

Instituto de Física Universidade Federal do Rio de Janeiro

Licenciatura em Física



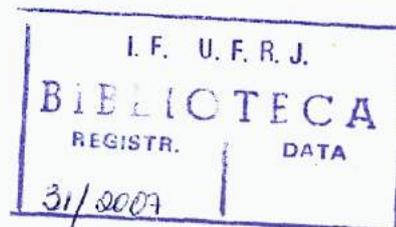
A RADIAÇÃO NO INTERIOR DA TERRA E SUA INFLUÊNCIA EM TERREMOTOS, MAREMOTOS E ERUPÇÕES VULCÂNICAS

Por
Martha Monique Nogueira Rodrigues

Orientador: Luiz Felipe Coelho

Rio de Janeiro
Dezembro de 2007

31/2007



RESUMO

Neste trabalho apresentamos uma proposta de se abordar no ensino médio alguns conceitos de física moderna e suas aplicações em diversas situações como, por exemplo, em Geociências onde o calor interno da Terra é provavelmente alimentado pela desintegração radioativa dos minerais. Trataremos os conceitos de átomo, desintegração atômica e radiação. Seguindo a orientação do Ministério da Educação no sentido de abordar tópicos de ciência moderna no ensino médio. Começamos o presente trabalho discutindo sobre a atual política educacional brasileira e a questão do ensino de física no nível médio e abordamos os conceitos mencionados acima, que também são vistos nas aulas de química, porém de forma superficial. Em seguida, a título de motivação, discutimos as aplicações, desses conceitos em fenômenos observados na Terra: os terremotos e os maremotos ("Tsunamis").

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| INTRODUÇÃO | 5 |
| CAPÍTULO I: CONSIDERAÇÕES SOBRE A POLÍTICA EDUCACIONAL E O ENSINO DE FÍSICA | 6 |
| 1.1 — Um Breve Histórico | 6 |
| 1.2 — Por que Ensinar Física no Ensino Médio? | 9 |
| 1.3 — O Ensino de Física | 9 |
| 1.4 — Objetivos do Trabalho | 11 |
| CAPÍTULO II: O ÁTOMO, O NÚCLEO E SUAS RADIAÇÕES | 12 |
| 2.1 — Estrutura da Matéria | 12 |
| 2.2 — A Descoberta do Elétron | 13 |
| 2.3 — A Descoberta do Próton | 14 |
| 2.4 — A Descoberta do Núcleo | 15 |
| 2.5 — Descoberta do Nêutron | 16 |
| 2.6 — Modelo Atômico de Bohr | 16 |
| 2.7 — O Núcleo | 17 |
| 2.7.1 — Radiação alfa (α) | 18 |
| 2.7.2 — Radiação beta (β) | 19 |
| 2.7.3 — Radiação gama (γ) | 20 |
| CAPÍTULO III: O INTERIOR DA TERRA | 22 |
| 3.1 — As Camadas da Terra | 22 |
| 3.2 — Temperatura | 23 |
| 3.3 — Fenômenos Observados na superfície Terrestre Provocados pelo Calor do Interior da Terra | 24 |
| 3.3.1 — O Vulcanismo | 26 |
| 3.3.2 — O Tectonismo: Terremotos e Maremotos | 27 |
| CAPÍTULO IV: O CALOR INTERNO DA TERRA | 30 |
| CONCLUSÕES | 33 |
| APÊNDICE | 34 |
| ANEXOS | 35 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 41 |

Figuras

| | |
|---|----|
| J. J. Thompson | 14 |
| Ernest Rutherford | 14 |
| Espalhamento das partículas α | 15 |
| Retroespalhamento de α | 16 |
| Movimento dos elétrons | 17 |
| Radiação alfa | 18 |
| Alcance das partículas alfa | 19 |
| Partículas beta | 20 |
| Alcance das partículas beta | 20 |
| Radiação gama | 20 |
| Alcance das partículas gama | 21 |
| Camadas da Terra | 22 |
| Correntes de convecção no interior da Terra | 23 |
| Placas tectônicas | 25 |
| Esquema da Zona de subducção | 28 |

INTRODUÇÃO

É evidente a preocupação, por parte dos estudiosos em educação, pela melhor forma de absorção dos conteúdos didáticos pelos alunos, quando as diversas áreas do conhecimento humano se expandem de forma acelerada e crescentemente interligada. Novas tecnologias e avanços científicos tornam rotineiros, na vida de todos nós, conhecimentos que uma ou duas décadas antes eram o domínio de alguns poucos especialistas.

Percebe-se o reflexo dessa preocupação na Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) e nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN). Os PCN correspondem ao projeto de reforma do ensino médio conduzido pelo Ministério da Educação, por intermédio da Secretaria de Educação Básica. Na LDB são mostrados os objetivos, responsabilidades e finalidades da educação, enquanto nos PCN tenta-se mostrar como direcionar o ensino das ciências aplicando-as no mundo atual.

Baseando-se nesses parâmetros elaboramos este trabalho, que pode ser usado em sala de aula ou utilizado como texto complementar, no qual são expostos aos alunos do ensino médio alguns conceitos de Física Moderna e discutido seu relacionamento com fenômenos que freqüentemente são notícias: os terremotos e os maremotos (“tsunamis”). Estes conceitos de Física Moderna — átomos, núcleos e suas radiações — são superficialmente vistos em Química, enquanto os fenômenos acima, associados a movimentos de placas tectônicas terrestres, são estudados em Geografia e, desta forma, esta proposta tem aspectos interdisciplinares.

Para aprofundar os conceitos de Física Moderna, geralmente considerados complexos demais para estudantes do ensino médio, fazemos uma abordagem histórica. Começamos pelo átomo, falamos de seu núcleo e de suas radiações e mostramos como estas são uma das fontes de calor dissipada por convecção dentro da Terra. As correntes de convecção, formadas por rocha líquida, deslocam-se a velocidades da ordem de centímetros por ano e arrastam consigo as diversas partes da crosta terrestre, as chamadas placas tectônicas.

CAPÍTULO I

CONSIDERAÇÕES SOBRE A POLÍTICA EDUCACIONAL E O ENSINO DE FÍSICA

1.1 — Um Breve Histórico

Algum tempo atrás, o objetivo não-declarado do Ensino Médio era que este seria uma etapa para alcançar o Ensino Superior através do vestibular. Com isso, a educação média era restrita apenas a uma parcela da população. No entanto, este conceito se expandiu. O objetivo do Ensino Médio passou a ser não só a qualificação para a cidadania e a formação profissional dos jovens, independente de sua escolaridade futura, mas também mostrar a relação de aspectos que tornam a vida melhor: o cuidado com a saúde, com o meio em que se vive e o entendimento dos avanços tecnológicos. Oficialmente, essas idéias educacionais foram expostas num documento conhecido como “Lei de Diretrizes e Bases da Educação” (Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996) feita como fruto de um longo processo de discussão. Este recomeçou após a redemocratização do Brasil em 1986, que levou à Constituição de 1988, mas seus primórdios vêm desde o início de nossa existência como país independente.

Como exemplo do processo pós-1986, são apresentados abaixo trechos da Constituição da República Federativa do Brasil e da LDB.

Sobre de quem é a responsabilidade pela educação, a Constituição da República Federativa do Brasil afirma no artigo 205 que “a educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho”. Nesta mesma questão, rege na Lei de Diretrizes e Bases (LDB), artigo 2º que “a educação, dever da família e do Estado, inspirada nos princípios de liberdade e nos ideais de solidariedade humana, tem por finalidade o pleno

desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho”.

Ainda na LDB, encontram-se listadas no artigo 35 as finalidades do ensino médio:

I – “a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos”;

II – “a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores”;

III – “o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico”;

IV – “a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, ao ensino de cada disciplina”.

No artigo 36, encontram-se as diretrizes do currículo do ensino médio. Abaixo, são citadas algumas delas:

I – “destacará a educação tecnológica básica, a compreensão do significado da ciência, das letras e das artes; o processo histórico de transformação da sociedade e da cultura (...)”.

II – “adotará metodologias do ensino e de avaliação que estimulem a iniciativa dos estudantes”.

Como visto nos artigos acima citados da LDB, a preocupação de interagir o estudo da ciência, e neste caso da física, ao cotidiano das pessoas é, atualmente, uma preocupação constante. E essa afirmação pode ser comprovada com a elaboração dos “Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN)” no ano de 2002.

Os PCN constituem em um “... trabalho longo, envolvendo professores das diferentes disciplinas da área de Ciências e Matemática, buscando investigar e explicitar os vínculos e semelhanças entre os processos de ensino e aprendizagem a serem desenvolvidos em todas as disciplinas da área (Física, Química, Biologia e Matemática)” (KAWAMURA, 2003). Neles são listadas diversas habilidades que devem ser desenvolvidas no ensino da

Física separadas em três modalidades: representação e comunicação; investigação e compreensão; e contextualização sócio-cultural.

Na primeira categoria, 'Representação e comunicação', entram os conceitos matemáticos, de como utilizá-los compreendendo enunciados que envolvem códigos e símbolos físicos. Um exemplo cotidiano disto é o entendimento da utilização de aparelhos e seus manuais de instrução. A idéia dos PCN, ainda neste aspecto, é que o aluno deve entender o uso de gráficos, tabelas e relações matemáticas, sendo capaz de utilizar corretamente a linguagem física e de sua representação simbólica matemática.

No segundo, "investigação e compreensão", afirma que se deve desenvolver a capacidade da investigação física, ou seja, saber classificar, organizar, sistematizar, observar, estimar ordens de grandeza, fazer hipóteses, etc. A fim de alcançar esses objetivos, nessa mudança inclui-se a utilização de novos vocábulos, por exemplo, contextualização, interdisciplinaridade, aquisição de competências e habilidades, entre outros. A informação constitui algo vantajoso para entender as relações entre as diversas sociedades; relações nas quais flui o conhecimento. E conhecer significa estar consciente do poder do conhecimento para a produção da vida material, social e existencial da humanidade.

E na terceira categoria, contextualização sócio-cultural encontram-se mudanças que integram a participação evolutiva da física no cotidiano com a compreensão da evolução dos meios tecnológicos e sua relação dinâmica com a evolução do conhecimento científico. A Física deve ser capaz de desenvolver valores de situações sociais que envolvam esses aspectos físicos, científicos e tecnológicos e relacionar o conhecimento físico com outras formas da cultura humana.

