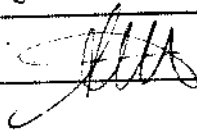


PEDRO WAGNER GONÇALVES

Este exemplar corresponde à redação
final da Dissertação defendida por e
aprovada pela Comissão Julgadora em

_____.
Data: 13/11/89

Assinatura: _____


COMO SE ENTRELAÇAM ESPAÇO E TEMPO NO CONHECIMENTO DA TERRA ?

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE EDUCAÇÃO

1989

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

PEDRO WAGNER GONÇALVES

COMO SE ENTRELAÇAM ESPAÇO E TEMPO NO CONHECIMENTO DA TERRA ?

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE EDUCAÇÃO

1989

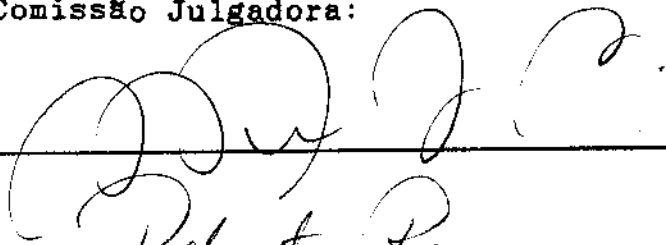
Dissertação apresentada como exigência
parcial para obtenção do Título de MESTRE
EM EDUCAÇÃO na Área de Concentração:

" Metodologia do Ensino "


à Comissão Julgadora da Faculdade de
Educação da Universidade Estadual de Cam-
pinas, sob a orientação da Profa. Dra.

Silvia Maria Manfredi

Comissão Julgadora:



Roberto Pavan



Silvia Alfana Alfaredi

Este trabalho só chegou a este ponto graças a inúmeras colaborações de leitura e discussão do projeto, revisão de originais, sugestões feitas por diversos colegas.

Muitas pessoas, mesmo sem perceber, ajudaram a investigar este tema. Todos aqueles que trabalham no Instituto de Geociências da UNICAMP, de algum modo, trouxeram uma contribuição. Os colegas da Área de Educação Aplicada às Geociências especialmente, pois em diferentes momentos, discutiram o presente trabalho e deram sugestões valiosas à pesquisa e redação final. Do Departamento de Metodologia de Ensino os colegas Décio e Hilário também auxiliaram, com debates, na elaboração do projeto.

Pessoas não ligadas ao trabalho ajudaram a suportar momentos complicados, onde deram muito mais que apoio material: Ana Maria, Frederico, Helena e Antonio Paulo. De um modo diverso, em outro momento, o colega Hilton também contribuiu para este texto chegar ao final.

Os amigos Conrado e Silvia Manfredi acompanharam pacientemente a delimitação do tema, ajudaram a aclarar o problema e sugeriram diretrizes para a Dissertação.

Eliana, Linda e Natalina carinhosamente incentivaram o desenvolvimento desta dissertação.

RESUMO

O presente estudo resgata o desenvolvimento das noções espaço-temporais na história do conhecimento da Terra. A geologia trabalha com uma concepção singular de espaço e tempo correlacionada com seu objeto de estudo: o processo histórico da natureza. Esta concepção de espaço e tempo entrelaça as duas idéias formando o conceito denominado espaço geológico.

A história da geologia indica que o espaço geológico se transformou desde o século XVII acompanhando as mudanças do estudo da Terra e da cosmologia.

Este trabalho é uma história do conceito de espaço geológico segundo uma orientação epistemológica. Procura fazer uma reflexão das implicações deste conceito nas interrelações entre a natureza e homem.

Os principais resultados da pesquisa mostram a necessidade da formalização do conceito de espaço geológico, ligado a uma concepção integrada da geologia, na formação dos geólogos e na socialização do conhecimento geológico.

ABSTRACT

This dissertation intends to show the development of the spatio-temporal concepts in the history of the knowledge the Earth. Geology works with a particular conception of space and time that is correlated to its subject matter: the historical process of nature. In geology the concepts of space and time are connected between them to build the idea of geologic space.

The history of geology indicates that the geologic space has changed since XVII century, according the changes in the internal framework of earth sciences and cosmology.

This work is a history about the concept of geologic space, following an epistemological guideline. It reflects how the transformation in the geologic space implies in changes to the interrelations between man and nature.

The main results of this work show the necessity of formalization of geologic space linked to an integrated geological conception in order to improve the formation of geologists and socialize the geological knowledge.

SUMARIO

CAPITULO I

A. INTRODUÇÃO	1
B. A EMERGENCIA DO PROBLEMA A PARTIR DE FRANCISCO MORATO	9

CAPITULO II

ESPACIALIDADE E TEMPORALIDADE NO CONHECIMENTO DA TERRA	19
2.1 A NATUREZA E IMUTAVEL	19
2.2 FOSSEIS COMO VESTIGIOS - STENO, HOOKE, LEIBNIZ	23
2.3 A REBELIAO DE BURNET	30
2.4 OS NATURALISTAS NO TEMPO DO ILUMINISMO	36
2.5 HUTTON E O NASCIMENTO DA GEOLOGIA	42
2.5.1 FILOSOFIA DA NATUREZA	42
2.5.2 ECONOMIA DA NATUREZA	49
2.5.3 TEMPO E ESPAÇO EM HUTTON	54
2.6 LYELL NA ERA DA GEOLOGIA	59
2.6.1 CONTEXTO DE LYELL	59
2.6.2 ESPAÇO E TEMPO EM LYELL	70
2.6.3 INFLUENCIA DE LYELL NAS GERAÇÕES POSTERIORES	74

