Botswana	160
Subtotal	10.660
<u>Artificial</u>	20.300
Total	30.960

Os Estados Unidos produzem 97% de todo carbonato de sódio natural do mundo. No restante da América, Europa, Ásia e Oceania não há registros de produção.

As reservas conhecidas mundialmente de carbonato de sódio são de 24×10^6 t, estando 96% nos Estados Unidos.

Os preços internacionais, em 1999 de carbonato de sódio natural, situam-se entre US\$ 60 e 115 (FOB Wyoming), por tonelada, dependendo do tipo e do contrato. O carbonato de sódio artificial, em 1998, foi cotado na Europa em US\$ 600 por t.

4. – SITUAÇÃO BRASILEIRA

O Brasil não produz carbonato de sódio natural, somente o artificial, a barrilha, e exclusivamente pela Companhia Nacional de Álcalis (CNA).

Dados de 1998	Em 1.000 t
Produção	201,9
Importação	358,4
Vendas Nacionais	200,6
Consumo Aparente	550,0

Se considerarmos como preço US\$ 100 por t, o valor do consumo aparente seria de US\$ 55.900.000, enquanto que com preço de US\$ 600, tal valor seria de US\$ 335.400.000.

5. – CONDICIONAMENTOS DA TRONA

A trona requer para sua formação e preservação alguns condicionamentos geo-ambientais bastante específicos, quais sejam:

- a) Ambiente francamente continental;
- b) Clima árido ou semi-árido, proporcionando elevadas taxas de evaporação;
- c) Bacias hidrográficas endorrêicas com alimentações volumosas de água, contendo sais de sódio dissolvidos.
- d) Rochas sujeitas a lixiviação preferencialmente vulcânicas e exclusivamente calcárias e rochas sulfetadas;
- e) Taxa acentuada de subsidência , impedindo a erosão;
- f) Mudança de regime de sedimentação com continuidade da subsidência, possibilitando o recobrimento dos depósitos de trona e sua consequente preservação.

Estes condicionamentos referem-se a “paleo-trona”, mas depósitos econômicos podem estar representados também por depósitos lacustres quaternários superficiais.

Alguns condicionamentos especiais merecem menção:

- a) O modelo do Quênia (Lake Magadi) refere-se a lago salgado em “rift valley” onde o sódio provém de fontes termais relacionadas com atividade vulcânica.
- b) Em Bostwana (Sua Pan playa) a salmoura formada por evaporação está contida em um aquífero arenoso (areias, carregadas pelo vento, de idade holocênica).

6. – TRABALHOS REALIZADOS PELA CPRM

Entre 1979 e 1983 a CPRM levou a efeito diversas atividades voltadas especificamente para trona, envolvendo estudos bibliográficos, investigações de campo e análises laboratoriais. Os principais relatórios resultantes estão a seguir enunciados, com indicações sintéticas de seus conteúdos.

- a) “Projeto estudo de trona” – Realizado no sudoeste goiano, tratou das Formações Aquidauana e Ponta Grossa. Não constatou ocorrência de trona e não recomendou trabalhos adicionais, apesar de não demonstrar caráter exclusivo. A autoria é de Virgílio Augusto Radaelli (SUREG-GO/1979).
- b) “Prospectos estudos de trona, fosforita, enxofre e sulfetos na bacia Potiguar” – De autoria de Sebastião M. P. da Silva. Não apontou indícios de trona (SUREG-RE/1980).
- c) “Prospectos estudos de enxofre, sulfetos, trona, na bacia de Alagoas” – Não forneceu informações que permitissem visão auspiciosa para trona. A autoria é de Claudio Sobral (SUREG-RE/1980)
- d) “Trona – Subsídios para o estudo de seleção de áreas” – É um excelente trabalho, representando um apanhado geral sobre a trona, obtido mormente da bibliografia internacional de autoria de Amadeu Paiva Santos (DAP/1982)
- e) “Observações sobre os terrenos pantanosos salinos brasileiros” – Trata-se de uma tradução realizada por Emiliano Cornélio de Souza de artigo em alemão escrito em 1932. Descreve algumas ocorrências de pântanos salinos, especialmente na Bahia (DEGEO/1982).
- f) “Prospecto trona no oeste do rio São Francisco” – Não constatou ocorrências de trona, mas recomendou trabalhos adicionais. É de autoria de Plínio M. O Veiga (SUREG-SA/1983).
- g) “Prospecto trona na Formação Areado” – Não sugeriu a presença de trona na área. Seu autor é Carlos Alberto Heineck (SUREG-BH/1983).
- h) “Prospecto trona de Alagoas” – Estudou algumas lagoas salinas do centro-norte de Alagoas, não detectando trona. A autoria é de Luiz A.A. Angelim (SUREG-RE/1983).

7. – OCORRÊNCIAS NO BRASIL

- a) Os trabalhos realizados pela CPRM mencionados no item anterior não detectaram ocorrências de trona.
- b) A Base Meta, que reúne todos os jazimentos cadastrados pela CPRM, não contém registros de trona.

- c) As ocorrências descritas na bibliografia consultada são raras e referem-se somente a eflorescências, finas crostas de evaporação ou pequenas drusas, sendo que em todos os casos não é atribuído valor econômico.

O quadro a seguir espelha as características de tais ocorrências.

DENOMINAÇÃO	TIPO	FORMAÇÃO	LOCALIZAÇÃO
Caiapônia/GO Fazenda São Jorge	Drusas	Aquidauana	45 km a leste da cidade de Caiapônia
Caiapônia/GO Fazenda Buracos	Idem	Idem	Idem
Mineiros/GO	Eflorescências em caverna	Idem	14 km ao norte da cidade de Mineiros/GO
Iturana/MG	Finas crostas de evaporação	Marilia do Grupo Bauru	25 km a noroeste da cidade de Iturana/MG

8. – DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO

- a) É inegável a grande importância econômica da trona. Isto por tratar-se de bem mineral de preço muito mais baixo que a barrilha e que possui qualificação para substituir o produto artificial. Tal substituição eliminaria-se as importações, contribuindo assim para a melhoria da balança comercial.
- b) Os ambientes geológicos exigíveis para a formação e preservação de trona são bastante singulares e por isso relativamente raros. É marcante a extrema carência da quantidade de jazidas no mundo.
- c) Como consequência do item anterior, o risco para obtenção de sucesso em campanhas prospectivas é bastante elevado, principalmente quando comparado com o mesmo risco no tocante a outros minerais industriais, também de grande importância econômica.
- d) O risco referido para trona é tanto menor quanto maior for a capacitação técnico-científica utilizada.
- e) Os trabalhos prospectivos para trona realizados no Brasil, até agora, são considerados deficientes, tanto no aspecto quantitativo quanto no qualitativo. Os levantamentos executados pela CPRM foram, de um modo geral, postos em prática por equipes executoras despreparadas e desaparelhadas, com a agravante de terem atuado por períodos extremamente curtos. Quanto aos trabalhos do IPT, é evidente sua limitação em termos do porte das áreas abrangidas, restringindo-se ao Estado de São Paulo.
- f) A potencialidade brasileira para trona deve ser enfocada sob dois prismas distintos. O primeiro pertinente a ambientes atuais, onde a favorabilidade afigura-se limitada quando se analisa os condicionamentos de depósitos econômicos de outros países, comparativamente com o contexto brasileiro. No que se refere ao prisma da "paleo-trona" a potencialidade é, em grande parte, desconhecida. Teoricamente as

ambiências propícias podem ser constatadas, mas a descoberta de depósitos de valor econômico afigura-se como difícil.

9. – RECOMENDAÇÕES

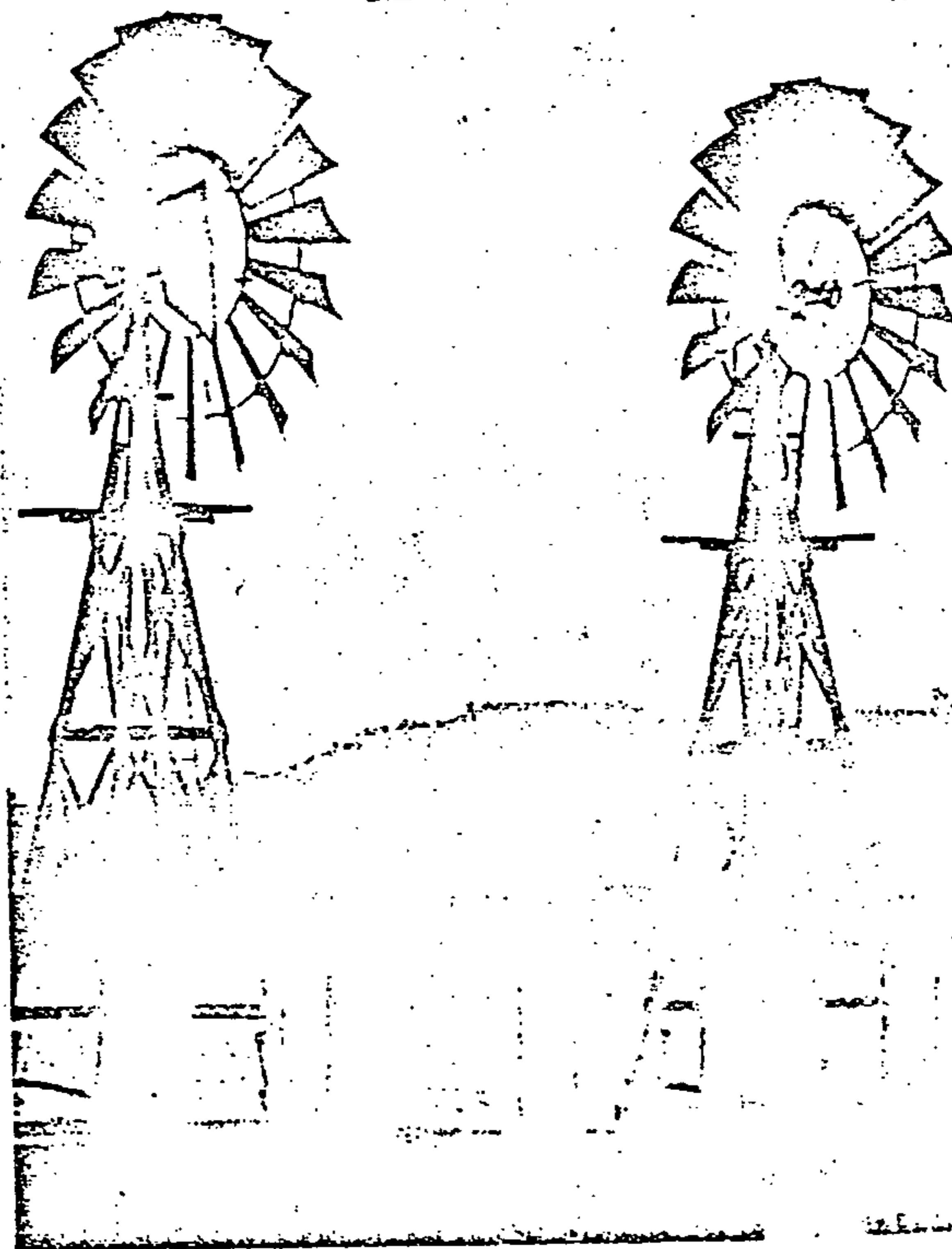
Considerado o binômio importância econômica e risco, cabe a decisão de encetar-se uma campanha prospectiva a nível nacional. Tal decisão deverá advir de uma análise comparativa com outras prioridades bastante evidentes no âmbito dos minerais industriais.

Caso a decisão seja no sentido de atacar-se o problema trona, com o objetivo de tentar descobrir-se mineralizações importantes, recomendamos a adoção de atitude sistemática, conforme a seguir enunciado.

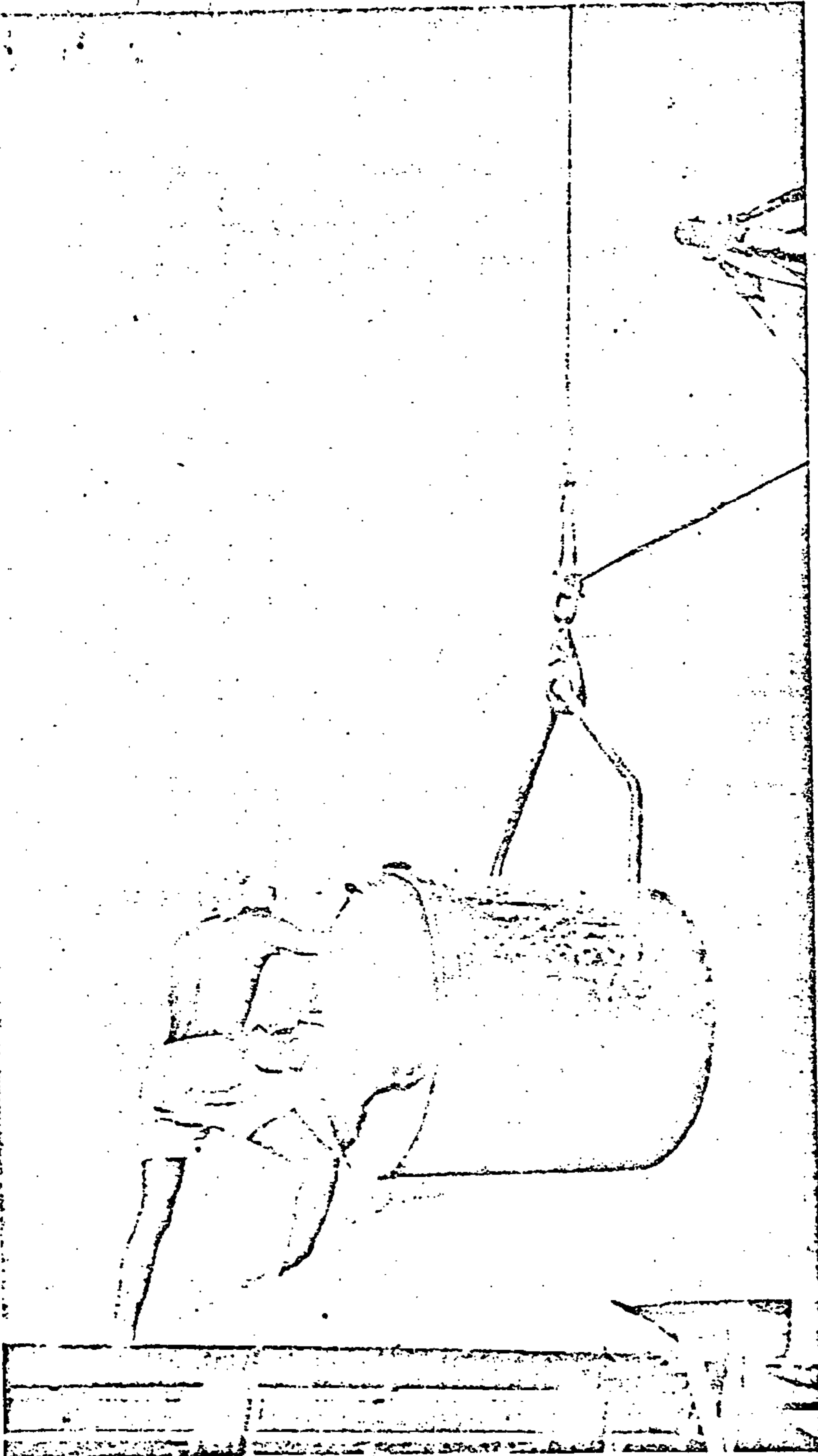
- a) Seleção de equipe executora, composta de geólogos vocacionados para o tema, incluindo especialistas em paleogeografia, geofísica e geologia estrutural.
- b) Treinamento especializado com visitas a jazidas do exterior.
- c) Perceira com a PETROBRÁS, em função da necessidade de dispor-se de dados de subsuperfície – testemunhos, amostras de calha, perfis geofísicos, etc.
- d) Estruturação de um banco de dados, reunindo as informações pertinentes as formações e facies sedimentares, caracterizadas como de ambientes paleogeográficos e estruturais favoráveis a formação de trona.
- e) Interpretação de perfis de sondagens já realizadas, especialmente dos perfis geofísicos.
- f) Campanhas sistemáticas de campo, incluindo medição do pH das águas.
- g) Análises laboratoriais especializadas.
- h) Sondagens exploratórias com perfilagem.

A BARRILHA, SEUS MÚLTIPLOS USOS NA INDÚSTRIA E AS PROJEÇÕES PARA O INÍCIO DOS ANOS 80

Embora quase desconhecida, a barrilha um insumo de grande importância para o desenvolvimento industrial. A produção brasileira é, no momento, inferior à demanda interna mas a expansão da mina da Companhia Nacional de Alcalis em Cabo Frio e a implantação da fábrica em Macau vão alterar este quadro a partir de 1981.



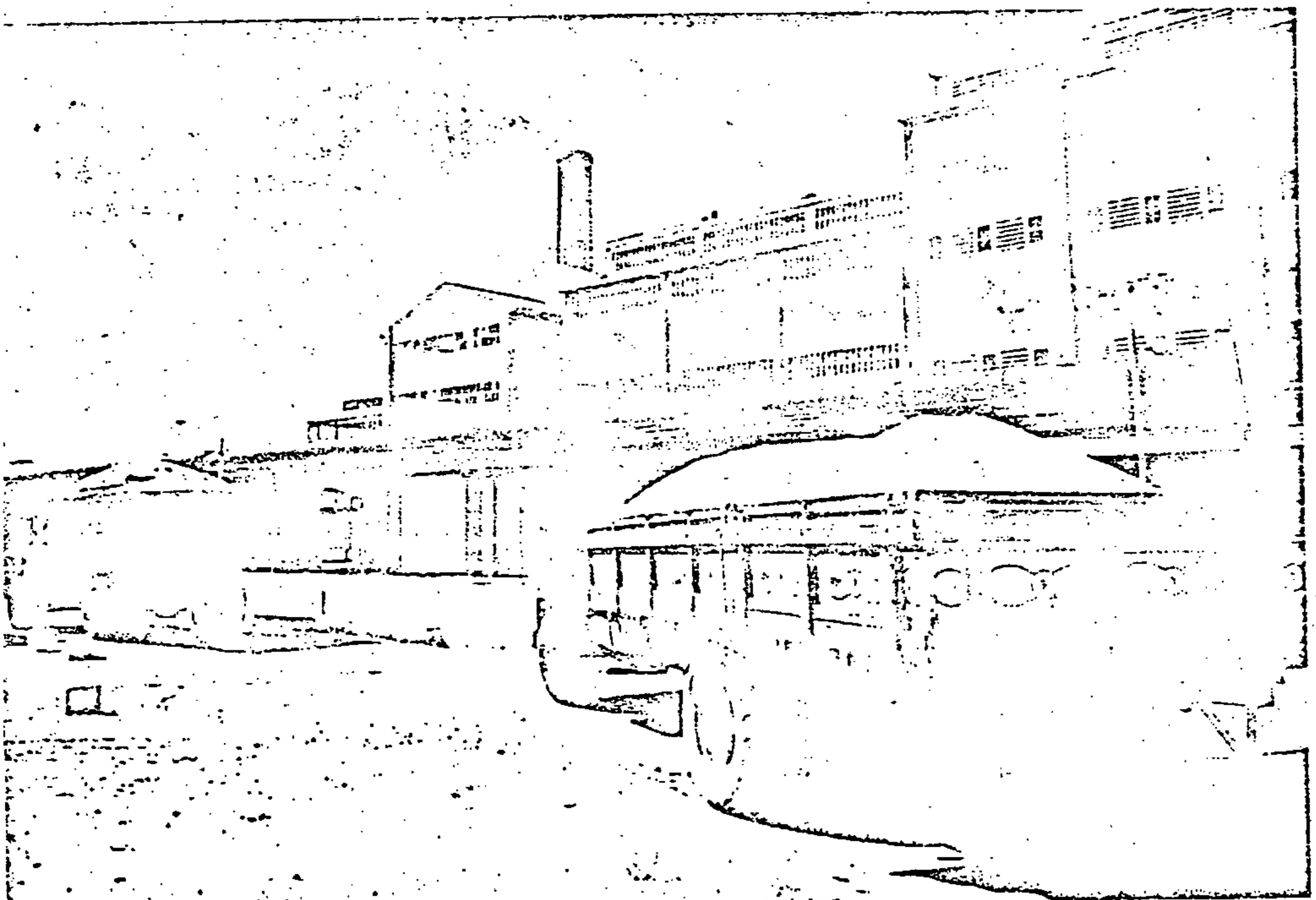
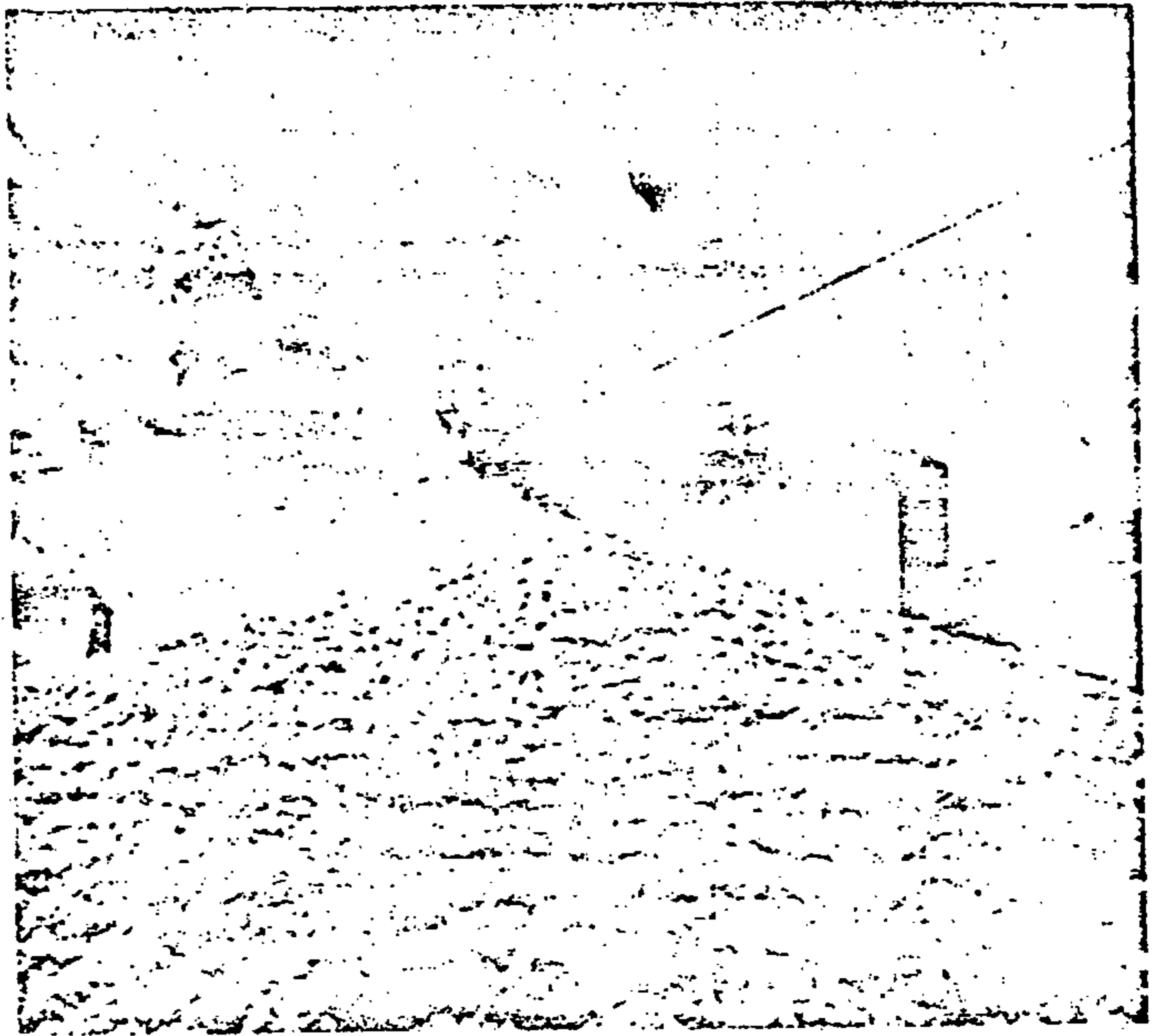
Uma das medidas previstas pela Alcalis para assegurar a produção permanente de barrilha é a ampliação das suas salinas. Hoje, parte do sal que a empresa consome vem do Nordeste.

