

RECICLAGEM EM GEOLOGIA PARA  
PROFESSORES DO 1º E 2º GRAU

**MINEROPAR**

Minerais do Paraná S.A.

5:371  
4/.69  
638

RECICLAGEM EM GEOLOGIA PARA

PROFESSORES DO 1º E 2º GRAU

55:372  
L 64/.87  
6388

MINERAIS DO PARANÁ S/A - MINEROPAR

GERÊNCIA DE FOMENTO E ECONOMIA MINERAL

- GEFEM -

ELABORAÇÃO

Geólogo Mário Lessa Sobrinho

APOIO

Márcia Milani Sandri

Roseneide Ogleari (desenho)

César Desidério Heiden (desenho)

Cidionei José Siniski (desenho)

Clarissa Nunes (datilografia)

ABRIL 86

## INTRODUÇÃO

O presente curso pretende levar aos professores de 1º e 2º graus, das áreas de ciências e geografia, uma reciclagem dos aspectos de geologia, de forma a serem repassados aos seus alunos naqueles problemas mais imediatos e mais necessários.

O globo terrestre formou-se há 4,5 bilhões de anos, a partir - segundo a mais defendida teoria - de uma nuvem de pó no universo, condensada e resfriada através do tempo.

Todos os fenômenos geológicos a partir deste tempo, são aqui abordados de forma genérica, ficando as questões específicas a serem discutidas de acordo com o interesse dos participantes.

## ÍNDICE

1. A CONSTITUIÇÃO DA TERRA .....	05
2. OS PERÍODOS GEOLÓGICOS .....	12
3. MINERAIS E ROCHAS .....	13
4. O CARVÃO .....	18
5. FOLHELHOS OLEÍGENOS .....	23
6. O SOLO .....	31
7. A EROSÃO .....	33
8. OS ESCUDOS E AS BACIAS GEOLÓGICAS .....	36
9. A GEOLOGIA E A POTENCIALIDADE MINERAL DO BRASIL .....	37
10. COMPARTIMENTOS GEOLÓGICOS DO PARANÁ .....	40
11. OS PRINCIPAIS RECURSOS MINERAIS DO PARANÁ E SUAS LOCALIZAÇÕES .....	42
BIBLIOGRAFIA .....	46

---

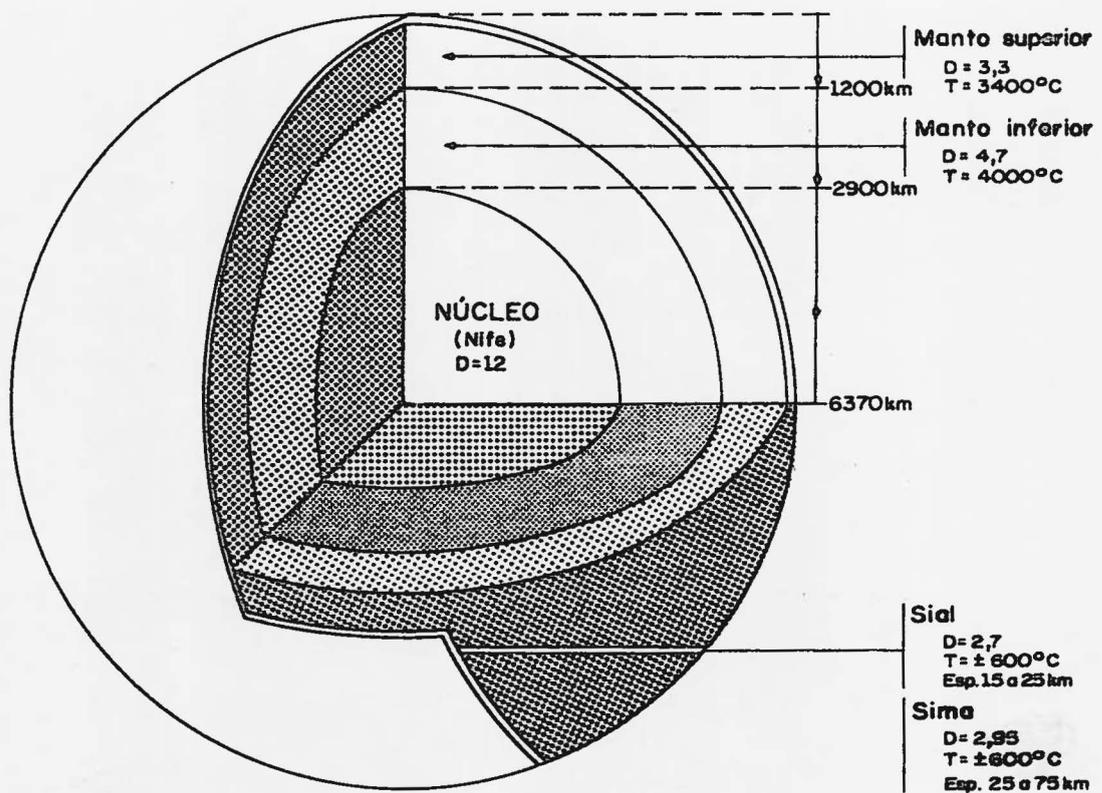
## 1. A CONSTITUIÇÃO DA TERRA

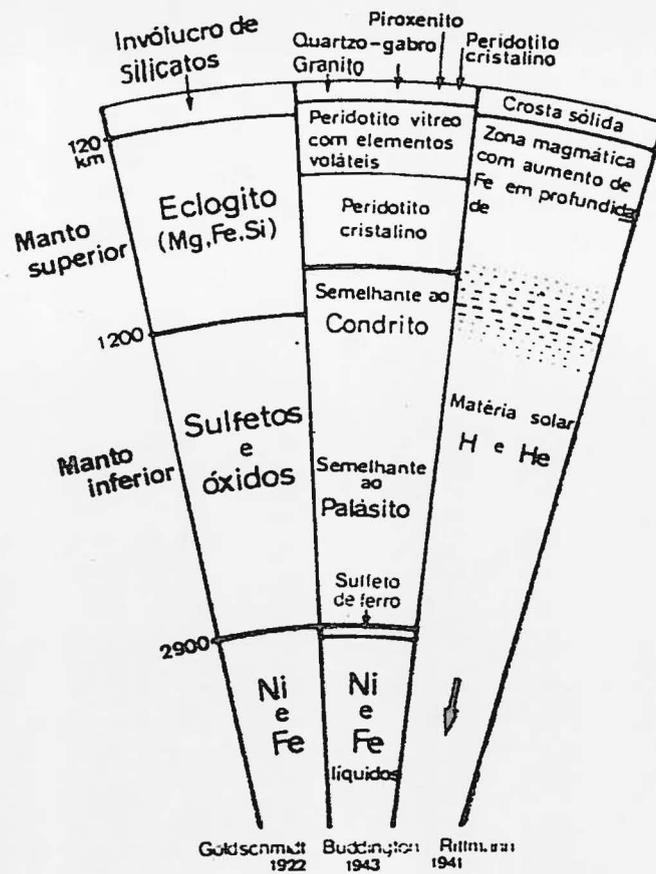
---

Admite-se que o globo terrestre é constituído de camadas concêntricas, de constituição química e física diferentes em cada camada. A crosta superior, também chamada crosta continental, é formada de rochas graníticas, caracterizadas pelos elementos Si e Al, por isso chamada Sial. Sua espessura varia de 30 a 50 km, sendo mais espessa nas regiões montanhosas originadas de geossinclinais. A crosta inferior, também chamada crosta oceânica, possui uma constituição basáltica com predominância dos elementos Si e Mg, chamada por isso Sima. Sua espessura nas áreas oceânicas é de apenas 6 km. Não existe o sial nos oceanos, salvo a pouca distância dos blocos continentais. As ilhas oceânicas são de natureza basáltica. A crosta perfaz 0,375% da massa total da Terra. É a sede dos fenômenos geológicos relacionados à dinâmica interna, como movimentos tectônicos, sísmicos, magmáticos, metamórficos, etc. Sua zona inferior passa gradativamente para as zonas superaquecidas, mas sujeitas à pressões hidrostáticas consideráveis, que impedem a existência de uma fase líquida. No caso de um evento tectônico determinar a formação de zonas de alívio de pressão, dar-se-á a fusão e a conseqüente formação de magmas. Estes poderão formar corpos rochosos em profundidade (fenômenos plutônicos) ou serem expulsos à superfície (fenômenos vulcânicos).

As camadas inferiores não são acessíveis a quaisquer observações diretas, recebendo por isso interpretações várias. Daremos ainda a interpretação mais corrente, de forma resumida, no quadro a seguir.

## CONSTITUIÇÃO DO GLOBO TERRESTRE





As diferentes interpretações segundo diversos autores sobre a constituição do globo terrestre.

Estrutura geral do globo terrestre

Profundidade em km	Denominação das camadas	Constituição litológica	Densidade	Temperatura	Velocidade das ondas P em km/s
Valor médio de $\pm 35$	Crosta superior	Sial (granodiorito)	2,7	800°	5,6
	Descontinuidade de Conrad				
	Crosta inferior	Sima (gabro)	3,0	1.000°	6,5
	Descontinuidade de Mohorovicic				
200	Manto externo	Peridotito	3,3	2.000°	8,2
	Manto médio	Peridotito com ferro e sulfeto	5,5		
2.900	Manto interno	- similar a certos meteoritos			13,6
	Descontinuidade de Wiechert-Gutenberg				
5.100	Núcleo externo	Fe-Ni (Nife similar aos sideritos)	9-11	3.000°	8,1
6.370	Núcleo interno		12-14	cerca de 5.000°	11,2

**TEMPERATURA NO INTERIOR DA TERRA** - Túneis e sondagens mostram que a temperatura aumenta progressivamente para o interior da Terra. De um modo geral, até uma profundidade de 10 a 20 metros, a temperatura é influenciada pela média anual, e daí para baixo, aumenta continuamente. Designa-se grau geotérmico o número de metros em profundidade na crosta terrestre necessários para haver o aumento de temperatura de 1°C. O valor normal é de 30 m, existindo, porém, variações muito grandes. No Brasil, onde se conhecem poucos dados neste sentido, sabe-se que a temperatura no fundo da Mina de Morro Velho, com aproximadamente 2.500 metros de profundidade, é de cerca de 64°C (não considerando a refrigeração artificial usada na mina). Descontando-se a temperatura média anual de 18°, temos um aumento de temperatura de 46° em 2.500 metros. O grau geotérmico é, neste caso, 2.500 dividido por 46 = 54 metros.

Em uma sondagem em Cururu, na ilha de Marajó, foram encontradas as seguintes temperaturas:

146°C em 3.021 m de profundidade

176°C em 3.845 m de profundidade

178°C em 3.872 m de profundidade

Sendo em volta de 25° a temperatura média da superfície, obtemos um valor de 25 metros para o grau geotérmico naquela região.