CAPITULO III

ESPAÇO GEOLOGICO	78
3.1 A CONCEITUALIZAÇÃO DE UM ESPAÇO-TEMPORAL	78
3.2 COMO VEMOS O CONCEITO DE ESPAÇO GEOLOGICO	88
3.2.1 A HERANÇA DEIXADA	88
3.2.2 OS AUTORES ATUAIS	90
3.2.3 A BASE MATERIAL DO ESPAÇO GEOLOGICO	100
3.2.4 CONCEITO PARA A APROPRIAÇÃO DA NATUREZA	105

CAPITULO IV

RETORNO A FRANCISCO MORATO	111
4.1 O ESPAÇO GEOLOGICO NA PRODUÇÃO DO CONHECIMENTO GEOTECNICO.	111
4.2 FRANCISCO MORATO VISTO PELO ESPAÇO GEOLOGICO	112
4.3 FRANCISCO MORATO ENQUANTO UNIDADE DE ESTUDO	117
CONCLUSÕES	120
BIBLIOGRAFIA	125
ANEXOS	

CAPITULO I

A. INTRODUÇÃO

A produção acadêmica sobre o ensino de geologia é pequena e recente no País. O trabalho de Amaral (1981a) inaugura a discussão sobre esta temática na academia.

Até o início da década de 80, a produção educacional em geologia era dispersa e esporádica. No início desta década, um conjunto de iniciativas políticas ampliou significativamente esta discussão. Nesta discussão, diversos trabalhos procuraram relacionar aspectos epistemológicos da geologia com a temática educacional e mostraram a necessidade de aprofundamento sistemático do tema.¹

O presente trabalho se insere nesse contexto. Procuramos discutir a produção do conhecimento geológico e algumas de suas implicações educacionais e sociais.

Buscamos resgatar o aparecimento das noções espaciais e temporais em geologia, mostrando a importância do tratamento integrado de espaço e tempo, e mostrando também quais são as raízes dessa integração.

¹ Em 1979 e 80 praticamente metade das escolas de geologia do País viveram movimentos reivindicatórios, dos estudantes, pela melhoria da qualidade de ensino. A Sociedade Brasileira de Geologia constituiu sua Comissão Nacional de Ensino, em 1979, para fazer um levantamento geral das condições de ensino de geologia e debateu o problema em reuniões nacionais com professores, estudantes e profissionais não ligados à universidade. Foram realizados o I e o II Simpósio Nacional sobre o Ensino de Geologia no Brasil (1981 e 1982), onde foram apresentadas teses e propostas sobre o tema. Das mais de trinta teses apresentadas, oito trabalhos debateram o assunto. Entre eles, "*Ensaio para uma Proposição Curricular extraído de uma Pedagogia Adequada ao ensino das Geociências*", "*Uma Base para Elaboração do Currículo de Geologia*", "*Uma Estratégia de Implementação para as Mudanças Propostas no Ensino de Geologia*" (respectivamente Martins Jr., 1981; Silva, Vasconcelos e Paschoale, 1981; Amaral, 1981b). A proposta curricular que emergiu destes debates foi construída numa orientação globalizante de geologia, como mostra Amaral (1983), deixando as formas de implementação como uma questão aberta para ser resolvida.

A separação normalmente feita de espaço e tempo (de matriz newton-kantiana) é inadequada para o estudo geológico. Nosso alvo é resgatar como espaço e tempo se combinaram para formar uma concepção espaço-temporal particular, que denominamos de espaço geológico, e diagnosticar raízes históricas para entender como tal concepção se relaciona com a apropriação cognitiva da natureza.

Há algum tempo temos considerado a apropriação territorial urbana uma fonte de problemas teóricos de como a geologia pode contribuir para uma distribuição mais equitativa e menos predatória do território.

A situação de Francisco Morato, município da Região Metropolitana de São Paulo, motivou várias perguntas. Como a geologia participa da apropriação do espaço territorial urbano? Qual seria o papel deste conhecimento nesta apropriação? Por que este conhecimento é impenetrável em diversos setores sociais? Como a geologia se organizou para poder tratar a crise ambiental? Que orientações educacionais são necessárias para formar um geólogo atento a tal crise?

Dentro dessas questões gerais, elegemos o estudo das noções espaço temporais da geologia como o início de um trabalho para compreender a estruturação dos conceitos geológicos.

OBJETIVOS

O objetivo mais geral da pesquisa é estabelecer concepção abrangente de geologia que sintetize e organize os conceitos fundamentais de um fazer crítico desta ciência tendo como meta a democratização do conhecimento geológico. Dentro deste objetivo mais geral se insere a preocupação em compreender as relações da ciência geológica com o processo de apropriação do espaço urbano e territorial.

Sinteticamente os objetivos do trabalho são:

- o principal objetivo é o resgate e a sistematização do conceito de espaço geológico, ou concepção espaço-temporal da geologia;
- indicar os momentos históricos fundamentais de estruturação da concepção de espaço e tempo no estudo da Terra.
- explicitar a base epistemológica da concepção espaço-temporal da geologia.
- mostrar a importância do tratamento integrado de espaço e tempo em geologia.
- mostrar as dificuldades de compreensão do conhecimento geológico, causadas pela concepção abstrata de espaço e tempo deste conhecimento.
- indicar algumas implicações do conceito de espaço geológico para o ensino de geologia.
- a sistematização do conceito de espaço geológico objetiva indicar como este conceito está imbricado com a racionalidade de apropriação urbana e refletir sobre a utilização que tem sido feita do conhecimento geológico no planejamento urbano.