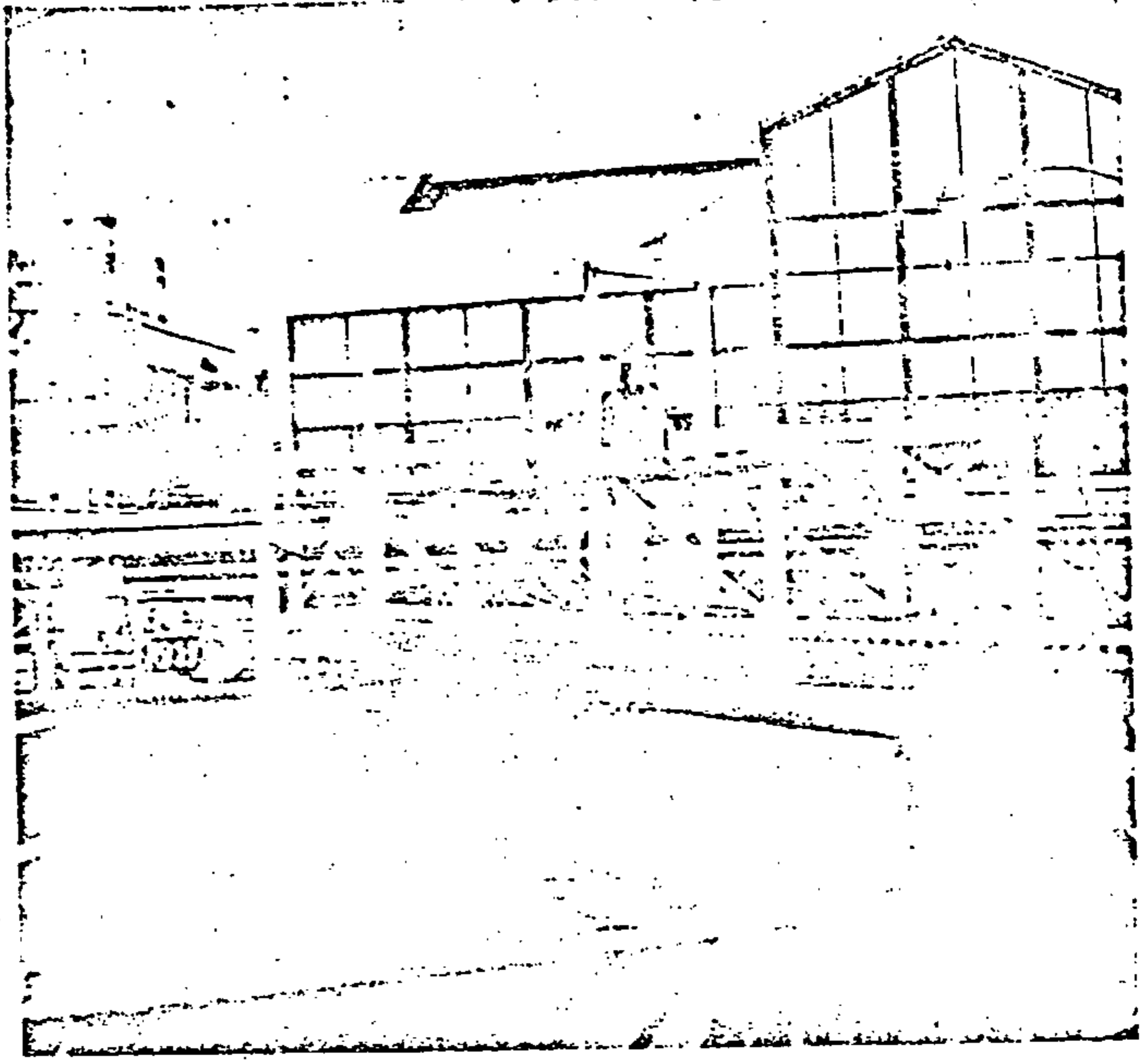


Um dos mais antigos processos de fabricação da barrilha consistia na calcinação de certas plantas, como a salsola.

Atualmente usa-se o sal marítimo e a concha como matérias-primas.

As fotos pequenas da página ao lado mostram instalações de calcinação.





No início da próxima década, o Brasil deverá passar à condição de exportador de barrilha (carbonato de sódio), posição que tenderá a crescer face à potencialidade do setor que hoje produz 150 mil toneladas e em 1981 estará produzindo 400 mil com base na expansão da atual usina produtora da Cia. Nacional de Alcalis em Cabo Frio e a instalação da nova fábrica da CNA em Macaú, Rio Grande do Norte, onde se investe 168 milhões de dólares.

A barrilha (carbonato de sódio), conhecida pelos egípcios há 5.000 anos, é usada principalmente na fabricação do vidro, como fundente e também na obtenção de diversos produtos como fosfato, silicato e cromato de sódio. Na indústria de sabões, auxilia a neutralização dos ácidos graxos e na indústria têxtil atua como desengordurante da lã bruta.

Seu emprego é ainda mais amplo, atingindo as indústrias de petróleo, de celulose, siderúrgica, de alumínio e nuclear (tratamento do minério de urânio). Seus usos são

semelhantes aos da soda cáustica mas é sempre empregada quando se deseja ação alcalina mais branda.

No dia 20 deste mês comemorase o 35.º aniversário da Cia. Nacional de Alcalis, criada no Governo do presidente Getúlio Vargas através do Decreto-lei n.º 5.684, de 20 de julho de 1943, embora sua implantação industrial tenha sido concretizada em 12 de dezembro de 1951, com a autorização, pela Lei n.º 1.491, para adquirir, integralizar e subscrever as ações da Companhia Nacional de Alcalis, que a partir de 1960 iniciou a produção nacional de barrilha, produto estratégico para o país na usina pioneira de Cabo Frio (RJ).

A história da CNA constitui-se num documento vivo da luta do país pela posse de suas riquezas minerais e a busca de auto-suficiência na produção de insumos básicos, impedindo a subordinação do processo industrial à total dependência das multinacionais do setor.

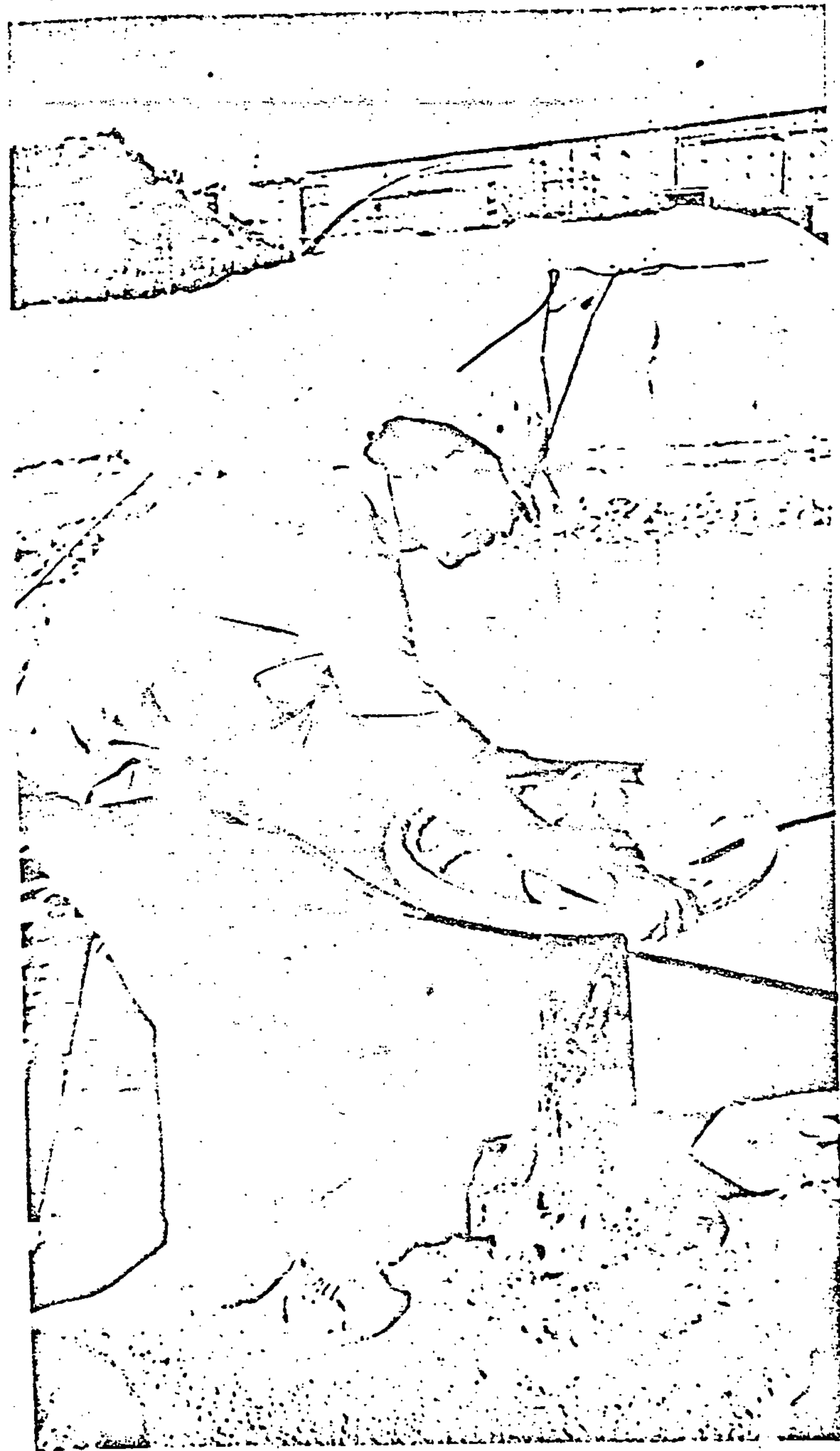
Mercado

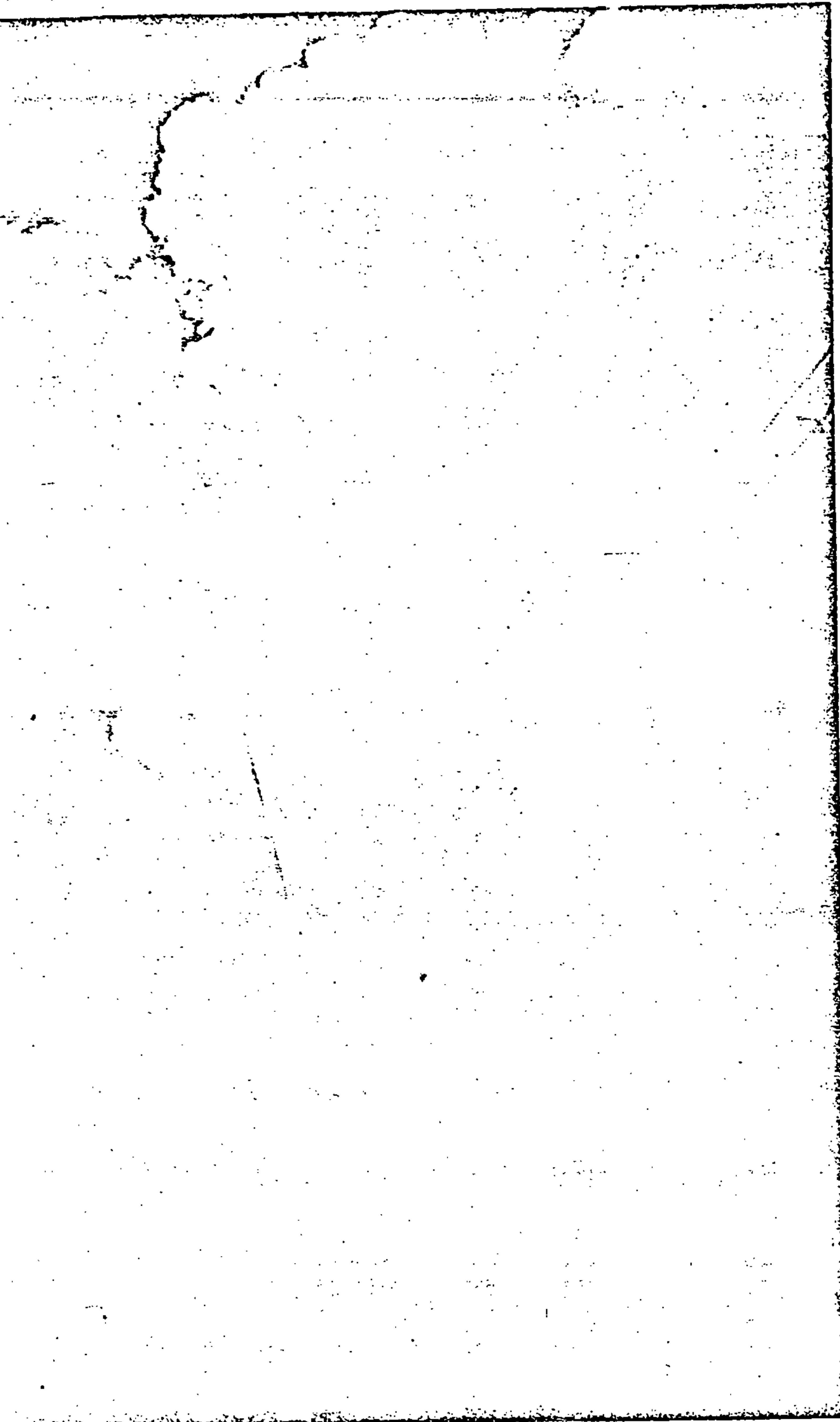
A produção de barrilha nacional pela CNA em 1977, segundo o engenheiro Edilson Távora, presidente da empresa, foi de 143 mil toneladas. Em 1976, de acordo com o relatório da empresa, a produção total fora de 150.012 t, sendo vendidas 140.931 toneladas, das quais 63.802 toneladas de barrilha leve, 72.663 de barrilha densa vidreira e 4.466 t de barrilha metalúrgica.

Um rápido retrospecto da produção da CNA desde 1960 mostra considerável crescimento nos dez primeiros anos, tendo passado o volume de barrilha de 16.100 t para 110.665 t no período. Já na década de 70 os resultados têm registrado aumento moderado, havendo ligeiras reduções em 1975 e em 1977 se comparados com os dois anos imediatamente anteriores. O ano de 1974 foi o que registrou, até o momento, o maior volume de produção, com 153.048 t.

A produtividade industrial da CNA em Cabo Frio vem alcançan-

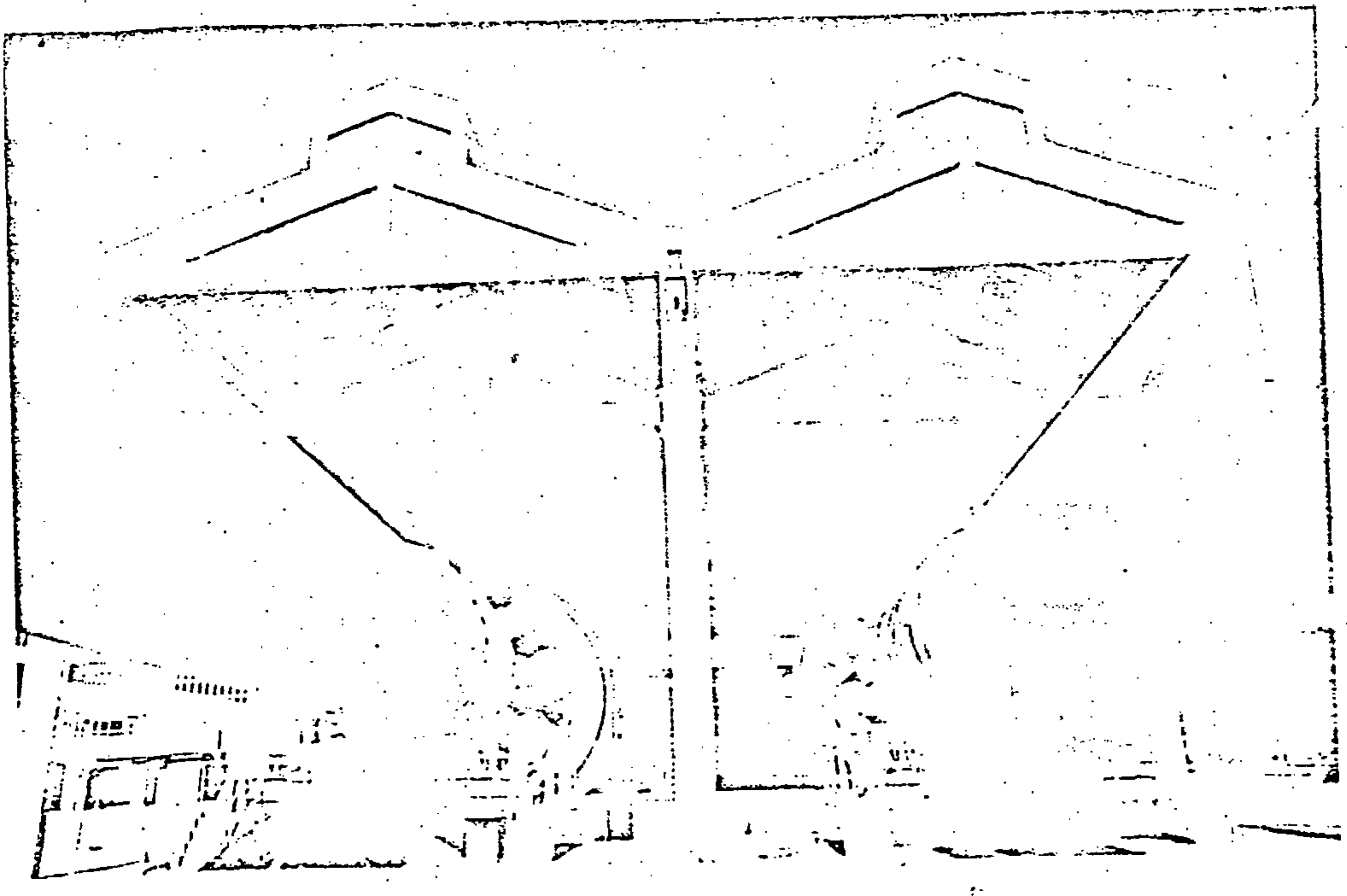
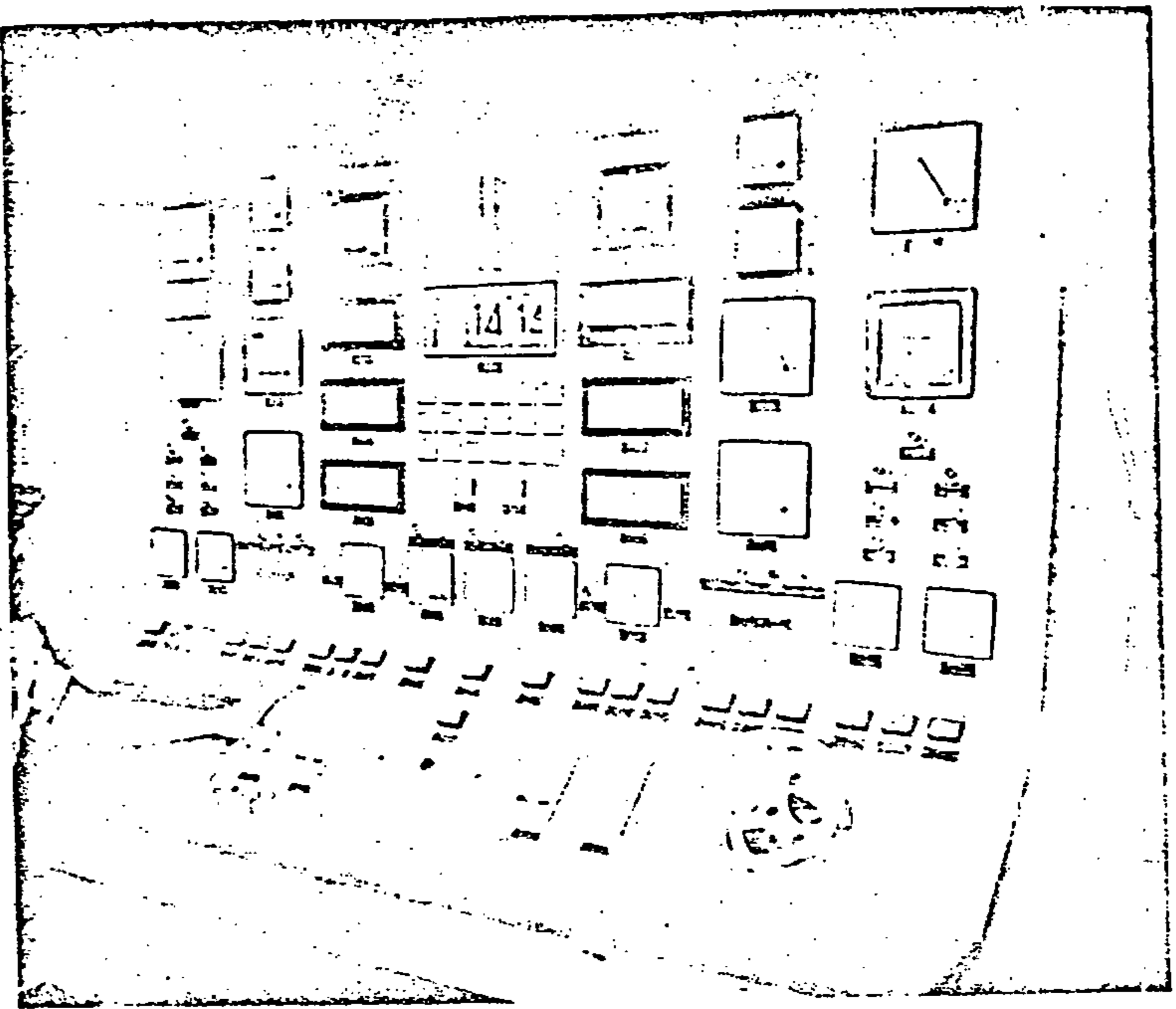
Para o abastecimento da fábrica existente é necessário sal bruto na proporção de 1,7 t para cada tonelada de barrilha. O sal corresponde a 30% do custo industrial.