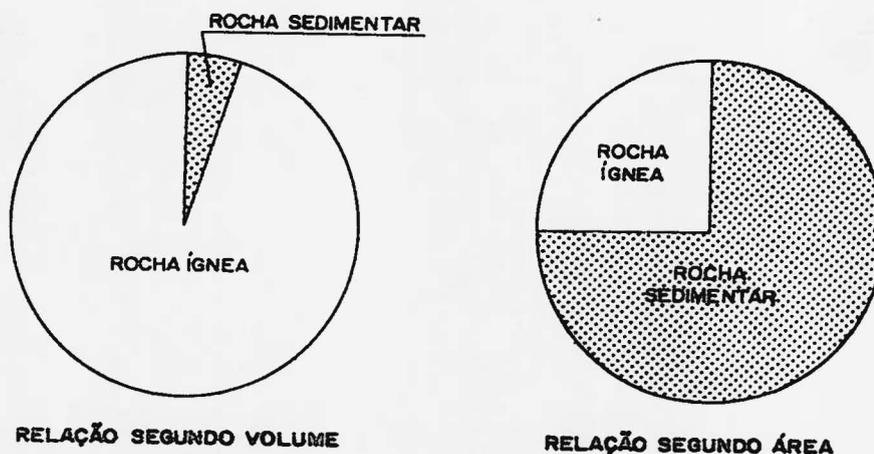
Nas áreas afetadas por vulcanismo recente, graças à maior proximidade do magma, o grau geotérmico é menor. Tal foi constatado na região sudoeste da Alemanha, onde os eventos vulcânicos datam do Terciário superior. Foi determinado o valor de 11 metros apenas para o grau geotérmico desta área. Por outro lado, nas áreas já cicatrizadas e estáveis desde o Pré-cambriano inferior, o grau geotérmico é maior. O valor máximo conhecido localiza-se no sul da África e no escudo canadense, onde se determinou um grau geotérmico de 125 metros.

Em geral a elevação da temperatura é menor nas regiões geológicas antigas, estáveis, como no complexo brasileiro, ou nos escudos cristalinos constituídos de rochas de idade geológica muito antiga e sem perturbações tectônicas recentes. Em zonas de idade geológica mais jovem, sujeitas a perturbações tectônicas, o magma geralmente atinge níveis superiores na litosfera, determinando nessas regiões um aumento mais rápido da temperatura em função da profundidade. Deve ser lembrado que as medidas térmicas co-

nhecidas atingem somente a profundidade de cerca de 6.000 metros (em sondagem) e não é provável que a elevação da temperatura seja contínua até o centro da Terra). Se assim fosse, esta seria de 180.000°C, e, no entanto, o mais provável é que a temperatura no centro da Terra seja aproximadamente igual à temperatura da superfície solar, que é de cerca de 6.000°C.

## A CROSTA

Denomina-se crosta a parte externa consolidada da Terra. Nas regiões continentais a crosta é formada de duas zonas, a superior, denominada sial (graças a predominância de rochas graníticas, ricas em silício e alumínio), e a zona inferior, na qual se supõe haver predominância de silicatos de magnésio e ferro, de onde vem o nome de sima. Segundo estudos modernos, baseados em dados indiretos fornecidos pela geofísica, a espessura da crosta (sial mais sima) varia de 35 a 50 km. Nas margens dos continentes o sial granítico se adelga até desaparecer, motivo pelo qual tudo indica que o substrato dos oceanos é constituído pelo sima.



Constituição litológica da crosta terrestre, segundo volume e segundo área.

**CONSTITUIÇÃO LITOLÓGICA DA CROSTA EXTERNA** - A crosta terrestre é constituída de rochas, isto é, agregados naturais de um ou mais minerais (incluindo vidro vulcânico e matéria orgânica). Distinguem-se três grandes grupos de rochas, segundo sua gênese: rochas magmáticas, metamórficas e sedimentares. O estudo sistemático das rochas é o objeto da Petrografia. Realizando um balanço da percentagem das rochas magmáticas (mais as metamórficas) e sedimentares na constituição da crosta terrestre, diversos estudiosos chegaram aos seguintes resultados: As rochas de origem magmática (podendo ter sido transformadas em metamórficas) constituem cerca de 95% do volume total da crosta, mas ocupam apenas 25% da sua superfície, enquanto que as rochas sedimentares mais as me-

tassedimentares contribuem apenas com 5% do volume, mas cobrem 75% da superfície da crosta. Representam uma delgada película externa desta casca (que por sua vez é bastante delgada, relativamente ao tamanho da Terra), denominada litosfera.

Apesar da existência de grande variedade de rochas magmáticas (cerca de 1.000), poucos são seus principais minerais constituintes e, também, poucas as rochas que possuem importância na constituição geral da crosta. Estes dados referem-se a toda a crosta. Contudo, se analisarmos os continentes e regiões oceânicas separadamente, chegaremos a resultados de grande interesse no estudo da derivação das rochas magmáticas. Assim é que 95% das rochas intrusivas pertencem à família dos granitos e granodioritos que se acham localizados nos continentes e 95% das rochas efusivas são basálticas. A composição siálica das rochas intrusivas continentais e a composição basáltica das rochas magmáticas oceânicas indicam também que os continentes são constituídos essencialmente de material granítico (sial). No fundo dos oceanos, ao contrário, parece faltar por completo esta crosta siálica, predominando o sima. Fortalecendo essa hipótese, deve ser lembrado o interessante fato de que a maior parte dos vulcões localizados no mar ou próximo ao mar produzem lavas basálticas, que, pelo seu extravasamento calmo, parecem provir de grandes profundezas. Além disso, devemos também considerar os grandes derrames basálticos ocorridos nas regiões continentais. Pelo tipo de atividade magmática (ausência de fenômenos explosivos, derrames calmos e consecutivos) e pelo grande vulto da massa de lava (650.000 km<sup>3</sup> no hemisfério sul) tudo leva a crer tratar-se de grandes fendas denominadas geóclases na crosta siálica, fazendo com que o sima se extravase vindo de grandes profundezas. Entretanto, a grande predominância das rochas intrusivas continentais é de natureza granítica. Os basaltos se originaram de regiões profundas da crosta, a partir de rochas derivadas do manto superior, enquanto que os granitos se originaram a partir da transformação em profundidade de rochas que já estiveram à superfície, e que se transformaram em sedimentos. Estes foram se acumulando em grandes espessuras, sofreram aquecimento, grandes pressões, transformaram-se em rochas metamórficas e, posteriormente, em granitos, seja por refusão, seja por metamorfismo granitizante.

## 2. OS PERÍODOS GEOLÓGICOS

ESCALA GEOLÓGICA DO TEMPO

<i>Éras</i>	<i>Períodos</i>	<i>Épocas</i>	<i>Tempo decor. em anos</i>	<i>Características</i>
Cenozóica	Quaternário	Holoceno	11.000	Homem. Glaciação no hemisfério norte
		Pleistoceno	1.000.000	
	Terciário	Plioceno	12.000.000	Mamíferos e fanerógamas
		Mioceno	23.000.000	
		Oligoceno	35.000.000	
Eoceno Paleoceno		55.000.000 70.000.000		
Mesozóica	Cretáceo Jurássico Triássico		135.000.000	Répteis gigantes e coníferas
			180.000.000	
			220.000.000	
Paleozóica	Permiano Carbonífero		270.000.000	Anfíbios e criptógamas
			350.000.000	
	Devoniano		400.000.000	Peixes, vegetação nos continentes
Pre-cambriano superior (Proterozóica)	Siluriano Ordoviciano Cambriano		430.000.000	Invertebrados e grande número de fósseis. vida aquática
			490.000.000	
			600.000.000	
Pre-cambriano médio	Algonquiano		Restos raros de bactérias, fungos, algas, esponjas, crustáceos e celenterados.	
Pre-cambriano inferior (Arqueozóica)	Arqueano (Início da Terra)		mais de dois bilhões (± 4,5 bilhões)	Evidências fósseis raras, bactérias e fungos (?)

---

### 3. MINERAIS E ROCHAS

---

#### GENERALIDADES

A crosta terrestre é formada essencialmente de rochas, cujos constituintes são na maioria das vezes os minerais, podendo também constituir-se dos chamados mineralóides, como o vidro vulcânico, o carvão ou outros compostos de origem orgânica.

#### MINERAL

É um elemento de um composto químico, via de regra, resultante de processos inorgânicos, de composição química geralmente definida e encontrado naturalmente na crosta terrestre. Os minerais, em geral, são sólidos. Somente a água e o mercúrio apresentam-se no estado líquido, em condições normais de pressão e temperatura.

#### ROCHA

É um agregado natural, formado de um ou mais minerais (podendo, eventualmente, tratar-se de vidro vulcânico ou matéria orgânica, que são os mineralóides), que constitui parte essencial da crosta terrestre e é nitidamente individualizado. Por isso, as rochas ocorrem em extensões consideráveis na crosta terrestre, podendo, na maioria das vezes, ser representadas em mapas geológicos. São elas nitidamente individualizadas porque os minerais se agregam, obedecendo a leis físicas, químicas ou físico-químicas, dependendo das condições em que se forma esta ou aquela rocha. Esta agregação, portanto, não se dá ao acaso. Não é neces-

sário que a rocha seja consolidada. As areias, argilas etc, desde que representem corpos independentes, individualizados e extensos, são consideradas rochas.

## CLASSIFICAÇÃO DAS ROCHAS

A crosta terrestre é constituída essencialmente de rochas. São elas, juntamente com os fósseis, os elementos que o geólogo usa para decifrar os fenômenos geológicos atuais e do passado. A Petrografia ou Petrologia, ramo de ciência geológica, dedica-se ao estudo das rochas, da sua constituição, origem e classificação. Repetiremos, aqui, que a rocha é por definição um agregado natural, formado por um ou mais minerais (inclusive vidro vulcânico e matéria orgânica), que constitui uma parte essencial da crosta terrestre. De acordo com a sua origem, distinguem-se três grandes grupos, tais como: rochas magmáticas ou ígneas, rochas sedimentares e rochas metamórficas.

ROCHAS MAGMÁTICAS, ou ígneas, provêm da consolidação do magma e são por isto de origem primária. Delas se derivam por processos vários as rochas sedimentares e metamórficas. Uma rocha magmática expressa as condições geológicas em que se formou, graças à sua textura. A textura diz principalmente do tamanho e da disposição dos minerais que constituem a rocha, enquanto que a natureza mineralógica dos cristais ou mesmo vidro, se for o caso, diz da composição química aproximada porque os magmas geralmente possuem elementos voláteis que escapam durante o processo da consolidação, sem formar minerais no mesmo local, e, sim, em zonas mais afastadas da rocha que se consolidou.