ETAPAS DO TRABALHO

O procedimento adotado para o levantamento pode ser caracterizado nas seguintes etapas:

a) partimos da situação concreta de apropriação do espaço em Francisco Morato. O problema ambiental nos sensibilizou e mostrou a necessidade de buscar elementos teóricos para refletir sobre a questão ambiental, vista sob o ângulo geológico;

b) o resgate teórico das noções de espaço e tempo desenvolvidas na produção do conhecimento da Terra foi buscado em torno dos eixos epistemológico e histórico. Daí o conceito de espaço geológico foi sistematizado e formalizado;

c) após a sistematização do espaço geológico, discutimos algumas implicações da concepção espaço-temporal da geologia em seu ensino.

No começo do trabalho supusemos que as peculiaridades das escalas espaciais e temporais da geologia estivessem ligadas a uma racionalidade predatória da natureza e, mesmo se voltadas para o estudo da crise, acabavam encontrando dificuldades ligadas à forma específica de produção. Além disso, estas escalas de espaço e tempo e seu modo usual de representação (mapas geológicos) eram excessivamente complexos para serem rapidamente dominados. Deste modo, o enfrentamento da crise ambiental, o entendimento dos processos e das tentativas de apropriação da natureza encontravam um obstáculo na concepção espaço-temporal adotada em geologia.

Como a geologia estuda os processos naturais numa perspectiva temporal, utiliza-se de vários métodos históricos de pesquisa que, por sua vez, envolvem diferentes concepções de espaço e tempo. Sendo assim, tanto do ponto de vista histórico quanto epistemológico, diferentes concepções de geologia correspondem a noções distintas de espaço e tempo. Daí procuramos resgatar na história da geologia os momentos em que se operaram rupturas nas idéias de espaço e tempo, o que elas significaram e como foram incorporadas à produção do conhecimento geológico.

O desenvolvimento central do trabalho se deu na explicitação do conceito de espaço geológico. Considerou-se que as transformações sociais, econômicas e culturais, ocorridas a partir da descoberta da América, foram pano de fundo da conceitualização da Terra como objeto privilegiado de estudo. Essas transformações também influenciaram a conceitualização de um tempo e espaço que sejam mais adequados para o conhecimento da Terra.

Neste sentido, o esclarecimento de como o conceito de espaço geológico se estruturou historicamente, seria uma contribuição indireta para pensar os problemas de Francisco Morato e a participação da geologia na apropriação do espaço urbano, visando um ensino da geologia com uma perspectiva menos predatória.

Como afirma Gagliardi (1988) a história das ciências e sua epistemologia contribuem para a definição dos conteúdos de seu ensino e da produção, apropriação e controle do conhecimento a nível social.²

Com este intuito procuramos mostrar os momentos de ruptura ocorridos na história do conhecimento da Terra e sua incorporação na construção do objeto de estudo da geologia. Pois a geologia, como qualquer outra ciência, realiza uma apropriação cognitiva do mundo elaborando instrumentos simbólicos para entender as relações existentes no real.

Sour (1978) caracteriza a ciência como uma atividade social inserida no modo de produção, pois reúne um processo de produção (operação com forças produtivas) e um de apropriação (operação com relações de propriedade).³

Sour (1978) garante a existência da ciência a partir de pressupostos epistemológicos:

"(...) 1) o mundo existe independentemente de seu conhecimento, quer dizer, conheça-se ou não o mundo, isto não o impede de existir; 2) o mundo natural e social sofre determinações reais: a inter-relação de seus fenômenos e a lógica de sua estruturação interna produzem efeitos substanciais; 3) as determinações reais podem ser conhecidas, previstas, e numa certa medida, controladas, ou seja, podem ser apropriadas cognitivamente para uma possível intervenção; 4) o conhecimento resulta de uma produção pois, de um lado, não há apropriação sem modificação do objeto apropriado que existe de forma independente - e, de outro lado, não se trata de extrair o conhecimento como se este estivesse escondido no real, uma vez que se assim fosse não se teria mais uma

² Gagliardi, R. (1988). *Cómo Utilizar La Historia de Las Ciencias en La Enseñanza de Las Ciencias*. Enseñanza de Las Ciencias. 6(3):292.

³ Sour R.H.(1978). *Modos de Produção: Elementos da Problemática*. Ed. Graal Ltda. Rio de Janeiro, p.33.

transformação, mas uma recuperação do que já estaria previamente constituído."⁴

Partimos desta idéia de ciência e procuramos resgatar a história dos conceitos de espaço e tempo adotadas no estudo da Terra. A ciência geológica não teve conceitos estruturados como os da física e química, que permitem uma análise segundo a noção de "paradigma" de Kuhn (1978) ou a noção de "corte epistemológico" bachelardiano pois as duas noções estão ligadas à superação e abandono dos conceitos anteriores. Por esta razão, não empregamos tais conceituações no presente trabalho.⁵

A história da geologia indica a persistência de debates por longos períodos de tempo, sem que sejam superados totalmente os conceitos previamente adotados e mostra uma ligação íntima com mudanças sociais e culturais da sociedade, pois seus problemas (origem da Terra, do homem etc.) se misturam com questões teológicas, como procuraremos demonstrar. Some-se a isto as dificuldades de comprovação das teorias geológicas. (Devido às escalas de espaço e tempo com que trabalham, elas jamais são comprovadas.)

Bubnoff (1963) compartilha com a idéia de que a ciência geológica não é objetiva:

"Um conceito formulado pela observação nunca é igual à realidade, é uma maior ou menor abstração em relação à realidade, menor em relação aos detalhes, maior na avaliação do que é importante e do que não é. Em cada ciência entretanto, operamos com conceitos, não com a realidade em si, e isto corresponde a uma importante fonte de erros; a avaliação é frequentemente subjetiva e sempre influenciada pelo estado atual do conhecimento. A história das teorias orogenéticas mostra muito bem isto."⁶

Portanto, em certos limites, há uma atribuição ou projeção de significado ao mundo, executada pelo pensamento ao interpretar as relações reais de acordo com valores éticos, estéticos etc. O co-

⁴ Sour (1978). *Ib.* p.32.

