



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Instituto de Geociências

CAROLINE ANDREASSA CARACHO

A CONSTRUÇÃO DA TEORIA DA TECTÔNICA DE PLACAS: UM DIÁLOGO COM
A SOCIOLOGIA DA CIÊNCIA

CAMPINAS

2019

CAROLINE ANDREASSA CARACHO

A CONSTRUÇÃO DA TEORIA DA TECTÔNICA DE PLACAS: UM DIÁLOGO COM
A SOCIOLOGIA DA CIÊNCIA

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO INSTITUTO DE
GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
CAMPINAS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
MESTRA EM ENSINO E HISTÓRIA DE CIÊNCIAS DA
TERRA

ORIENTADOR: PROF. DR. ANTONIO CARLOS VITTE

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL
DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA
CAROLINE ANDREASSA CARACHO E ORIENTADA
PELO PROF. DR. ANTONIO CARLOS VITTE

CAMPINAS

2019

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Geociências
Marta dos Santos - CRB 8/5892

C175c Caracho, Caroline Andreassa, 1993-
A construção da teoria da tectônica de placas : um diálogo com a sociologia da ciência / Caroline Andreassa Caracho. – Campinas, SP : [s.n.], 2019.

Orientador: Antônio Carlos Vitte.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.

1. Ciência - Aspectos sociais. 2. Tectônica de placas. 3. Geociências - História. 4. Teoria ator-rede. 5. Ilustrações científicas. I. Vitte, Antônio Carlos, 1962-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: The construction of the theory of plate tectonics : a dialogue with the science and technology studies

Palavras-chave em inglês:

Science - Social aspects

Plate tectonics

Geosciences - History

Actor-network theory

Scientific illustrations

Área de concentração: Ensino e História de Ciências da Terra

Titulação: Mestra em Ensino e História de Ciências da Terra

Banca examinadora:

Antônio Carlos Vitte [Orientador]

Pedro Wagner Gonçalves

Márcia Regina Barros da Silva

Data de defesa: 31-05-2019

Programa de Pós-Graduação: Ensino e História de Ciências da Terra

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0001-7325-7171>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/8772663211468326>



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

AUTORA: Caroline Andreassa Caracho

**A CONSTRUÇÃO DA TEORIA DA TECTÔNICA DE PLACAS: UM DIÁLOGO COM
A SOCIOLOGIA DA CIÊNCIA**

ORIENTADOR: Prof. Dr. Antonio Carlos Vitte

Aprovado em: 31 / 05 / 2019

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Antonio Carlos Vitte - Presidente

Prof. Dr. Pedro Wagner Gonçalves

Profa. Dra. Márcia Regina Barros da Silva

A Ata de defesa com as respectivas assinaturas dos membros, encontra-se disponível no SIGA - Sistema de Fluxo de Dissertação e na Secretaria de Pós-graduação do IG.

Campinas, 31 de maio de 2019.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer minha família pelo apoio durante todos esses anos. Aos meus amigos de todos os círculos sociais possíveis.

Aos professores da pós-graduação, incluindo meu orientador. Também aos professores que passaram pela minha vida, durante diversas formações ao longo desses anos.

Agradeço também aos meus animais de estimação que, indiretamente, me ajudaram também.

EPÍGRAFE

“Metade de nossa política é feita nas ciências e nas técnicas. A outra metade da natureza se faz nas sociedades. Se reunirmos as duas, a política renasce. É pouco homologar publicamente aquilo que já se faz?”

(Bruno Latour)

“Precisamos, desesperadamente, fabricar essas testemunhas, essas narrativas, essas celebrações. E precisamos, principalmente, do que testemunhas, narrativas e celebrações podem transmitir: a experiência que assina a produção de uma conexão bem-sucedida entre a política e a produção experimental, sempre experimental, de uma capacidade nova de agir e pensar. Tal experiência é o que, no rastro de Espinosa e de muitos outros, eu chamarei de alegria.”

(Isabelle Stengers)

RESUMO

O trabalho tem como objetivo problematizar a construção da Teoria da Tectônica de Placas através dos processos de exploração marinha ocorridos entre os anos 40 até o final dos anos 60, discutindo-a através das práticas laboratoriais dos navios-pesquisa, utilizados nas expedições marinhas, e por meio dos artigos científicos publicados pelos cientistas atuantes. Essa discussão baseia-se metodologicamente em alguns aspectos da teoria Ator-Rede de Bruno Latour e também de outras discussões acerca dos estudos em Sociologia das Ciências dos anos 80. Assim, mediante livros e artigos documentais acerca da História da Tectônica de Placas, as portas dos laboratórios são abertas para a discussão do fazer científico e da produção de suas imagens.

Uma análise conceitual através da historicidade das práticas científicas – passando pelas transformações conceituais acerca do entendimento e funcionamento da dinâmica terrestre - é realizada a partir do evento marcante do Terremoto de Lisboa de 1755 até o advento da Teoria da Tectônica de Placas por meio de uma análise discursiva e imagética. Para esta última serão utilizados o conceito de objetividade imagética de Lorraine Daston e análises acerca das imagens em Geociências de Rudwick.

A intenção é retomar uma história das ciências não enclausurada, desconectada do passado e, sim, abordar de forma crítica para que discussões transdisciplinares possam ocorrer através dessa temática e possam acrescentar tanto para o leigo quanto para o cientista uma contextualização crítica acerca das práticas científicas dentro da área de Ciências da Terra. Tal importância se deve ao fato de ser uma área diretamente ligada aos recursos terrenos e dialoga diretamente com a ampla exploração e escassez dos mesmos, levando a consequências, muitas vezes, irreversíveis.

Palavras-chave: Ciência – aspectos sociais. Tectônica de Placas. Geociências - História. Teoria Ator-Rede. Ilustrações Científicas

ABSTRACT

The objective of this work is to study the construction of the Plate Tectonics Theory through the marine exploration processes that occurred between the 1940s and the end of the 1960s, discussing it through the laboratory practices of the research vessels used in marine expeditions, by the means of scientific articles published by the acting scientists. This discussion is methodologically grounded in some aspects of Bruno Latour's Theory-Network theory and also of other discussions about studies in sociology of science in the 1980s. Thus, through books and documentary articles on the History of Plate Tectonics, the doors of laboratories are open to the discussion of scientific doing and the production of their images. A conceptual analysis across the historicity of scientific practices - going through the conceptual transformations about the understanding and functioning of the terrestrial dynamics - is realized from the landmark event of the Lisbon Earthquake of 1755 until the advent of Plate Tectonics Theory by an analysis discursive and imagery. For the latter, Lorraine Daston's concept of image objectivity and analysis of images in Rudwick's Geosciences will be used.

The intention is to retake a history of the sciences not cloistered, disconnected from the past, but to critically address the fact that transdisciplinary discussions can occur through this subject and can add to both the layman and the scientist a critical context about the scientific practices within of Earth Sciences. Such importance is due to the fact that it is an area directly linked to the earth resources and it dialogues directly with the wide exploitation and scarcity of the same, leading to consequences, many times, irreversible.

Keywords: Science - Social aspects. Plate tectonics. Geosciences - History. Actor-Network Theory. Scientific Illustrations.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2. 1. Esquema explicando os modelos metodológicos em história e estudos das ciências. Retirado de Bruno Latour (1994, p.94, figura 10)	22
Figura 4. 1 Linha cronológica da construção da Teoria da Tectônica de Placas. Autoria própria.....	39
Figura 4. 2. Esquema simplificado sobre concepções da Teoria da Tectônica de Placas. Autoria própria.	40
Figura 4. 3. Representação da Teoria da Terra em Expansão. As camadas de continentes eram as mesmas desde o princípio e foram se expandindo. Retirado de Menard (1986), nos anexos entre as páginas 118 e 1991.....	43
Figura 4. 4. Analogia utilizada como modelo para ilustrar a Teoria da Terra em Expansão, cogitada por muito tempo e, hoje, considerada pseudociência. Os pentágonos seriam os blocos continentais (placas continentais). Ao expandir de tamanho esses blocos se afastariam gerando esses vão entre os espaços e explicando, assim, a deriva continental. Retirado de Carey (1976).	43
Figura 4. 5. Marie Tharp confeccionando o primeiro mapa do assoalho oceânico a partir dos dados batimétricos. Retirado do site do Observatório de <i>Lamont-Doherty</i> [<i>Lamont-Doherty Earth Observatory</i>]. Disponível em < https://www.forbes.com/sites/davidbressan/2018/07/330/hundreds-missing-and-many-feared-dead-after-laos-dam-collapse/#78f7cf857f91 > e < https://www.ideo.columbia.edu/news-events/remembered-marie-tharp-pioneering-mapmaker-ocean-floor >	45
Figura 4. 6. Maurice Ewing trabalhando no mar, estudando registros sísmicos que estão espalhados em uma folha de plotagem de sons de águas profundas. Figura provável dos anos de 1950. O resultado final em um sismograma não nos mostra a dimensão do trabalho humano e do processo de análise das quantificações como essa imagem. Retirado e traduzido em partes de Menard (1986), entre as páginas 222 e 223.....	51
Figura 4. 7. Dietz, Stewart e Menard, por volta de, provavelmente, 1954. Trabalhando como não declarados [clandestinos], nos finais de semana como geólogos mergulhadores de consultoria para empresas de petróleo. Não explicitado na fonte, um dos motivos pode ser devido a questões econômicas. As relações com empresas petrolíferas não são muito faladas, porém impossíveis de serem escondidas dentro da História da Tectônica de Placas. Retirado e traduzido em partes de Menard (1986), entre as páginas 222 e 223.	52
Figura 4. 8. Dragagem no golfo do Alaska depois do levantamento no da escarpa do Mendocino em 1951. Menard à esquerda e Stewart à direita. Retirado e traduzido de Menard (1986), entre as páginas 222 e 223.....	52
Figura 4. 9. Embarcando no navio Eltanin, exaltada como uma importante expedição devido à obtenção do perfil magnético Eltanin-19 que veremos posteriormente neste trabalho. Retirando de Oreskes (2001, p.87).	53
Figura 4. 10. Roger Revelle no mar na expedição de capricórnio. O amigo jovem é Gustaf Arrhenius (tirado dos arquivos de Scripps), de acordo com Menard. Aqui podemos ver uma brincadeira dentro da relação cientista e laboratório, sujeito e instrumento. Retirando de Menard (1986), entre as páginas 222 e 223.....	53
Figura 4. 11. Rotas dos navios de Lamont. A rota do Eltanin-19 está em destaque. De acordo com Menard, obviamente foi necessário manipular os dados por computador para	

produzir perfis perpendiculares para a Elevação do Leste do Pacífico. Essa é uma ilustração em computador produzida por Dennis Hayes. Retirado de Menard (1986), nos anexos entre as páginas 118 e 119.	57
Figura 4. 12. Rede simplificada de laboratórios, recursos e cientistas participantes dentro das pesquisas de exploração marinhas. Autoria própria.....	59
Figura 4. 13.. Esquema resumido de como funcionava a detecção de submarinos inimigos por meio dos magnetômetros fluxgate do tipo ASQ-X (MAD – Magnetic Airborne Detector, o X seria um número que representaria a versão do magnetômetro em questão), através dos aviões ou helicópteros chamados ASW (Anti-Submarine Warfare). Posteriormente, o magnetômetro ASQ-3A foi utilizado para aquisição de dados marinhos em pesquisas voltadas para geologia e geofísica (MENARD, 1986; ORESKES, 2001). Retirado de Global Security (2016). Imagem meramente representativa.	66
Figura 4. 14. As listras magnéticas descobertas nos anos 50 por Mason, Raff e Vacquier, apresentando os “offsets” das zonas de fratura. A pesquisa foi do sul ao norte por um período de anos. As curvas mostradas são perfis magnéticos. Retirado de Menard (1986), nos anexos entre as páginas 118 e 119.	67
Figura 4. 15. Anomalias magnéticas do Noroeste do Pacífico obtidos por Mason e Raff. É possível notar um padrão zebrado pelas diferenças de polaridades magnéticas de acordo com as faixas brancas e pretas alternadas. Retirado de Frankel (1982) com referência ao artigo de Raff e Mason (1961).	68
Figura 4. 16. Esquematisação da Dorsal de Juan de Fuca em conjunto com as falhas geológicas encontradas no Noroeste do Pacífico, retirada do artigo original de Tuzo Wilson. É possível delimitar a relação das faixas de anomalias magnéticas pela contribuição de Vine aos estudos da Dorsal Juan de Fuca e os epicentros, esquematizando a dinâmica da crosta nessa região. Retirado de Wilson (1965).	81
Figura 4. 17. Perfil Eltanin-19 representado pela curva central. É possível reparar na incrível simetria entre as anomalias magnéticas positivas e negativas entre os dois lados da Dorsal (região central do esquema abaixo). O modelo computadorizado dos dados estimado para a área (última curva) também corresponde bem aos dados obtidos nela (Eltanin-19). A primeira curva corresponde ao perfil reverso. Retirado de Frankel (1982) com referência ao artigo de Pitman e Heitzler (1966, p.1164).	84
Figura 4. 18. Esquematisação explicando as falhas transformantes retirada do artigo original de Tuzo Wilson (1965). O esquema (a) representa duas Dorsais que se expandem ligadas por uma Falha Transformante do tipo Dorsal-Dorsal (Ridge-Ridge Transform Fault), enquanto o esquema (b) representa a mesma situação em um tempo posterior. O esquema (c) representa uma Falha Transcorrente cortando uma Dorsal e o esquema (d) a mesma situação após certo tempo. O movimento do primeiro caso não mudou o deslocamento aparente. Wilson diz que a falha de San Andreas seria um exemplo de Falha Transformante Dorsal-Dorsal (Ridge-Ridge). Retirado de Wilson (1965) e Orekes (2001).....	85
Figura 4. 19. Primeiras medições sísmicas do fundo do oceano de Vine e Ewing. Figura retirada de Bradner, 1964, p.209. Podemos analisar a esquematização de tais parâmetros, a disposição dos geofones, dos explosivos que reverberarão o som a ser detectado (bombs) e alguns peixinhos e passarinhos para fins estéticos, talvez para representar o mar simplesmente, não usuais formalmente em artigos científicos hoje em dia.	89

Figura 5. 1. Gravura em cobre, feita no ano de 1755 representando o grande terremoto de Lisboa de 1 de novembro de 1755. Ela apresenta a cidade e ruínas em chamas. Mostra o

tsunami varrendo a costa e destruindo o cais. Também é digno de nota o fato de mostrar o grande distúrbio da água no porto, que fez com que diversos navios afundassem.

Passageiros no canto esquerdo mostram sinais de pânico. Fonte: The Earthquake Engineering Online Archive - Jan Kozak Collect. Retirado de:

https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:1755_Lisbon_earthquake.jpg 122

Figura 5. 2. Imagem de 1774. “Tab. XCIII. Para geografia c) O terramoto em Lisboa. Uma rua com casas danificadas e derrubadas. No final, está uma igreja cujas colunas caíram. Aqui e ali correndo timidamente ou meio enterrado entre as ruínas, lutando com a morte. Alguns cadáveres, incluindo uma carruagem virada na rua. Um sobe os escombros, enchendo a porta de sua casa. Chamas subindo atrás das casas de uma grande conflagração causada pelo fogo dos fogões despedaçados (era 1755 contra o inverno).

(Descrição de acordo com a fonte)”. Fonte: *J. B. Basedows Elementarwerk mit den Kupfer tafeln Chodowieckis u.a.* Kritische Bearbeitung in drei Bänden, herausgegeben von Theodor Fritsch. Dritter Band. Ernst Wiegand, Verlagsbuchhandlung Leipzig 1909. Retirado de: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chodowiecki_Basedow_Tafel_93_c.jpg 123

Figura 5. 3. "Alegoria ao Terramoto de 1755", por João Glama Strobërle. Fonte: Museu Nacional de Arte Antiga, Lisboa. Retirado de:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alegoria_ao_Terramoto_de_1755,_Jo%C3%A3o_Glama_Strob%C3%ABrle.png 123

Figura 5. 4. De acordo com a legenda do trabalho de Amador (2017), “A e B representam respectivamente o polo Norte e o Sul, o primeiro de onde partiriam as águas e o segundo onde retornariam. Legenda da figura: CCC – ‘veia cava’, D – veias secundárias, E – hidrophilacies, F – depósitos de materiais inflamáveis”. Retirado de Amador (2017), p.294.

..... 125

Figura 5. 5. De acordo com Amador (2017, p.294), a figura representa a “determinação da localização da câmara onde se formam as exalações. Na figura, F e EEE representam, respectivamente, veias secundárias e lagos exteriores ao círculo. Nestes últimos teria sido possível observar os efeitos do tremor de terra (seiches)”. Retirado de Amador (2017), p.294.

..... 126

Figura 5. 6. “Dano produzido por um terremoto nas casas de madeira de boa qualidade em Valdívia, no Chile, em 1960. Fonte: NGDC Natural Hazards Slides with Captions Header.

Autor: Pierre St. Amand. Retirado de: https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Valdivia_after_earthquake,_1960.jpg 129

Figura 5. 7. Navio afundado Carlos Haverbeck e Canelos – Chile, Outono de 1960. Data da foto novembro de 1960. Fonte: Origem vem do proprietário e detentor dos direitos autorais da imagem (fotógrafo) e foi liberada – Buonasera. 130

Figura 5. 8. Legenda retirada de Daston e Galison (1992, p.115): “Polígrafo portátil. Este dispositivo foi projetado para medir, inter alia, o pulso do coração, o pulso das artérias, a respiração e a contração muscular. Para E.J. Marey, essas e outras figuras produzidas automaticamente eram duplamente importantes: primeiro, transcendiam a divisão e a incompletude da linguagem e, segundo, capturavam, sem interpretação, o que os sentidos humanos nunca conseguiam. De Marey, *La Méthode graphique dans les sciences expérimente* (Paris, 1878), 457. ». Retirada de Daston e Galison (1992, p.115) 132

Sumário

1. Introdução.....	13
2. Metodologia	18
2.1. Base Teórica do trabalho em relação aos estudos de ciência e imagens.....	18
2.2. Metodologia para a análise dos documentos utilizados.....	25
3. Contextos e discussões sobre a história acerca das concepções de dinâmica terrestre.....	27
3.1. De castigo divino ao entendimento dos processos sobre a dinâmica terrestre: o Terremoto de Lisboa de 1755	27
3.2. Resumo sobre concepções acerca do movimento terrestre: sobre a causa e origem dos terremotos e a origem das montanhas	32
4. Resultados e Análise: Recontando a História da Tectônica de Placas	38
4.1. Pequeno Resumo Cronológico	38
4.2. Deriva Continental, Teoria da Contração e Teoria da Expansão da Terra.....	40
4.3. Exploração Marinha e Teoria da Expansão do Assoalho Oceânico.....	44
4.4. Os navios como laboratórios.....	49
4.5. Advento de novas teorias	61
4.6. Desenvolvimento do Paleomagnetismo.....	62
4.7. Padrão Zebrado.....	65
4.8. Hipótese de Vine-Matthews-Morley	74
4.9. Eltanin-19 – O Perfil “Mágico”	82
4.10. Falhas Transformantes	85
4.11. Rússia, Guerra Fria e estudos nucleares: relação com os laboratórios (como o de <i>Lamont</i>) e os estudos em Ciências da Terra.....	86
5. Discussões mais abrangentes sobre os processos de desenvolvimento científico e tecnológico com relação à dinâmica terrestre	95
5.1. Análise de artigos científicos e livros lançados no momento de tal processo histórico utilizando como base em Ciência em Ação de Bruno Latour	95
5.2. Análise sobre os ensaios de Kant acerca do Terremoto de Lisboa de 1755	104
5.3. Debate sobre a imagética nas Ciências da Terra	121
6. Conclusões Finais	135
Referências Bibliográficas.....	140
ANEXO A : GLOSSÁRIO -TERMOS TÉCNICOS E CIENTÍFICOS	144

1. Introdução

O presente trabalho tem como objetivo tratar de questões acerca dos processos científicos que culminaram na construção da teoria da Tectônica de Placas, principalmente os que giram em torno do desenvolvimento da exploração marinha entre os anos 40 e final dos anos 60. Para isso, primeiramente, serão apresentadas e contextualizadas algumas teorias antigas acerca do funcionamento da dinâmica terrestre, tais como causas e origens de terremotos e montanhas. Tal análise será feita a partir do Terremoto de Lisboa de 1755, até tocar nos desenvolvimentos e pesquisas marinhas no século XX e o advento da Teoria da Tectônica de Placas, onde o assunto será exprimido de maneira mais aprofundada.

Tais processos científicos no século XX, relatados neste trabalho, estão correlacionados com os desenvolvimentos ocorridos em diversas áreas dentro das Ciências da Terra, tais como a Geofísica e a Oceanografia, ao mesmo tempo que estão ligados à uma nova concepção de dinâmica terrestre. É possível tratar esse trecho da história, portanto, como uma Revolução Científica? Mostrar que houve uma forte ruptura conceitual no modo de se ver a Terra e seus processos dinâmicos? Apesar da abordagem de progresso científico e ruptura através de revoluções ser a mais comum ao se escrever temas dentro da área denominada História das Ciências e das Tecnologias¹, o trabalho tem como proposta trazer outro olhar discursivo acerca dos estudos científicos para a área de Ciências da Terra. Baseando-se em metodologias que seguem estudos contemporâneos, em geral pós-foucaultianos, principalmente desenvolvidos a partir dos anos 80, foram utilizados, principalmente, autores dos chamados estudos de Sociologia da Ciência e da Técnica tais como Bruno Latour e Lorraine Daston.

Em tal escolha permeia-se, de fato, uma ideologia baseada em uma genealogia dos saberes. Assim, é necessário entender, inicialmente, os processos dados através das atividades do cientista em ação, através de sua prática laboratorial e de sua escrita de conteúdo, tais como obtenção de dados,

¹ Os livros utilizados como documentos e base neste trabalho seguem, no geral, uma metodologia baseada em Thomas Kuhn, que trata os processos científicos através de grandes Revoluções Científicas. A abordagem neste estudo será outra apesar de utilizar-se destes trabalhos.

processamentos, escrita de artigos, competições laboratoriais internas, para estender, daí, tais redes com suas relações ligadas ao convencimento de pares externos, investidores, contextualizações políticas e etc. Começar pelas bordas da construção dos fatos e saberes para depois transpassar por redes maiores até os focos mais centrais, que influenciam o direcionamento e o investimento e que permitem advento tecnológico de tais práticas (FOUCAULT, 1999). Ou seja, partir, a princípio, pelos “sujeitos atuantes”² – os cientistas – e tratar a ciência como uma prática não separada do humano (sujeito atuante), em conjunto suas criações maquinárias, advindas de um longo processo de pesquisa e construção de objetividades.

Ao tratar a ciência como prática humana (social), a premissa é a de contestar sua neutralidade, indo contra um viés histórico positivista baseado em um progresso científico linear. As práticas científicas são advindas de um solo histórico, que é modificado, mas nunca totalmente eliminado, assim há uma desvantagem em tratar uma história da ciência baseada em revoluções que implicam em uma ruptura para com o passado, linear. A questão não é sucumbir à uma moralidade de progresso e melhora linear científica e, sim, entender as transformações e processos

² As aspas aqui denotam uma característica metodológica de Latour com relação a simetria Sociedade [Cultura] e Natureza. Para ele essa dicotomia é uma concepção coletiva moderna que acaba produzindo assimetrias no discurso e discussão acerca das problematizações científicas. Ao quebrar os dualismos, propondo de fato uma simetria que considera tanto as construções do pólo do que dividimos como Natureza e do pólo que dividimos como Cultura, precisamos atuar nessas fronteiras para se fazer de fato uma crítica simétrica sobre tais práticas. Assim os objetos e sujeitos seriam na verdade híbridos “sujeitos-máquinas”. O orgânico não estaria separado do artificial, os híbridos estariam justamente nessa fronteira de separação entre orgânico e máquina. Citando Latour (1994, p.102): “Como é possível que alguém não veja uma diferença radical entre a natureza universal e a cultura relativa? Mas a própria noção de cultura é um artefato criado por nosso afastamento da natureza. Ora, não existem nem culturas – diferentes ou universais – nem uma natureza universal. Existem apenas naturezas-culturas, as quais constituem a única base possível para comparações. A partir do momento em que levamos em conta tanto as práticas de mediação quanto as práticas de purificação, percebemos que nem bem os modernos separaram os humanos dos não-humanos nem bem os “outros” superpõem totalmente os signos e as coisas (Guille-Escuret, 1989)”. Isso não venho apenas com esses autores mas é uma discussão filosófica contemporânea, defendida por filósofos tais como Jacques Derrida vide (PINTO NETO, 2013, p.135): “Em meio aos debates, a questão em torno da natureza da escritura matemática é levantada e as respostas se encaminham na direção da dependência da matemática em relação à escrita e seu caráter completamente não-fonético. As teses retomam também a introdução à “Origem da Geometria”, de Husserl, em torno da escritura como condição da geometria (isto é, da possibilidade de idealização) e lançam para adiante da gramatologia, fazendo a interface com a cibernética e a diluição do binômio natural/artificial (natureza/cultura) que ela buscará trabalhar.” Não é possível se adentrar por demasiado nesses temas, porém é interessante ressaltar de onde essas influências surgiram. Elas também dialogam com Donna Haraway em seu *Manifesto Ciborgue*, entre outros estudos da pensadora (HARAWAY, KUNZRU & TADEU, 2000).

que levaram às mudanças em suas práticas e à obtenção de objetividades aplicadas a procedimentos que estão ligados à diversos interesses, sejam científicos, políticos ou econômicos. Além disso, os fatores que ligam as relações de um atuante com o mundo, suas disposições, interesses e etc., são essenciais para uma análise não redutora de um processo histórico-científico. Muitos autores, tais como Thomas Kuhn, mesmo sendo um dos primeiros filósofos-historiadores das ciências a considerar fatores sociais em suas análises, separam uma história interna e externa das ciências o que elimina o caráter de redes e interfaces dessas discussões (BLOOR, 1976; LATOUR, 1994; SHAPIN & SCHAFFER, 2005).

A escolha por tal metodologia, que visa eliminar uma dualidade de fatos internos e externos dentro da construção e escrita de história das ciências, são as circunstâncias que mostram que os processos em Ciências da Terra do século XX estão imbricados em uma ampla rede laboratorial, em conjunto com interesses e investimentos empresariais e bélicos e com diversas áreas novas criadas através de um processo de hiperespecialização na pesquisa científica. Discorre-se, no trabalho, uma problematização crítica que, ao invés de reduzir a prática à um centro que dita os interesses ou tratar a prática científica como algo totalmente isolado das relações para com o mundo, pretende explorar a prática laboratorial de tais pesquisas marinhas e, aos poucos, ao abrir as portas do laboratório e, conseqüentemente, a forma como se deu tais construção de fatos, entender o motivo de tais pesquisas serem, também, de interesse político-bélico ou comercial. Ao mesmo tempo, entender como, a partir daí se deram diversos investimentos tecnológicos por conta de tais interesses por essas pesquisas científicas tratadas (FOUCAULT, 2000; LATOUR, 1994).

Além disso, podemos dizer que as chamadas Ciências da Terra são o conjunto de grandes áreas recentes, que se utilizam amplamente de uma argumentação baseada em dados imagéticos e representações. Estas tais quais, hoje em dia, são processadas e analisadas digitalmente. Ao discutir as práticas laboratoriais e de instrumentalização entendemos as mudanças que ocorreram, principalmente a partir do século XX, com relação as imagens utilizadas em áreas como a Geologia, a Geofísica, a Geografia, a Oceanografia e afins. A incessante coleta de dados através de instrumentos quantificadores e seus processamentos

computacionais foram um marco durante tal época. Tal desenvolvimento, conseqüentemente, encaminhou para a ditar a nova prática científica dentro de tais áreas correlacionadas nos modos das quais são praticadas atualmente: até o fim do século XIX quase que puramente observacionais, a partir do século XX amplamente quantificadas.

O trabalho foi dividido em três grandes blocos. O primeiro bloco analisa, de forma breve, contextos passados sobre as concepções de ideias acerca da origem e causa de terremotos e montanhas, refletindo um pensar mais aprofundado acerca das ideias sobre a dinâmica terrestre. O segundo bloco trata, de maneira mais aprofundada e criteriosa, os processos históricos acerca da construção da teoria da Tectônica de Placas e intensa exploração marinha por meio dos navios de pesquisa entre os anos 40 até o final dos anos 60. O último bloco tece, por fim, diversas análises discursivas e comparativas, todas levando o contexto histórico e social da época em questão, discutindo possíveis mudanças de concepções e heranças de tais ideias. Por fim, discussões mais aprofundadas sobre o fazer científico e a questão imagética dentro das Ciências da Terra, com bases nos momentos históricos relatados, serão feitas de forma mais aprofundada ao fim do trabalho.

Nesse estudo são analisadas e discutidas redes que influenciaram tais acontecimentos histórico-científicos. Para isso foram utilizados principalmente dois livros que retratam esses pontos no advento da Teoria da Tectônica de Placas, mesmo que por um viés metodológico kuhniano. Um deles é *The Ocean of Truth* (1986), de H. W. Menard, cientista que participou diretamente nesse desenvolvimento científico, e a *Plate Tectonic An insider's history of the modern theory of the Earth* (2001), compilação de Naomi Oreskes, importante historiadora das ciências e que possui diversos relatos de cientistas atuantes nessa história³. Além disso, foram utilizados artigos publicados entre os anos 40 e 80, correlacionados ao tema e/ou aos laboratórios participantes que serão retratados no decorrer da dissertação.

Ao se pensar na direção transdisciplinar do programa de pós-graduação de Ensino de História e de Ciências da Terra, o trabalho tem como objetivo, também, orientar professores que se interessem pela história da construção da Teoria da

³ Tanto de forma indireta quanto direta na questão de confecção de tais teorias e hipóteses

Tectônica de Placas e propor uma aproximação maior para com o aluno através da contextualização do laboratório e da prática científica, não mais como uma construção isolada e, sim, atuante no mundo. Assim, tal metodologia explicita as relações de poder presentes nessas construções e mostra como as chamadas descobertas científicas estão ligadas aos acontecimentos globais de seu tempo, tais como as guerras, crescimento/decrescimento da economia e mudanças políticas, além das sabidas disputas locais dentro do meio científico. Essa abordagem é necessária não só para se compreender o advento de tais teorias científicas e novas tecnologias tratadas em questão, mas para, também, compreender as consequências posteriores da naturalização de tais práticas e compreender melhor nosso presente, integrando uma visão filosófica-social à história e deixando, de lado, o fazer histórico pautado somente nas sucessões causais da construção da teoria científica em pauta.

2. Metodologia

2.1. Base Teórica do trabalho em relação aos estudos de ciência e imagens

Para o trabalho foram utilizados como base metodológica, principalmente, autores dos recentes chamados estudos de Sociologia da Ciência e Tecnologia. Partindo de recortes históricos acerca dos processos de construção dos saberes em Geociências (especialmente os que se encaixam na caixa dos saberes Geofísicos), principalmente no desenvolvimento das pesquisas de exploração marinhas e da construção da Teoria da Tectônica de Placas, foram problematizadas questões ligadas ao uso de imagens e representações, o discurso científico e as redes atuantes interligadas através dos laboratórios [teoria Ator-rede] (LATOURE, 1994; LATOURE, 2000).

De Bruno Latour foram utilizadas diversas obras que giram em torno das formas da produção científica através de suas cadeias de conexões e processos sociais concernentes. Latour utiliza de seus conhecimentos antropológicos para analisar dentro dos laboratórios os cientistas em seus afazeres, anotando suas rotinas, conexões e trabalhos minuciosamente. Em *Ciência em Ação* (2000), temos um resultado discursivo desses estudos em conjunto com reflexões conceituais advindas de disciplinas da área de humanidades, tais como a Filosofia e a Sociologia.

Alguns termos são interessantes de destrincharmos para que se possa entender a metodologia teórica de seu trabalho dentro do campo das ciências e das técnicas. Primeiramente, o conceito de “caixa-preta” – com alusão direta ao mito da caixa de Pandora – é traçado por Latour como uma analogia de uma área ou teoria científica já estruturada e solidificada como verdade. Ao abriremos essa caixa todos os conceitos, conexões coletivas diversas, argumentações, debates científicos, antigas verdades científicas são mostradas e espalhadas criando uma espécie de “caos” (LATOURE, 1994; LATOURE, 2000).

O conceito de “caixa-preta” não foge muito dos conceitos de Michel Foucault (2000) sobre os discursos dos saberes científicos e a construção dos

mesmos. Para Foucault (2000), de forma simplificada, o próprio discurso é um documento: ele carrega as conceitualizações dadas em sua própria construção, dada em certo momento histórico. A questão da construção da verdade do discurso implica em uma configuração que deixa um vazio diante da classificação entre signo [palavra] e coisa [objeto]. Ao “encaixotar” e ligar as coisas aos signos diretamente, são reduzidas em seu discurso toda uma gama de relações imbricadas e que se tornam invisíveis nessa sistematização. Assim, tais relações são excluídas diante da própria metodologia discursiva de rearranjar as coisas. Dessa maneira, categorias são criadas e engolidas por sistemas totalizantes. Portanto, para não apagar tais relações – o estudo de genealogia e arqueologia – das coisas visa resgatar a partir das extremidades das redes, entender a relação dos atuantes, seguir para os discursos e analisar como eles são utilizados nessas extremidades, até chegar, por fim, nos principais detentores de poder. Por fim, busca-se entender por que tais disposições e formatos discursivos são interessantes de serem utilizados, de maneira hierárquica, na coerção e opressão dos grupos de menor poder social. Começa-se pelas bordas em vez de se começar pelo centro, ou seja, o que se julga de maior poder⁴. (FOUCAULT, 2000; FOUCAULT, 1999).

Por fim, o próprio discurso do saber/conhecimento não escapa ao estar ligado às instituições que empregam discursos colonizadores, já que se trata de uma construção majoritariamente europeia/americana. Para se dar voz aos interlocutores excluídos dentro da construção de tais conhecimentos e escritas históricas, além de entender os motivos em que tais práticas foram de interesse aos poderes centrais, é fundamental considerar duas coisas. A primeira é que o discurso é um documento a ser analisado: ele, por si, carrega conceitos de dados momentos históricos ao decorrer de sua construção filosófica e social. Segundo, que todos atuantes não estão livres da rede de poder: são tanto opressores como oprimidos em suas devidas medidas (não há um julgamento maniqueísta, uma espécie de moralidade, acima das práticas e sim uma análise acerca das relações vigentes) (FOUCAULT, 2000; FOUCAULT, 1999).

⁴ Por exemplo, uma redução dos problemas de opressão a um inimigo óbvio, como um Estado totalitário ou um governo opressor, sem levar em conta as nuances dos mecanismos de normatização

O cientista, ao produzir um artigo – produto discursivo de sua pesquisa, tem todo um cuidado no trabalho de sua escrita para não incluir dados confusos (que não se encaixam teoricamente ou obtidos por erros de origem diversa), conexões duvidosas, ambiguidades ou incertezas. Além disso, há todo um complexo trabalho em citar e criar artigos específicos para convalidar ideias e formar conexões com outros grupos de cientistas, com a finalidade de fortificar a ideia a qual está sendo apresentada e defendê-las dentro do seu grupo científico. Esse processo de purificação – como chama Latour (2000) – elimina toda a riqueza de conexões, relações e processos de construção de fatos novos e dúvida dos fatos já estabelecidos, fazendo com que o resultado pareça o mais livre da influência humana possível. Esse conceito de purificação também se apresenta em Foucault (2000, p.179)⁵, ao tratar da história das categorias do que se chama de Natureza dentro do livro *A Palavra e as Coisas*. O vazio do intermédio deixado dá o caráter neutro às palavras, como já dito anteriormente, escondendo o processo de construção do discurso.

O debate científico, portanto, fica mais rígido e restrito a pequenos grupos hiperespecializados, onde leigos e até mesmo outros cientistas não são capazes de opinar ou participar das principais discussões científicas vigentes. O objetivo geral do processo de purificação é eliminar do trabalho final o máximo de influência (humana, no sentido de condicionada a falhas) do agente, aparente fortificando a retórica⁶ da ciência como verdade acima da construção ocasionada pelos processos

⁵ De Foucault (2000, p.179): “A idade clássica confere à história um sentido totalmente diferente: o de pousar pela primeira vez um olhar minucioso sobre as coisas e de transcrever, sem seguida, o que ele recolhe em palavras lisas, neutralizadas e fiéis. Compreende-se que, nessa “purificação”, a primeira forma de história que se constituiu tenha sido a história da natureza. Pois, para construir-se, ela tem necessidade apenas de palavras aplicadas sem intermediário às coisas mesmas. Os documentos dessa história nova não são outras palavras, textos ou arquivos, mas espaços claros onde as coisas se justapõem: herbários, coleções, jardins; o lugar dessa história é um retângulo intemporal, onde, despojados de todo comentário, de toda linguagem circundante, os seres se apresentam uns ao lado dos outros, com suas superfícies visíveis, aproximados segundo traços comuns e, com isso, já virtualmente analisados e portadores apenas de seu nome”

⁶ Aqui entramos em um ponto polêmico na obra de Latour pois há uma análise sobre como se dá a construção de verdades científicas e o poder que isso gera para as ciências no geral como fontes de razão pura o que pode parecer, em primeira instância, um “rebaixamento” da verdade científica, de acordo com o mesmo (2000, p.44): “Os textos científicos ou técnicos – usarei os dois termos indiferentemente – não são escritos de modo diverso por diferentes castas de escritores. Entrar em contato com eles não significa deixar a retórica e entrar no reino mais tranquilo da razão pura. Significa que a retórica se aqueceu tanto ou ainda está tão ativa que é preciso buscar muito mais reforços para manter a chama dos debates.”. Em conclusão, o mesmo, em seu trabalho, utiliza do termo retórica como estudo de entender a maneira que leva as pessoas a acreditarem em algo ou

humanos. A máquina – que compõe os experimentos de laboratório – tem um objetivo semelhante: mostrar uma representação da natureza através dos dados e imagens obtidos através do instrumento, sendo estas supostamente livre dos erros humanos, ou melhor, se há algo de errado em sua representação, a culpa é do manuseamento humano quando este se faz necessário. (DASTON & GALISON, 1992; LATOUR, 2000)

Assim, os dados obtidos em laboratório, seus processamentos e a transformação da imagem como prova final e irrefutável de uma ideia em um trabalho ou artigo é um processo essencial no meio científico, principalmente dentro dos grandes laboratórios de produção de alta escala, e pela necessidade de convencimento de seus pares científicos. Dentro da área de Ciências da Terra, por exemplo, a imagem sempre foi fundamental para os estudos científicos, seja em desenhos de observação ou até mesmo pinturas artísticas (RUDWICK, 1976). Porém foi com o processo de quantificação que, através da utilização de diversas instrumentalizações dentro das Ciências como um todo⁷ e, que no decorrer do século XX, principalmente, as representações desenhadas por meio de mãos humanas foram substituídas por imagens obtidas através de computadores e satélites advindos de pesquisas durante e após grandes guerras. As máquinas se tornaram essenciais para a representação da Natureza, agora mais precisa e mais longe da considerada falha humana⁸(DASTON & GALISON, 1992).

O problema se encontra no fato de que poucas pessoas, inclusive cientistas, tem acesso aos equipamentos de ponta de linha passíveis à competição científica. O público leigo não tem nem ao menos como refutar a imagem disposta, já que não entendem nem como funciona a máquina, nem os processos aplicados na obtenção da imagem final – apenas acreditam que ela representa o que está disposto interpretativamente na legenda, dada pelo observador especialista, que é o único que sabe interpretar de fato tal imagem. Tal modo, mesmo que não diretamente intencional por parte do autor, acaba se refletindo em um argumento de

persuadir os outros. Assim, a prática científica não está livre do discurso retórico, cabe estudar, portanto, a forma como esse discurso se apresenta. Isso não exclui o grande poder de objetividades científicas para o mesmo, afinal nosso mundo gira em torno de diversas práticas tecnocientíficas.

⁷ Em especial, dentro das categorizadas como Ciências da Terra.

⁸ Os sentidos considerados como ilusórios, que podem estar errados, advindos de um conceito de verdade cartesiano.

autoridade por conta da estrutura de produção desse conhecimento. (DASTON & GALISON, 1992; LATOUR, 2000)

O observador especialista – o cientista que sabe interpretar e adquirir os dados comprobatórios – se torna um sujeito-máquina: ele não é completo sem seu instrumento e o instrumento, por ele mesmo, não pode atuar sem o sujeito, não terá o mesmo poder. Sua situação é a produção de híbridos – atuantes que se situam entre fronteiras da Natureza e Cultura, artificial e orgânico – enquanto o próprio se constitui como um híbrido. (LATOUR, 1994; LATOUR, 2000; HARAWAY, KUNZRU & TADEU, 2000). Portanto, a necessidade de se abrir e mostrar os processos de construção de objetividades científicas é de suma importância para que os leigos e cientistas não especializados entendam tais procedimentos. Para entendermos melhor essa construção metodológica, temos o esquema seguir retirado de uma figura de Latour (1994, p.94):

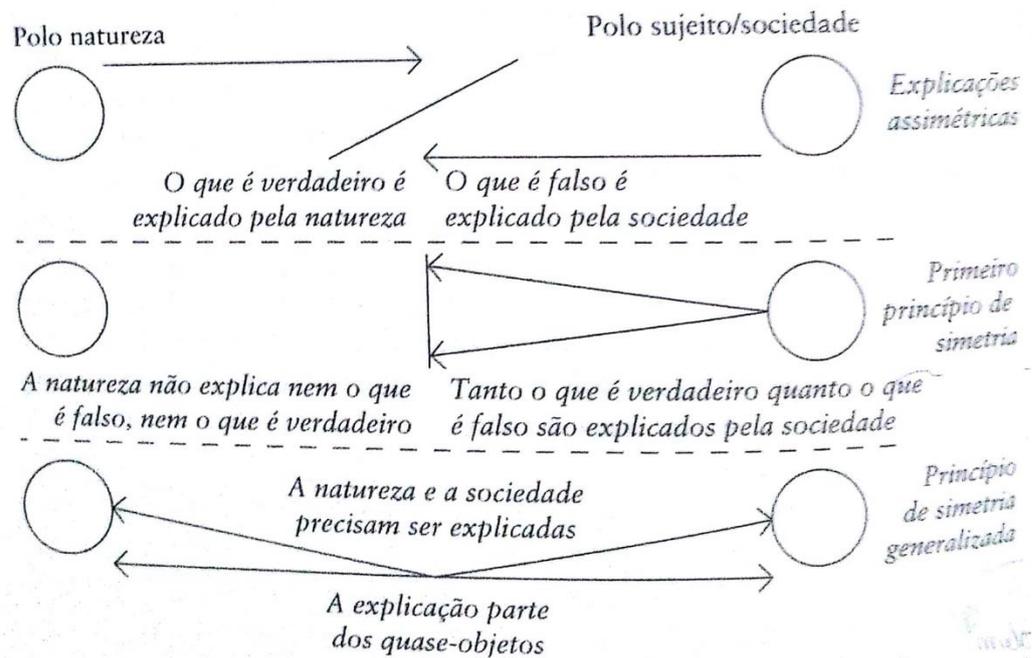


Figura 2. 1. Esquema explicando os modelos metodológicos em história e estudos das ciências. Retirado de Bruno Latour (1994, p.94, figura 10)

São três esquemas metodológicos retratados na figura acima: no primeiro estariam os estudiosos ligados a um viés positivista e mais estrutural, onde se

encaixaria Thomas Kuhn por exemplo. Já no segundo, pelo princípio de simetria, dado por David Bloor (2009), o social faria parte das histórias ligadas ao saber científico, porém para Latour (1994), há um princípio de assimetria ainda contido com a ênfase na parte do polo social [Cultura]⁹. O terceiro modelo é o proposto por Latour, que para resolver o problema trabalha com a fronteira dos quase-objetos (os híbridos ou sujeito-máquinas). Trabalhando nessa fronteira o princípio de simetria é levado em conta, pois quebra o dualismo entre as duas partes (Cultura e Natureza). Donna Haraway também propõe isso em seu *Manifesto Ciborgue* de 1985 (2000). Como já dito na *nota 1*, muitos desses conceitos vêm de influência de pensadores tais como Jacques Derrida (HARAWAY, 2000; PINTO NETO, 2013).