## CONDIÇÕES GEOLÓGICAS

A condição geológica que interfere na textura das rochas ígneas obedece ao seguinte: o magma pode consolidar-se dentro da crosta terrestre, a vários quilômetros de profundidade, formando as chamadas rochas intrusivas, ou plutônicas, ou abissais. O resfriamento ocorre de forma lenta, dando a possibilidade de os cristais desenvolverem-se sucessivamente e formando uma textura equigranular.

A rocha intrusiva é constituída de minerais cristalizados, como por exemplo, as rochas graníticas. Por outro lado, em outras condições geológicas, o magma pode extravasar na superfície formando rochas extrusivas ou vulcânicas ou efusivas, das quais várias modalidades podem ocorrer. Assim, se o magma passa brusca-mente do estado líquido para o estado sólido, forma-se a textura vítrea, pelo fato de não haver tempo suficiente para dar-se a cristalização dos minerais. Comumente ocorrem pequeníssimos cristais esparsos pela massa vítrea, que representam o início da cristalização de alguns minerais que não tiveram o devido tempo para se desenvolverem pela consolidação rápida da lava.

Se já houver um início de cristalização no interior das câmaras onde se acha o magma, estes cristais em vias de formação serão arrastados para a superfície pelo magma ainda no estado de fusão. Quando atinge a superfície, a lava consolida-se rapidamente, graças à queda brusca de temperatura, e, como resultado, teremos uma textura porfirítica. Esta caracteriza-se pelos cristais bem formados, chamados fenocristais, que são os cristais intratélúricos, nadando numa massa vítrea ou de granulação fina, denominada massa fundamental (matriz), que foi consolidada rapidamente, nas condições de superfície. Esta massa fundamental pode ser de caráter afanítico, não se podendo distinguir seus constituintes à vista desarmada, ou pode ser vítrea.

Em certos casos dá-se o desprendimento de gases contidos na lava, sob a forma de bolhas, que podem ser retidas com a consolidação da lava, resultando a chamada textura vesicular ou esponjosa.

Entre os dois tipos citados, de rochas magmáticas abissais com textura granular e de rochas efusivas com textura porfirítica ou vítrea, ocorre um grupo intermediário de rochas magmáticas, chamadas hipabissais. Formam-se em condições geológicas quase superficiais e ocorrem normalmente em forma de dique ou sil. Sua textura é geralmente microcristalina ou afanítica, podendo possuir fenocristais bem desenvolvidos no seio da massa fundamental (matriz).

**ROCHAS SEDIMENTARES** - as rochas sedimentares no senso estrito são aquelas formadas a partir no material originado da destruição erosiva de qualquer tipo de rocha, material este que deverá ser transportado e posteriormente depositado ou precipitado em um dos

muitos ambientes de sedimentação da superfície do globo terrestre. No senso lato incluem também qualquer material proveniente das atividades biológicas. Encaremos apenas alguns caracteres litológicos das principais rochas sedimentares. O critério da classificação das rochas sedimentares segue vários princípios, normalmente combinados entre si, como o ambiente, o tipo da sedimentação, constituição mineralógica ou tamanho das partículas. Segundo este último, passemos à descrição de algumas das principais rochas sedimentares.

Os autores distinguem diferentes subdivisões, baseadas nas dimensões que se encontram em predominância nas partículas.

	Diâmetro (mm) Wentworth	Diâmetro (mm) Atterberg
Matacão	> 256	200
Bloco	64 - 256	20 - 200
Seixo	4 - 64	2 - 20
Grânulo	2 - 4	
Areia grossa	14 - 2	0,2 - 2
Areia fina	1/16 - 1/4	0,02 - 0,2
Silte	1/256 - 1/16	0,002 - 0,02
Argila	< 1.256	0,002

**ROCHAS METAMÓRFICAS** - tanto as rochas magmáticas como as sedimentares podem ser levadas por processos geológicos à condições diferentes daquelas nas quais se formou a rocha. Estas novas condições podem determinar a instabilidade dos minerais pré-existentes, estáveis nas antigas condições em que foram formadas. Estas rochas sofrem então transformações sob ação destas novas condições de temperatura, pressão, presença de agentes voláteis ou fortes atritos, adaptando-se, assim, a estas novas condições. Esta adaptação é que dá origem à formação das diferentes rochas denominadas rochas metamórficas. Dependendo do caso, poderá ou não mudar a composição mineralógica, mas a textura muda obrigatoriamente.

Normalmente podem ocorrer tanto a recristalização dos minerais preexistentes como também a formação de novos minerais, graças à mudança de estrutura cristalina sob as novas condições de pres-

são, temperatura ou ainda, graças à combinação química entre dois ou mais minerais formando um novo mineral, agora compatível e estável sob as novas condições reinantes. Dependendo da natureza dos esforços sofridos pela rocha, poder-se-ão verificar deformações mecânicas nos minerais.

Graças às condições de pressão dirigidas num determinado sentido, a textura resultante mais comum é a orientada ou xistosa, caracterizada pelo arranjo de todos ou de alguns dos minerais segundo planos paralelos. As lâminas de mica ou os prismas de anfibólio seguem a mesma direção. O quartzo e o feldspato crescem de forma lenticular, com orientação direcional dos maiores eixos. Esta estrutura xistosa é tão característica das rochas metamórficas que elas são, às vezes, também designadas xistos ou rochas xistosas. Uma divisibilidade preferencial é a consequência da xistosidade.

Na recristalização pode dar-se apenas um crescimento, graças à coalescência dos minerais existentes, como por exemplo, um calcário passando para mármore ou um arenito para quartzito. Em se tratando de rocha argilosa, que é o caso mais frequente, formam-se minerais novos.

A constituição mineralógica varia também conforme o grau de metamorfismo. Sob condições mais severas poderá passar para mica-xisto, até atingir o grau máximo de metamorfismo, no qual se formam os gnaisses. Pode ainda dar-se o caso de a rocha original receber elementos estranhos, que se adicionam durante seu processo de transformação, como por exemplo, gases.

Em certas condições, se o magma penetrar ou ficar em contato com certas rochas preexistentes, poderá verificar-se um metamorfismo motivado pelo aumento de temperatura, graças ao calor do magma. Se os minerais da rocha encaixante ficarem instáveis àquela temperatura mais elevada, dar-se-á a devida transformação, ou mineralógica ou na textura, dependendo do caso, e este processo chama-se metamorfismo de contato. As principais rochas metamórficas são as seguintes: quartzito, mármore, filito, micaxisto, cloritaxisto, anfibólio-xisto e gnaisse.

---

## 4. O CARVÃO

---

### INTRODUÇÃO

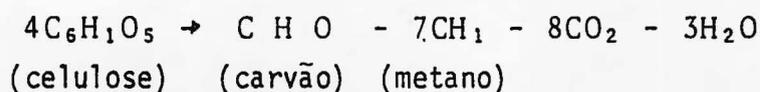
O carvão mineral é uma substância sólida, formada pela decomposição parcial de restos vegetais, com enriquecimento em carbono e litificada, isto é, endurecida por um processo lento, sendo necessárias dezenas de milhões de anos para que se dê sua formação.

Vejamos, em primeiro lugar, a sua origem. Tratem-se, assim, dos processos sofridos e os estágios pelos quais passaram os tecidos vegetais até formarem o carvão. É interessante a idéia de AGRÍCOLA (1846) a este respeito. Acreditava tratar-se de petróleo condensado. Outros, mais tarde, atribuíam-no à origem inorgânica, tendo havido um grande número de opiniões errôneas sobre a origem do carvão. Já no século XVIII se acreditava na origem vegetal e, em meados do século passado, graças aos estudos microscópicos realizados por HUTTON e LINK, comprovou-se definitivamente a origem vegetal do carvão, tendo sido observados restos de tecidos vegetais com as suas estruturas características ainda preservadas.

Em qualquer pedaço de madeira, ou qualquer tecido mole, seja vegetal ou animal, uma vez exposto ao ar, dá-se sua decomposição. Neste processo formam-se os mesmos compostos utilizados inicialmente pelos vegetais na construção de um tecido vivo, ou seja, o  $\text{CO}_2$  e água. Dá-se, assim, a reação inversa a da síntese nos vegetais verdes, que são capazes de sintetizar a glicose a partir do gás carbônico e água, segundo a equação resumida:



sendo a energia fornecida pela luz solar. Da polimerização das moléculas do monossacarídeo formado inicialmente, formam-se os açúcares mais complexos, amido e, finalmente, a celulose, matéria-prima para a formação do carvão mineral, segundo a seguinte equação:



O nitrogênio e o enxofre das substâncias protéicas transformam-se em compostos amoniacais, gás sulfídrico etc. Somente em condições muito especiais, na ausência de oxigênio, não se dá a decomposição total da matéria orgânica, podendo mesmo, em certas condições, verificar-se o acúmulo de restos orgânicos. Estes podem acumular-se como também ser depositados junto a outros sedimentos, como argilas, por exemplo. Neste caso formam-se as argilas negras, sendo esta cor dada pela matéria orgânica de origem vegetal, animal ou mista. Isto acontece principalmente quando os restos orgânicos são cobertos de água, podendo tratar-se de lago ou mar. A profundidade deve ser tal que o oxigênio do ar não tenha fácil acesso às regiões fundas.

O tecido vegetal consiste principalmente de celulose, substância do grupo dos hidratos de carbônio (açúcar, amido), possuindo moléculas grandes, alongadas, de  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , formando longas fileiras. A resistência e dureza das madeiras são causadas pela lignina, substância dura que une as fibras de celulose. O acúmulo de restos vegetais pode dar-se em ambiente pobre em oxigênio, motivo pelo qual a atividade bacteriana é insuficiente para que se dê a decomposição completa da matéria orgânica. Inicia-se então a transformação que se denomina hulheização (Inkolung em alemão e incoagulation, em inglês). Silvio Fróis ABREU, especialista no assunto, propõe o termo incarbonização, bem mais apropriado. Trata-se do processo natural de transformação da matéria vegetal em carvão. Há quem acredite que a celulose seja completamente destruída e que a lignina seja a principal responsável pela formação do carvão.

A ocorrência de concreções calcárias dentro de camadas de hulha tem sido um precioso auxílio ao estudo da origem do carvão, pois se acham conservados no seu interior restos bem preservados de tecidos vegetais diversos junto ao carvão. Recebem o nome de

"coal ball".

## COMPONENTES DO CARVÃO

Graças à heterogeneidade dos constituintes iniciais que formam o carvão-de-pedra (madeira, folhas, espórios etc), este não é homogêneo. Constitui-se de partes distintas, facilmente reconhecíveis macroscopicamente, e propriedade distinta. Assim é que a parte dura, brilhante, quebradiça, partindo-se de preferência perpendicularmente ao plano da estratificação com fratura concoidal, chama-se vitrita. Dispõe-se em camadas ou em lentes mais ou menos espessas; não suja os dedos quando manuseada; quando observada ao microscópio, em secção delgada, aparenta um gel; raramente mostra uma estrutura que lembra a da cortiça. Admite-se que a vitrina tenha se originado da gelificação dos restos vegetais em ambiente aquoso, isento de oxigenação. Outro componente é a chamada fusita. Possui aspecto fibroso, muito semelhante ao carvão vegetal, sujando os dedos quando tocada. Este tipo, quando abundante, é indesejável aos mineiros, por produzir muita poeira.