Segundo Pimenta (1999), S. G. "a finalidade da educação escolar na sociedade tecnológica, multimídia e globalizada é possibilitar que os alunos trabalhem os conhecimentos científicos e tecnológicos, desenvolvendo habilidades para operá-los, revê-los e reconstruí-los com sabedoria". Isto significa que a escola e seus professores têm como tarefa apresentar seus conhecimentos no contexto da atualidade, mostrando aos seus alunos a utilização prática de seus ensinamentos dentro dos avanços tecnológicos e dos meios sociais, ensinando-os a pensar, a saber-fazer.

O mundo presencia intensa globalização, mudanças em todos os setores da sociedade. Para entender o que ocorre atualmente, tornou-se necessário mudar a forma de ensinar que antes da Revolução Industrial era algo estagnado, em que o currículo de uma disciplina era praticamente independente do currículo de outra. Depois dela começou a se falar em interdisciplinaridade, ou seja, cada vez mais os professores precisam falar sobre sua matéria relacionando-a com as demais.

Nota-se que com todas essas exigências o docente passa a realizar um “trabalho crítico-reflexivo sobre as práticas que realiza e sobre suas experiências compartilhadas” (Pimenta, 1999). Ele precisa estar integrado com as mudanças a sua volta, enriquecendo mais a sua experiência e aprimorando a forma de passar seu conhecimento.

1.2 — Por que Ensinar Física no Ensino Médio?

A Física é a ciência que objetiva explicar toda a natureza, indo da estrutura elementar da matéria até a origem do Universo, a partir de alguns poucos conceitos físicos e leis fundamentais. Porém, também é a disciplina mais rejeitada pelos discentes que passam a estudá-la somente no ensino médio e, na maioria das vezes, a confundem com a matemática e/ou acham que é uma ciência a parte do mundo, da vida cotidiana. Essa dicotomia de visões mostra a importância de se discutir como explicar a Física para o aluno.

O aluno deve, além de conhecer os princípios fundamentais da Física, saber chegar a eles e reconhecer a sua validade, através da exposição de conceitos, procedimentos experimentais, etc.

Sabe-se que no mundo atual o acúmulo de informações é muito grande e o tempo para a absorção destas é curtíssimo. Então, a preocupação dos docentes é como fazer esse conhecimento chegar até seus alunos de forma produtiva.

1.3 — O Ensino de Física

O que se entende por Física? Segundo Yamamoto (1990) é a “ciência das coisas naturais (do grego *physiké*); seu objetivo é o estabelecimento de leis que regem os fenômenos da natureza, estudando as propriedades da

matéria e da energia". Ou seja, a Física estuda algo complexo – a natureza – e que, para isso, necessita de uma linguagem típica: a matemática.

Diante disso, esta disciplina passa a ser uma das mais temidas pelos alunos, e também, pela sociedade. Não é muito difícil encontrar um adulto que diz ter sido um 'péssimo' aluno de Física, que passava nesta disciplina sem saber nada e muitos deles até chegam a serem 'compreensíveis e conformistas' diante das muitas dificuldades de seus filhos com a Física.

Mas será que a culpa é dessa matéria? Claro que não. Realmente, a Física é complexa, pois suas leis são baseadas em experiências e são escritas na linguagem do Cálculo Integral e Diferencial, apenas sendo possível fazer discussões fenomenológicas e introdutórias das mesmas. Porém, devido a isso ou se aproveitando dessa complexidade, muitos estabelecimentos de ensino e professores simplesmente reduzem essa cadeira a um conjunto de equações e fórmulas, a princípio, sem nenhum sentido. E não só devido à complexidade, mas ao sistema de ensino, voltado ao vestibular, faz com que o interesse pela Física fique voltado apenas para a parte matemática, deixando os conceitos de fora.

Outro problema que vale a pena ser discutido é o fato do aluno começar a estudar esta matéria só a partir do ensino médio. A Física, em geral, é vista de uma forma muito isolada das demais ciências e mesmo do dia-a-dia dos alunos. Isso tudo faz com que o aluno, geralmente, tome uma aversão a esta disciplina, dificultando assim a sua compreensão.

Por tudo isso, há uma tentativa de passar o conhecimento de Física através de experiência, mostrando suas aplicações na vida diária, inter-relacionando-a com outras disciplinas e abrangendo o seu conteúdo.

Em muitos países, inclusive no Brasil, tenta-se inserir noções, conceitos, modelos e aplicações da Física Moderna e Contemporânea (FMC) nos cursos introdutórios de Física em todos os níveis de escolarização para que os estudantes possam vir a serem apresentados, à revolução da Quântica e da Relatividade, ocorrida um século atrás e não somente a Física Newtoniana, à Ótica Geométrica, à Termologia e outras áreas mais tradicionais. O que é ensinado ainda é a física dos pêndulos, da balística do século XVII, da termometria, das lentes etc.

A importância da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio se dá no fato de que os estudantes precisam ter contacto com o excitante mundo da pesquisa atual em Física a fim de atraí-los para a carreira científica, disseminar os conhecimentos que a ciência e a tecnologia propiciam à população e esclarecer o estudante quanto às pseudo-ciências.

Através deste trabalho, mostra-se que é possível apresentar conceitos de Física Moderna e Contemporânea, como a estrutura atômica e a existência do núcleo, de forma interessante e relacionando-os com outras disciplinas como a Química, onde também estes assuntos são abordados, e a Geografia, por meio de exemplos como vulcanismos, terremotos, estações do ano, correntes marítimas e aquecimento global.

Estes são apenas algumas relações de interdisciplinaridade que podem ser aplicadas em sala de aula, mas também existem outras, como a biologia, já que a Física é a ciência que explica a natureza.

1.4 — Objetivos do Trabalho

A fim de satisfazer o que propõe a Lei de Diretrizes e Bases (LDB) e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) este trabalho foi pensado para servir como texto complementar a fim de abordar em sala de aula explicações sobre tectonismo, maremotos e erupções vulcânicas ou mesmo como um modelo de aula.

No apêndice A encontra-se o plano de aula onde se expõe um possível modelo de como o assunto poderá ser abordado em sala de aula.

Apresentamos também um anexo mostrando os diferentes sites que o professor pode sugerir aos alunos com o objetivo que eles ampliem os seus conhecimentos sobre o tema.

CAPÍTULO II

O ÁTOMO NUCLEAR E SUAS RADIAÇÕES

2.1 — Estrutura da Matéria

Aproximadamente no ano de 450 a.C., as primeiras idéias sobre estrutura da matéria surgiram com os filósofos gregos Demócrito e Leucipo (Sardella, 1999). Segundo eles, caso se dividisse um material sucessivamente se chegaria numa unidade indivisível a que se deu o nome de átomo, que significa não-divisível.

Dois mil anos depois, o cientista inglês John Dalton, a fim de justificar os resultados obtidos nos experimentos realizados por Lavoisier e Proust, propôs, em 1803, sua teoria sobre a estrutura da matéria, conhecida como Teoria Atômica de Dalton (Idem).

Em sua teoria, Dalton afirmava que toda matéria é formada por partículas extremamente pequenas e que estas eram indivisíveis — átomos. A quantidade de átomos diferentes existentes na natureza era relativamente pequena. E, também, que os materiais se formam por meio de diversas associações entre átomos iguais ou não. Estas associações formam os chamados átomos compostos que, posteriormente, ficaram conhecidos como moléculas.

Os átomos iguais, isto é, do mesmo tipo, pertencem a um mesmo elemento químico representado por um símbolo formado pela primeira letra, maiúscula, proveniente do nome em latim de tal elemento e, se necessário, por uma segunda letra, agora minúscula, de diferenciação. Podem ser citados como exemplos o hidrogênio, o oxigênio e o cálcio, cujos símbolos são, respectivamente, H, O e Ca. Os elementos podem ser arrumados na chamada Tabela Periódica. Esta periodicidade de propriedades físicas e químicas, proposta por Mendeleev, só veio a ser compreendida com a Mecânica Quântica.

2.2 — A Descoberta do Elétron

O filósofo grego Tales de Mileto, século V a.C., observou que quando se atritava lã com um pedaço de resina chamada âmbar (em grego, elektron), a lã era capaz de atrair pequenas folhas secas[Sardella, 1999].

Muito tempo depois, o físico americano Benjamin Franklin sugeriu a existência de dois tipos de carga elétrica, que ele denominou arbitrariamente de positiva e negativa, quando atritando um par de materiais estes adquiriam as cargas opostas do outro e por isso ocorria a atração. Franklin, então, chegou à conclusão de que materiais com cargas diferentes se atraem e com cargas iguais se repelem [Idem].

No século XIX, foram feitas novas investigações por diversos cientistas como Michael Faraday, Svante Arrhenius e Alessandro Volta em que eram reafirmadas as propriedades elétricas da matéria e traziam evidências cada vez mais fortes da existência de partículas menores que o átomo, contrariando a idéia de Dalton.

O cientista inglês Michael Faraday, em 1834, realizou experiências a fim de mostrar que uma transformação química podia ser causada pela passagem de eletricidade através de soluções aquosas de compostos químicos. Com isso, ficou demonstrado que a matéria possuía natureza elétrica. G. J. Stoney, 40 anos mais tarde, propôs a existência de partículas de eletricidade a que chamou de elétrons (Brady e Humiston, 1995).

Ao final do século XIX, os físicos começaram a investigar a condução da corrente elétrica em tubos de descarga em gás (Idem).

Nestes tubos eram produzidas descargas elétricas que foram chamadas “raios catódicos”. Com essas observações, foi sugerido que esses raios eram formados de partículas energéticas, carregadas negativamente e que elas, na verdade, eram os elétrons.

Joseph John Thomson (fig. 1), cientista também inglês, descobriu informações quantitativas sobre o elétron em 1897, usando tubos de raios catódicos. Os seus resultados indicaram que o elétron possuía uma carga elétrica muito grande ou uma massa muito pequena (Brady e Humiston, 1995).



Fig 1: J. J. Thompson

A carga do elétron foi determinada por R. A. Milikan, na Universidade de Chicago. Após realizar inúmeras vezes sua experiência com gotas de óleo, Milikan observou que a quantidade de carga nessas gotas era sempre múltipla de $-1,6 \times 10^{-19}$ Coulomb, ou seja, o elétron tem carga negativa. E, medida a carga do elétron, obteve-se a sua massa, cerca de $9,11 \times 10^{-28}$ gramas, pois a razão carga-massa já era conhecida. (Brady e Humiston, 1995).