O poder da imagem científica adquirida nessa junção não é apenas algo a ser levado em conta – é de suma importância na análise discursiva, especialmente na área das Ciências da Terra que é especialmente visual. A imagem, dentro do documento formal¹⁰, com seu discurso cristalizado, pode ditar o que é aceito ou não em um campo científico e, com o conceito de imparcialidade dado às imagens obtidas por instrumentos técnicos, elas ganham uma dimensão de poder acima do que podemos considerar dado um primeiro momento: basta ver os dados para crer na realidade, ou seja, a Natureza está naqueles dados e na imagem obtida através de tais dados¹¹. Assim, de forma resumida, o interesse nesse trabalho pelas imagens obtidas por instrumentos e laboratórios pode ser resumido por esta citação de Latour (2000, p.104):

O instrumento, seja qual for sua natureza, é o que leva do artigo àquilo que dá sustentação ao artigo, dos muitos recursos mobilizados no texto aos muitos mais recursos mobilizados para criar as exposições visuais dos textos. Com essa definição de instrumento, somos capazes de formular muitas perguntas e fazer comparações: quanto custam, que idade têm, quantas leituras intermediárias os compõem, quanto tempo é gasto para se obter uma leitura, quantas pessoas são mobilizadas para ativá-los, quantos autores estão usando em seus artigos as inscrições por eles fornecidas, quão controvertidas são essas leituras... Com o uso dessa noção podemos definir, com mais precisão que antes, o laboratório como qualquer lugar onde se encontre um instrumento ou que reúna vários deles.

⁹ A crítica de Latour é que dentro do princípio de simetria de Bloor o polo do social explicaria todo o fazer científico.

¹⁰ Por exemplo, artigos, teses, livros científicos.

¹¹ Daí gera-se um conflito, uma problematização sobre linguagem, representação e Natureza que iremos discutir em alguns pontos no trabalho, mesmo que implicitamente.

Assim, através de artigos, livros históricos e outros recursos documentais, é possível retratar tais processos históricos através de uma análise mais crítica por meio dos processos do fazer científico: estudando as transformações conceituais e evidenciando a mudança de perspectiva dos fenômenos naturais¹². Ao analisar como os estudos eram feitos: a implementação tecnológica com o tempo, suas relações sociais e filosóficas, e os recursos que giram em volta do laboratório e da instrumentalização para a construção dos fatos, é possível explicitar uma história mais rica, completa, sem ocultar processos, problematizando e justificando como tais conexões ocorreram. Isso não implica em subjugar a objetividade científica e nem sua prática efetiva, através de suas teorias que geram diversos resultados concretos¹³ (“palpáveis”), e sim olhar para a prática científica como uma prática humana tal qual ela é, remontando seu histórico de uma maneira não pautada no progresso linear e sim de maneira crítica. Isso possibilita o leitor, sendo ele leigo ou não, professor ou aluno, a construir uma abordagem mais crítica e imersiva dos questionamentos ocorridos e não simplesmente um reforço das conquistas científicas que por si só já são evidentes em nosso mundo, basta observar o poder das grandes instituições científicas e os recursos tecnológicos advindos desses processos de decorrências políticas. A intenção, portanto, é não excluir - ou separar - a “mão” humana da prática científica, que dentro dos laboratórios e através de suas redes giram em torno da construção de objetividades.

Lorraine Daston e Peter Galison (1992), foram utilizados também como base na discussão sobre a imagem, representações e instrumentos de laboratórios. Seus trabalhos pautam tal discussão através de uma retomada histórica sobre as transformações de perspectivas acerca das objetividades com relação ao estudo de imagens e representação. Estudos sobre a questão da representação na Geologia e utilização das imagens em épocas anteriores ao recorte principal desta dissertação [século XX], foram utilizadas para fortificar esse viés comparativo levando em conta o contexto social de cada uma das épocas retratadas.

¹² Inclusive fenômenos ligados à grandes catástrofes.

¹³ No sentido da tecnologia e da ciência fazerem parte de todo nosso cotidiano, sermos dependentes delas nos dias de hoje.

Além disso, foram discutidos e analisados os ensaios de Immanuel Kant (1994) a respeito do Terremoto de Lisboa de 1755, com a finalidade de retomar a questão da concepção de ordem científica e análise do sistema Terra. Seus ensaios foram escolhidos por possuírem grande validade para uma discussão sobre a linguagem da produção científica dentro das áreas que tratam do sistema Terra nos tempos atuais. Nos ensaios, o interesse de Kant é pautado em entender e organizar os pormenores dos processos terrestres com a finalidade de se compreender tal catástrofe, advinda de processos ligados à dinâmica do planeta, além de já ser notável o parecer de um pensamento sobre a possibilidade de poder utilizar, posteriormente, tais enunciados para, assim, prever-se o acontecimento de outras catástrofes posteriores e prevenir-se das mortes e das destruições advindas de tais sismos.

Muitos pensadores trataram melancolicamente o Terremoto de Lisboa de 1755 como um castigo de Deus, Kant, pelo contrário, vai para um viés de análise partindo de leis universais regentes e reconstituição do todo sistêmico desses processos, não excluindo Deus, mas laicizando tais fenômenos e, até mesmo, atribuindo uma possível extensão exploratória visando o entendimento da produção de recursos e possível obtenção dos mesmos através do estudo de tais dinâmicas. Esse processo é muito importante para uma análise discursiva que será baseada metodologicamente nos teóricos já citados bem como em Foucault (2000) e Shapin e Schaffer (2005), buscando uma maneira de relatar a historicidade intrínseca da evolução dos conceitos e contextos de forma semelhante através dos discursos e suas transformações

2.2. Metodologia para a análise dos documentos utilizados

Para se fazer um recorte dentro do desenvolvimento científico-tecnológico no século XX – em especial entre as décadas de 40 e 60 – foi utilizado, primeiramente, o livro *The Ocean of Truth* (1986), de H. W. Menard, que retrata historicamente o desenvolvimento da Teoria da Tectônica de Placas. Ele foi um cientista ativamente participante dos processos de construção dessa teoria e, em seu livro, retratou com diversas nuances e detalhes os processos de análise dos

dados e como eles foram obtidos principalmente durante as pesquisas marinhas que faziam parte de sua especialização. Longe de se fazer uma análise ingênua acerca do que está relatado em seu livro – que não é de forma alguma imparcial, já que o mesmo foi também um cientista atuante nessa história – os processos explicitados acerca do processamento das imagens, as intrigas dos laboratórios principais da época e a obtenção dos dados utilizados, são de grande riqueza para o foco deste estudo.

Além disso foi utilizado o livro editado por Naomi Oreskes, importante historiadora das ciências, chamado *Plate Tectonics: an Insider's History of the Modern Theory of The Earth* (2001), que possui, além de um capítulo de observação geral dessa história dado pela autora, diversos relatos de cientistas participantes ou observadores da época, fora imagens de artigos publicados e trabalhos em navegações. É um livro seguro para meios comparativos ao livro-relato de Menard. Além desse livro foram utilizados artigos de outros historiadores tais como Frankel (1982), alguns trechos do livro *Geophysics in the affairs of man: A personalized history of exploration geophysics and its allied sciences of seismology and oceanography* (BATES, GASKELL & RICE, 2013), e comparações com artigos originais publicados por relevantes revistas tais como a *Science* e a *Nature*.

É necessário lembrar que o foco de se contar história da ciência dos autores desses dois livros centrais para esta dissertação citados, no caso Menard (1986) e Oreskes (2001), é interligado com a metodologia de Thomas Kuhn (2007). Neste trabalho, buscando outro viés, a proposta é mostrar essa história através de um olhar voltado aos novos estudos da chamada área de Sociologia da Ciência e Tecnologia como explicitado no tópico 2.1. Assim, mesmo utilizando seus conteúdos, a análise discursiva se dará por outro encaminhamento metodológico já explicitado, levando também em conta o próprio discurso científico e sua construção para remontar tais “historicidades”, com suas devidas problematizações.

3. Contextos e discussões sobre a história acerca das concepções de dinâmica terrestre

3.1. De castigo divino ao entendimento dos processos sobre a dinâmica terrestre: o Terremoto de Lisboa de 1755

O catastrófico Terremoto de Lisboa de 1755 foi um ponto de partida – para muitos especialistas - nas discussões sobre a causa de grandes efeitos sismológicos no Ocidente. Diversos estudiosos da época se chocaram com a enormidade de tal evento sismológico de tal forma que vários aspectos da filosofia iluminista foram abalados e, por conta disso, o que se ressalta é o conceito de incerteza em contraposição aos conceitos de “fundamentações filosóficas”¹⁴. Diversos pensadores começaram a refletir essa incerteza causada pela surpresa e consequências do terremoto, fenômeno tão pouco estudado pelos ocidentais na época, em contraponto com suas próprias teorias e fundamentações filosóficas. Assim, alguns estudiosos marcam o acontecimento como uma ruptura forte, uma espécie de propulsão para novos pensamentos e ideias. Outros apenas falam que ele foi um desencadeador de ideias que já estavam sendo discutidas em tempos anteriores (AMADOR, 2007; SANTOS, 2016; TAVARES, 2005). Em todo caso, para Rui Tavares (2005, p.52):

No caso daqueles devotos que há muito fustigavam os seus contemporâneos por se deixarem levar pelo laxismo no campo moral e, acima de tudo, pelo “tolerantismo” e “indiferentismo” em matéria religiosa - pois bem, para esses o Grande Terramoto não foi mais do que a retribuição impecável que mereciam esses jogos filosóficos perigosos. Para aqueles outros filósofos deístas e naturalistas, que consideravam ridícula a possibilidade de Deus usar os elementos para enviar recados aos humanos e desperdiçar a sua inteligência suprema a contabilizar pecadilhos dos habitantes da cidade, o Terramoto fora a prova irrefutável de que a natureza, quando necessita de se sacudir, não cuida de saber se são devotos ou hereges, cristãos ou infiéis aqueles que ficam esmagados debaixo dos escombros. Em Lisboa, a catástrofe foi mesmo capaz de destruir dezenas de igrejas para poupar a rua dos bordeis - uma imagem que ficou gravada nas consciências do século.

¹⁴ A palavra “fundamentação” em inglês é “*groundwork*” e em alemão “*Grundlegung*”. Os prefixos ground em inglês e grund em alemão remetem a uma espécie de “aterramento”, literalmente a “um chão” que é sólido. A ideia de uma solidez primordial, fundamental das ideias, ou seja, uma construção de uma “estrutura forte”, é importante para grande parte dos filósofos da época e, principalmente, conceitos essenciais na filosofia de Immanuel Kant. Podemos dizer que o Terremoto de Lisboa abalou literalmente essa ideia de estrutura, “chão sólido”, dos conceitos filosóficos da época.

Fora essa ideia, pode-se dizer, deveras exagerada de catastrofismo, levantado pelo espírito da época, é fato que tal catástrofe redirecionou rumos e debates vigentes em toda Europa, bem como proporcionou mudanças políticas-sociais que já estavam sendo debatidas: reforçou algumas instâncias consolidadas socialmente, foi utilizado de contra-argumento para outras¹⁵. Quanto as consequências do abalo sísmico temos, além da própria destruição ocasionada pelos tremores, relatos de um *tsunami* que ocasionou o naufrágio diversos navios no porto e os incêndios na cidade, ocasionando diversas mortes (TAVARES, 2005, cap.4). Para Tavares (2005, p.23-24), o papel da comunicação - os *media* - foi fundamental na repercussão do desastre e na repercussão do debate: “[...] não poderemos imaginar um 11 de Setembro sem internet ou um Terramoto de 1755 sem gazetas”. Além disso é importante ressaltar que, de acordo com Tavares (2005, p.25): “O pensamento começa e termina bem ancorado ao mundo físico: tanto o *Poema Sobre o Desastre de Lisboa* de Voltaire como o *Exercício Devoto Contra Raios, Tempestades e Terramotos* são, no fim de contas, papel e tinta impressa”

Quanto aos terremotos é notável como os questionamentos sobre a Natureza e o divino repercutiram de acordo com as consequências dos tremores ocorridos. De acordo com Tavares (2005, p.75):

Aparentemente os edifícios começaram a ruir a partir do segundo minuto de sismo. O vaivém das paredes tinha deixado os telhados sem sustentação. As telhas caíam, e depois delas os travejamentos e tudo o que neles estava suspenso, incluindo os candelabros acesos das igrejas. A queda dos telhados matou, feriu ou imobilizou imediatamente grande parte dos fiéis que se encontravam nas igrejas - além de por vezes lhes ter tapado as saídas - enquanto as chamadas dos candelabros se propagavam rapidamente às madeiras. Nas ruas, as pessoas eram atingidas por pedaços de revestimento, telhas soltas, até varandas e paredes inteiras.

Há registros de outro terremoto ocorrido em Lisboa em 1531. Porém, devido ao intervalo de tempo para o de 1755 a lembrança que temos é tão vaga e próxima quanto a que temos deste último. (TAVARES, 2005, p.76). Um fato interessante de se lembrar é que o *tsunami* decorrido pelo terremoto acabou fazendo mais estragos em certas cidades que o próprio tremor. De Tavares (2005, p.81):

¹⁵ É relevante lembrar que o sismo não foi sentido apenas em Portugal, mas também em outros lugares tais como Marrocos e Espanha (TAVARES, 2005, p.152)

Sabemos certamente que o maremoto provocado pelo deslocamento do fundo marinho no epicentro foi sentido inequivocamente pelos navios em alto-mar. Meia hora depois do sismo já um tsunami de cerva de 15 metros de altura fizera enormes estragos nas costas marroquina, andaluza, algarvia e alentejana. Certas cidades algarvias, como Lagos, Portimão e Faro, foram mais danificadas pelo tsunami do que pelo terramoto, embora se encontrassem também perto do epicentro. Em Albufeira, parte da população foi arrastada para o mar. Em Lagos, as ondas destruíram muralhas e partes de fortalezas, mas foi na cidade andaluza de Cádiz que os efeitos das ondas foram mais notados, uma vez que a cidade se encontra ligada ao continente por um istmo que foi completamente varrido pelas águas.

No sentido político, o nascimento do *pombalismo* se dá logo após ao Terramoto em conjunto com a expulsão dos jesuítas. De Tavares (2005, p.93):

Do Diário dos Sucessos de Lisboa desde o Terramoto até o Extermínio dos Jesuítas (traduzido do idioma latino por Mathias Pereira de Azevedo Pinto) deve então lembrar-se que foi escrito apenas no final da década de 1750 e início da década de 1760, ou seja, o seu quadro político já é o do Pombalismo consolidado. Ainda Pombal não era Pombal. Não era ainda, pelo menos, Marquês de Pombal. Mas também já não era simplesmente Sebastião José de Carvalho e Melo, um ministro *inter pares* que sobressaiu na resposta ao Terramoto.

Após o Terremoto, Tavares (2005, p.95), retrata através de seu livro a descrição de António Pereira de Figueiredo [1725-1797]¹⁶ sobre os meses de Inverno após a catástrofe como um período de grande incerteza dos cidadãos lisboetas: vários desalojados, muitos com medo de novos tremores e sismos. Posteriormente saqueadores eram condenados, com pena de enforcamento e suas cabeças posteriormente arrancadas e penduradas em postes como aviso (TAVARES, 2005, p.100). Com o tempo, o projeto de reconstrução de Lisboa por Manuel da Maia [1677-1768] resguardava cinco opções diferentes para se reconstruir os escombros da cidade (TAVARES, 2005, p.123), uma delas considerando-se até mesmo construir uma nova Lisboa em terrenos mais planos e menos afetados pelo terramoto (TAVARES, 2005, p.126). É importante ressaltar a preocupação nas construções com possíveis posteriores sismos, de Tavares (2005, p.130):

¹⁶ Todas as datas entre colchetes neste trabalho indicam o ano de nascimento e morte da pessoa tratada em questão.

Os módulos destes edifícios, sabemo-lo pelas detalhadas instruções deixadas por Eugénio dos Santos, seriam construídos à parte e combinados *in situ* com as estruturas de base; estas estruturas de base seriam iguais para todos os edifícios e teriam uma grela anti-sísmica (a célebre “gaiola pombalina”). Russel Dynes diz que o Terramoto de 1755 foi “a primeira catástrofe moderna”: porque foi a primeira a desencadear esforços de protecção civil escalonados por ordem de prioridade pragmática e não religiosa ou simbólica e também porque foi a primeira a dar origem a uma legislação geral de prevenção e a um pensamento de conjunto para a reconstrução daquilo que hoje se chama o *ground zero*.

A laicização do terremoto não era advinda apenas dos pensamentos e reflexões de pensadores/filósofos da época: era também fruto do pombalismo. De acordo com Tavares (2005, p.132):

O pombalismo fez do Grande Terramoto um acontecimento natural, terrível certamente, mas sem outras implicações que não as do rescaldo e da reconstrução - enterrar mortos, cuidar de vivos. Fez assim o possível por subtrair o sismo às interpretações do sismo como expressão de uma vontade.

Quanto aos pensadores que se manifestaram acerca do terremoto, para citar alguns, temos Voltaire [1694-1778], que inclusive escreveu um poema sobre o desastre de Lisboa (*Poème sur le désastre de Lisbonne*, de 1756), polemizado por alguns pensadores (TAVARES, 2005, p.154-155), questionando a visão idealista de mundo de Leibniz [1646-1716] e Wolff [1679-1754]. Voltaire ataca Leibniz, que contrapõe que “aquilo que é o melhor dos mundos possíveis”, na perspectiva divina, pode resultar em sofrimento brutal quando visto do ponto de vista humano, insignificante em comparação ao divino. Entretanto, Leibniz também assinala que o sofrimento deste mundo tão perfeito quanto possível é menor que o sofrimento auto infligido pelos próprios humanos. (TAVARES, 2005, p.155). Portanto, a crítica de Voltaire, considerada emocionada por alguns pares, ataca a insensibilidade diante a tragédia (AMADOR, 2007; SANTOS, 2016; TAVARES, 2005). Outro pensador, Rousseau [1712-1778], assim como Leibniz, alega que o problema não seria a natureza e sim os humanos. (TAVARES, 2005, p.158-159).

Neste estudo não se irá entrar em detalhes sobre as contestações de todos esses pensadores, mas nos limitarmos a análise dos ensaios de um deles: Immanuel Kant [1724-1804]. Como tal ensaio sintetiza aspectos importantes sobre o pensar do movimento terrestre na época e visões que redirecionariam para o desenvolvimento de outras formas de pensar tal dinâmica, ele será analisado de

forma mais aprofundada nos tópicos de análise ao fim do trabalho. Pode-se, através dele, mostrar-se as diferenças contrastantes com perspectivas atuais redirecionadas, principalmente, a partir do século XX. (AMADOR, 2007; SANTOS, 2016; TAVARES, 2005). Tanto ele como Benito Feijóo [1676-1764], espanhol consagrado, ofereceram explicações naturais para os sismos, deixando um pouco de lado a ideia de castigo divino. Ambos estavam errados cientificamente, mas, pela necessidade de uma explicação pautada na Natureza, já se demonstra uma forma de pensar tais tremores de maneira laicizada. Feijóo explica os tremores pelas diferenças de eletricidade entre placas de minerais. Já Kant, como veremos no tópico a seguir, remonta a uma tradição geológica com alusão ainda a ideias clássicas e conjunto com leis da termodinâmica para explicar os tremores através da ação de gases subterrâneos na crosta terrestre, acreditando que abaixo da mesma existiam diversas cavernas ligadas (TAVARES, 2005, p.153). Para fins de contextualização, temos um trecho interessante de Tavares (2005, p.153), onde o mesmo exemplifica a visão sobre o iluminismo, movimento de pensamento da época, com relação ao contexto social:

A visão que hoje em dia temos do iluminismo - do movimento das “luzes” no século XVIII - é em grande parte determinada pelos autores que demonstraram ser mais originais e fecundos para os séculos seguintes, os autores a que poderíamos chamar de iluministas *clássicos* ou até *radicais*: Kant e Voltaire, Hume e Montesquieu, Rousseau e Diderot, entre outros. Isto pode causar a impressão equívoca de que os seus contemporâneos mais tradicionais não pertenciam às luzes. Mas os visados não concordariam. Muita gente se reclamou das “luzes” no século XVIII: padres, publicistas e censores, políticos e até monarcas. Quando se tornam incompatíveis, uns menosprezam as “luzes” dos outros, mas ninguém se auto-exclui delas

É relevante também citar John Michell, outro naturalista importante que também descreveu o Terremoto de Lisboa de 1755 (ADAMS, 1954, p.415). Ele é, inclusive, considerado o primeiro a estimar a velocidade de um terremoto, percebendo a relação e aproximação com a velocidade de propagação do terremoto com as ondas sonoras em relação a sua análise acerca do Terremoto de Lisboa de 1775 (ADAMS, 1954, p.418). Ele acreditava, resumidamente, que a primeira causa dos terremotos era o fogo subterrâneo que jogava vapor e água da terra (ADAMS, 1954, p.418), visão amplamente difundida entre diversos naturalistas. Fora tais estimativas interessantes de parametrização sobre a velocidade de propagação já

citadas, sua visão é bem aproximada ao do filósofo Kant que usaremos como uma análise documental mais aprofundada e comparando com o pensamento mais recente acerca da dinâmica terrestre pela História da Tectônica de Placas no fim deste trabalho, para evidenciar contrastes e semelhanças das novas grades sobrepostas em tais solos categóricos do conhecimento dentro das Geociências.

3.2. Resumo sobre concepções acerca do movimento terrestre: sobre a causa e origem dos terremotos e a origem das montanhas

Os pensamentos posteriores ao Terremoto de Lisboa de 1755 até os mais estritamente ligados a História da Tectônica de Placas serão tratados brevemente, interligando algumas concepções relacionadas ao que hoje tratamos como a dinâmica terrestre: a causa e origem dos terremotos e, também, a causa e origem das montanhas. Por se tratar de um panorama mais superficial e de contextualização (ligamento), entre as discussões que serão tratadas posteriormente, tais como debates em torno do pensamento científico e imagética, se faz necessário um encadeamento, mesmo que breve, sobre desenvolvimentos posteriores ao marcante terremoto de Lisboa de 1755 até o foco do trabalho em questão. Esse resumo, portanto, não esgota a discussão e nem se propõe um aprofundamento exacerbado acerca das concepções que serão aqui tratadas. Ele, conseqüentemente, serve como um guia breve de conceitos desenvolvidos durante esse intervalo de tempo sem, necessariamente, se propor a um aprofundamento de contextos sociais, o que seria algo interessante, porém exorbitantemente longo pela diversidade de cada contexto/situação histórica para cada conceito aqui tratado.

Assim, antes de prosseguirmos com o resumo, é importante salientar que, já na era clássica, eram feitas diversas observações acerca dos terremotos e do interior da Terra, tais como, de acordo com Adams (1954, p.399-400), de que a Terra não era sempre estável, ou seja, de tempos em tempos, se mexia e tremia violentamente. Que esses “terremotos”¹⁷ (nos termos que tratamos hoje), eram especialmente frequentes em certas localidades. Também que tais movimentos ocasionados por esses tremores eram geralmente acompanhados de elevações ou

¹⁷ As aspas foram colocadas pois nessa época não se utilizava do termo terremoto como conhecido posteriormente, porém trata-se de algo semelhante à definição de tal fenômeno referente em questão.

subsidiências de porções da superfície e que fissuras às vezes apareciam na crosta terrestre, ocasionando uma visível modificação na paisagem. Conjuntamente já se observa que, quando um terremoto acontecia, grandes ondas atingiam as costas; ruídos pequenos ou rumores são ouvidos de tempos em tempos dentro da Terra; e que inundações de água quente ou fria poderiam, também, sair pela Terra. Por fim, os terremotos eram associados às montanhas de “fogo”, “flamejantes” – os vulcões – em que vapores de ar quente e ventos de cheiros ruins são exalados, com fumaça e vapor sulfuroso, nuvens de pó. Fragmentos e rochas derretidas eram jogadas com o aparecimento do fogo. Assim, diversas observações de tais eventos e correlações eram já feitas na época clássica (ADAMS, 1954, p.399-400). Portanto, diversas associações descritas acima, quando se tratava de analisar o Terremoto de Lisboa de 1755 não eram necessariamente novidades do século XVIII.

Após o Terremoto de Lisboa de 1755, apesar de uma certa diminuição em tais pesquisas sobre a causa dos grandes tremores, alguns teóricos - na perspectiva de quantificar tais fenômenos e causas - começaram a se ater mais fortemente sobre os estudos dos sismos. Partindo de John Michell, citado nos tópicos anteriores, estima a velocidade de propagação dos tremores analisando a velocidade do som pelo Terremoto de Lisboa. Há também estudiosos como Robert Mallet [1810-1881], que adotaram seus estudos para analisar o terremoto Napolitano somente em 1857. Mallet utiliza uma de suas suposições, na qual conjectura que o foco de tais tremores se daria no fundo do oceano, conectando a análise dependendo do tremor preliminar obtendo, assim, uma melhor precisão por medir intervalos em vez de tempos absolutos (ADAMS, 1954, p.419-420). Em vista disso, de Adams (1954, p.419-420):

Uma das contribuições importantes que Michell fez ao avanço da sismologia foi assinalar que o movimento vibratório nos terremotos era devido à propagação de ondas elásticas na crosta terrestre e que tais ondas seriam transmitidas para fora da fonte de sua origem. para longas distâncias e gradualmente morreria¹⁸

¹⁸ Traduzido de Adams (1954, p.419-420): “One of the important contributions which Michell made to the advancement of seismology was in pointing out that the vibratory motion in the earthquakes was due to the propagation of elastic waves in the earth’s crust and that such waves would be transmitted outward from the source of their origin for long distances and would gradually die away”

Outro ponto interessante de Mallet é que, em 1845 (BATES, GASKELL & RICE, 2013, p.5):

[...] começou um trabalho pioneiro sobre o uso de "terremotos artificiais" para medir a velocidade das ondas sísmicas através de diferentes superfícies materiais. Sua abordagem consistia em detonar pólvora enterrada encargos e marcar o tempo, por um cronômetro elétrico, a perturbação de uma mancha de luz caindo na superfície de uma tigela de mercúrio. Esse esforço foi bem concebido, mas o método "*brilhoso*" ainda falhava porque não mostrava as primeiras chegadas fracas da toda importante "onda de compressão", normalmente usada para fins de exploração sísmica.¹⁹

Tratando-se da análise de mensuração de destruição e tremores listados, temos Francesco Antonio Grimaldi [1740-1784], secretário de guerra Napolitano, que listou terremotos destrutivos ocorridos na Calabria entre 1181 e 1756 em diversos detalhes dado os registros da época (ADAMS, 1954, p.420). Dentro dessa chave, há o estudo de Giovanni Vivenzio [174?-1819]²⁰ em quantificar e classifica as intensidades dos terremotos, diferente da escala Richter utilizada hoje em dia, mas com uma ideia próxima de categorizar e comparar tais tremores e suas intensidades de estrago (ADAMS, 1954, p.420-421).

Outro teórico importante é Alexander von Humboldt [1769-1859], que, dentre diversos feitos dentro das áreas das chamadas Ciências Naturais, distinguiu terremotos de origem vulcânica e os plutônicos, ocasionados por fontes internas da Terra (ADAMS, 1954, p.423). Pelo discurso do mesmo já como cientista consagrado, contribuiu para o estabelecimento de diversas estações magnéticas ao longo do globo durante os anos de 1830. Um dos contribuidores foi Karl F. Gauss [1777-1855], que inventou o magnetômetro bi filar, começou a Sociedade de Pesquisa Magnética (*Magnetischer Verein*), a qual começou a medir simultaneamente em diversos pontos da Europa valores magnéticos entre 1836 a 1841 (BATES, GASKELL & RICE, 2013, p.5)

¹⁹ Original traduzido (BATES, GASKELL & RICE, 2013, p.5): "To be sure, in 1845 the Irish engineer, Robert Mallet (1810-1881), began some pioneering work on the use of "artificial earthquakes" to measure the velocity of seismic waves through differing surface materials. His approach consisted of detonating buried gunpowder charges and timing, by an electrical chronometer, the disturbance of a spot of light falling on the surface of a bowl of mercury. This effort was well conceived, but the glitter method still failed because it did not show the early weak arrivals of the all-important "compressional wave" typically used for purposes of seismic exploration."

²⁰ Não se sabe a data exata do ano de nascimento.

Charles Lyell [1797-1875], em seu *Princípios da Geologia* de 1830, inspirado pelo *Discurso sobre terremotos* de Robert Hooke [1635-1703], publicado em 1668, e em artigos publicados do mesmo nos anos seguintes (ligações a Transações da *Royal Society*), começa a desenhar exemplos de terremotos (muito dos quais o mesmo não presenciou, sendo a maior parte ocorridos 150 anos antes dele escrever, apresentando diversas ilustrações sobre mudanças da configuração e paisagem e depressões superficiais devido ao choque de terremotos. Essa inspiração vem da colocação de Hooke sobre os resultados de elevação e depressão de áreas da Terra devido aos tremores – explicitando o caráter de modificação da superfície terrestre (ADAMS, 1954, p.421).

Tal caráter não estava dissociado sobre a questão da formação e relevos montanhosos. Antigamente acreditava-se que as montanhas eram formadas de uma única grande catástrofe²¹ (ADAMS, 1954, p.329). Entretanto, as consequências dos sismos relatados pelos estudiosos, mostram, posteriormente, a modificação desse relevo antigamente considerado estável, fixo. Assim Giovanni Arduino [1714-1795] na Itália, em 1759, Johann Gottlieb Lehmann [1719-1767], na Alemanha em 1776, e Simon Pallas [1741-1811], na Prússia em 1777, ao estudarem as cadeias montanhosas da Europa em detalhes, mostraram, separadamente, que as grandes cadeias montanhosas eram na verdade compostas de estruturas²² e que suas formações eram muito diferentes umas das outras e, também separadas de forma ampla pela idade. Isso mostra que as montanhas não eram formadas em um único período catastrófico e, sim, em períodos diferentes. Dentro de certos limites era possível estimar, portanto a idade de certas Cordilheiras. Daí, tem-se algumas pistas que juntam com a nossa concepção atual de geologia como ciência histórica – mostrando eventos ocorridos do passado em tais estruturas e formações. (ADAMS, 1954, p.372-373).

Tal concepção histórica da Geologia se solidifica entre os anos de 1820 - 30, chamada a Era de Ouro da Ciência Geológica. Todas as terras, dentro da concepção histórica de Geologia, eram estudadas a partir das sucessões estratigráficas. As pesquisas geológicas se estabilizaram em diversos países e a

²¹ No sentido bíblico/religioso alguns desses estudiosos correlacionavam com o dilúvio, por exemplo. (ADASM, 1954).

²² O que chamamos hoje de estratigrafia.

atenção sobre a origem e estrutura das montanhas aumentou (ADAMS, 1954, p.395-396). Sendo assim, foram aparecendo diversas teorias acerca da dinâmica de formação de tais montanhas e estruturas, correspondendo se com questionamentos sobre a estrutura interna da Terra.

Os irmãos Rogers (William Barton Rogers [1879-1883] e Henry Darwin Rogers [1808-1866]), tinham a ideia de que os movimentos da crosta terrestre eram devidos a um grande lago de rocha fundida abaixo da mesma. Tal ideia era compartilhada em partes por Charles Darwin [1809-1882], resultado de suas pesquisas na América do Sul, especialmente Chile. A ideia principal é de que todos terremotos da costa oeste do continente eram causados pela injeção de rocha liquefeita entre os estratos e as linhas de vulcões do Chile (de 800 milhas de comprimento), repousando sobre uma camada de matéria fluída (ADAMS, 1954, p.396-397).

Outra teoria importante é a chamada Geossinclinal, de James Hall [1811-1898], e James Dwight Dana [1813-1895]. Ela sustenta que as grandes cadeias montanhosas do mundo originaram de cintos de sedimentos, muito compactados, em grossas camadas, depositados lentamente ao longo das áreas de margens continentais e elevados em cadeias montanhosas através da ação expansiva do calor ao qual esses sedimentos ficaram sujeitos quando afundaram nas partes mais profundas da crosta terrestre. Houveram diversas modificações e adaptações de tal teoria (ADAMS, 1954, p.397).

Por fim, uma das teorias mais relevantes, que entrou em debate direto com a Teoria da Deriva Continental que apareceu posteriormente, foi a teoria da isostasia. Esta era a mais aceita, durante muito tempo, e sua primeira sugestão foi de uma carta escrita por John Herschel [1792-1871], para Lyell, no ano de 1837, sugerindo a teoria como um processo de formação de montanhas. George Biddell Airy [1801-1892], também defendia tal ideia para analisar a causa das anomalias gravitacionais na região do Himalaia em 1855. Ao criticar a Teoria da Contração terrestre, que iremos abordar nos primeiros tópicos seguintes, Clarence Edward Dutton [1841-1912], introduz a teoria da Isostasia, sendo esta usualmente associada ao seu nome. (ADAMS, 1954, p.397).

A partir do final do século XIX para o início do Século XX, principalmente com o advento da Primeira Guerra Mundial, a Geofísica e a Oceanografia começam a se estabelecer como ciência e tecnologia – estritamente ligada a indústria militar-bélica – e diversos equipamentos e medidas são desenvolvidos. Geofísica aplicada também é desenvolvida para fins exploratórios. Com a Segunda Guerra Mundial tal relação entre cientistas, guerra e desenvolvimento tecnológico em tais áreas se torna ainda mais estreita (BATES, GASKELL & RICE, 2013).

4. Resultados e Análise: Recontando a História da Tectônica de Placas

Primeiramente, é preciso situar o leitor do processo histórico analisado nesse trabalho. O objetivo não é dar uma impressão progressista ou positivista de história da ciência. Portanto, foi uma opção seguir uma ordem de fatos para fazer um panorama discursivo-analítico acerca dos fatos históricos envolvendo a História da Tectônica de Placas como forma de organizar a grande quantidade de informação dessas transformações históricas. Os focos de aprofundamento serão as pesquisas marinhas entre, principalmente, 1945 aos meados de 1970, pós Segunda Guerra Mundial. A complexidade de redes e relações é imensa, desta maneira alguns tópicos não condizentes com esse recorte serão também passados de maneira rápida.

4.1. Pequeno Resumo Cronológico

1. Wegener (em **1915**), Du Toit: Deriva Continental;
2. Diferentes teorias (Expansão da Terra, Contração, Deriva Continental);
3. **1950** → marcado por uma coleção massiva de novas informações e dados geológicos em escala global: expansão da pesquisa geológica e geofísica marinha;
4. **1960** → os dados e conceitos foram mais estudados, gerando hipóteses;
5. **Primeiro movimento**: surgiu a Teoria da Expansão do Assolho Oceânico → Hipótese de Vine-Matthews e uns poucos corolários em **1961-1963**;
6. **Segundo movimento**: Falhas transformantes, simetria magnética e suas confirmações globais em **1965-1967**;
7. **Terceiro movimento**: Tectônica de Placas → **1967-1968** → a ideia começou a se propagar mais fortemente.

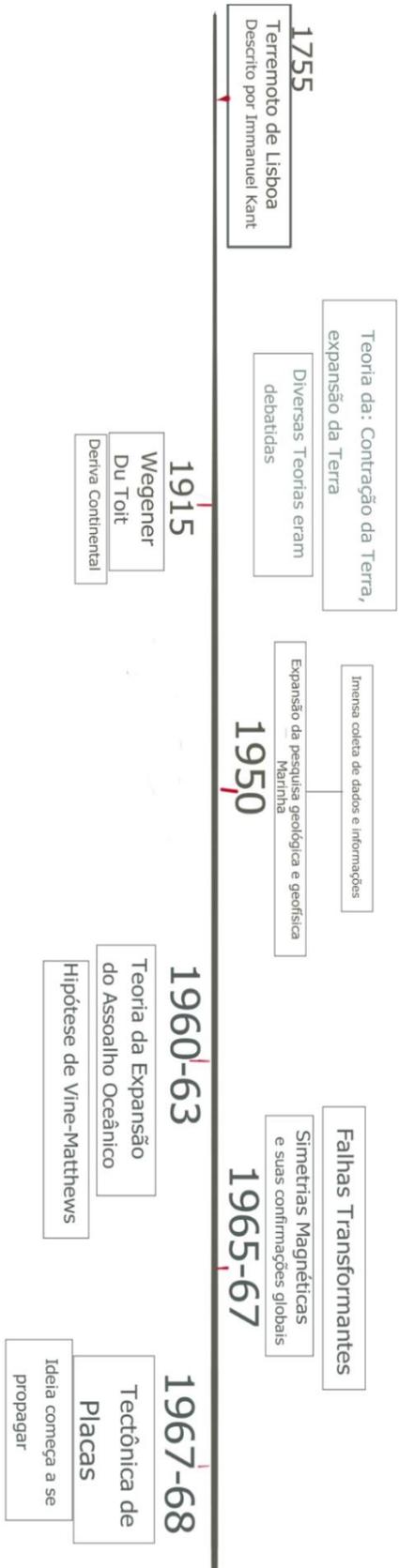


Figura 4. 1 Linha cronológica da construção da Teoria da Tectônica de Placas. Autoria própria

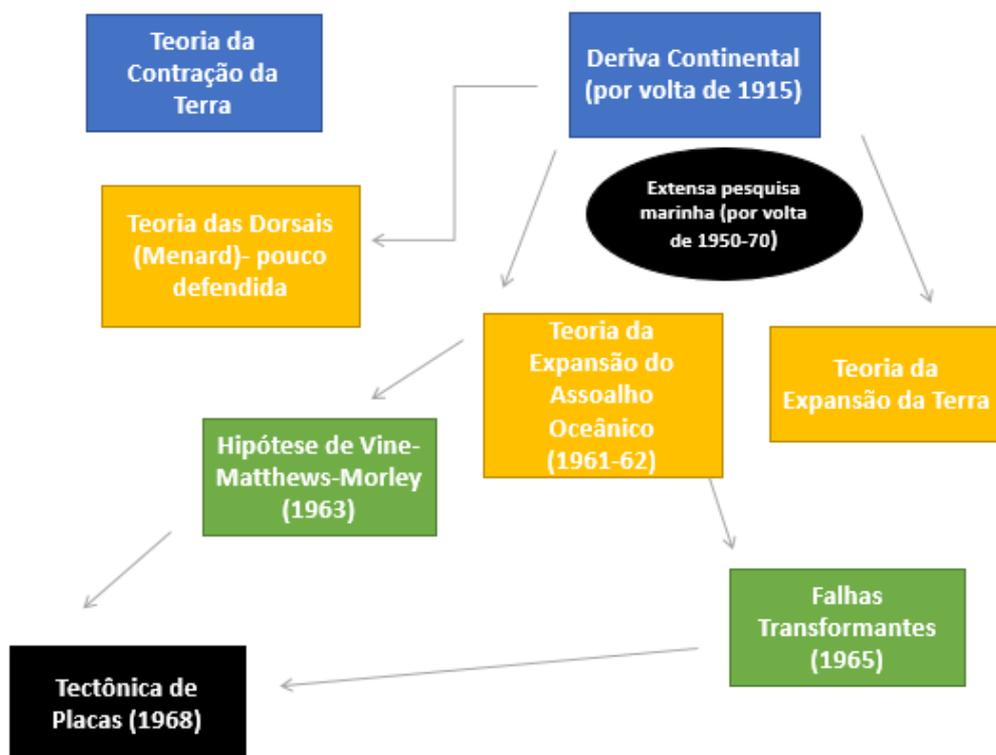


Figura 4. 2. Esquema simplificado sobre concepções da Teoria da Tectônica de Placas. Autoria própria.

4.2. Deriva Continental, Teoria da Contração e Teoria da Expansão da Terra

Até o final do século XIX, a teoria mais aceita sobre o funcionamento da dinâmica terrestre era a Teoria da Contração da Terra. Era uma teoria fixista, ou seja, nela não havia movimentação dos continentes. A partir dos estudos de transferência de calor da Terra, imaginava-se que, devido ao seu resfriamento gradual, ela estaria se contraindo ao decorrer dos anos, de forma semelhante a que diversos materiais sofrem contração ao se resfriarem. Essa contração explicaria a formação de cadeias montanhosas, que era um grande problema em Geologia na época. Eduard Suess [1831-1914], geólogo, utilizava de modelo representativo para a Teoria da Contração da Terra uma “maçã murchando”: a formação de sulcos em

sua “casca” seria uma analogia orgânica para explicar a formação de cadeias montanhosas (MENARD, 1986; ORESKES, 2001).

Já se sabia até então as semelhanças de fósseis encontrados em continentes separados por oceanos, sendo que uma explicação fixista²³ para isso era a existência de antigas pontes que ligariam os continentes. Apesar de não existir até então pesquisas de exploração marinha de forma aprofundada sobre o assoalho oceânico, por volta do começo do século XX supunha-se que essas pontes poderiam ser detectadas como crostas anômalas no oceano. O conceito de “isostasia” implicava que o nível de um continente ou bacia oceânica era função de sua densidade. Assim, seria impossível que existisse uma compensação que levantasse ou afundasse uma grande ponte até o nível do manto dos continentes. Com isso, começaram a surgir dúvidas a respeito da Teoria da Contração e a se procurar novas teorias que pudessem explicar e sistematizar todos esses fenômenos (MENARD, 1986, p.19).

O geólogo Frank B. Taylor [1860-1938] começou a especular sobre a geração de montanhas a partir de uma espécie de “deriva continental”²⁴ em direção ao Equador. Estas especulações foram publicadas em 1910, antes de Wegener - que era meteorologista (climatólogo), de formação - começar a discutir sua teoria da Deriva Continental. Nos Estados Unidos, a teoria da Deriva Continental era conhecida como Hipótese Taylor- Wegener (*Taylor-Wegener Hypothesis*). Apesar disso, Taylor, ao ser comparado a Wegener, negou que sua teoria fosse semelhante e rejeitou essa comparação. Tal rejeição também provavelmente está ligada com as intrigas políticas entre EUA e Alemanha da época, analisando por uma perspectiva global da época (MENARD, 1986, p.17-19).