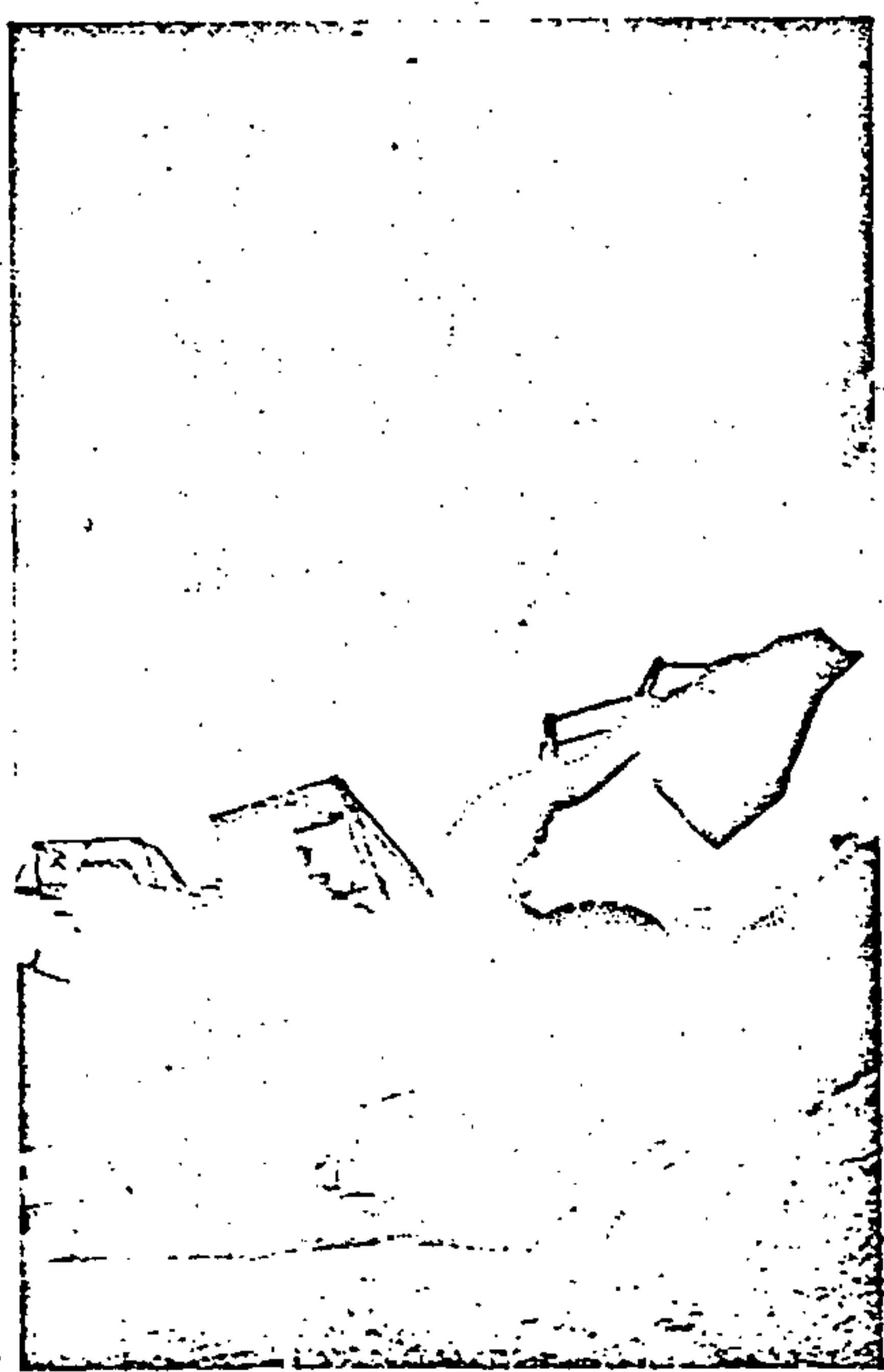
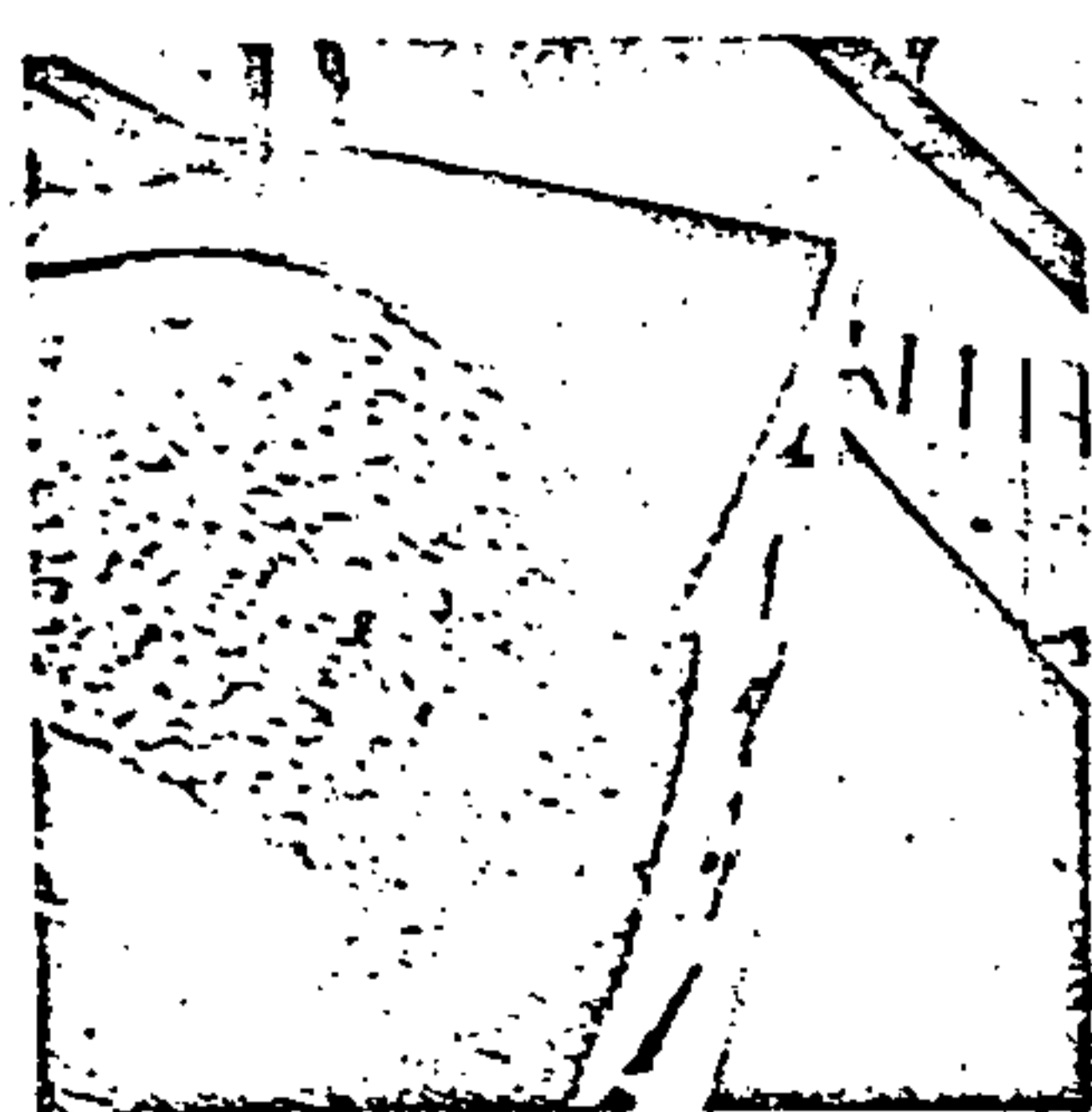
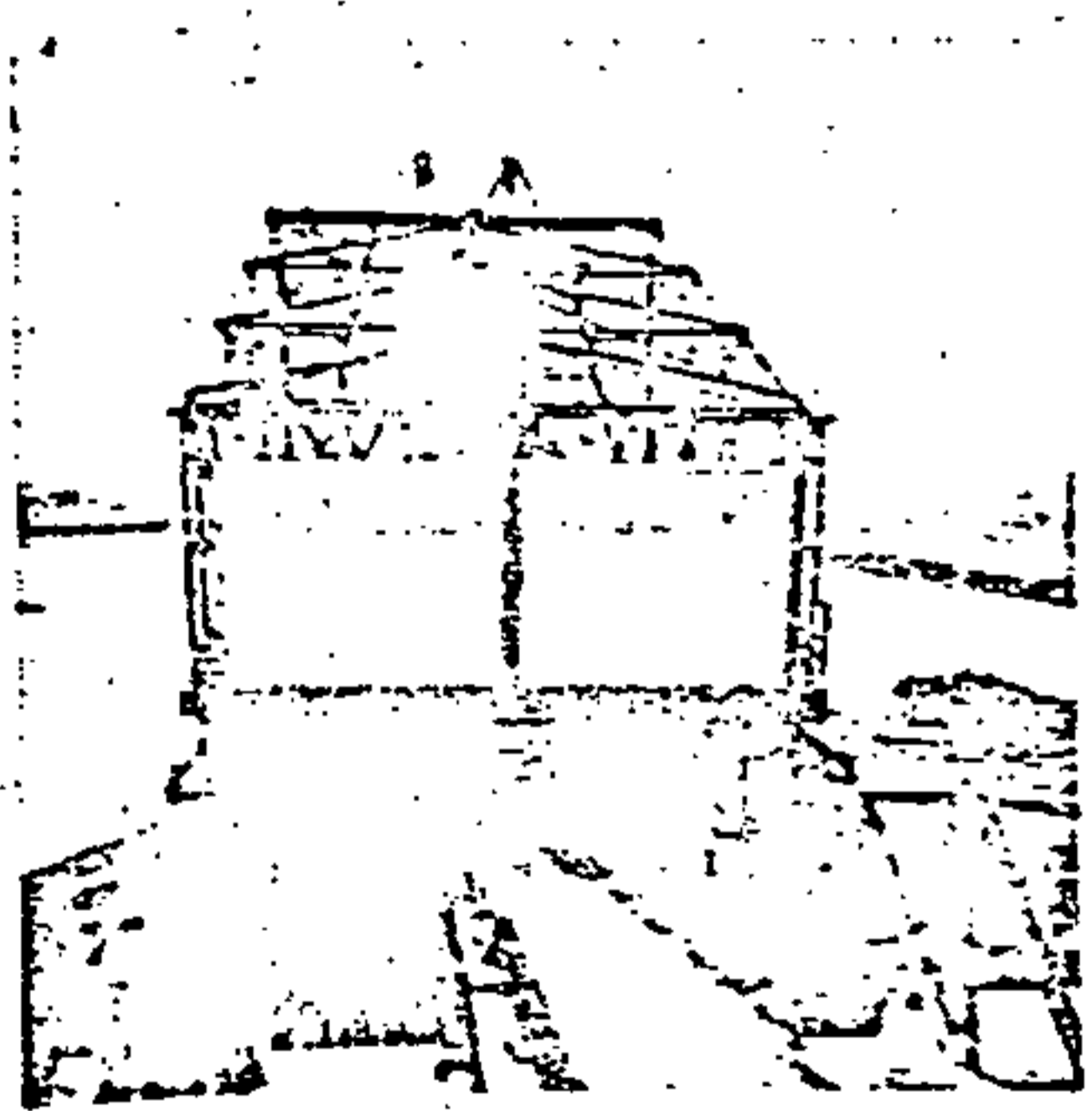
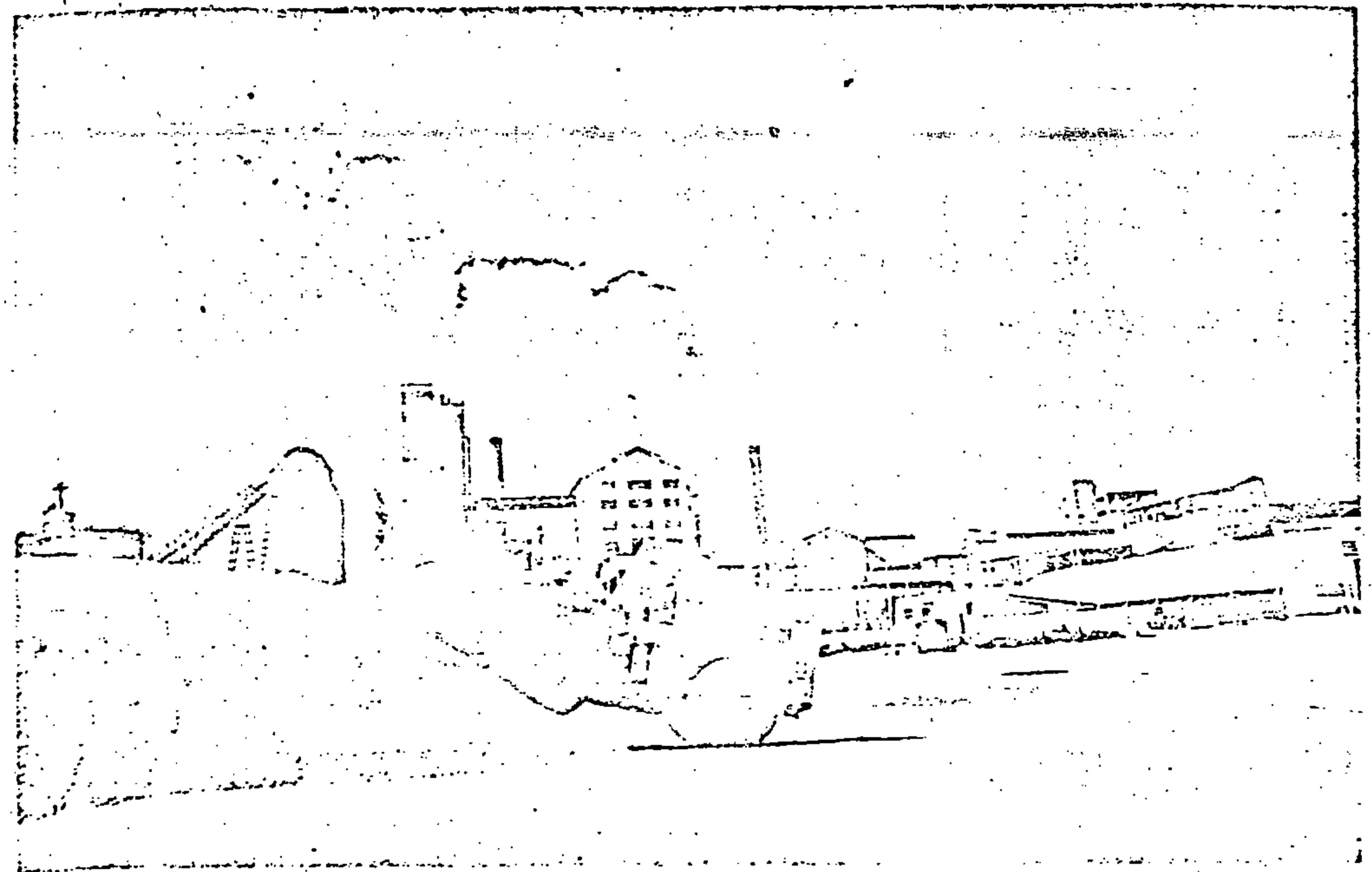




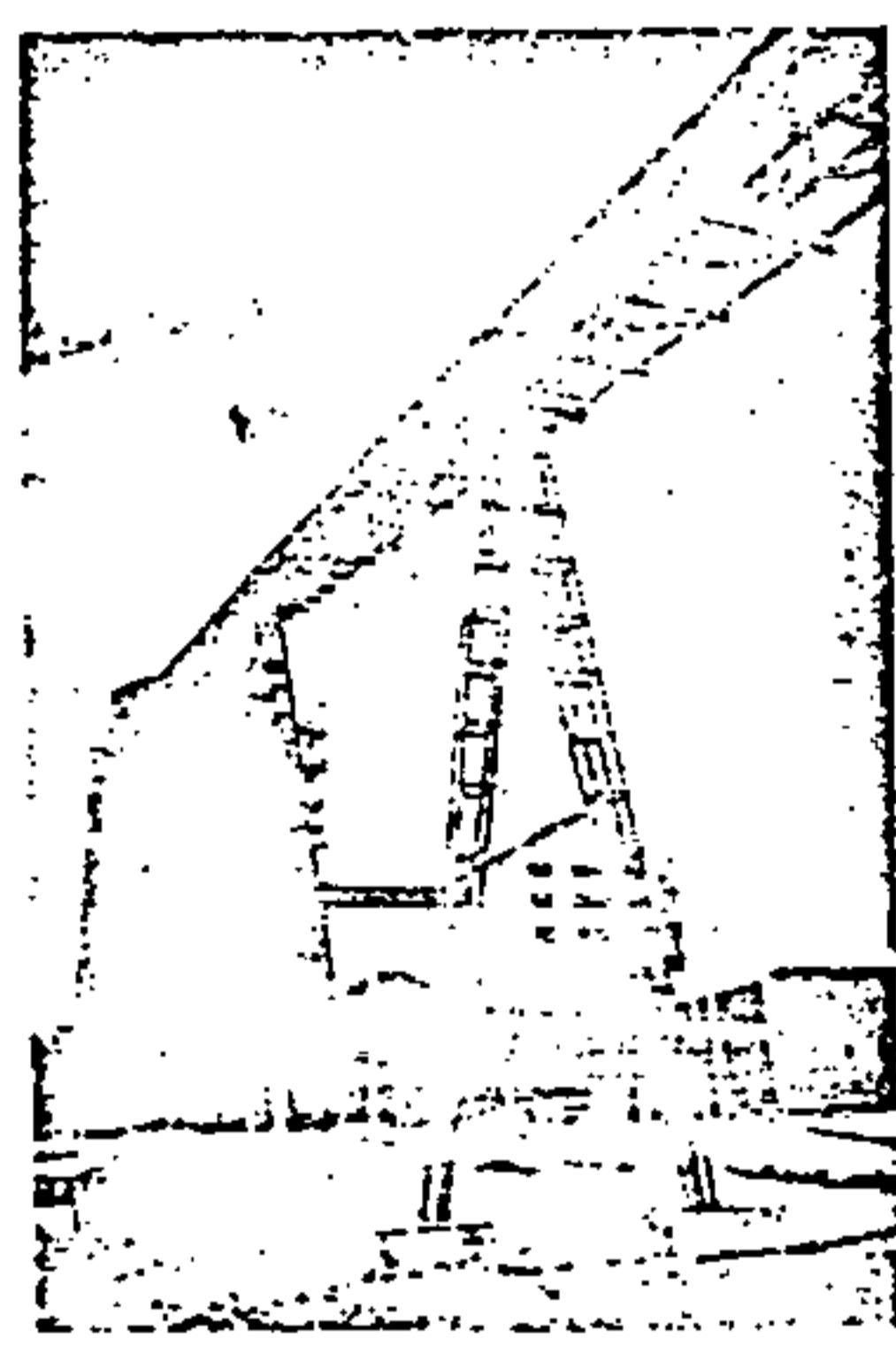
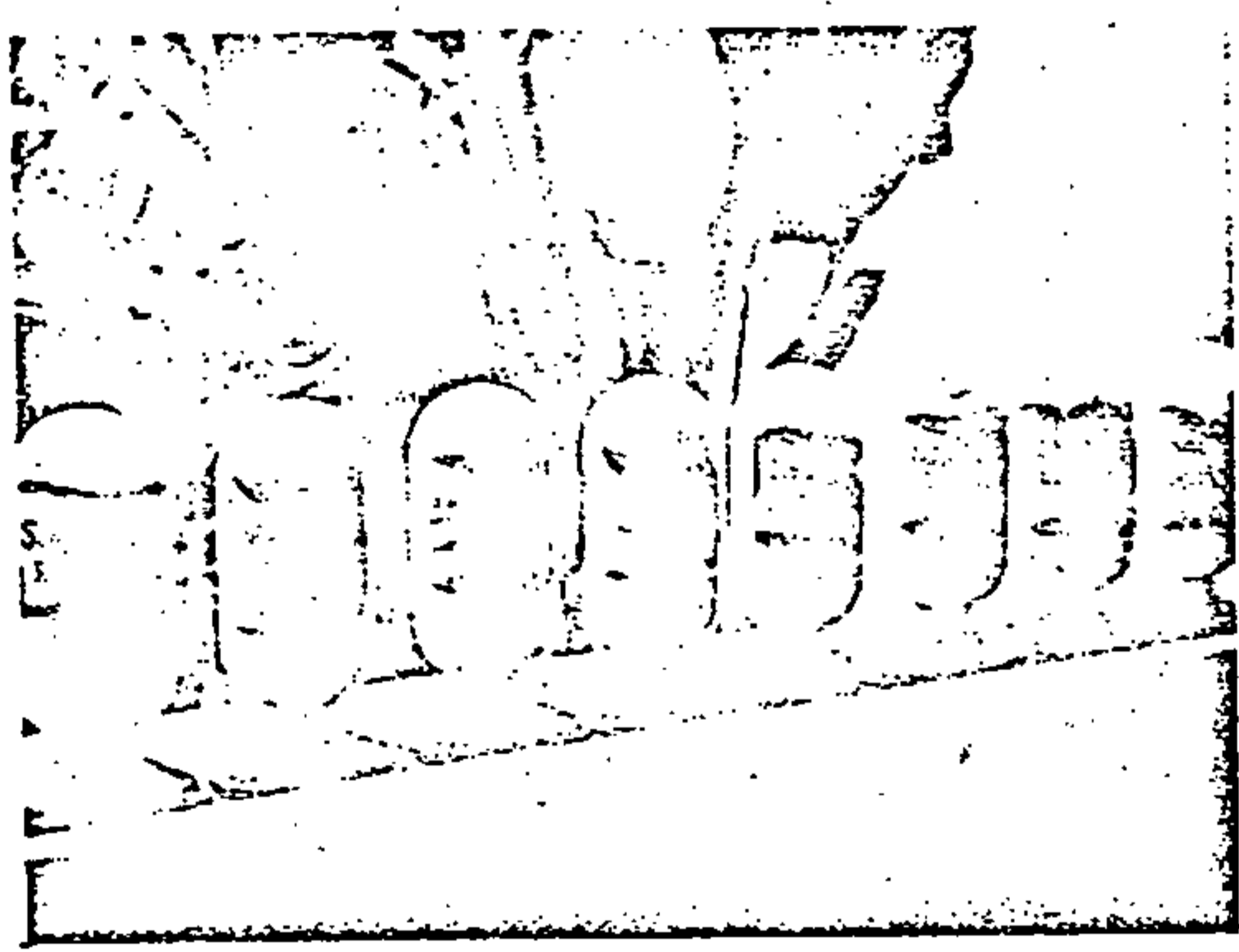
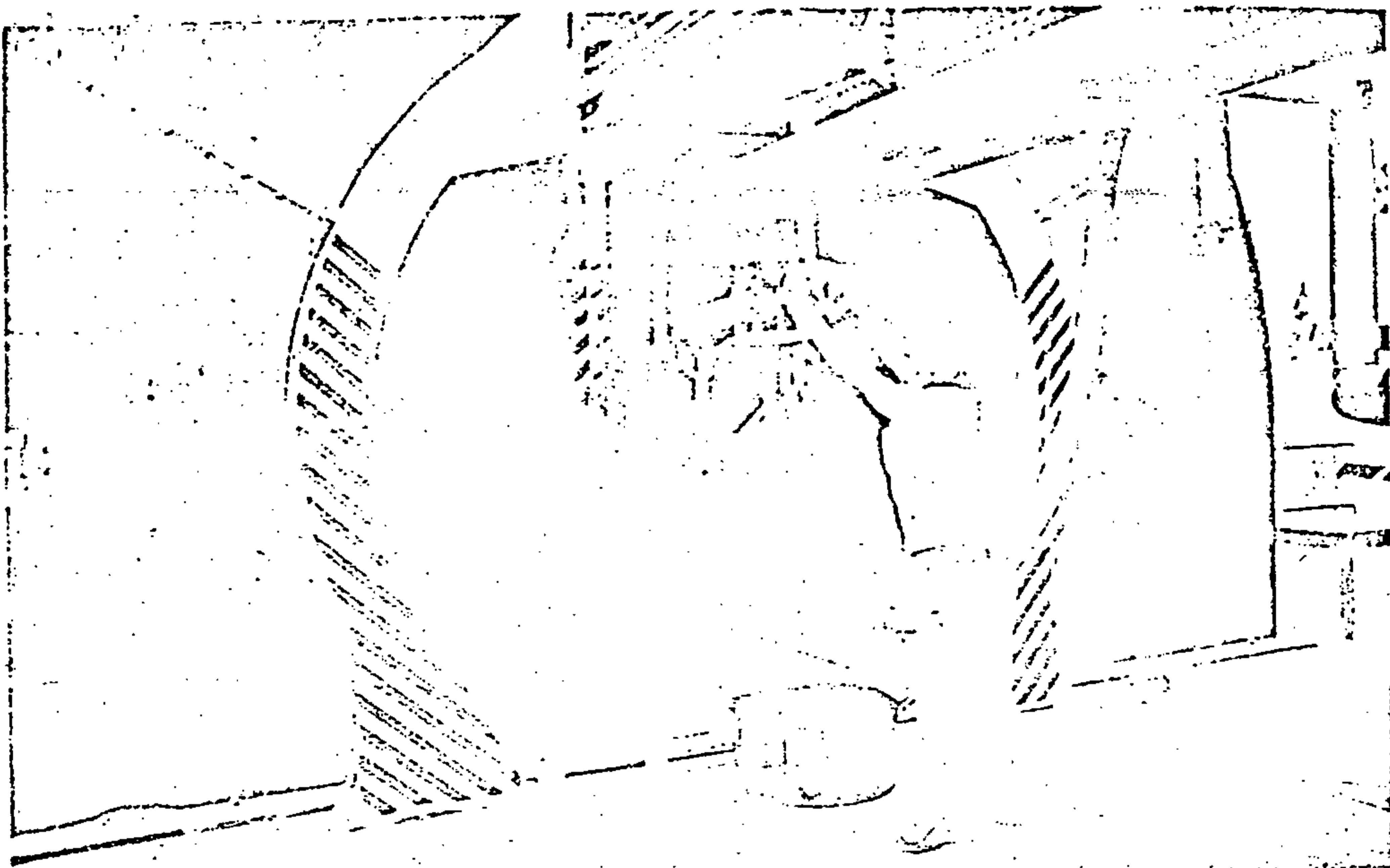
A barrilha já era empregada pelos egípcios há cinco mil anos. Seus usos são semelhantes aos da soda cáustica, mas ela é utilizada quando se deseja ação alcalina mais branda.