⁵ Kuhn, T. (1978). *Estrutura das Revoluções Científicas*. Ed. Perspectiva. São Paulo, 262pp. Pécheux, M. & Fichant, M. (1971). *Sobre a História da Ciências*. Editorial Estampa. Lisboa, 185pp.

⁶ Bubnoff, S. von (1963). *Fundamentals of GEOLOGY*. Oliver & Boyd. Edinburgh and London, p.5.

nhhecimento produzido, organizado e sistematizado possui validade limitada, dada pela manutenção dos valores citados, pelas condições de exploração econômica da natureza e pelo tipo de apropriação ocorrido (tanto cognitiva, quanto econômica).

Queremos ressaltar com isto que, apesar de nosso tratamento epistemológico ser conceitual, não defendemos a idéia de progresso linear do conhecimento e, porisso, reforçamos os momentos de ruptura.

Apesar de que, no conhecimento da Terra, ter havido persistência de pré-conceitos e formulações mitológicas durante séculos (como, p.ex., imutabilidade da natureza, animismo dos minerais, catástrofes e milagres) coexistindo com idéias de temporalidade, atualmente aceitas, pode emergir do trabalho uma imagem relativamente linear na medida em que saltamos de um momento para outro, com base nas fontes secundárias, para mostrar o encadeamento lógico, visto a partir do presente.

A fonte fundamental de informações foram textos sobre história da geologia, textos sobre teoria da geologia e, secundariamente, textos originais das épocas estudadas. Os principais livros de história utilizados foram *The Making of Geology*, da década de setenta e *The Dark Abyss of Time* da década de oitenta; em termos de teoria da geologia os principais artigos foram *On certain concepts in the categorial basis of geology* e *Geology as an Historical Science of Nature*, ambos da década de sessenta. Numa visão panorâmica da história da geologia, nosso corte se prendeu às mudanças nas idéias de espaço e tempo por ser alvo desta pesquisa.

Detalhamos um momento fundamental de inflexão do conhecimento geológico - final do século XVIII início do XIX - quando a geologia ganhou muitas de suas características modernas, e selecionamos os

debates de James Hutton e de Charles Lyell onde o problema do espaço e tempo foi aprofundado em discussões mais filosóficas.

Tivemos acesso direto ao principal trabalho de Charles Lyell, (*Principles of Geology*, cuja primeira edição é de 1830) mas não ao de James Hutton. Por isso, no caso do segundo, recorremos a John Playfair, seu principal divulgador com a obra *Illustrations of The Huttonian Theory of The Earth* de 1802.

Quanto a Francisco Morato, recorreram-se às informações sistematizadas sobre geologia, geotecnia, geomorfologia, dados econômicos e demográficos de relatórios técnicos elaborados por diferentes órgãos governamentais e visitas à área.

Entre os historiadores e epistemólogos das ciências há grandes divergências sobre como escolher os *fatos* que constituem a base de elaboração do conhecimento.⁷ Nossa abordagem foi retrospectiva: tomamos elementos que são importantes hoje na ciência geológica e recuperamos os momentos básicos de mudança destes conceitos. Assim, a interpretação do registro geológico ocupou um papel fundamental, desde o estudo dos fósseis, a definição dos princípios

⁷ Importantes sínteses estão presentes em diferentes trabalhos: Canguilhem, G. (1977). *Ideologia e Racionalidade das Ciências da Vida*. Edições 70. Lisboa, 128pp. Baldine, M. (1986). *Problemi e Prospettive di Storia della Scienza*. Città Nuova Ed. Roma, 171pp. Este Autor afirma que em epistemologia e história da ciência não existe um método, mas provavelmente muitos métodos estabelecidos a *posteriori* para justificar a metodologia empregada (p.55).

estratigráficos, as formas de representação geológicas e as próprias definições dadas para o espaço e tempo geológicos.⁸

B. A EMERGENCIA DO PROBLEMA A PARTIR DE FRANCISCO MORATO

O interesse na situação de Francisco Morato quanto à apropriação urbana nasceu de visitas e estudos realizados na Região Metropolitana de São Paulo, que objetivaram selecionar áreas para atividades de ensino de geologia em 1986.

A ocupação de Francisco Morato, um pequeno município ao norte da Região Metropolitana, foi determinada pela via férrea que corta a cidade.

As atividades econômicas são inexpressivas frente ao contingente de força de trabalho disponível, concentradas em mineração, metalurgia, química, produtos alimentícios, material elétrico e gráfico, além das atividades comerciais. Somadas, estas atividades ofereciam cerca de 500 empregos para uma população de cerca de 30 000 em 1980.⁹

No censo de 1970 eram cerca de 11 200 habitantes. As projeções feitas na época sobre o crescimento demográfico, com base nos censos de 1950 e 60, indicavam que a taxa de crescimento populacional devia

⁸ O que é história das ciências? Ou história de uma ciência particular? Quais são suas relações temáticas com epistemologia, sociologia e psicologia? Lepenies (1977) admite relações construtivas entre estes campos. Porém, a delimitação da história da ciência e epistemologia é uma questão controversa como podemos inferir da afirmação de Rossi (1986): "A expressão história da ciência designa uma quantidade heterogênea de pesquisas e estudos que vão da descrição de uma máquina à análise conceitual de uma teoria física, da narração de uma biografia de um cientista e da academia, da incidência da ideologia sobre o desenvolvimento do saber às características estatísticas da procedência social e religiosa dos membros da *Royal Society*." E conclui: "O escopo desta área hoje são incertos e nebulosos, tratam da história da técnica, da história econômica e religiosa, história da filosofia e filosofia da ciência, sociologia e psicologia." In: Baldine (1986), p.139.