2.3 – A Descoberta do Próton

Em 1886, o físico alemão Eugene Goldstein criou um tubo, e observou que quando ocorriam descargas elétricas através do tubo contendo um gás rarefeito, surgiam raios que apresentavam massa e cargas elétricas positivas. Esses raios foram denominados de *raios canais* (Sardela, 1999).

Posteriormente, em 1904, o físico inglês Ernest Rutherford (fig. 2) verificou que os “raios canais” originários do hidrogênio possuíam a menor carga positiva conhecida até então. A essa unidade eletricamente carregada positivamente deu-se o nome de próton.



Fig 2: Ernest Rutherford

Através destes estudos feitos em relação ao átomo, foram propostos alguns modelos de como seria sua constituição.

Como o átomo precisava ter cargas positivas, Thomson propôs um modelo de distribuição uniforme da carga positiva, em forma de esfera com a mesma dimensão do átomo, a qual conteria os elétrons, como se fosse passas num bolo. Nesse modelo os elétrons poderiam se mover no interior dessa “nuvem” de carga positiva. Mas, quando foi aplicado ao átomo de hidrogênio, o elétron oscilaria apenas em uma frequência do espectro visível.

2.4 – A Descoberta do Núcleo

Rutherford e sua equipe também realizaram experiências com radiações alfa, beta e gama (será discutido na seção 2.7 o que são esses tipos de radiação). Dois de seus assistentes, Geiger e Marsden, fizeram um experimento que consistia em bombardear uma folha de ouro (numa câmara a vácuo, para que não houvesse qualquer influência das moléculas de ar) com um feixe de radiação alfa (α) (fig. 3), isto é, partículas de alta energia cinética emitidas naturalmente por alguns elementos. O objetivo da experiência era observar o efeito dessa passagem da radiação através da folha de ouro e, com isso, estudar a estrutura da matéria.

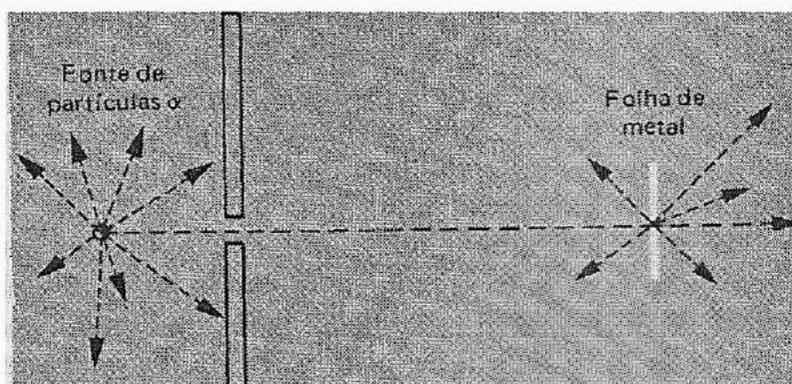


Fig 3: Espalhamento das partículas α

Uma folha de ouro foi usada para esse tipo de estudo porque, até então, o ouro era o material, dentre os elementos conhecidos da tabela periódica, que melhor permitia se construir os fios e filmes mais finos possíveis. Com isso, sabia-se que o número de camadas atômicas contidas em tais folhas era o menor possível disponível em qualquer pedaço de matéria. Muito aproximadamente tais folhas conteriam apenas poucas camadas atômicas e,

assim, ao atravessar uma folha com um feixe de radiação alfa se estaria analisando diretamente a interação do feixe com os átomos individualmente.

A radiação α é composta por partículas positivas, cuja a massa é 8000 vezes maior do que a do elétron, aproximadamente. No caso de uma colisão, e no modelo de Thomson, não haveria um desvio muito grande. Mas, aconteceu que dias depois de iniciado a experiência observou-se o retroespalhamento de algumas partículas, ou seja, essas foram espalhadas para trás (fig. 4).

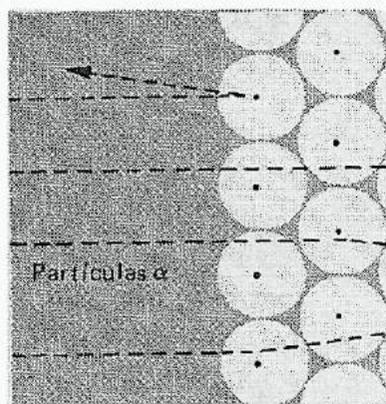


Fig 4: Retroespalhamento de α

Rutherford, então, concluiu que o átomo consiste de um núcleo de carga Ze e dimensões muito menores que 10^{-12} cm e que concentra quase toda a massa atômica, e Z elétrons distribuídos em dimensões aproximadamente 10^{-8} cm em torno dele.

2.5 — Descoberta do Nêutron

“Rutherford percebeu que apenas a metade da massa nuclear podia ser justificada pelos prótons” (Sardela, 1999), sugerindo a existência de partículas neutras e de massa aproximadamente igual à dos prótons.

Descobertos pelo físico britânico James Chadwick em 1932, os nêutrons, junto com os prótons, formam os núcleos atômicos, possuem massa ligeiramente maior que a do próton e carga nula (Idem).

2.6 — Modelo Atômico de Bohr

O modelo de Rutherford era muito insatisfatório, pois se os elétrons giravam ao redor do núcleo, pela teoria eletromagnética (completada em fins do século XIX), eles deveriam perder energia pela emissão de ondas

eletromagnéticas e diminuir aos poucos o raio de sua órbita até colapsarem no núcleo, o que contrariava o fato evidente dos átomos serem estáveis.

Foi o cientista dinamarquês Niels Bohr quem “completou” o modelo de Rutherford.

Bohr elaborou uma nova teoria sobre a distribuição e o movimento dos elétrons, partindo do modelo atômico de Rutherford e da lei previamente descoberta por Balmer para o espectro de hidrogênio.

Os fundamentos desta teoria encontram-se em três postulados:

1º postulado: existe no átomo um conjunto discreto de estados de energia chamados de “estados estacionários” tais que o elétron não irradiaria luz quando estivesse num deles” (fig. 5).

2º postulado: os elétrons, ao se moverem de uma órbita estacionária para outra órbita, emitem energia espontaneamente.

3º postulado: se um elétron recebe energia do exterior ele salta para outra órbita (neste caso diz-se que o elétron está excitado) e depois volta à sua órbita original devolvendo a energia recebida, em forma de um fóton (radiação eletromagnética). A energia recebida e devolvida é igual à diferença das energias das órbitas em que o salto ocorreu.

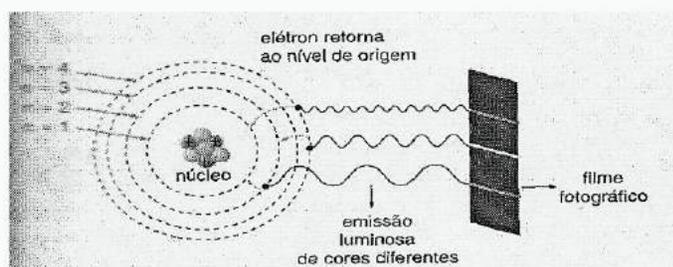


Fig 5: Movimento dos elétrons

Esse modelo ainda é incoerente, mas permite uma melhor compreensão sobre o átomo. Suas restrições se devem ao fato de usar conceitos da Mecânica Clássica e do Eletromagnetismo, mas, ao mesmo tempo, dizer que eles podem não se aplicar sempre.

2.7 — O Núcleo

O núcleo atômico é constituído por prótons, que possuem carga elétrica positiva, e nêutrons que não possuem carga elétrica. Cada próton do núcleo tenta afastar outro próton, devido à repulsão elétrica, só não o faz por existir

uma outra força de atração entre os neutrinos (nêutrons e prótons) e com isso parcialmente contrabalançando a repulsão elétrica próton-próton.

Decaimento radioativo ou desintegração radioactiva é a desintegração de um núcleo através da emissão de radiação.

Se o núcleo de um determinado nuclídeo se encontrar numa situação de instabilidade, devido à diferença de quantidade de prótons e nêutrons, tende a transformar-se noutro nuclídeo mais estável.

Devido às desintegrações que vão acontecendo ao longo do tempo, o número de núcleos instáveis contidos numa fonte radioactiva vai diminuindo.

Os processos de desintegração radioactiva mais comuns são os de desintegração α (alfa), β (beta) e γ (gama).

2.7.1 — Radiação alfa (α)

Nesse processo o núcleo pai instável decai no núcleo filho emitindo espontaneamente uma partícula α , ou seja, o núcleo ${}^4_2\text{He}$ (fig. 6). Este fenómeno ocorre espontaneamente porque a massa do núcleo pai é maior que a soma das massas do núcleo filho com a massa da partícula alfa. É um processo particularmente importante para elementos com número atômico Z maior que 82.

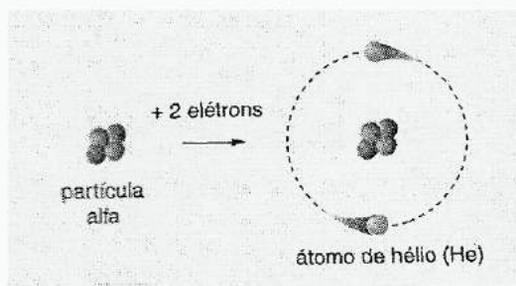


Fig 6: radiação alfa (Sardella)

As radiações alfa conseguem atravessar lâminas de alumínio ou ouro apenas se estas forem muito delgadas (espessura igual a 0,0001 mm) e são barradas por uma simples folha de papel (Sardella, 1999) (fig. 7).

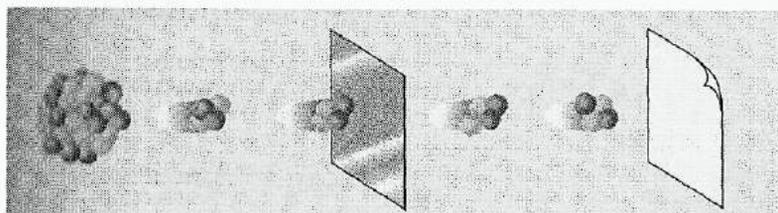


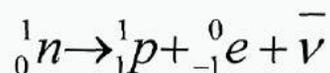
Fig 7: Alcance das partículas alfa (Sardella)

2.7.2 — Radiação beta (β)

A radiação beta (β) descreve partículas leves de origem nuclear que podem ser positivas (β^+), representadas pela emissão de pósitrons, ou negativas (β^-), pela emissão de elétrons.