A CNA produziu, em 1977, 254,1 mil t de calcário de conchas e 112,3 mil t de cal, além de 547,5 mil t de salmoura. Ao lado, o painel de controle do alto-forno de cal, que pode ser visto na foto abaixo.





As conchas utilizadas na produção da barrilha vêm da Lagoa de Araruama, localizada nas vizinhanças de Cabo Frio. São necessárias 1,8 t de calcário por tonelada de barrilha.



As fotos da página
ao lado apresentam o processo
de carbonatação para a
obtenção da barrilha
na usina da
Companhia Nacional de Alcalis.
Uma seqüência dos
resultados de cada etapa de
produção pode ser
vista na foto imediatamente
acima, à esquerda.

do índices médios de 416,7 toneladas/mês e 12.501 toneladas mensais de barrilha bruta. Utilizando matéria-prima natural e insumos industriais nacionais a CNA produziu 254.117 t de calcário de conchas e 112.372 t de cal e 547.585 t de salmoura bruta.

A empresa importará em 1978 180 mil toneladas de barrilha, 40 mil a mais do que em 1977 e sua produção deverá atingir 150 mil toneladas, ainda insuficientes para atender à demanda nacional, fixada em 280 mil toneladas.

O consumo interno de barrilha vem evoluindo bastante nos últimos anos. De acordo com os dados da Cia. Nacional de Alcalis, em 1973 o consumo aparente foi da ordem de 171.223 t, passando para 183.431 t em 1974, 202 mil t em 1975, 215.578 t em 1976 e 270 mil t no ano passado, o que representa um crescimento de mais de 57% no período de cinco anos.

O principal setor na composição da demanda de barrilha é a indústria vidreira. Em 1976, a produção de vidro oco absorveu 51,3% do consumo total, ficando a fabricação de vidro plano com 14,2%. São também importantes consumidoras de barrilha as indústrias de silicato de sódio (8,2%), bicarbonato de sódio (7,8%) e de sabões e detergentes (5,9%).

Em termos geográficos, os dados da CNA revelam que é na região Sudeste que estão concentrados 87,57% da demanda (números de 1976), sendo o Estado de São Paulo o principal consumidor, absorvendo sozinho 57,92% do total. O Rio de Janeiro constitui-se no segundo Estado consumidor, com 28,97%.

Comparando-se os anos de 1976 e 1975, verifica-se uma redução percentual na participação da região Sul no mercado comprador de barrilha, de 5,07% em 1975 para 3,55% em 76. O Rio Grande do Sul, apesar de ter apresentado queda de participação, manteve sua quarta posição, com 2,99%, logo depois de Pernambuco, terceiro Estado consumidor, que re-

gistou demanda equivalente a 4,72% no ano em questão.

A produção vendável da empresa representou, no exercício 1976/1977, uma economia de divisas para o país da ordem de 12 milhões de dólares. O preço médio da tonelada da barrilha importada será de US\$ 90 este ano contra US\$ 282 pagos em 1977.

Em 1976 a empresa obteve um lucro líquido de Cr\$ 82,4 milhões, considerado pelos auditores como o maior da história da empresa já que ela opera com recursos próprios para aplicação em investimentos, manutenção de equipamentos e reposição de mão-de-obra. E o seu capital passou de Cr\$ 350 milhões em 1976 para Cr\$ 1,0 bilhão em 1977. O Governo fixou em Cr\$ 370 milhões o limite dos gastos da Alcalis para sua expansão, sendo, deste total, Cr\$ 100 milhões para a usina produtora de Macau, cujas obras já estão em adiantada fase de execução por empresas construtoras nacionais.

Preços

Refutando declarações de consumidores de que a empresa estatal estaria comprando a barrilha no mercado externo a US\$ 90 e vendendo a US\$ 300 a tonelada, o presidente da CNA disse que o custo fixo de uma tonelada importada, seja da Romênia, Polônia, República Democrática Alemã e Estados Unidos, está em torno de US\$ 200 dólares, computando o frete e o depósito compulsório. O preço médio da tonelada vendida em 1977 entre seis tipos de barrilha comercializados pela CNA foi de Cr\$ 4.235,00 a tonelada.

Matérias-primas

Para se obter a barrilha empregam-se sal (1,7 t por tonelada de barrilha), calcário (1,8 t por tonelada de barrilha), além de óleo combustível (Bunker C) e amoníaco.

Um dos mais antigos processos de fabricação da barrilha consistia na calcinação de certas plantas, como a salsola, mas o primeiro processo industrial deve-se a Le Blanc, no século XVIII, depois superado pelo processo Solvay, usado até hoje (a primeira unidade Solvay foi instalada na Bélgica em 1863).

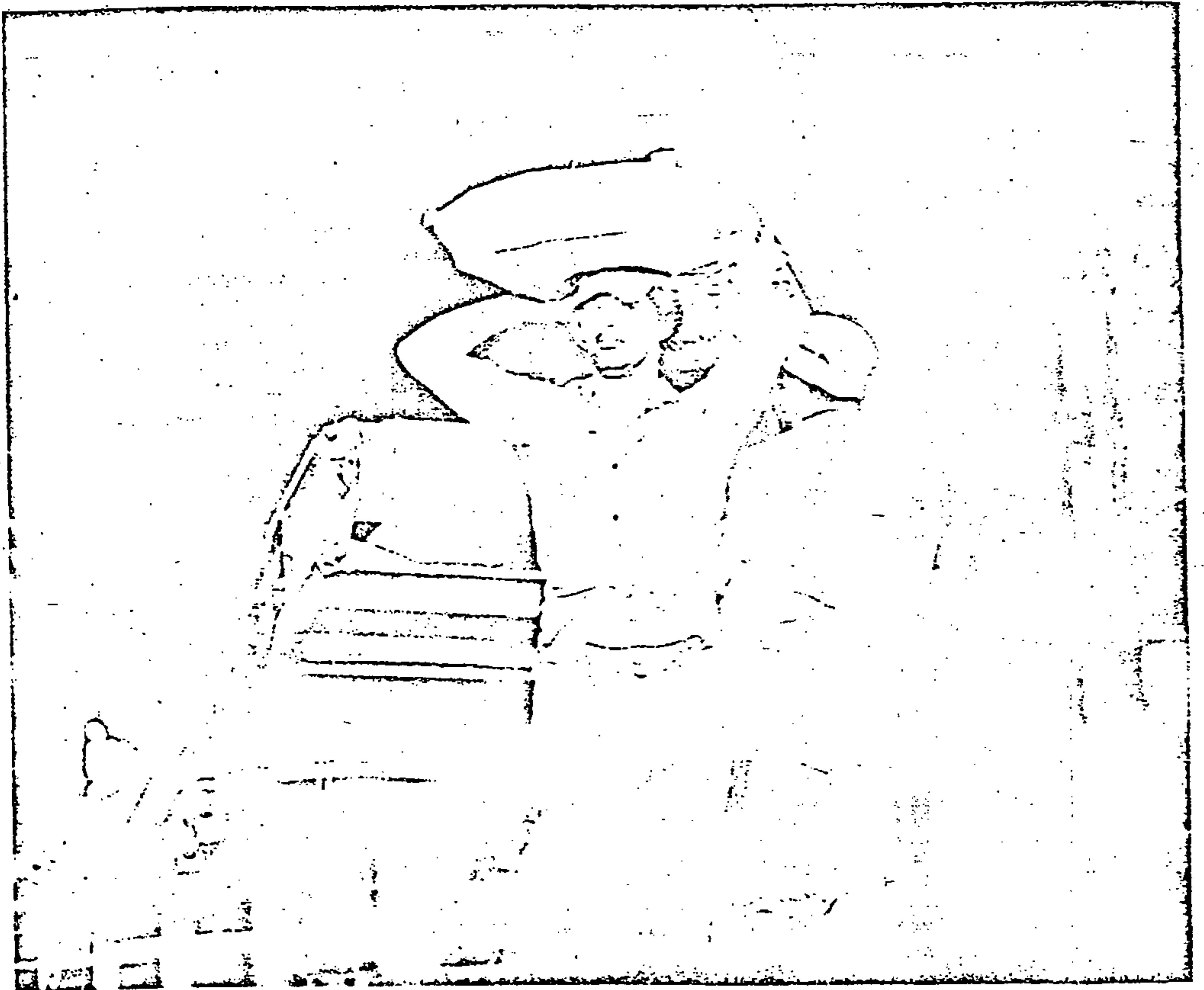
Para atender às necessidades da indústria vidreira, parte da barrilha leve (em pó) é densificada (granulada). Para tanto a barrilha é hidratada com uma molécula de água e, após a remoção desta molécula pelo calor, a sua composição química não sofre alterações. Por meio de peneiras, a barrilha densa é então separada em dois tipos, conforme a granulometria: vidreira e metalúrgica. Este tipo de barrilha apresenta uma densidade (peso específico) aparente de 1.000 g, enquanto a barrilha leve deve seu nome à densidade aparente em torno de 500 g, praticamente a metade do valor da pesada.

O projeto Alcanorte

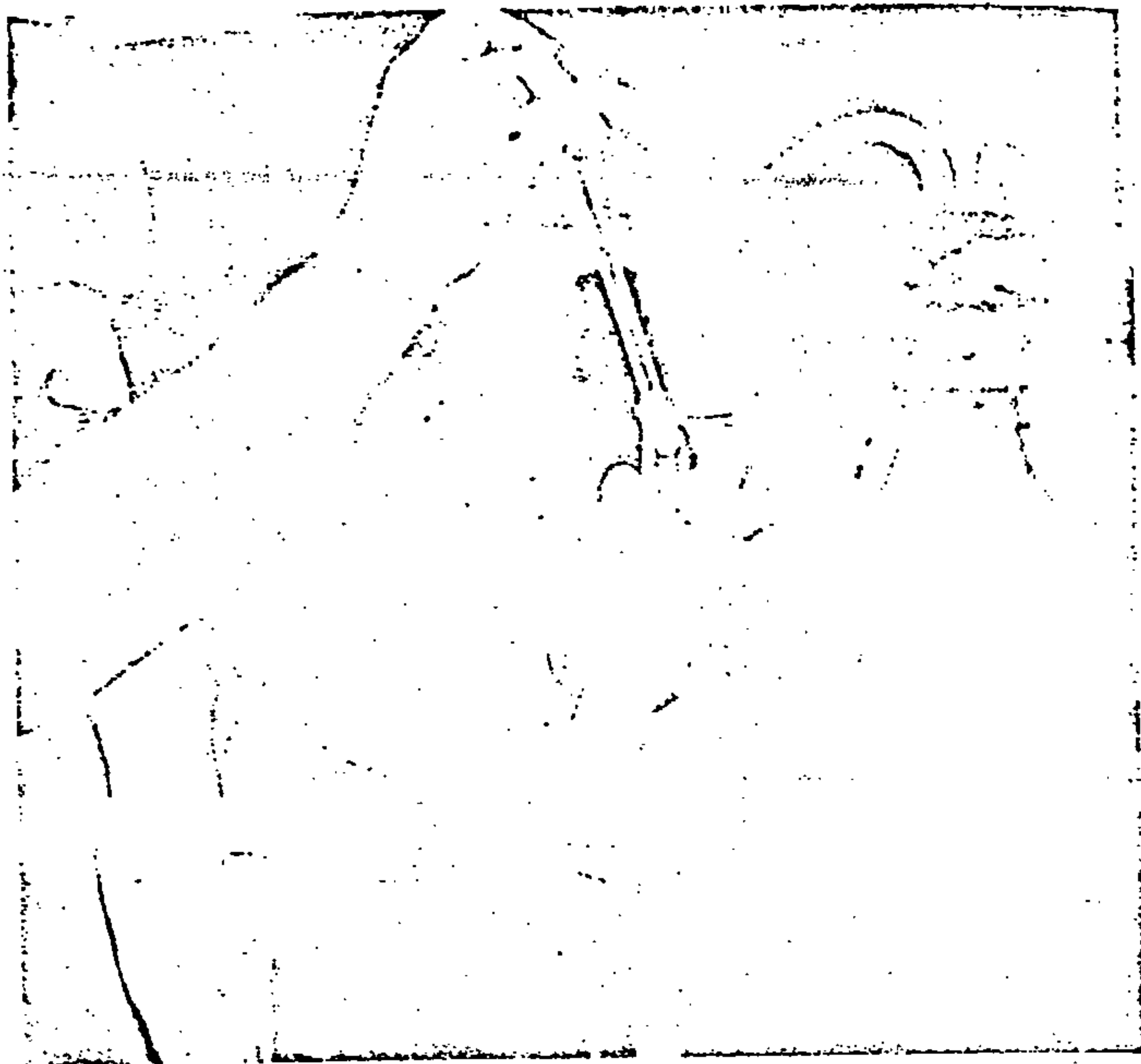
Serão mais 200.000 t anuais de barrilha que permitirão a auto-suficiência nacional, disse o presidente da CNA, a propósito da implantação do Projeto Alcanorte em Macau, Rio Grande do Norte. Em 1976, o Governo consolidou a implantação do projeto da nova usina possibilitando a nacionalização do projeto, já que a empresa responsável pela engenharia do projeto, a AKZO Chemical da Holanda, detinha o controle de 30% do capital da subsidiária da CNA no Nordeste, a área em que seria construída e exigia a garantia de suprimento do sal a ser utilizado pela Alcanorte de suas salinas vizinhas à usina.

O Ministério, depois de uma série de entendimentos com o grupo estrangeiro, adquiriu da AKZO o total de Cr\$ 3,8 milhões

A previsão para este ano é de que serão produzidos cerca de 150 mil t de barrilha. No ano passado a produção nacional foi da ordem de 143 mil toneladas.



A produtividade industrial da CNA vem alcançando índices médios de 416,7 toneladas por dia de barrilha bruta, mas o volume de produção é ainda insuficiente para atender ao consumo. As fotos foram feitas nos laboratórios da empresa.



em ações, passando o controle da empresa a ser inteiramente nacional. Foi adquirida uma área de 112 hectares em Macau, pertencendo com a AKZO somente o direito de transferir know-how e assistência técnica à fábrica que terá o mesmo processo em uso na unidade de Cabo Frio — o processo "Solvay".

Para seu funcionamento a Alcanorte já conta com uma área de calcário prospectada e sondada em Boa Vista, município de Pendências, cujas jazidas darão condições de funcionamento à fábrica de, no mínimo, 25 anos e o sal, segundo técnicos da Alcanorte, será adquirido de salineiros locais, prevendo-se um consumo de 310.000 t/ano.

Os serviços de terraplenagem e cercamento do complexo industrial e dos edifícios envolvendo o corte de 200.000 m³ de terra e as obras de drenagem já foram concluídos. Estão em fase adiantada o estudo e planejamento da vila industrial que alojará o pessoal téc-

nico e permanente da fábrica, prevendo inicialmente a construção de 230 residências.

O capital da Alcanorte que em 1976, era de Cr\$ 10 milhões, passou para Cr\$ 382 milhões e poderá sofrer nova alteração em 1978 em razão dos investimentos autorizados pelo BNDE. O total de recursos exigidos para a montagem do complexo industrial é de Cr\$ 2 bilhões e 500 milhões, sendo já mobilizados recursos da ordem de Cr\$ 400 milhões de um montante solicitado no primeiro ano de Cr\$ 785,5 milhões.

Estão previstas as compras no valor de Cr\$ 500.000.000,00 em equipamentos junto à indústria nacional, com um índice de 80% de nacionalização.

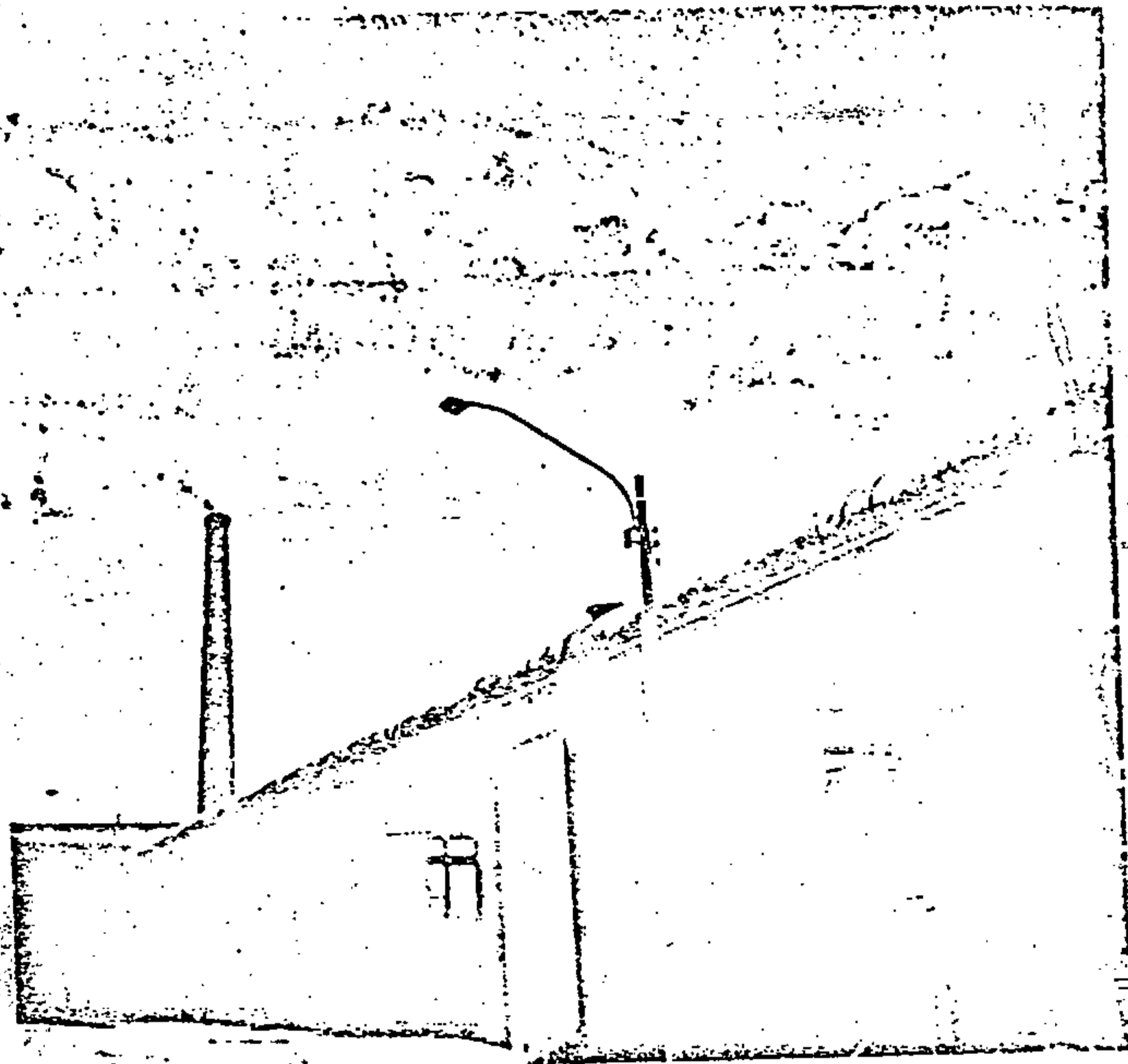
História

Compete à Cia. Nacional de Alcalis, de acordo com a legislação que a criou em 1943, atuar como órgão de Governo, com o

objetivo de aproveitar determinadas riquezas minerais do País, desde a exploração e industrialização até a comercialização da barrilha. Os álcalis são fundentes, reagentes e componentes na fabricação de inúmeros produtos. Durante a Segunda Guerra Mundial o colapso no fornecimento de álcalis sódicos no mercado nacional ameaçou o país de paralisação de suas atividades industriais, obrigando o Governo Vargas a implantar a primeira indústria de carbonato de sódio na América Latina.

