

Estrutura física da Terra

A diferença de densidade entre as rochas superficiais (~2,7) e a densidade média da Terra (5,52) deixou os cientistas pensar que a composição da Terra varia com profundidade. Considerando a natureza das rochas de superfície, essencialmente granítica, e a composição em ferro e níquel da maioria dos meteoritos, a Terra foi subdividida em três envelopes encaixadas: o *Sial*, de silício e alumínio, para a superfície; o *Sima*, de silício e magnésio, embaixo, e o *Nife* de níquel e ferro, no centro da Terra. No início do século XX, a geofísica, particularmente o estudo das ondas sísmicas, ia dar um impulso considerável na concepção da estrutura do globo terrestre, dando o modelo atual de crosta-manto-núcleo. O estudo das ondas sísmicas permitiu determinar a profundidade das diferentes camadas da Terra:

- *Descontinuidade de Mohorovicic* (do croata Andrija Mohorovicic), ou moho, acerca de 30 km de profundidade, marcada pela reflexão e refração das ondas sísmicas, e que separa a crosta do manto. Na realidade a profundidade do moho é variável considerando a crosta oceânica ou a crosta continental e pode atingir 70 km na Cordilheira dos Andes.

- *Descontinuidade de Gutenberg* (do alemão Beno Gutenberg), acerca de 2900 km que limita o manto do núcleo (Fig. 1).

Subseqüentemente a crosta terrestre foi subdividida em uma crosta inferior e uma crosta superior por a descontinuidade de Conrad, freqüentemente discutida, enquanto que um núcleo interno foi individualizado a partir de 5155 km. Um estudo mais detalhado da transmissão das ondas sísmicas nas partes superficiais permitiu separar os meios sólidos dos meios líquidos, os primeiros conduzem mais rapidamente que os segundos. Assim foi distinguida a litosfera (sólida) que inclui a crosta e a parte superior do manto superior e a astenosfera (viscosa) composta por o resto do manto. Essa diferenciação constitui os fundamentos da Tectônica de placas.

Mas recentemente os progressos científicos, notadamente a aparição da sísmica-reflexão de longa escuta, estudaram a estrutura da crosta com mais precisão com por exemplo o projeto francês E.C.O.R.S (*Étude des continents et des océans par réflexion sismique*). Os trabalhos de tomografia permitiam distinguir zonas do manto quentes (com velocidades altas) e zonas frias (velocidade mais baixa) e autenticar o conceito das correntes de convecção ascendentes acima das dorsais médio-oceânicas e descendentes na periferia do oceano, onde subducta a litosfera fria.. Os pontos quentes (*hot spots*) espalhados na base do manto determinam igualmente correntes ascendentes permanentes gerando um vulcanismo contínuo.