⁹ Informações colhidas junto a relatórios das pesquisas da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-FIBGE. (1984). Censo Demográfico.p.20-21. Censo Industrial.p.58-59. Censo Comercial.380-381. Censo dos Serviços. p.218-219. Rio de Janeiro.

ser de 3% ao ano, o que daria população em 1980 de cerca de 14 700 habitantes. Porém, esta taxa foi de cerca de 15%, em média, ao ano, na década de 1970.

A região norte da Região Metropolitana de São Paulo é dos vetores principais de aumento da população da metrópole. Nos últimos 20 anos a região cresceu tanto na taxa de aumento populacional, quanto no número de loteamentos novos. Esse crescimento é contrário às orientações dos órgãos planejadores do setor público. O planejamento estadual procura induzir a ocupação das regiões leste e oeste, pois as características do meio físico sugerem a expansão nestas direções. As obras realizadas procuram indicar a ocupação de tais regiões (instalação de sistemas viários, metrô e ônibus, principalmente).¹⁰

Francisco Morato é uma *cidade-dormitório* da Região Metropolitana de São Paulo. Nela os problemas sócio-ambientais são agravados pelas dificuldades de apropriação urbana do meio físico.

O abastecimento público de água inexistente. Ele é atendido por poços rasos domiciliares. As previsões otimistas para o abastecimento público de água prevêm abastecer 60% da população no ano 2000.¹¹

Em termos hidrogeológicos, Francisco Morato está sobre o Aquífero Cristalino da Região Metropolitana de São Paulo. Neste aquífero, o solo e a rocha alterada representam as áreas mais propícias para a exploração das águas subterrâneas. Os poços que abastecem a cidade exploram essas regiões.

¹⁰ Filiardi, A.S. E Outros. (1983). **Cadastramento e Análise dos Problemas Geotécnicos Oriundos da Expansão Urbana: Exemplo da Grande São Paulo (Proposições de Base Geotécnica para o Planejamento Urbano)**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas-IPT. São Paulo, p.41-44.

¹¹ Lopes, M.F.C. E Outros. (1975). **Estudo de Aguas Subterrâneas (Região Administrativa 1: Grande São Paulo)**. Departamento de Aguas e Energia Elétrica-DAEE. São Paulo, vol.2:54-57.

Os aquíferos cristalinos, em geral, dão poços de baixa vazão de água, particularmente em regiões graníticas ou miloníticas. Lopes (1975) prevê produções de cerca de 2 l/s em poços de 55 metros de profundidade, nas regiões próximas aos vales dos rios, as mais promissoras da cidade. Na época não havia qualquer poço profundo cadastrado no município.¹²

Esta produção é bastante pequena quando comparada com outras regiões do aquífero cristalino paulista. Contudo, deve-se notar que poderia ter papel importante no abastecimento de estabelecimentos industriais e bairros isolados. Por outro lado, a situação de caos no saneamento básico podem contaminar o aquífero e tornar o seu aproveitamento caro. P. ex., o lançamento indiscriminado de lixo e a existência de diversas fossas negras.

O aspecto fundamental da geologia de Francisco Morato é sua complexidade. As rochas do substrato de Morato sofreram um conjunto complexo de transformações que fazem com que respondam inesperadamente às interações com os outros aspectos da natureza, principalmente a apropriação social.

Geologicamente, o substrato de Morato é composto por rochas cristalinas: metassedimentos, gnaisses e granitóides. Os metassedimentos por vezes formam sequências finamente laminadas de metaarenitos e filitos com estruturas normalmente subverticais. Os metassedimentos são separados dos granitóides (granitos, pegmatitos, gnaisses-migmatíticos e granodioritos) por um conjunto de falhas transcorrentes e largas faixas cataclásticas que formam diversos tipos de milonitos.

Os processos morfogenéticos esculpiram um relevo de morros e pequenas serras, com vales muito encaixados. Nas serras as amplitudes locais giram em torno de 100m ou mais, altas declividades:

¹² Lopes e Outros (1975), *Ib.* p.57.

mais de metade do território possui declividade igual ou superior a 30%. O modelado sobre os sedimentos rítmicos produz as serras e sobre os granitóides os morros.

Dentro das grandes unidades do relevo paulista a área encontra-se no Planalto Atlântico (Almeida, 1964).¹³ Ponçano (1981) incluiu o relevo da região na Serrania São Roque.¹⁴ No presente, corresponde a uma área de degradação topográfica. A superfície de aplainamento atual deve ser o resultado das flutuações climáticas e dos movimentos tectônicos que atingiram a área desde o final do mesozóico.

Dois conjuntos de relevos dominam a área visitada: pequenas serras alongadas com vales íngremes e cumes angulosos e morros pouco arredondados associados a serras restritas. As altitudes máximas ultrapassam os 950m e as mínimas encontram-se nos vales dos rios com cerca de 750m. As amplitudes locais (altura entre topo do morro e fundo de vale adjacente) podem chegar a mais de 150m e na maior parte da área ultrapassam os 100m.

Na classificação de *sistemas de relevo* do Estado de São Paulo, Francisco Morato encontra-se no *relevo de morros* caracterizados por declividades acima de 15% e amplitudes locais entre 100 e 300 m.¹⁵ Apesar da alta densidade da drenagem, as planícies aluviais são restritas, pois os rios são muito encaixados: estas planícies circunscrevem-se praticamente ao vale do Ribeirão Tapera Grande, que corta o centro da cidade.

A pluviosidade da região foi estimada, pois em Francisco Morato não existe posto pluviométrico. A extrapolação pode embutir um

¹³ Almeida, F.F.M. de (1964). *Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista*. Bol. Inst. Geogr. Geol. São Paulo, (41):169-263.