Foi o Instituto Nacional do Sal autorizado a estudar pelo Decreto-lei n.º 5.634, de 20 de julho de 1943, a implantação e constituição da CNA. Mesmo com o término da guerra a Comissão Fundadora da CNA teve que enfrentar dificuldades na compra de tecnologia e know-how para a montagem da indústria. Em 1951, a Lei n.º 1.491 autorizou o Governo Federal a subscrever as ações da Cia. Nacional de Álcalis e a 6 de março de 1953 foram finalmente assinados os contratos entre o Governo

De acordo com as projeções, em 1981 o Brasil poderá estar produzindo cerca de 400 mil toneladas de barrilha por ano, o que significaria não somente a auto-suficiência nesse insumo como também a possibilidade do País tornar-se exportador.



brasileiro e as empresas francesas Krebs & Cie. e CIAVE, relativos à engenharia e assistência técnica, e concessão do financiamento para a compra de equipamentos necessários à construção da fábrica, localizada no Arraial de Cabo Frio.

Dificuldades de toda espécie continuaram a se antepor ao cumprimento dos referidos contratos e somente em 1955 o Decreto nº 39.263 colocou a barrilha como elemento estratégico nacional, merecendo a partir daquela data todo o empenho do Governo na implantação do projeto final.

Início de produção

Até então, o Brasil importava barrilha e somente em 3 de abril de 1960, depois de 17 anos de sua criação, conseguiu a empresa estatal produzir, com operários e técnicos brasileiros, a primeira partida de barrilha nacional. Enfrentando problemas de equipamentos, a Cia. Nacional de Alcalis

conseguiu sua primeira vitória: produziu 16 mil toneladas. No ano seguinte, mesmo enfrentando o "dumping" dos preços da barrilha estrangeira e a ausência de uma proteção alfandegária, a Alcalis produziu 44 mil toneladas. A partir de 1963, para evitar a prática da comercialização paralela, que comprometia a continuidade da operação fabril da empresa, o Governo Federal, para resguardar os interesses nacionais, concedeu à CNA a condição de monopólio estatal do controle e exploração de jazidas de barrilha e sua distribuição em todo o território nacional a preço único.

Extração de sal

A Cia. Nacional de Alcalis tem, em relação ao sal, duas posições: 1 — a de indústria consumidora (a maior do país) e 2 — a de empresa de extração do sal em suas salinas. A meta da Alcalis para assegurar sua produção permanente de barrilha é ampliar suas

salinas. A empresa controla 800 hectares ao longo de Cabo Frio. Sua produção é de 30 mil t/ano, sendo o seu consumo global de 380.000 toneladas, o que exige a aquisição do produto nas salinas nordestinas. Para abastecer a fábrica de Cabo Frio, a Alcalis depende do sal bruto na proporção de 1,7 t para cada tonelada produzida e ele corresponde a 30% de seu custo industrial.

As salinas têm 56 hectares de cristalizadores, sendo a maior área a de Ticunduba com 40 hectares, vindo a seguir a do Marnel com 4 hectares, e a do Sudeste com 3 hectares. Utiliza a fábrica de Cabo Frio os processos de combustão submersa e cristalização solar. As metas de 1978 visam adotar os métodos de cristalização solar como processo único e tais estudos já estão sendo implantados.

Sergipe: terceira etapa?

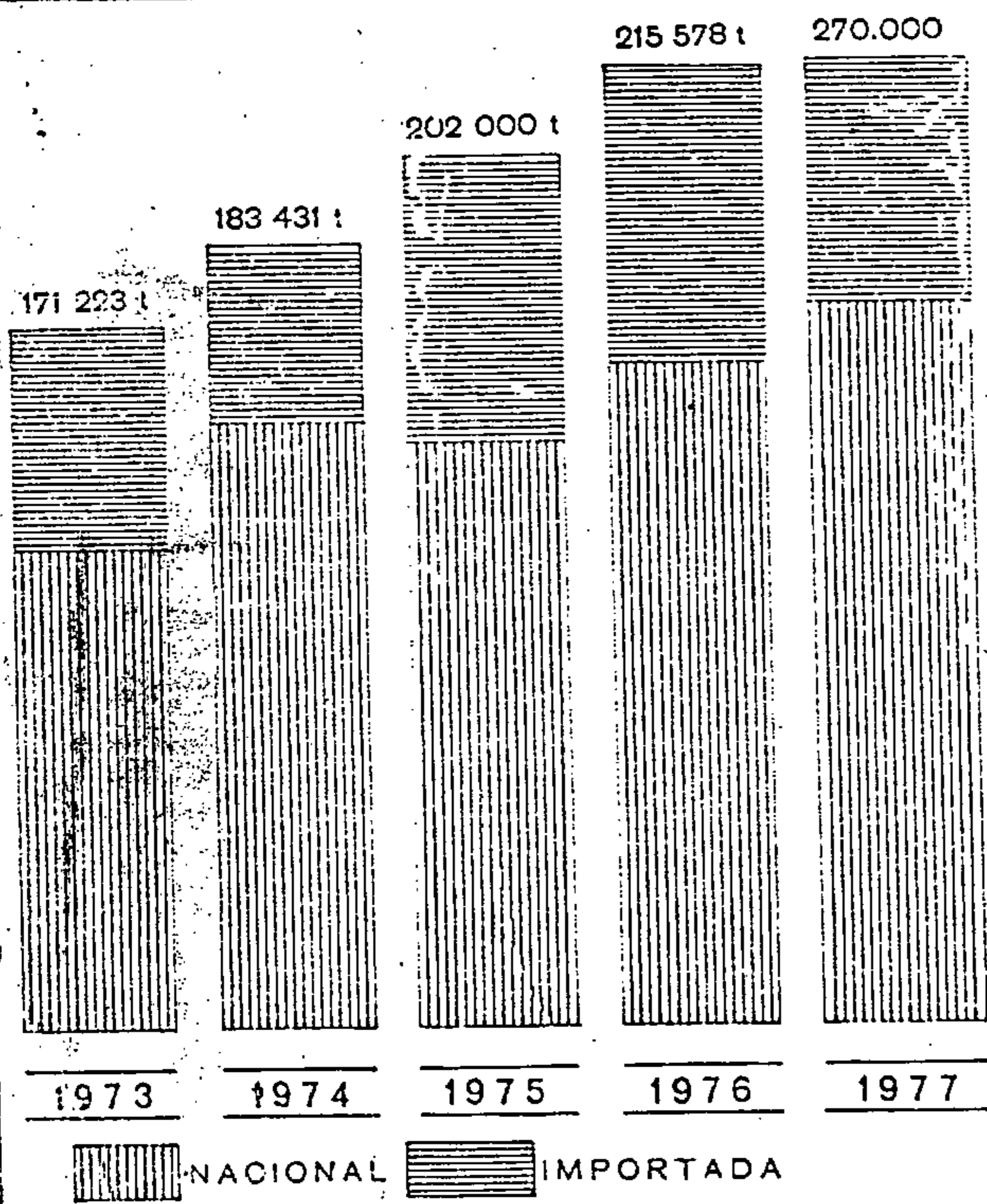
A Companhia Nacional de Alcalis está estudando a hipótese de

DISTRIBUICAO DAS VENDAS TOTAIS DE BARRILHA (CNA — 1975/1976)

Regiões e Estados	Participação nas vendas da CNA(%)	
	1975	1976
SUDESTE	86,06	87,57
São Paulo	56,57	57,92
Rio de Janeiro	28,45	28,57
Minas Gerais	1,04	0,68
SUL	5,07	3,55
Rio Grande do Sul	4,26	2,99
Santa Catarina	0,73	0,56
Paraná	0,08	—
DEMAIS REGIÕES	8,87	8,88
Pernambuco	4,50	4,72
Bahia	2,08	2,01
Paraíba	1,20	0,83
Pará	0,36	0,43
Ceará	0,23	0,25
Maranhão	0,17	0,11
Outras Unidades	0,33	0,13
TOTAL	100,00	100,00

Fonte: CNA

COMPANHIA NACIONAL DE ALCALIS BRASIL — CONSUMO APARENTE DE BARRILHA — 1973/1977

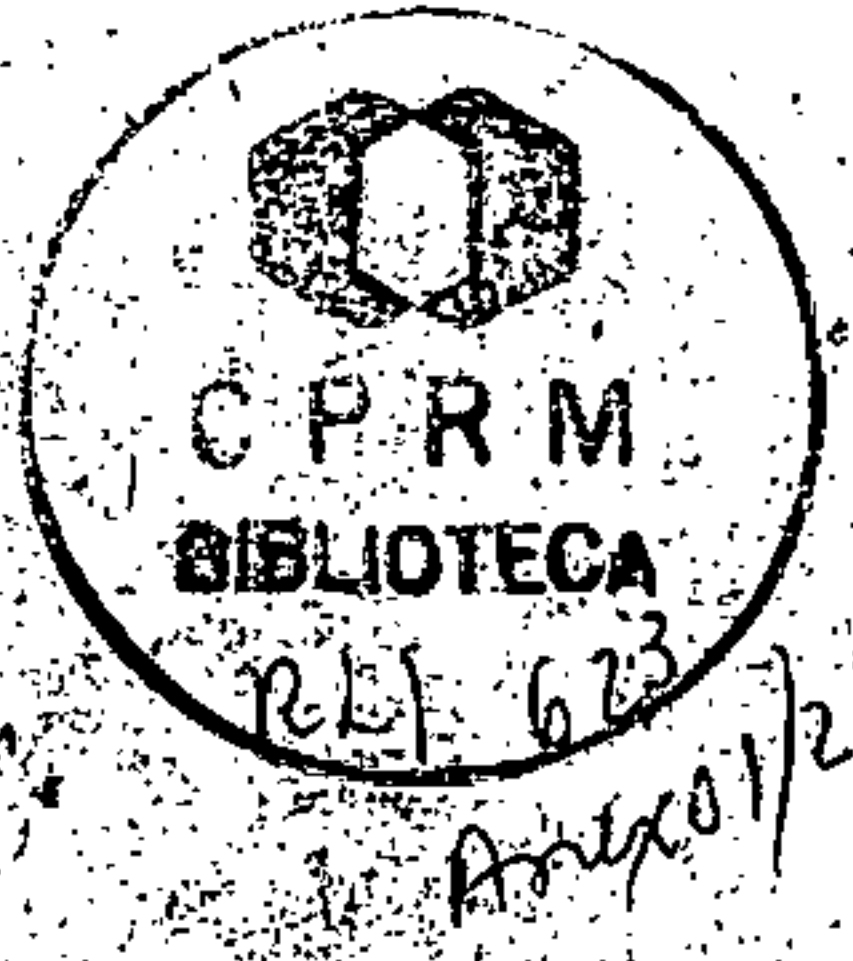


instalar uma terceira fábrica de barrilha, perto de Carrapato, onde se localiza o Projeto Potássio da Petrobrás Mineração. Os estudos de viabilidade para a implantação da terceira unidade já foram feitos pela Alcalis, que já conseguiu áreas de calcário e receberá da Petrobrás, que explorará potássio na região, o sal natural que sobrar.

Trona

Relatórios de empresas estrangeiras que atuam no setor mineral indicam que no Alto do S. Francisco, na Bahia e no Norte de Goiás, existem 175 mil metros quadrados de crostas de sais e resíduos de trona, mineral que contém carbonato de sódio e é chamado, nos EUA, de barrilha natural. Cinco análises de amostras de solo da região atestam a existência de 23% a 41% de carbonato de sódio, 1% a 10% de cloreto, além de 1% a 7% de sulfato e 0,4% de magnésio. A descoberta de jazidas minerais de trona nos EUA como sucedâneo da barrilha produzida pelo processo Solvay despertou uma contínua polêmica entre os produtores mundiais de barrilha.

A CNA executou pesquisas preliminares sobre a obtenção de trona no Brasil e concluiu pela inviabilidade do empreendimento devido às dificuldades de obtenção de transporte para o mineral e a pouca disponibilidade de recursos para pesquisas deste mineral. A trona é hoje comercializada por cinco empresas americanas e possui seis fábricas de carbonato de sódio na Califórnia, sendo sua produção em 1976 de 5 milhões de t. A Romênia, Inglaterra, França, Alemanha, URSS e Iugoslávia detêm no momento o maior mercado produtor de barrilha, ficando a Colômbia e a Argentina, na América do Sul, com a nova faixa de produção.



43

PETROMISA

1. - TRONA

2. Analise das possibilidade de ocorrências economi
cas de Carbonato de Sódio Natural no Brasil.

AUTORES: R. L. Schneider
A. R. E Sad

3. - Estrôncio

AUTOR : André Raposo dos Santos



TRONA

F553

§ 358a

1 - RESUMO

Nesse trabalho de pesquisa bibliográfica, são apresentadas as formações mais favoráveis à mineralização de Trona, nas bacias sedimentares brasileiras. O trabalho foi desenvolvido com base em estudo analógico, tomando-se como modelo o depósito de Wyoming-EEUU. Com este propósito, foram considerados dentre outros, os condicionamentos ambientais, geoquímicos, litológicos, cronológicos e área - fonte.

Foram selecionadas nessa etapa, como unidades de maior potencialidade, o Membro Ponte Alta da Formação Marília, pertencente ao Grupo Bauru e as Formações Tremembé e São Paulo da Bacia Taubaté/Tremembé. Secundariamente, destacaram-se ainda, algumas porções restritas da Fm. Itapecuru da Bacia do Parnaíba. Menores chances foram atribuídas às Formações Beberibe da Bacia de Pernambuco/Paraíba e Divisor da Bacia do Acre.

Assim, recomendou-se, prioritariamente, o prosseguimento das pesquisas na área aflorante do Membro Ponte Alta, no Triângulo Mineiro, onde deverá ser efetuado um levantamento geológico/faciológico de campo, alicerçado em fotointerpretação, procurando definir os principais fatores condicionantes. O referido estudo deverá ser estendido à Formação Tremembé e secundariamente às Formações Itapecuru e Beberibe. Ainda, na Bacia do Paraná, sugere-se, a parametrização dos métodos geoquímicos na ocorrência de Mineiros/Goiás onde ocorre atualmente, deposição de Trona.

2 - INTRODUÇÃO

As bacias sedimentares brasileiras (Fig.1), foram aqui analisadas com a finalidade de encontrar áreas favoráveis à mineralização de Trona. Foi empregada a metodologia analógica, tomando-se como base a Trona de Wyoming - USA (Tabela 1). A partir desse modelo, enfatizou-se os seguintes parâmetros condicionantes:

- a) ambiente de sedimentação continental lacustrino;
- b) clima dominante: árido a semi-árido;
- c) área - fonte constituída de rochas alcalinas;
- d) idade geológica a partir do Mesozóico Superior ao Cenozóico.

Além desses, analisou-se ainda outros fatores auxiliares, tais como um tectonismo capaz de formar grabens e semigrabens que possibilitem a existência de lagos.

O estudo em pauta deu maior enfoque às bacias sedimentares com maior disponibilidade de dados e informações bibliográficas. Quanto às demais bacias, tais como: Jequitinhonha/Cumuruxatiba/Mucuri/Almada e outras, pelas razões expostas, não foi possível a realização de um estudo mais consistente.

3 - TRONA - Considerações Gerais

A Trona é um mineral de origem não marinha, evaporítica, constituído por carbonato e bicarbonato de sódio dihidratado, de fórmula química $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

É formada a partir de soluções alcalinas, precipitadas por evaporação de massas de águas continentais, em bacias fechadas. Podem ser encontradas tanto em superfície (lagos alcalinos atuais ou do quaternário), como em camadas em subsuperfície. É bastante solúvel em água. Nas salmouras, em equilíbrio com o mineral, os valores de pH são elevados variando entre 9,8 a 10,1.

A Trona constitui a matéria prima para a obtenção de carbonato de sódio (Na_2CO_3), conhecido industrialmente como Barrilha Leve, "Soda Ash" ou Carbonato Neutro de Sódio. É utilizado principalmente na indústria do vidro. É empregado também na fabricação de bicarbonato, hidróxido e nitrato de sódio, polpa e papel, sabão, detergentes e como amaciante de água.

No início do século, o carbonato de sódio era inteiramente obtido, sinteticamente, pelo Processo Solvay, utilizando como matéria prima o cloreto de sódio, calcário e amônia. Atualmente, o produto origina-se de fontes naturais, nas quais se destacam os depósitos de Trona de Wyoming/USA; as salmouras altamente concentradas e os sedimentos de fundo de lagos interiores na Califórnia (Searles Lake), Magadi no Quênia e Texcoco no México.

O consumo nacional de Barrilha em 1984, foi de 214.744 toneladas, dos quais 214.604 toneladas, originaram-se internamente de fontes sintéticas e o restante de importações, advindas da Trona.

4 - Estudos Efetuados nas Bacias Sedimentares Brasileiras

Conforme mencionado no item 2, por analogia ao depósito de Trona do Wyoming, as bacias sedimentares foram divididas em três categorias, a saber:

- a) bacias com altas favorabilidades ou potencialidades.



b) bacias com médias favorabilidades.

c) bacias com favorabilidades praticamente nulas, devido ao seu condicionamento marinho.

Os quadros apresentados em anexo, mostram resumidamente o enquadramento dessas bacias e respectivas formações, no modelo de mineralização proposto.

5 - Bacias Sedimentares com Altas Favorabilidades

5.1 - Bacia do Paraná

Esta é uma das bacias intracratônicas de maior extensão no território brasileiro, ocupando toda a região sul, parte do Mato Grosso, São Paulo, Goiás e Minas Gerais. De idade Paleozóica, Mesozóica e Cenozóica (Tabela 2).

A partir do cretáceo, a formação que contribuiu como fonte de sedimento às demais, foi a Serra Geral, pertencente ao Grupo São Bento. É composta por rochas vulcânicas básicas, eventualmente associadas a rochas alcalinas e ácidas. Após cessado o vulcanismo, instalou-se um ambiente com características desérticas, que parcialmente foram sendo substituídos por sistemas fluviais e de leques aluviais, dando origem a unidades localizadas e restritas. Dentre elas, destacam-se:

a) Formação Uberaba - separa-se da Formação Serra Geral ou das magmáticas alcalinas por uma discordância erosiva, a qual lhe confere um caráter muito localizado. Seu ambiente deposicional tem origem fluvial, dificultando deste modo, a preservação de registros fossilíferos.

A posição estratigráfica dessa unidade foi determinada a partir das datações de rochas mais antigas situadas na parte inferior e pelo Grupo Bauru, no limite superior. Desse modo, foi admitida a idade neocretácea para a formação em pauta.

Sua composição litológica envolve vários tipos de materiais, principalmente detritos resultantes da erosão de rochas vulcânicas preexistentes.

b) Grupo Bauru - desenvolveu-se em resposta ao soergimento das faixas marginais que causaram a deposição de sedimentos tipos leques aluviais. O clima dominante foi o semi-árido a árido.

De acordo com Soares* (1980), o Grupo Bauru é constituído pelas seguintes unidades, da base para o topo:



- b.1 - Formação Caiuá - composta de arenitos finos a médios, apresentando grandes estratificações cruzadas, de origem eólica. Foi depositada sobre os basaltos da Formação Serra Geral.
- b.2 - Formação Santo Anastácio - sucede a Formação Caiuá de modo gradacional, apresentando pacotes de arenitos muito finos com estratificações cruzadas de baixo ângulo, intercalados com leitos de lamitos, caracterizando origem fluvial com eventuais planícies de transbordamento.
- b.3 - Formação Adamantina - representa uma transição do ambiente fluvial anastomosado para fluvial meandrante e admite subdivisões em facies litológicas tais como: lamitos, arenitos finos a muito finos e arenitos conglomeráticos.
- b.4 - Formação Marília - composta de arenitos grosseiros a conglomeráticos, com grãos angulosos, mal selecionados, maciços ou com acamamento incipiente. Pode apresentar cimento calcífero, nódulos carbonáticos e níveis de calcários.

A sedimentação ocorreu em ambiente de alta energia com transporte fora dos canais e extensas planícies de escoamento. Isso caracteriza leques aluviais com constantes mudanças de energia. Nas áreas baixas, o afluxo de clásticos grosseiros é restrito, produzindo depósitos ou camadas calcárias.

O fato da granulometria ser mais grosseira para o topo do pacote, indica que houve um incremento na taxa de soerguimento da área fonte.

Cabe ressaltar que, na região do Triângulo Mineiro, diversos autores individualizaram a formação em diversas facies, na qual distingue-se o Membro Ponte Alta. Este Membro, compõe-se de arenitos muito calcíferos que ocorrem acima de tufitos da fácies inferior. Associam-se verticalmente com calcários depositados em "playa lake". O ambiente deposicional é lacustrino e o clima preferencialmente árido.

* Mineralizações de Trona na Bacia do Paraná: Uma Possibilidade

5.2 - Bacia de Taubaté/Tremembé

Esta bacia encaixa-se no graben do Paraíba, formado sobre rochas cristalinas do pré-Cambriano.

As formações de idade Eocenozóica dessa bacia, (Tabela 2), pertencem ao Grupo Taubaté, são elas: Formações Tremembé e



Caçapava, (segundo monografia da folha de São José dos Campos, IPT-SP, 1978).