Desintegração β^- (beta menos)

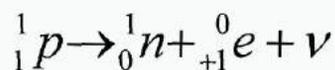
A partícula β^- é um elétron produzido durante o processo de decaimento. O elétron é originário de uma transformação de um dos nêutrons num próton, um elétron e um antineutrino. O elétron e o antineutrino abandonam o núcleo, chamando-se a esse processo emissão beta. O núcleo resultante apresenta portanto um nêutron a menos e um próton a mais.



O símbolo $\bar{\nu}$ representa o antineutrino que é uma partícula neutra, com massa quase nula que interage fracamente com a matéria.

Desintegração β^+ (beta mais)

Um núcleo que seja instável por ter um excesso de próton tende a que um próton se converta num nêutron, que fica no núcleo, sendo emitidos um pósitron e um neutrino (fig. 8).



Chama-se partícula β^+ a esse elétron positivo emitido pelo núcleo. É importante saber que as partículas β^+ , na parte final do seu percurso, quando a velocidade já é diminuída, combinam-se com um elétron livre, convertendo-se em radiação electromagnética.

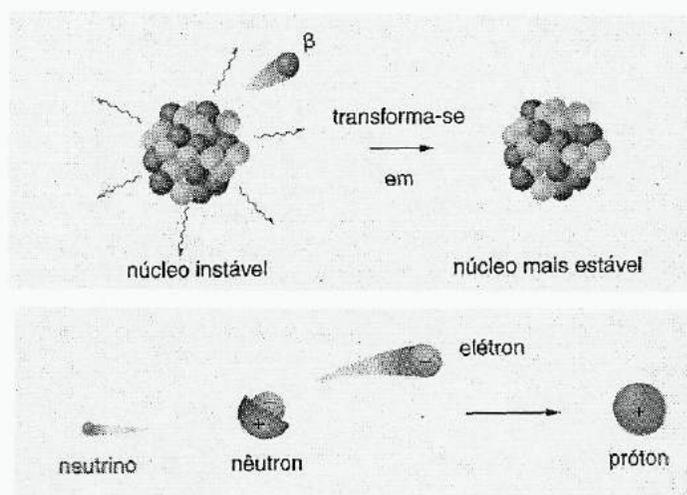


Fig 8: partículas beta (Sardella)

As radiações beta conseguem atravessar lâminas de chumbo de até 2 mm ou de alumínio de até 5 mm, mas são barradas por uma placa de madeira de 2,5 cm de espessura (Idem) (fig. 9).

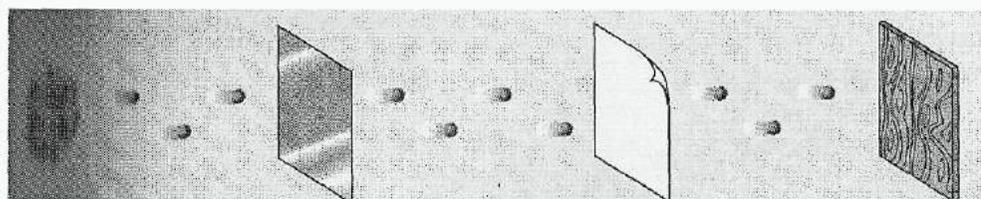
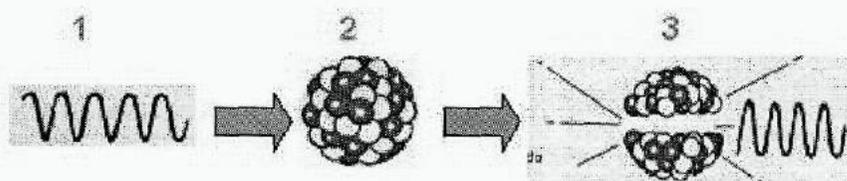


Fig 9: Alcance das partículas beta (Sardella)

2.7.3 — Radiação gama (γ)

Fig 10: Radiação gama (http://br.geocities.com/radioativa_br/pagina6.htm)

Os raios gama são fótons, ou seja, radiação eletromagnética. Eles podem ser emitidos quando os núcleos efetuam transições de estados excitados para os de energia mais baixa. Como as diferenças de energia são tipicamente da ordem de 0,1 a 2 MeV¹, as energias dos raios γ estão na mesma faixa.

O decaimento γ frequentemente ocorre associado a um decaimento β

¹ MeV – mega elétron volts. Unidade de energia : 1 eV = $1,602 \times 10^{-19}$ J.

ou α que produziu núcleos filhos com energia de excitação, ou seja, o decaimento não faz com que o núcleo chegue direto ao estado fundamental.

Outra forma de produzir decaimento γ é quando se produz estados nucleares excitados numa colisão nuclear (fig. 10).

As radiações gama atravessam chapas de aço de até 15 cm de espessura (Idem), mas são

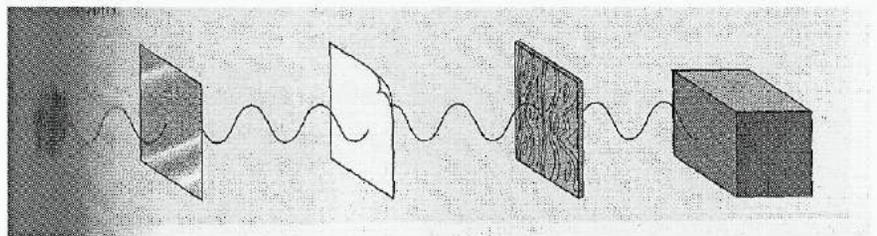


Fig 11: Alcance das partículas gama (Sardella)

barradas por paredes de

Concreto ou placas de chumbo com espessura de 5 cm (http://br.geocities.com/radioativa_br/pagina6.htm) (fig. 11).

CAPÍTULO III

O INTERIOR DA TERRA

Após esta revisão sobre átomos, assunto abordado nas aulas de Química e Física, iniciaremos a parte de descrição da estrutura da Terra, que constitui uma parte da Geografia. Todo este estudo servirá de alicerce para explicar os fenômenos naturais propostos no título do trabalho.

3.1 — As Camadas da Terra

O Planeta Terra possui aproximadamente um raio de 6330 km e pode ser dividido em três camadas: a crosta terrestre ou litosfera, o manto e o núcleo (fig. 12).

A crosta terrestre é a camada mais externa da Terra. É nela que estão os continentes e oceanos. Sua espessura é muito variável, em torno de 30 a 60 km, na parte continental, e 6 km na parte oceânica. Sua composição é principalmente de silicatos sólidos com baixo teor de magnésio e ferro e alto de sódio, potássio, alumínio e silício.

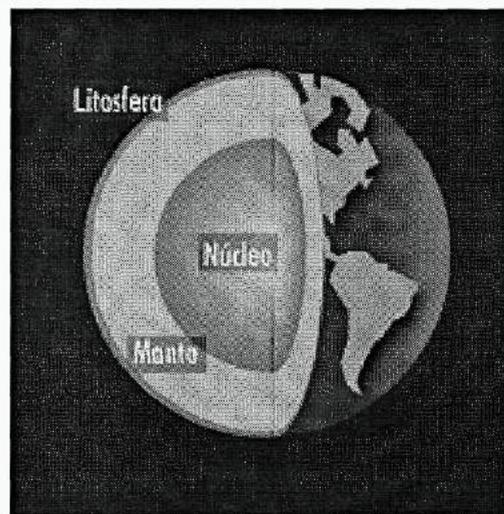


Fig 12: Camadas da Terra

O manto constitui uma grossa camada abaixo da crosta e acima do núcleo. Sua densidade é intermediária em relação às outras camadas. Sua composição é principalmente de silicatos sólidos de alto teor de magnésio e ferro e baixo de sódio, potássio, alumínio e silício.

O núcleo é a camada mais interna e a mais densa. Ele é dividido em núcleo interno (sólido) e externo (líquido), cujas espessuras são, aproximadamente, 1220 quilômetros e 2260 quilômetros, respectivamente (Bonatti, 2007). Sua composição possui predominantemente ferro metálico e também níquel, enxofre e outros elementos. Deduz-se que a grande quantidade de ferro seja responsável pela alta densidade dessa camada (Skinner, 1984).

3.2 — Temperatura

Todo o material no interior da Terra existe na forma condensada, com os materiais mais densos se concentrando no núcleo, os menos densos na periferia, formando a crosta, e os intermediários no manto.

Ao penetrar no interior da Terra a temperatura se eleva e, também, maior é a pressão. E, quanto maior a pressão, maior é a dificuldade de fusão dos materiais no manto, que se torna mais rígido e, por isso, mais difícil de entrar em estado líquido. E isso se estende também ao núcleo.

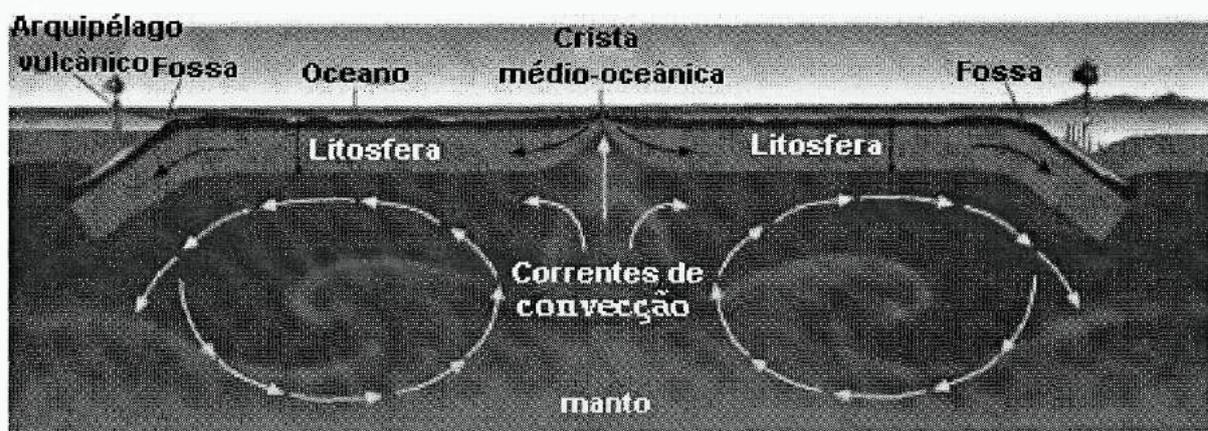


Fig. 13: Correntes de convecção no interior da Terra (Domingos,2007)

No manto existem as chamadas correntes de convecção, devida à densidade relativamente baixa das rochas mais quentes e mais profundas que provocam a ascensão das mesmas. Já a rocha mais fria e densa afunda até que o calor que escapa do núcleo fundido a aqueça o suficiente para que ela suba novamente (Gurnis, 2007).