## ORIGEM DO BETUME

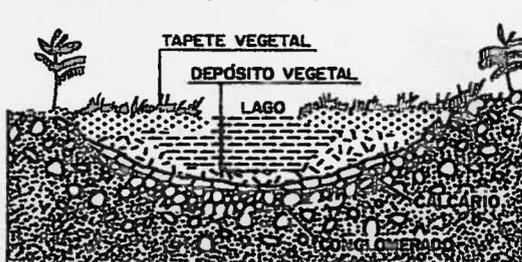
Por muito tempo foi discutida a origem do betume por causa da ausência quase absoluta de restos que pudessem esclarecer o problema. Houve mesmo quem admitisse a origem inorgânica, imaginando reações da água superaquecida sobre compostos de carbônio. O desenvolvimento crescente da tecnologia científica, ao lado das pesquisas geológicas de campo, possibilitou o esclarecimento de tão interessante problema. Discutiu-se também, em tempos passados, a origem animal ou vegetal. A descoberta das porfirinas citadas poucas linhas acima, permite a interpretação de uma origem mista para o petróleo, isto é, tanto animal como vegetal, de habitat principalmente planctônico. Ao contrário das plantas superiores, nas plantas do plancto predominam substâncias albuminóides, graxas, óleos, além dos hidratos de carbônio. O ambiente de formação do petróleo necessita de condições análogas às requeridas pelo carvão, ou seja: ambiente propício a uma vida intensa, proteção posterior contra a oxidação e contra a destruição bacteriana. Este tipo de ambiente pode ser comparado com o mar Negro, sendo por este motivo chamado ambiente euxínico. Caracteriza-se pela ausência de circulação superficial (no mar Negro realiza-se pelo estreito de Bósforo), a fim de trazer nutrientes aos seres que vi-

vem à sua superfície. O pequeno teor de sais à superfície é motivado pelo afluxo de rios e ausência de circulação em profundidade, o que determina a diminuição do oxigênio e aumento de gás sulfídrico pela decomposição parcial da matéria orgânica, cuja proteína sempre contém enxofre. Entre os seres, os mais comuns são os dinoflagelados e diatomáceas, entre os vegetais. Os animais mais frequentes são os foraminíferos, os pequenos crustáceos e as larvas de outros animais maiores. O enxofre da matéria protéica forma  $H_2S$  no decorrer do processo da decomposição parcial da matéria orgânica, tornando assim o ambiente impróprio à vida. A lama resultante desta sedimentação orgânica recebe o nome sapropel (do grego sapos, podre e pelos, lama). Trata-se de um estágio análogo à turfa, com a diferença que nesta predominam substâncias celulósicas. Outra diferença importante reside na ausência de fenóis, que parecem derivar-se de substâncias relacionadas a vegetais superiores, cuja composição química é diferente da composição das algas unicelulares. Tudo indica que as substâncias graxosas constituem a principal matéria-prima para a formação do sapropel.

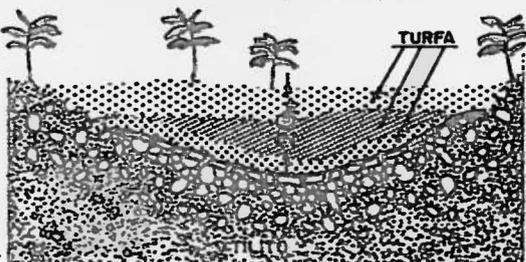
1 Gênese da depressão morfológica



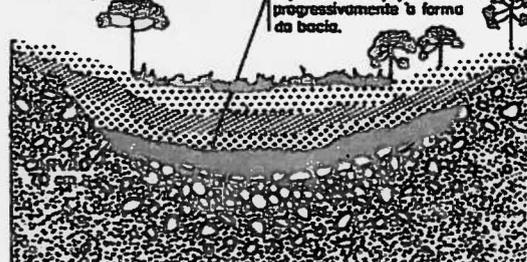
2 Gênese de um pântano (Moor)



3 Preenchimento da depressão pela turfa



4 Estágio final



Principais estágios da formação do carvão do sul do Brasil. Em 1, acha-se representado um lago de origem glacial, preenchido pela água de degelo das proximidades. No fundo do lago sedimentam-se os detritos trazidos pela geleira e transportados pela água de degelo. Em 2, a geleira regrediu e o clima mais ameno permite o desenvolvimento de vegetação, cujos resíduos vão se acumulando no fundo do lago, ao mesmo tempo que um tapete de vegetação invade lentamente o lago, crescendo da periferia para o interior. Em 3, acha-se inteiramente atulhado de detritos vegetais já transformados em turfa. Finalmente, em 4, graças ao aumento em espessura dos sedimentos que continuam sedimentando-se na bacia onde se situava o lago, os 20 m de turfa reduziram-se à apenas 70 cm de carvão mineral, após longo tempo geológico decorrido para efetuar-se a incarbonização.

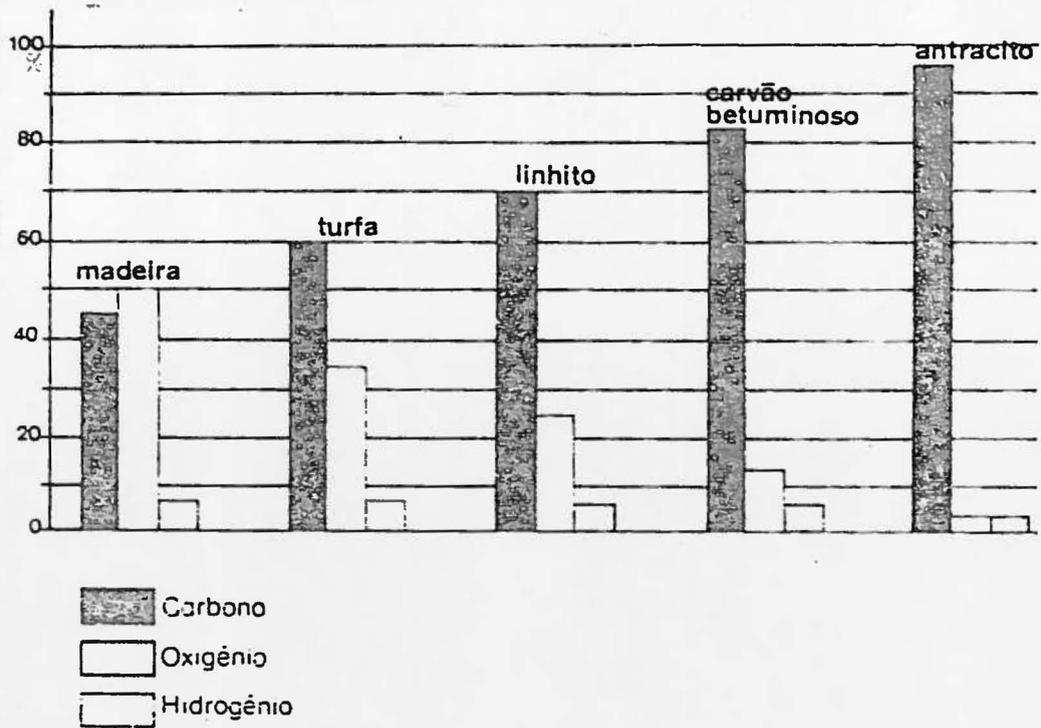


Gráfico da incarbonização que mostra em percentagem a perda gradual do oxigênio e do hidrogênio, desde a madeira até o antracito, enquanto que o carbono aumenta progressivamente.

---

## 5. FOLHELHOS OLEÍGENOS

---

### GENERALIDADES

A denominação **xisto pirobetuminoso** correntemente é usada para designar uma rocha de textura xistosa que, por aquecimento, fornece óleo, em consequência da decomposição da matéria orgânica que encerra.

Na nomenclatura geológica moderna, faz-se uma distinção entre os termos xisto e folhelho. Xisto é a rocha metamórfica cujos componentes apresentam uma orientação bem definida e a disposição em camadas, mostrando a xistosidade; enquanto folhelho é o termo reservado para rocha de estrutura semelhante, laminada, desfazendo-se em folhas, porém sem apresentar metamorfismo sensível.

Dessas definições, conclui-se que os materiais mencionados com o nome de xistos betuminosos ou pirobetuminosos devem ser denominados, com mais propriedade, folhelhos betuminosos ou pirobetuminosos.

O hábito antigo, entretanto, faz tolerar essa incorreção, sobretudo porque a palavra xisto é mais curta e também define uma propriedade da rocha (xistosidade). O termo vernáculo esquisto tem sido usado, mas não se tornou corrente.

Folhelho oleígeno é uma denominação que nos agrada porque está de acordo com a taxonomia geológica e indica com precisão a particularidade da rocha de gerar óleo, que ela não contém no estado natural.

A diferença entre folhelho betuminoso e pirobetuminoso é que o primeiro contém betume e o segundo só fornece betume mediante calor. Assim, um folhelho betuminoso revelará a presença de betume mediante um tratamento com sulfeto de carbono, o que não se dará

com um folhelho pirobetuminoso que no estado natural encerra matéria orgânica não-betuminosa (querogênio).

Os folhelhos pirobetuminosos são rochas sedimentares formadas de camadas argilosas, sílticas ou calcárias, contendo matéria orgânica não betuminosa em proporção minoritária. Na maioria dos casos, nos folhelhos pirobetuminosos há uma proporção de 70 a 80% de matéria inorgânica para 20 a 30% de matéria orgânica. A matéria orgânica dos folhelhos pirobetuminosos foi dado o nome de querogênio (kerogen do inglês), porque é o produto donde se obtinha outrora o querosene, por meio de destilação. O querogênio é a massa informe resultante da transformação, principalmente de colônias de algas que proliferaram nos lagos em períodos geológicos diversos, do Devoniano até o Terciário, e ainda se encontra em formação na atualidade.

As acumulações de algas algumas vezes predominam sobre a matéria mineral, formando então os bog-head, ou carvões de algas; quando estão diluídas na matéria mineral argilosa ou calcária, constituem os folhelhos ou calcários pirobetuminosos, cuja capacidade de produção de óleo é função do teor de matéria orgânica.

A decomposição dos vegetais das famílias das muscíneas, ciperáceas, gramíneas e diversas plantas de organização superior, dá origem às turfas, ao passo que são essencialmente as algas que geram os folhelhos e calcários pirobetuminosos.