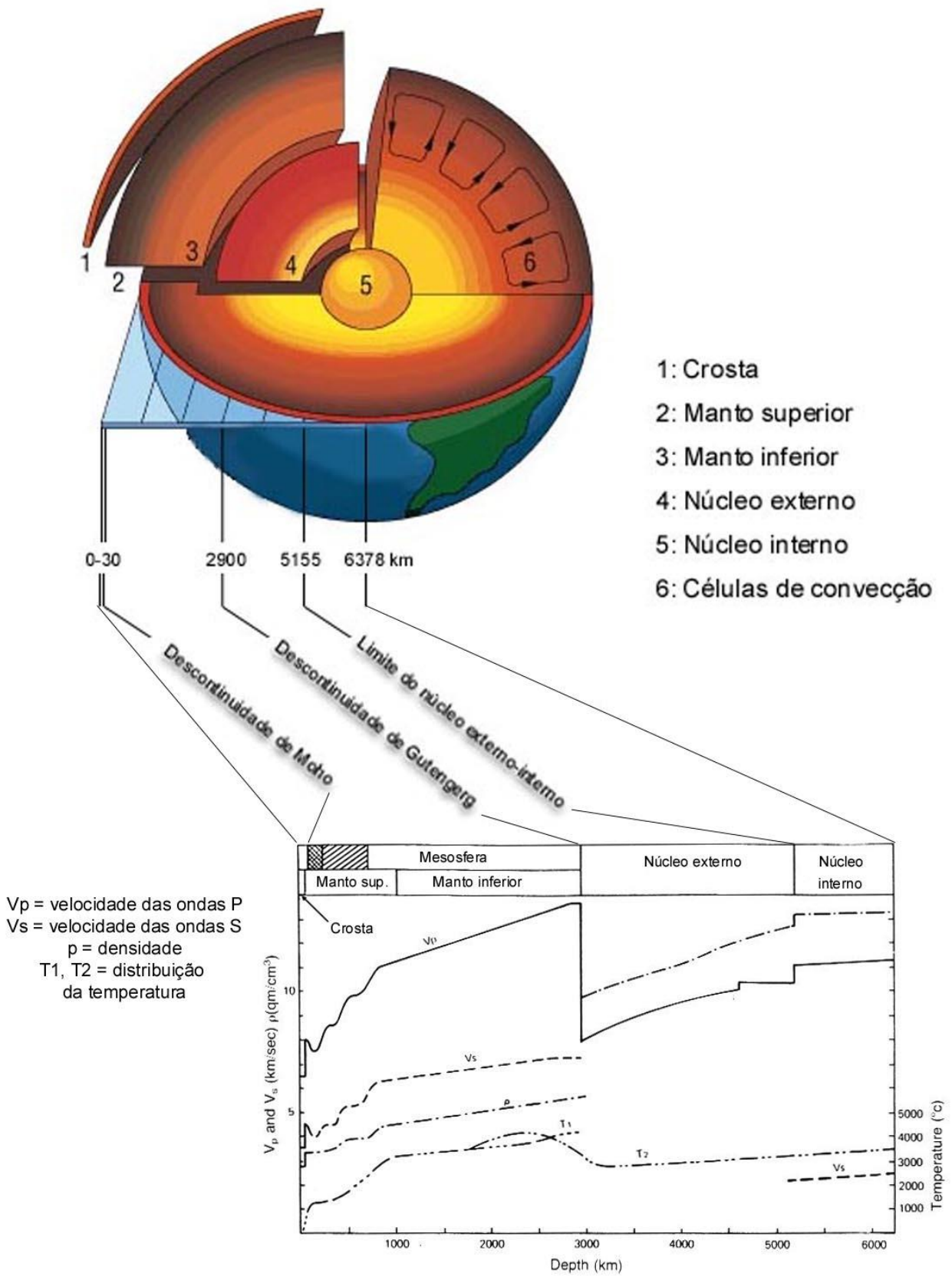


Fig. 1: Estrutura do globo terrestre e velocidade das ondas sísmicas
 (tabela de baixo modificada de Condie, 1989)

Formação e diferenciação do núcleo terrestre

Modelos reportando-se a formação dos planetas são usados para explicar a formação e a diferenciação do núcleo terrestre. Os primeiros modelos como o “*Inhomogeneous accretion model*” e o “*Homogeneous accretion model*”, repousam nos fenômenos de acreção e condensação, a diferença entre os mesmos sendo devido ao tempo da acreção. No modelo não homogêneo, o resfriamento da temperatura durante a formação da Terra a partir de uma nebulosa solar aquecida permitiu a separação física do ferro e dos silicatos, ou por condensação do ferro, ou por queda do ferro para o interior da Terra, onde ele forma, com o níquel, o *nife* central. Esse modelo apresenta vários problemas geoquímicos e vários dados favorecem um modelo em qual o ferro se mistura no estágio inicial da formação da Terra e se afunda por gravidade no centro do planeta. A quantidade de energia gravitacional liberada é suficiente para aquecer a Terra até temperaturas de 2000°C. Se esse calor fica retido, é suficiente para fundir a Terra inteira mas a presença de gases presos no manto não favorece a fusão completa. Várias evidências geoquímicas indicam que o núcleo formou-se no mais que 50 Ma após a acreção da Terra e talvez durante os estágios últimos da acreção. A alta concentração de elementos siderofílicos (Co, Ni, ...) no manto sugere que estes elementos se concentraram na Terra muito tempo após a formação do núcleo, empobrecido nestes elementos.

Os dados geofísicos e geoquímicos atuais favorecem a existência de um núcleo diferenciado: um núcleo externo e um núcleo interno. Os dados geofísicos e geomagnéticos indicam que somente o ferro puro não pode satisfazer os dados de densidade do núcleo interno e por analogia com os meteoritos, o níquel é suposto ser associado ao ferro. O núcleo externo é suposto homogêneo devido aos movimentos de convecção. Da mesma maneira que o núcleo interno, a densidade do ferro puro é insuficiente para as estimativas de densidade do núcleo externo e alguns elementos são sugeridos para ser associado ao ferro como o Si, O, Mg e S. As baixas velocidades do núcleo externo sugerem a presença de S e/ou O. A presença de S no núcleo externo abaixaria a temperatura de fusão do ferro e permitiria ao sistema de obter um eutético de baixa temperatura (mistura líquido-sólido).