¹⁴ Ponçano, W.L. (1981). *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas-IPT. São Paulo, (1):26-27.

¹⁵ Ponçano (1981), *Ib.* vol.2.

erro significativo, pois não há modelo teórico para a distribuição espacial e temporal das chuvas no Vale do Alto Tietê.

A região é serrana, o que deve servir como barreira orográfica local: a pluviosidade deve ser maior que as médias entre Morato e a Serra do Mar. Porém estas chuvas são concentradas entre outubro e março, quando precipita cerca de 75% da pluviosidade anual.

A concentração da chuva em uma estação, e mais particularmente em alguns dias, é um fator predisponente ao desenvolvimento de enchentes nos vales encaixados, ravinamentos intensos e, nos locais com maior declividade, pode contribuir para escorregamentos.

As cartas geotécnicas já elaboradas para a região estudada dão indicações sobre o uso e ocupação do solo. Na carta geotécnica da Região Metropolitana, encontramos três unidades homogêneas de análise no município, definidas segundo critérios geomorfológicos, geológicos e de ocupação territorial.¹⁸

A primeira unidade cobre quase metade da área do município e caracteriza-se pelos morros com amplitudes locais de 80 a 100m, perfis topográficos com declividades de 20 a 35%, substratos sobre xistos, filitos e nigmatitos. Merece especial cuidado nas cabeceiras de drenagem e em áreas atualmente já degradadas.

A segunda unidade corresponde à cerca de metade da área do município, e é caracterizada por morros com amplitudes de 130 a 180 m, com topos estreitos e alongados, encostas retilíneas com declividades de 20 a 35%, substrato de xistos, filitos e nigmatitos. Merece cuidados especiais devido a solo de alteração muito erodível e declividade acentuada. Esta área encontra-se bastante loteada.

A terceira unidade perfaz cerca de 2% do território, e é caracterizada pelos morros com amplitudes de cerca de 180 m com

¹⁸ Instituto de Pesquisas Tecnológicas-IPT. (1983). Carta Geotécnica de Francisco Morato. 1:50000. IPT. São Paulo, p.6-7.

declividades de 50 a 80%, sobre xistos, sua ocupação exige obras de vulto.

Os contatos entre as rochas magnéticas e metamórficas são especialmente sujeitos a processos de ravinamento, mesmo em interflúvios relativamente planos.

O desenvolvimento morfogenético atual tende a se dar por intensa erosão, ravinamento e, secundariamente, por escorregamento da massa de solo e rocha alterada.

A alta declividade levou à necessidade de aterros na partição das glebas para loteamento. Estes aterros foram lançados indiscriminadamente, criando declividades ainda maiores, que ficam sujeitas a escorregamentos durante a estação chuvosa.

A ocupação de Francisco Morato é feita por diversos núcleos urbanos, isolados como subdistritos da cidade. Sua população é estimável, hoje, em 50 000 habitantes.

Na cidade, salta aos olhos a desordenação e o abandono. Não possui praças, o asfalto, quando existe, é totalmente esburacado; a poeira é uma constante no centro urbano; o único viaduto existente sofre recalque; no centro da cidade, ao lado da estação ferroviária, desenvolve-se uma boçoroca. Enfim, é um ambiente de caos, que lembra uma cidade pré-industrial de um mundo escravocrata.

A ocupação é indistintamente realizada sobre espigões, encostas e vales; com excessão dos espigões, os outros locais apresentam evidentes sinais de instabilidade.

As regiões de baixada estão sujeitas a inundação, o que põe em risco a vida de seus moradores e implica em perdas sazonais de bens materiais. Além disso estão sujeitas à erosão principalmente nos contatos entre os metassedimentos e os granitóides. Estas áreas também sofrem influência de escorregamentos de meia encosta que podem provocar soterramento de residências.

Nas regiões de meia encosta os processos de ravinamento são agravados pelo lançamento inadequado de aterros. Onde a declividade é acentuada, podem-se prever escorregamentos, correlatos com as direções dos cortes realizados, algumas vezes paralelos às estruturas nos filitos e milonitos.

A maioria das casas é de alvenaria e em geral semi-acabadas. As casas são instaladas através de cortes sub-verticais no terreno, feitos para ganhar espaço nos pequenos lotes. Isto agrava a instabilidade dos taludes particularmente nas casas a meia encosta. Além disso, levando-se em conta a falta de saneamento básico e a ocupação das zonas de baixada sujeitas às inundações, pode-se afirmar que a maioria das casas são habitações subnormais.

Esta situação explosiva é o produto da utilização de uma tecnologia de apropriação do espaço absolutamente inadequada para as características do meio físico. Num primeiro momento, a partição das glebas utilizou práticas de outras regiões, que procuram tornar o terreno mais plano através de cortes de morros e aterros. Num segundo momento os moradores procuraram aproveitar ao máximo a área do lote cortando o morro para a instalação da construção. Nos dois casos a tecnologia usada visou ampliar ao máximo a área ocupável.

A distribuição geral das obras civis em Francisco Morato é um indicativo das forças sociais que controlaram a racionalidade de apropriação do espaço. A ocupação inadequada do solo urbano indica que a vertente determinante da apropriação do espaço é a especulação imobiliária.

Criada a demanda de transportes e circulação decorrente da ocupação das glebas, o poder público procurou atender estas necessidades, mas não dispunha de recursos para tal, em virtude disso, é uma cidade sem infraestrutura.

Com o fracasso da tentativa de apropriação urbana pelos enormes obstáculos morfogenéticos, o caos foi instaurado e poucas são as possibilidades de sua superação. O conhecimento geológico e geotécnico hoje existente sobre o município poderia ter contribuído para reorientar a partição das glebas e a construção das casas, indicando um aproveitamento menos predatório que evitasse a crise sócio-ambiental da região. Porém, isto implicaria num menor número de lotes, em áreas onde se evitassem a erosão e instabilidade de taludes. Consequentemente, o lucro imediato dos loteadores seria menor, mas as dificuldades para construir também seriam menores.