- a) Formação Tremembé - de idade Oligocênica, constitui-se litologicamente de folhelhos pirobetuminosos, fossilíferos de coloração verde clara com frequentes intercalações de lentes de argilitos e arenosas. As estruturas sedimentares mais comuns são estratificações e laminações. Em média apresenta uma espessura superior a 100 metros.
- b) Formação Caçapava - é constituída por sedimentos inconsolidados essencialmente fluviais, com depósitos rudáceos marginais. Para essa formação é atribuída a idade Pliocênica.

Segundo o Projeto Sapucaí, DNPM, 1979, a Formação Tremembé é sobreposta pela Formação São Paulo e o contato dá-se por discordância erosiva. A princípio, essa estratigrafia poderia estar em desacordo com àquela mapeada pelo IPT - Formação Caçapava, visto que as formações ocorrem de maneira muito localizadas dentro da bacia. Em outras palavras, na área de São José dos Campos a Formação Tremembé está recoberta pela Formação Caçapava, o mesmo não ocorrendo, necessariamente, em outras áreas.

Ainda no Projeto Sapucaí, fica evidente que a maioria dos autores atribuem à Formação Tremembé, uma origem lacustrina. Um episódio tectônico teria sido o responsável pelo aprisionamento da drenagem, originando o lago deposicional.

- c) Formação São Paulo - segundo o Projeto acima mencionado, esta unidade está estratigraficamente sobreposta às litologias inferiores do Grupo Taubaté. Sua idade é Plio-pleistocênica e compõe-se de sequências de arenitos, arenitos conglomeráticos e conglomerados com alternância de leitos de argilitos. As estruturas sedimentares mais comuns são as estratificações gradativas e pelotas de argila. Menos frequentemente encontram-se estratificações cruzadas do tipo planar, marcas ondulares, estruturas de sobrecargas e de escorregamento.

Pelas características citadas acima, admite-se que esta formação tenha sido depositada em ambiente flúvio-lacustrino.

6 - Bacias com Médias Favorabilidades

6.1 - Bacia do Parnaíba

- Formação Itapecuru - de idade Albiana a Cenomaniana, apresentando um ambiente flúvio-continental com influências la-



custres muito localizadas. O clima normalmente era semi-árido (Tabela 3).

6.2 - Bacia Pernambuco/Paraíba

- Formação Beberibe - faz parte de um ciclo de transgressão-regressão que teve início no cretáceo superior. Poderia apresentar algum interesse devido ao ambiente de deposição ter facies lacustres localizadas. Porém, forte influência de água salobra faz com que as chances de deposição de Trona sejam dificultadas (Tabela 3).

6.3 - Bacia do Acre

- Formação Divisor - do cretáceo superior originada em ambiente flúvio-lacustre, esta formação poderia apresentar algum interesse, não obstante existindo grande carência de dados (Tabela 3).

7 - Bacias Sedimentares Com Favorabilidades Praticamente Nulas

As bacias selecionadas neste item, não apresentam qualquer interesse, porque formaram-se em ambientes adversos àqueles requeridos para precipitação de Trona, segundo os modelos aceitos na literatura.

Dentre essas, cita-se as Bacias de Campos, Santos, Espírito Santo, Sergipe/Alagoas, Barreirinhas, Pelotas, Marajó e Potiguar (Tabela 4,5,6), cujas sequências sedimentares consideradas são formadas a partir do cretáceo superior e originadas em ambiente predominantemente marinho.

Ainda nesse grupo de bacias sedimentares com favorabilidades praticamente nulas, deve-se enquadrar as Bacias do Recôncavo e Tucano/Jatobá, não marinhas, porém apresentam um ambiente de deposição preferencialmente fluvial (Fm. Marizal) e fluvial/eólico (Grupo Barreiras), no intervalo de tempo estudado.

Conclusões

Na pesquisa de Trona nas bacias sedimentares brasileiras, tomou-se como modelo geológico, o depósito do SW de Wyoming da Bacia Green River/USA. Assim, considerando-se as semelhanças de ambiente deposicional, clima, idade geológica e área - fonte, foi possível destacar as seguintes sequências mais favoráveis:

- 1) A Bacia do Paraná, na região do Triângulo Mineiro, no Grupo Bauru e mais especificamente na Formação Marília onde salienta-se o Membro Ponte Alta.



- 2) A Bacia Taubaté/Tremembé, com ênfase na Formação Tremembé, mostra-se com possibilidades de mineralização, porém faltam subsídios mais consistentes para a seleção de uma área bastante favorável.
- 3) Dentre as bacias com favorabilidades praticamente nulas, pode-se mencionar as Formações Itapecuru, Beberibe e Divisor que pertencem às bacias do Parnaíba, Pernambuco/Paraíba e Acre, respectivamente. Tais formações, possuem ambiente e clima favoráveis, mas carecem de dados mais significativos para seu enquadramento no modelo padrão. Tais formações, possuem ambiente e clima favoráveis, mas carecem de dados mais significativos para seu enquadramento no modelo padrão.
- 4) As demais bacias foram a princípio descartadas, por apresentarem ambiente marinho e/ou fluvial, a partir do cretáceo superior, tidos como desfavoráveis para a precipitação do minério em questão.

Recomendações

Face aos resultados obtidos na presente pesquisa, recomenda-se:

- 1) Prosseguir a pesquisa considerando como área alvo, o Membro Ponte Alta da Formação Marília na região do Triângulo Mineiro, na Bacia do Paraná.
- 2) Efetuar levantamento regional geológico/faciológico, a partir de fotointerpretação estrutural e hidrogeologia das áreas selecionadas.
- 3) Realizar mapeamento nas áreas alvos selecionadas.
- 4) Definir os métodos geoquímicos e outros que se fizerem necessários para um reconhecimento, que a princípio será em superfície na ocorrência de Mineiros-Goiás.
- 5) Recomenda-se ainda, a extensão dessa metodologia, para a Bacia Taubaté/Tremembé.



PETROBRAS
MINERAÇÃO S.A.

RT - 24

EXEMPLAR CEREX

ANÁLISE DAS POSSIBILIDADES DE
OCORRÊNCIAS ECONÔMICAS DE
CARBONATO DE SÓDIO NATURAL
NO BRASIL

R.L.Schneider

A.R.E.Sad

CONFIDENCIAL



Í N D I C E

I	- INTRODUÇÃO	1
II	- ORIGEM	3
III	- MINERALOGIA E MODO DE OCORRÊNCIA	4
IV	- JAZIDAS DE CARBONATO DE SÓDIO	7
	IV.1 - Lago Magadi	7
	IV.2 - Searles Lake	7
	IV.3 - Green River Basin, Wyoming	8
	IV.4 - Lago Texcoco	9
V	- PROCESSAMENTO	10
	V. 1 - Processo Solvay	10
	V. 2 - Tratamento de Salmouras Naturais	10
	(Searles Lake Process)	
	V. 3 - Tratamento de Trona (Wyoming Trona Process)	11
VI	- ESTRATÉGIA DE PESQUISA DE CARBONATO DE SÓDIO NATURAL ...	12
VII	- OCORRÊNCIAS DE CARBONATO DE SÓDIO NATURAL, EVAPORITOS, CONTINENTAIS E LAGOS SALINOS INTERIORES NO BRASIL ...	13
VIII	- POSSIBILIDADES DE OCORRÊNCIA DE CARBONATO DE SÓDIO NATURAL NO BRASIL	16
IX	- CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	17
X	- FONTES DE CONSULTA	18



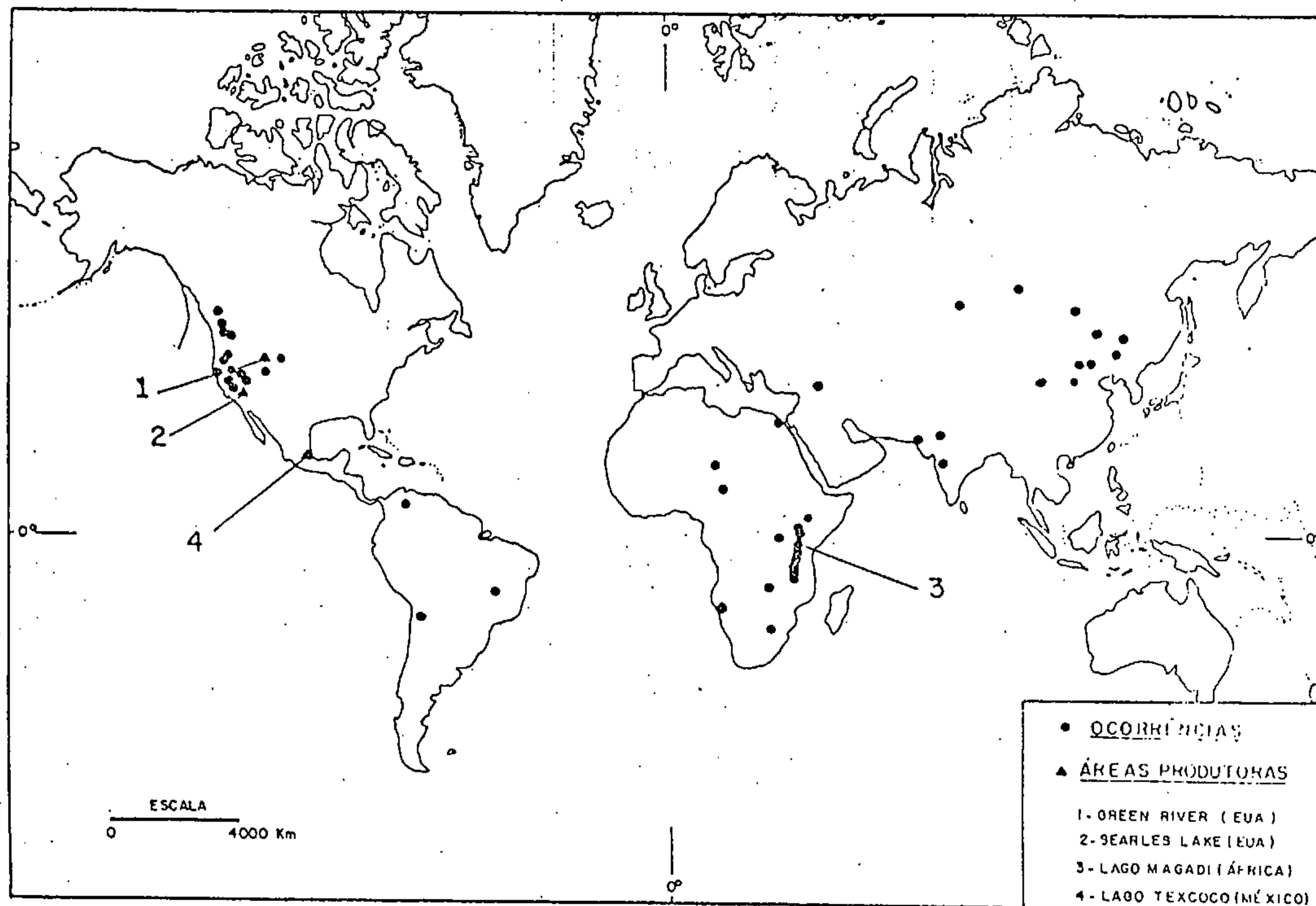
I - INTRODUÇÃO

Carbonato de sódio (barrilha) e hidróxido de sódio (soda cáustica) são os dois principais álcalis do mercado.

O uso do carbonato de sódio remonta ao Egito antigo, onde salmouras naturais ou sais sólidos eram a fonte de barrilha impura para a fabricação de vidro. Até o século XIX, o carbonato de sódio, assim como o potássio, era obtido principalmente pela lixiviação de cinzas de plantas. Na Europa, durante o século XVIII, produzia-se uma lixívia marrom para lavandaria a partir do tratamento com água quente de algas calcinadas. Um dos mais puros produtos assim obtido na Espanha foi denominado de barrilha e apresentava teores de Na_2CO_3 oscilando entre 24 e 30%.

O Processo LeBlanc (1691) para a produção de carbonato de sódio artificial a partir de cloreto de sódio, ácido sulfúrico e calcário pode ser considerado como o berço da moderna indústria química. A partir de 1874 iniciou-se a construção de plantas de fabricação de carbonato de sódio utilizando-se o Processo Solvay (processo amônia-soda), inventado por Ernst Solvay em 1863. Este processo domina a produção de barrilha até hoje.

Depósitos de carbonato de sódio natural são lavrados em várias partes do mundo (Fig.1). O déficit observado durante a II Guerra Mundial estimulou a produção de barrilha natural, particularmente em Searles Lake, Califórnia (EUA) e no Lago Magadi, no Quênia. Nos últimos anos um grande incremento de produção ocorreu nos Estados Unidos devido à descoberta de importantes depósitos de trona próximos a Green River, Wyoming, durante perfuração para petróleo. Esta jazida, devido às suas dimensões, qualidade de minério e baixo custo do produto final, está provocando um vertiginoso aumento da produção mundial de carbonato de sódio natural. Já em 1975, metade da produção americana de carbonato de sódio proveio de depósitos naturais.



Localização das principais ocorrências e jazidas de Carbonato de Sódio natural do mundo



O consumo mundial de Na_2CO_3 em 1974 foi de 24 milhões de toneladas. O mercado é dominado pela indústria de vidro, que consome quase a metade da produção. Produtos químicos inorgânicos consomem cerca de 30%. O restante é usado na fabricação de sabões, detergentes, alvejantes, petróleo, soda cáustica, produtos químicos orgânicos, bem como na metalurgia de ferrosos e não ferrosos. Barrilha e soda cáustica são utilizadas na extração de alumina (Al_2O_3) da bauxita.

Em 1976, o consumo brasileiro de álcalis foi de 220 mil toneladas de barrilha e 556 mil toneladas de soda cáustica, das quais foram importadas, respectivamente, 71 mil toneladas e 306 mil toneladas. Para estas importações despenderam-se aproximadamente 43 milhões de dólares.

Carbonato de sódio natural é praticamente desconhecido no Brasil. Reportam-se somente algumas poucas ocorrências, sem valor econômico. Toda a produção nacional é obtida artificialmente.



II - ORIGEM

A origem de depósitos de carbonato de sódio natural tem sido atribuída a vários processos, tais como fontes vulcânicas, reação entre águas sódio-carbonatadas e sulfato de sódio e troca iônica em solos portadores de sódio. É fato bem conhecido que terrenos ígneos, especialmente vulcânicos alcalinos, e metamórficos, produzem, por evaporação, soluções alcalinas. A relativa ausência de cloretos e sulfatos em tais rochas permite às soluções tornarem-se predominantemente sódio-carbonatadas. O sódio é originado da lixiviação de feldspatos sódicos e o gás carbônico de matéria orgânica e da atmosfera. A drenagem de regiões sedimentares, por outro lado, enriquece-se demasiadamente em cloretos, sulfatos e cálcio para produzir salmouras de carbonato de sódio.

A deposição de trona em lagos alcalinos pode ser auxiliada pela geração contínua de CO_2 por algas e bactérias.

As condições mais favoráveis para a produção de águas alcalinas são as encontradas em climas semi-áridos, uma vez que em regiões áridas a evaporação da água é demasiadamente rápida para permitir a estabilização de soluções sódicas.



III - MINERALOGIA E MODO DE OCORRÊNCIA

A tabela abaixo relaciona os minerais de carbonato de sódio mais comuns. Carbonato de sódio anidro é raramente encontrado na natureza. Somente natrum, termonatrita e trona têm sido usados diretamente como fonte de carbonato de sódio.

Mineral	Composição	% de Na ₂ CO ₃ *
Natrum (sal soda)	Na ₂ CO ₃ .10H ₂ O	37,1
Termonatrita (monohidrato)	Na ₂ CO ₃ .H ₂ O	85,5
Nacolita	NaHCO ₃	63,1
Trona	Na ₂ CO ₃ .NaHCO ₃ .2H ₂ O	70,4
Gaylussita	Na ₂ CO ₃ .CaCO ₃ .5H ₂ O	35,8
Pirssonita	Na ₂ CO ₃ .CaCO ₃ .2H ₂ O	43,8
Shortita	Na ₂ CO ₃ .2CaCO ₃	34,6
Burkeita	Na ₂ CO ₃ .2Na ₂ SO ₄	27,2
Hanksita	2Na ₂ CO ₃ .9Na ₂ SO ₄ .KCl	13,5
Nortupita	Na ₂ CO ₃ .NaCl.MgCO ₃	42,6
Dawsonita	NaAl(CO ₃)(OH) ₂	35,8

* Incluindo bicarbonato convertido em carbonato.

Dentre estes, a trona é o carbonato de sódio mais comum. Cristaliza de salmouras, quando o gás carbônico é borbulhado através de soluções de carbonato de sódio contendo uma concentração superior a 9%. Carbonatação de soluções menos concentradas, precipita bicarbonato de sódio.



Carbonato de sódio é uma substância relativamente comum na natureza, mas depósitos economicamente utilizáveis, são raros. As concentrações ocorrem essencialmente como salinas não marinhas, acumulando-se em lagos ou pântanos alcalinos. Estes corpos d'água são caracteristicamente rasos e muitos sofrem variações sazonais em área e concentração. Devido a suas reduzidas dimensões e suscetibilidade de destruição por erosão, a maioria dos depósitos são geologicamente jovens. Embora sejam desconhecidos, até o momento, depósitos mais antigos que o Terciário, a possibilidade de ocorrência destes não deve ser totalmente desconsiderada. Condições físico-químicas ambientais adequadas existiram e, certamente, formaram depósitos de carbonato de sódio. Sua não ocorrência deve ser unicamente atribuída à história geológica a que estiveram submetidas tais acumulações, até os dias atuais. Sendo depósitos de dimensões normalmente reduzidas, tanto em espessura como em extensão horizontal, situados, em geral, sobre rochas cristalinas (áreas pouco ou nada subsidentes), suas chances de preservação são extremamente limitadas.

Algumas das maneiras mais comuns de ocorrência estão abaixo relacionadas:

1. Cristais de natrum em ambientes úmidos e frios de fundo de lagos ou a pequenas profundidades de pântanos salinos, tais como no Lago Goodenough, Columbia Britânica (Canadá);
2. Eflorescências pulverulentas de termonatrita, como nos solos alcalinos do vale do baixo Rio Danúbio na Hungria e no Lago Nyasa, na Tanzânia;
3. Depósitos de trona relativamente consolidados, tanto ao redor como no fundo de lagos alcalinos rasos, como os de Magadi, no Quênia, e Owens, na Califórnia (EUA);
4. Depósitos mais antigos, soterrados, de trona, na colita ou outros minerais de carbonato de sódio, como os da Formação Green River de Wyoming e Colorado. (EUA)



5. Em solução, como constituinte de salmouras, tanto de superfície como de subsuperfície, como no Lago Searles, Califórnia (EUA) e Makgadikgadi, Bostwânia.

Em todos estes tipos de ocorrência, o carbonato de sódio pode estar mais ou menos misturado com outros sais, especialmente cloretos e sulfatos.



IV - JAZIDAS DE CARBONATO DE SÓDIO

Numerosas ocorrências de carbonato de sódio natural são conhecidas no mundo. Concentrações de porte econômico, contudo, resumem-se, no ocidente, às jazidas de Lago Magadi (Quênia), Searles Lake e Green River (EUA) e Lago Texcoco (México) (Fig.1).

IV.1 - Lago Magadi

O Lago Magadi, situado no sudeste do Quênia, contém um grande depósito de trona de idade recente em seu substrato. Apresenta espessuras de até 50 m desse mineral, além de intercalações de trona-argila e argilas troníferas.

Esta jazida apresenta produção, desde 1917, de um minério com a composição de 45% de Na_2CO_3 , 35% de NaHCO_3 , 1,7% de NaCl , 0,06% de Na_2SO_4 e 0,9% de NaF . O produto final, após calcinação, apresenta 97% de Na_2CO_3 , 0,5% de NaHCO_3 , 0,5% de NaCl , 0,4% de Na_2SO_4 e 1% de NaF . A produção anual, em 1966, foi de 110.000 toneladas. Atualmente, a capacidade é de 250.000 toneladas anuais, podendo ser facilmente ampliada.

A jazida de Lago Magadi constitui-se, essencialmente, em uma salina de trona com cerca de 67 Km^2 de área cuja superfície é, em sua maior parte, seca. As planícies de trona são localmente bordejadas por lagoas alcalinas que, por sua vez, são alimentadas por numerosas fontes terminais. Estas águas, fortemente alcalinas, são consideradas como sendo resultado da intemperização e lixiviação de minerais silicatados ígneos.

IV.2 - Searles Lake

O Searles Lake é uma grande planície salina circundada por lama, situada a cerca de 220 Km a nordeste de Los Angeles, Califórnia. O sal é a parte superior de uma série de lentes salinas cristalinas e permeáveis que contêm salmouras intersticiais e se encontram intercaladas com lamas salinas. O principal sal sólido é a halita, encontrando-se presente também



hanksita, trona, bórax e quantidades menores de burkeíta. Embora estes corpos cristalinos contenham muita trona e outros sais sólidos potencialmente valiosos, é a salmoura intersticial a atual fonte de produtos comerciais. Os principais sais recuperados são sulfato de sódio, carbonato de sódio, cloreto de potássio e bórax. Carbonato de lítio, bromo e ácido fosfórico são também produzidos. A produção de carbonato de sódio anidro (soda ash) em 1972 foi de 345.000 toneladas. Com o início das operações, em fevereiro de 1978, da maior planta de tratamento de salmouras do mundo, construída pela Kerr-McGee Chemical Corp., em Trona, nas margens do Searles Lake, a produção prevista de soda-ash (barrilha) desta jazida passa a ser de 1.500.000 toneladas anuais.

IV.3 - Green River Basin, Wyoming

A produção de barrilha nos Estados Unidos é dominada pela trona do sudoeste de Wyoming. Extensas e numerosas camadas desse minério formaram-se em um vasto lago eocênico, agora representado pelos depósitos da Formação Green River. Cerca de 3.000 Km² da Bacia de Green River são sotopostos por camadas quase horizontais de trona a profundidades variando de 130 a 1200m. Mais de 40 camadas de trona e trona + halita distribuem-se através de cerca de 300 metros de camadas evaporíticas. Em apenas 11 destas camadas, com espessuras médias de 2,0 m, bloquearam-se mais de 52 bilhões de toneladas de trona "in situ".

O minério de trona de Wyoming consiste de camadas maciças, quase monominerálicas, de coloração clara a marrom escura, contendo, normalmente, 90% de trona.

Em 1972, três minas de "shaft" encontravam-se operando no distrito de Wyoming, estando uma quarta em desenvolvimento. Todas empregam o método de mineração de câmaras e pilares com entradas múltiplas, duas minerando a uma profundidade de 500 metros e a outra a 270 metros. A capacidade instalada em 1972 era de 3.750.000 toneladas anuais de barrilha. Em 1974, planejava-se ampliação para uma produção anual de 6.170.000 toneladas.



IV.4 - Lago Texcoco

A produção de carbonato de sódio obtida no Lago Texcoco coloca o México como quarto produtor do mundo ocidental (175.000 toneladas por ano). A jazida situa-se nas proximidades da cidade do México e pertence a Sosa Texcoco S.A.