Em 1915, Alfred Wegener [1880-1930], publicou o livro *A Origem dos Continentes e Oceanos*, no qual explicita todas suas ideias sobre a teoria da Deriva Continental por meio de diversas hipóteses. Apesar dos ataques anti-germânicos em relação à teoria de Wegener, autores como Menard (1986) e Frankel (1998), dizem que este não foi o principal motivo da sua rejeição. Acusado de alto grau de

²³ O termo fixista se refere às teorias em que afirmam que não há movimento de terras/placas continentais

²⁴ Considerava a movimentação de blocos continentais em certos pontos do planeta.

empirismo sem suporte teórico principalmente pelos tecnicistas americanos, muitas evidências explicitadas não foram comprovadas através dos experimentos da época ou por experimentos posteriores – ou seja, não foram devidamente quantificadas. Wegener, de acordo com Menard (1986, p.19-29), queria provar a sua teoria da Deriva Continental sem reconhecer as dificuldades dos seus próprios postulados ou explicações diferentes que eram oferecidas para os fatos por ele mencionados. Com isso, a Deriva Continental foi chamada de “o sonho de um grande poeta”, de maneira ofensiva e de um caráter cientificista pela crítica americana (MENARD, 1986, p.29). Apesar disso, vários cientistas apoiavam a teoria da Deriva Continental, principalmente na Europa. O famoso cientista sul-africano Alexander Du Toit [1878-1948] era um deles, e fez uma importante pesquisa de comparação de fatores geológicos, paleontológicos e paleoclimáticos entre as bordas da África e da América do Sul (MENARD, 1986; ORESKES, 2001; DU TOIT, 1952). Assim, o conceito de Deriva Continental não estava estrito às concepções somente de Wegener, mas também já era debatido por outros cientistas.

Outro modelo da Terra amplamente difundido, pelo menos desde 1922, era o da Terra em Expansão. Ao contrário da Teoria da Terra em Contração, essa não era uma teoria fixista, ou seja, aceitava a existência de uma “Deriva Continental” dentro de seus parâmetros. Surgiram diversas variantes para o modelo da Terra em Expansão (massa constante, massa variável, etc.), indicando que seus defensores não possuíam uma ideia necessariamente homogênea sobre esse modelo. A Teoria da Terra em Expansão ganhou força com a influência da Lei de Hubble e do universo em expansão, fazendo com que diversos cientistas começassem a testar medir a taxa de expansão da Terra. Jakob Halm [1866-1944], astrônomo, acreditava que a expansão da Terra era adequada para explicar a Deriva Continental de Wegener. O famoso físico Paul Dirac [1902-1984] despertou o interesse dos físicos com uma carta para a revista *Nature* em 1937. Menard (1986) mencionou pelo menos oito cientistas que teriam chegado à hipótese da Terra em Expansão de maneira independente, como Laszlo Egyed [1914-1970] e Samuel Warren Carey [1911-2002]. Um defensor notável no final da década de 1950 foi Bruce Heezen [1924-1977], que fazia parte do laboratório de Lamont e também participou das pesquisas e investigações marinhas.

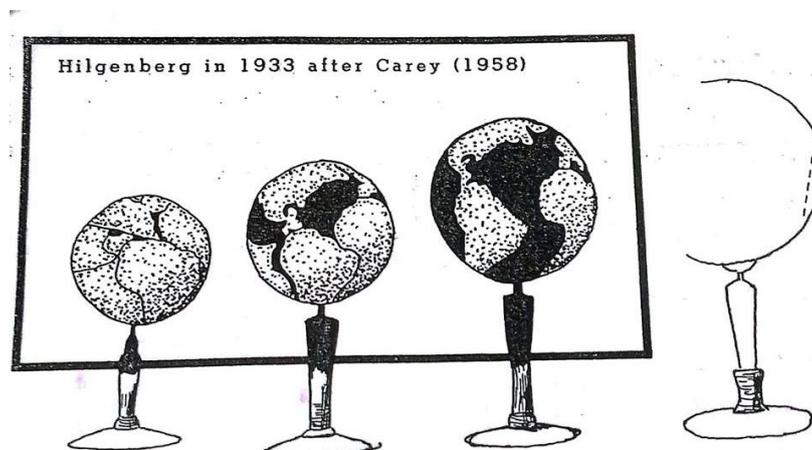


Figura 4. 3. Representação da Teoria da Terra em Expansão. As camadas de continentes eram as mesmas desde o princípio e foram se expandindo. Retirado de Menard (1986), nos anexos entre as páginas 118 e 1991



Figura 4. 4. Analogia utilizada como modelo para ilustrar a Teoria da Terra em Expansão, cogitada por muito tempo e, hoje, considerada pseudociência. Os pentágonos seriam os blocos continentais (placas continentais). Ao expandir de tamanho esses blocos se afastariam gerando esses vão entre os espaços e explicando, assim, a deriva continental. Retirado de Carey (1976).

É interessante notar através da comparação entre as Figuras 4.3. e 4.4. o viés representativo carregado de analogias pelos próprios cientistas defensores da Teoria da Terra em Expansão. Além disso, várias teorias sobre a dinâmica da Terra foram defendidas por diferentes grupos compostos por interesses científicos, políticos e econômicos (entrelaçadas por diversas relações e “redes”), e também estavam em debate ao mesmo tempo. Tamanho anseio por uma explicação global pode ser explicado por interesses econômicos acerca da exploração de recursos terrestres ou mesmo, mais especificamente, no planejamento de um mapeamento territorial “submarino” (do fundo do mar e suas estruturas). Podemos analisar tais investimentos através de interesses econômicos como, posteriormente, bélicos,

envolvendo, assim, aspectos das duas grandes Guerras Mundiais e, por fim, da Guerra Fria. Entender como se pode quantificar e entender esses mecanismos em seus pormenores traria diversos benefícios tanto econômicos quanto políticos ligados à questão territorial ou de guerra. Tudo indica que não surgiu de maneira arbitrária o interesse da marinha americana em investir em pesquisas científicas ligadas à exploração marinha e os possíveis resultados que elas trariam no entendimento do assoalho oceânico e, quem sabe, sobre os mecanismos ligados à dinâmica terrestre. A ideia de podermos controlar e quantificar os movimentos da Terra está ligada a necessidade de se evitar catástrofes e utilizar sua força e energia para nosso próprio benefício, ou seja, a ideia de não tratar tais movimentos que podem causar, inclusive, catástrofes, como terremotos e atividades vulcânicas como um “castigo de Deus”, mas sim como fenômenos que não devem ser só entendidos como, também, estudados. Nesse ponto, com a necessidade de objetivação e precisão de controle, tais fenômenos também precisam ser quantificados e detalhados através de laboratórios e maquinários.

4.3. Exploração Marinha e Teoria da Expansão do Assoalho Oceânico

Com o passar dos anos, especialmente a partir de 1946, houve um grande desenvolvimento da Geologia e Geofísica de exploração marinha. Até então, o formato do assoalho oceânico não era conhecido de fato, em seus menores detalhes. Após a Segunda Guerra Mundial, diversas organizações de pesquisa americanas aproveitaram-se de aparelhos e embarcações, com o apoio da marinha, para utilizá-los no desenvolvimento de pesquisas e exploração nos mares de forma mais intensa. As organizações mais famosas eram o Observatório Geológico de *Lamont* (atual *Lamont-Doherty Earth Observatory*, de Nova Iorque), fundado em 1949 por Maurice Ewing (1906-1974), geofísico e oceanógrafo especializado em sismologia, que ganhou a Medalha *Penrose* postumamente; e o *Scripps Institution of Oceanography*, da Califórnia, fundado em 1903. Roger Revelle [1909-1991], foi diretor entre 1951 e 1964 e importante colaborador nesta história pelo incentivo à pesquisa marinha e à união de cientistas colaboradores. Menard afirma, em seu livro

The Ocean of Truth (p. 40), que Ewing e Revelle desenvolveram, independentemente e em seus próprios estilos, “instrumentos para uma exploração geológica contínua”, com navios equipados com medidores, explorando os oceanos continuamente, fugindo dos invernos em cada hemisfério. Além desses fatores, havia um grande interesse econômico de petrolíferas em relação às expedições de exploração marinhas, aumentando o investimento em geofísica e geologia marinha, principalmente na área de sismologia (MENARD, 1986). Com isso, diversas técnicas de obtenção e processamento de dados foram desenvolvidas e aplicadas em áreas, como a sismologia marinha, o paleomagnetismo, batimetria e até mesmo gravimetria (MENARD, 1986; ORESKES, 2001).

Inclusive, o primeiro mapa do assoalho oceânico foi elaborado por Marie Tharp [1920-2006] e Bruce Heezen, mencionado acima como defensor ferrenho da Teoria da Expansão da Terra. A seguir na Figura 4.5. temos imagens que ilustram a confecção desse mapa por Tharp



Figura 4. 5. Marie Tharp confeccionando o primeiro mapa do assoalho oceânico a partir dos dados batimétricos. Retirado do site do Observatório de *Lamont-Doherty* [*Lamont-Doherty Earth Observatory*]. Disponível em < <https://www.forbes.com/sites/davidbressan/2018/07/330/hundreds-missing-and-many-feared-dead-after-laos-dam-collapse/#78f7cf857f91>> e < <https://www.ideo.columbia.edu/news-events/remembered-marie-tharp-pioneering-mapmaker-ocean-floor>>

Um dado interessante é que Marie Tharp fala explicitamente de um “embelezamento estético” de tal mapa em entrevista durante o episódio 2 da série da *BBC* chamada *Earth Story* (1998), a qual espaços em vazio do mapa – que não possuíam dados – foram preenchidos com uma certa inventividade. Tal constatação da mesma é também retratada por Menard de forma crítica (1986, p.235):

Eles [Tharp e Heezen], mostraram como era o fundo do mar ao longo das linhas onde os ecogramas estavam disponíveis. Duas escolhas lógicas foram possíveis: deixar as regiões entre as linhas em branco ou preencher as regiões com detalhes imaginários parecidos com as linhas traçadas. Heezen e Tharp escolheram o último caminho. O resultado foi um desenho impressionante com a mesma validade, como eu disse aos meus alunos, de um desenho detalhado do número de “anjos na cabeça de um alfinete” [discutir o sexo dos anjos] ²⁵. Heezen, claro, sabia disso porque era sua imaginação que preenchia os espaços em branco. Propus a Bruce que colocasse rótulos nos espaços em branco indicando legítima ignorância. “Aqui estão gigantes” foi uma sugestão. Mas não, os espaços em branco foram pintados com hipóteses. Em seu trabalho de simpósio, o risco inerente aos diagramas surgiu; é verdade que Heezen estava começando a acreditar neles. Seu ponto mais importante era que as “cordilheiras não-sísmicas do Oceano Índico parecem ser micro-continents”. Era verdade já que apareciam tanto em seu diagrama. Em relação à convecção, “no Oceano Índico, a existência de tais tendências divergentes e os micro-continents antigos espalhados tornam essa explicação extremamente difícil”. Mas as zonas de fratura com tendências divergentes foram criações de sua imaginação. Em contraste com sua discussão de sua própria fisiografia, a análise de Heezen sobre os sedimentos de igual espessura de Ewing foi convincente e científica. ²⁶

²⁵ Referência à argumentação “*How many angels can dance on the head of a pin?*”, em português “discutir o sexo dos anjos”, expressão que criou referência à um argumento de redução ao absurdo ou ao simples fato de se perder tempo discutindo ao indeterminado. Uma crítica irônica e pesada de Menard à Heezen.

²⁶ Traduzido de Menard (1986, p.235): They showed what the sea floor was like in detail along the lines where echograms were available. Two logical choices were then possible: leave the regions between lines blank, or fill in the regions with imaginary detail like the lines. Heezen and Tharp chose the latter course. The result was an impressive drawing with the same validity, as I told my students, as a detailed drawing of the number of angels on the head of a pin. Heezen, of course, knew this because it was his imagination that was filling in the blanks. I proposed to Bruce that put labels in the blanks indicative of legitimate ignorance. “Here be giants” was one suggestion. But no, the blanks were painted with hypotheses. In his symposium paper, the risk inherent in the diagrams surfaced; it appeared that Heezen was beginning to believe them. His main point was that the “aseismic ridges of the Indian Ocean appear to be micro-continents”. It was true they so appeared on his diagram. Regarding convection, “in the Indian Ocean the existence of such divergent trends and the scattered ancient micro-continents make such an explanation extremely difficult. “But the fracture zones with divergent trends were creations of his imagination. In contrast to his discussion of his own physiography, Heezen’s analysis of Ewing’s sediment isopach was consent and scientific”.

Por essa discussão muito do que já foi abordado nesse trabalho é apresentado por essa intriga científica relatada em Menard (1986, p.235), como corroboração da própria Tharp em sua entrevista para o documentário da BBC (1998). Há uma crítica ferrenha com a criação imaginativa-estética de Tharp e Heezen sobre um mapa que seria o primeiro detalhado acerca do fundo oceânico, mostrando sua invalidez por não se basear em dados e correlações lógicas e sim em hipóteses e suposições de próprio Heezen. Aqui, sem fazer algum tipo de juízo de valores para algum dos lados, cabe a problematização acerca dos seguintes termos, utilizados por Menard, no trecho acima: qual seria a fronteira da criação e imaginação para suportar a validade para um cientista ou melhor, para grupos de pesquisa compostos por diversos cientistas? Até que ponto o discurso imagético é uma interpretação válida ou imaginativa? Se Heezen não estivesse errado de acordo com seus pares ou pesquisas posteriores, será que ele iria ser considerado um mentiroso, tal como dito nas referências, ou seria um gênio? Ainda mais, será que o mapa seria tão impactante e lembrado sem tais recursos estéticos? Ele teria sido divulgado como ainda é hoje agora de forma histórica?

É evidente nessa avaliação que os dados são a inscrição da Natureza para tais cientistas e sua interpretação necessita de uma corroboração quantitativa para que se possua validade ou objetividade analítica. Em suma tudo que foge do científico é posto no campo imaginativo, no campo da estética e fantasia. Mas será que não há um fator estético-moral acerca do convencimento através da quantificação? Pela afirmação dos mesmos, de fato houve uma fraude, mas como identificar e delimitar tais fraudes? As estatísticas também não encobririam dados duvidosos? Parâmetros escolhidos podem ser enviesados, dados podem ser “limpados”, porém linhas não podem ser nunca criadas através de um fator imaginativo – principalmente se os atuantes perceberem a farsa. Em suma, a linha moral é muito tênue e inclinada ao favorecimento de uma quantificação – da visualização de dados (DASTON & GALISON, 1992).

O apreço estético também gera convencimento e prestígio – especialmente no público leigo, através de divulgação científica tais como imagens visualmente artísticas de astronomia divulgadas hoje em dia – status que pode ser criticado dentro do próprio grupo laboratorial como anticientífico (ELKINS, 2011;

LATOUR, 2000). O ponto é que a quantificação gráfica e sua “matematização” também possui um valor estético junto com uma moral dos sentidos – voltada para a obtenção de uma representação mais pura dos parâmetros naturais - de convencimento dos pares. Além disso, para convencimento dos financiadores, a objetividade aplicada em contraposição à imaginação de uma hipótese ou suposição é privilegiado, pois resultados são necessários para o andamento e sustento das pesquisas (LATOUR, 2000). Podemos discutir a naturalização de um sistema de pensamento e construção de saberes científicos que utilizamos ainda atualmente. O que pode tornar difícil a visualização de tal problematização comparado a sistemas de pensamentos antigos é justamente estarmos inseridos em um sistema de pensamento semelhante como pesquisadores. Porém, ao discutir a transformação desses sistemas conceituais isso se torna mais evidente.

Voltando para o momento histórico sobre a exploração marinha dos anos 40 até o final dos anos 60, os navios se tornaram grandes laboratórios, repletos de equipamentos e especialistas de diversas áreas, muitas das quais consolidadas, mas que eram novidades na época: geofísicos de diversas especialidades, geoquímicos, oceanógrafos, biólogos, cartógrafos, técnicos em geral, navegantes. Todos juntos realizando extensas viagens para obterem a maior quantidade de dados possíveis de uma região antigamente inacessível que era o fundo do mar. No momento em que se houve tal interesse econômico e político por esse lugar desconhecido foi possível investir em se levar o laboratório artificial para o laboratório natural: a própria Terra. Da mesma maneira, o interesse pelos objetos científicos dos pesquisadores – alguns com investimento ou ligados à Marinha americana, também atraiu interesse para investimentos de empresários – especialmente os ligados às questões de recursos tais como petróleo (MENARD, 1986). Quantificando os dados da Terra em seus diversos parâmetros era possível trazer de volta seus pedaços e juntá-los dentro das salas fechadas dos centros de pesquisa ou do próprio espaço do laboratório marinho, ou, melhor denotando, dos navios de pesquisa.

4.4. Os navios como laboratórios

Algo recorrente na literatura acadêmica, ao escrever História das Ciências, é o fato de que as imagens retratadas geralmente são dos resultados finais, encontrados em artigos. Quando muito, são esquematizações de equipamentos utilizados quando há formas de registro das atividades encontradas dentro dos laboratórios. A atividade do cientista, no processo de purificação ao se fazer tais artigos, é eliminada (LATOUR, 2000). A intencionalidade desse processo – já padronizado no meio científico – é eliminar tudo que esteja fora ou longe da verdade. Os erros decorrentes da prática humana acontecem no laboratório, os anseios dos cientistas, suas correlações exteriores (que fazem com que o laboratório/grupo de pesquisa ainda seja sustentado e/ou até mesmo, simplesmente, exista), suas disputas, tudo é apagado na medida do possível em seu resultado final. Estes resultados, no geral, são as publicações científicas, em sua grande parte, os artigos. Tem-se, portanto, uma noção muito vaga de como é o trabalho do cientista, o considerando como gênio ou simplesmente alguém fora de padrão, algo aquém de um humano comum.

Entretanto, apesar desse apagamento dentro dos artigos e com base na observação dos registros que temos dos laboratórios por outras formalizações é possível enxergar como se deu a construção e obtenção desses dados, processando em imagens e textos com alto padrão de convencimento e ligados com uma ampla rede de grupos de pesquisa e produções articuladas dos mesmos. De Latour (2000, p.73) sobre a questão da construção dos artigos temos:

Agora entendemos que quem vai das camadas externas dos artigos para as suas partes internas não está indo do argumento da autoridade para a Natureza, mas sim de autoridades para mais autoridades, de certo número de aliados e reforços para um número ainda maior deles. [...] Desacreditar não significará só lutar corajosamente contra uma grande massa de referências, como também desemaranhar infundáveis laços que amarram, uns aos outros, instrumentos, figuras e textos. E o que é pior: o discordante será incapaz de opor o texto ao mundo real de fora, visto que o texto afirma trazer o mundo real “para dentro dele”. O discordante de fato estará isolado e sozinho, uma vez que o próprio referente passou para o campo do autor

Partindo desses estudos percebemos que o resultado final do artigo – que é o produto a qual temos maior acesso para a análise neste trabalho – não é um processo simples. Requer todo um trabalho para que o artigo possa ser lido, possuir relevância no meio científico e conseguir discutir com os temas atuais no campo científico. Além disso, é necessário todo um trabalho de se redigir um discurso que apresente um conhecimento, uma verdade a ser reconhecida pelos pares assegurada pelas redes de contatos laboratoriais e imagens obtidas através dos instrumentos (LATOURE, 2000). Para um leitor leigo sobre as práticas científicas nas áreas de Geociências, imaginar os processos laboratoriais, os grandes investimentos da prática ou mesmo entender como se é utilizada as instrumentações para produzir as imagens de convencimento, é algo muito abstrato.

O artigo implicitamente – dentro de sua discursividade - mostra as relações dos cientistas para com os instrumentos, as grandes redes laboratoriais do mundo que se dialogam e reforçam seus pontos através de citações, o argumento de autoridade por citações válidas e, por fim, o que as figuras quantificadas que mostram para nós a justificativa da argumentação através da validação de uma legenda pelo cientista especialista. Não são relações explícitas e, com exceção das redes formais de referenciais, os trabalhos dos processos de laboratório e dados instrumentais, bem como a produção textual, são extremamente rígidos e feitos com a maior possibilidade de evitar qualquer erro ou falha humana, permitindo que um grupo de pesquisas rival ou um especialista oponente possam lhes difamar dentro da batalha de novas objetividades sendo construídas. Com tamanha quantidade de laboratórios, especializações e conhecimentos teóricos emaranhados, somatizados aos equipamentos e autoridades de seu grupo de pesquisas atuante que convalidam suas pesquisas, a distância entre o especialista e o leitor comum – mesmo um leitor do próprio meio científico – é cada vez mais distante. (LATOURE, 2000).

Assim, precisamos trazer o laboratório para esse trabalho com a finalidade de, ao menos, se ter uma vaga noção do trabalho prático e não o reconstituído dos cientistas para que possamos olhar para os artigos e relatos com outros olhos: o de uma completude de mundo e não um produto construído rigidamente, passo a passo. Para um aluno, reconhecer as imagens científicas dentro do laboratório é de suma importância para entrar dentro da história e

entender de onde surgiram tais “causas epistemológicas”, que são comumente jogadas de forma abstrata, fora de contexto – ou seja, com uma escrita que separa a prática externa da ciência de sua prática interna, como partes que inevitavelmente não podem se juntar. Não devemos considerar que o social condicione as práticas científicas e nem que o social seja um anexo, uma complementação quando extremamente necessária para cobrir o vazio deixado ao se contar sobre as práticas científicas. O social e a prática científica se relacionam e atuam juntos, afinal, os cientistas pertencem e se relacionam com o mesmo mundo no qual vivemos. Não são vítimas nem vilões de uma história, são apenas sujeitos atuantes da mesma (LATOUR, 2000; LATOUR, 2001; LATOUR, 2016).

Sendo assim, a partir de imagens obtidas pelas referências base e artigos é possível remontar, ao menos em partes, as atividades dos cientistas desses principais laboratórios (*Scripps* e *Lamont*), atuantes na história aqui descrita. A seguir serão elucidadas fotos das expedições marinhas, com suas devidas discussões e explicações.



Figura 4. 6. Maurice Ewing trabalhando no mar, estudando registros sísmicos que estão espalhados em uma folha de plotagem de sons de águas profundas. Figura provável dos anos de 1950. O resultado final em um sismograma não nos mostra a dimensão do trabalho humano e do processo de análise das quantificações como essa imagem. Retirado e traduzido em partes de Menard (1986), entre as páginas 222 e 223.



Figura 4. 7. Dietz, Stewart e Menard, por volta de, provavelmente, 1954. Trabalhando como não declarados [clandestinos], nos finais de semana como geólogos mergulhadores de consultoria para empresas de petróleo. Não explicitado na fonte, um dos motivos pode ser devido a questões econômicas. As relações com empresas petrolíferas não são muito faladas, porém impossíveis de serem escondidas dentro da História da Tectônica de Placas. Retirado e traduzido em partes de Menard (1986), entre as páginas 222 e 223.



Figura 4. 8. Dragagem no golfo do Alaska depois do levantamento no da escarpa do Mendocino em 1951. Menard à esquerda e Stewart à direita. Retirado e traduzido de Menard (1986), entre as páginas 222 e 223.



Figura 4. 9. Embarcando no navio Eltanin, exaltada como uma importante expedição devido à obtenção do perfil magnético Eltanin-19 que veremos posteriormente neste trabalho. Retirando de Oreskes (2001, p.87).

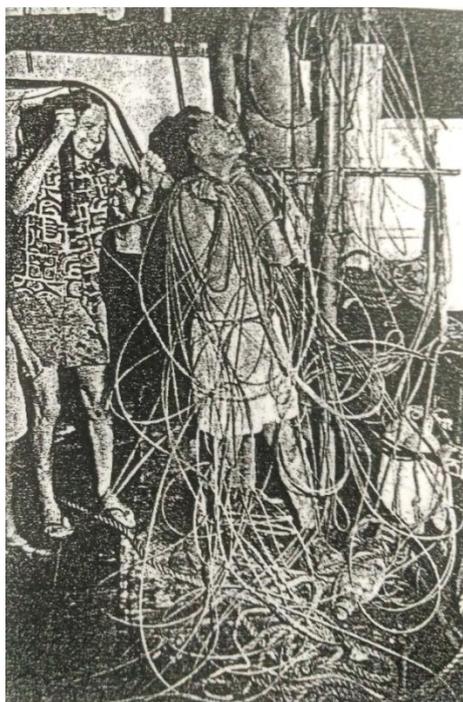


Figura 4. 10. Roger Revelle no mar na expedição de capricórnio. O amigo jovem é Gustaf Arrhenius (tirado dos arquivos de Scripps), de acordo com Menard. Aqui podemos ver uma brincadeira dentro da relação cientista e laboratório, sujeito e instrumento. Retirando de Menard (1986), entre as páginas 222 e 223.

Essas imagens são alguns exemplos que situam o leitor da dimensão e da participação humana desses laboratórios ao alto mar: suas relações intra e extra pessoais, a quantidade de instrumentalizações e especialistas de diversas áreas, e até mesmo os trabalhos extras em relação às empresas de petróleo como da Figura 4.7. Já a Figura 4.6. mostra o trabalho direto de análise e aquisição de dados sísmicos. Essa contextualização imagética é muito diferente da apresentada nos artigos e conferências formais, ela nos mostra a ação dos cientistas, a participação e as relações do trabalho científico tal qual ele se faz/é feito. Mesmo assim, são imagens escolhidas para retratar tais práticas e não substituem a possibilidade de uma análise dos processos laboratoriais de forma mais aprofundada – no sentido antropológico apresentado por Latour (2000). Antes de tudo, é preciso ater-se a importância dessas imagens por evidenciarem a relação do cientista com seu trabalho e instrumentos de laboratório, entender de que maneira elas são geradas e quais são suas motivações/bases teóricas. Somente a figura do instrumento ou apenas uma foto do cientista não mostraria a dimensão do mesmo tal como sujeito-máquina atuante em seu laboratório, não contextualiza a prática desse sujeito – híbrido - no mundo (LATOURE, 2000).

Olhando para a Figura 4.6., em específico, podemos refletir a questão do instrumento através dessa citação em relação às figuras apresentadas nos artigos científicos de modo geral (LATOURE, 2000, p.98):

Agora percebemos de onde essa figura provém. Foi extraída dos instrumentos que estão naquela sala, e depois depurada, redesenhada e exibida. [...] Também percebemos, porém, que as imagens, constituintes da última camada do texto, são o resultado final de um longo processo transcorrido no laboratório que agora estamos começando a observar. Observando o gráfico desenhado no papel que vai saindo no fisiógrafo, entendemos que estamos na junção de dois mundos: um de papel, do qual acabamos de sair, e um de instrumentos, no qual acabamos de entrar. Na interface, é produzido um híbrido: uma imagem bruta que será usada depois num artigo, mas que agora está emergindo de um instrumento.

Evidentemente não se trata do mesmo tipo de laboratório observado na Figura 4.6. citada, mas essa descrição dada por Latour (2000) nos ajuda a elucidar esse processo de quantificação e trabalho dos dados dentro do laboratório, o qual nosso exemplo se encaixa analogamente através das linhas obtidas pelo sismógrafo e sons captados pelos geofones. Aquele material será analisado, processado,

arrumado, de maneira que se encaixe nas normas exigidas em um artigo formal. Durante o processamento de tais dados “puros” obtidos em Geofísica – área em que a sismologia se encontra - são feitas:

- Limpezas de ruído: retiram-se dados que “atrapalham” a visualização e/ou não são interessantes aos parâmetros, analisando-os após a aplicação de diversos métodos, tais como aplicações de séries matemáticas e afins. Essa escolha advém de uma análise do próprio cientista e sua metodologia;
- Análise posterior comparatória com dados obtidos por outros grupos de cientistas, colegas de trabalho e outras áreas relacionadas, tais como a Geologia. Assim um sismograma será comparado com aspectos e formações geológicas e, dependendo do caso, com outros gráficos de outros métodos geofísicos fora da sismologia.
- Obtenção das equações das linhas de refração e reflexão são analisados em sísmica aplicada com relação à onda direta. A sísmica geralmente utilizada para a análise de tais dados e também na indústria petrolífera. Para obter tais ondas geofones são dispostos em linhas e ondas são propagadas através de certos métodos tais como explosões, por exemplo;
- Critério de avaliação da validade dos dados através dos dados obtidos. É possível estabelecer erros grotescos através de resultados dimensionalmente absurdos ou duvidosos caso todos os procedimentos até então tenham sido feitos corretamente;
- Caso os dados sejam absurdos, outras medidas serão feitas;

A imagem de convencimento é um produto que sai do instrumento apresentado e de uma análise posterior advinda dessa máquina. A purificação e a explicação do produto final advém da autoridade do cientista em seu posicionamento dentro de um grupo de pesquisas como um especialista treinado no assunto, bem como as escolhas que os mesmos fazem no critério de construção dos gráficos e imagens. Com o foco na obtenção de objetividades aplicáveis, certas regras são seguidas com um trabalho árduo de obtenção e processamento de dados.

O que pode parecer evidente para um pesquisador ou cientista formado na área é plenamente abstrato para um leigo que nunca vivenciou a experiência de se trabalhar em um laboratório. Para um leigo resta apenas acreditar na autoridade informada já que este não saberá ler as ondas apresentadas em um sismograma, por exemplo. Na preocupação de se estabelecer verdades excluimos processos que, em um viés prático, aumentam o poder de uma autoridade científica através da eliminação do fator humano na obtenção dos dados, mas que, em contrapartida, afasta o leigo da compreensão do processo de construção de fatos objetivos já que nem sempre há um fator utilitário que possa justificar tal prática científica para o mesmo. Trata-se de uma via de mão na atual conjuntura sobre as crises das práticas científicas (DASTON & GALISON, 1992; HARAWAY, 2000; LATOUR, 2000).

Retomando de forma mais específica a exploração marinha entre os anos 40 e 60, o que ainda é pouco mencionado, exceto nas bibliografias históricas, é o fator de grande risco de tais expedições. Além da navegação em alto mar não ser absolutamente segura, dependendo das rotas e ambientes em que o navio possa perpassar, os equipamentos utilizados para aquisição de dados geofísicos possuem riscos para a própria vida dos profissionais que fazem de seus usos. Para adquirir dados sísmicos são necessárias pequenas explosões, por exemplo. Mergulhos também são necessários, como mostrados na Figura 4. 7.. Acidentes de trabalho são relatados por Menard (1986). Outro fator interessante e mencionado é a restrição de formas de como apresentar certos dados que delimitam costas americanas – sendo estes restritos por questões militares. Riscos físicos e restrições políticas faziam parte do trabalho em laboratório desses cientistas. De Menard (1986, p.72):

Nossos ecogramas estavam mostrando uma montanha desconhecida atrás da outra, e isso foi uma causa sensata para o alarme. [...] Eu me senti encorajado para publicar um relatório relatando o número e tamanho da distribuição dos moentes oceânicos para um longo alcance de transmissão sonora [batimetria]. Dentro disso eu calculei que há provavelmente 10000 vulcões submarinos com mais de 1000 metros de relevo no Pacífico. Naturalmente o relatório foi classificado como “secreto”, assim os detalhes do cálculo nunca apareceram na literatura científica. Eu publiquei os últimos números, no entanto, com um esboço de como foram derivados. Eu mencionei isto como um exemplo de quão grande as necessidades operacionais da Marinha durante esse período influenciaram a coleta de dados que forneceram a base para a próxima revolução geológica. Hess

posteriormente utilizou esses números como um indicador que o assoalho oceânico é novo [recente]²⁷

Neste trecho, relatando pesquisas nos anos 50, podemos analisar o processo de obtenção dos dados por Menard, sua reação perante eles e a final obtenção de coragem para publica-los e a restrição sofrida pela Marinha americana, já que eram dados que mapeavam dados nas costas estadunidenses (MENARD, 1986, p.72). A figura a seguir mostra as rotas marinhas realizadas pelos navios de Lamont que foram utilizadas durante as expedições:

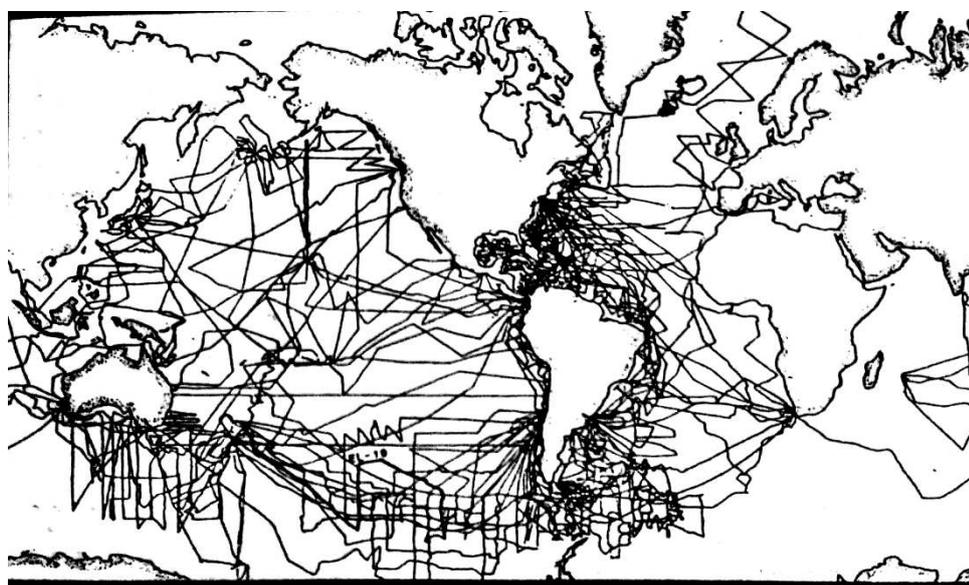


Figura 4. 11. Rotas dos navios de Lamont. A rota do Eltanin-19 está em destaque. De acordo com Menard, obviamente foi necessário manipular os dados por computador para produzir perfis perpendiculares para a Elevação do Leste do Pacífico. Essa é uma ilustração em computador produzida por Dennis Hayes. Retirado de Menard (1986), nos anexos entre as páginas 118 e 119.

²⁷ Traduzido do original: "Our echograms were showing one unknown mountain after another, and this was a sensible cause for alarm. [...] I felt encouraged to publish a report relating seamount number and size distribution to long-range sound transmission. In it I calculated that there probably were 10000 undersea volcanoes with more than 1000 m of relief in the Pacific. Naturally the report was classified « Secret », so the details of the calculation never appeared in the scientific literature. I published the end numbers, however, with a sketchy outline of how they were derived. I mention this as an example of how greatly the operational needs of the Navy during this period influenced the collection of data that provided the basis for the forthcoming geologic revolution. Hess later user these numbers as an indicator that the sea floor is new."

Como pode-se observar pela imagem acima, foi um trabalho extenso que demandou, conseqüentemente, relações com outros países, sejam elas de cunho político ou laboratoriais através de contatos, resultando no surgimento e/ou crescimento de tais novas áreas de pesquisa em outras partes do mundo, saindo da concentração de tal eixo central estadunidense-europeu. O laboratório de *Scripps* procedeu da mesma forma. (MENARD, 1986). Na Figura 4.12., observamos uma configuração das redes laboratoriais simplificada para fins representativos:

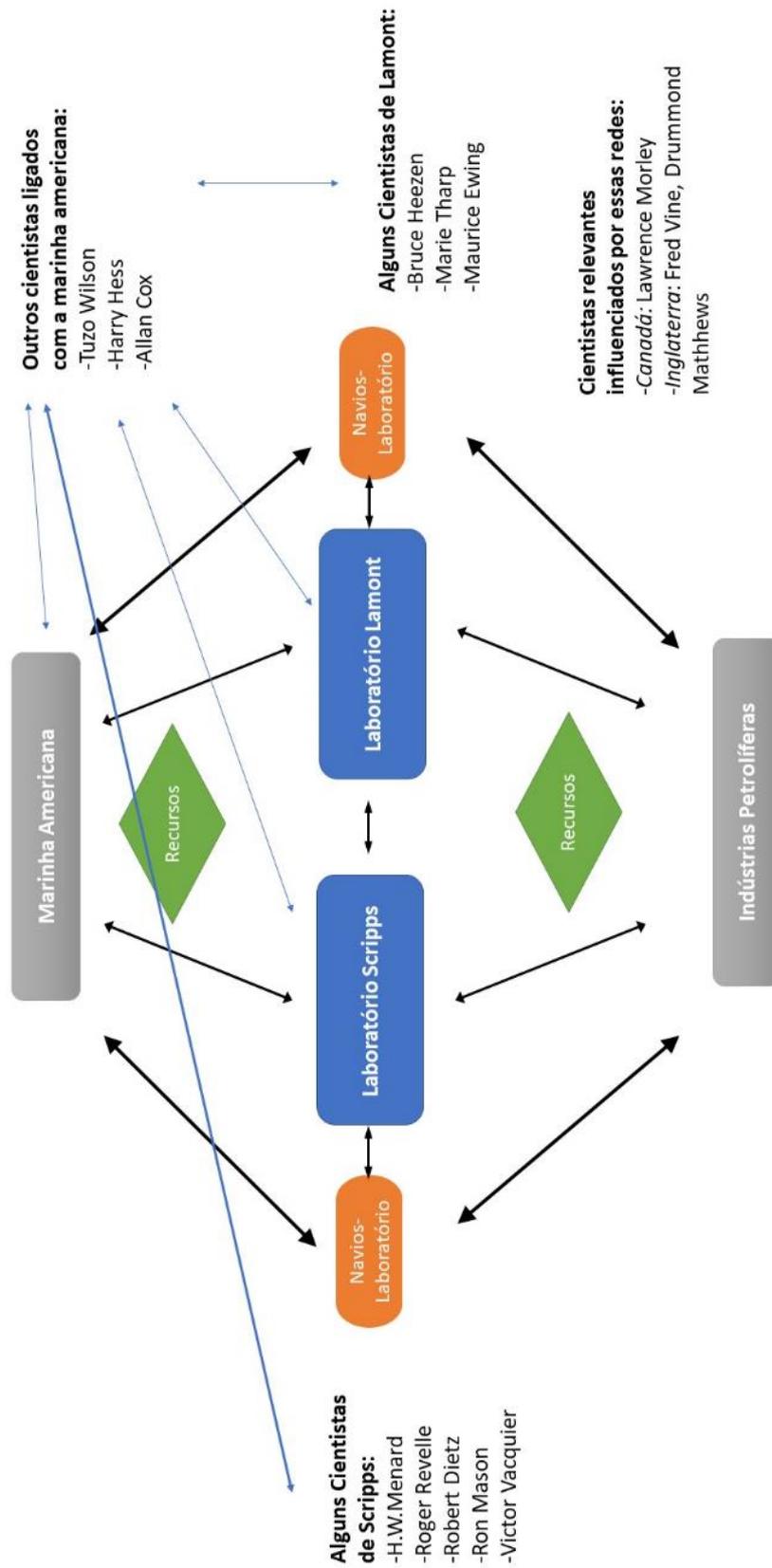


Figura 4. 12. Rede simplificada de laboratórios, recursos e cientistas participantes dentro das pesquisas de exploração marinhas. Autoria própria

Em conclusão ao tópico, podemos observar a centralização das pesquisas marinhas e geológicas nos EUA, dado os interesses políticos da marinha e econômicos de indústrias petrolíferas que se interessaram pela potencialidade posterior das pesquisas desses cientistas, principalmente dos laboratórios de *Lamont e Scripps*. Alguns laboratórios e novas especializações seguindo os critérios desses cientistas, com uma troca de informações e influências, foram se estabelecendo em outros Institutos de pesquisa do mundo, criando uma linha de influência maior à medida que também se era necessário coletar mais dados de forma expansiva já que se tratava de um estudo macro inicialmente acerca, principalmente, do assoalho oceânico e sua geomorfologia. Além disso, quase todos os cientistas de tais redes e laboratórios serviram a marinha americana, alguns participando diretamente na Segunda Guerra Mundial (Menard, 1986). De Menard (1986, 41-42):

Os hidrógrafos das principais marinhas do mundo se reuniam anualmente para coordenar seus programas de sonoridade em alto-mar. Por algumas razões, os Estados Unidos nos enviaram os dois, assim como o hidrógrafo da Marinha. No final da primeira reunião, Bruce e eu percebemos que Lamont e Scripps estavam colecionando mais e melhores sons [batimetria], do que qualquer outra marinha no mundo. A Marinha dos EUA estava pagando por todas as pessoas que Bruce e eu continuamos a contratar, e a Marinha queria nossos dados. Em meados da década de 1960, computadores e equipamentos automáticos de processamento de dados tornaram-se disponíveis, e uma solução para nossos problemas poderia ser comprada. Brackett Hersey, o geofísico Woods Hole, havia aceitado uma posição importante no departamento de pesquisas da Marinha [*Navy Reserach*], e resolveu o problema para mim com uma rica infusão de dólares. Começando no final de 1966, comprei digitalizadores, perfuradores de cartão e impressoras *plotter* controladas por computador [CNC], e contratei mais pessoas para administrá-los. Depois disso, nunca precisei aumentar o grupo de processamento de dados. A marinha tratou Lamont igualmente generosamente, e em breve poderíamos trocar dados com eles por meio de fitas perfuradas [*paper tapes*].²⁸

²⁸ Traduzido de Menard (1986, p.42): "The hydrographers of the major navies of the world assembled annually to coordinate their deep-sea sounding programs. For some reason the United States sent the two of us as well as the hydrographer of the Navy. By the end of the first meeting Bruce and I realized that Lamont and Scripps were collecting more and better sounds than any navy in the world. The U.S. Navy was paying for all the people that Bruce and I kept hiring, and the Navy wanted our data. By the middle 1960s, computers and automatic data-processing equipment became available, and a solution for our problems could be bought. Brackett Hersey, the Woods Hole geophysicist, had accepted a major position in Navy Research, and he solved the problem for me with a rich infusion of dollars. Starting late in 1966 I bought digitizers, key punches, and computer-driven plotters, and hired more people to run them. Thereafter, I never had to increase the data-processing group. The navy treated Lamont equally generously, and soon we could exchange data with them by computer tape."

Deste modo, é inegável a importância dos recursos advindos da marinha tanto com relação aos próprios navios como contratação de cientistas, equipamentos e até mesmo a própria relação de certa proximidade entre tais laboratórios. O interesse em mapeamento territorial e outros dados é evidente pelo trecho descrito acima. Isso também é relatado por Ron Mason na compilação de Oreskes (2001, p.34).

4.5. Advento de novas teorias

No início dos anos 60, após uma vasta obtenção de dados e desenvolvimento tecnológico na área de geofísica e geologia marinhas, diversas teorias foram surgindo. Após a observação direta de cadeias montanhosas e ativas no fundo do oceano, chamadas Dorsais, Robert Dietz [1914-1995] e Harry Hess [1906-1969], simultaneamente e independentemente, desenvolvem a Teoria da Expansão do Assolho Oceânico (*Sea-Floor Spreading*). A Teoria afirmava que haveria formação de crosta oceânica por meio das Dorsais, onde pela convecção do manto a crosta estaria se movimentando para as laterais, e depois entrando nas fossas oceânicas. Era uma teoria não fixista, ou seja, envolvia o conceito de movimentação dos continentes. Apesar disso, não envolvia expansão da Terra como um todo, como na Teoria da Terra em Expansão.

Uma terceira teoria que surgiu no período foi a tese do desenvolvimento sequencial das dorsais, proposta por Menard. Ela negava que a deriva continental era causada pela formação de crosta oceânica nas dorsais, e via as dorsais como estruturas efêmeras (MENARD, 1986, p.133). Alguns pontos pertinentes de se observar aqui é que já se torna difícil separar a teoria científica da técnica em si: realmente, não há uma distinção clara desses conceitos amplamente difundidos – temos uma forma de ciência amplamente técnica e superespecializada, com grandes laboratórios atuantes governados por grandes potências.