Entretanto, as informações de como buscar outra orientação do uso do espaço urbano, outra racionalidade, são exclusivas de técnicos especializados. Neste quadro, o conhecimento geológico não é usado para orientar a apropriação do espaço.

A impermeabilidade entre o conhecimento científico e sua aplicação aos interesses do proletariado de baixa renda de Francisco Morato, chama nossa atenção, principalmente quando pensamos na formação dos geólogos e, secundariamente, na socialização do conhecimento sobre a natureza.

A pergunta que começou a surgir é como o conhecimento geológico poderia agir frente às diversas crises da apropriação caótica do espaço que ocorre na Região Metropolitana de São Paulo. O que os alunos de geologia aprendem e o que deixam de aprender para enfrentar estes problemas?

Dai vem a idéia de que na própria produção da geologia há algo que não tem sido compreendido e que pode redirecionar os interesses dos geólogos: o estudo de processos naturais para prever eventos ambientais, utilizando os elementos metodológicos da exploração de recursos minerais e energéticos.

Nos limites deste trabalho, procuramos resgatar um dos aspectos internos ao conhecimento geológico que participa de sua estruturação metodológica: o problema da concepção espaço-temporal adotada em geologia. Em seguida, procuramos indicar suas implicações para o ensino e para o planejamento urbano.

APRESENTAÇÃO DOS CAPÍTULOS SEGUINTE

O capítulo dois faz o resgate das diversas considerações encontradas sobre o problema da espacialidade e temporalidade na geologia. Seguindo uma trajetória histórica, organiza-se a sistematização do conceito de espaço geológico, ou concepção espaço-temporal adotada no conhecimento geológico.

O capítulo três procura sistematizar o desenvolvimento histórico das noções espaço-temporais encontradas no estudo da Terra e contrapô-las ao conceito aqui construído de espaço geológico.

O capítulo quatro procura discutir os aspectos descritos em Francisco Morato sob o enfoque das conclusões obtidas sobre a concepção de espaço e tempo geológicos e extrair algumas implicações do conceito construído de espaço geológico.

Ao final resumimos as principais conclusões do trabalho.

CAPITULO II

ESPACIALIDADE E TEMPORALIDADE NO CONHECIMENTO DA TERRA

2.1 A NATUREZA E IMUTAVEL

Quando se estudam a espacialidade e a temporalidade no desenvolvimento histórico do conhecimento da Terra, encontram-se visões divergentes que gradualmente forjam a especificidade do conhecimento geológico entre meados do século XVII e final do século XVIII. Procuramos pontilhar algumas passagens desse longo período, que destacam a especificidade do tema espacial e temporal ligado ao conhecimento da Terra.

Apesar de nossa abordagem ser puntiforme em alguns momentos - o que pode dar imagem de acumulação linear do conhecimento - chamamos atenção para as perspectivas filosóficas que atravessaram e muitas vezes permaneceram ao longo do período considerado acima. Nos limites deste trabalho, atemo-nos a momentos significativos na história da ciência que implicaram em ruptura das noções de espaço e tempo.

Em 1662, Edward Stillingfleet sistematizou as hipóteses da origem do universo de sua época, que são, resumidas: o mundo existiu desde a eternidade (visão aristotélica); o mundo foi criado por Deus, mas a matéria é eterna (visão estóica); a origem do mundo está ligada a uma dada combinação de átomos (atomismo de Epicuro); e a origem do universo se dá exclusivamente por leis mecânicas (cartesianismo). Stillingfleet se coloca quanto às hipóteses: 1) é impossível reduzir a variedade dos fenômenos naturais às dimensões, tamanho e movimentos de partículas; 2) a ordem do mundo não pode ser concebida como resultado da mudança; 3) a origem do homem não pode ser resolvida pela geração espontânea do planeta. As afirmações

implicam na total imobilidade da Terra (e da natureza) durante o tempo de sua existência.¹

A posição defendida por Stillingfleet se liga com a idéia antropocêntrica de perfeição, quando afirma que o homem não pode ser produto da geração espontânea, nem da mudança; logo, só pode ser o produto da Criação. E implicitamente aceita a visão de perfeição e complexidade da natureza, quando se rejeita o atomismo e o transformismo natural. Esta posição expressa tendência de vários pensadores.

Porter (1979) afirma que as teorias da Terra foram os legados da Escritura e de cosmogonias metafísicas que tradicionalmente expressaram verdades cristãs e destino da criação. A cosmologia Cristã e Clássica concebeu a natureza como uma construção divina e imutável para servir de *habitat* ao homem. Neste quadro, as teorias da Terra providenciaram evidências naturais do Paraíso. I.é., as teorias da Terra providenciaram respaldo científico para a eternidade. Assim diversas teorias naturalísticas sucederam as Escrituras.²

A imutabilidade da natureza vem da idéia de perfeição da esfera celeste; diferente da esfera terrestre, que é marcada pela corrupção. Esta visão pode ser associada às posições escolásticas da natureza perfeita e eterna. Num tal tipo de proposição, não há acumulação do tempo, e o espaço é limitado por acontecimentos previamente aceitos dentro da doutrina filosófica. O espaço, por sua

¹ Stillingfleet, E. (1662). *Origines sacrae or A Rational Account of the Grounds of Christian Faith, as to Truth and Divine Authority of the Scriptures, and the Matters therein contained.* In: Rossi, P. (1984). *The Dark Abyss of Time (The History of the Earth and the History of Nations from Hooke to Vico).* The University of Chicago Press; 338pp. Chicago, London. p.25-27.