O calor gerado dentro da Terra (que veremos mais em detalhe no capítulo IV) é dissipado por convecção. Uma célula de convecção pode ter 5000 km transversalmente do alto do manto e 2500 km de base totalizando um perímetro de aproximadamente 13000 km. Movimentos do manto são da ordem de 3 cm/anos. Com a velocidade média de 3 cm/ano, a viagem em torno do planeta duraria 450 milhões de anos. A taxa média de calor produzido durante estes 450 milhões de anos foi 15% maior que a taxa presente, ou aproximadamente $1,83 \times 10^{20}$ cal/ano correspondendo a um fluxo de calor de $1,14 \times 10^{-6}$ cal. cm⁻². s⁻¹.

3.3 — Fenômenos observados na superfície terrestre provocados pelo calor do interior da Terra.

Embora erupções vulcânicas, terremotos e maremotos sejam fenômenos marcantes, eles são apenas evidências da dinâmica interna terrestre. Segundo a teoria Tectônica das Placas a crosta terrestre é formada por regiões, que incluem continentes e partes de oceanos, que se movem em mútua aproximação ou distanciamento, a velocidades de até alguns centímetros por ano (fig. 14).

Os limites entre as placas podem ser divergentes, onde elas separam-se, criando fundo oceânico, ou convergentes, onde elas colidem formando cadeias montanhosas continentais ou fechando oceanos. Podem ainda ser limites transformantes, onde uma placa passa ao lado da outra, com atrito, mas sem criar nem consumir material. Todos estes tipos de limites são zonas de instabilidade tectônica, ou seja, sujeitas a terremotos e erupções vulcânicas.

Por exemplo, no meio dos Oceanos Atlântico, Pacífico e Índico existem cordilheiras submarinas, que se elevam a até cerca de 4.000m acima do assoalho oceânico. Essas cordilheiras são interrompidas transversalmente pelas falhas transformantes e sublinham imensas rupturas na crosta, ao longo das quais há extravasamentos periódicos de lava basáltica vinda das partes mais internas. O mesmo mecanismo que força a cordilheira a se abrir periodicamente (correntes de convecção divergentes) para que materiais mais novos possam se colocar ao longo das aberturas, formando e expandindo o domínio oceânico, em outros locais promove colisões de placas (correntes de convecção convergentes) (Toledo, 2007).

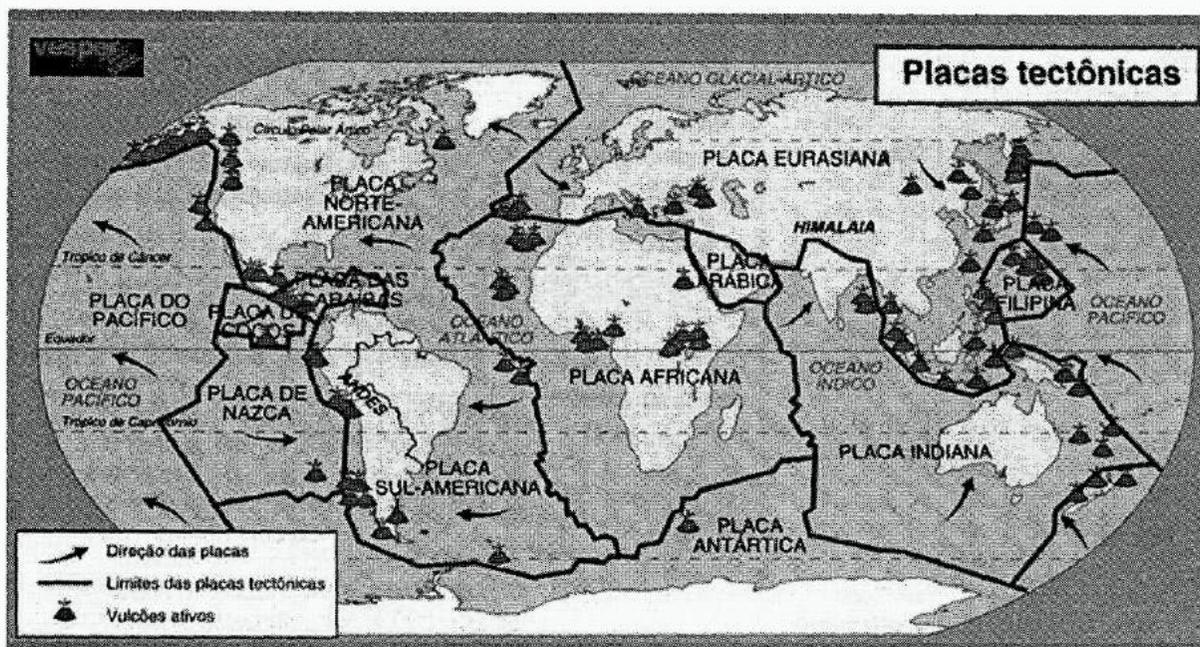


Fig. 14: Placas tectônicas (Basile, 2007)

Nestas colisões, a placa que contém crosta oceânica, mais pesada, entra sob a placa continental, que se enrugua e deforma (processos incluídos no metamorfismo), gerando as grandes cadeias continentais (Andes, Montanhas Rochosas). A placa que afundou acaba por se fundir parcialmente ao atingir as grandes temperaturas internas (zona de subducção); se a colisão for entre duas placas continentais, ambas se enrugam (Alpes, Pirineus, Himalaias).

Os movimentos das placas resultam em diferentes distribuições da costa continental formando ou distribuindo oceanos, assim como podem originar cadeias montanhosas, como o Himalaia.

Por exemplo, há 180 milhões de anos, um grande continente chamado Gondwana dividiu-se, formando a África, a América do Sul e o oceano Atlântico. Outros oceanos podem ser fechados por movimentos convergentes das placas (por exemplo, o Mar Mediterrâneo está sendo fechado pela aproximação entre a África e a Europa). Como os continentes encontram-se sobre as placas tectônicas acompanham o movimento delas.

Quando um terremoto acontece em algum lugar, a energia é estocada em forma de energia potencial e radiada como ondas elásticas. Esta energia é gradualmente dissipada pela Terra e convertida em calor. O restante da energia elástica que deu a ascensão ao terremoto é dissipado como o calor perto do foco pela fricção em planos da falha e a distorção em fraturas das rochas.

Como exemplo, considere a área Japão-Kamchatka, com $2,0 \times 10^6 \text{ km}^2$. Estima-se que a potência média gerada sob a forma de ondas sísmicas nesta área é de $1,7 \times 10^{19}$ Joules/ano, ou $0,5 \times 10^{12}$ W, levando a um aumento de temperatura de 1000°C em 3×10^7 anos (Kuiper, 1954).

3.3.1 — O Vulcanismo

Um vulcão é uma estrutura formada pela saída de magma (lava) e gases na superfície da Terra. Possui uma abertura, a cratera, por onde o material é expelido e um edifício vulcânico, formado pelo acúmulo de rochas originadas do resfriamento das lavas e gases e da deposição dos fragmentos e cinzas lançados.

A maioria dos vulcões ocorre nas áreas instáveis da crosta terrestre, ou seja, nas bordas das placas tectônicas como nos Andes, oeste dos Estados Unidos e Japão, por exemplo. Mas, também, existem os que estão em atividade no meio da placa do Pacífico como, por exemplo, os do Havaí..

O magma vindo do manto tende a subir para regiões mais próximas da superfície, ficando armazenado em reservatórios chamados de câmaras magmáticas. Estas câmaras podem alimentar vulcões, quando são ligadas à superfície por fissuras na Terra. Tais fissuras que o magma percorre até atingir a superfície são chamadas condutos.

O magma que atinge a superfície é chamado de lava e origina rochas vulcânicas. Na superfície, a lava resfria-se rapidamente e forma rochas de grãos muito finos, pois não há tempo para os minerais cristalizarem-se. Também são expelidos gases que provocam explosões e emissão de partículas.

A uma dada temperatura o estado físico dos materiais depende da pressão, então os materiais no manto seriam líquidos se não fossem as altas pressões. O material do manto só torna-se líquido quando há uma ruptura na crosta aliviando essa pressão, tornando-se magma.

Com o resfriamento e solidificação do magma surgem as rochas ígneas — intrusivas (granito) e extrusivas (ex. derrame de basalto e rochas piroclásticas). As piroclásticas são compostas de fragmentos de materiais ígneos ejetados do vulcão que sedimentam e depois cimentam ou se agregam.

O magma intrusivo, ou seja, que se encontra no interior da Terra, é caracterizado pela predominância de sílica (SiO_2) e também possui alumínio, cálcio, potássio, ferro, magnésio e hidrogênio.

O magma é expelido pelos vulcões, que possuem o papel de respiradouro, em forma de lava a uma temperatura de 1040° a 1200°C , mas quando chega à superfície se resfria rapidamente ficando abaixo dos 800°C .

Apesar de o magma ser fluido, ele possui propriedades que se aproximam mais do sólido que do líquido; sua fluidez depende dos componentes (especialmente a SiO_2 e os gases dissolvidos) e da temperatura — quanto mais quente menos viscoso, ou seja, mais fluido.

Os gases dissolvidos no magma não interferem em sua densidade, mas são muito importantes para determinar outras propriedades, por exemplo, a pressão. Os gases mais presentes são vapor de água e dióxido de carbono. Encontram-se também nitrogênio, cloro, enxofre e argônio.

3.3.2 — O Tectonismo: Terremotos e Maremotos

A Terra é abalada por tremores chamados de terremotos que causam vibrações devido ao movimento das placas tectônicas que constituem a litosfera e estão sobre o manto. Na maior parte do tempo, o mergulho das placas é contido pelo atrito entre suas bordas, o que, como já dissemos, causa um imenso acúmulo de energia nessas extremidades. Os terremotos acontecem quando a tensão vence a resistência e as rochas se rompem, liberando essa energia acumulada. As vibrações causadas, ou ondas sísmicas viajam em todas as direções.