A fonte dos sais são salmouras diluídas de subsu_uperfície de um antigo lago desidratado, que apresentam a seguin_ute composição média:

Na_2CO_3	=	8,0 g/l
NaCl	=	8,6 g/l
Na_2SO_4	=	0,1 g/l
$\text{Na}_2\text{B}_2\text{O}_7$	=	0,1 g/l
KCl	=	0,8 g/l
<hr/>		
Total	=	17,6 g/l

Esta água residual é bombeada para tanques solá_ures espiralados, onde é concentrada.



V - PROCESSAMENTO

A produção mundial de carbonato de sódio em 1974, situou-se em torno de 24 milhões de toneladas. Destas, cerca de 20 milhões foram produzidas pelo "Processo Solvay", em 65 plantas espalhadas por 24 países. Refinarias Solvay continuam a ser construídas em diversas nações, onde este método ainda é o mais econômico para a obtenção de Na_2CO_3 .

V.1 - Processo Solvay

Praticamente todo carbonato de sódio fabricado artificialmente é produzido pelo Processo Solvay ou por modificações deste processo. Neste método, salmouras saturadas de NaCl , purificadas de metais pesados, especialmente Ca e Mg , são saturadas com amônia gasosa reciclada. Esta salmoura é então carbonatada sob pressões de 3 a 4 atmosferas, utilizando-se gás carbônico proveniente de um forno de cal. Precipita-se então bicarbonato de sódio que, após filtragem, é calcinado, produzindo o carbonato de sódio.

V.2 - Tratamento de Salmouras Naturais (Searles Lake Process)

Em Searles Lake, Califórnia (EUA), o abastecimento de salmoura concentrada ($\pm 5\%$ de Na_2CO_3) faz-se através de numerosos poços rasos. Dois processos são usados para a produção de carbonato de sódio. No primeiro, bombeia-se a salmoura diretamente para a torre de carbonatação, onde o Na_2CO_3 em solução é convertido em bicarbonato de sódio e precipitado como tal. O gás carbônico é obtido em forno de cal. Este precipitado é filtrado, lavado, seco e calcinado, sendo finalmente convertido em carbonato de sódio. O outro processo é bem mais complexo, partindo da evaporação da salmoura para a precipitação de halita e burkeita. A burkeita é transformada em natrum pela retirada do sal de Glauber (mirabilita). O natrum é então transformado em carbonato de sódio monohidratado (termonatrita), o qual é secado para produzir um carbonato de sódio denso.



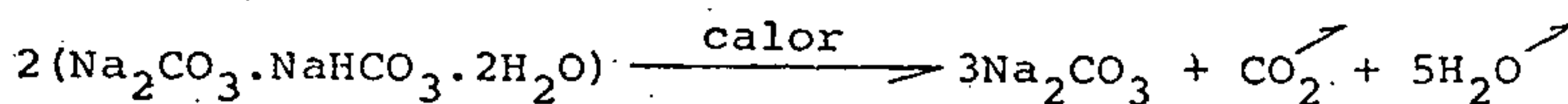
V.3 - Tratamento de Trona (Wyoming Trona Process)

A produção de carbonato de sódio a partir de trona é bem mais simples e barata do que aquele obtido sinteticamente, utilizando-se amônia. O minério de trona contém cerca de 62% de Na_2CO_3 sendo necessárias, pois, para a produção de uma tonelada de carbonato de sódio, 1,7 toneladas de minério.

Duas variações do processo são usadas. Uma inicia pela dissolução do minério de trona ("trona process"); a outra parte da calcinação de trona e dissolução de carbonato de sódio produzido ("monohydrate process").

No primeiro processo, a solução quente oriunda da dissolução de trona é purificada pela remoção dos sólidos e da matéria orgânica. Após a solução é resfriada para precipitação de trona que, calcinada, produz carbonato de sódio anidro.

No segundo processo, a conversão de trona para carbonato de sódio anidro requer uma temperatura de aproximadamente 200°C para que a seguinte reação se processe rapidamente:



A solução obtida é evaporada para produzir cristais monohidratados que, por aquecimento, transformam-se em carbonato de sódio anidro.



VI - ESTRATÉGIA DE PESQUISA DE CARBONATO DE SÓDIO NATURAL

Concentrações comerciais de carbonato de sódio são tão confinadas a ambientes geológicos não marinhos, modernos ou de idades geológicas relativamente jovens. O ambiente ideal para a formação deste recurso mineral é o dos lagos alcalinos interiores, situados em regiões cuja geologia é dominada por rochas vulcânicas ou cristalinas e que sofrem a atuação de condições climáticas semi-áridas. Estas condições, aliadas a um suprimento constante e suficiente de águas ricas em álcalis, poderão concentrar grandes quantidades de sais alcalinos.

Na procura de depósitos antigos ou recentes soterrados, a interpretação da história geológica e dos paleoambientes é fundamental para determinar se ocorreram condições favoráveis à concentração de sais alcalinos. A presença de salinas periféricas e estratos dolomíticos em camadas lacustrinas expostas são bons indicadores de lagos salinos antigos.

Assim, a pesquisa de carbonato de sódio deve ser dirigida a ambientes lacustrinos, tanto modernos como antigos, onde existam ou tenham existido condições para a formação de depósitos evaporíticos.



VII - OCORRÊNCIAS DE CARBONATO DE SÓDIO NATURAL, EVAPORITOS CONTINENTAIS E LAGOS SALINOS INTERIORES NO BRASIL

Somente três ocorrências de carbonato de sódio natural são conhecidas no Brasil, todas situadas no sudoeste do Estado de Goiás. Duas delas situam-se aproximadamente a 45Km a leste da cidade de Caiapônia, nas Fazendas São José e Buracos. O carbonato de sódio ocorre sob a forma mineralógica de trona, em drusas, nas cavidades dos arenitos Aquidauana. A terceira ocorrência, situa-se numa gruta da Formação Aquidauana, em torno de um pequeno lago de água salobra, no município de Mineiros. Análises químicas realizadas pela METAGO S.A. em amostras desta última ocorrência indicaram teores de Na_2CO_3 de até 65%. A origem da trona é atribuída à evaporação de águas subterrâneas, constituindo-se em minerais autigênicos nos arenitos Aquidauana. Os trabalhos realizados, embora preliminares, não atribuem valor econômico a estas ocorrências, devido ao pequeno volume de suas reservas.

Mannion (1975), citando Freise (1932), reporta a ocorrência de sais na região do Alto São Francisco, a nordeste de Brasília, interessando uma área superior a 400.000 Km^2 , sob a forma de numerosas crostas salinas e salmouras rasas em área de rochas ígneas alcalinas. A média de 5 análises químicas destas crostas apresentou a seguinte composição.

Na_2CO_3	=	23 a 41%
NaCl	=	1,5 a 10%
Na_2SO_4	=	1 a 7%
MgSO_4	=	0,4 a 2,2%
H_2O	=	40 a 50%

Entretanto, estas informações não são confirmadas pelos autores nacionais. Em nenhum trabalho de geologia econômica são reportadas tais ocorrências. A área indicada por Mannion (op.cit.) parece corresponder àquela de ocorrência da Formação Urucua no oeste mineiro, embora sua área total seja bem menor



que a anteriormente referida.

No Vale do São Francisco, região de Juazeiro (BA), ocorreram salinas continentais compostas fundamentalmente de cloreto de sódio, exploradas, inclusive, no fim do século passado e início deste. Nesta região, no vale do Rio Salitre, o calcário Caatinga apresentava crostas de sal-gema de alto teor, denominadas de "salitre", que também foram exploradas. Análises químicas deste sal forneceram os seguintes teores médios:

NaCl	=	91,8 a 95,6%
CaSO ₄	=	1,1 a 3,1%
MgCl ₂	=	0,2 a 0,3%
Ca(NO) ₃	=	Traços a 0,1%
Umidade	=	1,9 a 3,7%

Durante a Guerra do Paraguai exploraram-se salinas no sul de Mato Grosso para o abastecimento das tropas brasileiras. Neste Estado são frequentes os "barreiros" e "lambedores" de argila salífera onde o gado e os animais silvestres vão procurar o sal necessário ao seu organismo.

Em Parnaíba, Piauí, fontes de água salgada alimentam pequenas lagoas formando salmouras que dão origem, nas épocas de estiagem, a crostas de sal. Neste Estado, no município de Luiz Corrêa, a Lagoa de Sobradinho, situada a cerca de 6 Km do mar, é alimentada por águas subterrâneas. A salmoura formada é pobre em sulfatos e rica em cloreto de potássio. Quando a concentração é máxima (fim das estiagens), formam-se crostas de 20 cm de sal puro na superfície seca da lagoa. Quando a salmoura atinge uma concentração de 350.000 ppm depositam-se cristais de carnalita (KMgCl₃.6H₂O). No sudeste do Estado, região de Parnaguá e Curimatã, ocorrem lagoas salobras onde crostas marginais de sais minerais solúveis já foram exploradas no passado. É possível que no fundo do lago também existam sais minerais. Até 1975, nenhuma pesquisa nesse sentido tinha sido realizada.

Em Alagoas, diversos lagos salinos interioranos, situados sobre o embasamento cristalino, são conhecidos, especialmente na região de Palmeira dos Índios. No fundo destes corpos d'água ocorrem camadas com até 3,0m de espessura de sais minerais, além de crostas salíferas em suas bordas (Fig. 2).

Segundo cálculos realizados, um destes lagos (Lago do Couto) apresenta reservas de sais minerais superiores a 200 milhões de toneladas. Análises químicas realizadas nas águas e nos sais de uma destas lagoas apresentou os seguintes valores médios em suas composições:

Águas:

CaCl_2 = 97,7 g/l

NaCl = 101,4 g/l

MgCl = 127,4 g/l

MgSO_4 = 175,0 g/l

Sais:

NaCl = 99,4%

NO_4 = 0,23%





Ca = 0,1%

Mg = 0,04%

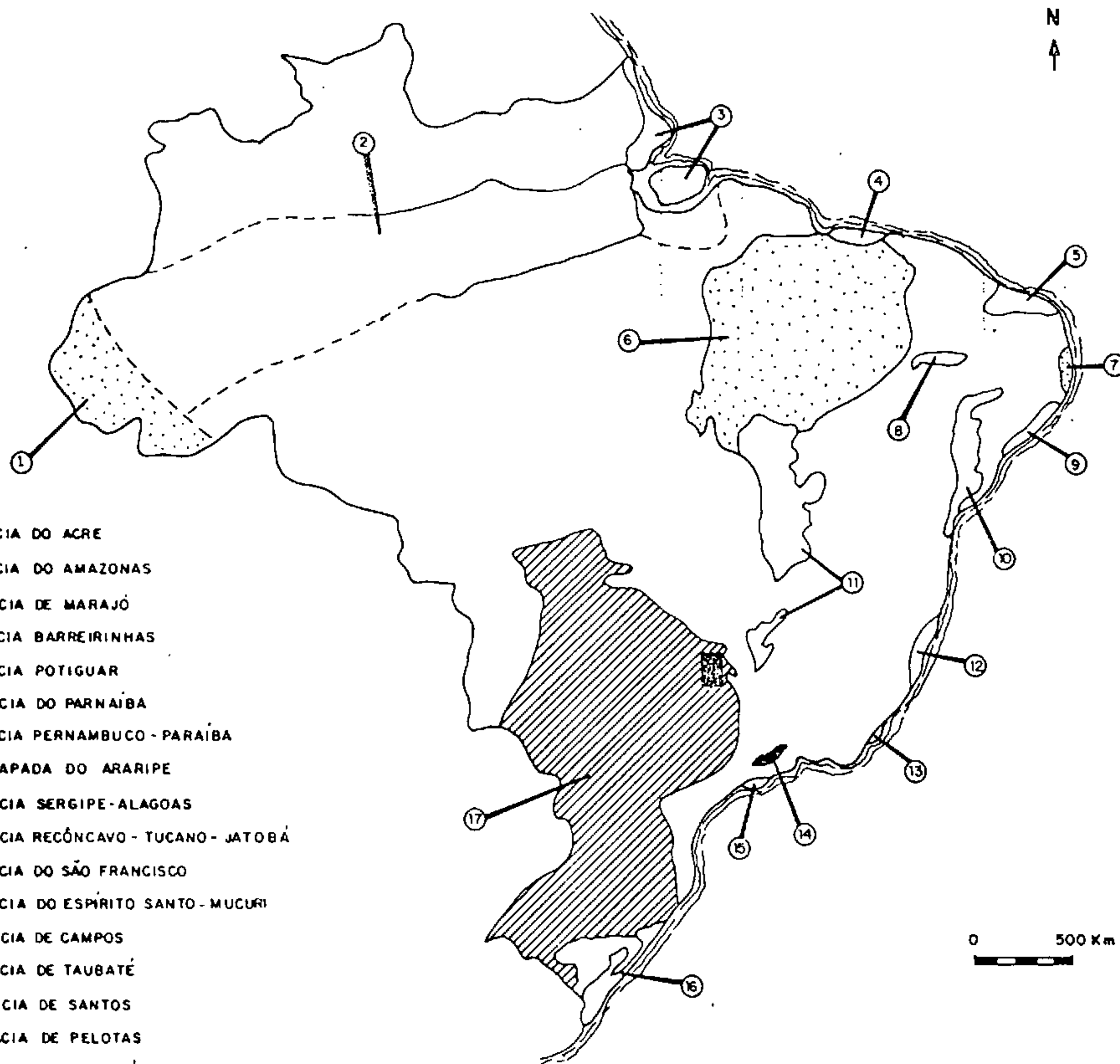
K = Traços


R.I. = 0,07%

LEGENDA

-  BACIAS SEM INTERESSE
-  BACIAS COM MÉDIAS FAVORABILIDADES
-  BACIAS COM ALTAS FAVORABILIDADES
-  ÁREAS SELECIONADAS

- ① BACIA DO ACRE
- ② BACIA DO AMAZONAS
- ③ BACIA DE MARAJÓ
- ④ BACIA BARREIRINHAS
- ⑤ BACIA POTIGUAR
- ⑥ BACIA DO PARNAÍBA
- ⑦ BACIA PERNAMBUCO - PARAÍBA
- ⑧ CHAPADA DO ARARIPE
- ⑨ BACIA SERGIPE-ALAGOAS
- ⑩ BACIA RECÔNCAVO - TUCANO - JATOBÁ
- ⑪ BACIA DO SÃO FRANCISCO
- ⑫ BACIA DO ESPÍRITO SANTO - MUCURI
- ⑬ BACIA DE CAMPOS
- ⑭ BACIA DE TAUBATÉ
- ⑮ BACIA DE SANTOS
- ⑯ BACIA DE PELOTAS
- ⑰ BACIA DO PARANÁ





PETROBRAS
MINERAÇÃO S.A. PETROMISA

BACIAS SEDIMENTARES BRASILEIRAS

PESQUISA PRELIMINAR

PARA TRONA

AUTOR	DATA	FIGURA
GEREX	AGO/87	

PESQUISA DE TRONA "SOTERRADA"

AMBIENTE GEOLOGICO

BACIA	ESTRATIGRAFIA		IDADE	LITOLOGIA	ESPESSURA	AMBIENTE DEPOSICIONAL	CLIMA	OBSERVACOES
	FORMACAO	MEMBRO						
	BARREIRAS			ARENOSOS E ARENO-ARGILOSOS	MUI VARIADA	CONTINENTAL INDIFERENCIADO		- ARGILO ARENOSOS - ARENOSO - CONGLOMERATICOS
TUCANO/ JATOBA	SABIA		MIOCENO					
	MARIZAL		CRE. MED-SUP	ARENITOS		ALUVIAL/FLUVIAL		
	SOLIMES		QUATERNARIO					
AMAZONAS	ALTER DO CHAO		CRETACEO SUPERIOR	SEDIMENTOS VERMELHOS SOB A FORMA DE ARGILAS, SILTES, ARE- NITOS E CONGLOMERADOS		FLUVIO-LACUSTRE		E RECOBERTA POR SEDIMENTOS TERCIARIOS OU QUATERNARIOS
	MACAU		OLIG-MIOC	DERRAMES BASALTICOS	VARIADA			
POTIGUAR	ACU			ARENITOS	VARIADA	FLUVIAL		TRANSGRESSAO - REGRESSAO
	JANDAIRA			CARBONATOS		MARINHO		
				ARENITO FELDSPATICO COM ESTRU- TURA CRUZADA. FOLHELHO COM	200M	PLANICIE ALUVIAL		CARATER DE PIEMONTE
REONCAVO	MARIZAL		CRETACEO SUPERIOR	LAMINA DE GIPSITA E BARITA				

ESTRUTURA GEOLOGICA DA
FORMACAO GREEN RIVER - WYOMING

BACIA	ESTRATIGRAFIA		IDADE	LITOLOGIA	AMBIENTE DEPOSICIONAL	CLIMA	OBSERVACOES
	FORMACAO	MEMBRO					
GREEN RIVER	GREEN RIVER	WILKINS PEAK	TERCIARIA	- ARG/CINZA/PRETAS	CONTINENTAL/ LACUSTRE	SEMI-ARIDO: A ARIDO	- ATIVIDADES ORGANICAS
				- CARBONATOS			- PEIXES FOSSEIS
				- FLH VERDES			- MOLUSCOS
				- ARN CINZA			. GASTROPODOS
				- ALTAMENTE ORGANICA			. PELECYPODAS
				- ARG			- CRUSTACEOS
				- FLH/BETUMINOSOS			- ALGAS
				- MARGAS/CALC. ARG./FLH. CALCIF			- ENCONTRADAS NA SUP. DA TERRA:
				- CARBONATOS			. CROCODILOS
				. TARTARUGAS			
. PASSAROS							
. INSETOS LARVAIS							
				- CARBONATOS DOLOMITICOS/ BRANCO A CINZA CLARO	CONTINENTAL/ LACUSTRE	SEMI-ARIDO: A ARIDO	- ORIGINARAM FOLHELHOS BETUMINOSOS:
			- FLH BETUMINOSOS	. BACTERIAS			
			- TRONA	. LODO . ALGAS			
			- OUTROS SAIS	. SAPROPELICO . PLANCTONS			
			- MARGAS/MARRON-AMARELO	. B - FLORA			
			- CARBONATOS	- PROXIMO AO LAGO			
			- TUFOS	. PANTANOS AGRESTE			
			- ARENITOS	. PALMEIRAS			
			- SILTITO	. TREPADERAS			
			- FOLHELHO BETUMINOSO	. ARVORES			
				- PARTE MAIS ALTA			
				. FLORESTAS OAK			
				MAPLE			
				NICKORY			
				GUM			

PESQUISA DE TRONA "SOTERRADA"

AMBIENTE GEOLOGICO

BACIA	GRUPO	ESTRATIGRAFIA		IDADE	LITOLOGIA	ESPESSURA	AMBIENTE		OBSERVACOES
		FORMACAO	MEMBRO				DEPOSICIONAL	CLIMA	
		CACHOEIRINHA		TERCIARIA	ARENITOS ARGILOSOS VERMELHOS	80M		SEMI-ARIDO	
		MARILIA	PONTE ALTA	CRETACEO SUPERIOR	ARENITOS GROSSEIROS A CONGLOMERATICOS, NODULOS E NIVEIS CARBONATICOS	180M	FLUVIO LACUSTRINO		ASSOCIA-SE VERTICALMENTE A CALCARIOS DEPOSITADOS EM "PLAYA-LAKE"
BACIA DO PARANA	BAURU	ADAMANTINA		CRETACEO SUPERIOR	LAMITOS, ARENITOS FINOS A CONGLOMERATICOS	150M	FLUVIAL	ARIDO	
		STO. ANASTACIO		CRETACEO SUPERIOR	ARENITOS FINOS COM LEITOS DE LAMITOS	100M	FLUVIAL	SEMI-ARIDO	O CONTEUDO FOSSILIFERO CONSISTE DE CROCODILIANOS, DINOSSAUROS E QUELONIOS
		CAIUA		CRETACEO SUPERIOR	ARENITOS FINOS E LOCALMENTE NODULOS CARBONATICOS	200M	EOLICO		
		UBERABA		NEOCRETACEA	DETRITOS DE ROCHAS VULCANICAS DA FM. SERRA GERAL		FLUVIAL		ALGUNS AUTORES CONSIDERAM ESTA FM MAIS JOVEM QUE O GR. BAURU
		SERRA GERAL		CRETACEO INFERIOR	VULCANICAS	VARIAVEL			
		TREMEMBE		OLIGOCENICA	FLH PIROBETUMINOSOS INTERCALADOS POR LENTES DE ARGILITO/ARENITO	100M	LACUSTRE		
TAUBATE/TREMEMBE		CACAPAVA		PLIOCENICA	SEDIMENTOS INCONSOLIDADOS COM DEPOSITOS RUDACEOS MARGINAIS		FLUVIAL		
		SAO PAULO		PLIO-PLIOCENICA	ARENITOS, ARENITOS CONGLOMERATICOS INTERCALADOS COM LENTES DE ARGILITO		FLUVIO-LACUSTRE		

PESQUISA DE TRONA "SOTERRADA"