Reconhece-se um material betuminoso tratando uma pequena quantidade dele com sulfeto de carbono; se há betume, logo o líquido adquire coloração escura conseqüente à dissolução do betume.

Para reconhecer um material pirobetuminoso, coloca-se uma porção dele num tubo de vidro, aquecendo-se somente a parte inferior até a altura do material; a matéria pirobetuminosa sofre decomposição a partir de 250°C, despreendendo vapores que parcialmente ficam condensados na parte superior do tubo sob a forma de gotas de água e de óleo.

O material betuminoso também dá reação positiva de óleo no ensaio de pirólise (decomposição pelo aquecimento), tal como o material pirobetuminoso, porque o betume natural também sofre decomposição pelo calor, porém, na reação de solubilidade com sulfeto de carbono, somente o material betuminoso dá reação positiva.

## A INDÚSTRIA DO XISTO

A chamada indústria de destilação do xisto é antiga e precedeu à da exploração do petróleo. Foi iniciada na Escócia, onde se encontravam jazidas de folhelhos pirobetuminosos, "bog-heads" e "cannel-coals", contendo elevada proporção de querogênio e que, por destilação seca, forneciam óleos donde se retiravam industrialmente o querosene, a parafina e óleos usados para lubrificação. As porções mais ricas desse material queimavam facilmente e permaneciam ardendo com chama longa e fuliginosa, daí o nome de "cannel coal."

Embora também se obtivessem óleos de linhitos, carvões e rochas pirobetuminosas noutros pontos da Europa, foi a Escócia, no distrito de Broxburn, a pátria da indústria do chamado óleo de xisto.

O "óleo de xisto" era denominado petróleo ou óleo de pedra e atendia às limitadíssimas necessidades do mundo, com relação a óleos para iluminação e lubrificação, parafina e vaselina.

Com o advento da indústria do petróleo de poço, logo em seguida à memorável descoberta do Coronel Edwin Drake, na Pensilvânia, em 1859, a indústria do "óleo do xisto" foi gradativamente decaindo e só se mantém atualmente na Escócia, por um respeitável apego à tradição.

A indústria da destilação dos folhelhos pirobetuminosos é uma atividade característica do período pré-petróleo natural; salvo condições muito especiais, o óleo de retorta não pode concorrer em nossa época com o óleo de poço, apesar do risco que incide sobre os capitais investidos na pesquisa do petróleo.

### DIFERENÇA ENTRE ÓLEO DE XISTO E PETRÓLEO NATURAL

Ambos são formados basicamente de misturas de hidrocarbonetos, porém nos petróleos naturais predominam geralmente compostos saturados, parafínicos ou hidrocarbonetos de cadeia fechada, mais ou menos estáveis, ao passo que nos óleos de xisto há sempre grande proporção de não-saturados, como as olefinas e de inúmeros compostos instáveis, além da presença de compostos sulfurados de bases pirídicas e compostos nitrogenados em elevada proporção.

O óleo de xisto oferece maior dificuldade na refinação, quando se tem em vista obter os produtos habitualmente retirados do pe-

tróleo. O óleo de xisto é um produto recente, fabricado pelo Homem em alguns minutos, enquanto que o petróleo natural é um produto que nasceu há milhões de anos e que, no decorrer dos tempos, sofreu reações secundárias que estabilizaram os componentes instáveis.

#### TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE ÓLEO DE XISTO

Como os folhelhos pirobetuminosos não contêm óleo, mas simplesmente a matéria-prima para a sua formação, o óleo de xisto tem de ser gerado mediante a aplicação duma quantidade de calor suficiente para provocar a sua gênese.

Pelos estudos já feitos, parece que o conjunto das reações de formação do óleo de xisto tem caráter ligeiramente endotérmico, tornando-se assim necessário introduzir certa quantidade de energia no sistema para provocar as reações desejadas. Para os materiais pobres, essa quantidade é grande porque é consumida inutilmente para aquecer a parte mineral, mas, para as rochas pirobetuminosas com 30 a 40% de querogênio, a energia que pode ser obtida dos gases e do resíduo sólido é suficiente para promover a destilação em retortas de elevado rendimento.

Para a produção de óleo de xisto são necessárias quatro operações fundamentais: a extração do material bruto; a secagem; a destilação seca (retortagem); e a refinação do óleo cru.

A extração requer métodos mecanizados e eficientes, de modo a fornecer o material pelo preço mais baixo possível. O custo de extração tem uma grande influência sobre o preço final do óleo porque o óleo obtido representa uma fração pequena do peso do material extraído da jazida.

A secagem é importante porque as rochas pirobetuminosas no jazimento geralmente contêm muita água e essa água consome energia para ser eliminada. A diminuição da umidade do material por drenagem do terreno e uma eficiente secagem artificial são fatores favoráveis à obtenção do óleo de xisto a um preço baixo.

A pirólise, destilação seca ou retortagem, é um problema técnico da maior importância. Centenas de retortas já têm sido imaginadas para os diversos tipos de folhelhos e a questão resume-se em promover a pirólise no menor tempo, com o mínimo de condições para o craqueamento dos hidrocarbonetos e com o maior rendimento térmico possível.

Finalmente, a refinação do óleo é também um problema difícil

dada a presença de compostos instáveis não-saturados, contendo substanciais quantidades de enxofre e nitrogênio sob formas extremamente nocivas.

A refinação de um óleo de xisto segue um esquema diferente dos que se aplicam normalmente aos petróleos mais comuns.

Todos os problemas tecnológicos referentes à utilização do óleo de xisto vêm sendo estudados nesses últimos tempos, principalmente nos Estados Unidos da América na União Soviética e na Suécia. Entre nós, a Superintendência da Industrialização do Xisto (SIX), da Petrobrás, está realizando estudos sistemáticos com vistas ao aproveitamento dos folhelhos pirobetuminosos da Formação Irati no município de São Mateus do Sul (Pr).

### FORMAÇÃO IRATI

As reservas de rochas oleígenas de maior importância atual encontram-se na bacia do Paraná, e são constituídas pelos folhelhos pirobetuminosos da Formação Irati.

A Formação Irati é uma das unidades geológicas integrantes do Grupo Passa Dois, de idade permiana. O Grupo Passa Dois reúne três formações geológicas que, em ordem estratigráfica, são: Irati, Estrada Nova e Rio do Rasto.

A faixa aflorante do Irati ao longo da borda oriental e meridional da bacia do Paraná, assume aproximadamente a forma de um esse maiúsculo.

Vasta é a literatura concernente ao Irati, destacando-se entre os trabalhos mais recentes os de Padula (1968), Bigarella (1971) e Amaral (1971).

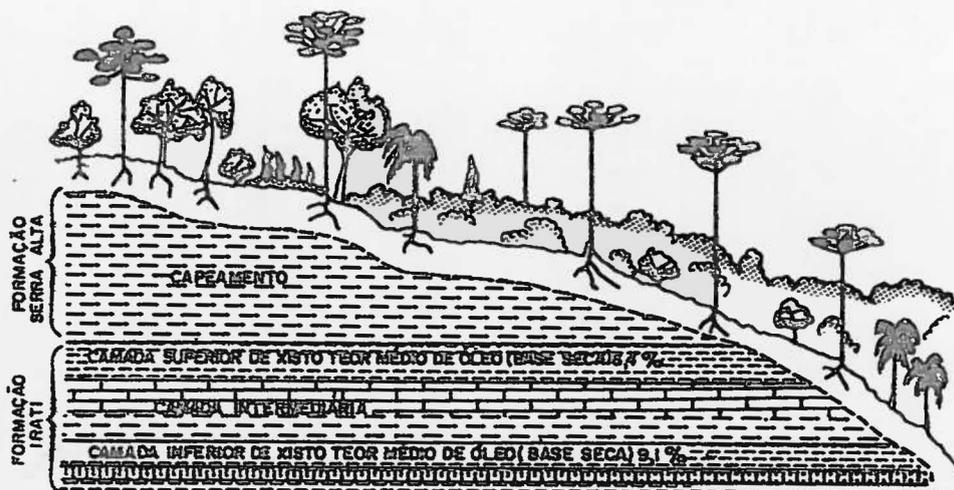
Os folhelhos pirobetuminosos do Irati geraram-se em ambientes redutores. Reina alguma controvérsia entre os autores sobre se os folhelhos se depositaram em antigos lagos ou lagunas. Eles se associam frequentemente à camadas de dolomitos.

Ao se tratar do enxofre, foram fornecidos dados gerais sobre os folhelhos pirobetuminosos da Formação Irati, que também constituem uma fonte muito valiosa daquele mineral.

A quantidade de querogênio é de cerca de 25%, podendo atingir até 35%. O óleo obtido por destilação é de natureza não parafínica (asfáltica).

Verificou-se que os folhelhos castanhos são mais ricos em óleo do que os negros, pois a cor escura destes deve-se à maior quan-

tidade de matéria carbonosa. A fração pirobetuminosa não se acha uniformemente distribuída ao longo da faixa aflorante. Nas áreas mais promissoras do aproveitamento, os folhelhos apresentam espessuras entre 4 e 10 m e teores em óleo entre 5 e 9%.



CORTE TÍPICO DA FORMAÇÃO IRATI EM SÃO MATEUS DO SUL, PR. (Segundo A. Varisco, 1971)

Outro fator importante a ser considerado no aproveitamento é o da situação da rocha em relação à topografia, tendo-se em vista os gastos com os trabalhos a céu aberto.

No Estado de São Paulo os teores de óleo são baixos, geralmente inferiores a 4%.

Após muitos anos de pesquisa, a SIX selecionou três áreas prioritárias para a realização de estudos, com vistas à exploração dos folhelhos Irati: região de São Mateus do Sul (Pr); regiões de São Gabriel e Dom Pedrito (RS).

No Rio Grande do Sul, apenas a camada inferior do folhelho pirobetuminoso apresenta teor médio de óleo compensatório que, na região de São Gabriel é de 6,55% e, na de Dom Pedrito 7,41%. Para a área estudada na região de São Gabriel, as reservas de óleo foram estimadas em 150 milhões de barris, enquanto para a área

estudada de Dom Pedrito foram estimadas em 350 milhões de barris.

Os folhelhos pirobetuminosos ocorrem em duas camadas separadas por uma camada intermediária estéril, constituída por dolomitos e folhelhos com teor de óleo muitíssimo baixo.

A espessura média da camada superior é de 6,5 e o teor médio do óleo (base a seco) de 6,4%. A camada inferior apresenta uma espessura média de 3,2 m e um teor médio de óleo (base a seco) de 9,1%. O folhelho que a constitui é mais resistente.

Na lavra, faz-se necessário o emprego de explosivos para afrouxamento do material antes da remoção.