A força de arrasto que atua nas placas, produzida pelas correntes de convecção no manto, é contrabalançada parcialmente pelo atrito entre as diversas placas, caso as correntes sejam convergentes. Nesses casos uma incrível pressão se acumula na vasta interface entre as duas placas, conhecida como falha. Algumas vezes essa tensão é aliviada toda de uma vez, na forma de um grande terremoto. O ponto inicial de liberação dessa energia é chamado de foco do terremoto. E a superfície que se encontra acima do foco é chamada de epicentro.

As ondas mecânicas transmitidas são ondas sísmicas que se espalham em todas as direções. Elas são perturbações elásticas que podem ser de dois tipos: ondas compressoriais (ou longitudinais) e ondas cisalhantes (ou

transversais). As primeiras deformam materiais alternando pulsos de compressão e expansão agindo na direção do movimento da onda. Compressão e expansão provocam mudanças em volumes e densidades do meio. Por isso, elas podem atravessar sólidos, líquidos e gases (Skinner, 1987). No segundo tipo cada partícula desloca-se perpendicularmente na direção do movimento da onda (Skinner, 1987).

Quando os terremotos ocorrem em regiões oceânicas são chamados de maremotos (ou pela palavra tsunami de origem japonesa) e provocam grandes ondas. Sabe-se que quase todos os terremotos geradores de tsunami surgem em zonas de subducção, ou seja, imensas fossas no fundo do mar. Essas áreas se formam onde uma placa tectônica da crosta terrestre se projeta para debaixo da outra (fig. 15).

Gurnis (2007) comenta que Bradford Hager, em meados da década de 80, propôs como teoria que um fluxo de baixa densidade ascende em direção à superfície e a força deste fluxo empurra para cima o fluido de alta densidade que se encontra sobre ele. Esse movimento de ascensão suave cria um excesso de massa, e, portanto uma maior gravidade, próxima à superfície do planeta. Segundo este modelo a gravidade pode ser menor sobre o material denso e frio na medida em que a matéria pesada afunda e traz consigo a massa que já esteve perto da superfície. Esta idéia explica a origem de uma faixa de baixa gravidade nas zonas de subducção, ou seja, parte do assoalho oceânico frio subductado ainda deve estar afundando no manto e ao mesmo tempo rebocando para baixo a superfície do planeta.

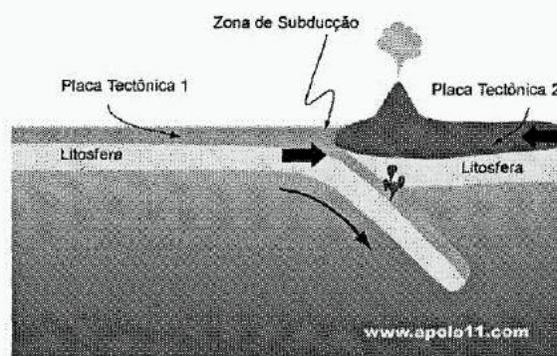


Fig. 15 Esquema da Zona de subducção (<http://revistaepoca.globo.com>)

O tsunami de 2004 (leste do oceano Índico, na costa oeste de Sumatra, Indonésia) foi devido ao escorregamento da Placa Indiana para um nível mais

baixo que o da Placa da Eurásia ao longo da zona de subducção Sumatra-Andaman.

Em 1833, já havia ocorrido grandes terremotos nas partes ao sul dessa zona de falha que chegaram à magnitude 9 na escala Richter, assim, os especialistas estavam em alerta para novos incidentes. Entretanto o tsunami de 2004 surgiu na parte superior dessa região, a noroeste de Sumatra. Registros anteriores mostravam movimento ao longo da zona de subducção muito mais lento, por isso não estava claro se as forças poderiam se acumular a ponto de resultar em tremores tão violentos (Geist et al.2006).

CAPÍTULO IV

O CALOR INTERNO DA TERRA.

Desde a Antiguidade sabe-se que o interior da Terra é quente, uma evidência disto sendo as erupções vulcânicas, no entanto as causas disto eram até meio século atrás muito pouco compreendidas. Há diversas fontes deste calor, como veremos neste capítulo.

Estimativas detalhadas de quanto calor é gerado no total e de qual é a contribuição de cada processo estão fora do objetivo desta monografia, mas a medida precisa do fluxo de calor geotérmico foi essencial para a compreensão destas questões. Estas medidas começaram a serem feitas de forma mais precisa a partir do Ano Geofísico Internacional de 1957. Segundo Emiliani (1992), a temperatura interna da Terra aumenta de 15°C, em média, na superfície, para 6000°C no centro terrestre. Como exemplo, no buraco mais fundo feito pelo homem na Terra, localizado na península de Kola no norte da Rússia, a variação média de temperatura é de 16,67°C/km até 12 km. Por extrapolação, a temperatura na base da crosta, que é de 35 km, deveria ser 583°C.

O fluxo de calor é dado por:

$$Q = k(\Delta T/z)$$

onde Q é o calor por unidade de tempo e de área, k é a condutividade térmica, z é a distância vertical e ΔT é a diferença de temperatura, que pode ser medida em Celsius ou Kelvin. Medidas do fluxo de calor envolvem assim a medida da diferença de temperatura entre dois pontos ao longo da linha vertical dentro da Terra sólida e da condutividade da rocha ou sedimento entre os dois pontos. A condutividade térmica da rocha é determinada aquecendo um núcleo da rocha em uma extremidade e medindo o crescimento da temperatura ao longo do núcleo. A taxa com a qual a temperatura da rocha aumenta é proporcional à condutividade da rocha.

Esse fluxo de calor varia de ponto para ponto da superfície terrestre, mas está sempre presente, sendo evidência clara de que calor está sendo gerado no interior da Terra ou que foi gerado no passado.

Há diversas fontes deste calor interno da Terra, a principal sendo o decaimento radioativo de isótopos radioativos com meias-vidas muito longas. Este mecanismo também é chamado de radiogênico. Entre estes isótopos radioativos podemos citar:

| Isótopo radioativo | Meias-vidas |
|-------------------------------|------------------------------------|
| ^{238}U (Urânio 238) | $t_{1/2} = 4,468 \times 10^9$ anos |
| ^{235}U (Urânio 235) | $t_{1/2} = 704 \times 10^6$ anos |
| ^{232}Th (Tório 232) | $t_{1/2} = 14,05 \times 10^9$ anos |
| ^{40}K (Potássio 40) | $t_{1/2} = 1,277 \times 10^9$ anos |

O calor produzido pelo decaimento radioativo das rochas pode ser verificado na próxima tabela:

| Tipos de rochas | Concentração de elementos (10^{-6}) | | | Produção de Calor ($10^{-6} \text{ cal.g}^{-1} \text{ anos}^{-1}$) | | |
|-----------------|---|------|--------|--|-------|-------|
| | U | Th | K | U | Th | K |
| Granito | 4,7 | 18,0 | 40,000 | 3,4 | 4 | 1,08 |
| Diorite | 2,6 | 9,0 | 25,000 | 1,9 | 1,8 | 0,67 |
| Peridotite | 0,015 | 0,01 | 300 | 0,011 | 0,002 | 0,008 |

Num segundo mecanismo, no processo de condensação da Terra ocorrido cerca de 4 bilhões de anos atrás, átomos isolados ou pequenos aglomerados de matéria chamados planetesimais caíram em direção a um centro de gravidade comum. A energia potencial gravitacional foi assim transformada em cinética e esta transformada em calor. Muito desse calor foi irradiado, mas uma parte ainda resta. No final desse processo de formação da Terra deve ter tido uma distribuição de temperatura inversa à atual, ou seja, fria no centro e quente próximo à superfície.

Como um terceiro mecanismo temos o deslocamento continuado de metais pesados do manto para o núcleo, certamente mais importante na época de formação da Terra que hoje.

Em resumo, acredita-se hoje que a principal contribuição para o calor terrestre vem da radioatividade natural, fenômeno descoberto apenas ao fim do século XIX.

CONCLUSÕES

Conclui-se por este trabalho que é possível realizar uma aula de Física não somente utilizando exemplos puramente didáticos, mas também fatos do dia a dia e assuntos atuais.

A Física não precisa ser restrita no ensino médio; é possível abranger seu conteúdo como, por exemplo, ensinando Física Moderna, que há muito tempo deixou de ser assunto apenas do conteúdo programático dos cursos universitários e conhecimento apenas de cientistas.

Sabendo usá-la em sala de aula o professor consegue aguçar a atenção e a curiosidade de seus alunos, sem necessariamente, se utilizar de equações a não ser para o aprofundamento de algum ponto da matéria mais específico.

Além de todos esses benefícios, este método de aula provoca também nos estudantes a reflexão dos fenômenos que estão acontecendo em sua volta em relação as suas causas e efeitos à humanidade e futuras gerações.

Com isso, o professor pode incluir nessa discussão conhecimento de outras disciplinas gerando uma interdisciplinaridade citada nos parâmetros curriculares e fazendo com que o aluno observe a importância dos assuntos abordados em sala de aula. Neste trabalho foi mostrado um exemplo de interdisciplinaridade, pois o tema abordado está relacionado com a química, física e geologia, podendo também ser estendido para a biologia.

APÊNDICE A:

PLANO DE AULA

Título: A Radiação no Interior da Terra e sua Influência em Terremotos, Maremotos e Erupções Vulcânicas.

Público alvo: alunos do ensino médio.

Tempo de Aula: cinquenta minutos

Recursos Didáticos: Livros didáticos, sites da Internet, notícias de jornais.

Pré-requisito: Conhecimento de Hidrostática, Dinâmica e Calorimetria.

| Itens | Objetivo | Conteúdo | Tempo estimado |
|---|---|---|----------------|
| O Átomo | Compreensão da estrutura atômica | Histórico, modelos propostos, tipos de radiações | 10 minutos |
| Geofísica | Conhecer a estrutura e a composição da Terra | Camadas terrestres, temperatura e composição no interior da Terra, fenômenos observados na superfície terrestre | 15 minutos |
| Influência da Radiação no Interior da Terra | Saber como a radiação produzida no interior da Terra influencia em fenômenos tectônicos, entre eles maremotos e erupções vulcânicas | Síntese dos conteúdos abordados anteriormente | 20 minutos |
| Discussão | Esclarecer as dúvidas apresentadas pelos alunos | | 5 minutos |

ANEXO

Segue em anexo alguns arquivos encontrados na Internet sobre os fenômenos abordados neste trabalho que pode ser apresentado ao aluno para sua melhor compreensão.