É fácil achar tais registros estadunidenses por meio de grandes revistas científicas amplamente difundidas, assim como alguns registros por coligados a esses laboratórios americanos e europeus nos livros de história das ciências. Porém

é muito custoso achar registros advindos, por exemplo, da União Soviética²⁹. Apenas é citado, como o “grande inimigo” das teorias não-fixistas da Terra, o geólogo russo famoso Belusov, o único representante dos “inimigos” discutido nos livros. É uma parcialidade interessante de se notar no qual observei nos livros dos historiadores da Tectônica de Placas, especialmente Menard, talvez pela forte ligação com as políticas americanas.

4.6. Desenvolvimento do Paleomagnetismo

Uma das áreas da geofísica que mais se desenvolveu durante a intensa exploração marinha, que ocorreu entre os anos de 1950 até o final de 1960 foi o paleomagnetismo e o aprofundamento dos estudos acerca do campo magnético terrestre. Ideias importantes em relação ao magnetismo das rochas e o campo magnético terrestre já tinham sido sugeridas, mas a utilização desse conhecimento com a finalidade de se conhecer a disposição de continentes e formações de diferentes passados geológicos surgiu durante essa época (ORESQUES, 2001)

Nas décadas anteriores já tinha sido estabelecido que alguns derrames históricos de lava registravam a direção do campo magnético da Terra. Em 1906, Bernard Brunhes [1867-1910] constatou que rochas magnetizadas em direções opostas à direção do campo magnético terrestre. Em 1929, Motonori Matuyama [1884-1958] publicou um artigo que mostrava uma correlação clara entre a posição estratigráfica e a polaridade. Ele mostrou que no começo do Pleistoceno o campo magnético da Terra estava invertido e que mais tarde mudou para a polaridade presente. Hoje, esse período de polaridade reversa, datando de 2.58 a 0.78 milhões de anos atrás, é chamada de *Matuyama reversed chron* e sua transição para a polaridade “normal” (como a da Terra no presente) é chamada de reversão *Brunhes-Matuyama* (ORESQUES, 2001). Pelos anos de 1930, cientistas começaram a supor que o paleomagnetismo poderia ajudar a mapear qualquer deriva dos polos de rotação ou mesmo dos continentes, caso essa última tivesse ocorrido. Para isso, era necessário levar em conta que as rochas são registros estáveis do campo magnético terrestre quando os sedimentos são depositados ou a lava se resfria. Além disso,

²⁹ Não obtive até então algum registro detalhado sobre pesquisas advindas dos “inimigos” dos grupos de interesse, porém é uma reflexão interessante a se fazer de acordo com o material encontrado.

pressupunha-se também que o campo magnético terrestre sempre foi um dipolo sobreposto ao polo de rotação (MENARD, 1986; ORESKES, 2001).

Victor Vacquier Sr. [1907-2009] contribuiu de diferentes formas para os métodos magnéticos em geologia, especialmente em sua parte técnica. Na década de 1930, ele inventou o magnetômetro *fluxgate*. Durante a Segunda Guerra Mundial, ele participou da aplicação do magnetômetro *fluxgate* para a detecção de submarinos inimigos, adaptando e criando o magnetômetro ASQ-3A (MAD – Magnetic Airborne Detector). Após o término da guerra, ele percebeu a capacidade do instrumento para detecção de estruturas geológicas de maneira mais detalhada. Além disso, o instrumento foi modificado para ser utilizado também em navios, possibilitando a obtenção de mapas magnéticos por outros cientistas (MENARD, 1986; ORESKES, 2001). Mostra-se aqui um grande investimento por meio da marinha americana acerca do desenvolvimento tecnocientífico com grandes potencialidades de resultados tanto estratégicos de defesa política (posto que é de grande utilidade se saber com detalhes mapas de estruturas geológicas do fundo do mar), quanto econômicas para fins de exploração. Do texto de Ron Mason na compilação de Oreskes (2001, p.32), temos o seguinte relato sobre o Project Magnet por volta de 1952:

Projeto Magnet foi um esforço conjunto de vários órgãos, incluindo o Escritório de Pesquisa Naval (ONR), o Serviço Geológico dos EUA (USGS) e o Laboratório de Artilharia Naval (NOL). O principal objetivo de sua fase inicial foi mapear anomalias magnéticas associadas a vulcões e outras estruturas nas ilhas Aleutas, e com dois atóis nas Ilhas Marshall, Bikini e Kwajalein, usando um magnetômetro instalado em uma aeronave. Foi a primeira tentativa séria de estudar as anomalias magnéticas decorrentes das estruturas oceânicas. Conversando casualmente com o sismólogo Russ Raitt durante o intervalo do café da manhã [*coffee break*], perguntei se alguém havia pensado em investigar as anomalias magnéticas associadas às estruturas do fundo do mar rebocando um magnetômetro atrás de um navio, uma operação que permitisse aos navios obter dados valiosos enquanto o mesmo fazia outras operações. " O que é isso? «Veio uma voz profunda atrás de mim. Roger Revelle, diretor da *Scripps*, tinha ouvido a conversa por cima. Depois da mais breve das explicações, Roger, em sua maneira caracteristicamente direta, perguntou: "Bem, você quer fazer isso?", Ao que eu prontamente respondi "Sim", e me tornei o homem do magnetômetro do Scripps.³⁰

³⁰ Traduzido de Oreskes (p.32): "Project Magnet was a joint effort of several bodies, including the Office of Naval Research (ONR), the U.S. Geological Survey (USGS) and the Naval Ordnance Laboratory (ONR). The main purpose of its initial phase was to map magnetic anomalies associated with volcanoes and other structures in the Aleutians, and with two atolls in the Marshall Islands, Bikini

Por esse trecho podemos perceber tais comentários reforçados acerca dos recursos bem como também a formulação da ideia de navios-laboratório discutidos no tópico 3.3. Aqui a questão do mapeamento magnético e da possibilidade de se levar outros pesquisadores e especialistas em navios em vez de se utilizar aeronaves é evidente. Navios são mais baratos e comportam muito mais pessoas, além disso muitos dos cientistas podem trabalhar seus dados em suas especializações de maneira comparativa, enriquecendo a obtenção de dados.

No final da década de 1950, a reversão do campo magnético estava sendo bastante discutida. Patrick M. S. Blackett [1897-1974] e Keith Runcorn [1922-1995], seu estudante, durante essa época, desenvolveram os métodos de aquisição de dados e fizeram um vasto estudo sobre magnetismo em rochas. Blackett mostrou que as rochas Paleozoicas e Mesozoicas registravam posições polares diferentes das de hoje. Tais registros ocorriam quando rochas se resfriavam e seu material magnético se alinhava com o campo magnético da Terra (MENARD, 1986; ORESKES, 2001). Diversos cientistas da área, como John Graham [1918-1971] e Jim Basley [1939-????], discordavam das afirmações de Runcorn durante essa época. Eles argumentavam que algumas rochas possuiriam uma mistura peculiar de materiais ferromagnéticos que, de alguma forma, causariam uma “auto reversão”. Esse debate durou cerca de 15 anos até constatarem que Runcorn estava certo e as tais reversões dos campos magnéticos existiam. Uma curiosidade é a de que John Graham desenvolveu um método de medição da magnetização de uma rocha baseada na desmagnetização alternada de amostra, diminuindo o campo para zero. A partir daí, mesmo ele não sendo primeiro a fazer isso, os investigadores em paleomagnetismo começaram a utilizar-se dessa técnica (ORESQUES, 2001). Tornou-se uma técnica que, com melhorias posteriores, é utilizada até hoje dentro dessa especialização já solidificada nas geociências.

and Kwajalein, using a magnetometer installed in an aircraft. It was the first serious attempt to study the magnetic anomalies arising from ocean structures. Talking casually to Scripps seismologist Russ Raitt during the morning coffee break, I asked whether anyone had thought of investigating the magnetic anomalies associated with sea floor structures by towing a magnetometer behind a ship, an operation that could enable ships to obtain valuable data while engaged in other operations. « What's that? » came a deep voice behind me. Roger Revelle, director of Scripps, had overheard the conversation. After the briefest of explanation, Roger, in his characteristically direct way, asked “Well, do you want to do it?” to which I promptly replied, « Yes », and I became Scripps' magnetometer man.”

Em 1955, Tr. Einarsen e T. Sigurgeirsson examinaram a polaridade de uma grande quantidade de amostras retiradas de uma fina seção de derramamentos de lava na Islândia, na qual faz parte da Dorsal Meso-Atlântica, e descobriram várias polaridades normais e reversas em diferentes amostras. Em 1957, Ron Mason [1940-2016] e outros estipularam critérios de polaridades para separar as anomalias negativas causadas pela topologia e fatores similares, de anomalias reversas causadas pelo campo magnético, concluindo que vários lugares atendiam ao critério estipulado (ORESQUES, 2001).

4.7. Padrão Zebrado

Todos os modelos matemáticos desenvolvidos para interpretar as anomalias magnéticas até então levavam em conta apenas a componente induzida, ignorando o magnetismo remanente da rocha. Não há como saber a direção da componente remanente sem extrair e medir a amostra de rocha. Porém, a razão da componente magnética remanente das rochas vulcânicas pela componente induzida do campo magnético é maior, podendo-se, portanto, investigar as reversões magnéticas a partir de dados de grandes áreas por meio de aquisição marinha. Para isso, utilizava-se o magnetômetro *fluxgate ASQ-3A* (MAD – Magnetic Airborne Detector) e sua adaptação para navios e/ou aviões (ORESQUES, 2001; MENARD, 1986).

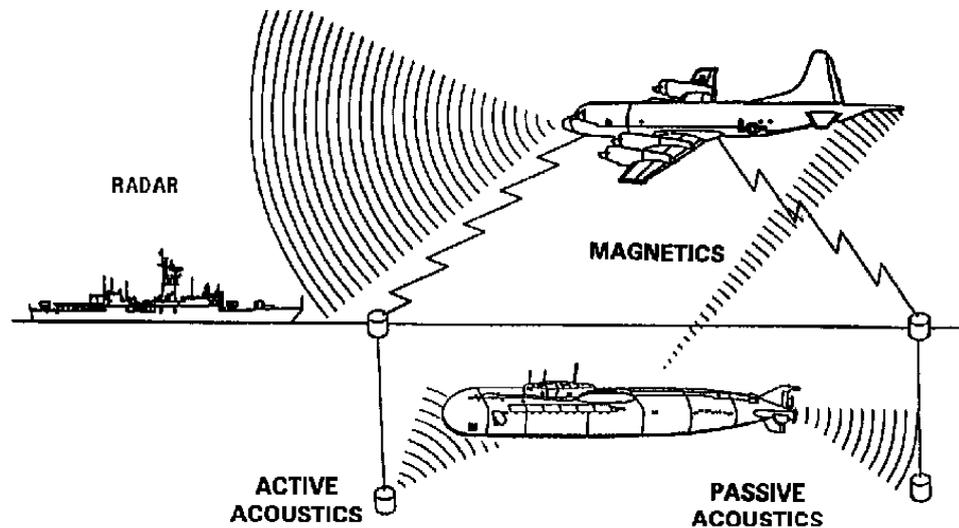


Figura 4. 13.. Esquema resumido de como funcionava a detecção de submarinos inimigos por meio dos magnetômetros fluxgate do tipo ASQ-X (MAD – Magnetic Airborne Detector, o X seria um número que representaria a versão do magnetômetro em questão), através dos aviões ou helicópteros chamados ASW (Anti-Submarine Warfare). Posteriormente, o magnetômetro ASQ-3A foi utilizado para aquisição de dados marinhos em pesquisas voltadas para geologia e geofísica (MENARD, 1986; ORESKES, 2001). Retirado de Global Security (2016). Imagem meramente representativa.

Ron Mason e Arthur D. Raff [1917-1999], ao longo de 1950, coletaram diversos dados magnéticos utilizando uma versão adaptada para navios do magnetômetro *fluxgate* de Vic Vacquier. Em 1961, publicam um grande artigo mapeando as anomalias magnéticas normais e reversas ao longo da costa Noroeste dos EUA. O mapa possui um padrão intercalado de faixas com polaridades normais e reversas, com isso sendo chamado de *padrões zebrados*. Tal estética gráfica chamou a atenção de vários cientistas que buscavam explicar tais padrões.

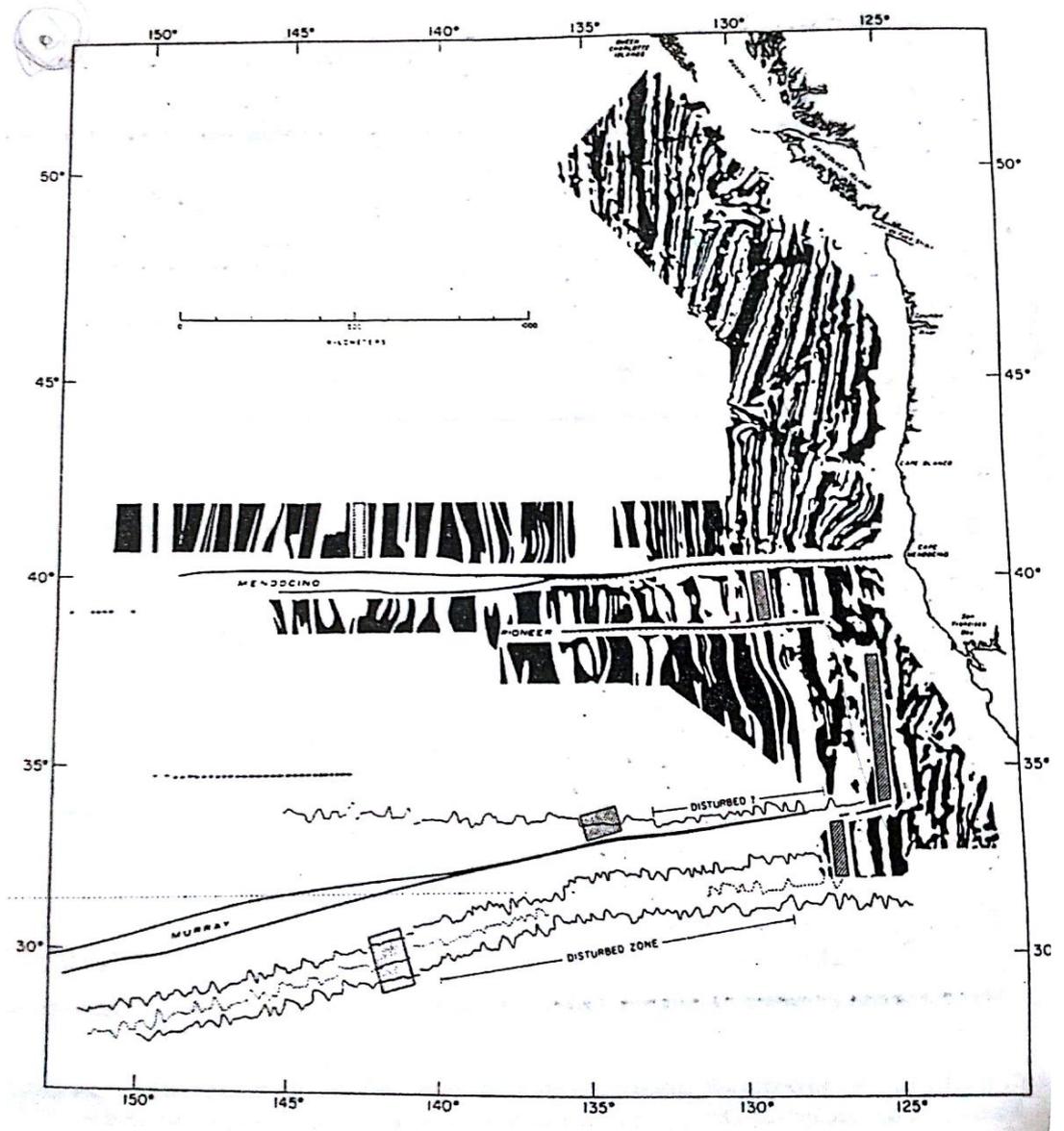


Figura 4. 14. As listras magnéticas descobertas nos anos 50 por Mason, Raff e Vacquier, apresentando os “offsets” das zonas de fratura. A pesquisa foi do sul ao norte por um período de anos. As curvas mostradas são perfis magnéticos. Retirado de Menard (1986), nos anexos entre as páginas 118 e 119.



Figura 4. 15. Anomalias magnéticas do Noroeste do Pacífico obtidos por Mason e Raff. É possível notar um padrão zebrado pelas diferenças de polaridades magnéticas de acordo com as faixas brancas e pretas alternadas. Retirado de Frankel (1982) com referência ao artigo de Raff e Mason (1961).

É notável observar, ao longo da “linha” histórica montada nesse capítulo, como a visualização desses padrões através da construção e os cálculos feitos para processar os dados obtidos do mapa são importantes para a validação da teoria. O padrão obtido mostrado no mapa aumenta gradativamente a quantidade de grupos convencidos pela teoria que ainda está sendo desenvolvida e implica algumas concessões de graus de importância ou não para a validação dos mesmos (como por exemplo, estipular que pelo fato a razão da componente magnética remanente das rochas vulcânicas pela componente induzida do campo magnético ser maior – como comentado no início deste tópico - é possível investigar tais reversões

magnéticas marinhas em grandes áreas). O mapa e os dados quantificados são validações de tais hipóteses dentro da pesquisa desses cientistas. Além disso, posteriormente, a utilização do método de potássio/argônio (K/Ar) – método de geocronologia - desenvolvido para datar precisamente rochas vulcânicas através do decaimento natural do isótopo radioativo K^{40} para o elemento estável Ar^{40} , foi utilizado para datar as inversões de polaridade de tais faixas magnéticas obtendo uma linha do tempo das reversões de polaridade terrestres através das mesmas (ORESKEs, 2001, p.91).

Para entendermos melhor a relação da produção das imagens nas ciências da Terra nessa época, além de suas consequências dentro das pesquisas hoje em dia, precisamos voltar para a metodologia e explicitar a diferença entre objetividade mecânica e objetividade comunitária (DASTON, 1999). Daston analisa a questão das objetividades científicas, sua historicidade e consequências epistemológicas. As duas mais importantes para a análise deste trabalho, que cresceram em importância e substituíram ao longo do tempo diversas formas de representações ao longo de uma chamada história das imagens científicas foram a objetividade mecânica e a objetividade comunitária. A primeira se constrói com o advento da fotografia e a instrumentalização maquinária. A segunda, como o próprio nome já enuncia, é advinda do esforço de comunidades, ou seja, de uma ampla rede de observadores (DASTON, 1999).

A objetividade mecânica está ligada a objetos auto registradores, tais como as máquinas fotográficas, mas pode ser ligada aos instrumentos quantificadores, que visam a mecanização da observação, representação e argumentação. Esses mecanismos estão ligados, historicamente, a uma preferência metodológica ao imputar possíveis erros humanos na aquisição ou representação dos dados. Sem a interferência humana na obtenção dos dados a máquina – livre de qualquer subjetificação - se transforma nos próprios “olhos da Natureza”, ou seja, as figuras e dados captados seriam a representação mais direta da Natureza em si. (DASTON & GALISON, 1992; SHAPIN & SCHAFFER, 2003). A objetividade comunitária é a ligada a elaboração de mapas globais, utilizando métodos standardizados e uma ampla rede de observadores, fazendo com que os

pesquisadores locais sacrifiquem suas pesquisas em prol de um objetivo mundial ou comum. (DASTON, 1999).

Em resumo, para facilitar o entendimento desses dois conceitos e sua comparação os separei na tabela a seguir.

Tabela 3. 1. Resumo dos conceitos ligados à objetividade mecânica e a objetividade comunitária de Daston (1999).

	Objetividade Mecânica	Objetividade Comunitária
Conceitos Básicos	Quantificação através de instrumentos; tentativa de se livrar da influência humana na aquisição ou representação dos dados; Mecanização da observação, representação e argumentação	Ampla rede de observadores; elaboração global; método padronizado; sacrifício dos objetivos locais em prol de um objetivo comum
Exemplos	Fotografias, gráficos	Mapas
Problematizações	Muitas vezes desenvolvida com prejuízo da representação e generalização. As regras para a triagem dos dados ou mesmo a utilização de fotografias ou outros meios mecânicos nem sempre forneciam os dados mais verossímeis	Sacrificava por vezes o rigor à uniformidade. Nenhuma peculiaridade pode ser tolerada em uma colaboração que tem como premissa a plena comensurabilidade de todos os resultados.

Neste trabalho tem-se a presença das duas objetividades mencionadas acima, sendo estas utilizadas nos procedimentos científicos citados até então, atuando, em grande parte, conjuntamente. As quantificações realizadas pela obtenção de dados através das milhares de aparelhagens tecnológicas utilizadas, transformadas em gráficos e perfis de vários gêneros: sísmicos, magnéticos, gravimétricos, são durante e posteriormente ligadas a um mapeamento do território submerso. Começa-se a partir deste ponto, a se ter um mapeamento quantificado de áreas antes inacessíveis ao humano, algo próximo a uma tomografia ou encefalograma do assoalho oceânico, se considerarmos que a comparação organicista da Terra com o corpo humano prevalece de forma implícita no discurso e na maneira de se investigar a mesma. (DASTON & GALISON, 1992; RUDWICK, 1976)

É importante ressaltar que a construção e pesquisa em torno dos satélites também estava acontecendo na mesma época, promovida pelo ano internacional da Geofísica. Entretanto, a partir dos estudos dessa época das grandes pesquisas marinhas, podemos nos atentar que houve uma ampla modificação das representações e estudos de Ciências da Terra, agora aliada a quantificação mecânica e a digitalização aliada ao mapeamento global. Um mapeamento que, hoje, não escapa mais aos olhos dos satélites ou tecnologias recentes de aquisição de dados áreas. Sobre os satélites, de Colacios (2017, p.47):

Lançados pela primeira vez em 1959, os satélites auxiliaram os cientistas a entenderem o movimento atmosférico e auxiliaram os sistemas meteorológicos na previsão do tempo. Outras tecnologias foram inseridas nesses equipamentos espaciais, como os espectrômetros de massa, que identificavam os gases que compunham a atmosfera, além das temperaturas em várias partes do globo, antes não acessíveis a instrumentos terrestres de medição.

O mapeamento geológico/geofísico por meio de auxílio de satélites ainda não era comum na época. De acordo com Gordon J. MacDonald (ORESQUES, 2001, p.117), medidas feitas por meio de satélites posteriormente deram grandes informações sobre a distribuição de massa abaixo dos continentes e oceanos. De acordo com o mesmo, as medidas anômalas eram de forma semelhante às medições de gravidade feitas por instrumentos na superfície, porém estas eram

fortemente influenciadas pelas anomalias locais de distribuição de massa afetando nos dados dos desvios de interesse. A escala de medições das irregularidades por meio dos satélites é muito maior e o satélite é menos sensível às variações locais de massa – o que retoma o conceito de isostasia, mas de outra forma. De acordo com o mesmo (ORESQUES, 2001, p. 117):

Na década de 1960, essas propriedades só podiam ser medidas na superfície, mas o resultado básico era o mesmo de hoje: as medidas de gravidade apontavam para diferenças de massa abaixo dos continentes e oceanos que compensavam a topografia observável. Se essa diferença entre continentes e oceanos se estender a grandes profundidades, então uma teoria da deriva continental deveria ser muito diferente daquela imaginada por Alfred Wegener. Na visão de Wegener, o movimento dos continentes requeriria uma crosta oceânica fraca que se estendesse para baixo no manto; continentes foram placas rígidas sendo empurrados através dessa crosta fraca. Na minha opinião, isso era inconsistente com a evidência de diferenças profundas de massa entre os oceanos e os continentes.³¹

Apesar disso, com o mapeamento através dos navios-laboratório, ao começar a analisar as quantificações trazidas por ele e um território antes inacessível aos olhos humanos nesse nível de detalhamento, foram também descobertas as atividades vulcânicas nas Dorsais Meso-Oceânicas, bem como comprovada a noção de um relevo montanhoso no fundo do oceano, a relação com a formação de ilhas, terremotos com as grandes falhas, tais como a largamente estudada já na época – a falha de Santo André (*San Andreas*), na Califórnia. Todos esses dados e análises advindos de um mapeamento forneceram, também, dados que ligavam a formação das crostas oceânicas e a destruição de crostas nas bordas estudadas através da escala de tempo criada por meio da datação das faixas de inversões magnéticas. A ligação desse mapeamento das linhas magnéticas com o tempo³² foi o que permitiu uma ligação com dados e gráficos, obtidos pelos

³¹ Traduzido de Oreskes (117): « In the 1960s, these properties could only be measured at the surface, but the basic result was the same as today: gravity measurements pointed to mass differences below the continents and oceans that compensated for the observable topography. If this difference between continents and oceans extend to great depths, then a theory of continental drift must be very different than that first imagined by Alfred Wegener. In Wegener's view, the motion of continents required a weak oceanic crust extending downward into the mantle; continents were stiff plates pushing through that weak crust. In my view, this was inconsistent with the evidence for deep differences between the oceans and the continents. »

³² Tempo, nesse caso, está correlacionado com o parâmetro da linha tempo Geológica.

aparelhos sobre processos ligados ao dinamismo terrestre e as teorias já debatidas que defendiam uma deriva continental. A validação dentro da objetividade mecânica vigente e uma possível quantificação dos dados terrestres cria força no século XX. A dinâmica global, que também estaria ligada às catástrofes naturais, tais como vulcanismos e terremotos, estaria mais próxima de uma investigação e aproximação de uma estimativa mecanizada. Assim, tais investigações mapeadas e quantificadas da Terra foram crescendo durante essa época de exploração marinha – que em sua profundidade e estrutura era até então algo praticamente inacessível à observação humana. Os instrumentos viraram nossos olhos por meio da observação indireta através de dados quantificados.

Porém, para alguns críticos como Gordon J. MacDonald, apesar de todas as medições e dados, nem à Deriva Continental nem a Tectônica de Placas possuía um valor utilitário para a sociedade já que não era possível se prevenir terremotos da maneira que se imaginaria: o interesse era, meramente, intelectual, instigante no limite. Este mudou sua carreira para entender melhor concepções de mudanças climáticas. De acordo com o mesmo (ORESQUES, 2001, p.124):

Também me convenci de que os problemas sociais exigiam informações dos cientistas. Argumentar a realidade da deriva continental foi um desafio intelectual estimulante, mas nem à deriva continental nem a tectônica de placas tiveram muita influência sobre a saúde da sociedade. Por exemplo, a previsão de terremotos era impossível antes da aceitação das placas tecnológicas e permaneceu assim depois.³³

Essa declaração polêmica pode incomodar muitos estudiosos da área. Analisando os pormenores temos uma noção preventiva muito maior hoje em dia de catástrofes tais como terremotos, principalmente, na intenção de se reduzir danos. Inclusive, como citado no tópico 3.10, técnicas como essa eram utilizadas para detectar explosões de testes nucleares. Não obstante, tremores intensamente fortes são pensados como ocorrências possíveis, mas muito incertos de se prevenirem a tempos precisos. Tsunamis e catástrofes naturais gigantescas ocasionadas – por exemplo – por tremores sísmicos, aconteceram posteriormente e, também, nos dias

³³ Traduzido de Oreskes (2001, p.124): “I also became convinced that societal problems required input from scientists. Arguing the reality of continental drift presented an exhilarating intellectual challenge, but neither continental drift nor plate tectonics has had much influence on the health of society. For example, earthquake prediction was impossible before the acceptance of plate tectonics and has remained so afterward.”

atuais. A preocupação climática começou a acontecer por volta da mesma época de estudos (COLACIOS, 2017), o que demonstra uma possível atenção com as consequências de exploração desenfreada ligada ao capitalismo exacerbado e atuação humana na superfície terrestre – sem eliminar o fator natural da mudança climática registrada e característica do planeta, um assunto deveras polêmico.³⁴

4.8. Hipótese de Vine-Matthews-Morley

Os cientistas Frederick John Vine [1939] e Drummond Hoyle Matthews [1931-1997], ingleses, publicaram juntos, em 1963, a Hipótese de Vine-Matthews. Lawrence Whitaker Morley [1920-2013], geofísico canadense. Sem conhecer, de acordo com a literatura fortemente mertoniana de Menard (1986), as ideias de Vine e Matthews, elaborou uma hipótese muito semelhante à publicada por eles durante a mesma época. Isso não implica que Morley não sabia sobre as pesquisas que estavam ocorrendo na época (MENARD, 1986; ORESKES, 2001). Apesar disso, teve seu artigo rejeitado pouco tempo antes da publicação de Vine e Matthews, em 1963, pela *Nature e Journal of Geophysics Research*. Seu nome, posteriormente, em reconhecimento, foi incorporado à hipótese, hoje conhecida como Hipótese de Vine-Matthews Morley (MENARD, 1986; FRANKEL, 1982).

Morley escreveu sua versão das ideias contidas na “Hipótese de Vine-Matthews-Morley” para a *Nature*, em fevereiro de 1963, e recebeu uma carta de rejeição somente em junho de 1963. Ele também mandou o artigo para a *Journal of Geophysical Research* onde o parecerista fez a seguinte famosa observação, que consta em Frankel (1982, p.17): “Este é o tipo de coisa que você poderia conversar em uma confraternização [“festa de *cocktail*”, mas não deveria escrever uma carta [formal], sobre isso³⁵”. Tal frase dada pelo parecerista explicita uma clara competitividade entre diferentes grupos e ideias científicas, as quais estavam sendo

³⁴ Apesar dos inúmeros trabalhos científicos alegando a influência humana nas alterações climáticas do planeta, há uma grande disputa política em se provar o contrário, causando uma enorme polêmica. De qualquer maneira, é falacioso e perigoso negar a influência humana desmedida como causa de tais modificações climáticas.

³⁵ Traduzido do original: “This is the sort of thing you would talk about at a cocktail party, but you would not write a letter on it”

formadas na época. Por fim, apresentou suas ideias na *Royal Society* do Canada em junho de 1963, mas publicou somente no ano seguinte, após a publicação oficial de Vine e Matthews (MENARD, 1986; FRANKEL, 1982). É importante lembrar que Morley também participou da Marinha Britânica como oficial de radar no oceano, de acordo com seu próprio depoimento em texto (ORESQUES, p.69).

Vine conhecia os trabalhos de Hess e sua Teoria sobre a Expansão do Assoalho Oceânico, antes de elaborar a Hipótese de Vine-Matthews-Morley, junto a Matthews. Com o desenvolvimento das pesquisas marinhas, principalmente em relação às anomalias magnéticas e ao paleomagnetismo, os postulados da Hipótese se baseavam em conhecimentos muito recentes na época e não amplamente aceitos pelos especialistas. Esses fatores, que eram essenciais para a Hipótese, eram (ORESQUES, 2001; MENARD, 1986; FRANKEL, 1982):

1. Validade da Teoria da Expansão do Assoalho Oceânico;
2. Reversões do Campo Magnético Terrestre
3. Importância do Magnetismo Remanente nas rochas da Crosta Oceânica.

A Hipótese correlacionava os padrões magnéticos simétricos vistos na crosta oceânica (padrões zebrados), já anteriormente observados pelos pesquisadores, como Raff e Mason, com as reversões do campo magnético terrestre. Os derrames de lava que ocorre nas Dorsais Meso-Oceânicas resfriam-se através do ponto de Curie (temperatura em que materiais perdem suas propriedades magnéticas permanentes e são substituídas pela magnetização induzida), formando a crosta com seus materiais magnéticos orientados de acordo com a posição do campo magnético vigente. Esses padrões seriam simétricos e contínuos, pois nas Dorsais a crosta criada “empurra” (força), a antiga em ambos os lados, igualmente (ORESQUES, 2001; MENARD, 1986; FRANKEL, 1982).

O método de Potássio-Argônio (*K-Ar*) foi utilizado em rochas para a datação dessas faixas de reversais encontradas, estimando assim a possível data das polaridades e seus intervalos de duração. Apesar disso, pelas reversões conhecidas, algumas faixas não se encaixavam nos períodos de reversões

magnéticas até então datados. Um dos maiores problemas era o evento *Jaramillo*, uma reversão muito recente e curta não datada – descoberta - ainda (ORESQUES, 2001; MENARD, 1986; FRANKEL, 1982).

Morley, ao contrário de Vine, não possuía dados em anomalias magnéticas para analisar, não era oceanógrafo e nem era um geofísico engajado em pesquisas marinhas: estava, em grande parte, fora do contato com a rede mais influente de grupos e pessoas engajadas nesse assunto específico, apesar das ideias semelhantes. Suas maiores preocupações eram, em maior parte, as anomalias de padrão zebrado na costa ocidental da América do Norte do que, necessariamente, com a grande anomalia central ao longo dos eixos das Dorsais. Porém na época em que concebeu a ideia ele já tinha grande experiência, ideia em interpretar anomalias magnéticas, bom conhecimento em petrologia e em magnetismo de rochas. Além disso, estudava a então recente área de suscetibilidade magnética e magnetização remanente em rochas, além de conhecer as análises de anomalias magnéticas em correlação com as estruturas geológicas. Possuía também uma vasta experiência em estudos geomagnéticos aéreos. Mas, um dos principais motores para a concepção da ideia, foi a sua não aversão a possibilidade da existência da Deriva Continental. (ORESQUES, 2001; MENARD, 1986; FRANKEL, 1982). Mais do que isso, ele tinha um profundo interesse nas aplicações dos métodos paleomagnéticos em relação a geocronologia, o que o motivou a pensar sobre as relações de datações geológicas com as reversões geomagnéticas que estariam registradas no assoalho oceânico (FRANKEL, 1982).

Por caminhos diferentes de Vine, Morley acabou obtendo a mesma concepção da ideia, ao menos em sua forma geral. Porém, Harry Hess, por possuir uma maior proximidade e conhecimento dos estudos de Vine, apoiou a Hipótese de Vine-Matthews em conjunto com sua publicação. Portanto, devido a sua força argumentativa como cientista influente com relação a sua própria teoria da Expansão do Assoalho Oceânico e sua importância administrativa, a ideia de Vine foi mais difundida na época (FRANKEL, 1982, MENARD, 1986).

Nesse ponto a questão do poder de apoio encontrado nas redes traçadas pelos laboratórios é bem evidente quanto ao que será dado ou não importância de relevância científica ou ao menos uma chance de publicação no meio acadêmico. A

ligação de Vine e de Matthews com Robert Hess foi de suma relevância para o apoio em suas publicações na época diferente de Morley que, mesmo não sendo um cientista irrelevante academicamente, não estava dentro de uma situação que o favorecia dentro de suas ideias defendidas. Dentro do jogo do *ethos* científico, retórica do convencimento muitas vezes é ignorada e, com isso, tais relações acabam sendo explicadas como simples descobertas simultâneas³⁶ (MENARD, 1986; MERTON, 2013). Não ignorando a importância das relações estabelecidas por Merton (2013), nem sua importância teórica-histórica, mas dentro dessa estrutura estabelecida por ele a questão do poder territorial e geográfico na produção científica acaba sendo ignorada, já que sua teoria é muito centrada em uma problemática que concerne, principalmente, o eixo americano-europeu de se fazer ciência, além de colocar todos os grupos científicos em uma mesma categoria dentro do debate de uma teoria hiperespecializada, como se independentemente da localidade estas tivessem as mesmas chances de embates no jogo de convencimento científico.

Assim, retomando a discussão do parágrafo anterior, em vez de uma descoberta simultânea, partindo das semelhanças epistemológicas das duas teorias, esse problema poderia ser explicado, por exemplo, dentro da visão de Latour (2000) e a questão das redes já retratadas. Um cientista que está fora do jogo dos laboratórios mais influentes e participantes como Morley teria muito menos chances de conseguir ter seu artigo publicado ou lido como foi o que aconteceu na época. As hiperespecializações já eram marcas desse período histórico e não se pode fugir da influência da autoridade dada por certos nomes de cientistas e laboratórios dentro de uma área em específico. Mais do que coragem, Morley teria que lutar contra toda uma rede a qual ele estava inserido para publicar um artigo de uma ideia insegura e que poderia manchar sua carreira e discutir com diversos cientistas da área com a ameaça de ainda não ter seu artigo devidamente lido. Isso acabou atrasando a publicação de sua teoria, muito semelhante à dos dois. De fato, ele só foi

³⁶ Descobertas que acontecem ao mesmo tempo, independentemente, sem os cientistas se conhecerem ou terem conversado um com outro sobre tal teoria. Menard (1986) trata como descobertas simultâneas tais “coincidências” em diversos pontos de seu livro, inclusive para outras teorias e hipóteses dentro dessa história

reconhecido pelo fato de Vine e Matthews terem tido relevância em seus artigos. Além disso, alguém apontou a semelhança de suas teorias para com os mesmos.

A batalha de quem opera e publica mais rápido ideias irrelevantes é de fato marcada, revista, questionada, às vezes aceita como no caso retratado no parágrafo anterior, porém é inevitável se tratando da quantidade de participantes e cientistas no mundo. O desequilíbrio se encontra em quem será patrocinado e estimulado e, além de tudo, lido primeiro de acordo com todo o cuidado de contatos e construções dos laboratórios, instrumentos e artigos. Merton dá pistas que encaminham para um olhar nesse âmbito, porém acaba reduzindo a situação ao fechar a prática científica dentro de uma bolha interna altamente estruturada, esquecendo-se também da influência externa e carecendo de historicidade³⁷. Ao separar a prática científica das intenções externas fica difícil entender a relevância de alguns cientistas e laboratórios, bem como o funcionamento do jogo de convencimento retórico dentro do âmbito científico ao tratar cientistas como seres ingênuos e sem alguma bagagem ou conexão com o mundo exterior, afirmando que esses possam descobrir isoladamente – sem ao menos algum contato material como artigos científicos e publicações internacionais que eram evidentes na época – hipóteses semelhantes entre os pares. Dentro dessa perspectiva, acaba-se caindo em uma generalização que nem sempre se mostra como uma regra inabalável. Assim, de Latour (2000, p.142):

Qualquer objeto novo é assim formado pela importação simultânea de muitos outros mais antigos para a sua forma reificada. Alguns dos objetos importados provêm de disciplinas jovens ou antigas, ou pertencem a disciplinas mais ou menos rigorosas. O essencial é que o objeto novo emerge de uma formação complexa de elementos sedimentados, que já foram objetos novos em algum ponto do tempo e do espaço. A genealogia e a arqueologia desse passado sedimentado são sempre possíveis em teoria, mas se torna cada vez mais difíceis à medida que o tempo passa e que o número de elementos aumenta.

As transformações e criações conceituais, portanto, não são frutos de uma determinada caixa do tempo que se rompe enquanto uma, imediatamente após, se cria de forma completa. São frutos de um longo processo de transformação, de

³⁷ De acordo com o posfácio de Anne Marcovich e Terry Shinn (MERTON, 2013), ou mesmo outros críticos dentro da chamada Sociologia da Ciência.

ideias que vão sendo levadas em conta e outras não, de novos processos metodológicos e tecnologias que se agrupam nesses processos de observação e categorização. Na sedimentação dos terrenos mais antigos, que servem de base para outros ramos do conhecimento, essa volta fica cada vez menos tátil e somente com uma pesquisa aprofundada – uma arqueologia história com a finalidade de se buscar como tais conceitos foram se transformando em cada um de seus contextos sociais, econômicos e políticos – é possível entender melhor onde estamos pisando e quais são alguns dos motivos de estarmos indo por esse caminho, considerando em conjunto o contexto atual da situação e/ou os motivos relacionais aos quais fizeram tais sujeitos atuantes trilharem tal ponto de partida, levando em conta o fator existencial, agindo em um mundo já sobrecarregado de diversos conceitos e relações. Conceitos comuns e já bem estabelecidos carregam diversos pesos semânticos – normatizados/naturalizados - e representações para outros contextos históricos, e os mesmos se transformam e modificam-se com situações diversas ao decorrer do tempo (FOUCAULT, 2000; LATOUR, 2000). Isso não elimina a dificuldade do trabalho de análise do discurso, de acordo com Latour (2000).

Morley, inclusive, resolveu um problema que Vine e Matthews não consideraram: “por que apenas alguns *guyots*³⁸ nas pesquisas de Scripps pareciam magnetizados?” Ele não acreditava que o motivo seria a sua composição, ou seja, que os *guyots* dividiam-se em duas classes: uns contendo magnetita e outros contendo pouco ou nada desse material. Sua explicação era a de que os *guyots* com pouca ou nenhuma magnetização eram negativamente polarizados, a uma intensidade que se assemelhava à sua magnetização induzida pelo campo magnético presente. Considerando que os *guyots* magnéticos ocorreriam sempre nas bandas positivas e os não ou pouco magnéticos ocorreriam nas bandas de anomalia negativa, isto era uma evidência de que eles se resfriaram abaixo do ponto de Curie em tempo próximo ao das rochas em volta deles. Por esse motivo, eles estavam magnetizados na mesma direção. Além disso, Morley estava mais preocupado com a utilização da Hipótese de Vine-Matthews-Morley na geocronologia dos padrões de anomalias magnéticas (FRANKEL, 1982).

³⁸ Monte submarino, de topo aplainado, de origem vulcânica, que se erguem da planície abissal.

Vine, por outro lado, estava mais concentrado na relação da Hipótese de Vine-Matthews-Morley com a Teoria da Expansão do Assoalho Oceânico e à Deriva Continental. Em junho de 1965, junto a Tuzo Wilson (1908-1993), Vine começa a aplicar sua hipótese na Dorsal Juan de Fuca. Além disso, houve uma contribuição de Harry Hess nesse trabalho, o qual passou boa parte desse tempo em Cambridge (FRANKEL, 1982; MENARD, 1986). Nesse processo, Tuzo Wilson construiu sua noção de Falha Transformante (que será abordada posteriormente nesse trabalho), na qual Vine utiliza para a explicação da formação da Dorsal Juan de Fuca. Por meio da análise dessa dorsal, ambos descobriram a simetria em volta da anomalia magnética central (FRANKEL, 1982; MENARD, 1986; ORESKES, 2001).

É importante salientar que Vine desenvolveu diversos mecanismos de processamento de dados e modelos computacionais para a análise desses. Os modelos computadorizados, que utilizamos hoje em dia amplamente na área de geofísica, começaram a ser desenvolvidos e aplicados em diversas áreas na época, inclusive na área de estudos de anomalias magnéticas (MENARD, 1986). É interessante notar como a matematização de tais mecanismos e sua transposição para mapas e gráficos reforça as ideias teóricas, assim como as valida ao mesmo tempo que as estimula. Não se vê um estudo geocientífico puramente observacional e sim matematizado, completamente técnico. Com o advento dos computadores e da programação podemos ver que isso virou o básico dos estudos e da validação dos dados – o essencial hoje em dia em sua apresentação, e não apenas uma nova forma de apresentá-los.