A jazida de São Mateus do Sul, com 82 km<sup>2</sup>, possui uma reserva de 600 milhões de barris de óleo, 10 milhões de t de enxofre, 4,5 milhões de t de G.L.P. e 22 bilhões de m<sup>3</sup> de gás combustível leve, tendo-se em vista uma lavra limitada a um capeamento de 30 m.

O Decreto nº 56.980, de 1º de outubro de 1965, assegurou à Petrobrás, para lavra e aproveitamento do "xisto" da região de São Mateus do Sul, uma área de cerca de 200 km<sup>2</sup>.

A remoção do "overburden" e da camada intermediária é feita por uma "drag-line" e o carregamento do minério por "shovels", em caminhões que o transportam para o britador primário.

estudada de Dom Pedrito foram estimadas em 350 milhões de barris.

Os folhelhos pirobetuminosos ocorrem em duas camadas separadas por uma camada intermediária estéril, constituída por dolomitos e folhelhos com teor de óleo muitíssimo baixo.

A espessura média da camada superior é de 6,5 e o teor médio do óleo (base a seco) de 6,4%. A camada inferior apresenta uma espessura média de 3,2 m e um teor médio de óleo (base a seco) de 9,1%. O folhelho que a constitui é mais resistente.

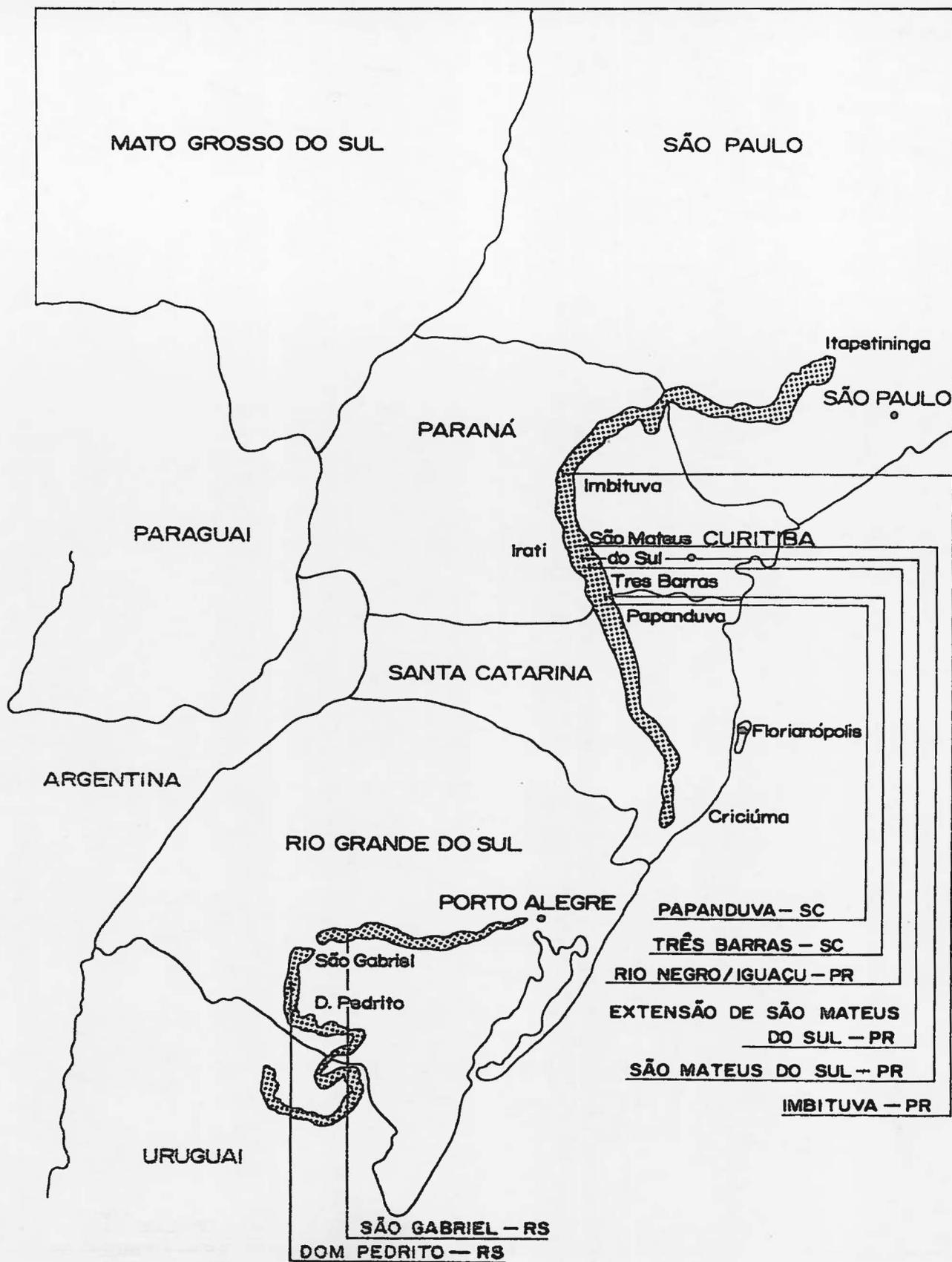
Na lavra, faz-se necessário o emprego de explosivos para afrouxamento do material antes da remoção.

A jazida de São Mateus do Sul, com 82 km<sup>2</sup>, possui uma reserva de 600 milhões de barris de óleo, 10 milhões de t de enxofre, 4,5 milhões de t de G.L.P. e 22 bilhões de m<sup>3</sup> de gás combustível leve, tendo-se em vista uma lavra limitada a um capeamento de 30 m.

O Decreto nº 56.980, de 1º de outubro de 1965, assegurou à Petrobrás, para lavra e aproveitamento do "xisto" da região de São Mateus do Sul, uma área de cerca de 200 km<sup>2</sup>.

A remoção do "overburden" e da camada intermediária é feita por uma "drag-line" e o carregamento do minério por "shovels", em caminhões que o transportam para o britador primário.

# FAIXA DE OCORRÊNCIA, DA FORMAÇÃO IRATI NA BACIA DO PARANÁ



 PERMIANO - Formação Irati

---

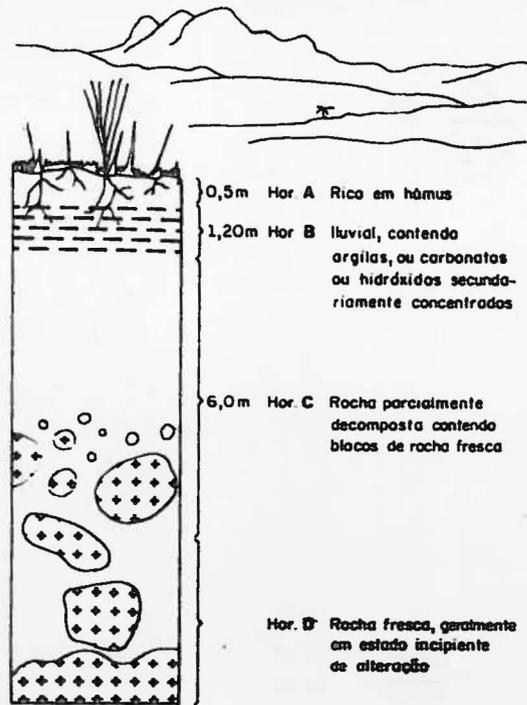
## G. O SOLO

---

### FORMAÇÃO DO SOLO

Ao produto final do intemperismo das rochas dá-se o nome de solo, caso as condições físicas, químicas e biológicas permitam o desenvolvimento da vida vegetal junto às atividades de microorganismos em íntima associação com a vida de vegetais mais desenvolvidos. Denomina-se também regolito ou manto de intemperismo, pelo fato de formar um manto sobre a rocha em vias de decomposição.

Se tomarmos uma porção de solo e agitarmos fortemente em água, podemos analisar os seus constituintes que irão ser separados segundo seu peso. Os mais pesados, maiores, depositar-se-ão mais rapidamente. Examinados sob uma lupa verifica-se serem formados de grãos de quartzo, fragmentos de rocha em vias de decomposição, ocasionalmente grãos de feldspato remanescentes da decomposição química e agregados de material mais fino que resistiram à desagregação mecânica inicial. As partículas que ficam em suspensão são constituídas na maior parte de argilo-minerais, que podem desagregar-se em grãos finíssimos, de propriedades e dimensões dos colóides. Estas partículas, ou isoladas ou aglutinadas por colóides orgânicos, mais os colóides orgânicos em si, são as responsáveis pela vida dos vegetais e, conseqüentemente, dos animais superiores da crosta terrestre. São tais partículas que promovem, por um mecanismo de troca de iões com os pelos absorventes das raízes, a absorção dos elementos minerais necessários ao desenvolvimento de uma planta, como o N, P, S (estes são fornecidos principalmente pela matéria orgânica), Ca, K, Mo, Mg, Zn, Cu etc.



Perfil do solo proveniente da decomposição de granito de São Paulo.



Esquema da perda anual de solo por hectare. O alto valor para o algodoeiro deve ser motivado pela aração e pelas contínuas capinas que tornam o solo fofo e facilmente removível.

---

## 7. A EROSAO

---

A erosão é um processo natural na evolução das formas da superfície terrestre, que adquire caráter catastrófico à medida em que o homem age desordenadamente, desencadeando uma situação de desequilíbrio e de difícil controle.

Portanto, vemos que a erosão que ocorre naturalmente, desintegrando as rochas que têm seus fragmentos transportados para partes mais baixas, e que vai propiciar, através dos tempos, a formação de um solo fértil é benéfica, e, aquela que ocorre também naturalmente, mas em função da ação do homem - desmatamento; urbanização; sistemas viários; agricultura - sem preocupação com o problema, é maléfica e tende a criar sérios problemas, mais graves do que aqueles já existentes.

O excessivo desmatamento do Estado do Paraná que 15 anos atrás tinha 80% de cobertura florestal e hoje conta com 5,1%, é a origem dos problemas erosionais. Assim, somando ao desmatamento a agricultura inadequada, a estrutura viária e conseqüente impermeabilização de zonas urbanas, são fatores preponderantes no aspecto erosão.

Ao fazer o desmatamento, o homem não se preocupa com princípios básicos e primário, como a conservação de matas ciliares.

A abertura de estradas pioneiras, ao longo de espigões (divisores de água), e as estradas transversais que têm seu término em cursos d'água, faz com que a erosão aja das partes mais altas para as mais baixas, assoreando os riachos, que não mais contêm matas ciliares, que é o transportador de nosso solo para os mares.

A urbanização que impermeabiliza uma área considerável (área

urbana) e coleta as águas das chuvas, canalizando-as para riachos fora da cidade, erodindo, primeiro, o leito do riacho até atingir seu nível freático, para logo após atingir suas margens, criando grandes vossorocas que se tornam incontroláveis.