AMBIENTE GEOLOGICO

BACIA	ESTRATIGRAFIA	IDADE	LITOLOGIA	ESPESSURA	AMBIENTE DEPOSICIONAL	CLIMA	OBSERVACOES
	FORMACAO : FACIES						
			CALCARIO INTERESTRATIFICADO				
	CANECO	MIOCENO	ARENITO CALCIFERO		MARINHO		FOSSILIFERA
	PIRABAS			22M			
		INFERIOR	CALCARIO FOSSILIFERO AS VEZES				
	CASTELO		ARENITICO		MAR ABERTO		FOSSILIFERA
PARNAIBA							
		CRETACEO	ARENITOS COM RARAS INTERCALA-	293M	FLUVIAL COM CON-		
	URUCUIA	INFERIOR	COES DE SILEX		TRIBUICAO EOLICA		NAO ENCONTRADO FOSSILIFEROS
					FLUVIAL/LACUSTRINO		
		CENOMANIANO	ARENITO COM BAUXITA E GIBBSITA	ATE 600M	PLANICIE CONTI-	SEMI-	
	ITAPECURU	ALBIANO			NENTAL /NAO SALI-	ARIDO	SEDIMENTOS FORTEMENTE OXIDADOS
					NO		
		EOCENO/			CONTINENTAL		
	BARREIRAS	PLEISTOCENO	ARENITOS	VARIAVEL	INDIFERENCIADO		
			CALCARIO LITOGRAF/ CALCARIO				CICLO DE
PERNAMB./	MARIA FARINHA	CRETACEO	DETRITICO/ CALCARIO PELMICRIT/	30M	MARINHO PROFUNDO		
		SUPERIOR	CALCARIO DETRITICO ARGILOSO				TRANSGRESSAO -
PARAIBA							
		CRETACEO	COQUINA FOSFATICA/ARENITO CAL-		LITORANEO/DE AGUAS		REGRESSAO
	GRAMAME	SUPERIOR	CIFERO/ CALCARIO	40M	RASAS/MERITICO		
			ARENITOS CONGLOMERATICOS A		FLUVIAL-ESTUARINA		
	BEBERIBE	CRETACEO	FINOS, ARGILOSOS E FERRUGI-	300M	COM LAGUNAS		
		SUPERIOR	MOSOS				
		EO-CENO-	ARGILITO VERMELHO COM ANIDRITA	800M		SEMI-	
	RANOM	ZOICO	E ARENITOS FINOS			ARIDO	
		MAESTRICH-	ARENITOS CLAROS, ARGILITOS,		NAO MARINHO, RE-		ESTA BACIA FOI FORMADA POR UMA
	DIVISOR	TIANO	CALCARIOS E CONGLOMERADOS	200M	GRESSIVO, FLUVIO-		SUCESSAO REGRESSIVA-TRANSGRES-
ACRE					LACUSTRE		SIVA, PODENDO SER CLASSIFICADA
			FOLHELOS COM CONCRECOES CAL-				COMO DO TIPO MARGINAL PARA
		CAMPANIANO/	CARIAS, ARENITOS CALCIFEROS	550M	AMBIENTE DE AGUA		ESTE, CONTUDO O MAR NUNCA
	RIO AZUL	MAESTRICH-	FINOS A CONGLOMERATICOS,		SALOBRA		CHEGOU AO ACRE
		TIANO	LEITOS CALCARIOS				
			ARENITOS FINOS COM NIVEIS	130M			
	MOA	CAMPANIANO	ARGILOSOS A CONGLOMERATICOS		FLUVIAL		

PESQUISA DE TRONCA "SOTERRADA".
 AMBIENTE GEOLOGICO

BACIA	GRUPO	ESTRATIGRAFIA		IDADE	LITOLOGIA	ESPESSURA	AMBIENTE	CLIMA	OBSERVAÇÕES
		FORMAÇÃO	MEMBRO				DEPOSICIONAL		
		HUMBERTO CAMPOS	ILHA DE SANTANA	TERCIARIO E	FLH/MARG/CALC/CLU	667M	LACUSTRINO		OS DOIS MEMBROS INTERDIGITAM-SE LATERALMENTE, ESTANDO O PRIMEIRO NAS BORDAS DA BACIA
			AREINHAS	CRETACEO SUPERIOR	ARENITO/ FOLHELHO/CLU	456M	ALUVIAL		
			RIO NOVO		CLU/MARG/FLH	1055M			VARIIDADE LITOLOGICA: BIOC.; OOLITICOS PUROS COM MATRIZ, DOLOMITOS COM PISOLITOS ALGAI; /BIOCL,FOLHELHOS PIRITICOS, CALCARIOS COM MADEIRAS CARBO- NOSAS, MARGAS HOMOGENEAS, ARE- NITOS FINOS CALCIFEROS
		BOMFIM		CENOMANIANO (CRETACEO)	FLH INTERDIGITADO COM CALC/CLU	650M	MARINHO		
	CAJU		SAO JOAO		CRU/CRE/CALC/OOLIT	300M			
			MANDACARU		INTERCALACOES DE MARGAS/FLH/ CLU/CRE	530M			
		PREGUICAS	PERIA	CENOMANIANO (CRETACEO)	ARGILA/CALCILUTITO/FOLHELHO	600M	MARINHO		
			PAULINO		MARG/CLC/FLH/CAL/OOLIT				
			NEVES			1100M			
BARREI- RINHAS			CAETE		INTERCALACOES DE FLH E ARM	1957M			ARENO-ARGILOSA
		BARRO DURO		ALBIANO	ARENITO FNO A GRO, FELDSPATICO E FLH	700M	FLUVIO- DELTAICO COM		MAIS GROSSEIRA
			TUTOIA		FLH C/ LENTES DE ARENITO				DISTRIBUI-SE NAS REGIOES BAIXAS
	CANARIAS			ALBIANO	ARGILOSO	700M			
			BOM GOSTO		ARENOSA COM FOLHELHOS CONGLO- MERATICOS/SILTITOS	430M	INFLUENCIA		
					ARN GRO A CONGLOMERATICO, FLH C/ INTERCALACOES DE ARENITO	3260M	ALUVIAL		
		BARREIRAS		EOCENO/ PLEISTOCENO	ARENOSOS E ARENO ARGILOSOS	VARIADA	CONTINENTAL INDIFERENCIADO		ARGILO ARENOSO 3 LITOFACIES - ARENOSO CONGLOMERATICO
			PIACABUCU	SANTONIANA	ARGILITOS/ FOLHELHO COM INTER- CALACOES DE CONGLOMERADOS E ARENITOS	1800M	LEQUES DELTAICOS PLATAFORMA CONTI- NENTAL E TALUDE		PODE OCORRER INTERDIGITACAO LATERAL OU UMA SOBREPOR A OUTRA
			MARITUBA		CLASTICOS GROSSEIROS	700M	CONTINENTAL		
			SAPUCARI		CALC/MARG/BRC/COQUINAS	500M			A FORMAÇÃO E CONSTITUIDA DE CALCARIOS INTERCALADOS COM CLASTICOS
SERGIPE/ ALAGOAS		COTINGUIBA	ARACAJU		ARGILA/SLT INTERDIGITADO COM FLH/ CALC.	VARIAVEL	MARINHO		
			AGUILHADA	NEOAPTIANA (CRETACEO SUPERIOR)	DOLOMITOS INTERCALADOS COM ARN/ FNO A CONGLOMERATICO		REGRESSAO- TRANSGRESSAO		
		RIACHUELO			CALC. OOLITICO, PISOLITICO/ COQUINAS				
			TARUARI		CALC. E FLH INTERCALADOS COM ANIDRITAS				
					ARN FNO A CONGLOMERATICO/ SLT/FLH/CALC.				
			ANGICO						

PESQUISA DE TRONCA "SOTERRADA"
 AMBIENTE GEOLOGICO

BACIA	ESTRATIGRAFIA		IDADE	LITOLOGIA	ESPESSURA	AMBIENTE DEPOSICIONAL	CLIMA	OBSERVACOES
	FORMACAO	MEMBRO						
ESPIRITO SANTO	URUCUTUCA		CRETACEO SUPERIOR	FOLHELHOS MICACEOS		MARINHO		
	RIO DOCE			ARENITOS E FOLHELHOS MARINHOS				
SANTOS	CARAVELAS			CALCARENITOS BIOCLASTICOS E CALCILUTITOS		MARINHO		
	SEPETIBA		TERCIARIO	COQUINAS E AREIAS GROSSEIRAS				
SANTOS	MARAHATA		TERCIARIO	FACIES ARGILOSAS E CARBONATICAS OXIDADAS		MARINHO		
	SANTOS		TERCIARIO	FACIES ARBILLO-ARENOSAS E CARBONATICAS OXIDADAS				
	GUARUJA			FACIES ARGILOSAS-CARBONATICAS				
CAMPOS	CARAPEBUS		CRETACEO SUPERIOR	ARENITOS FINOS, CONGLOMERATICOS, PIRITICOS, CARBONATICOS, FELDSPATICOS E CAULINICOS	225M	MARINHO		
	GURIRI		CRETACEO SUPERIOR	ARENITOS CONGLOMERATICOS LOCALMENTE DOLOMITICOS	780M			
	SIRI		CRETACEO SUPERIOR	CARBONATOS BIONICRITICOS E ARENOSOS	240M			
	UBATUBA		CRETACEO SUPERIOR	FOLHELHO CINZA ESCURO, SILTICOS, PIRITICOS, RICOS EM MATERIA ORGANICA	1600M			
MARAJÓ	AFUA		TERCIARIO	ARGILITOS CINZA ESCURO E ARENITOS		MARINHO		
	CURURU		TERCIARIO	ARGILITOS C/NIVEIS DE SIDERITA				
	MEXIANA		TERCIARIO	ARENITOS CALCIFEROS, FOLHELHOS E ARGILITOS				
	ARAGUAIA		TERCIARIO	FOLHELHOS E ARGILITOS				
PELOTAS	UNIDADE VII		TERCIARIO	FOLHELHO MARINHO		TALUDE		
	UNIDADE VI		TERCIARIO	FOLHELHOS E AREIAS DE PLATINIFORMA				
	UNIDADE V		TERCIARIO	ARGILAS MARINHAS, FOLHELHOS E ARENITOS		MARINHO		
	UNIDADE IV		TERCIARIO					
	UNIDADE III		CRETACEO SUPERIOR	FOLHELHOS E AREIAS				



RLI 623

Anexo 02/2

GULEX
At. Antnio B. B.

ESTRÔNCIO

André Raposo dos Santos*

1 - Características e Aplicações do Estrôncio

Do ponto de vista tecnológico, o estrôncio é dos elementos menos conhecidos e pesquisados da tabela periódica. Minerais e compostos de estrôncio, no entanto, já são comercializados há quase duzentos anos. Inicialmente, sob a forma de nitrato foi utilizado principalmente em pirotecnia. Posteriormente, com o desenvolvimento da indústria de açúcar de beterraba, o hidróxido de estrôncio passou a ser amplamente empregado no processo de beneficiamento daquela matéria-prima.

Dos minerais que contêm estrôncio, apenas a celestita ($SrSO_4$) e a estroncionita ($SrCO_3$) já foram utilizadas como minérios. Atualmente a celestita é o único mineral de estrôncio produzido comercialmente.

A celestita comercializada no mercado internacional apresenta em geral teores que variam de 90% a 97% de $SrSO_4$. Dos produtos químicos de estrôncio é frequentemente exigido pureza, o que significa menos 2% de bário. As especificações para carbonato de estrôncio grau vidro, que é o composto de estrôncio mais comum, são de 98% de carbonato de estrôncio puro.

A maior aplicação do estrôncio é na fabricação de tubos de imagem para televisões a cores, que contêm de 5% a 7% de óxido de estrôncio e 3% a 4% de óxido de bário na tela, como proteção contra radiação. Estes percentuais referem-se aos Estados Unidos e Japão, uma vez que os fabricantes europeus preferem utilizar-se unicamente do bário. As telas de televisores preto e branco não emitem raios X, não necessitando portanto do uso de compostos de estrôncio. O óxido de estrôncio é obtido do carbonato de estrôncio, processado a partir da celestita.

Outros importantes usos do carbonato de estrôncio estão na fabricação de magnetos de ferrite cerâmicos e na produção eletrolítica de zinco, onde o carbonato é adicionado à solução para remover íons de chumbo. Na indústria de magnetos de ferrite cerâmicos, que são feitos íons de ferro e carbonatos de bário ou estrôncio, o uso de estrôncio vem aumentando devido a maior coercitividade em termos de peso unitário, tamanho e custos das ferrites de estrôncio, com relação às de bário.

* Área de Estudos Econômicos - Gerência de Mineração

A segunda maior aplicação de estrôncio, sob a forma de nitrato de estrôncio, é nas indústrias pirotécnica e bélica. Também obtido a partir do carbonato de estrôncio, o nitrato é usado devido a cor vermelho-brilhante que dá a chama, sendo empregado na fabricação de pistolas de sinalização e em pirotécnicos em geral.

Outros compostos de estrôncio de menos importância são o cromato, usado como inibidor de corrosão em pigmentos; fosfatos, na manufatura de lâmpadas fluorescentes; e cloretos, utilizados na indústria farmacêutica.

A celestita processada ou refinada é também usada na produção de zinco eletrolítico, na fabricação de pigmentos para tintas e como substituta para a barita em lamas de perfuração. Por sua vez, o estrôncio metálico é usado em algumas ligas como agente modificador.

Atualmente o Sr está sendo testado, com sucesso, no desenvolvimento de SUPERCONDUTORES

2 - Reservas

O U.S.B.M. estima as reservas mundiais de estrôncio em cerca de 6,8 milhões de toneladas de estrôncio contido. Em termos de distribuição geográfica, as reservas de estrôncio apresentam-se da seguinte forma:

TABELA 1
RESERVAS MUNDIAIS DE ESTRÔNCIO
(10³ TONELADAS)

PAÍSES	RESERVAS	% DO TOTAL
AMÉRICA DO NORTE	450	7%
EUROPA	3600	53%
ÁSIA	2700	40%
TOTAL	6750	100%

FONTE: MINERAL FACTS AND PROBLEMS, 1985.

As reservas de estrôncio são adequadas para atender à demanda prevista mesmo a longo prazo.

3 - Oferta

Devido à dificuldade de se remover impurezas da celestita no processo de beneficiamento, somente alguns depósitos mais ricos, onde o teor acima de 90% exigido pelo mercado pode ser atingido através de métodos mais simples como separação gravimétrica, estão sendo lavrados atualmente.

Tradicionalmente, os maiores produtores mundiais têm sido o México e a Espanha, responsáveis, em 1983, por 2/3 da produção de celestita. A partir de 1983, a Turquia multiplicou sua produção, igualando-a à da Espanha. Em 1985, estima-se que estes três países produzam 81% do total mundial. O restante da produção está dividida, principalmente, entre a Itália, Reino Unido, Irã e Argélia. Dados sobre a produção dos países socialistas não estão disponíveis. A tabela 2 na página seguinte, mostra as quantidades produzidas por cada país.

TABELA 2
 PRODUÇÃO MUNDIAL DE ESTRÔNCIO - 1985
 (TONELADAS DE ESTRÔNCIO CONTIDO)

PAÍSES	PRODUÇÃO	% DA PRODUÇÃO MUNDIAL
MÉXICO	38.000	28
ARGENTINA	600	0,4
ITÁLIA	3.200	2,3
ESPAÑA	36.300	26,5
REINO UNIDO	11.800	8,6
ARGÉLIA	5.400	3,9
IRÃ	4.600	3,4
PAQUISTÃO	550	0,4
TURQUIA	36.300	26,5
TOTAL (APROXIMADO)	136.800	100

O México exporta praticamente toda a sua produção de celestita para os Estados Unidos, onde é transformado em compostos químicos de estrôncio. Existem, no momento, duas empresas produzindo celestita no México. A maior delas, Companhia Minerala Valenciana S.A., opera a única mina subterrânea de celestita conhecida. Esta empresa planeja construir uma unidade industrial com capacidade para produzir 12.000t de carbonato de estrôncio, verticalizando assim sua produção. Na Espanha, a empresa Bruno S.A. é responsável por toda a produção que é exportada principalmente para o Japão e República Federal da Alemanha. Com o rápido aumento da sua produção as duas mineradoras turcas irão disputar todos estes mercados, em especial o europeu.

Não existem fontes secundárias ou reciclagem de materiais contendo estrôncio ou derivados. Apesar de os minerais de estrôncio frequentemente ocorrem associados a

outros minerais, tais como talco, salgema, galena e esfalerita, não existe produção comercial de subprodutos ou produtos de estrôncio.

A evolução da produção mundial de estrôncio, no período 1973-1985, é apresentada na tabela abaixo.

TABELA 3
SÉRIE HISTÓRICA DA PRODUÇÃO
(TONELADAS DE ESTRÔNCIO CONTIDO)

ANOS	TOTAL
1973	38.275
1974	44.443
1975	28.434
1976	30.908
1977	42.568
1978	39.934
1979	44.189
1980	40.634
1981	53.513
1982	48.887
1983	52.606
1984	134.898
1985	136.800

4 - Demanda

O consumo internacional estimado de estrôncio e seus compostos químicos em 1983 ficou em cerca de 54.000t. Os maiores consumidores foram os Estados Unidos, Japão e Alemanha Ocidental. Somente a demanda americana equivale a 39% da produção mundial.

A tabela, a seguir apresenta o consumo setorial de estrôncio no mercado norte-americano, único com dados disponíveis.

TABELA 4
CONSUMO SETORIAL DE ESTRÔNCIO (%)
EUA, 1983

TUBOS DE IMAGEM PARA TV.	64%
PRODUTOS PIROTÉCNICOS	14%
MAGNETOS DE FERRITE	5%
CERÂMICAS E VIDROS	1%
PRODUÇÃO ELETROLÍTICA DE ZINCO	4%
PIGMENTOS	3%
OUTROS USOS	9%

FONTE: MINERAL FACTS E PROBLEMS, 1985.

A rápida evolução no consumo de minerais e compostos químicos de estrôncio, nos últimos anos, teve como impulso o desenvolvimento da demanda de carbonato de estrôncio para tubos de imagem de televisores, que, no início da década de 70, saiu do zero para tornar-se o maior mercado. De forma similar, o uso de estrôncio em magnetos de ferrite desenvolveu, na década de 60; tornou-se a segunda maior aplicação a partir de meados da década de 70. Durante o período, o uso mais tradicional do estrôncio, nas indústrias de pirotécnicos e bélicos, permaneceu estável, mas foi relegado ao terceiro lugar na tabela de consumo setorial.

5 - Preços

Os preços da celestita, no mercado internacional, permaneceram estabilizados entre 1973 e 1986, tendo o aumento, nos preços correntes, basicamente refletido a inflação do período.

A comercialização se faz sob a forma de contratos, com o preço variando com as condições de qualidade e outros

fatores. As cotações não são mais publicadas pelas revistas especializadas, uma vez que não refletiam fielmente as oscilações do mercado. O preço da celestita importada pelos EUA, maior consumidor internacional, parecem estar em torno de US\$ 82/st, preço CIF para material britado.

A Tabela 5 apresenta a evolução dos preços da celestita no mercado americano.

TABELA 5
SÉRIE HISTÓRICA DE PREÇOS DA CELESTITA
(MERCADO AMERICANO)

Preço médio Anual de Produtos, U.S.Dollars por Tonelada curta		
ANO	PREÇOS CORRENTES	PREÇOS CONSTANTES (\$ DE 1983)
1973	24	49
1974	29	54
1975	38	65
1976	42	68
1977	45	69
1978	46	66
1979	53	70
1980	54	65
1981	64	71
1982	62	65
1983	74	74
1984	87	82
1985	80	73
1986	81	73

6 - Tecnologia

O principal problema tecnológico, no processo de produção do estrôncio, é a dificuldade em se obter uma concentração da celestita em nível aceitável para a produção de compostos químicos, forma sob a qual a maior parte do estrôncio é consumida.

Os dois processos mais usados para a conversão do estrôncio em compostos químicos são o da soda cáustica e o da calcinação. No primeiro, a celestita finamente moída é tratada com soda cáustica para produzir carbonato de estrôncio, que, por sua vez, é submetido a tratamento com ácidos apropriados para a produção de diversos sais. No segundo processo, a celestita é queimada com carvão finamente moído, produzindo sulfeto de estrôncio, que é lixiviado com água e tratado com ácidos para produzir os compostos desejados.

Com exceção da mina de La Valenciana, no México, que é a única mina subterrânea de celestita no mundo, toda a mineração de celestita provém de lavra a céu aberto.

7 - Mercado Nacional

Não existem indicações de ocorrências de celestita com valor econômico no Brasil. As melhores possibilidades parecem advir da extração de minerais de estrôncio, associados com outros minerais, em particular, o salgema. Convém ressaltar, no entanto, que a extração do estrôncio como subproduto não é, no momento, realizada em escala comercial por qualquer país produtor.

O Brasil importa quantidades modestas de celestita concentrada e diversos compostos químicos de estrôncio, como o carbonato de estrôncio, hidróxido de estrôncio, cloreto de estrôncio, brometo de estrôncio e nitrato de estrôncio.

Estas importações atendem à demanda de diversas indústrias, das quais a mais importante parece ser a eletrônica, que utiliza o carbonato de bário na fabricação de tubos de imagem para televisores coloridos. Outras indústrias consumidoras incluem a farmacêutica, bélica, lâmpadas fluorescentes, fogos de artifício e outros usuários eventuais.

Em 1985, as importações brasileiras de celestita e derivados atingiram 2.831 toneladas, representando um aumento de 40% sobre as importações do ano anterior. O valor CIF envolvido atinge a cifra de US\$ 1,3 milhões.

A tabela a seguir apresenta a evolução das importações brasileiras no período 1982-1985.

TABELA 6

ANO	UNIDADE	CELESTITA (1)	ESTRÔNCIO E COMPOSTOS QUÍMICOS (2)
1982	TONELADAS	487	573
	VALOR CIF(US\$)	69.267	655.265
1983	TONELADAS	3000	1588
	VALOR CIF(US\$)	422.000	1.464.851
1984	TONELADAS	900	796
	VALOR CIF(US\$)	179.258	663.411
1985	TONELADAS	1100	1281
	VALOR CIF(US\$)	234.024	1.021.810

Principais Fornecedores: (1) Argentina
(2) R.F.A., E.U.A.

8 - Perspectivas

O consumo mundial de minerais e compostos químicos de estrôncio evoluiu rapidamente na década de 1970, graças ao forte impulso recebido pela utilização do carbonato do estrôncio em tubos de imagem para televisores coloridos e na fabricação de magnetos de ferrite que suplantaram as utilizações tradicionais até aquele momento. O crescimento futuro, no entanto, tende a ser menos espetacular, uma vez que os mercados de televisores coloridos e magnetos já atingiram a maturidade nos países desenvolvidos. Para os Estados Unidos, por exemplo, o U.S.B.M. prevê um aumento anual de apenas 1,6% até o ano 2000. Considerando que existe um maior potencial para a indústria de televisores coloridos nos países em desenvolvimento, o U.S.B.M. prevê um crescimento do consumo mundial em torno de 2,3% anuais no mesmo período.

O estrôncio pode ser substituído em algumas de suas aplicações, mas com considerável custo e redução de performance. O bário, por exemplo, poderia substituir o estrôncio na indústria de tubos de imagem para televisores, mas isto implicaria em extensas modificações nos circuitos, para reduzir voltagens de operação, que emitem quantidades perigosas de raios X. A utilização do bário, na fabricação de magnetos, de ferrite implicaria na redução da energia máxima e das características de temperatura do magneto,

reduzindo sua eficiência. Também não existem alternativas satisfatórias para o uso do estrôncio nas suas aplicações em pirotécnicos, munição e produtos químicos.

O consumo de estrôncio, no mercado interno brasileiro, apresenta um potencial de crescimento superior aos dos países desenvolvidos. O mercado para televisores coloridos ainda não está amadurecido, prevendo-se que, com o desenvolvimento econômico e aumento de renda associado, o consumo de utilidades domésticas cresça significativamente. O consumo de estrôncio, na indústria elétrica, também deve acompanhar o desenvolvimento industrial. A indústria bélica, por sua vez, projetou-se, nos últimos anos, como uma das mais dinâmicas do país, podendo-se prever que o consumo de estrôncio, no setor, desenvolva-se significativamente.

SCHNEIDER, R.L. Análise das
possibilidade de ocorrên-
cias de Carbonato de Sódio
Natural no Brasil.

F553
S358a

Reg. F2334/97