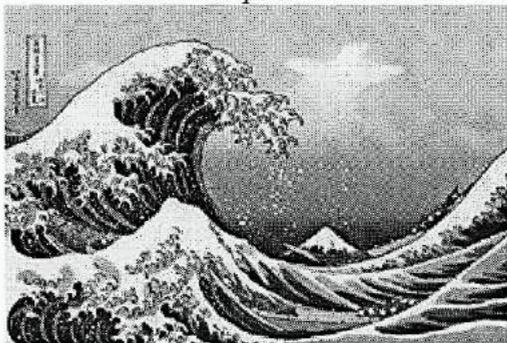
Obtido em "<http://pt.wikipedia.org/wiki/Tsunami>"

Tsunami

Origem: Wikipédia, a enciclopédia livre.

Ir para: [navegação](#), [pesquisa](#)

Nota: Se procura a banda desenhada, consulte *[Tsunami \(Marvel\)](#)*.



Uma das 33 gravuras da série Fuji, elaboradas entre 1823 e 1829, mostra um tsunami

Um **tsunami** (ou **tsunâmi**, do japonês 津波 significando literalmente *onda de porto*) é uma onda ou uma série delas que ocorrem após perturbações abruptas que deslocam verticalmente a coluna de água, como, por exemplo, um sismo, actividade vulcânica, abrupto deslocamento de terras ou gelo ou devido ao impacto de um meteorito dentro ou perto do mar. Há quem identifique o termo com "maremoto" - contudo, maremoto refere-se a um sismo no fundo do mar, semelhante a um sismo em terra firme e que pode, de facto originar um(a) tsunami.

A energia de um tsunami é função de sua amplitude e velocidade. Assim, à medida que a onda se aproxima de terra, a sua amplitude (a altura da onda) aumenta à medida que a sua velocidade diminui. Os tsunamis podem caracterizar-se por ondas de trinta metros de altura, causando grande destruição.

Nome

O termo "tsunami" vem do japonês 津波 significando *tsu* (porto) e *nami* (onda). O termo foi criado por pescadores que, vindo da pesca, encontraram o porto

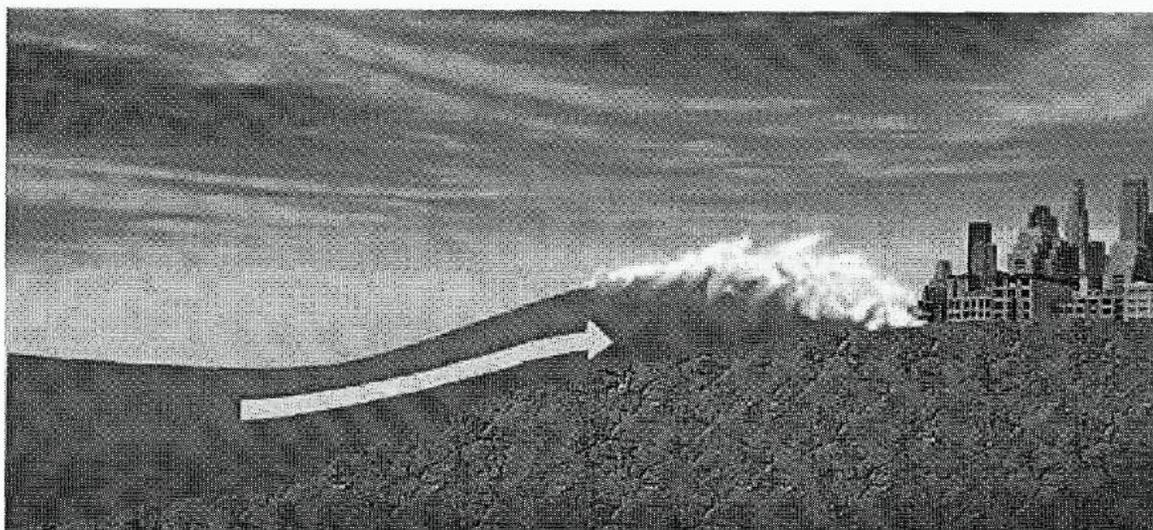
devastado, ainda que não tenham visto nem observado a onda no alto mar. As expressões "ondas de maré" (tidal waves) ou raz de maré (do francês raz-de-maré) são de evitar por constituírem, respectivamente, um anglicismo e galicismo desnecessários e enganadores, dado que os tsunamis nada têm a ver com as marés.

Causas

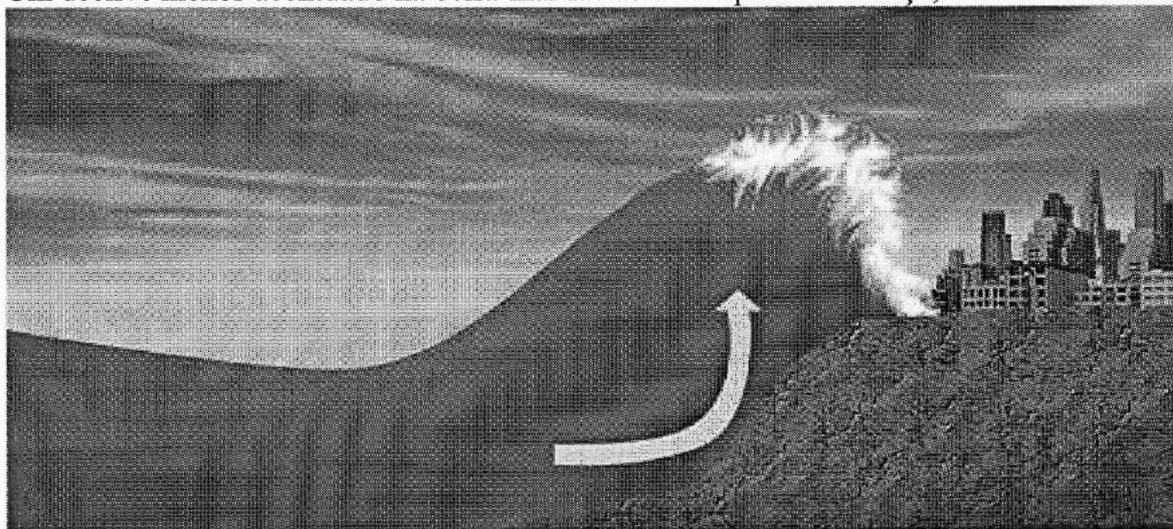
Um tsunami pode ser gerado por qualquer distúrbio que desloque uma massa grande de água, tal como um sismo (movimento no interior da terra), um deslocamento da terra, uma explosão vulcânica ou um impacto de meteoro. Os tsunamis podem ser gerados sempre que o fundo do mar sofre uma deformação súbita, deslocando verticalmente a massa de água. Os sismos tectónicos são um tipo particular de sismo que origina uma deformação da crosta; sempre que os sismos ocorrem em regiões submarinas, a massa de água localizada sobre a zona deformada vai ser afastada da sua posição de equilíbrio. As ondas são o resultado da acção da gravidade sobre a perturbação da massa de água. Os movimentos verticais da crosta são muito importantes nas fronteiras entre as placas litosféricas. Por exemplo, à volta do Oceano Pacífico existem vários locais onde placas oceânicas mais densas deslizam sob as placas continentais menos densas, num processo que se designa por subducção. Estas zonas originam facilmente tsunamis.

Deslizamentos de terra submarinos, que acompanham muitas vezes os grandes tremores de terra, bem como o colapso de edifícios vulcânicos podem, também, perturbar a coluna de água, quando grandes volumes de sedimentos e rocha se deslocam e se redistribuem no fundo do mar. Uma explosão vulcânica submarina violenta pode, do mesmo modo, levantar a coluna de água e gerar um tsunami. Grandes deslizamentos de terra e impactos de corpos cósmicos podem perturbar o equilíbrio do oceano, com transferência de momento destes para o mar. Os tsunamis gerados por estes mecanismos dissipam-se mais rapidamente que os anteriores, podendo afectar de forma menos significativa a costa distante e assim acontece o tsunami.

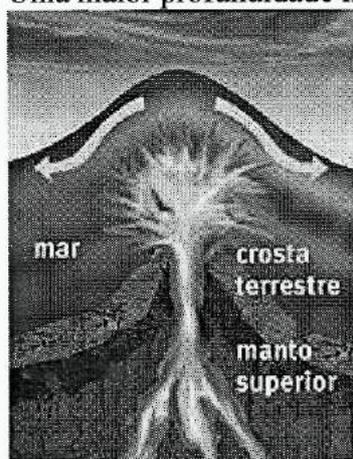
História



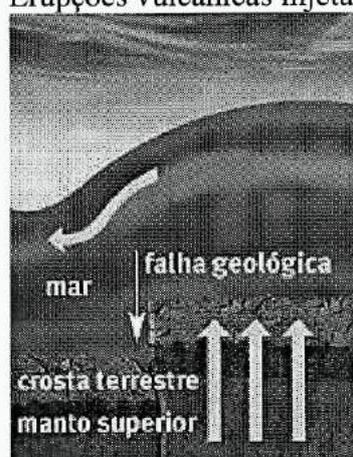
Um declive menos acentuado na beira-mar faz as ondas perderem força, atenuando o tsunami



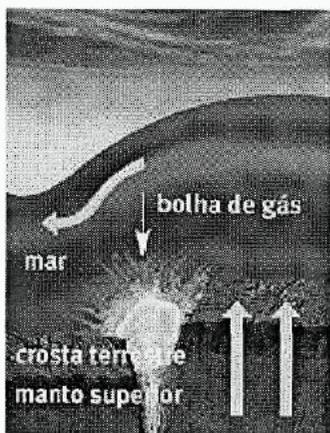
Uma maior profundidade na encosta joga as ondas para cima, amplificando a sua potência



Erupções vulcânicas injetam toneladas de lava no chão oceânico, gerando ondas devastadoras



Terremotos submarinos deslocam a crosta oceânica, empurrando a massa de água para cima



Uma bolha de gás surge no fundo do oceano, com o mesmo efeito de uma explosão descomunal

Embora os tsunamis ocorram mais freqüentemente no Oceano Pacífico, podem ocorrer em qualquer lugar. Existem muitas descrições antigas de ondas repentinas e catastróficas, particularmente em torno no Mar Mediterrâneo. Os milhares de portugueses que sobreviveram ao grande terremoto de Lisboa de 1755 foram mortos por um tsunami que se seguiu poucos minutos depois. Antes da grande onda atingir, as águas do porto retrocederam, revelando carregamentos perdidos e naufrágios abandonados. No Atlântico Norte, o Storegga Slide tem a maior incidência.