Entretanto, o mais grave problema é o da agricultura. O desmatamento e a inadequada preparação do terreno é um campo fértil graças à ação da erosão. As chuvas caem diretamente sobre o solo, escorrendo superficialmente, carregando material fino até os riachos que, sem matas ciliares, são assoreados e transportam os sedimentos para os mares.

Alguns dados devem ser citados para a gravidade do problema. Considerando-se há 15 anos atrás, temos a seguinte situação:

15 anos atrás	atualmente
. Cobertura florestal ...80% do estado .....	5,1%
. Rebaixamento do lençol freático .....max. de 2 m .....	mínimo de 20 m
. Velocidade ventos .....20/30 km/h .....	80/120 km/h
. Fertilidade .....boa/permitin- do culturas anuais	baixa, sem ma- téria orgânica
. Profundidade do ho- rizonte agrícola do solo .....média 60 cm .....	de 0 a 20 cm
. Microbiologia .....intensa e gene- ralizada	quase inexisten- te

Fonte: ACARPA-Pr

Outros fatores devem ser levantados. A atividade mineração e geotécnica (barragem e estradas), movimentam anualmente toneladas de terra, mas quando comparada à movimentação de terras pela agricultura é demonstrada a grande diferença entre elas. Estudo efetuado na década de 70 para o ano de 80 previu que para a mineração seriam 30 bilhões de toneladas/ano de terra movimentada, para a geotécnica 50 bilhões de toneladas/ano, e para a agricultura 6,5 trilhões de toneladas/ano.

O noroeste do Paraná, por ter terra facilmente erodível, (arenitos), apresenta-se no momento com um ambiente pré-desértico, sendo mais grave o problema por tratar-se de região agrícola.

Calcula-se em 0,1 cm ao ano a perda do horizonte agrícola do nosso Estado. Em comparação, 0,5 cm leva 500 anos para ser recuperado, daí a preocupação que o problema traz.

O Governo do Estado, preocupado com o problema, tem vários pro

gramas de controle de erosão rural, legislação do uso do solo, política de conscientização dos agricultores etc, no ataque ao fenômeno erosão.

---

## 8. OS ESCUDOS E AS BACIAS GEOLÓGICAS

---

### AS BACIAS SEDIMENTARES E O PRÉ-CAMBRIANO NO BRASIL

- 1 - BACIA DO AMAZONAS
- 2 - BACIA DO PARNAÍBA
- 3 - BACIA DO PARANÁ
- 4 - BACIAS COSTEIRAS

- A - ESCUDO DAS GUIANAS
- B - ESCUDO BRASILEIRO
- C - NÚCLEO RIOGRANDENSE
- D - NÚCLEO GURUPI



---

## 9. A GEOLOGIA E A POTENCIALIDADE MINERAL DO BRASIL

---

### 9.1 O PRÉ-CAMBRIANO

As rochas mais antigas do Brasil, que na antiga literatura geológica eram englobadas no Arqueano e no Algonquiano, estão agrupadas em duas grandes massas, sob a denominação de Escudo Brasileiro e Escudo das Guianas, e duas pequenas áreas isoladas (Núcleo de Gurupi e Núcleo Uruguaio/Riograndense).

O nome caracteriza sua idade, sendo todas as rochas de idade inferior àquelas do Cambriano (600 milhões de anos).

Estes escudos são formados por rochas metamórficas e de rochas magmáticas predominantemente intrusivas ácidas (granitos). Sua idade remonta até 4,5 bilhões de anos. Os grupos de rochas mais característicos são: família dos granitos, gnaisses, xistos e quartzitos. Grande parte destas áreas encontra-se atualmente coberta por depósitos continentais mais recentes, paleozóico, mesozóico ou aluviões cenozóicos. Como por exemplo, o Pantanal Mato-grossense, onde os aluviões recentes atingem até 500 m de espessura.

#### - O ESCUDO DAS GUIANAS

Situa-se na parte setentrional do Brasil, estendendo-se à Guiana Francesa, Suriname e Guiana, e extensas partes da Venezuela e Colômbia.

Sob o aspecto da Geologia Econômica, são de importância destacada dentro do cenário mineral brasileiro as jazidas de manganês do Amapá (Serra do Navio), grandes ocorrências de diamantes na formação Roraima (conglomerados e arenitos), e possibilidades de manganês, urânio, nióbio, ferro nos maciços alcalinos e cas-

siterita, relacionados aos granitos circulares da região.

## - O ESCUDO BRASILEIRO

É constituído pelos compartimentos hoje conhecidos pela denominação de Craton de Guaporé, Craton de São Francisco e Geosinclínio do Espinhaço, sendo formado por rochas muito metamorfiçadas.

É no pré-Cambriano Superior que se situam as grandes reservas de ferro do Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais, as jazidas de ferro da Serra do Carajás no Pará, o manganês de Minas Gerais e Goiás e as minas de ouro de Morro Velho de Minas Gerais.

Rochas mais novas desta subdivisão, do final do pré-Cambriano Superior, englobadas sob o nome de Série Lavras, são importantes como produtoras de diamantes (Chapada Diamantina). Estas rochas são conglomerados, tilitos, quartzitos e filitos.

Relacionados ainda à Série Lavras estão as ocorrências de arenitos conglomeráticos ferruginosos com leitos de hematita e psilomelano, de formação Raizama, e os arenitos brechiformes arcóianos, da formação Urucum, que ocorrem no Pantanal Matogrossense, limítrofe com a Bolívia, destacando-se na região de Corumbá morros alinhados que contêm grandes jazidas minerais de ferro e manganês.

Encerrando o pré-Cambriano Superior, no Escudo Brasileiro, ou mais especificamente no Craton de São Francisco, encontra-se a vasta cobertura de calcários escuros, ardósias e arenitos, englobados no Grupo Bambuí. A importância econômica deste grupo está no fornecimento de matéria-prima para a indústria de cimento (calcários) e como corretivos de solo, nos inúmeros filões metalíferos (zinco de Vazantes, chumbo, fluorita, zinco em Montalvânia-MG), e as grandes reservas de fosfato recentemente determinadas em Patos de Minas-MG.

Registre-se também os muitos diques pegmáticos, que cortam as rochas pré-Cambrianas e que possuem alto valor econômico por serem portadores de pedras preciosas (esmeraldas e turmalinas) ou semipreciosas, além de cassiterita, tantalita, columbita, scheelita, molibdenita.

Os vários tipos de corpos intrusivos, quer sejam graníticos (Rondônia, Amazonas e Pará), prováveis matrizes das grandes jazidas de cassiterita, quer os complexos básicos, ultrabásicos, ocor

rentes no Estado de Goiás que apresentam teores consideráveis de níquel, devem ser também mencionados como potencialmente econômicos.

## 9.2 BACIAS SEDIMENTARES BRASILEIRAS

De uma maneira simples vamos definir uma Bacia Sedimentar como áreas do escudo que sofreram subsidência, oferecendo condições para a sedimentação.

Estas áreas, por serem mais baixas, sofreram a invasão marinha, havendo então fornecimento de sedimentos marinhos no seu início.

Posteriormente, com a intercalação de transgressões e regressões marinhas, houve em consequência também intercalações de sedimentação marinha e continental.

As Bacias Sedimentares Brasileiras são divididas em dois grandes grupos: Bacias Paleozóicas e Bacias Cretácicas.

Das primeiras temos as três grandes Bacias Paleozóicas, que são: Amazônica, Parnaíba e Paraná.

Estas bacias tiveram seu início no Siluriano, período em que iniciou-se a subsidência destas áreas.

Suas características iniciais são fundamentalmente marinhas até o Devoniano, sendo no Carbonífero constatado também sedimentação continental.

Neste período houve a retirada em definitivo do mar das áreas das grandes bacias.

A subsidência foi moderada no Siluriano e máxima no Devoniano, perdendo daí sua intensidade até o fim do Mesozóico.

Houve intercalações neste intervalo de tempo, com movimentos positivos. O desaparecimento das bacias intracratônicas foi gradual. Movimentos tectônicos a partir do Jurássico formaram fossas tectônicas com sedimentação marinha de plataforma. Como resultado uma série de pequenas bacias formou-se, denominadas de Bacias Cretácicas.

No Devoniano, a transgressão marinha atingiu o máximo, ultrapassando as bacias intratectônicas, depositando sedimentos marinhos sobre escudo pré-Cambriano, ficando caracterizado este período pelos fósseis marinhos existentes em grande número, sendo as primeiras rochas ricamente fossilíferas que ocorrem no Brasil.

---

## 10. COMPARTIMENTOS GEOLÓGICOS DO PARANÁ

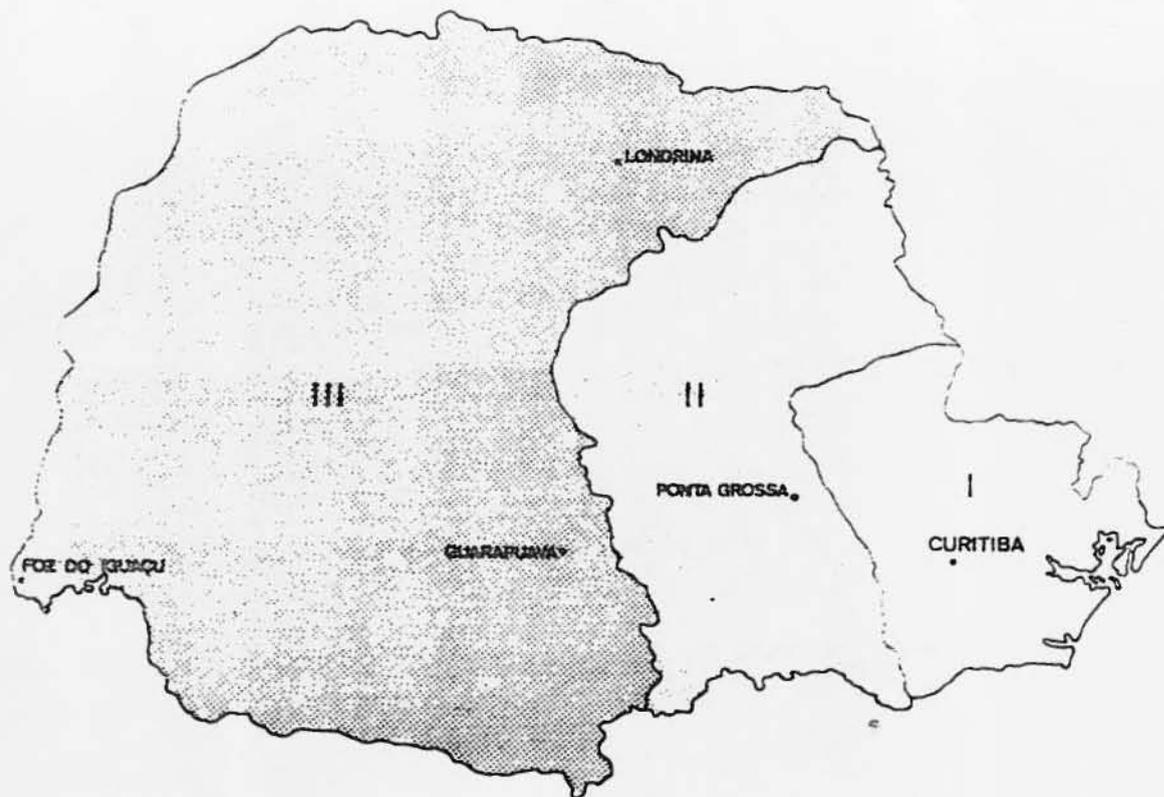
---

De maneira geral, o Estado pode ser dividido geologicamente em três grandes compartimentos. O Primeiro, que se estende do Litoral até o Segundo Planalto (Serra de São Luís do Purunã), inclui sedimentos quaternários e rochas cristalinas, duras, muito antigas, com seiscentos milhões a mais de um bilhão de anos. São essas rochas que formam a Serra do Mar e todo o relevo acidentado das regiões do Vale do Ribeira até o limite Sul do Estado, passando por Curitiba. É essa a parte mais própria para a ocorrência de concentrações metalíferas (chumbo, cobre, ouro), como também de não-metálicos (calcário, talco, fluorita, barita etc), de acordo com o nosso atual conhecimento.