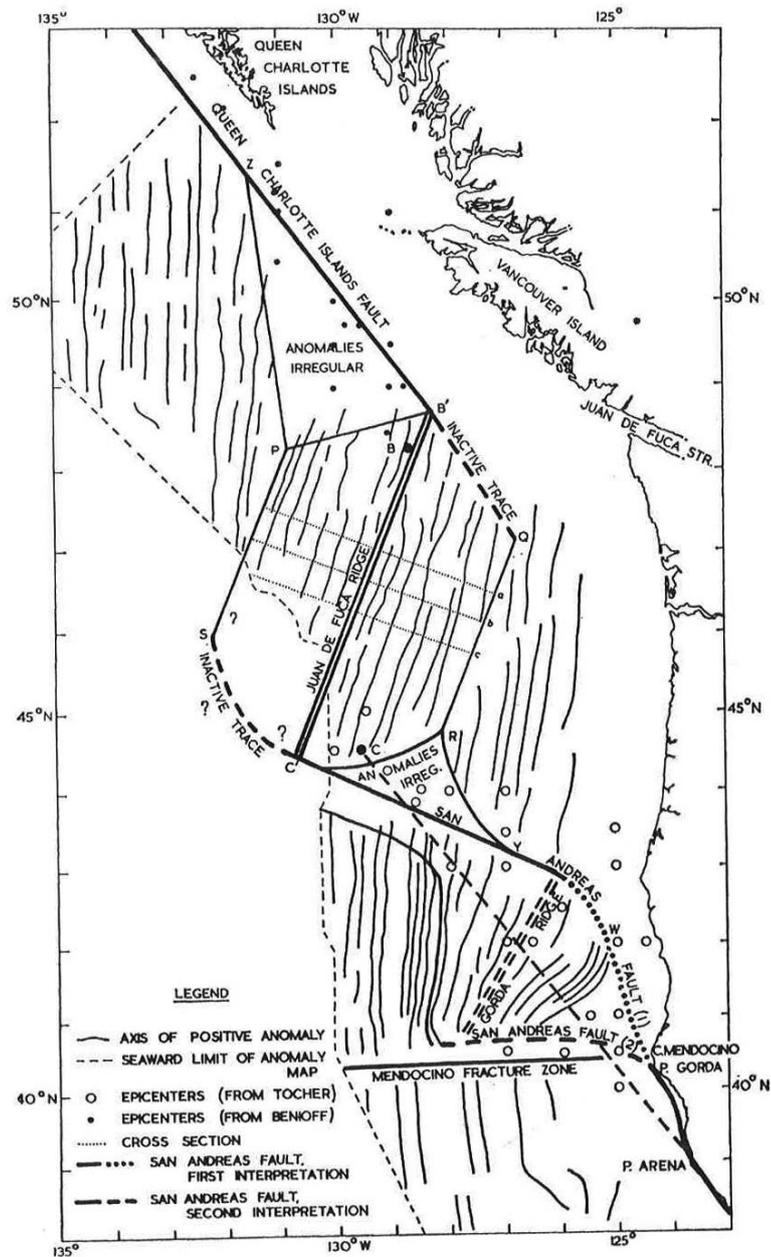


Figura 4. 16. Esquemática da Dorsal de Juan de Fuca em conjunto com as falhas geológicas encontradas no Noroeste do Pacífico, retirada do artigo original de Tuzo Wilson. É possível delimitar a relação das faixas de anomalias magnéticas pela contribuição de Vine aos estudos da Dorsal Juan de Fuca e os epicentros, esquematizando a dinâmica da crosta nessa região. Retirado de Wilson (1965).

Uma última observação relevante é imaginar que se Morley tivesse tido uma teoria contrária aos ditos vencedores dessa história provavelmente seu nome não seria lembrado na área. Este foi colocado à teoria pois suas ideias foram levadas em conta após a controvérsia ter sido vencida pela rede mais forte e influente no qual estava Vine e Matthews. Morley tinha uma certa influência em sua área a ponto de ter seu trabalho lido (afinal, era um ex-oficial da Marinha Britânica e

condecorado cientista), porém não estava com um contato tão direto com essa rede como Vine e Matthews estavam – diretamente relacionados com Harry Hess.

4.9. Eltanin-19 – O Perfil “Mágico”

O navio *Eltanin* era um navio militar que foi convertido em um navio de estudos oceanográficos. Esse navio partiu com o objetivo de trabalhar nas águas da Antártica, por volta de setembro de 1965, junto a cientistas de Lamont. Os planos de expedição eram de fazer duas longas “travessas [linhas] geofísicas” na Dorsal do Pacífico-Atlântico, obtendo dados magnéticos, topográficos e de sísmica de reflexão. Pode-se conceber o navio nesses estudos como um laboratório móvel, que vai de encontro com a natureza levando máquinas, especialistas de diversas áreas, administradores, navegadores, todos com o objetivo de transpor tal natureza dentro de uma linguagem matematizada, técnica, explicitada por meio de gráficos, mapas e perfis topográficos a partir de parâmetros selecionados e dados obtidos pelas máquinas construídas com esse propósito. Tudo isso para conseguir enxergar o que é difícil ou impossível observar diretamente. Dentro dessas expedições, foram obtidos os perfis magnéticos Eltanin-19 e Eltanin-20, que cobriam a parte central da Dorsal do Pacífico-Atlântico relacionada à Dorsal Juan de Fuca (FRANKEL, 1982; MENARD, 1986; ORESKES, 2001).

Nessa época, a maior parte dos cientistas de Lamont não era favorável à Teoria da Expansão do Assolho Oceânico e nem à Hipótese de Vine-Matthews-Morley, conseqüentemente. Apenas Neil Opdyke era favorável à Deriva Continental. Outros cientistas, como Talwani, Heitzler e Le Pichon, tentavam explicar os padrões magnéticos de forma a contestar a validade da Hipótese de Vine-Matthews-Morley. Eles relacionavam o padrão zebrado a formações ou anomalias geológicas que não estariam relacionadas com o campo magnético terrestre e suas reversões (FRANKEL, 1982). Heitzler diz que Opdyke fez sua graduação na Inglaterra, onde cientistas na época eram mais “imaginativos” em sua interpretação dos dados, ao contrário dos cientistas de Lamont, que tinham uma visão muito fortemente baseada nos dados e mais objetiva e tecnicista (FRANKEL, 1982). Menard (1986) fala sobre a maior inclinação dos cientistas ingleses para a aceitação da Deriva Continental que

nos Estados Unidos, o que acaba reforçando nos livros de história como foi “difícil” a batalha desses cientistas fortemente equipados para provarem seus pontos nos Estados Unidos.

Em 1965, foi reconhecida, pelos dados obtidos, a Dorsal *Juan de Fuca*, proposta por Tuzo Wilson. Pouco tempo depois, foi descoberto o Evento *Jaramillo*, por meio de análise de fluxo de lavas, por Allan Cox [1926-1987], Richard Doell [1923-2008] e Brent Dalrymple [1963]. Essa era uma reversão mais recente de pouca duração, que ocorreu a aproximadamente 0.9 milhões de anos atrás, de aproximadamente de 100000 anos. Com esse descobrimento, diversos dados que não se encaixavam anteriormente ficaram evidentes. (FRANKEL, 1982; MENARD, 1986; ORESKES, 2001). Independentemente, Neil Opdyke descobre o evento *Jaramillo*, em 1965, por meio de análise das anomalias nos sedimentos marinhos e comenta com Vine, que estava em visita a *Lamont*. Porém, ele o informa que este tinha acabado de ser descoberto e sabia do fato por Dalrymple, no encontro da *Geological Society of America* em novembro de 1965 (FRANKEL, 1982).

O perfil *Eltanin-19*, após a eliminação de ruídos e tratamento dos dados, bem como a comparação do modelo teórico computacional, foi considerado incrivelmente simétrico. Fred Vine, ao visitar *Lamont*, recebeu cópias do *Eltanin-19* de Jim Heirtzler, em 1966, e ficou impressionado com a qualidade dos dados (FRANKEL, 1982; MENARD, 1986; ORESKES, 2001). Apesar do acordo entre Vine e Heirtzler de publicarem o perfil ao mesmo tempo, provavelmente devido a pressões internas, Walter Pitman e Jim Heirtzler publicam o *Eltanin-19* em 2 de dezembro de 1966 (ORESQUES, 2003).

Esse perfil convenceu e “converteu” diversos cientistas em relação à Teoria do Assolho em Expansão, bem como da validade da Hipótese de Vine-Mathews-Morley. A seguir, uma figura que mostra a simetria do Perfil *Eltanin-19*.

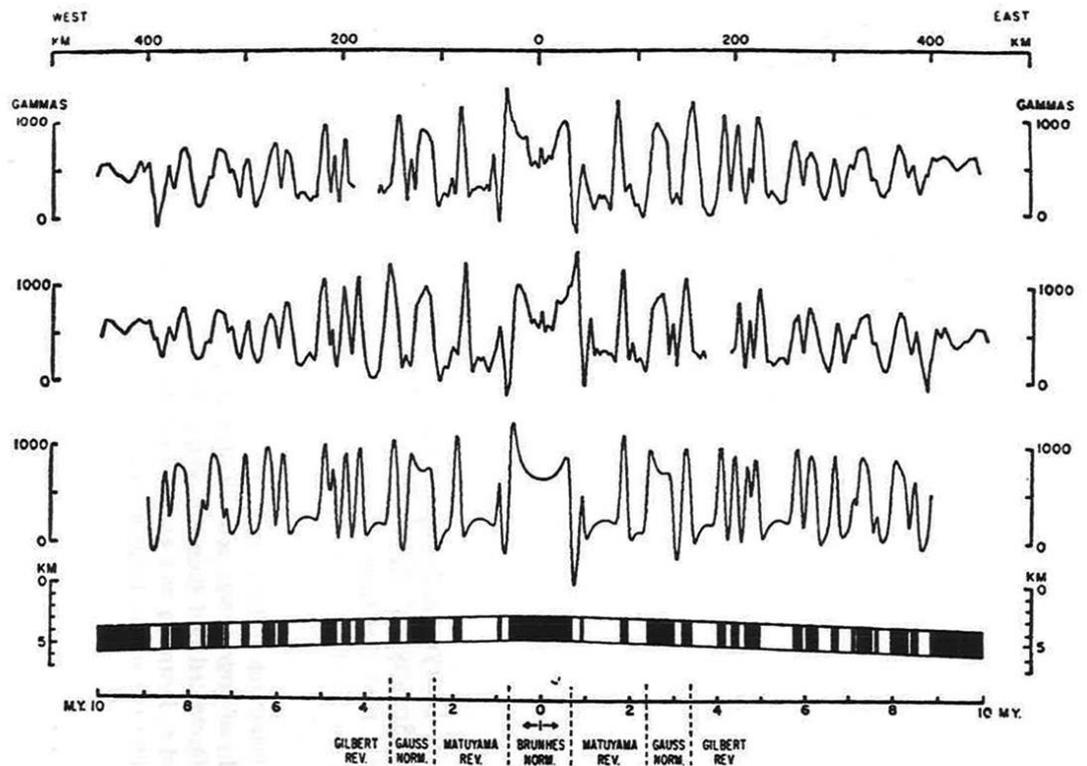


Figura 4. 17. Perfil Eltanin-19 representado pela curva central. É possível reparar na incrível simetria entre as anomalias magnéticas positivas e negativas entre os dois lados da Dorsal (região central do esquema abaixo). O modelo computadorizado dos dados estimado para a área (última curva) também corresponde bem aos dados obtidos nela (Eltanin-19). A primeira curva corresponde ao perfil reverso. Retirado de Frankel (1982) com referência ao artigo de Pitman e Heitzler (1966, p.1164).

É interessante notar como tal imagem tem tamanho poder de convencimento e integração de mais pesquisadores acerca da ideia de um Assolho Oceânico em Expansão – movimento - justamente por ser fundamentado por todo um aparato de máquinas, dados e processamentos matemáticos, duramente trabalhados para apresentar parâmetros que, coincidentemente, são absurdamente simétricos. E, além disso, foi essa simetria através dos dados que chamou tanta atenção dos cientistas pois se encaixavam de forma plena com a teoria cogitada anteriormente. O caminho para o convencimento da teoria não fixista das placas tectônicas tem uma grande arma e está a meio passo da vitória contra seus pares com ideias concorrentes.

4.10. Falhas Transformantes

Em 1965, Tuzo Wilson e Alan Coode – separadamente - concebem a ideia de Falha Transformante. O conceito anterior mais aceito a essa ideia era de Falha Transcorrente (MENARD, 1986; ORESKES, 2001). Este assumia que, devido as Dorsais Meso-Oceânicas sofrerem diversos deslocamentos laterais [*offsets*], estes eram inicialmente alinhados e estavam dispostos na posição atual pelo movimento ao longo das tais Falhas Transcorrentes (*strike-slip faults*). Tuzo Wilson, ao contrário do que se pensava, propôs que os *offsets* eram características primárias, estando sempre em suas posições presentes. Como consequência, não apenas posicionamentos relativos entre os lados opostos da falha estariam confinados na seção às duas dorsais, mas os dois lados se moveriam para direções além da respectiva dorsal; os padrões nos lados opostos seriam reversos em relação “um ao outro”, e não haveria a possibilidade de se encontrarem (ORESQUES, 2001)

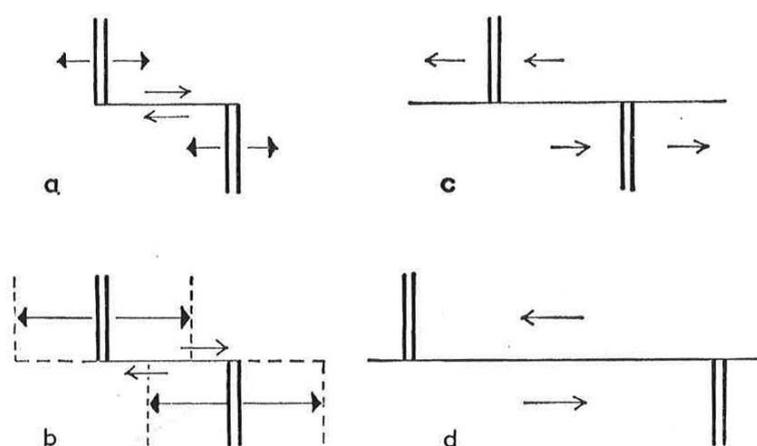


Figura 4. 18. Esquematização explicando as falhas transformantes retirada do artigo original de Tuzo Wilson (1965). O esquema (a) representa duas Dorsais que se expandem ligadas por uma Falha Transformante do tipo Dorsal-Dorsal (Ridge-Ridge Transform Fault), enquanto o esquema (b) representa a mesma situação em um tempo posterior. O esquema (c) representa uma Falha Transcorrente cortando uma Dorsal e o esquema (d) a mesma situação após certo tempo. O movimento do primeiro caso não mudou o deslocamento aparente. Wilson diz que a falha de San Andreas seria um exemplo de Falha Transformante Dorsal-Dorsal (Ridge-Ridge). Retirado de Wilson (1965) e Orekes (2001).

Lynn Sykes em *Lamont*, no ano de 1966, ao estudar os primeiros movimentos dos terremotos que ocorriam nos offsets da Dorsal Meso-Atlântica, demonstrou por meio de dados obtidos que os movimentos nos dois lados estavam nas direções previstas por Tuzo Wilson. Confirma-se assim a ideia de Falhas Transformantes. Essas falhas proporcionam o alívio da tensão, suportando a deformação da crosta oceânica entre zonas de subducção. Deste modo, agem como plano de fraqueza que permite esse alívio de tensão também das zonas de *rifte* da crosta oceânica. Como a ideia de falhas transformantes era consequência lógica da expansão do assoalho oceânico, acarretou então na aceitação da teoria. Em vista disso a formulação da Teoria da Tectônica de Placas foi rápida já que essa era a “cartada final” - definitiva, sendo oficialmente publicada em 1968 (MENARD, 1986; ORESKES, 2001).

4.11. Rússia, Guerra Fria e estudos nucleares: relação com os laboratórios (como o de *Lamont*) e os estudos em Ciências da Terra

Atravessando pelo contexto de guerras deste trabalho e a influência bélica dos cientistas participantes, bem como dos laboratórios financiados por empresas e pela Marinha americana, acaba sendo inevitável não relatar sobre as questões Estados Unidos e Rússia dentro de tais pesquisas científicas.

Primeiramente, baseando-se na bibliografia principal do trabalho, é possível tecer uma crítica ao fato de ela ser majoritariamente americanizada, tratando-se uma de uma evolução tecnocientífica essencialmente estadunidense de acordo com os relatos dos científicos envolvidos nesses processos científicos. Em segundo, temos que mesmo os historiadores das ciências clássicos que se sujeitaram a tais análises não problematizaram tais questões de forma evidente - marcante quando tratamos de um questionamento de redes envolvidas.

Começando a partir dos laboratórios, através das técnicas já retratadas anteriormente, temos a questão da batimetria e do geomagnetismo como forma de mapeamento dos fundos das costas oceânicas, sendo utilizados, também, para a detecção de submarinos. Quanto a sismologia podemos acrescentar um adendo muito importante que é sua relação com a questão da detecção de explosões nucleares e os estudos de camadas e detecções através dos testes nucleares realizados pelos Estados Unidos. Implicitamente, se sabiam de testes envolvendo diversos países considerados inimigos, como a antiga URSS (União das Repúblicas Socialistas Soviéticas). Fora qualquer ligada à agência central de inteligência americana (CIA) ou afins, na revista *Science* e outros artigos científicos se denotam o interesse na tradução de jornais científicos russos acerca de diversos temas – inclusive muitos envolvendo áreas das Ciências da Terra tratadas tais como tópicos em Geofísica, inclusive aplicadas. É relatado inclusive a dificuldade de tradução desses periódicos, sendo o mais famoso chamado *Geotektonika* (PUSHCHAROVSKY, 2015; WOOD, 1979). Muito se fala de Vladimir Belousov (1907-1990), relevante cientista que advogava contra a Teoria da Tectônica de Placas e possuía um posicionamento fixista – não ligado a qualquer hipótese de movimentação continental. Porém, de qualquer maneira, a pluralidade do pensamento russo pode ter sido apagada desses registros. A dificuldade de se verificar neste trabalho é a disponibilidade de tais revistas, mas podemos supor que – ao menos no quesito aplicado, de detecção e prático – os russos estavam em competição direta com os americanos.

Quanto a discussão envolvendo a detecção de bombas atômicas e até mesmo sugestões de aplicações de explosões nucleares envolvendo o campo da sismologia, foram analisados diversos artigos encontrados em publicações da revista *Science*. Através destes, mostram-se de maneira evidente, os envolvimento dos laboratórios estadunidenses (tais como o laboratório de Lamont), e dos cientistas coligados já citados nesta dissertação. Vamos analisar alguns através da metodologia de detecção relatada. De acordo com Bradner (1964, p.208),

O trabalho pioneiro foi relatado por Ewing e Vine³⁹ em 1938 (1), mas suas medições foram interrompidas pela Segunda Guerra Mundial. Após a guerra, o grupo de Ewing no Lamont Geological Observatory (2) retomou a gravação sísmica do fundo do oceano profundo. Eles estavam interessados em monitorar pequenos terremotos e explosões nucleares e em estudar a sismicidade da Terra e a origem e propagação do contínuo tremor de fundo chamado microseísmo.⁴⁰

Observa-se, daí a relação direta dos interesses de *Lamont* também com as questões nucleares reforçando o envolvimento bélico de alguns dos cientistas participantes em questão e, também, da grande quantidade de recursos investidos nos trabalhos ligados à sismologia.

Esse artigo de Bradner (1964), é muito intrigante pois ele relata novas possibilidades metodológicas de investigação em sísmica nuclear e, além disso, faz uma espécie de história metodológica das formas utilizadas anteriormente para este tipo de pesquisa. Primeiro, ele relata a relação técnica acerca da prospecção de empresas petrolíferas e os geofones utilizados nesses processos. Esses não eram sensíveis, eram geofones de alta frequência para captar linhas em águas rasas. Esse geofone era usualmente ancorado em navios e as linhas sísmicas eram captadas no mesmo, tal como descrito anteriormente em tópicos anteriores neste trabalho (BRADNER, 1964, p.209). O mesmo descreve detalhadamente os processos metodológicos de Maurice Ewing na obtenção dos dados sísmicos (BRADNER, 1964, p.209):

Ewing e Vine, em seu registro inicial no fundo do oceano em 1938, usaram uma sequência de quatro geofones e quatro explosivos, como mostrado na Fig. 1, para obter um perfil de refração sísmica. Em 1939 e 1940 eles obtiveram uma pequena quantidade de dados adicionais de refração sísmica do registro de oscilografias e geo-fones que foram liberados da superfície (6). Cada geofone foi impulsionado por uma bóia de gasolina de 113 litros e pesada por lastro de ferro que teve um tempo de lançamento. Depois da guerra, Ewing e os outros membros do grupo Lamont desenvolveram um

³⁹ O cientista chamado Vine relatado nesse trecho não é o mesmo Vine da Teoria da Hipótese de Vine-Matthews-Morley. Porém, Ewing é o mesmo cientista já relatado diversas vezes neste estudo.

⁴⁰ Traduzido de Bradner (p.208): "Pioneering work was reported by Ewing and Vine in 1938 (1), but their measurements were interrupted by World War II. After the war Ewing's group at the Lamont Geological Observatory (2) resumed seismic recording from the deep ocean bottom. They were interested in monitoring small earthquakes and nuclear explosions and in studying the seismicity of the earth and the origin and propagation of the continual background quivering called microseism."

sistema que transmitia informações sísmicas acusticamente de um instrumento no fundo do oceano para um navio na superfície (2).⁴¹

Semelhante às práticas laboratoriais já relatadas nesse trabalho para investigações de prospecções e mapeamentos marinhos, pode-se observar por essa introdução de Bradner, os caminhos que levaram ao acoplamento de tais metodologias à detecção e estudos de explosões de bombas nucleares. A figura relatada no trecho que esquematiza essa disposição é a seguinte

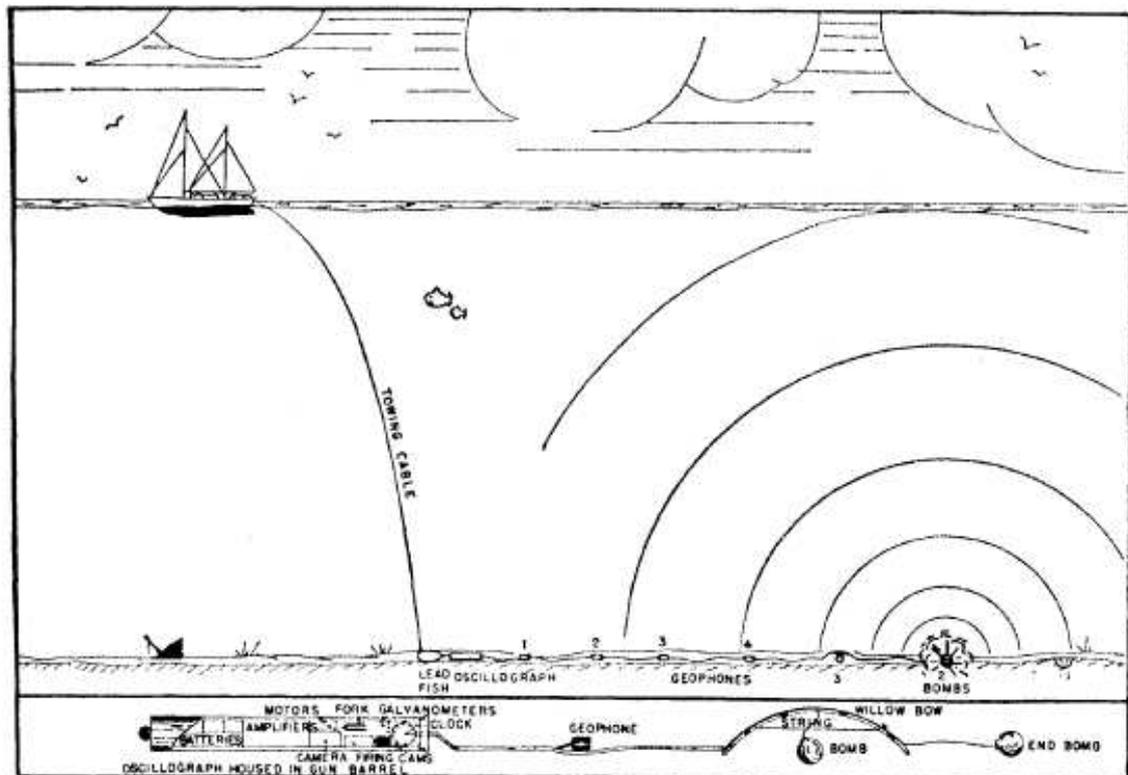


Figura 4. 19. Primeiras medições sísmicas do fundo do oceano de Vine e Ewing. Figura retirada de Bradner, 1964, p.209. Podemos analisar a esquematização de tais parâmetros, a disposição dos geofones, dos explosivos que reverberarão o som a ser detectado (*bombs*) e alguns peixinhos e

⁴¹ Traduzido de Bradner (1964, p.209): “Ewing and Vine, in their early recording on the deep ocean bottom in 1938, used a string of four geophones and four explosives, as shown in Fig. 1, to obtain a seismic refraction profile. In 1939 and 1940 they obtained a small amount of additional seismic refraction data from recording oscillographs and geophones that were free-dropped from the surface (6). Each geophone was buoyed by a 113-liter gasoline float and weighted down by iron ballast which had a time release. After the war Ewing and the other members of the Lamont group developed a system which would transmit seismic information acoustically from an instrument on the ocean bottom to a ship on the surface (2).”

passarinhos para fins estéticos, talvez para representar o mar simplesmente, não usuais formalmente em artigos científicos hoje em dia.

Bradner relata também sobre um cientista da União Soviética chamado Monakhov que, em 1961, fez um relatório sobre seus registros de microssismos de um pequeno número de sítios no fundo do Mar Negro, no Báltico e no Atlântico Norte. Sua metodologia era diferente de Ewing pois utilizava um único sismômetro vertical e registrador galvanômetro. A conclusão do mesmo foi que os microssismos eram determinados não apenas pelas ondas de superfície, mas, também, pelas características estruturais do fundo do assoalho oceânico. Bradner finaliza que novas técnicas de *Lamont* e da Universidade da Califórnia vem sendo aplicadas desde então (BRADNER, 1964, p.209). Adiante, ele faz diversos relatos detalhadamente específicos comparando as técnicas, os riscos e as dificuldades de metodologias de aquisição sísmica da Universidade de Columbia, da Califórnia e do Texas.

Outra série de artigos de relevância ao tema observados na *Science* foram feitos por Luther Carter acerca de testes nucleares e o tratado de 1963 alegando o banimento dos mesmos. Carter (1966; 1969, p.773; 1974), fala sobre como na verdade tais testes apenas mudaram para explosões, onde critica os riscos de poluição ambiental e o desencadeamento de tremores e *tsunamis* apesar da taxa de probabilidade ser baixa de acordo com outros especialistas (CARTER, 1966; CARTER, 1969; CARTER, 1974; HAMILTON; MCKEOWN & HEALY, 1969; NEILD & RUINA, 1972). Podemos ver nesse trecho que a preocupação não era nula (CARTER, 1969, p.774):

Em uma entrevista com a *Science*, Brune disse: “Não há razão lógica para que a explosão nuclear não possa ser o evento inicial em uma série de ocorrências. Quanto maior a explosão, maior a possibilidade de desencadear uma série dessas. "O mesmo é verdadeiro, disse ele, para o terremoto de ocorrência natural: quanto maior, maior a chance de iniciar uma série de terremotos.⁴²

⁴² Traduzido de Carter, 1969, p.774: “In an interview with *Science*, Brune said, 'There is no logical reason why a nuclear explosion couldn't be the initiating event in such a series of events. The larger the explosion, the greater the possibility of its triggering such a series.' The same is true, he said, for all naturally occurring earthquakes: the bigger it is, the greater the chance of its initiating a series of earthquakes. “

Dentro dessa chave, temos que a preocupação – por mínima que seja – se estende à possibilidade de o próprio homem ocasionar uma série de tremores semelhantes à terremotos e que possam, conseqüentemente, causar estragos irreversíveis em conjunto com outros riscos ambientais. As bombas atômicas, de início, não eram explodidas nem mesmo nos ataques ao chão para evitar danos ambientais causados pela radiação nuclear. Sobre o tratado de banimento de testes de 1963, Gillette (1974, p.774), relata posteriormente:

Quase 11 anos se passaram desde que os Estados Unidos, a União Soviética e a Grã-Bretanha assinaram o tratado de Proibição Limitada de Testes em Moscou, em agosto de 1963. A expectativa era que logo seria estendido a uma proibição abrangente de explosões de armas nucleares. Mas isso não foi feito. Na década seguinte, enquanto as negociações de banimento de teste continuavam fechadas, os Estados Unidos gastaram mais de US \$ 3,5 bilhões para realizar, de acordo com a contagem pública da Comissão de Energia Atômica, 255 testes nucleares subterrâneos. Sabe-se que a União Soviética, no mesmo período, detonou pelo menos 90 explosões subterrâneas.⁴³

Assim explosões perto de falhas e bordas de placas, regiões com grande atividade sísmica, não seriam uma boa ideia. Por exemplo, na área de Amchitka, de acordo com Carter (1969, p.775-776), não deveriam haver testes nucleares devido sua grande atividade sísmica que – com tais explosões – poderiam causar riscos de grandes terremotos decorrentes das mesmas. Carter por fim cita (1969, p.776):

No entanto, em resposta a indagações do senador Gravel, dois membros desse painel, Clarence R. Allen do Laboratório Sismológico Caltech, e Jack Oliver do Observatório Geológico Lamont-Doherty, endossaram a proposta do senador de estabelecer um corpo independente de especialistas em testes nucleares e segurança sísmica. Além disso, Allen disse, "minha confiança em [a segurança dos testes de Amchitka] seria aumentada se nosso conhecimento geológico e geofísico da área fosse maior, e se progredíssemos para os grandes eventos por uma série de grandes passos⁴⁴

⁴³ Traduzido de Gillette (1974, p.774): "Almost 11 years have passed since the United States, the Soviet Union, and Great Britain signed the Limited Test Ban treaty at Moscow in August 1963. The expectation then was that it would soon be extended to a comprehensive ban on nuclear weapons explosions. But that was not to be. In the ensuing decade, while test ban talks remained deadlocked, the United States spent more than \$3.5 billion to conduct, according to the Atomic Energy Commission's public count, 255 underground nuclear tests. The Soviet Union in the same period is known to have detonated at least 90 underground explosions. *

⁴⁴ Traduzido de Carter (1969, p.776): "However, in response to inquiries by Senator Gravel, two members of that panel, Clarence R. Allen of Caltech's Seismological Laboratory, and Jack Oliver of Lamont-Doherty Geological Observatory, have endorsed the senator's proposal to establish an independent body of experts on nuclear testing and seismic safety. Furthermore, Allen said, "my

Outros artigos também falam da possível aplicação inclusive econômica aproveitando-se de testes nucleares (COWAN, 1961). De acordo com Donn, Pfeffer e Ewing (1963, p.309):

O programa Lamont para investigar fenômenos associados a pequenas flutuações de pressão, que foi iniciado inicialmente como parte de um programa sísmico global, ganhou um ímpeto considerável com o início do IGY. Dois de nós (WLD e ME) (4, 5) recentemente deram descrições detalhadas e análises de mais de 36 conjuntos de registros de explosões, começando com as primeiras explosões de bombas de hidrogênio de 1952. Análise de registros de grandes explosões soviéticas e americanas de explosões. 1961 e 1962 ainda estão em andamento. Devido a melhorias na instrumentação, bem como ao alto rendimento, esta série forneceu dados extremamente valiosos.

Vários registros [linhas] feitas por Lamont e outras instituições para os testes nucleares soviéticos de 57 megaton de 30 de outubro de 1961 [...], junto com alguns registros produzidos pelas explosões de 23 de outubro de 1961 e 5 de agosto de 1962, ambos se acreditam que tenha rendimentos de cerca de 30 megatons.⁴⁵

Esse trecho se refere aos registros das ondas de ar por explosões nucleares – estas detectáveis por dias após as explosões como consta no artigo (DONN, PFEFFER, EWING, 1963). Além disso, observa-se que o laboratório de *Lamont* também estava envolvido com esse tipo de detecção. Há, inclusive, uma relação entre o mesmo e o serviço de inteligência que possuía diversas intenções, tais como, mapear explosões russas. São feitas análises de ondas gravimétrica-acústicas das explosões e também analisadas as variações das pressões atmosféricas. Ambos gráficos lembram imagetivamente basicamente de todos relatados trabalho, tais como os registros de ondas as quais podem ser analisadas e

confidence in [the safety of the Amchitka tests] would be much increased if our geological and geophysical knowledge of the area were greater, and if we were to progress to the large events by a series of increasing steps."

⁴⁵ Traduzido de Donn, Pfeffer e Ewing (1963, p.309): "The Lamont program to investigate phenomena associated with small pressure fluctuations, which was begun initially as part of a global seismic program, gained considerable impetus with the beginning of the IGY. Two of us (W.L.D. and M.E.) (4, 5) recently gave detailed descriptions and analyses of more than 36 sets of records of explosions, beginning with the early hydrogen-bomb explosions of 1952. Analysis of records from large Soviet and U.S. explosions of 1961 and 1962 is still under way. Owing to improvements in instrumentation as well as to the high yield, this series has provided extremely valuable data. A number of recordings made by Lamont and other institutions for the 57-megaton Soviet nuclear tests of 30 October 1961 [...], together with some records produced by the explosions of 23 October 1961 and 5 August 1962, both of which were believed to have yields of about 30 megatons"

equacionadas. Um exemplo ligeiramente anterior de detecção de explosões de bombas se mostra no relatório de Oliver, Pomeroy e Ewing (1960, p.1804):

Não há, no entanto, nenhuma dúvida sobre a identificação. Embora nenhum dado oficial tenha sido divulgado nas explosões dos EUA, os tempos de origem e epicentros deduzidos de dados sísmicos podem ser encontrados no boletim da estação sismográfica de Uppsala (4). As grandes ondas de ar, frequentemente registradas por sismógrafos de componentes verticais, assim como os microbarogramas, sugerem que os eventos ocorreram dentro da baixa atmosfera.⁴⁶

Por esse citação, observa-se a capacidade de detecção de explosões de bombas nucleares através de dados sísmicos, ou seja, tanto se estendem aos estudos de sísmica, quanto a outros campos dentro das Ciências da Terra (e também Atmosféricas). Além disso, há uma estreita relação com os laboratórios de Lamont e, em menor escala, com a Universidade da Califórnia, que é ligada, por fim, ao laboratório Scripps. Em um recorte estritamente temático, tais relações completamente ligadas às questões geopolíticas da época ou mesmo em relação às práticas ligadas com explosões nucleares seria completamente ignorado. Ao tratar-se de redes, pelo contrário, é preciso expandir tais correlações para entendermos a importância e relevância de tais centros de pesquisas, influências dos cientistas e interesses por certas áreas de estudos e técnicas.

É possível estender tais conexões de forma ainda mais aprofundada. Entretanto, é notável que, além do envolvimento e recursos dos laboratórios envolvidos pelos militares americanos, a prática e o estudo de sísmica, entre outras especialidades desses laboratórios, mostram-se de grande proveito para tais militares, já que possuem a finalidade de detecção de testes de bombas nucleares. Além disso, para os cientistas, os testes podem fornecer informações interessantes no campo de pesquisa científica. Esse movimento de troca é o que faz tais pesquisas fluírem e são tais recursos que fazem com que o laboratório e essa rede de pesquisas sejam de grande relevância e se mantenham ativas (LATOURE, 2000). Além disso, tais estudos transparecem os desacordos com a União Soviética e faz com que haja de fato uma imersão ao contexto social da época para entender alguns

⁴⁶ Traduzido de Oliver, Pomeroy e Ewing (1960, p. 1804): "There is, however, no question about the identification. Although no official data has been released on the U.S.S.R. explosions, origin times and epicenters deduced from seismic data may be found in the bulletin of the Uppsala seismograph station (4). The large air waves, frequently recorded by vertical-component seismographs, as well as microbarographs, suggest that the events took place within the lower atmosphere. (3)."

dos “mistérios” dos grandes investimentos da Marinha nas pesquisas de exploração dos navios-laboratório. Ignorar a importância das bombas nucleares para o embate EUA e URSS - tais estreitas relações - é minimizar os laços bélicos das pesquisas científicas. Estas podem não serem estreitamente ligadas a tais assuntos bélicos em certos momentos, mas ajudam, por fim, no desenvolvimento dessas práticas enquanto ganham financiamento tecnológico.

5. Discussões mais abrangentes sobre os processos de desenvolvimento científico e tecnológico com relação à dinâmica terrestre

5.1. Análise de artigos científicos e livros lançados no momento de tal processo histórico utilizando como base em Ciência em Ação de Bruno Latour

O processo histórico retratado é muito extenso para uma análise mais detalhada e “micro”, voltada a destrinchar os atores e todas as redes participantes da construção de fatos que culminaram na solidificação de uma “caixa-preta” a qual chamamos hoje de Teoria da Tectônica de Placas. Essa caixa é deveras complexa, ou seja, ao abri-lhe, dela saltam teorias diversas, redes de laboratórios, cientistas, associações econômicas e políticas. Apesar de não ser um termo que usaremos teoricamente nesse trabalho, muitos consideram a teoria da Tectônica de Placas a última grande Revolução Científica, aos moldes de Thomas Kuhn, o que por si só engloba uma grandeza de relações e implica numa grande mudança do caminho científico dentro da área das Geociências ou, de maneira mais abrangente, ao que chamados hoje de Ciências da Terra. Isso nos ajuda a entender a grande dimensão de tal “caixa-preta”, ou se for de preferência, do solo de conhecimento que estamos caminhando. Ao mesmo tempo, é uma teoria muito recente, do século XX, em um contexto mais próximo ao nosso, onde mal conseguimos separar a ciência da técnica – mesmo que fosse de interesse encaixar tais práticas nos moldes modernos. Além disso, há já a presença de uma superespecialização de áreas científicas mais próxima ao quadro presenciado hoje. Portanto, utilizando alguns preceitos de Latour (2000), não iremos separar a ciência da técnica: isso torna até mais simples de analisar tal situação como um todo, já que tais misturas de física e matemática nas áreas de Ciências da Terra no século XX implicam diretamente na construção de maquinários e na obtenção de dados por meio destes, o que torna a técnica não só uma auxiliar como imprescindível para tal pesquisa. Logo, é muito complicado estabelecer uma separação rígida técnica e ciência tal como teorias modernas no geral nos propuseram. Vamos, enfim, unificar os termos no conceito de Tecnociência neste trabalho.

Partindo dessa prévia noção da complexidade e do nosso resumo aproximadamente linear para nos situar de maneira panorâmica no processo histórico em questão, é possível observar que a solidificação dessa “caixa-preta” foi muito mais longa que a de outros grandes paradigmas científicos amplamente debatidos. De Wegener até a data oficializada como publicação da Teoria (por volta de 1968), temos um intervalo de mais de 40 anos. Se reduzirmos esse momento de estouro das controvérsias, entre os anos de 1945 até 1968, ainda temos uma faixa de tempo muito grande, onde há inúmeras oscilações de interesse e diversas teorias concorrentes que se embatiam nesse meio tempo. Talvez seja mais natural pensar num processo fluído de mudanças ao longo dos anos do que em uma ruptura brusca, a qual culminou no desenvolvimento de tal grande teoria (discutiremos isso melhor no item 5.2.). Não é possível separar dessa história a influência das grandes Guerras Mundiais e, também, da posterior Guerra Fria. Assim como é impraticável separar tais influências bélicas-militares de todo esse processo histórico, envolvendo mudanças nas áreas das Ciências da Terra: na própria maneira de olharmos para a Terra e seus processos dinâmicos. De Latour, temos um trecho interessante, no qual a relação entre tecnociência e guerra é explicada de uma maneira mais completa (Latour, 2000, p. 269):

Esse vínculo entre guerra e tecnociência não deve ser limitado ao desenvolvimento de sistemas bélicos. Para entendê-lo bem, é necessário considerar de modo mais geral a mobilização de recursos, com o que expresso a capacidade de levar um número máximo de aliados a agir como um só todo num só lugar. A pesquisa em novos armamentos é um modo óbvio de ver as coisas, mas ela também pode ocorrer em novos aviões e meios de transporte, como pesquisa espacial, eletrônica, fontes de energia e, claro, em comunicações. A maior parte da tecnociência atua com a finalidade de facilitar essa mobilização de recursos

Assim, antes de analisarmos mais a fundo artigos publicados da época e os processos laboratoriais em questão é preciso ter em vista que está sendo abordado aqui um processo histórico altamente influenciado pelas guerras. Tem-se como exemplo, já apresentado no trabalho, o do magnetômetro *fluxgate*, criado por cientistas para identificar submarinos inimigos e depois reutilizado para análises geológicas envolvendo análises batimétricas do fundo do mar. Ambas pesquisas contavam com recursos diretos da Marinha americana, incluindo cientistas que

foram ex-oficiais da própria Marinha. Tais recursos se traduzem, por exemplo, nos famosos navios – os laboratórios-móveis. É de certa forma inocente pensar que tal magnetômetro de interesse bélico foi transformado em uma máquina de interesse puramente científico: sua proposta foi mudada, mas continua ainda com um viés de criação (investimento) bélico – desde sua origem. Traçar mapas topográficos, estudar camadas no fundo do oceano, em busca de diferentes recursos energéticos e minérios, entender como funciona a dinâmica da Terra como um todo: tudo isso dentro das redes de influência está ligado, não somente⁴⁷, mas em grande parte, à mobilização de recursos e poder bélico. Entender o território inimigo, obter recursos, entender como dominar a própria Terra (primeiramente entendendo sua dinâmica), são assuntos de interesse militar pois aumentam o poder dos aliados em questão através do mapeamento territorial.