Santorini

Estima-se que terá sido entre 1650 e 1600 a.C. que ocorreu uma violenta erupção vulcânica na ilha grega de Santorini. Este fenómeno devastador levou à formação de um tsunami cuja altura máxima terá oscilado entre os 100 e os 150 metros. Como resultado deste tsunami, a costa norte da ilha de Creta foi devastada até 70km da mesma. Esta onda terá certamente eliminado a grande maioria da população minóica que habitava ao longo da zona norte da ilha.

A explosão do Krakatoa

A ilha-vulcão de Krakatoa, na Indonésia, explodiu com fúria devastadora em 1883. Várias ondas tsunami geraram-se a partir da explosão, algumas atingindo os 40 metros acima do nível do mar. Foram observadas ao longo do Oceano Índico e Pacífico, na costa ocidental dos Estados Unidos, América do Sul, e mesmo perto do Canal da Mancha. Nas costas das ilhas de Java e Sumatra, a inundaçãõ entrou vários quilômetros adentro, causando inúmeras vítimas, o que influenciou a desistência da população em reabitar a costa, e subsequente êxodo para a selva. Actualmente, esta zona é designada por reserva natural Ujung Kulon. O vulcão se desintegrou totalmente por volta de 1971, e no mesmo local do Krakatoa surgiu o Anaki Krakatoa, que cresce 5 metros por ano, hoje alcançando 800 metros de altura e frequentemente esta ativo. Suas ondas destruíram toda a vila que havia ali perto bem como o farol que orientava os navegantes, restando apenas sua base e a 50 metros dali, um novo farol foi construído.

22 de Maio de 1960: o tsunami chileno

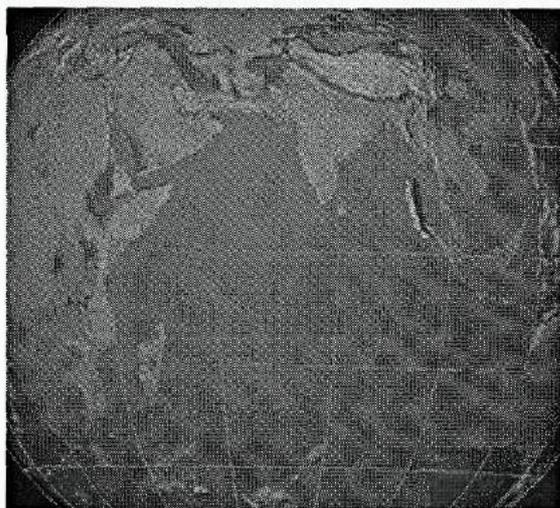
O grande terremoto do Chile, o mais intenso terremoto já registrado, ocorreu na costa sul-central do Chile, gerando um dos mais destrutivos *tsunamis* do século XX.

12 de Julho de 1993: Hokkaido

Um devastador tsunami ocorreu na costa da ilha de Hokkaido, no Japão em 12 de Julho de 1993, como resultado de um terremoto, resultando na morte de 202 pessoas na ilha de Okushiri e no desaparecimento de muitas mais.

Muitas cidades ao redor do oceano Pacífico, principalmente no Japão e Hawaii, possuem sistemas de alerta e evacuação em caso da ocorrência de tsunamis. Os tsunamis de origem vulcânica ou tectónica podem ser previstos pelos institutos sismológicos e o seu avanço pode ser monitorizado por satélites.

26 de Dezembro 2004: tsunami do Oceano Índico



Animação exemplificativa do Tsunami do Índico, em 2004.

Terremoto do Índico de 2004 disparou uma seqüência de tsunamis fatais em 26 de Dezembro de 2004, com vítimas fatais relatadas em mais de 285.000. Após a tragédia, várias organizações de ajuda humanitária e governos de vários países disponibilizaram ajuda. A maior doação particular foi feita pela guru indiana Mata Amritanandamayi, também conhecida como "Amma", a grande mãe.

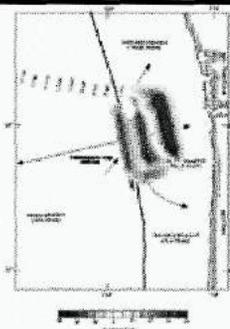
Ameaças Futuras

Em 2001, cientistas previram que uma futura erupção do instável vulcão Cumbre Vieja em La Palma (uma ilha das Ilhas Canárias) poderia causar um supergigante deslizamento de terra para dentro do mar. Nesse potencial deslizamento de terra, a metade oeste da ilha (pesando provavelmente 500 bilhões de toneladas) iria catastróficamente deslizar para dentro do oceano. Esse deslizamento causaria uma megatsunami de cem metros que devastaria a costa da África noroeste, com uma tsunami de trinta a cinquenta metros alcançando a costa leste da América do Norte muitas horas depois, causando

devastação costeira em massa e a morte de prováveis milhões de pessoas. ([1], [2]).

Outros tsunamis que ficaram na história

| Data | Magnitude | Alt. máx. | Mortes | Local |
|-------------------|------------|-----------|----------------|----------------------------------|
| 02-09-1992 | 7.2 | 10 m | 170 | <u>Nicarágua</u> |
| 12-12-1992 | 7.5 | 26 m | 1000 | <u>Ilha de Flores, Indonésia</u> |
| 12-07-1993 | 7.6 | 30 m | 200 | <u>Hokaido</u> |
| 02-06-1994 | 7.2 | 14 m | 220 | <u>Java</u> |
| 04-10-1994 | 8.1 | 11 m | 11 | <u>Ilhas Curilas</u> |
| 14-11-1994 | 7.1 | 7 m | 70 | <u>Mindoro</u> |
| 21-02-1996 | 7.5 | 5 m | 12 | <u>Peru</u> |
| 17-07-1998 | 7.0 | 15 m | 2000 | <u>Nova Guiné</u> |
| 23-06-2001 | 8.3 | 5 m | 50 | <u>Peru</u> |
| <u>26-12-2004</u> | <u>9.0</u> | | <u>+220000</u> | <u>Oceano Índico</u> |



Outros tsunamis ocorridos incluem os seguintes:

- Um dos piores desastres com tsunamis arrasaram vilas inteiras ao longo de Sanriku, Japão, em 1896. Uma onda com uma altura de mais de sete andares afogou 26 mil pessoas. Mais de trinta mil pessoas morreram em Java durante um tsunami causado por uma erupção vulcânica no ano de 1883.

Tectonismo

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Tectonismo>

Vulcões

<http://vulcaodenovaiguacu.tripod.com/>

<http://www.drm.rj.gov.br/item.asp?chave=109>

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Vulc%C3%A3o>

Terremotos

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Sismo>

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, B. e MÁXIMO, A., **Física**, vol. único, Ed. Scipione, São Paulo, 1997.
- BASILE, N. G., http://www.escolavesper.com.br/placas_tectonicas.htm acessado em 06/11/2007.
- BIGGE, M. L. **Teorias da Aprendizagem para Professores**. São Paulo, EPU/ Edusp, 1977.
- BONATTI, E. Scientific American Brasil, edição especial, 20, 2007.
- BRADY, J. e HUMISTON, G. E., **Química geral**, vol. 1, Ed. Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 1995.
- COUTINHO, M. T. da C.; MOREIRA, M. **Psicologia da Educação**. Belo Horizonte, Lê Ltda, 2001.
- DICKIN, Alan P., **Radiogenic Isotope Geology**, Cambridge University Press, 1995.
- DOMINGOS, LUÍS, http://domingos.home.sapo.pt/tect_placas_5.html acessado em 08/10/2007.
- EISBERG, R. e RESNICK, R., **Física quântica: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas**, Ed. Campus, Rio de Janeiro, 1979.
- EMILIANI, C. **Planet Earth: cosmology, geology and evolution of life and environment**, Cambridge University Press, United State of America, 1992.
- GARY, A., GLATZMAIER e OLSON, PETER, Scientific American Brasil, edição especial, 20, 2007.
- GEIST, ERIC L., TITOV, VASILY V. e SYNOLAKIS, COSTAS E., Revista Scientific American Brasil, edição 44, janeiro, 2006.
- GUIMARÃES, L. A. M; BOA, M. F. **Física: Mecânica**, Niterói, RJ: Futura, 2004.
- GURNIS, Michael, Scientific American Brasil, edição especial, 20, 2007.

- HAMBLIN, W. K. e CHRISTIANSEN, E. H., **Earth's Dynamics Systems**, ed. Prentice Hall International Limited, Estados Unidos da América, 1995.
- KAWAMURA, M. R. D.; HOSOUME, Y. **A Contribuição da Física para um Novo Ensino Médio, Física na Escola**, v. 4, n. 2, São Paulo, 2003.
- KUIPER, GERARD P. **The Earth as a Planet**, The University of Chicago Press, Chicago, Illinois, 1954.
- JÚNIOR, D. R., **Minimanual de pesquisa: física**, ed. Claranto, Minas Gerais, 2004.
- Lei das Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), Lei nº 9394 de 20 de dezembro de 1996.
- MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Física: Volume Único**. São Paulo: Scipione, 1997.
- MOTOKI, A., http://motoki5.tripod.com/Ign/Ign2004_2.pdf acessado em 08/10/2007.
- NUSSENZVEIG, H. Moysés, **Curso de física básica 4 – ótica, relatividade, física quântica**, Ed. Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1998.
- PENNA, A. G. **Introdução à História da Psicologia Contemporânea**. Rio de Janeiro, Zahar editores, 1978.
- PIMENTA, S. G. **Saberes Pedagógicos e Atividade Docente**. São Paulo, Cortez, 1999.
- SARDELLA, A., **Curso completo de química**, vol. único, ed. Ática, São Paulo, 1999.
- SKINNER, B. J. e PORTER, S. C., **Physical Geology**, ed. John Wiley & Sons, Estados Unidos, 1987.
- STUMPF, Karl, **Planet Earth**, University of Michigan Press, Estados Unidos, 1960.
- YAMAMOTO, K. et al. **Os Alicerces da Física**. 3ª ed. São Paulo, Saraiva, 1990.
- <http://revistaepoca.globo.com/Epoca/0,6993,EPT883833-1655,00.html> acessado em 31/08/2007.

- http://br.geocities.com/radioativa_br/pagina6.htm acessado em 07/10/2007.
- TOLEDO, Maria Cristina Motta de, http://www.igc.usp.br/geologia/a_terra.php acessado em 08/10/2007.
- http://www.escolavesper.com.br/images/placas_tectonicas_vesper.JPG acessado em 06/11/2007.