Considerando um sistema de dois componentes FeNi e FeNiS, existem dois modelos propostos para a formação e diferenciação do núcleo terrestre. O primeiro considera o afundamento de grandes bolhas de Fe-Ni fundido que crescem e migram através do manto menos denso. Num sistema de Fe-Ni-S a temperatura poderia exceder 4000°C e o resfriamento níquel posterior poderia dar origem a ligações Fe-Ni (50%) constituindo o núcleo interno. O segundo considera a migração descendente de camadas esféricas fundidas de Fe-Ni-S. Os silicatos, que têm pontos de fusão mais altos que as camadas de Fe-

Ni-S (Fig. 2), flutuam acima delas. Os dois modelos necessitam uma difusão térmica lenta e não podem ser realizadas no período inferior a 50 Ma estimado pelos dados geoquímicos. Um outro modelo considera uma camada de ferro fundido assimétrica que gera estresses maiores, fraturando e enfraquecendo as camadas de silicatos.

A diferenciação do núcleo pode ser representada pelos mecanismos da figura 2. As curvas anotadas de 1 a 5 representam a evolução da geoterma e os pontos A, B e C representam a intersecção destas curvas com a curva do sistema eutético Fe-S. Durante acreção uma camada fina de Fe-S fundido se forma na profundidade correspondendo ao ponto A. O aquecimento contínuo da Terra aumenta a geoterma, sendo maior que a curva de Fe-S eutético nos pontos B e C da figura 2, e gera camada esférica de Fe-S fundido de grande amplitude. Em relação a instabilidade gravitacional, essa camada começa mergulhar no centro da Terra. As temperaturas aumentando, o manto é inteiramente empobrecido em Fe, Ni e S aos poucos que o núcleo cresce.

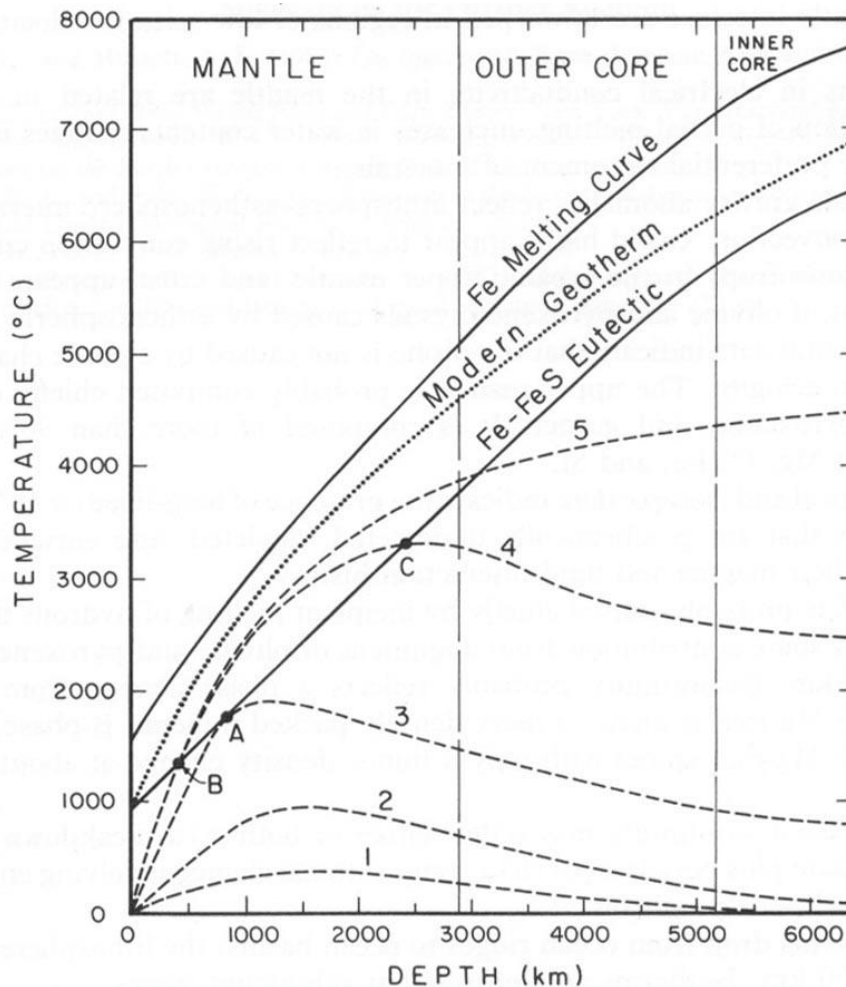


Fig. 2: Varição dos pontos de fusão do ferro e do sistema eutético Fe-S

(cf. texto, Condie, 1989)