Por isso, apesar de grandes fontes para nos situarmos nessa história, a literatura base deste trabalho é metodologicamente, em sua maior parte, americana e, conseqüentemente, deve-se desconfiar de um direcionamento ideológico favorável para este lado levando em conta tais relações de poder. É necessário sempre olhar com uma certa dúvida metodológica em como tais fatos históricos foram construídos e explicitados, ou seja, problematizar os discursos afinal, de acordo com Foucault (1999; 2000), esses também são documentos – registram arqueologicamente conceitos e filosofias de uma época. Com esse olhar podemos tirar diversas críticas e problematizações interessantes no trabalho. Assim, a Tecnociência não está separada de suas redes de recursos que envolvem redes bélicas, de movimentação econômica, mídias populares de massificação, etc. Os cientistas não são ingênuos com relação a tais ligações, por mais isolados em seus laboratórios que possam ser. Não são também os primeiros e únicos agentes causadores de tais mazelas sociais que podem ser conseqüentes de suas pesquisas. A intenção do trabalho não é demonizar a tecnologia e suas aplicações como muitos autores e, sim, analisar a produção tecnocientífica de forma crítica. Explicitar tais relações com o intuito de se evitar tais dualidades maniqueístas. Chegamos mais perto do processo científico tratando essa história não ignorando suas redes e ligações, nem a ação humana de seus agentes atuantes. Isto posto,

⁴⁷ Há também a influência exploratória de recursos advindas do investimento de empresas

dentro dessa metodologia pautada em teóricos tais como Latour, não se separa uma história interna (científica), justificando as relações que acabam dando “errado” ou teorias científicas já derrotadas por meio de uma história externa (social), pautada em agentes humanos que justificariam as más ações ou os erros científicos. É necessário tomar uma certa cautela de não se colocar os fatos totalmente no campo epistemológico e, da mesma forma, também não os colocar totalmente no viés social: uma mistura simétrica é necessária para que se possa abordar de maneira mais completa as problematizações nesse trabalho com a finalidade de se evitar esquemas dualistas (LATOURE, 1994, LATOURE, 2000, LATOURE, 2016). Em suma (LATOURE, 2000, p.404): “Para fazer um estudo desses é absolutamente necessário nunca atribuir a nenhum fato e a nenhuma máquina a mágica habilidade de sair da exígua rede em que são produzidos e na qual circulam”

Portanto, uma maneira interessante de compararmos as publicações científicas e suas grandes mudanças no Século XX, tanto nas tecnociências em geral como estritamente na área de Ciências da Terra, é começarmos por Wegener e seu livro *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane (A Origem dos Continentes e Oceanos)*, publicado em 1915, por meio da visão de Menard (1986)⁴⁸. Menard comparou a terceira edição do livro de Wegener, de 1922, com a quarta e última, de 1929, com a justificativa de que a primeira edição foi o centro da controvérsia e que a última tinha as últimas respostas de Wegener às críticas da época (MENARD, 1986, p.23-24). Menard também exprime que, no capítulo 2 do livro de Wegener, o mesmo compara a teoria da Deriva Continental com as teorias antigas sobre o funcionamento da dinâmica da Terra, destacando as fraquezas destas, afirmando que a explicação mais simples para todos os problemas em aberto dentro das Geociências na época, tais como a formação de montanhas e a origem dos terremotos, era a Teoria da Deriva Continental (MENARD, 1986, p.24). Os próximos capítulos são dedicados a apresentar evidências que suportem a Teoria da Deriva Continental de acordo com Menard. Este explicita em cada um deles seus erros metodológicos e falta de provas substantivas para as afirmações de Wegener. Em praticamente cada descrição de um capítulo do livro de Wegener, Menard (1986,

⁴⁸ Cientista norte americano inserido no contexto de grandes laboratórios e participante dos grandes desenvolvimentos envolvendo pesquisas sobre o fundo marinho, como citado anteriormente no trabalho

p.24-26) termina com uma sentença do semelhante a: “Isto estava errado” ou “Grande parte disso estava errado”. Menard finaliza (1986, p. 26):

Todo no todo, Wegener ofereceu uma teoria que estava errada em diversos aspectos, mas que que tinha um extraordinário poder para sintetizar a quantidade diversa de fatos coletados por um século no campo da geologia e integrando o todo com novos dados de geofísica [...] O que deu errado?⁴⁹

Partindo da mentalidade do cientista, no caso Menard, a palavra “errado” (*wrong*), não é um termo colocado atoa nesses questionamentos ao tratar do porquê as teorias de Wegener não foram amplamente aceitas dentro da comunidade científica. Há um julgamento baseado na verdade ou não de postulados científicos ligados a dados experimentais e matemáticos que, de acordo com outros cientistas explicitamente opositores ou até mesmo simpatizantes da teoria, não foi convincente para fechar a “caixa-preta” dessa teoria, de acordo com os mesmos. Mas qual o motivo da palavra errado incomodar tanto nesse texto? Como uma teoria que engloba tantos dados, tão globalizante, poderia ser tão “errada”? É explícito aqui que já não é mais suficiente unificar uma grande teoria das Geociências sem passar pelo aval experimental e físico, mostrando dados convincentes. Não há como estipular que esse fato é verdade para a comunidade científica, especialmente a comunidade mais objetivista e pragmática como os americanos, que se pauta principalmente na imensa necessidade de quantificação/dados. No momento em que estipulamos algo como errado ou verdadeiro colocamos a teoria em um patamar de duvidosa ou pseudociência, por mais que ela tenha sido considerada um fato verdadeiro antes e até permaneça em certos aspectos do pensamento das teorias aceitas posteriormente. Há um julgamento - em certo sentido moralizante - quanto a validade ou não de uma teoria sem considerar seu contexto histórico, as intencionalidades e os aparatos tecnológicos da época. Em contraposição, alguns autores, especialmente americanos tais como Menard (1986), se esforçam em mostrar o quanto as duas teorias eram diferentes em seus mecanismos – evidenciando o caráter de Revolução Científica dada a metodologia utilizada - apesar de terem em comum o fato da mobilidade de placas continentais e essa

⁴⁹ Traduzido do original: “All in all, Wegener offered a theory that was wrong in many aspects but that had an extraordinary power for synthesizing the highly diverse facts collected by a century of field geology and integrating the whole with the new data of geophysics. [...]. What went wrong?”⁴⁹

distinção ser simples e redutora, já que dispensa a complexidade do mundo em que tais teorias foram criadas. Também existem autores que mostram tais mudanças com um caráter positivista e progressista de tais afirmações e escritas de História da Ciência⁵⁰. Dada tais atenções devidas, Menard (1986, p.27), quanto as reações anti-germânicas dos americanos, diz:

Quanto às reações anti-alemãs, elas não eram desconhecidas no rescaldo da Grande Guerra [Primeira Guerra Mundial]. A teoria da relatividade foi atacada por um físico americano, alegando que era ciência alemã. O ataque, no entanto, foi isolado, e não consigo encontrar qualquer afirmação positiva sobre um ataque similar a Wegener. No entanto, a possibilidade de pensamentos anti-alemães não pode ser totalmente eliminada. Bailey Willis referiu-se a “habilidades dos alemães, como compor contos de fadas” ao falar sobre a deriva continental após a Segunda Guerra Mundial⁵¹

Diante da análise do livro como nosso documento base, seria ingênuo crer totalmente em informações que permeiam questões delicadas e territoriais. Não quer dizer que a opinião de Menard não seja válida, mas é necessário apontar essa problematização com a finalidade de discutir futuramente a influência ideológica regional nas disputas de teorias científicas. Parece que há uma tentativa de eliminar a influência das guerras e ideologias vigentes nos países em questão, levando a “culpa” da não aceitação da teoria da Deriva Continental exclusivamente à própria apresentação científica de Wegener. Analisando de forma crítica, Menard é um cientista americano que participou diretamente de tais processos e redes de desenvolvimento científicos envolvendo a Teoria da Tectônica de Placas, seu posicionamento não é surpreendente, porém é preciso explicitar tal problematização. Pelas suas críticas já vemos diretamente a diferença de abordagem científica alemã da americana na época, muito mais teórica e especulativa que objetiva e pragmática. O próprio Menard (1986, p.29) afirma: “A deriva continental continuou a ter seus apoiadores na Europa e no hemisfério sul, mas na América do Norte estava

⁵⁰ Mesmo que não exacerbado, ainda é muito presente um cunho positivista em certas maneiras de se tratar a história das ciências

⁵¹ Traduzido do original: “As to anti-German reactions, they were not unheard of in the aftermath of the Great War. The theory of relativity was attacked by an American physicist on the grounds that it was German science. The attack, however, was isolated, and I cannot find any positive statement regarding a similar attack on Wegener. Nonetheless, the possibility of anti-German thoughts cannot be wholly eliminated. Bailey Willis referred to “abilities **of the Germans, such as composing fairy tales**” when talking about continental drift after World War II”

adormecida e temporariamente se tornou literatura em vez de ciência”⁵². Portanto por mais que Menard (1986) tente fugir desse conflito, ele acaba sendo até de certa forma explícito em sua maneira de abordar ao julgar o que estava certo e errado de cada capítulo do livro de Wegener. A problematização aqui não é julgar se os americanos estavam errados ou os alemães certos e, sim, explicitar as diferenças metodológicas de suas redes e seus conflitos, muitas vezes apresentados de maneira amenizada nos textos de História da Ciência. Para os americanos, com sua prática científica cada vez mais objetiva e mecanizada, é evidente, uma teoria mais generalista e especulativa, parecer anticientífica em seu discurso (JUNGES, 2013). Mesmo assim, muitos seguiram o caminho principal de Wegener, considerando o contexto da época.

Outra comparação relevante se dá dentro do próprio conceito de divulgação científica. Nessa época de início das ideias sobre a Teoria da Deriva Continental no começo do século XX, a divulgação ainda é feita através de grandes livros e tratados, com enormes teorias mais abrangentes e generalistas, tais como o livro publicado por Wegener. Anos depois, dos anos 40 em diante, contexto em que Menard se encontra, as redes científicas já estão funcionando de maneira mais rápida no mundo todo, em especial nos centros científicos. A comunicação por textos curtos – os famosos artigos – cheios de dados matemáticos, tabelas, gráficos e imagens, já é o padrão comum de publicação científica americana e mesmo europeia. Nesse momento, a semelhança com o modo de publicação dos artigos atuais e a superespecialização em subáreas se assemelha muito mais aos modos de publicação e leitura científica atuais. (DASTON & GALISON, 1992; ELKINS, 2011, LATOUR, 2000, LATOUR, 2016). De fato, a estrutura do artigo é feita de maneira com que seja difícil o opositor discordar de tais emaranhados de contestações, argumentos, gráficos e tabelas. De Latour (2000, p.73), temos um trecho que explicita bem essa relação com os artigos:

⁵² Traduzido do original: “Continental drift continued to have its supporters in Europe and the southern hemisphere, but in North America it was dormant and temporarily **became literature instead science**”

Agora entendemos que quem vai das camadas externas dos artigos para as suas partes internas não está indo do argumento da autoridade para a Natureza, mas sim de autoridades para mais autoridades, de certo número de aliados e reforços para um número ainda maior deles. [...]. Desacreditar não significará só lutar corajosamente contra uma grande massa de referências, como também desemaranhar infindáveis laços que amarram, uns aos outros, instrumentos, figuras e textos. E o pior: o discordante será incapaz de opor o texto ao mundo real de fora, visto que o texto afirma trazer o mundo real “para dentro dele”. O discordante de fato está isolado e sozinho, uma vez que o próprio referente passou por o campo do autor. Cabe-lhe esperança de romper as alianças entre todos os reforços presentes no artigo? Não, pela forma fechada, enroscada e estratificada assumida defensivamente pelo texto, com interligação de todas suas partes.

No contexto de 1940 a 1968, onde Menard se encontra essa estrutura do artigo já é evidente. Algumas das figuras apresentadas nessa dissertação eram armas poderosíssimas de artigos confeccionados pelos cientistas da época. A Figura 4.17, onde se apresenta o perfil Eltanin-19, considerado o “perfil mágico”, é um grande exemplo do poder que a imagem pode ter em um artigo dentro desse emaranhado de referências e especializações, a ponto de convencer toda uma rede de cientistas em torno de uma teoria defendida. Agora por meio de dados geomagnéticos, processados por computadores e comparados com mapas geográficos, permitem a visualização do processo simétrico dos padrões zebrados de reversões magnéticas terrestres, implicando na explicitação em gráficos da criação de crosta nas Dorsais Meso-Oceânicas e suas “destruições” nas bordas, correlacionando com dados geocronológicos. A Hipótese de Vine-Matthews-Morley já implica diversas referências e especializações para se mostrar indubitavelmente válida através de alguns postulados, mostrando todos os dados pragmáticos e objetivistas necessários para isso. Ela é apenas uma das partes da composição da grande Teoria da Tectônica de Placas, que envolve mais um grande número de máquinas, referências, laboratórios e investimentos bélicos e econômicos. Não é difícil perceber como é diferente e assimétrico comparar - por maior que tenha sido a compilação de Wegener em seu livro sobre a Origem dos Continentes e Oceanos – seu formato de especulação científica sobre os continentes em relação a esse emaranhado estrutural complexo, gigantesco e difícil de se debater para não especialistas da área, todos ligados em uma rede de artigos, onde chega a ser difícil até mesmo nomear os grandes “gênios” descobridores de tais teorias partindo de uma tradição positivista de História das Ciências.

É marcante salientar que tais pesquisas da época foram feitas com amplas estruturas de navios-laboratórios, cheio de maquinários e especialistas de diversas áreas com investimentos da marinha e empresas petrolíferas⁵³. Não só o investimento era demasiadamente grande, mas, também, a rede de atores era muito maior e complexa. Outro ponto é lembrar sempre que as máquinas são construções dos próprios cientistas e, nesse processo histórico, são tão importantes quanto os mesmos para a solidificação de tais fatos científicos. O sujeito já não é nada sem máquina, na verdade ele está para um sujeito-máquina atuante nesses processos. Sem a máquina e seus dados é impossível defender sua teoria como uma verdade científica, por mais que a máquina também seja uma criação humana. A máquina se coloca acima da avaliação humana onde a verdade está nas mãos do sujeito-máquina especialista e não no sujeito especulador qualquer – este não tem poder nenhum de embate com todas essas estruturas além de ser classificado como leigo ou, caso defenda um ponto de vista sem toda essa estruturação, um sujeito irracional e anticientífico. Tal julgamento, entretanto, não implica necessariamente que seu ponto de vista seja de fato não objetivo ou pseudociência, mas que esse sujeito não terá a mínima oportunidade de entrar em tais debates (LATOURET, 2000; LATOURET, 2016). A crítica aqui não gira em torno de defender sandices como a teoria da Terra Plana, mas, sim, em cientistas e estudantes interessados que, não pertencendo a redes de maior investimento tecnológico-científico, acabam sendo excluídos ou possuindo uma maior dificuldade de aceitação dentro dos debates científicos, tornando a prática cada vez mais restrita e dependente de países considerados de primeiro mundo. Quanto ao leigo, tal falta de contato implica em aceitar teorias que estão dialogando mais perto de sua realidade social através de amplas divulgações em redes sociais, um problema de concepção de mundo difícil de se competir na era dos algoritmos e da informação.

⁵³ Interesse econômico, principalmente

5.2. Análise sobre os ensaios de Kant acerca do Terremoto de Lisboa de 1755

Nesse trabalho vamos focar alguns pontos dos textos descritivos⁵⁴ de Immanuel Kant⁵⁵ – famoso filósofo que viveu nessa época de ocorrência do Terremoto de Lisboa de 1755 - sobre os terremotos, suas possíveis causas, origens e outros aspectos ligados a conceitos filosóficos. Por meio de tais escritos, ao mesmo tempo, serão feitas comparações acerca de algumas ideias que ligam em um fio condutor com o processo histórico de exploração marinha e explicação dos fenômenos que descreveriam a dinâmica terrestre e culminariam no século XX na Teoria da Tectônica de Placas (SANTOS, 2016).

Em um de seus ensaios⁵⁶, Kant inicia o texto de maneira a fortificar a ideia de que seus escritos não passam de meras suposições – em relação a origem dos terremotos, seus mecanismos, causas e até mesmo sua prevenção ou controle – mas sem se responsabilizar por tais suposições apesar do grande trabalho de juntar informações sobre, tratar de probabilidades e comparar diversos relatos. Do trecho (KANT, 1994, I:419, p.330):

[...]Meu relato será apenas um esboço. Para deixar claro o que proponho, ele vai conter quase tudo que posso, assim como, o que pode ser dito com alguma probabilidade sobre isso [assunto, disciplina], mas não o suficiente, claro, para satisfazer o estrito julgamento que testa tudo através do toque sólido da certeza matemática⁵⁷

É possível reparar, já a partir dessa introdução, como a “matematização” (quantificação), em busca de uma maior certeza acerca dos fenômenos físicos e sua posterior dominância nas ciências não é algo estrito ao século XX. A ideia desse julgamento dado pela fundamentação matemática aos fenômenos e que os aproximaria de uma explicação mais próxima da verdade científica é uma linha que

⁵⁴ Composto por quatro ensaios.

⁵⁵ Tal escolha permeia o fato de sua importância no conhecimento geográfico bem como a síntese que a documentação de tais ensaios traz sobre a época sobre a noção de quadros sistêmicos.

⁵⁶ Em inglês: “*On the causes of Earthquakes on the Occasion of the Calamity that befell the Western Countries of Europe towards the end of last year*”, de 1756 – tradução utilizada no trabalho

⁵⁷ Tradução do original: “My account will only be an outline. To make clear what I propose, it will contain almost everything that can, as yet, be said with any probability about this [subject], but not enough, of course, to satisfy that strict judgment which tests everything with the touch-stone of mathematical certainty.”

foi sendo alimentada faz séculos e já era forte nessa época. Por maiores ou menores divergências nos questionamentos entre os empíricos e os racionais, bem como outras separações e reformulações afim de consolidar essa espécie de tentativa de se ajustar tais pensamentos por Kant, a simples ideia de uma quantificação dos fenômenos os levariam para algo mais verdadeiro. Tal objetivismo, nesse recorte, evoluiria de tal maneira, por exemplo, para a sismologia a qual conhecemos hoje: completamente quantificada e baseada em dados processados em diversos programas computadorizados ultramodernos, sendo muito desses dados processados em laboratório.

Houve uma maior precisão acerca do funcionamento de tais fenômenos dinâmicos da Terra a partir do século XX pela Teoria da Tectônica de Placas, assim como os consequentes estudos em busca de uma prevenção de terremotos, pensando nos menores estragos possíveis perante a ocorrência possivelmente inevitável de outras manifestações naturais semelhantes, e a utilização dos mesmos dados para se desvendar cada vez mais aspectos geológicos da dinâmica terrestre ou mesmo áreas comercialmente interessantes (para os processos de mineração e petróleo por exemplo). Apesar de tudo isso, um grande aspecto de temor e incerteza acerca dos fenômenos sismológicos, *tsunamis* resultantes e suas consequentes catástrofes permanecem enraizados em nossa sociedade. Mesmo que compreendamos quantitativamente melhor os fenômenos, hoje em dia, a prevenção dos tremores ainda não é a ideal nesse sentido preventivo. Mesmo não sendo a ideal nesse ponto de vista, utilizamos o que sabemos, dentro desse recorte feito no século XX, para detectar tremores de testes de bombas nucleares, por exemplo. Hoje podemos dizer que o viés catastrófico foi, em grande parte, laicizado, apesar da continuidade da incerteza preventiva de tais fenômenos naturais em dado aspecto. Ainda assim, atualmente, há a existência ainda de grupos extremos religiosos que justificam a ocorrência de tragédias com suas crenças e destruições gigantescas através das guerras e da exploração advindas, também, de tais desenvolvimentos científicos e tecnológicos.

Kant, portanto, é apenas um dos que quebram a concepção de um simples castigo de Deus em seu relato. O temor ainda existe, mas o interesse de estudar as ocorrências trazidas pelo terremoto, estipular os mecanismos as quais causaram tais consequências e extrapolar tais mecanismos, conseqüentemente, a uma dinâmica global é bem evidente nesses ensaios. A atitude de se tentar elaborar leis universais, apesar do caos do fenômeno com a finalidade de melhor compreensão e possível utilização, é de se levar em conta como percussora da sismologia moderna. De Santos (2016, p.29):

O terremoto de Lisboa daria, aliás, um forte impulso também para o nascimento da sismologia moderna, pela mudança que implicou na abordagem do fenômeno dos terremotos, naturalizando-o enquanto tal, laicizando a catástrofe que representam, passando a olhar-se para desastres naturais já não como castigos divinos, mas como riscos naturais cuja fenomenologia deve ser estudada, compreendida e gerida com medidas e estratégias prudenciais, de modo a contar com sua inevitável ocorrência, mas, ao mesmo tempo, minimizar os seus estragos e sobretudo as perdas de vidas humanas

Kant começa explicando sua teoria influenciada por concepções já antigas na época para a causa dos tremores, que consistia, em suma, numa extensa rede de grandes cavernas subterrâneas interconectadas que existiam em conjunto com a grande extensão de água oceânica por cima (ADAMS, 1954; KANT, 1994, I:420, p.330). Além disso, a formação de montanhas e sua relação com a direção de propagação dos terremotos também é colocada por Kant, que correlaciona tais causas com a ideia das cavernas subterrâneas⁵⁸ (KANT, 1994, I:420, p.330):

[...] Seja qual for a sua causa, uma coisa é certa: a direção das cavernas é paralela às cadeias montanhosas e, por uma conexão natural, os grandes rios também. Para estes ocupam as partes mais baixas de vales longos delimitados em ambos os lados por montanhas paralelas. Esta é também precisamente a direção em que os terremotos geralmente se estendem. Nos terremotos que afetaram a maior parte da Itália, um movimento quase exatamente norte-sul foi observado nas lanternas nas igrejas, e o recente terremoto foi de oeste a leste, que também é a direção principal da montanha que atravessa a parte mais alta da Europa⁵⁹

⁵⁸ A teoria das cavernas subterrâneas era derivada de teorias preexistentes de acordo com Santos (2016)

⁵⁹ Traduzido de Kant (1994): "Whatever their cause, one thing is certain, namely the direction of the caverns is parallel to the mountain ranges, and, by a natural connection, the great rivers also. For

A partir do trecho destacado é possível afirmar que grande parte das descrições são baseadas em puros relatos visuais, tanto dos abalos observando os tremores através de objetos pendulares – como o movimento dos sinos de igrejas - quanto a própria observação da formação paisagística relacionando as cadeias montanhosas com a direção de propagação dos tremores. São informações muito “imprecisas” para os padrões científicos atuais, que possuem todo um aparato tecnológico que pode transformar certas observações em registros matemáticos, gráficos e etc.

Porém, essa precisão não era uma opção para a descrição de tais eventos na época e a busca por sistematizar, explicar e, quem sabe, controlar os fenômenos já era algo corrente. A questão sobre a origem e formação das montanhas é muito antiga também, como já visto no início deste trabalho (ADAMS, 1954). Tais correlações, como as mostradas na citação acima, que ligam a formação de cadeias montanhosas com a localização de tais supostas cavernas subterrâneas, propostas nesse ensaio de Kant⁶⁰, e a direção de propagação dos terremotos, estão muito conectadas a ideias posteriores em correlacionar quais seriam os processos que participam da dinâmica terrestre⁶¹. Tais relações e discussões, como as causas e origens das formações geológicas, como, por exemplo, as montanhas, se estenderam até o século XX como uma preocupação nas Ciências da Terra como um todo, e continuam a serem cada vez mais estudadas e especializadas até hoje nessa grande área. Um adendo é, que apesar de ser baseada em observações diversas, nesse trecho destacado de Kant, é evidente a correlação de tais fenômenos com explicações de causas físico-mecânicas⁶².

these occupy the lowest parts of long valleys bounded on both side by parallel mountains. This is also precisely the direction in which earthquakes usually extend. In the earthquakes that have affected the greater part of Italy, an almost exactly north-south motion has been observed in the lanterns in the churches, and the recent earthquake was from west to east, which is also the main direction of the mountain running through the highest part[s] of Europe “

⁶⁰ Tais cavernas subterrâneas lembram a ideia de Demócrito de Abdera. Diversas suposições que nos parecem absurdas ao lermos tais ensaios de Kant advêm de antigos filósofos gregos. Não são ideias completamente novas advindas de Kant, mas estudadas ao longo dos tempos e dadas como hipóteses sobre os tremores e formações de montanhas. (SANTOS, 2016)

⁶¹ Vide tópicos anteriores

⁶² A influência da mecânica clássica é evidente na filosofia de Kant. Na Crítica da Razão Pura ele separa o conhecimento sensível – o da experiência possível, empírico – que seria o lugar da Natureza, do conhecimento suprassensível, sendo este incondicionado – ou seja – não dependente do tempo e do espaço, lugar da chamada razão especulativa. Daí temos uma espécie de metafísica da Natureza e também uma metafísica dos costumes. A metafísica da natureza é onde as leis da

No decorrer do ensaio há outras diversas descrições correlacionando os tremores de prédios, formações geológicas de vales e montanhas e etc., de forma a reforçar o argumento de correlação sobre as supostas direções que flagrariam a localização de tais redes de cavernas subterrâneas como proposto em seu ensaio. A partir daí Kant começa a explorar qual seria a causa desse aspecto em particular (KANT, 1994, I:422, p.332):

Qual pode ser a causa dessa lei, por meio da qual a natureza relacionou terremotos com as regiões altas em particular? Se se concordar que uma conflagração subterrânea causa esses tremores, então pode-se ver facilmente que, como as cavernas das regiões montanhosas são mais extensas, a emissão de vapor inflamável é menos restrita e a associação com o ar aprisionado nas regiões subterrâneas, que é sempre necessário para a combustão, será mais livre⁶³

A preocupação de uma causa física primordial, não só para explicar os fatos em questão como, também, para mensurar e poder prever ou controlar tais fenômenos, é evidente nesse trecho assim como a influência dos estudos em termodinâmica na época quanto a ideia de expansão das cavernas (ADAMS, 1954). Além disso, partindo da ideia de imagem e objetivismo científico de Daston (1999), a pura observação não é suficiente. Cada vez torna-se mais necessário estipular uma natureza quantificada que reflete os fenômenos apresentados.

A ideia de uma melhor representação dos fenômenos estudando os parâmetros afim de se conhecer sua causa física essencial afim de poder descrever o sistema dinâmico da Terra de forma mais precisa, mensurar e prevenir desses tremores ou mesmo entender sua correlação com as formações geológicas por meio da paisagem externa é evidente. Kant tenta, então, reforçar sua ideia com base em experimentos químicos já conhecidos os comparando com observações

física entrariam. A metafísica da Natureza é condicionada por estaria ligada a ideia de espaço e tempo tal como a mecânica clássica que era a grande base científica forte na época. Obviamente não se tem uma ideia propagada de mecânica relativística na época.

⁶³ Traduzido de Kant (1994): “What can be the cause of this law whereby nature has linked earthquakes with the high regions in particular? If it is agreed that a subterranean conflagration causes these tremors, then one can easily see that because the caverns in mountainous regions are more extensive, the emission of inflammable vapor there is less restricted, and the association with the air trapped in the subterranean regions, which is always necessary for combustion, will be freer “

experimentais químicas para explicar os tremores do chão e os “vapores” vulcânicos. Isso fica explícito no trecho a seguir (KANT, 1994, I:423; p.332-333):

Agora é hora de dizer algo sobre a causa dos terremotos. É fácil para um filósofo natural reproduzir suas manifestações. Toma-se vinte e cinco quilos de recheios de ferro, uma quantidade igual de enxofre e mistura-os com água comum, enterra-se esta pasta a um metro e meio de profundidade e comprime a terra firmemente acima dela. Depois de várias horas, um vapor denso é visto subindo; a terra treme e as chamas se desprendem do solo. Não pode haver dúvida de que os dois primeiros materiais são freqüentemente encontrados no interior da Terra, e a água que escorre pelas rachaduras e fissuras os leva a um estado de fermentação. Outro experimento produz vapores espontaneamente inflamáveis a partir da combinação de materiais frios. Dois dracmas de óleo de vitrol combinados com oito dracmas de água, quando despejados em dois tragos de limalhas de ferro, trazem uma efervescência e vapores violentos, que se inflamam espontaneamente. Quem pode duvidar que o ácido vitriólico e as partículas de ferro estão contidos em quantidade suficiente no interior da Terra? Agora, se a água for adicionada e ocasionar sua ação recíproca, elas emitem vapores que se esforçam para expandir, fazer o chão tremer e explodir em chamas nos orifícios dos vulcões.

Há muito se observa que um país é aliviado de seus terremotos violentos se um vulcão explodiu nas proximidades, pois é por aí que os vapores fechados encontram uma saída ⁶⁴

O trecho é extenso, mas foi destacado por apresentar diversas ligações com as ideias de Steven Shapin e Shaffer, em relação ao famoso livro “O Leviatã e a Bomba de Vácuo” (2005), onde os autores explicitam a necessidade da reprodutibilidade do experimento por muitos para que a ideia não só seja aceita, mas, também, se expanda e ganhe força em outras localidades. O poder da reprodutibilidade do experimento como algo em que todos os cidadãos - ao menos supostamente - com o mínimo de conhecimento de manipulação dos materiais envolvidos pudessem refazer e comprovar com os seus próprios olhos, com a

⁶⁴ Traduzido de Kant (1994): “It is now time to say something about the cause of earthquakes. It is easy for a natural philosopher to reproduce their manifestations. One takes twenty-five pounds of iron fillings, an equal amount of sulphur, and mixes it with ordinary water, buries this paste one or one-and-a-half feet underground and compresses the earth firmly above it. After several hours, a dense vapour is seen rising; the earth trembles, and flames break forth from the soil. There can be no doubt that the first two materials are frequently found in the interior of the Earth, and water seeping through cracks and crevices bring them into a state of fermentation. Another experiment produces spontaneously inflammable vapours from the combination of cold materials. Two drams of oil of vitrol combined with eight drams of water, when poured onto two drams of iron filings, bring forth a violent effervescence and vapours, which ignite spontaneously. Who can doubt that vitriolic acid and iron particles are contained in sufficient quantity in the interior of the Earth? Now if water is added and occasions their reciprocal action, they give off vapours that endeavor to expand, make the ground shake, and break out in flames at the orifices of the volcanoes. It has long been observed that a country is relieved of its violent earthquakes if a volcano has broken out in the vicinity, for it is by this means that enclosed vapours find an exit “

finalidade de comprovar e reforçar fatos, é evidente nesse trecho de Kant. Sua preocupação em falar que qualquer filósofo natural pode reproduzir tais experimentos e explicitá-los, passo a passo, afim de fortificar suas ideias em relação às causas dos terremotos, além de relacioná-las com as montanhas e os processos vulcânicos, é explícita nesse trecho. Ao verificar com seus próprios olhos, “quem poderia duvidar que o ácido vitriólico e partículas de ferro estão contidas em quantidade suficiente no interior da terra?”. Com a adesão de água e a expansão consequente de vapores se faz a terra tremer e os vulcões entrarem em erupção, de acordo com o mesmo. Kant se utiliza de um processo de solidificação dos fatos destacando a importância empírica dos experimentos e sua reprodutibilidade⁶⁵. Além disso, dá grandes exemplos observacionais para correlacionar, citando fenômenos envolvendo o vulcão Vesúvio, o que não entraremos em maiores detalhes (KANT, 1994, p.333). Há também outras comparações do tipo em relação aos efeitos do terremoto na atmosfera e suas correlações com as mudanças climáticas, incluindo mudanças de temperatura de acordo com as estações do ano.

Tais explicações e processos acerca das cavernas subterrâneas se mantêm em seu outro ensaio intitulado “*History and Natural Description of the Most Noteworthy Occurrences of the Earthquake That struck a Large Part of the Earth and the End of the Year 1755*”⁶⁶, dessa vez explicitando os fenômenos ocorridos durante os eventos sísmológicos em Lisboa e correlacionando tais eventos com causas ligadas ao mar devido à proximidade os tremores nos países relatados (KANT, 1994, I:437, p.345): “Apenas nesse mesmo curto período de tempo, vários terremotos foram sentidos em países distantes. Mas quase todos eles aconteceram perto das costas marinhas”⁶⁷. Diante de tantas variáveis, Kant afirma em seu texto (KANT, 1994, I :442, p. 349):

⁶⁵ Sem deixar de destacar a formação de leis universais que explicariam tais fenômenos em seu ensaio, ao contrário dos empiristas.

⁶⁶ Em português “História e descrição natural das ocorrências mais notáveis do terremoto que atingiu grande parte da Terra e o fim do ano 1755”

⁶⁷ Traduzido de Kant (1994): “In just this same short period of time several earthquakes were felt in far distant countries. But nearly all of them took place near the sea coats”.

Sou de opinião que o desastre em Lisboa, como o da maior parte das cidades da costa ocidental da Europa, deve ser atribuído à posição que tinha em relação à área perturbada do oceano, uma vez que toda a sua força, ampliado na boca do Tejo por estreitamento da baía, deve, além disso, abalar o solo para um grau extraordinário. [...]

Se já se formou uma concepção própria da violência do recuo da água do mar ocasionada pelo movimento do fundo do mar, será fácil imaginar que ela também deva retornar com grande violência, depois que sua pressão se espalhou em enormes áreas vizinhas, e o tempo de seu retorno depende da área afetada⁶⁸

Aqui observamos a correlação entre os terremotos e alguma área de distúrbio no oceano, apesar de não se ter um conceito parecido com o de placas tectônicas em movimento, de acordo com os registros documentais até então estudados. Tal distúrbio, assim, seria uma consequência de alguma movimentação no assoalho oceânico de acordo com Kant, a resposta estaria no fundo do oceano. Outros filósofos naturais também tinham opiniões semelhantes como essa (ADAMS, 1954). Podemos extrapolar, enfim, que as intenções de explorar o fundo do oceano, um grande “desconhecido” nessa época, continuaram fortes até os desenvolvimentos tecnológicos do século XX, onde isso se tornou possível em larga escala. A ideia de que os tremores tinham uma origem no meio do oceano permaneceu de acordo com as evidências de sismos observados, ou seja, o que mudou foi a construção dos fatos que sistematizavam esse processo. Com a inacessibilidade de dados do fundo do oceano na época, o que restavam eram os comparativos experimentais reproduzíveis, tais como os apresentados nos trechos anteriores, e os relatos de que tais terremotos e suas correlações pudessem ter alguma ligação perturbações no fundo do mar, como já evidenciado nos trechos desses ensaios. Mais do que isso, Kant, no trecho a seguir, que diversas montanhas deveriam ser encontradas no assoalho oceânico (KANT, 1994, I:445, p.351):

⁶⁸ Traduzido de Kant (1994) : “I am of the opinion that the disaster in Lisbon, like that of most of the cities on the western coast of Europe, is to be attributed to the position it had in relation to the disturbed area of the ocean, since its whole force, magnified in the mouth of the Tagus by narrowing of the bay, must in addition have shaken the ground to an extraordinary degree. [...] If a proper conception has already been formed of the violence of the sea water’s retreat occasioned by the motion of the sea-floor, it will be easy to imagine that it must also return with great violence after its pressure has been spread into huge surrounding areas, and the time of its return depends on the area that it has affected”

Mesmo a continuação do terremoto de 18 de novembro da Europa para a América sob o assoalho de um largo oceano pode ser encontrada nas ligações entre as cadeias montanhosas, que, embora sejam tão baixas que são cobertas pelo mar, permanecem montanhas lá já que, como sabemos, há tantas montanhas a serem encontradas no assoalho oceânico quanto na terra; e desta forma, as ilhas dos Açores, que são encontradas a meio caminho entre Portugal e a América do Norte, devem estar conectadas com estas [montanhas]⁶⁹

Não só tais montanhas deveriam ser encontradas como estas deveriam estar ligando Portugal à América do Norte o que explicaria os tremores de maneira geral de acordo com o Kant. De forma interessante, já se supõe uma correlação com as regiões montanhosas bem como a suposição de um assoalho oceânico não homogêneo. Esta última constatação, por exemplo, após a quantificação de dados, foi considerada uma revolução da exploração marinha no século XX (MENARD, 1986), sendo que tais relatos de Kant mostram já a suposição de uma espécie de heterogeneidade sobre como poderia ser realmente o fundo do assoalho oceânico no século XVIII. Nele se supõe pelo o que é visível até então e por observações indiretas, em um processo não muito diferente do que é feito também nos processos históricos do século XX. O que muda bastante a partir de ideias como a da Deriva Continental é a sistematização de como tal dinâmica funcionaria. O aumento de uma ideia de total ruptura de pensamentos, ajudado pela ideia de Revolução Científica, faz com que apaguemos tais correlações já existentes em documentos do passado, muitas vezes completamente esquecidos, e aumentemos a força dos fatos consolidados como pertencentes totalmente ao presente, dando um aspecto transcendente de genialidade, os tratando como se fossem totalmente desligados do solo histórico no qual também pertencem. Os ensaios de Kant acerca dos terremotos são apenas alguns dos exemplos de documentos geralmente esquecidos. (LATOURE, 2000; SHAPIN, 2013).

⁶⁹ Traduzido de Kant (1994): Even the continuation of the earthquake of 18th November from Europe to America under the floor of a broad ocean can be found in the links between mountain ranges, which, though their continuation is so low that they are covered by the sea, nonetheless remain mountains there, since, as we know, there are as many mountains to be found on the floor of the sea as there are on land; and in this way, the Azores Islands, which are encountered half-way between Portugal and North America, must be connected with these [mountains].”

Máquinas são feitas, avanços tecnológicos influenciam no processo, redes de conexões aumentam. Conceitos antigos, como cadeias montanhosas, são ressignificados em partes nesse processo, bem como o conceito de assoalho oceânico. Relações são quebradas e outras são feitas. Entretanto, o pensamento objetivista, baseado na observação pragmática dos fenômenos, a “matematização” dos mesmos e a intenção de expandir tais ideias através dos experimentos reproduzíveis permanece. Kant correlaciona também de alguma forma a ocorrência de terremotos, atividades vulcânicas e formação de ilhas (KANT, 1994, I:449, p.354), algo que permanece uma evidência forte em análises de cientistas no século XX.

No caso dos fenômenos sísmicos, não existe um laboratório, no qual podemos reproduzir por completo, restringir e, de acordo com termos de Bruno Latour (2000), “purificar” tais fenômenos e matematizá-los de uma maneira reproduzível. A conclusão seria: a Terra é o próprio laboratório. Porém – pensando no século XX e nos estudos marinhos – o barco também acaba sendo tal laboratório-móvel que vai até um ponto terrestre pesquisar tais fenômenos.

Quando Kant começa a divagar especificamente sobre onde se conflagram os mais frequentes e perigosos terremotos, através de comparações de relatos, a constatação já é que, ao menos dentro da história dos mais recentes “terríveis” terremotos, eles se passam no fundo do oceano em lugares não muito longe das costas oceânicas (KANT, 1994, p.354). Kant menciona inclusive detalhes bem específicos, tais como o fato de que em algumas regiões vizinhas à algumas ilhas os mares são profusamente cobertos com pedra-pomes e outras variedades de materiais ejetados de “um fogo que quebrou através do acamamento [assoalho] oceânico” (KANT, 1994, p.354). A pergunta principal era justamente qual o motivo dos maiores terremotos acontecerem justamente em cidades perto das costas oceânicas, desde relatos da história antiga, de acordo com Kant, até os relatos recentes apresentados em sua época⁷⁰. Como podemos observar na citação a seguir, Kant também comenta sobre outros estudiosos que analisaram aspectos de formações de rochas oceânicas (KANT, 1994, p.355): “Herr Bourguer supõe corretamente que a penetração da água do mar pela abertura de algumas

⁷⁰ Ele continua insistindo na teoria das cavernas subterrâneas interconectadas, justificando que as que estão no fundo do oceano possuem caminhos mais estreitos, obtendo, portanto, um evento mais violento já que não podem se expandir como nos lugares onde há mais espaço (KANT, 1994, p.355)

rachaduras no fundo do mar deve trazer a matéria mineral que é naturalmente inclinada ao aquecimento na mais vigorosa calefação"⁷¹

Afinal, o que podemos tirar de todos esses trechos até o momento? Apesar de não termos todos os aparatos tecnológicos do século XX, que permitiram uma observação muito mais detalhada do assoalho oceânico, traduzindo suas interações em equações matematizadas e em dados processados pelos computadores, a ideia de que a causa de tais terremotos estava relacionado a alguma interação no fundo do oceano era evidente desde Kant ou mesmo até antes em certos aspectos, se lembrando dos primeiros tópicos deste trabalho e na possibilidade de uma pesquisa mais aprofundada acerca de tais pontos. A exploração do oceano não foi um mero acaso: ela sempre foi intencional, um “desejo” digamos.

A ideia de entender os fenômenos que envolviam a dinâmica da Terra, seus terremotos, formação de montanhas e rochas, ainda mais em um sentido universal (leis universais), é extremamente tentadora para o humano moderno que queria dominar a Natureza, mas, também, sentia o pavor dos grandes desastres naturais. As intenções utilitárias principais permanecem semelhantes, até mesmo o foco natural do fenômeno permanece o mesmo. O que muda, em boa parte, é o sistema de explicações para todos esses fenômenos, de acordo com as técnicas dispostas em cada época. É evidente que outras grandes especulações econômicas foram influentes no século XX, tais como petróleo, porém o foco de observação sobre os grandes terremotos e a necessidade de entender tais fenômenos e dominar a natureza dentro dessa concepção moderna nunca desapareceram: apenas se transformaram na maneira de se discernir fenômenos, quantificar e categorizá-los.

Nos outros tópicos desse mesmo ensaio, Kant debate sobre a influência das estações do ano em relação aos processos sísmicos, algo que pode soar absurdo para nós hoje em dia, já que ele estabelece relações de frequências de terremotos durante o ano e sua conseqüente maior frequência no outono. Também comenta sobre a influência dos terremotos na atmosfera onde ele comenta as mudanças da densidade atmosférica em decorrência dos vapores ocasionados pelos

⁷¹ Traduzido de Kant (1994): “Herr Bouguer correctly supposes that the penetration of sea water by the opening of some cracks in the sea-floor must bring the mineral matter that is naturally inclined to heating into the most vigorous calefaction «

fenômenos sísmicos (KANT, 1994, p.355-359). Já há uma percepção de que a dinâmica da Terra tem alguma influência no campo magnético terrestre ou influência nas amostragens apesar do pouco conhecimento sobre tal fenômeno, como também citado no capítulo 3 deste trabalho (KANT, 1994, p. 359):

Não posso deixar passar em silêncio o fato de que, no terrível Dia de Todos os Santos, os imãs de Augsburg se desfizeram de sua carga e as bússolas foram desorientadas. Boyle relatou anteriormente que algo semelhante ocorreu uma vez após o terremoto em Nápoles. Não sabemos o suficiente sobre a natureza oculta do imã para podermos dar a razão para esse fenômeno⁷²

Há, enfim, um tópico específico sobre os usos dos terremotos onde Kant discorre como poderíamos utilizar os terremotos e o conhecimento de tais fenômenos em fatores funcionais e úteis, entendendo as generalizações de seus mecanismos. Como o próprio cita (KANT, 1994, p.360): “O homem deve aprender a se adaptar à natureza, mas ele quer que a natureza se adapte a ele”. Como podemos observar nas citações a seguir uma noção prática sobre os fenômenos sísmicos, como consequências úteis para o aproveitamento humano (KANT, 1994, p.360):

Quaisquer que sejam os danos causados pelos terremotos, por um lado, eles podem, por outro lado, facilmente substituir com o interesse. Sabemos que os banhos termais, que ao longo do tempo podem ter sido úteis para uma proporção significativa da humanidade na promoção da saúde, derivam suas propriedades minerais e seu calor das mesmas causas que no aquecimento do interior da Terra, que coloca estas [águas] em movimento
Há muito se suspeita que as veias de minério nas montanhas são um efeito lento do calor subterrâneo, que leva os metais à maturidade através de um processo gradual de moldagem e ebulição dos mesmos por meio de vapores penetrantes no interior da rocha.
[...] Finalmente, parece-me que o calor no interior da Terra fornece uma prova poderosa da eficácia e grande utilidade do aquecimento que ocorre nas cavernas profundas.
[...] Depois de comparar e examinar cuidadosamente os experimentos realizados, Boyle conclui, muito sensatamente, que nas cavernas mais baixas, inacessíveis, devem existir processos constantes de aquecimento e um fogo inextinguível mantido, transmitindo seu calor à crosta mais alta⁷³

⁷² Traduzido de Kant (1994): “I cannot pass over in silence the fact that on the terrible All Saints Day the magnets in Augsburg cast off their burden and the compasses were disoriented. Boyle has previously reported that something similar once occurred after the earthquake in Naples. We do not know enough about the hidden nature of the magnet for us to be able to give the reason for this phenomenon “

⁷³ Traduzido de Kant (1994): “Whatever damage earthquakes may, on the other hand, ever have caused for man, they can, on the other hand, easily replace with interest. We know that the warm

É um trecho extenso, porém muito importante pois indica que não há mais um medo evidente de um castigo divino e sim, pelo contrário, devemos entender esses processos e utilizar esse conhecimento em favor do nosso benefício. Kant parte do fato de se tentar entender tais fenômenos sísmicos e, conseqüentemente, sobre a dinâmica terrestre e o interesse pelos processos envolvendo o calor interno da Terra, a formação de minerais e as causas dessa fonte de calor. Além disso é perceptível que, apesar de hoje acharmos tal teoria sobre as cavernas algo absurdo, já existia muitas concepções plausíveis e observações sobre as causas dos processos de dinâmica terrestre e terremotos, semelhantes as quais temos hoje, porém, dentro de uma explicação científica e tecnológica limitada a tal contexto.