No Segundo compartimento, que corresponde ao Segundo Planalto (da Serra de São Luís do Purunã até a Serra da Esperança) predominam as rochas sedimentares, com idade entre 200 a 400 milhões de anos. Nesse compartimento ocorre o carvão, o xisto betuminoso e o urânio, encontrados na faixa limitada pelos municípios de Antonio Olinto ao sul e Siqueira Campos ao norte.

O Terceiro compartimento, que engloba todo o Terceiro Planalto (da Serra da Esperança até o rio Paraná),  constituído predominantemente de lavas de composio basáltica, cuja alterao d origem ao espesso manto de "terras-roxas", com exceo da parte noroeste do Estado, ocupada pelos arenitos da Formao Caiuá. Este compartimento tem idade menor que 150 milhões de anos.

## Os Grandes Compartimentos Geológicos no Estado do Paraná



---

## 11. OS PRINCIPAIS RECURSOS MINERAIS DO PARANÁ E SUAS LOCALIZAÇÕES

---

As principais ocorrências e produção mineral, dados de 1983 (DNPM), no Paraná são: carvão, calcário, chumbo, talco, fluorita, pedras britadas e ornamentais, areia e argila.

### - CARVÃO

Com reserva estimada em 109.250 milhões de toneladas e produção de 350.383 t, o Paraná ocupa o 3º lugar - em reserva e produção - no país. As ocorrências se estendem numa faixa que atravessa o Estado no sentido norte-sul, abrangendo os municípios de Figueira, Tomazina, Telêmaco Borba, Teixeira Soares, Ortigueira, São João do Triunfo, Ibaiti, Irati e outros.

### - CALCÁRIO

O Paraná, com 2,7 milhões de toneladas, é o 3º maior produtor de calcário do país. O calcário é utilizado na indústria de cimento, fabricação de cal e como corretivo de solo. As maiores ocorrências estão localizadas nos municípios de Rio Branco do Sul, Almirante Tamandaré, Campo Largo, Colombo, Bocaiúva do Sul, Ponta Grossa, Adrianópolis e Castro.

### - FLUORITA

A fluorita tem larga aplicação como matéria-prima na indústria química, como fundente na metalurgia e na cerâmica. A província do Vale do Ribeira apresenta reservas estimadas em 4.500.000 t, que representam o maior potencial de fluorita do país. A produ-

ção iniciada em 1983 foi de 18.428 t, correspondente ao 3º lugar na produção nacional. Está prevista a produção de 50.000 t/ano a partir de 1986.

#### - TALCO

Além de ser o primeiro produtor brasileiro, com 229.729 t em 1983, correspondentes a 63,3% do total produzido no Brasil, o talco do Paraná possui características que o colocam entre aqueles de melhor qualidade. É encontrado nos municípios de Bocaiuva do Sul, Castro e Ponta Grossa.

#### - CHUMBO

O Paraná ocupa o 2º lugar na produção de chumbo do Brasil, tendo produzido em 1983 um total de 75.179 t de minério de chumbo, correspondentes a 20,2% da produção do país. A galena constitui o principal mineral de minério. As maiores ocorrências conhecidas se encontram nos municípios de Adrianópolis e Cerro Azul.

#### - OURO

O ouro ocorre no Paraná principalmente sob a forma aluvionar, no Litoral paranaense (Morretes), e na Grande Curitiba (São José dos Pinhais, Campo Largo e Balsa Nova), sendo que nestes dois últimos municípios ocorre sob a forma de ouro primário.

#### - PRATA

A produção no Paraná corresponde a 45,5% da produção brasileira, com 6.886 kg de prata beneficiada produzidas em 1983. A prata ocorre nos municípios de Adrianópolis e Cerro Azul, sendo um subproduto do minério de chumbo ocorrente na região.

#### - AREIA

Utilizada na construção civil, a areia participa com parcela significativa na produção mineral do Paraná. É explorada principalmente nos Municípios de Curitiba, São José dos Pinhais, Guaíra, União da Vitória, Ponta Grossa e Campo Largo. Seu apro-

veitamento é maior nas áreas próximas aos grandes centros urbanos, e a produção em 1983 atingiu 1.826.562 t, ocupando o 4º lugar no país.

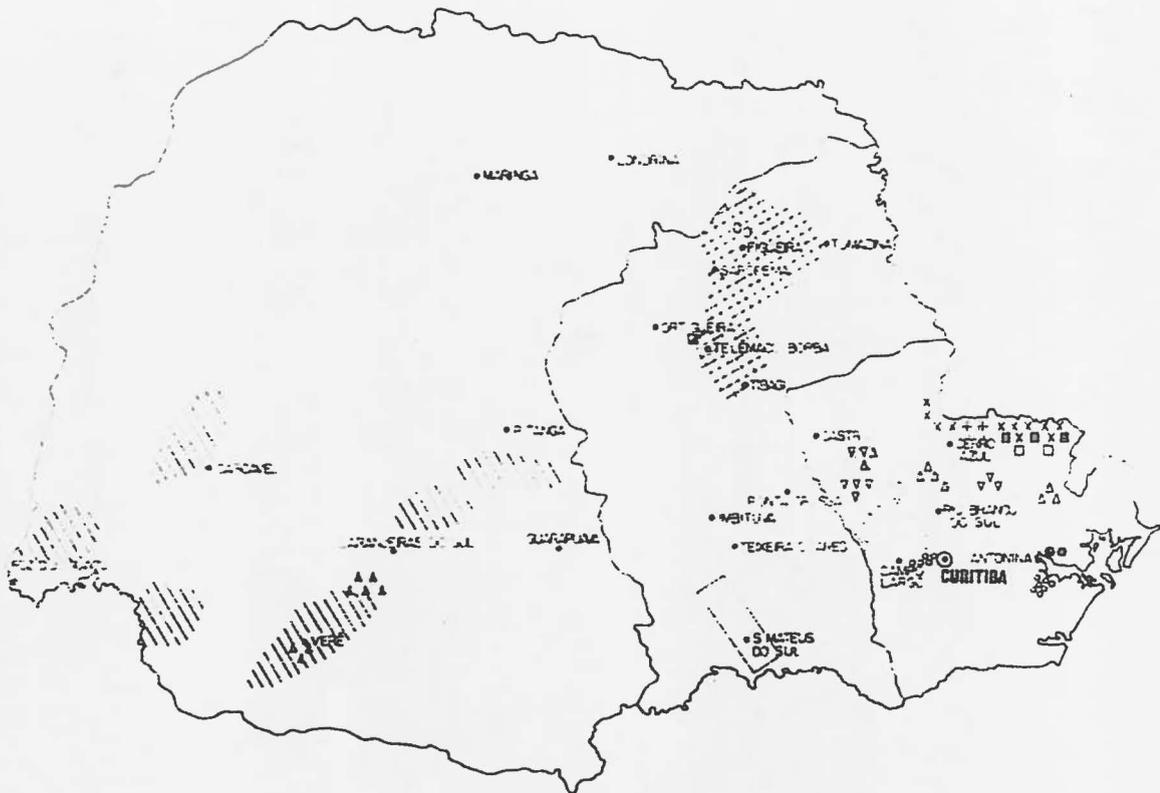
#### - ARGILA

Produto utilizado na fabricação de tijolos, telhas e na indústria de cimento e azulejos, louças e de isoladores. É encontrada em muitas regiões do Estado do Paraná, principalmente nos municípios de Campo Largo, Curitiba, São José dos Pinhais, Mandirituba, Araucária e Tijucas do Sul. A produção em 1983 atingiu a 1.348.400 t, o que corresponde ao 6º lugar no país.

#### - PEDRAS BRITADAS E ORNAMENTAIS

O Paraná destaca-se como o 1º produtor de basalto no país, o 6º de mármore, 7º de granito e 3º de gnaiss. Estas substâncias somadas atingiram 2.386.214 t no ano de 1983, correspondentes a 6,7% da produção nacional. As principais ocorrências situam-se nos municípios de Rio Branco do Sul, Quatro Barras, Piraquara, Guaratuba e Oeste do Paraná.

## Principais Ocorrências Minerais no Estado do Paraná



■■■ ÁGATA  
 □□□ BARITA  
 ●●● CALCÁRIO  
 ▒▒▒ CARVÃO  
 XXX CHUMBO

— — — COBRE  
 ●●● DIAMANTE  
 ▲▲▲ DOLOMITO  
 ○○○ FERRO  
 +++ FLUORITA

○○○ OURO  
 □□□ PRATA  
 √√√ TALCO  
 ○○○ URÂNIO

□ ÁREA LIMITADA PELA PETROBRÁS  
 PARA OBTENÇÃO DE ÓLEO EM "XISTO"

## BIBLIOGRAFIA

Abreu, Silvio Froes. Recursos Minerais do Brasil. 2ª ed. São Paulo, Edgard Blücher, 1973. 2 v. 754 pag.

Leinz, Viktor e Amaral Sérgio E. Geologia Geral. 8ª ed. São Paulo, Cia Editora Nacional, 1980. 397 pag.

Lessa Sobrinho Mário. Curso de Economia Especializada. Rio de Janeiro, Projeto FAV, CAEEB, PLANFAP, 1976. 121 pag. inédito.

LIBRO DE CUENTA DE LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD DE LA PLATA

LIBRO DE CUENTA DE LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD DE LA PLATA

LIBRO DE CUENTA DE LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD DE LA PLATA

Registro n. f1309



Biblioteca/Mineropar