O método de se contar a história das ciências através de grandes rupturas, ou seja, revoluções, faz com que apaguemos todo um passado científico atribuindo um caráter inocente aos processos e investigações científicas, subtraindo os aspectos intencionais que sempre existiriam em relação a possibilidade de se utilizar e dominar a Natureza. Cada ruptura apaga quase que completamente o passado das investigações, dividindo seus atuantes entre vencedores e perdedores, excluindo qualquer viés permanente anterior nas pesquisas científicas, os trabalhos em grupos de pessoas reduzidos a poucos “gênios descobridores”, separando toda a pesquisa de um caráter social e histórico de seu tempo. Esses textos de Kant não são tão difundidos ou fáceis de achar já que são textos científicos com teorias científicas que diríamos hoje obsoletas, a impressão desse “apagamento” é de que nunca houve tentativas de investigações acerca de tais fenômenos nessa profundidade de pesquisa (enquanto podemos ver que já há até uma especulação sobre o caráter utilitarista de tais fenômenos, utilizando apenas

baths, which over the course of time may have been useful to a significant proportion of mankind in promoting health, derive their mineral properties and their heat from just the same causes that in the heating of the Earth's interior, which set these [waters] in motion

It has long been suspected that the veins of ore in the mountains are a slow effect of subterranean heat, which brings the metals to maturity through a gradual process of shaping and boiling them by means of penetrating vapours in the rock's interior.

[...] Finally, it seems to me that heat in the interior of the Earth provides a powerful proof of the effectiveness and great utility of the heating that takes place in the deep caverns.

[...] After carefully comparing and examining the experiments carried out, Boyle concludes very reasonably that, in the lowest caverns, which are inaccessible, there must be constant heating processes and an inextinguishable fire maintained thereby which transmits its warmth to the uppermost crust “.

textos observacionais de um filósofo ainda relevante e amplamente difundido Immanuel Kant, sem contar o aprofundamento de todos teóricos citados nas primeiras parte do trabalho). O interesse pela investigação do assoalho oceânico em relação aos estudos de dinâmica terrestre, especificamente, já existia, eles não foram apagados (FOUCAULT, 1999; LATOUR, 1994; LATOUR, 1997; LATOUR, 1998; SHAPIN, 2005; SHAPIN & SCHAFFER, 2013). Ao contrário, juntando com forças militares nos períodos das grandes guerras e econômicas no século XX, esse processo foi ampliado através do desenvolvimento técnico através dos anos. De Latour (1994):

Já que tudo aquilo que acontece é para sempre eliminado, os modernos têm realmente a sensação de uma flecha irreversível do tempo, de uma capitalização, **de um progresso**. [...] Estaremos tão distantes de nosso passado quanto desejamos crer? Não, já que a temporalidade moderna não tem muito efeito sobre a passagem do tempo. O passado permanece, ou mesmo retorna. E esta ressurgência é incompreensível para os modernos

A ideia de uma história científica baseada em revoluções e rupturas faz com que a ideia de progresso se fortifique. A ciência estaria cada vez mais próxima da verdade, das regras universais que regem o mundo, ela nunca erraria já que está acima do homem, suas criações e atividades e a linha do tempo sempre seguirá para a evolução com o passar dos anos – o que ironicamente é semelhante a concepção kantiana de conhecimento (que é universalizante). Ao defrontarmos com documentos históricos e com o processo científico de pesquisa nos laboratórios e os discursos que os carregam percebemos que a ciência é uma atividade que tem um caráter humano, objetivo, que possui resultados concretos, mas, ainda sim, humano, no sentido de ser sujeita a erros, intenções, ligada às redes externas às atividades supostamente “puras” do laboratório. Além disso problemas voltam a ser alvo de interesse, ressurgem, se transformam. Teorias se modificam, novas tecnologias surgem, novas práticas de categorização e conhecimento se solidificam. E onde o terreno está firme surgem novas práticas que não deixam de ter elementos desse solo e nem de estarem enraizadas no mesmo.

Por fim, para refletir sobre esse tópico de uma maneira geral, de Foucault (2000, p.101-102):

[...] após a crítica kantiana e tudo o que se passou na cultura ocidental do fim do século XVIII, uma divisão de um novo tipo se instaurou: de um lado a *mathésis* se reagrupou, constituindo uma apofântica e uma ontologia; é ela que até os nossos dias reinou sobre as disciplinas formais; de outro lado, a história e a semiologia (esta absorvida, de resto, por aquela) se reuniram nessas disciplinas da interpretação que estenderam seu poder de Schleiermacher a Nietzsche e a Freud

Em todo o caso, a *epistémé* clássica pode se definir, na sua mais geral disposição, pelo sistema articulado de uma *mathésis*, de uma taxinomia e de uma análise genética. As ciências trazem sempre consigo o projeto mesmo longínquo de uma exaustiva colocação da ordem: apontam sempre para a descoberta de elementos simples e de sua composição progressiva; e, no meio deles, elas formam quadro, exposição de conhecimentos, num sistema contemporâneo de si próprio. O centro do saber, nos séculos XVII e XVIII, é o quadro. Quanto aos grandes debates que ocuparam a opinião, alojam-se muito naturalmente nas dobras dessa organização

Partindo dessa análise, podemos olhar toda a reflexão textual de Kant acerca do Terremoto de Lisboa como uma grande sistematização, uma ordenação das causas simples e suas composições articuladas entre classificações e quantificações. Esse olhar geral, atento a descoberta de elementos simples – parâmetros – que podem ser generalizados, analisados e por fim juntados em um grande sistema é o que dita nossa relação hoje nas Ciências da Terra. O formato é semelhante, porém, com a supervalorização da *mathésis* e da quantificação, o aumento de atributos tecnológicos e a necessidade de grupos científicos grandes e hiperespecializados consequentes do século XX faz com que tenhamos esquecido no cotidiano da prática científica que ainda procuramos esse quadro geral que sistematiza os processos dinâmicos terrestres.

Atualmente há uma retomada no pensar na concepção de sistema após as consequências da superexploração dos recursos terrenos e a volta do temor das catástrofes naturais: agora causadas não mais por Deus, mas sim pelas mãos humanas. Porém, uma concepção de sistema sempre esteve implícita nas novas práticas de entendimento sobre as Ciências da Terra desde o século XVIII. Ela sempre esteve como uma base sólida – residual - para as novas práticas que se utilizam desse aspecto universalizante em análises que requerem atenção extremamente específicas. A formação de um “quadro” é o objetivo mais geral do trabalho científico, porém ignorando a prática, o saber científico como uma construção que parte de mãos humanas e o terreno a qual tais saberes foram construídos é impossível se ter noção crítica da noção dos seus próprios fazeres e também no que implica ensinar esse fazer.

No momento em que tais separações se fortificaram, a partir do século XVIII e se expandiram no século XIX como um todo, a desconexão da prática com sua historicidade e filosofia produziu não só uma espécie de cegueira do caminho em que a própria prática estava seguindo bem como também uma falta de análise crítica perante ao significado dos novos poderes tecnológicos que possibilitam a exploração da Terra. Desconectar não só o cientista, mas o sujeito do mundo faz com que esqueçamos das consequências de nossas próprias práticas. As análises antropológicas e sociais dos anos 80 acerca da prática científica só explicitam essa tendência de tratarmos a ciência como uma sucessão de fatos desconectados do mundo, especialmente a partir século XX. Ao mesmo tempo, não entendendo onde pisamos não conseguimos construir novas formas de pensamento e práticas que se rompem com tais antigas e proporcionam uma subversão que possibilita escapar – ao menos em partes – das redes de poder colonizantes as quais estamos inseridos como cientistas e pesquisadores brasileiros (não europeus ou americanos, considerados “primeiro mundo”), em suma.

No caso das Ciências da Terra, como pudemos perceber por este trabalho, houve diversos desenvolvimentos incontestáveis sobre o entendimento da dinâmica terrestre. Porém, ao mesmo tempo, com a hiperespecialização e desconexão com o mundo, esquecendo de sua totalidade e trabalhando de forma extensiva em fragmentações do planeta – principalmente em explorações rentáveis, vivemos um sentimento de incerteza onde não sabemos bem ao certo em qual terreno estamos pisando dentro da prática Tecnocientífica como um todo. A própria tecnologia antes um meio - uma fonte - de uma objetividade verdadeira, virou fonte de dúvida generalizada com a nova era das informações, também advindas de tecnologias militares.

A esperança de alguns estudiosos de concepção mais moderna é voltar para um conceito de sistema que integre também as artes e humanidades para que possamos ter alguma “luz” perante ao neoliberalismo econômico exacerbado. Sentimos, de fato, alguns dos primeiros medos das consequências causadas por desastres ambientais advindos dessa desconexão com uma noção de um todo, das relações, de uma história e de uma filosofia, ou seja, de esquecermos que o ser humano constrói, destrói e é atuante no planeta. Para outros estudiosos, de

concepções mais pós-modernas, o perigo é cairmos ainda em um dualismo orgânico e artificial, já que se trata de um mundo em que não delimita mais essas fronteiras na prática. O mundo de hoje seria, portanto, híbrido, onde não há mais separação entre Natureza e Cultura, diferente do que vemos no pensamento kantiano por exemplo. Assim poderíamos entender melhor os processos tecnológicos advindos e, ao mesmo tempo, quebrar as categorias que normatizam as práticas, proporcionando um respiro novo e uma renovação das pesquisas ditas acadêmicas ou mesmo de um viés político que proporcione atuantes antes excluídos do discurso o poder de fala. (LATOUR, 1994; FOUCAULT, 2000; FOUCAULT, 1999)

O pensamento de sistema é interessante no sentido de tentar evitar a desconexão do sentido mais geral devido as hiperespecializações das categorias, voltando para o sentido original desse tipo de organização, porém será que deveríamos permanecer numa mesma linha de pensamento kantiano no sentido de voltar a remontar esse quadro total a partir dos parâmetros (e não se perder dentro desses parâmetros, logicamente), ou romper com o viés modernista – ainda forte no pensamento acadêmico - e que não nos permite enxergar por meio das entrelinhas e observar as intenções dentre o jogo da retórica das relações, ignorando-as enquanto tais relações são amplamente utilizadas na prática cotidiana? Voltarmos para uma concepção de leis universais e generalizantes? Para estudiosos como Latour (1994) e Haraway (2000) a melhor alternativa é viver na fronteira de análise entre essas duas caixas a ponto de destruí-las, criando uma nova concepção epistemológica e de racionalização fora da tradição formal moderna, pois nenhuma adaptação desse formato - um “modernismo modificado” - se adequaria a nossa realidade prática que é composta por relações híbridas. Desse modo, ideologicamente para esses autores entender a construção dos discursos e seus usos, vivendo na fronteira, permite uma subversão política das práticas as quais nenhum atuante terrestre consegue fugir – principalmente inseridos dentro de um neoliberalismo exacerbado. A compreensão e junção de vários conhecimentos não implica a noção de um conhecimento totalizador.

Portanto, a noção geral de inserção nas redes não implica necessariamente que tais redes não são flexíveis de acordo com a movimentação de recursos e interesses. Dominados por ferramentas e recursos empresariais e

militares, uma alternativa é entender os processos e subverter para interesses politicamente interessantes visando uma contraposição à destruição dos seres vivos e da própria Terra através de uma superexploração capitalista. O problema se dá no fato de que é impossível se livrar de tais redes e voltar para uma concepção puramente orgânica da Natureza – uma maneira de atuação é subverter práticas através do seu entendimento concreto e discursivo através das fronteiras do natural e artificial (LATOURETTE, 1994, HARAWAY, 2000). Assim, entendendo os processos de redes acerca da exploração terrestre, seus usos, interesses e recursos em alguns pontos, talvez, seja possível atuar ativamente analisando como se dão tais persuasões comerciais, discursivas e concretas. Essa é uma das alternativas propostas por esses autores que denotam uma visão crítica acerca da concepção moderna universalizadora de Kant – que visa um quadro generalizante. Esta não consegue mais se encaixar em um mundo híbrido como o atual, porém ainda deixa rastros naturalizados no imaginário do fazer científico.

Por enquanto, ao contrário do que foi apresentado até agora sobre o processo histórico do desenvolvimento da teoria da Tectônica de Placas, onde temos diversos gráficos, mapas e esquemas apresentados nos artigos científicos, o ensaio por si não possui um valor visualmente imagético da situação. Essa imagem é puramente descritiva e viva em palavras que descrevem precisamente todos os relatos coletados por Kant e analisados, numa espécie de objetivismo descritivo. Isso não implica que não havia valor imagético dentro dos estudos ditos geológicos da época, como veremos no tópico a seguir.

5.3. Debate sobre a imagética nas Ciências da Terra

Durante o primeiro bloco deste trabalho ficou evidente a influência das imagens e suas mudanças no século XX dentro das Geociências no quesito de convencimento de teorias científicas e sua correlação com as práticas laboratoriais. A imagem não é um mero anexo ilustrativo e sim a cartada final para o convencimento de seus pares científicos diante da teoria ou hipótese defendida por um grupo. É interessante ressaltar que, por se tratar de uma história muito recente, por mais que coloquemos nomes aos criadores das teorias e hipóteses tratadas, é

um trabalho evidentemente comunitário, dependente de uma ampla rede de cientistas e laboratórios como já retratado.

Utilizou-se como documento o texto de Kant (1994) para detalhar certos debates, mas é significativo ressaltar que o terremoto de Lisboa de 1755 foi analisado por diversos pensadores e filósofos da época, foi um marco para uma mudança de concepção sobre a dinâmica terrestre e a importância de se entender tais fenômenos com uma finalidade moral de prevenir de catástrofes maiores ou mesmo utilizar recursos advindos desses mecanismos do grande organismo terrestre. Partindo, portanto, do último tópico, vamos analisar um pouco a evolução da concepção de imagens como representação dos processos dinâmicos terrestres



Figura 5. 1. Gravura em cobre, feita no ano de 1755 representando o grande terremoto de Lisboa de 1 de novembro de 1755. Ela apresenta a cidade e ruínas em chamas. Mostra o tsunami varrendo a costa e destruindo o cais. Também é digno de nota o fato de mostrar o grande distúrbio da água no porto, que fez com que diversos navios afundassem. Passageiros no canto esquerdo mostram sinais de pânico.⁷⁴ Fonte: The Earthquake Engineering Online Archive - Jan Kozak Collect. Retirado de: https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:1755_Lisbon_earthquake.jpg

⁷⁴ Traduzido em partes de: “Lisbon, Portugal, during the great [earthquake of 1 November 1755](#). This copper engraving, made that year, shows the city in ruins and in flames. Tsunamis rush upon the shore, destroying the wharfs. The engraving is also noteworthy in showing highly disturbed water in the harbor, which sank many ships. Passengers in the left foreground show signs of panic. Original in: Museu da Cidade, Lisbon. Reproduced in: O Terramoto de 1755, Testamunhos Britanicos = The Lisbon Earthquake of 1755, British Accounts. Lisbon: British Historical Society of Portugal, 1990.”

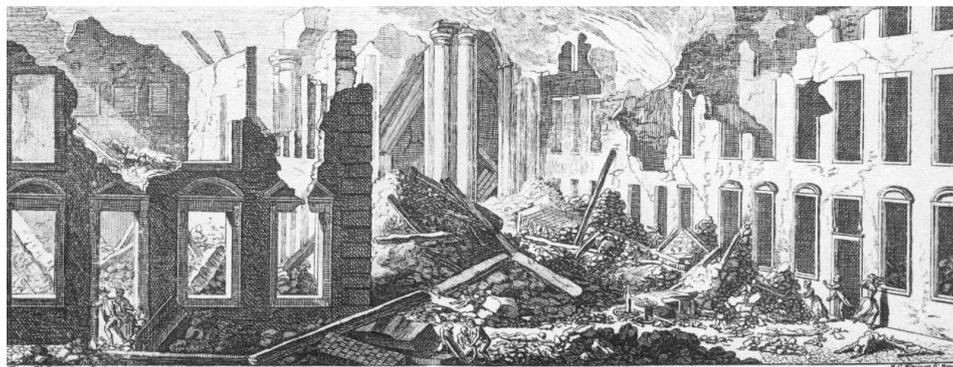


Figura 5. 2. Imagem de 1774. “Tab. XCIII. Para geografia c) O terramoto em Lisboa. Uma rua com casas danificadas e derrubadas. No final, está uma igreja cujas colunas caíram. Aqui e ali correndo timidamente ou meio enterrado entre as ruínas, lutando com a morte. Alguns cadáveres, incluindo uma carruagem virada na rua. Um sobe os escombros, enchendo a porta de sua casa. Chamas subindo atrás das casas de uma grande conflagração causada pelo fogo dos fogões despedaçados (era 1755 contra o inverno). (Descrição de acordo com a fonte)”⁷⁵. Fonte: *J. B. Basedows Elementarwerk mit den Kupfertafeln Chodowieckis u.a.* Kritische Bearbeitung in drei Bänden, herausgegeben von Theodor Fritsch. Dritter Band. Ernst Wiegand, Verlagsbuchhandlung Leipzig 1909. Retirado de: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chodowiecki_Basedow_Tafel_93_c.jpg



Figura 5. 3. "Alegoria ao Terramoto de 1755", por João Glama Strobërle. Fonte: Museu Nacional de Arte Antiga, Lisboa. Retirado de:

⁷⁵ Tradução do original: “Tab. XCIII. Zur Geographie. c) Das Erdbeben zu Lissabon. Eine Straße mit beschädigten und umgestürzten Häusern. Am Ende derselben steht eine Kirche, deren Säulen umgefallen sind. Hier und da ängstlich laufende oder unter Ruinen halbverschüttete Menschen, mit dem Tode ringend. Einige Leichen, auch eine umgeworfene Kutsche auf der Straße. Einer klettert über den Schutt, womit die Türe seines Hauses angefüllt ist. Hinter den Häusern aufsteigende Flammen von einer großen Feuersbrunst, die von dem Feuer der zerschmetterten Öfen (es war 1755 gegen den Winter) verursacht wurde. (Beschreibung lt. Quelle)”

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alegoria_ao_Terramoto_de_1755,_Jo%C3%A3o_Glama_Strob%C3%ABrle.png

As figuras apresentadas acima são apenas algumas das representações visuais acerca da catástrofe advinda do terremoto de Lisboa de 1755. É possível retirar, de todas elas, uma estética dramática acerca da situação ocorrida. As Figuras 5.1. e 5.2., apresentando gravuras em cobre, possuem um ar representativo mais próximo de uma descrição dos fatos tais quais apresentados em Kant (1994), apesar de certos elementos metafóricos que demonstram o pânico gerado pelo incidente (como as pessoas no barco a esquerda na Figura 5.1.). Não há uma mistura teológica explícita como no quadro apresentado na Figura 5.3., que mostra evidentemente a tragédia como um castigo divino, uma representação metafórica acerca dos sentimentos de tal desastre a partir de uma perspectiva teológica através da fúria dos anjos apresentados e o desespero das pessoas transeuntes na cidade em ruínas.

Sobra as gravuras, como a apresentada na figura 5.1., é importante lembrar seu caráter informativo sobre o evento em questão. Tavares (2005, p.177), ao analisar uma das gravuras ilustrando o Terremoto de Lisboa de 1755, ressalta:

O seu caráter especial não se identifica por comparação com outras gravuras, mas antes quando cotejado com aquilo que nós, hoje, esperamos da representação de um acontecimento. Perdemos, no processo de substituição da ilustração desenhada pela fotografia e, depois, desta última pela imagem em movimento, a capacidade de identificar automaticamente certas características especiais que só a gravura desenhada possui
Concretizemos: nesta ilustração o aspecto mais notório é o de nela tudo parecer ocorrer ao mesmo tempo [...]

Tavares (2005, p.178-179), a seguir, ressalta que essa condensação do tempo característica da gravura é impossível na fotografia. A fotografia congela um instante, um momento. Uma gravura pode te dar um panorama global dos eventos ocorridos. Isso, para o mesmo, pelo fato do século XVIII ser um mundo representado pelo desenho e pintura, nos dá uma noção de seu regime de produção e *media*: a percepção do mundo, a imagem mental dos acontecimentos, é diferente da nossa dominada pela considerada exatidão da fotografia (DASTON & GALISON, 1992; DASTON, 1999; TAVARES, 2005). Para Tavares (2005, p.178-179): “A lição paradoxal é que um desenho pode ser mais “verdadeiro” do que uma fotografia.

Menos real, mais verdadeiro”. Nessa colocação, o mesmo implica que o desenho não “esconde” a visão global do ocorrido. Assim como a fotografia, o que é “enquadrado” ou o que é mostrado é de arbítrio do autor da imagem, porém a visão de várias camadas de tempo sobrepostas em um único relance (TAVARES, 2005, p.180) podem ser muito reveladoras para traçar os caminhos de um fato ocorrido

Analisando em pormenores das imagens, observamos elementos gerais causados pelo terremoto, tais como o grande movimento marinho causado pelo *tsunami* que atingiu a costa bem como a destruição em ruínas da cidade. Apesar desses elementos, as figuras apresentadas até agora, neste tópico, não transmitem o nível de detalhamento e análise dos parâmetros descritos pelos ensaios de Kant analisados no tópico 5.2, afinal não são figuras estritamente de produção científica ou filosófica. Talvez tais imagens devam ter despertado uma angústia ou anseio para que a reflexão sobre tais acontecimentos naturais se apresentasse futuramente em textos posteriores. Porém a representação científica - argumentativa se encontra principalmente nos textos e ensaios de filosofia natural. Temos algumas esquematizações representativas encontradas em outros ensaios, atentas às causalidades dos fenômenos da catástrofe relatada. De Amador (2017, p.294), temos em seu trabalho duas figuras representativas:

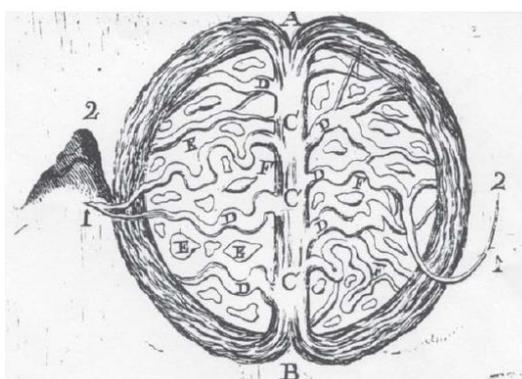


Figura 5. 4. De acordo com a legenda do trabalho de Amador (2017), “A e B representam respectivamente o polo Norte e o Sul, o primeiro de onde partiriam as águas e o segundo onde retornariam. Legenda da figura: CCC – ‘veia cava’, D – veias secundárias, E – hidrophilacies, F – depósitos de materiais inflamáveis”. Retirado de Amador (2017), p.294.

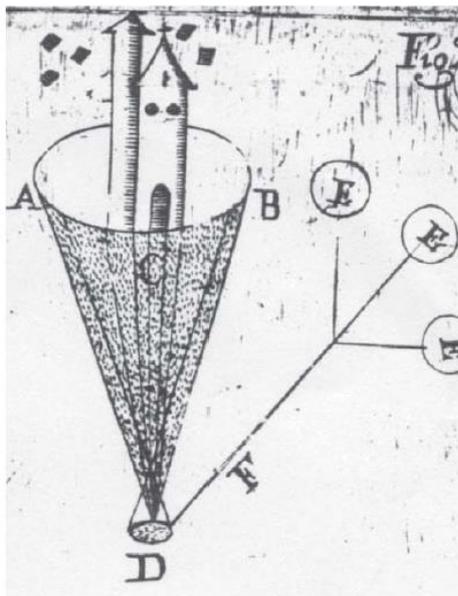


Figura 5. 5. De acordo com Amador (2017, p.294), a figura representa a “determinação da localização da câmara onde se formam as exalações. Na figura, F e EEE representam, respectivamente, veias secundárias e lagos exteriores ao círculo. Nestes últimos teria sido possível observar os efeitos do tremor de terra (seiches)”. Retirado de Amador (2017), p.294.

Podemos, desse modo, perceber que representativamente temos esquematizações de diversos ensaios acerca de que como se daria as causalidades dos fenômenos ocorridos. A Figura 5.4., inclusive, lembra dos veios cavernosos descritos por Kant (1994) em seu ensaio. Para uma análise científica dos fenômenos naturais, a diferença entre as imagens 5.1, 5.2 e 5.3 das imagens 5.4 e 5.5., está na parametrização e análise diagramada acerca causas dos fenômenos destas últimas em relação as imagens observacionais do resultado global consequente dos desastres, evidentes nas primeiras. As imagens 5.4 e 5.5. remetem ao estudo de ordens, classificações e a montagem de um grande quadro como descrito no tópico 5.2. Mesmo assim, a estética de Figuras como a 5.3 não deixa de ser válida no quesito de divulgação de um sentimento, um contexto histórico, acerca do fato ocorrido, as complementando em uma análise histórica acerca do pensamento da época.

Dessa maneira, por mais que a Figura 5.3 trate-se uma arte erudita, sua metáfora representativa do terror ocasionado pelo Terremoto de Lisboa de 1755 é evidente e representa grande parte do mundo em torno do acontecimento em tal época. Por mais que as imagens 5.1, 5.2. e 5.3, representem o caos complexo da situação como um todo, ao contrário das Figuras 5.4. e 5.5., evidentemente

esquemáticas, não é de se excluir tal estética ainda utilizada para divulgação científica de tais fenômenos. A imagem científica não está separada de uma história das imagens como um todo, ela apenas percorreu outros caminhos que a delimitaram cada vez mais a um campo objetivado e utilizada como linguagem argumentativa em substituição ao puro texto através da supervalorização da *mathésis* e da imagem quantificada baseada no processamento de dados. (DASTON & GALISON, 1992; ELKINS, 2011). Apesar disso, certos procedimentos estéticos permanecem enraizados. (ELKINS, 2011).

Adicionalmente para contextualizarmos os debates das imagens científicas dentro das Ciências da Terra, temos o trabalho de Rudwick (1976). O mesmo reforça a importância da imagem científica, dando ênfase na sua importância dentro das Geociências, como uma linguagem de extrema importância nos debates e divulgações científicos. O trecho a seguir ilustra, de forma consistente, a importância de se pensar a imagética dentro das Ciências da Terra (RUDWICK, 1976, p.151):

Em outras palavras, um mapa geológico - ou qualquer outro diagrama visual em geologia - é um documento apresentado em uma linguagem visual; e como qualquer outra linguagem, esses meios visuais de comunicação implicam necessariamente a existência de uma comunidade social que tacitamente aceita essas regras e compartilha um entendimento dessas convenções. É, portanto, estudando o desenvolvimento histórico da linguagem visual da geologia, não apenas pensando na forma como ela gradualmente permitiu que os conceitos de uma nova ciência fossem expressos de forma mais adequada, mas também como um reflexo do crescimento de uma comunidade autoconsciente de cientistas da área de Geologia⁷⁶

Assim, o mesmo afirma que, a partir de 1840, tais diagramas e representações visuais não funcionavam mais apenas como um suporte textual para a descrição verbal, como vimos acima. Se tornaram, portanto, uma parte essencial de uma forma de comunicação visual-e-verbal (RUDWICK, 1976, p.152).

⁷⁶ Traduzido de Rudwick (2005, p.151): “In other words, a geological map – or any other visual diagram in geology – is a document presented in a visual language; and like any ordinary language, these visual means of communication necessarily imply the existence of a social community which tacitly accepts these rules and shares an understanding of these conventions. It is therefore worth studying the historical development of the visual language of geology not only for the way in which it gradually enabled the concepts of a new science to be more adequately expressed, but also as a reflection of the growth of a self-conscious community of geological scientists.”

Também indo ao mesmo eixo crítico de Tavares (2005), Rudwick (1976, p.151) afirma ser plausível sugerir que o desenvolvimento do campo da ilustração – como tintas à base água, gravuras em metal e em madeira e litogravuras ao longo das décadas em torno de 1800 – foram essenciais para a história das ciências naturais como um todo. Antes do advento das fotografias, ilustrações com base em pinturas de aquarela eram comuns em estudos geológicos. Para impressões de livro, a gravura em cobre apesar de ser um processo caro, foi a mais comum no começo do século XIX. A escolha da imagem para ilustrar o livro, portanto, era minuciosa e tinha que abarcar as concepções mais importantes relatadas no mesmo (RUDWICK, 1976, p.154). Isso contrasta com a quantidade de imagens de qualidade e sua facilidade de produção que temos hoje em dia, o que muitos críticos alegam ser uma época de “excesso de imagens”.

Para mapas em detalhes, por consequência, a gravura em cobre era a melhor a ser utilizada. Porém, para livros de história natural, as imagens para livros coloridos, no final do século XIX, eram basicamente as pintadas em mão utilizando aquarela (RUDWICK, 1976, p.155). A invenção da litografia deu um impacto ainda maior para as ciências naturais, permitindo uma maior reprodução de imagens (RUDWICK, 1976, 156). Finalmente com o desenvolvimento da máquina de imprensa e papéis mais baratos, a publicação de livros permitiu livros mais baratos com uma qualidade de imagem relativamente boa, permitindo um mercado de massa relativo considerando a época (RUDWICK, 1976, p.157). A última inovação tecnológica, antes da fotografia, foi a gravura em madeira que, apesar de menor precisão comparada a técnica da litografia, para fins didáticos era uma opção utilizada. Ela permitia, também, a impressão da imagem nas mesmas páginas que o texto devido sua técnica (RUDWICK, 1976, p.157). Com esses estudos, podemos ver que a preocupação com a imagética dentro das Ciências Naturais e, em especial, dentro das Geociências, sempre foi significativa. Com o advento e desenvolvimento de novas tecnologias gráficas e de ilustração, bem como o de maquinários científicos, o número de publicações científicas e imagens contidas nas mesmas cresceu exponencialmente.

Voltando para a representação das catástrofes Naturais, de maneira geral, nos baseando nos comentários de Tavares (2005) sobre a fotografia,

podemos fazer um comparativo com desastres naturais mais recentes. Utilizando fotografias de outras grandes catástrofes tais como o grande Sismos de Valdivia de 1960, no Chile, veremos que a própria fotografia – advinda de um instrumento mecânico – de acordo com o enquadramento feito, também traz a estética dramática apresentada nas Figuras 5.1., 5.2. e 5.3. A única diferença é seu retrato sem ação, a *posteriori* do acontecimento retratado, congelando um dado momento. As gravuras ainda representam uma ação, uma imaginação representativa quanto ao acontecimento, vinculando como o presente fato ocorreu em suas diversas camadas temporais, apresentando uma visão global da situação (TAVARES, 2005). A fotografia, a menos que seja dada no momento do fato, geralmente se dá a *posteriori* da ação para relatar os fatos. Apesar disso, a dramaticidade e as consequências locais retratadas possuem um valor estético muito semelhante (DASTON & GALISON, 1992; ELKINS, 2011).



Figura 5. 6. “Dano produzido por um terremoto nas casas de madeira de boa qualidade em Valdivia, no Chile, em 1960. Fonte: NGDC Natural Hazards Slides with Captions Header. Autor: Pierre St. Amand. Retirado de: https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Valdivia_after_earthquake,_1960.jpg



Figura 5. 7. Navio afundado Carlos Haverbeck e Canelos – Chile, Outono de 1960. Data da foto novembro de 1960. Fonte: Origem vem do proprietário e detentor dos direitos autorais da imagem (fotógrafo) e foi liberada – Buonasera.

A partir dessa análise, podemos refletir sobre como se dá as representações e imagens científicas no século XX em comparativo com o que foi discutido na segunda parte do trabalho acerca do processo histórico acerca da criação da Teoria da Tectônica de Placas, no tópico 4. As imagens apresentadas na Figura 5.6. e 5.7. que apresentam as consequências de um terremoto ocorrido no mesmo intervalo de época da história relatada no tópico 4 não são as imagens utilizadas de cunho científico para convencimento sobre os mecanicismos do terremoto em questão. Nem mesmo as representações nas Figuras 5.4. e 5.5. seriam fontes de convencimento ou argumentação final em artigos finais no século XX, seriam no máximo uma esquematização para facilitar a explicação dos fatos ao leitor do mesmo.

Assim, para um cientista, explorador marinho, estar perto de se entender as causas de um sismo é estar na posição de Maurice Ewing retratado na Figura 4.6, analisando um gráfico obtido através de um sismógrafo. Não é mais estar na posição de Kant (1994), ouvindo diversos relatos e os analisando em seus pormenores. É estar dentro do laboratório, em sua especialidade, analisando quantitativamente os parâmetros obtidos através dos instrumentos captadores de

som. As representações não são puramente ideias acerca das possíveis causas, elas se dão através de uma extensa atividade laboratorial de obtenção, processamento e purificação dos dados. Além disso, só a sismologia moderna advinda das ideias mecânicas, não é suficiente para explicar uma teoria global de dinâmica terrestre, um “todo”. Foi necessário utilizar dados batimétricos, geomagnéticos, geocronológicos, relacioná-los e por fim juntar tais mecanismos a ponto de reforçar o quadro total da dinâmica terrestre e compreender melhor a formação de cadeias montanhosas, vulcanismos, terremotos, paisagens, o fundo do mar, formação de minerais, obtenção de recursos e etc. O poder de analisar tais fragmentos objetivos se dá também da possibilidade de utilizar tais quantificações com o objetivo de explorar a própria Terra: entendendo seus mecanismos compreende-se como o organismo funciona e “fabrica” seus recursos. A realidade apresentada na representação gráfica se torna mais próxima de uma generalização universal que a própria instrumentalização fotográfica dos acontecimentos. Uma ordem, uma sistematização, é colocada, agora de maneira mais precisa e quantificada.

Com o desenvolvimento de tais instrumentalizações durante as explorações marinhas entre os anos 40 e finais dos anos 60, muito do que se é relatado na literatura histórica de base (MENARD, 1986, ORESKES, 2001), é de que finalmente poderíamos investigar coisas que são impossíveis para os sentidos limitados humanos. Mais do que é relatado, nossa relação para com os instrumentos é nos vermos livres dos possíveis erros dirigidos aos sentidos humanos⁷⁷, livres de uma subjetividade que não estaria nos dados quantificados, mas se apresenta nas representações manuais tais como apresentadas nas Figuras 5.1., 5.2., 5.3, 5.4. e 5.5. Sem essa influência o instrumento se torna a ponte para a Natureza, os dados a própria Natureza escrita em parametrizações. De Daston e Galison (1992, p. 116), temos:

⁷⁷ Como herança cartesiana.

A representação gráfica poderia atravessar as fronteiras artificiais das línguas naturais para revelar a natureza a todas as pessoas, e a representação gráfica poderia atravessar fronteiras disciplinares para capturar fenômenos tão diversos quanto o pulso de um coração e a crise de uma economia. As imagens se tornaram mais do que apenas ferramentas úteis; eram as palavras da própria natureza.⁷⁸

A objetividade moralizada e a antiga comparação dos fenômenos terrestres à um corpo – um organismo – nos levou a várias analogias imagéticas similares com relação a obtenção de dados e gráficos com as máquinas utilizadas em medicina. Observando a Figura 5.8 a seguir e a comparando com a Figura 4.6., pode-se ver tais semelhanças estéticas prevaletentes e a ideia de enxergar através de parâmetros e máquinas o que nossos sentidos não alcançam.

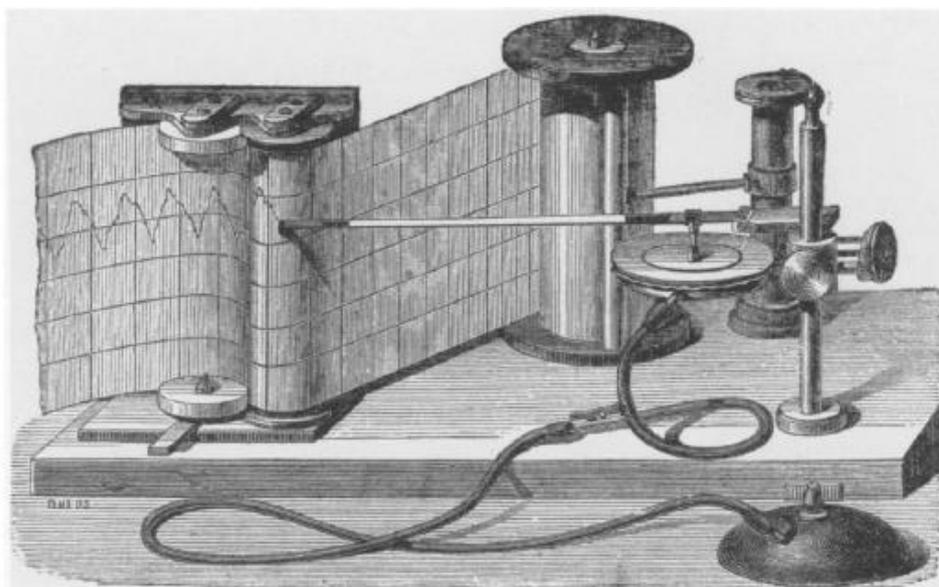


Figura 5. 8. Legenda retirada de Daston e Galison (1992, p.115): “Polígrafo portátil. Este dispositivo foi projetado para medir, inter alia, o pulso do coração, o pulso das artérias, a respiração e a contração muscular. Para E.J. Marey, essas e outras figuras produzidas automaticamente eram duplamente importantes: primeiro, transcendiam a divisão e a incompletude da linguagem e, segundo, capturavam, sem interpretação, o que os sentidos humanos nunca conseguiam. De Marey, *La Méthode graphique dans les sciences expérimentales* (Paris, 1878), 457. »⁷⁹. Retirada de Daston e Galison (1992, p.115)

⁷⁸ Traduzido de Daston e Galison (1992, p.116): “Graphical representation could cut across the artificial boundaries of natural languages to reveal nature to all people, and graphical representation could cut across disciplinary boundaries to capture phenomena as diverse as the pulse of a heart and the downturn of an economy. Pictures became more than merely helpful tools; they were the words of nature itself. »

⁷⁹ Traduzido de Daston e Galison (1992, p.115): “Portable polygraph. This device was designed to measure, inter alia, the pulse of the heart, the pulse of the arteries, respiration, and muscular

Daqui podemos fazer um comparativo com os sismógrafos ou mesmo as figuras gráficas representando anomalias magnéticas apresentadas em 4.16 e 4.17. No momento de captura de tais dados é como se capturássemos os pulsos da Terra [seu coração], em seus pormenores e sem a intervenção humana e, ao mesmo tempo, transcendêssemos em uma captura do inacessível. Nossa comparação da Terra com o corpo não sumiu completamente, foi substituída por mecanismos instrumentais. Assim o gráfico se tornou a representação mais próxima da verdade Natural, a partir da historicidade da objetividade mecânica (DASTON & GALISON, 1992, p. 115). Isso obviamente se estendeu no século XX para as Ciências da Terra, como amplamente apresentado neste trabalho. Não podemos esquecer que para que os gráficos criem um sentido a ponte de validação de uma autoridade científica é necessária, eles por si mesmos são representações puramente abstratas – cada vez mais longe do que de fato observamos com nossos próprios olhos. (LATOURE, 2000). Para finalizar, de Gooding (1999, p.200), temos a seguinte discussão para tais procedimentos em uma perspectiva mais recente:

A necessidade de visualizar os processos históricos (na ciência observacional de Darwin) e os dados numéricos sobre os processos (em geofísica e em física das partículas) mostra que, tanto dum ponto de vista cognitivo como dum ponto de vista histórico, não devemos esperar que o visual seja reduzido ao raciocínio formal ou a procedimentos para gerar e manipular números. O que é significativo nesta convergência das técnicas baseadas na imagem e nas técnicas numéricas em geofísica e em física das partículas é a convergência dos modos perceptuais e numéricos de representar a natureza. A escala e a complexidade da investigação científica exigem tanto a percepção humana de padrões e de imagens quanto as técnicas baseadas na medição

Mesmo a ciência mais quantitativa necessita da análise e percepção dos dados – da mão humana – em seu processo. A crítica à quantificação e objetividade mecânica de Daston e Galison (1992), não se dá acerca da não necessidade de tecnologias mais avançadas e sim ao fato de um excesso de poder à tais métodos ligados à obtenção de uma imagem neutra, sem intervenção humana. Mesmo dentro deles a necessidade de processamento e manipulação dos dados pelos cientistas é

contraction. For E.J. Marey, these and other automatically produced figures were doubly important: first, they transcended the divisiveness and incompleteness of language, and second, they captured, without interpretation, what the human senses never could. From Marey, *La Méthode graphique dans les sciences expérimentales* (Paris, 1878), 457.'

vista de maneira negativa apesar de essencial para a interpretação e transformação de uma imagem abstrata tal como um gráfico em parâmetros passíveis de serem decodificados e analisados – o que infere inevitavelmente um certo nível de subjetividade. (DASTON & GALISON, 1992). Mais do que isso, a construção “purificadora” da escrita e dos dados científicos corrobora para a manutenção de um status de verdade ligada à uma razão transcendental, desconectada das práticas e relações humanas. Esse vazio fortifica a estrutura de poder do conhecimento ocidental-racional-científico, gerando diversos conflitos dentro e fora da própria atividade científica. (FOUCAULT, 2000; LATOUR, 1994; LATOUR, 2000). Assim, tais problematizações podem e devem ser estendidas para a análise das práticas científicas dentro da grande área de Ciências da Terra, fortificada a partir de tais construções teóricas advindas dos desenvolvimentos durante o século XX e a construção de uma prática científica que – ao juntar suas fragmentações – nos dá uma noção de sistema e todo que é necessária para as problematizações ambientais atuais.

6. Conclusões Finais

Neste trabalho foi feito um apanhado acerca da História da Tectônica de Placas com a finalidade de se apresentar uma maior contextualização social e filosófica dos processos decorrentes da exploração marinha entre as décadas de 40 e 60. A partir de teóricos da chamada Sociologia da Ciência, tais como Bruno Latour (1994, 1996, 200) e Lorraine Daston (1992, 1999), além do auxílio de pensadores como Foucault, foram analisados os discursos científicos através dos documentos – livros e artigos – abrindo-se a “caixa-preta” dos fatos científicos consolidados, ou seja, abrindo toda uma análise discursiva com relação a construção dos conceitos científicos. Estudos sobre o formato de convencimento, redes laboratoriais, redes de intenções, problemas com relação a imagética, formato da escrita de artigos, intenções militares e políticas: ao abriremos essa caixa, todas essas relações antes suprimidas aparecem no processo de construção do fazer científico. Assim, discussão sobre como tratar a História da Ciência e a própria prática científica não está desconectada de suas relações sociais e do mundo propriamente dito.

A partir das análises através dos laboratórios é possível entender por meio de uma discussão aberta, através das práticas científicas e dos cientistas em ação, a relação entre instrumentalizações, processamento de dados e escrita de artigos científicos destacando os processos de construção de fatos por meio de conceitos tais como os de “purificação” e redes por meio de autores como Latour (2000) e Lorraine Daston (1999) e Galison (1992). Tais observações revelaram processos imbricados com questões sócio-políticas e instrumentações advindas de tecnologia bélica ligada às Grandes Mundiais. A posterior Guerra Fria pode ter dado pistas de como essa história foi tratada posteriormente. De todo modo, a discussão no trabalho revela uma prática de exploração marinha fundada principalmente em dois laboratórios centrais: o de *Lamont* e o de *Scripps*, ambos localizados nos Estados Unidos. Diversos equipamentos tecnológicos bem como os próprios navios vieram de recursos da própria Marinha americana interessada nas investigações topográficas das costas e do assoalho oceânico. Alguns equipamentos, tais como sensores de anomalias magnéticas, foram adaptados de sensores detectores de

submarinos inimigos para uma função pautada na pesquisa científica exploratória (MENARD, 1986; ORESKES, 2001).

Além disso, investigando-se e comparando-se diversos dados através de viagens marinhas em grandes equipes que continham especialistas de diversas áreas tais como sismologia, batimetria, geomagnetismo, geocronologia, paleontologia, biologia, geoquímica e oceanografia, além de técnicos e navegadores, foi possível comparar tais dados e suas similaridades bem como analisar parâmetros que revelariam relações novas através de hipóteses tais como a de *Vine-Matthews-Morley*. Desses fragmentos de construiu uma teoria globalizante que destrincharia mecanismos acerca da dinâmica terrestre, com a finalidade de se prever alguns dos grandes desastres e inclusive explorar recursos da Terra (MENARD, 1986; ORESKES, 2001).

Para discutir mais a fundo a evolução da tentativa de se entender a dinâmica terrestre, baseando-se em algumas de suas consequências mais catastróficas como os terremotos, foi analisado, a partir do Terremoto de Lisboa de 1755, o processo de laicização e ideia de se parametrizar para entender os processos terrenos. Para um exemplo mais detalhado e uma discussão comparativa foram utilizados os ensaios de Kant (1995) acerca do Terremoto de Lisboa de 1755, destrinchando conseqüentemente vários detalhes observacionais. Portanto, se deu a tentativa de mostrar como a ideia de uma ruptura histórica pode excluir bases de pensamento já antigas, mas que sustentam pontos de produções de conhecimento que ainda utilizamos hoje, utilizando a ideia de genealogia de Foucault (1999; 2000). Novas grades de conhecimento são sobrepostas em bases antigas, mudando configurações, mas carregando bases de conhecimento passados. Em vista, disso, os avanços científicos e tecnológicos mudaram sim nossa concepção de mundo em certos aspectos, porém, ao mesmo tempo, nunca deixamos de carregar um solo e ambição do passado de se conhecer, dominar, categorizar e utilizar a Natureza em nosso favor (FOUCAULT, 2000; TAVARES, 2005).

A questão imagética expõe a amplificação da importância e poder de imagens quantificadas, cada vez mais matematizadas, dentro da área de Ciências da Terra. As superespecializações dentro dessa grande área e o advento de diversas instrumentalizações requerem uma crítica especializada acerca da

dominância de tal uso. Existe a justificativa prática pautada pelo fato da inacessibilidade de investigação direta das camadas e da crosta terrestre, porém, ao mesmo tempo, não devemos nos esquecer de um processo histórico relatado por Daston (1999) e Galison (1992), acerca da desconsideração da observação humana inferindo que dados quantificados e imagens gráficas são a própria Natureza e não como signos passíveis de observação e interpretação humana. A imagem só tem sentido no momento que o especialista, o cientista observador, infere seu sentido (LATOURET, 2000). A máquina sozinha não produz os fatos científicos nem o cientista por si mesmo produz as provas necessárias sem o instrumento experimental. Estamos tratando de um sujeito-máquina dentro do conceito de laboratório de acordo com Latour (2000). Quanto tratamos os dados como a Natureza inscrita esquecemos das relações humanas e das filosofias que nos deram um solo e que nos levaram a constatar tais observações antes e depois das construções dos fatos estudados.

Além disso, dentro da discussão imagética, podemos destrinchar através da estética das imagens sua relação argumentativa-histórica acerca dos fatos tratados. As imagens carregam descrições, explicações, sentimentos de uma época, não só pelo o que se propõem representar, mas, também, em sua forma de discurso e fazer, sua apresentação estética, a técnica utilizada para sua confecção, os valores de sua construção e etc. Para as Ciências da Terra, a imagem não é uma merda ilustração: é um argumento tão forte ou mais que o próprio texto, ambos se complementam em fator de igualdade no convencimento dos pares científicos e na própria construção do conhecimento em geociências (RUDWICK, 1997; TAVARES, 2005).

Quanto ao advento das máquinas do século XX, isso não deixa de ser uma construção humana. A interpretação que damos aos dados adquiridos é envolta em toda um solo histórico, filosófico e sociológico que dentro de uma perspectiva positivistas e progressista linear de ciência esquecemos. Sem saber onde pisamos é difícil entender que conclusões e caminhos estamos trilhando, pois, ao colocar a ciência como o espelho do mundo reduzimos o mesmo à uma condição em que nós – como seres vivos e atuantes no meio – nos desconectamos de onde estamos

inseridos (LATOURE, 1994; LATOUR, 2000; DASTON & GALISON, 1992; DASTON, 1999).

Isto posto, o medo das catástrofes não advém mais de não entendermos pormenores importantes mecanismos sobre a dinâmica da Terra ou de um castigo divino ao acaso. Sabemos que há uma superexploração de recursos terrenos e uma perspectiva que, só recentemente, anda se quebrando acerca de uma concepção datada que se baseia em uma Terra que possui recursos infinitos e meio ambiente passível de ser explorado sem sofrermos consequências piores, como novas possibilidades de catástrofes e destruição não só do meio ambiente, mas de nós mesmos como seres humanos – ou quase-humanos. No caso, a catástrofe é a própria exploração humana que pode ser evitada ao contrário de catástrofes naturais – vide os testes nucleares que podem, inclusive, simular tremores de terremotos. A volta de um entendimento de um conhecimento sistêmico, não só integrado dentro das Ciências da Terra, mas também ligado com práticas transdisciplinares que visam a retomada dos estudos em humanidades e artes e sua aplicação no mundo é uma tentativa de se voltar a ter uma concepção do todo em um mundo amplamente fragmentado e incerto, o qual a máquina antes fonte da verdade aparentemente eliminar os erros advindos dos sentidos humanos ou amplificar sentidos às quais não temos se tornou também fonte de dúvida devido consequências de seus usos e, até mesmo, fonte de criações retóricas pautadas em mentiras discursivamente intencionais na atual era informacional.

Entendendo os caminhos que foram trilhados, que permaneceram ou foram transformados conceitualmente é possível pisar nos dias atuais de forma crítica no solo das práticas científicas e pensar em como atuar no mundo em que vivemos. Entender a história da ciência não é somente entender as causalidades epistemológicas e sim entender, também, como se deu a construção desses fatos dentro do mundo afinal a prática científica não é neutra e não está separada dele. Evitar nos perdemos em práticas ultra especializadas que não nos permite visualizar as relações e intenções imbricadas ou mesmo analisar outras visões de outras áreas do conhecimento: não nos perdemos nos parâmetros quantificados (LATOURE, 1994; LATOUR, 2000; HARAWAY, 2000).

Partindo desse viés, é de cunho ideológico pensar em um ensino ou fazer histórico das Ciências da Terra – que envolve disciplinas ligadas diretamente à questão de recursos terrestres – integralizado com outras grandes áreas e olhar para o “todo”, sem nos esquecermos que estamos inseridos nesse planeta, que nos relacionamos com milhares de redes imbricadas no mundo globalizado e que nossas ações não são neutras e possuem consequências políticas. Problematizar sem cair em um maniqueísmo – um julgamento de ciência boa ou ciência má – e sim entender sua prática em ação com o mundo é entender como atuar através da mesma e analisar as relações de poder que ela traz e pode levar a sérias consequências. Entretanto, ao mesmo tempo, vivemos em um mundo que não delimita mais uma fronteira certa entre Natureza e Cultura, o que faz com que acabemos pendendo em lados e não entendendo práticas essenciais que fazem com que visualizemos nossa inserção nas práticas tecnocientíficas atuais. Devemos evitar, portanto, uma concepção centralizadora de conhecimento que pode se tornar autoritária ou dogmatizante – ou mesmo apagando os pormenores de tais relações sociais imbricadas, desconectando cada vez mais a ciência do sujeito atuante e, conseqüentemente, aumentando as distâncias de sua prática para com o público leigo. O trabalho se propôs a mostrar tais relações acerca das práticas científicas que estamos trilhando a partir do século XX dentro da área de Ciências da Terra a partir do solo criado pela inserção da grade chamada Teoria da Tectônica de Placas.

Referências Bibliográficas

- ABOUT the GSA Awards. In: The Geological Society of America domain. Colorado: The Geological Society of America. Disponível em <http://www.geosociety.org/GSA/About/awards/About_Awards/GSA/Awards/About_GSA_Awards.aspx>.
Acessado em 15 de abril de 2019.
- ADAMS, Frank Dawson. **The birth and development of the geological sciences**. 1954.
- AMADOR, Filomena. O terramoto de Lisboa de 1755: colecções de textos do século XVIII. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 14, n. 1, 2007.
- AOCEANO. Associação Brasileira de Oceanografia. Santa Catarina: Associação Brasileira de Oceanografia. Disponível em <<https://www.aoceano.org.br/>>. Acessado em 15 de abril de 2019.
- BATES, Charles C.; GASKELL, Thomas F.; RICE, Robert B. **Geophysics in the affairs of man: A personalized history of exploration geophysics and its allied sciences of seismology and oceanography**. Elsevier, 2013.
- BLOOR, David. Capítulo 1 – O programa forte na sociologia do conhecimento. Conhecimento e imaginário social. São Paulo: Editora Unesp, 2009 (1a. Ed. 1976), pp. 15-44.
- BRADNER, Hugh. Seismic measurements on the ocean bottom. **Science**, v. 146, n. 3641, pp. 208-216, 1964.
- CALLON, Michel. Algunos elementos pra uma sociologia de la traducción: la domesticación de las vieiras y lós pescadores de la Bahía de St. Brieuc. In: IRANZO, J. et. Al. (coords.), *Sociologia de la ciência y la tecnologia*, Madrid, CSIC, 1995: pp. 259-272 (online).
- CARTER, Luther J.; GILLETTE, Robert. Test Ban: Arms Control Groups Denounce Summit Treaty. **Science**, v. 151, pp. 57-60, 1974.
- CARTER, Luther J. Earthquakes and nuclear tests: playing the odds on Amchitka. **Science**, v.165, pp. 773-776, 1969.
- CARTER, Luther J. Nuclear Weapons: Nonproliferation and Test-Ban Talks To Be Resumed. **Science**, v.185, pp.420-423 1966.
- COLACIOS, Roger Domenech. **Um Clima de Incertezas: as Controvérsias Científicas sobre Mudanças Climáticas nas Revistas Science e Nature (1970-2005)**. São Paulo. Editora: Humanitas – FAPESP, 2017.
- COWAN, George A. Scientific Applications of Nuclear Explosions. **Science**, v. 133, n. 3466, p. 1739-1744, 1961.
- DASTON, Lorraine; GALISON, Peter. The image of objectivity. **Representations**, p. 81-81, 1992.
- DASTON, Lorraine. As imagens da objectividade: a fotografia e o mapa, pp. 79-104. In: **A ciência tal qual se faz**. Coordenação Fernando Gil. Lisboa: Edições João Sá da Costa, 1999.
- DONN, William L.; PFEFFER, Richard L.; EWING, Maurice. Propagation of air waves from nuclear explosions. **Science**, v. 139, n. 3552, p. 307-317, 1963.

- EARTH Story. Episódio 2: The Deep. Direção: **BBC two**, Produção: Richard Reisz. UK. BBC , 1998
- ELKINS, James. História da arte e imagens que não são arte. **Porto Arte**, v. 18, n. 30, 2011.
- ERNESTO, Marcia; USSAMI, Naomi. Introdução à Geofísica. **Departamento de Geofísica IAG/USP**, 2002.
- FLECK, Ludwik. **Gênese e desenvolvimento de um fato científico**. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010 (1. Ed. 1935), pp. 39-95.
- FOUCAULT, Michel. **As palavras e as coisas**. Tradução: Salma Tannus Muchail. São Paulo: Martins Fontes, 2000.
- FOUCAULT, Michel. **Em defesa da sociedade: curso no Collège de France (1975-1976)**. Tradução de Maria Ermantina Galvão. São Paulo: Martins Fontes, 1999.
- FRANKEL, Henry. The development, reception, and acceptance of the Vine-Matthews-Morley hypothesis. **Historical studies in the physical sciences**, v. 13, n. 1, p. 1-39, 1982.
- GILLETTE, Robert. Arms Control: US, Soviets Revive Threshold Test Ban Talks. **Science**, v.184, pp.774-776, 1974.
- GLEN, William. **The road to Jaramillo: Critical years of the revolution in earth science**. Stanford University Press, 1982.
- GOODING, D. Dando uma Imagem à Prática Científica: as imagens na descoberta científica e a disseminação da nova ciência. **A ciência tal qual se faz**, p. 187-201, 1999.
- HAMILTON, R. M.; MCKEOWN, F. A.; HEALY, J. H. Seismic activity and faulting associated with a large underground nuclear explosion. **Science**, v. 166, n. 3905, p. 601-604, 1969.
- HARAWAY, Donna; KUNZRU, Hari; TADEU, Tomaz. Antropologia do ciborgue. **Belo Horizonte: Autêntica**, 2000.
- HIDRÓGRAFO. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2017. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Hidr%C3%B3grafo&oldid=50076498>>. Acesso em: 9 out. 2017.
- JUNGES, Alexandre Luis. Desacordo racional e controvérsia científica. **Scientiae Studia**, v. 11, n. 3, p. 613-635, 2013.
- KANT, Immanuel. History and physiography of the most remarkable cases of the earthquake which towards the end of the year 1755 shook a great part of the earth. **Four Neglected Essays**, 1994.
- KEAREY, Philip; BROOKS, Michael; HILL, Ian. **An introduction to geophysical exploration**. John Wiley & Sons, 2013.
- KNORR-CETINA. Karin. A comunicação na ciência, pp. 375-394. In: **A ciência tal qual se faz**. Coordenação Fernando Gil. Lisboa: Edições João Sá da Costa, 1999.
- KUHN, Thomas. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Editora Perspectiva, 2007, 9a. Edição (1a. Ed. 1962)
- LATOUR, Bruno. **Jamais fomos modernos**. São Paulo: Editora 34, 1994.

LATOUR, Bruno. Capítulo 1. A etnografia das ciências. In: **A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997, pp. 09-34.

LATOUR, Bruno. **Ciência em ação. Como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora**. São Paulo: Editora Unesp, 2000

LATOUR, Bruno. **A esperança de Pandora**. Bauru: Edusc, 2001, pp.13-132

LATOUR, Bruno. **Cogitamus: seis cartas sobre as humanidades científicas**. São Paulo: Editora 34, 2016.

MENARD, Henry William. **The ocean of truth: a personal history of global tectonics**. Princenton: Princeton University Press, 1986.

MERLEAU-PONTY, Maurice. **O olho e o espírito**. Editora Cosac Naify, 2014.

MERTON, Robert. **Ensaio de sociologia da ciência**. (Org. Anne Marcovich e Terry Shinn). São Paulo: Editora 34, 2013

NEILD, Robert; RUINA, J. P. A Comprehensive Ban on Nuclear Testing. **Science**, v. 175, n. 4018, p. 140-146, 1972.

OLIVER, Jack; POMEROY, Paul; EWING, Maurice. Long-period seismic waves from nuclear explosions in various environments. **Science**, v. 131, n. 3416, p. 1804-1805, 1960.

ORESQUES, Naomi. **Plate tectonics: An insider's history of the modern theory of the Earth**. Colorado : Westview Press, 2001.

PINTO NETO, Moysés da Fontoura et al. A escritura da natureza: Derrida e o materialismo experimental. Tese de Doutorado em Filosofia, PUC-RS, 2013.

PITMAN, W. C. III; HEIRTZLER, J.R.. Magnetic anomalies over the Pacific Antarctic Ridge, **Science** 154, 1164-1171, 1966.

PUSHCHAROVSKY, Yu M. Journal Geotektonika turns 50. **Geotectonics**, v. 49, n. 1, p. 1, 2015.

RUDWICK, Martin JS. The emergence of a visual language for geological science 1760—1840. **History of science**, v. 14, n. 3, p. 149-195, 1976.

SANTOS, Leonel Ribeiro dos. Pensar a catástrofe, pensar a atualidade: Os ensaios de Kant sobre o terremoto de Lisboa. **Studia Kantiana**, n. 20, 2016.

SHAPIN, Steven; SCHAFFER, Simon. **El Leviathán y la bomba de vacío** (Quilmes, Pcia. de Bs. As.: Editorial: Universidad Nacional de Quilmes. Colección Ciencia, Tecnología y Sociedad, 2005). 2005.

SHAPIN, Steven. Capítulo 6. Bomba e circunstância. A tecnologia literária de Robert Boyle, In: **Nunca Pura. Estudos históricos de ciências como se fora produzida por pessoas com corpos, situados no tempo, no espaço, na cultura e na sociedade e que se empenham por credibilidade e autoridade**. Fino Traço Editora: Belo Horizonte, MG, 2013, pp. 90-117.

SIGEP – COMISSÃO BRASILEIRA DE SÍTIOS GEOLÓGICOS DO BRASIL. Glossário Geológico Ilustrado. Acessado em 10 de abril de 2019.

STENGERS, Isabelle. **No tempo das catástrofes**. São Paulo: Cosac Naify, 2015.

TAVARES, Rui. **O pequeno livro do grande terramoto: ensaio sobre 1755**. Lisboa: Tinta-da-china, 2005.

TEIXEIRA, Wilson et al. **Decifrando a terra**. 2001.

WICK, Gerald. Nuclear explosion seismology: Improvements in detection. **Science**, v. 175, n. 4026, p. 1095-1097, 1972.

WILSON, J. Tuzo. Transform faults, oceanic ridges, and magnetic anomalies southwest of Vancouver Island. **Science**, v. 150, n. 3695, p. 482-485, 1965.

WOOD, D. N. Earth science and the foreign language problem. In: **Geoscience Information**. Springer, Dordrecht, 1979. p. 226-246.

ANEXO A : GLOSSÁRIO - TERMOS TÉCNICOS E CIENTÍFICOS

Termos técnicos utilizados na dissertação. Auxílio/retirada direta do Glossário Geológico Ilustrado da SIGEP (Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos), em conjunto com a UnB e CPRM (Serviço Geológico do Brasil). Fonte: <http://sigep.cprm.gov.br/glossario/index.html>. Além disso foram utilizadas notas de aula, livros técnicos e os históricos do próprio trabalho. É importante lembrar que algumas concepções relatadas no glossário são as versões mais atuais para os termos dados. Ou seja, ao longo da concepção das teorias tratadas neste trabalho certos postulados acabam mudando: pequenas modificações ao longo dos anos acabam ocorrendo com o advento das pesquisas. Esse glossário, portanto, serve como um guia para contextualizar a prática científica tratada neste trabalho.

B

Batimetria

“[Conf. altimetria, curva de nível]

Medida de profundidade através de uma massa de água como os mares, lagos, rios, com a intenção de identificar a topografia do fundo imerso. A batimetria é expressa cartograficamente por curvas batimétricas que são curvas que unem pontos de mesma profundidade com equidistâncias verticais, à semelhança das curvas de nível topográfico (SIGEP). Através do ecobatímetro, equipamento utilizado para medir dados batimétricos, são emitidas fontes sonoras que, através de seu relógio interno, são medidos os intervalos de emissão e retorno do eco sonoro. (MENARD, 1986)

Bordas de Placas

Bordas de placas são regiões limite entre placas tectônicas. A interação entre duas placas se configura em diversas categorias tais como:

-Bordas divergentes (construtivas), que se separam. Seu limite desse tipo de interação é uma região de dorsal meso-oceânica, onde se cria e constrói a crosta oceânica.

-Bordas convergentes é o limite de bordas que se desloca uma contra a outra, havendo uma tendência de subducção de uma delas (a mais pesada tende a mergulhar), formando por elevação cadeias de montanhas. É um limite em que há destruição de placas;

-Bordas transformantes é o limite de placas que deslizam horizontalmente uma a outra, ao longo de uma falha transformante. Não ocorre criação nem destruição significativa, mas, devido ao magmatismo, juntamente com a criação de cones vulcânicos, são relacionadas com criação de ilhas. (KEAREY, BROOKS & HILL, 2013; SIGEP; TEIXEIRA, 2001)

C

Campo Magnético (Geomagnético)

Campo magnético que envolve a Terra com linhas de fluxo passando pelos polos magnéticos N e S (SIGEP). Os polos magnéticos não coincidem com os polos geográficos e variam com o tempo, tendo inclusive se invertido várias vezes, o norte magnético com o sul magnético. O campo magnético é gerado pela interação do núcleo interno, sólido, e externo, líquido submetidos às forças da rotação terrestre (efeito de dínamo). (ERNESTO & USSAMI, 2002)

Crosta Oceânica

A crosta oceânica é composta por materiais máficos da família dos basaltos e gabros, formada por silicatos magnesianos (antigamente chamados de SiMa), ricos em minerais ferromagnesianos (teores expressivos de ferro e magnésio). A crosta oceânica é pouco espessa comparada a crosta continental, possuindo de 5 a 15 km de espessura sendo, porém, mais densa que a continental. (KEAREY, BROOKS & HILL, 2013; SIGEP; TEIXEIRA, 2001)

Crosta Continental

A crosta continental tem espessura de 20 a 80km e é menos densa que a crosta oceânica. É composta por uma variação mineral muito maior. (KEAREY, BROOKS & HILL, 2013; SIGEP; TEIXEIRA, 2001)

Ciências da Terra

Conceito de área mais utilizado nos tempos atuais. Interdisciplinar, abarca todas ciências que envolvem o sistema Terra: Geologia, Geografia, Geofísica, Meteorologia, Oceanografia, Geoquímica, Biologia em certos aspectos, etc.

D

Deriva Continental

Teoria antiga que afirma o deslocamento das áreas continentais que se afastam ou se aproximam na dependência dos deslocamentos das placas tectônicas em que se inserem. Foi uma das bases para o que chamamos de Teoria da Tectônica de Placas. Ela implica que a crosta terrestre é formada por placas tectônicas – grandes pedaços – que andam sobre o manto, composto de rocha fundida. As placas se convergem para um lado, sendo que para o posto se divergem, realizando movimento de junção e afastamento. Isso explicaria formações geológicas e fósseis parecidas entre continentes muito afastados tais como as bordas da América do Sul e África, que foram unidas no passado. (KEAREY, BROOKS & HILL, 2013; SIGEP; TEIXEIRA, 2001)

Desmagnetização

Processo utilizado para análise de rochas em paleomagnetismo. Existem diversos métodos tais como a desmagnetização térmica e a de campo alternado, cada uma delas sendo utilizada para situações ou rochas específicas. Após o tratamento, as diferentes componentes magnéticas presentes na amostra são isoladas. Com um grande número de amostrar de uma mesma região é possível deduzir o posicionamento geográfico/geológico de rochas e afins em determinada época do passado que está sendo estudado. (KEAREY, BROOKS & HILL, 2013; SIGEP; TEIXEIRA, 2001)

Dipolo (em relação ao núcleo terrestre)

Dois polos magnéticos associados. “O mesmo tipo de campo magnético é produzido por uma barra de material permanentemente magnético (um ímã de barra), então, por analogia dizemos que a Terra possui um grande ímã de barra em seu interior, o que faz com que na sua superfície apareçam regiões próximas dos polos geográficos

capazes de atrair a ponta imantada da agulha de uma bússola: são os polos magnéticos da Terra.” (ERNESTO & USSAMI, 2002)

Dorsal

Uma elevação alongada, estreita e íngreme da superfície da terra ou do fundo do oceano (TEIXEIRA, 2001).

Dorsal Meso-Oceânica

Elevações topográficas do fundo do mar com uma cadeia de montanhas central, que se estendem no meio dos oceanos (Oceano Atlântico, Oceano Índico,..), ao longo das bordas de duas placas divergentes onde está se formando crosta oceânica. (KEAREY, BROOKS & HILL, 2013; SIGEP; TEIXEIRA, 2001)

.

E

Estratigrafia

Estudo da gênese, da sucessão, no tempo e no espaço, e da representatividade areal e vertical das camadas e sequências de rochas de uma região, buscando-se determinar os eventos, processos e ambientes geológicos associados, o que inclui, entre outros, a determinação de fases de erosão ou de ausências de deposição (superfícies de discordâncias).

Apesar de o nome referir-se especificamente a rochas estratificadas, a estratigrafia tem significado bem mais amplo, pois envolve a determinação da sucessão geral das rochas de uma região, incluindo acontecimentos que modificaram a forma ou estruturas e a natureza dos pacotes de rochas, tais como: tectonismo e metamorfismo das rochas, intrusão de corpos magmáticos, intrusão de domos de sal (halo cínese).

A correlação de rochas de regiões diferentes é realizada utilizando-se colunas estratigráficas de cada região. As correlações estratigráficas podem ser pautadas, essencialmente, em dois conceitos: (a) tempo ou idade das rochas (cronoestratigrafia) e (b) continuidade lateral das mesmas rochas ou conjuntos de rochas (litoestratigrafia). Existem outros tipos de correlações estratigráficas mais específicos: conteúdo fóssilífero (bioestratigrafia), velocidade de ondas sísmicas (sismoestratigrafia), propriedades eletromagnéticas, magnetismo remanescente, características isotópicas, geoquímicas, etc. (KEAREY, BROOKS & HILL, 2013; SIGEP; TEIXEIRA, 2001)

Expansão do Assoalho Oceânico

Teoria que afirma o crescimento da crosta oceânica junto às cadeias meso-oceânica, expandindo área deste oceano e, associadamente, o afastamento das margens continentais. Se relaciona com a teoria da Deriva Continental, explicitando o mecanismo de criação de crosta oceânica. (MENARD, 1986; KEAREY, BROOKS & HILL, 2013; SIGEP; TEIXEIRA, 2001)

F

Falhas (geral)

Superfície de fratura de rochas em que ocorre ou ocorreu deslocamento relativo entre os dois blocos de um lado e de outro desta superfície que tende a ser plana, mas pode ser curvilínea. Falhamento é o processo geológico em que se produz uma falha e é causado por tensões nas rochas e camadas geológicas, de forma desde muito localizada até de extensões continentais. As falhas podem ser ativas, quando tem sofrido um ou mais deslocamentos nos últimos milhares de anos, ou inativas. (KEAREY, BROOKS & HILL, 2013; SIGEP; TEIXEIRA, 2001)

Falhas Transformantes

Falha oceânica perpendicular à dorsal meso-oceânica. As falhas transformantes associam-se em um sistema de falhas perpendiculares a sub-perpendiculares à dorsal meso-oceânica. (SIGEP; TEIXEIRA, 2001). Vide tópico 4.10.

Ferromagnéticos

Ferromagnetismo é o mecanismo básico pelo qual certos materiais (como ferro) formam ímãs permanentes, ou são atraídos por ímãs. Na física, vários tipos diferentes de magnetismo são distinguidos, sendo que o ferromagnetismo é o tipo mais forte e é responsável por fenômenos comuns do magnetismo encontradas na vida cotidiana. (ERNESTO & USSAMI, 2002; SIGEP; TEIXEIRA, 2001)

Fisiografia

Relativo a Geografia Física. Estudo sobre as paisagens e características naturais da superfície da Terra. (SIGEP; MENARD, 1986)

Fixista

Termo utilizado para denominar qualquer defensor ou Teoria que defende a não mobilidade de placas ou da crosta terrestre para explicar a dinâmica da Terra (MENARD, 1986).

G

Galvanômetro

Instrumento que pode medir correntes elétricas de baixa intensidade, ou a diferença de potencial elétrico entre dois pontos.

Geocronologia

[*geo.*=Terra; *chronos*=tempo/idade; *logos*=estudo/conhecimento]

Estudo do tempo geológico, através da datação absoluta e relativa dos diversos eventos geológicos. Os métodos de datação absoluta de rochas e minerais baseados na desintegração radioativa de isótopos e na determinação das composições isotópicas de materiais naturais constituem as principais ferramentas da geocronologia. O lento acúmulo de isótopos radiogênicos, resultantes do processo de desintegração, permite a datação absoluta das rochas e minerais se as quantidades dos isótopos radioativos e radiogênicos forem medidas precisamente. Vários são os métodos de datação, entre eles: método U-Pb; método K-Ar, método Ar-Ar, método Rb-Sr, método Sm-Nd, método Re-Os, método do ¹⁴C, traços de fissão, entre outros. (ERNESTO & USSAMI, 2002; KEAREY, BROOKS & HILL, 2013; SIGEP)

Geofísica

Especialidade das Ciências da Terra que utiliza métodos e variáveis da física, como gravidade, magnetismo, acústica, termodinâmica, etc., para o estudo da estrutura e da dinâmica da Terra e de outros corpos celestes, desenvolvendo modelos matemáticos consistentes com os dados e proposições científicas. Devido ao estudo de tais parâmetros, é possível estimar camadas, profundidades e materiais não visíveis em pequenas e grandes áreas terrestres, sendo uma área científica com grande aplicabilidade econômica com relação a exploração de recursos, tais como minérios e petróleo. (ERNESTO & USSAMI, 2002; KEAREY, BROOKS & HILL, 2013; SIGEP)

Geofone

Aparelho que capta, codifica e transmite ondas sísmicas em uma estação sismológica onde são processados os dados dos vários geofones, o que permite calcular intensidade, hipocentro e epicentro de abalos sísmicos naturais ou induzidos. Em resumo, são aparelhos (sensores) utilizados para captar vibrações de um meio, sejam elas naturais (como terremotos) ou induzidas (como explosões utilizadas para métodos sísmicos). Captam todos tipos de ondas. Os hidrofones são, basicamente, os geofones para ambientes aquáticos. (ERNESTO & USSAMI, 2002; KEAREY, BROOKS & HILL, 2013; SIGEP)

Geossinclinal

Grande bacia geológica alongada que recebe a sedimentação de milhares de metros de espessura provinda das áreas positivas laterais. Segundo a teoria de origem e evolução das desincliniais (Auboin,1965), por reações isostáticas e com tectônica proeminentemente vertical uma geossinclinal evoluiria para geanticlinal com a formação de cadeias de montanhas, como os Alpes, quando os esforços passariam a ser de compressão lateral levando as deformações e metamorfismo sinorogênico seguidos de empurrões com extensas falhas de cavalgamento (*nappes*) em direção às áreas estáveis cratônicas. O termo, apesar de obsoleto face ao modelo geodinâmico atual e provado de Tectônica de Placas, ainda é usado no sentido de identificar áreas negativas de extrema mobilidade da crosta terrestre; além disso, os estudos de "geossincliniais" teve o mérito de sistematizar muitos aspectos importantes da geometria das estruturas orogênicas. (ADAMS, 1954; MENARD, 1986; SIGEP)

Geomagnetismo/ Magnetometria

Subárea da Geofísica que se baseia em estudar o campo magnético terrestre, através de levantamentos marinhos ou aéreos. Algumas das práticas de um especialista da área consistem em interpretar os mapas magnéticos em termos geológicos e analisar as interpretações feitas sob contrato de pesquisa ou empresa e operar e manter os instrumentos e acessórios para a aquisição em campo. Através da interpretação das anomalias magnéticas apresentadas nos mapas captados, é possível identificar áreas de interesse exploratório e a extensão de formações através da comparação de estudos geológicos locais (ERNESTO & USSAMI, 2002; KEAREY, BROOKS & HILL, 2013; SIGEP)

Gravimetria

Subárea da geofísica que estuda anomalias gravimétricas em diferentes localidades e sua correlação com a topografia/ mapa geológico local. Geralmente realizada através de levantamentos aéreos em conjunto com a aquisição de dados geomagnéticos, dada a semelhança de campo, valores teóricos e comparativo em prática. Geralmente realizada para estudos de formações geológicas de grande extensão e interesses exploratórios, tais como identificação de domos de sal. (ERNESTO & USSAMI, 2002; KEAREY, BROOKS & HILL, 2013; SIGEP)

Guyot

Monte submarino imerso com topo aplainado que se eleva da planície abissal, muitas vezes com mais de 1.000m, que ocorre alinhado perpendicularmente às dorsais, isolados ou formando agrupamentos. A origem das montanhas marinhas está relacionada a processos geológicos na interface crosta-manto (bem mais rasa nos oceanos do que nos continentes), decorrentes de aquecimento acima de *hot spot* (pontos quentes). Quando há movimentação da placa oceânica sobre o ponto quente mantélico (*hot spot*), de forma análoga ao que ocorre no sistema de ilhas do Hawaii, pode se formar uma linha de *guyots*. Atividades sísmicas, hidrotermalismo associando-se alterações diversas sobre rochas vulcânicas e toda uma biodiversidade relacionada ao ambiente de várias profundidades, depósitos (Fe, Mn, Co), metais raros e fosforitos, podem se associar nesses montes submarinos. (KEAREY, BROOKS & HILL, 2013; SIGEP, TEIXEIRA, 2001)

H

Hidrografo

O Hidrografo é profissional responsável pela coleta e análise das informações que constam de uma Carta Náutica, como o tipo de sedimento (importante para o fundeio), os pontos conspícuos ou acidentes geográficos (importantes para a orientação), a sinalização náutica, os riscos para encalhe e colisões, além, das mais utilizadas como a profundidade, latitude e longitude. Ele também é responsável pela elaboração e divulgação dos Avisos aos Navegantes, que são análises e previsões meteorológicas que garantem a segurança no mar. (MENARD, 1986; HIDRÓGRAFO, Wikipédia, 2017)

I

Isostasia

Condição de busca do equilíbrio densitométrico de massas litosféricas sobre a astenosfera com empuxos principais verticalizados, à semelhança de corpos flutuantes sobre um líquido. (ADAMS, 1954; MENARD, 1986; SIGEP)

J

Jaramillo, Evento

O evento normal de Jaramillo é um período de polaridade normal do campo magnético da Terra durante a época invertida de Matumaya. O evento normal de Jaramillo é datado de 1.06 a 0.9 milhões de anos atrás no registro estratigráfico de rochas do período Pleistocênico encontradas perto de Jaramillo Creek, na Caldera de Valles, no Novo México. (GLEN, 1982; MENARD, 1986)

L

Linhas Sísmicas de Reflexão

É utilizado para análise tanto de superfícies como para o estudo da crosta terrestre (profundidades de até 100km), dependendo dos seus arranjos. A partir de uma explosão controlada para dado sismo, são captados pelos geofones diversos dados das ondas refletidas das camadas do meio que está sendo estudado. Estes dados são plotados de forma com que o eixo vertical tenha o valor do tempo de chegada da onda e o horizontal as distâncias marcadas entre cada geofone. Pelas fórmulas de reflexão de ondas (dadas por conceitos físicos), em um determinado meio, é possível descobrir a profundidade dos materiais a serem estudados bem como os materiais constituintes por meio de dados como as velocidades das ondas de propagação e os dados obtidos pelos sismograma, além das inversões e processamento desses dados obtidos para obtenção de outras informações do meio que está sendo analisado. (ERNESTO & USSAMI, 2002; KEAREY, BROOKS & HILL, 2013)

Linhas Sísmicas de Refração

A técnica consiste em detectar as ondas sísmicas de refração total, refratadas em profundidade, para determinar as espessuras dos estratos e as velocidades de propagação das ondas. É importante para detectar materiais que constituem o terreno, bem como grau de compacidade, escalabilidade, ripalidade (facilidade construção na área), alteração dos materiais, além da existência de fraturas da área. (ERNESTO & USSAMI, 2002; KEAREY, BROOKS & HILL, 2013; SIGEP)

M

Magnetismo remanente (rocha)

Magnetismo "fóssil" registrado em minerais magnéticos e cujo campo magnético indica a orientação do campo magnético terrestre quando da cristalização ou recristalização destes minerais ígneos ou metamórficos. Também é registrado em sedimentos com partículas de minerais magnéticos, como a magnetita, e que, ao depositarem, dispuseram-se segundo as linhas de fluxo magnético terrestre daquela época de deposição. (ERNESTO & USSAMI, 2002; KEAREY, BROOKS & HILL, 2013; SIGEP)

Magnetita

Mineral óxido de ferro: Fe_3O_4 , materiais permanentemente magnetizados (ERNESTO & USSAMI, 2002; KEAREY, BROOKS & HILL, 2013; SIGEP; TEIXEIRA, 2001)

Medalha Penrose

A Medalha Penrose foi criada em 1927 por Richard Alexander Fullerton Penrose (1863-1931) como prêmio concedido anualmente pela Sociedade Geológica da América para aqueles que produzirem algo relevante para o avanço no estudo das geociências. É um dos prêmios mais importantes dentro da área de geociências (MENARD, 1986; The Geological Society of America, 2019)

Método Potássio/Argônio

Método de datação geocronológica absoluta baseado na desintegração radioativa de ^{40}K originando ^{40}Ar . Rotineiramente usado para a datação de minerais ricos em potássio, especialmente micas (biotita e muscovita). O emprego de métodos e técnicas que envolvem a radioatividade caracteriza a área da Geofísica chamada de Geofísica Nuclear, muito ligada aos estudos de Geocronologia. (ERNESTO & USSAMI, 2002; KEAREY, BROOKS & HILL, 2013; SIGEP)

Mesozoica

Era geológica do eon Fanerozóico e que se estendeu do fim do Paleozóico, há aproximadamente, 245 milhões de anos até o início do Cenozóico, há cerca de 65 milhões de anos. (SIGEP; TEIXEIRA, 2001)

O

Oceanografia

A Oceanografia, também conhecida como Oceanologia ou Ciências do Mar, é uma ciência do ramo das geociências que se dedica ao estudo dos oceanos e zonas costeiras em todos os aspectos, desde sua descrição física até a interpretação dos fenômeno que neles se verificam e de sua interação com os continentes e com a atmosfera, bem como também no que diz respeito aos processos que atuam nestes ambientes. A oceanografia se divide em cinco áreas, sendo elas: oceanografia física, oceanografia química, oceanografia biológica, oceanografia geológica e oceanografia social. Nas subáreas destacam-se a paleoceanografia, a biogeoquímica marinha, a ecotoxicologia marinha, entre outros. (AOCEANO, 2019; MENARD, 1986)

Onda Direta

Primeira onda de referência para a velocidade em um sismograma, não qual está não passa ou é rebatida por algum anteparo. (ERNESTO & USSAMI, 2002; KEAREY, BROOKS & HILL, 2013)

P

Paleomagnetismo

Magnetismo remanescente registrado em rochas e que indicam características do magnetismo terrestre antigo relacionado com a idade em que foi fixado este magnetismo remanescente. A área de estudo desse fenômeno também se chama paleomagnetismo e é utilizada para estudar posições de certas rochas e formações geológicas no passado através do campo magnético remanescente das rochas. (ERNESTO & USSAMI, 2002; KEAREY, BROOKS & HILL, 2013; SIGEP)

Paleozoica

Era geológica do eon Fanerozóico que se estendeu de 570 a 245 milhões de anos atrás, antecedida pelo Neoproterozóico (PréCambriano) e sucedida pelo Mesozóico. (SIGEP; TEIXEIRA, 2001)

Petrologia

É a parte da geologia que tem por objetivo estudar as rochas em geral (ígneas, sedimentares ou metamórficas) com vistas a definir a sua caracterização, constituição, gênese e evolução. (SIGEP; TEIXEIRA, 2001)

Pleistoceno

Época geológica do Período Neogeno e que se estende de 1,8 Ma até 11.500 anos. Holoceno e Pleistoceno compõe o período do Quaternário, tido atualmente como unidade informal de tempo geológico (SIGEP; TEIXEIRA, 2001)

Polaridade do campo magnético

Direção que a ponta norte da agulha magnética indica e que varia com o tempo inclusive tendo os polos N e S magnéticos invertidos de tempos em tempos conforme registros de magnetismo remanescente ou paleomagnetismo nas rochas que compõe a crosta oceânica. (ERNESTO & USSAMI, 2002; KEAREY, BROOKS & HILL, 2013; SIGEP; TEIXEIRA, 2001)

Ponto de Curie

Temperatura acima da qual um mineral magnético perde o seu magnetismo. O estudo do paleomagnetismo terrestre da crosta oceânica baseia-se nesta propriedade dos minerais magnéticos que registram o fluxo magnético terrestre ao cristalizarem, resfriando-se abaixo do ponto Curie. (ERNESTO & USSAMI, 2002; KEAREY, BROOKS & HILL, 2013; SIGEP; TEIXEIRA, 2001)

R

Rifte

Estrutura de bacia tectônica originada por tectônica extensional sobre *hot spot*, margeada por falhas de gravidade, desenvolvendo vale ou depressão extensa (*rift valley*) em continentes ou, em sua possível evolução, em oceanos (*rifte* de cadeia meso-oceânica). Os *rifts*, geralmente, ocorrem em uma junção triplíce em 120 graus, e apresentam-se na forma de calha, margeada por falhas normais, onde acumulam-se sedimentos maiormente detríticos fluviais associados a rochas magmáticas alcalinas (SIGEP; TEIXEIRA, 2001)

S

Sismógrafo

Aparelho que registra ondas sísmicas. São normalmente acoplados com os geofones. A partir do mapeamento dos sismogramas, é possível determinar analisar e determinar diversas informações do sismo por meio de dados como intensidade e a forma das ondas registradas (ERNESTO & USSAMI, 2002; KEAREY, BROOKS & HILL, 2013; SIGEP)

Sismograma

Registro de um tremor de terra, feito por um sismógrafo ou sismômetro. Geralmente gráfico (ERNESTO & USSAMI, 2002; KEAREY, BROOKS & HILL, 2013).

Sismologia

Parte da geologia e da geofísica que se dedica a estudar e prever os terremotos e as ondas sísmicas artificiais e, associadamente, determinar a estrutura da Terra. Essa subárea pode estudar tanto terremotos de larga escala quanto induzidos com a finalidade de se analisar estruturas internas da Terra (ERNESTO & USSAMI, 2002; KEAREY, BROOKS & HILL, 2013)

Sismômetro

Sismógrafo aperfeiçoado que registra os movimentos sísmicos, na sequência cronológica e intensiva, em forma de sismograma. Equipamento mais moderno e utilizado (ERNESTO & USSAMI, 2002; KEAREY, BROOKS & HILL, 2013)

T

Teoria da Contração da Terra

Conhecida por ser defendida principalmente pelo importante cientista Eduard Suess, consistia na ideia de que a Terra, ao se esfriar, se contraía como diversos outros materiais. Assim, formavam-se as paisagens terrestres, como por exemplo, montanhas. Teoria não mais aceita hoje em dia, mas que era amplamente considerada no passado. (MENARD, 1986)

Terra em Expansão/Teoria da Expansão da Terra

Baseada na ideia de expansão do Universo, era uma teoria que basicamente explicava a formação de montanhas e os processos de dinâmica terrestre através da expansão do planeta. Assim, ao se expandir, a Terra formaria as depressões e montanhas através dos sulcos. Existiam diversas explicações para tais mecanismos propostas por diversos cientistas. Foi amplamente defendida por muitos no século XX, mas não é uma teoria aceita pela comunidade científica. (MENARD, 1986)

Teoria da Tectônica de Placas

Tectónica de placas é uma teoria que descreve os movimentos de grande escala que ocorrem na litosfera terrestre, sendo atualmente a teoria que abarca a dinâmica terrestre mais aceita. Assim ela abarca conceitos advindos da teoria da Deriva Continental quanto a movimentação das placas continentais, explicando os mecanismos desses processos através da Teoria da Expansão do Assoalho Oceânico de Harry Hess. Ela explica a formação de crosta oceânica e a destruição das placas nas bordas de interação das mesmas, unificando em uma teoria global de dinâmica terrestre que explica terremotos, formações de montanhas, vulcões e ilhas, ditando um novo rumo (base), para os estudos em Geociências. (ERNESTO & USSAMI, 2002; KEAREY, BROOKS & HILL, 2013; MENARD, 1986; TEIXEI, 2001)