² Porter, R. (1979). *Creation and Credence: The Career of Theories of The Earth in Britain, 1660-1820.* p.98-100. In: Barnes, B.; Shapin, S. (Ed.) (1979). *NATURAL ORDER (Historical Studies on Scientific Culture).* Sage Focus Edition. London, 255pp.

vez, é dominado pela dimensão vertical que indica o movimento transcendente da esfera ou estrato terrestre para a esfera celeste.

O ideário de imutabilidade da natureza pode ser encontrado tanto nas explicações sobre a Terra, quanto nas dos objetos naturais. Durante o século XVII, as explicações para origem dos fósseis refletiram concepções existentes de imutabilidade vs. mutabilidade da natureza. Anton-Lazaro Moro sumarizou o conjunto de explicações dadas para "os corpos marinhos presentes nas montanhas" em 1740. Entre cerca de uma dúzia de explicações, dadas ao longo dos séculos, esse Autor estabeleceu duas classes: aquelas que afirmam que tais corpos haviam se formado no mar e aquelas que davam explicações diversas para sua origem.³

Rossi (1984) reordena as idéias sobre a natureza em classes diferentes das de Moro. Situa as principais tendências em dois blocos gerais:

"(...) uma imagem de natureza imutável, como uma série de formas imutáveis e como uma ordem permanente de estruturas e, de outro lado, uma imagem de natureza como processo que tem lugar no tempo, como um conjunto de estruturas que só aparentemente foram constantes. No primeiro caso os fósseis são vistos como pedras e objetos naturais estranhos em relação a outros objetos naturais. No segundo caso podem ser vistos como documentos ou vestígios do passado, como traços dos processos que ocorreram. No primeiro caso são observados, no segundo são observados e lidos (...)"⁴

Essa ordenação mostra o dilema vivido na época pela intelectualidade preocupada com o estudo da Terra. Este dilema era muito ligado à coerência entre as informações obtidas na natureza e a posição cosmológica defendida por cada autor, do que ao nosso entendimento moderno de construção do conhecimento científico. Porter (1977) ilustra esta questão com exemplo de fósseis e minerais:

"Antes da primeira metade do século XVII, a Terra como planeta era antes de mais nada discutida pela cosmologia e cosmogonia da filosofia natural, pela cronologia bíblica e teologia natural. (...) Cosmogonia e Escritura [Sagrada]

³ Moro, A. (1740). *De' crostacei e degli altri corpi marini che si trovano su' monti*, libri due. In: Rossi (1984). *op.cit.* p.5-6.

⁴ Rossi (1984). *Ib.*, p.4.

formaram a matriz das antigas teorias da Terra que provaram ser frutíferas geologicamente (...)"⁵

"(...) Trabalhos de naturalistas geralmente transmitiram e popularizaram o conhecimento clássico e renascentista quando trataram da Terra em seus livros de história natural (...) Em conteúdo e forma, suas crenças sobre a Terra, tipificaram axiomas renascentistas - aristotélicos, neo-platônicos, herméticos ou ecléticos - sobre a ordem natural (...) Vendo o mundo deste modo, a natureza do objeto mineral ou fóssil, absoluto em si, com propósitos e forças ditados pela Criação e seu significado simbólico mais importante que as relações físicas e históricas com os objetos adjacentes. Esta perspectiva ontológica produziu idéias frutíferas (como o crescimento dos cristais) e idéias retrógradas (como a visão dos fósseis enquanto lápides *sui generis*). (...)"⁶

A posição de imutabilidade da Terra conflitava com a perspectiva de mudança e de acumulação do tempo da natureza. A idéia de acumulação de tempo cresceu associada com a perspectiva de "ruína", "decadência" e degeneração do mundo (que caminhava para o Apocalipse) em choque com a idéia de imutabilidade da natureza.

Rossi (1984) comenta a transformação cosmológica que se operava na Idade Moderna; aponta a descoberta da América como o elemento histórico fundamental que desnorteou a ortodoxia do "Velho Testamento", questionando assim a autoridade bíblica, na medida em que este não conseguia explicar a variedade animal, vegetal e humana do novo mundo. Deste modo, a imutabilidade absoluta da natureza foi abalada pela descoberta de sua variedade e complexidade.⁷

Durante o século XVII, naturalistas, ligados à tradição cristã, procuraram explicar a variedade natural, argumentando ser evidência da degeneração do mundo em relação à perfeição e ordem originais. Isto implica em acumulação de tempo no mundo natural, que começa a pôr em cheque o tempo do relato mosaico.

A temporalidade no conhecimento da Terra pode, portanto, ser correlacionada com transformações mais gerais que estavam ocorrendo

⁵ Porter, R. (1977). *The Making of Geology*. Cambridge University Press. Bristol, p.11.

⁶ Porter (1977). *Ib.*, p.13.

⁷ Rossi (1984), *op.cit.*, p.30.

na sociedade: descoberta da América, desenvolvimento do capitalismo mercantilista etc.

2.2. FOSSEIS COMO VESTIGIOS - STENO, HOOKE, LEIBNIZ

Um conjunto de princípios permitem transformar relações espaciais observadas na natureza em relações temporais. Tais relações foram sendo caracterizadas a partir do século XVII e há indícios da conexão entre as mesmas com os processos de descrição, registro e classificação taxionômicas. Além disso, parecem muito ligadas na segunda metade do século XVII a um núcleo de três estudiosos: Nicolau Steno, Robert Hooke e Gottfried W. Leibniz.

Steno expressa uma concepção geral de temporalidade:

"A idéia central de Steno procura demonstrar que as rochas estratificadas são formadas por estratos acumulados *camada por camada* e não de uma só vez. Uma camada de sedimentos forma-se sobre o fundo do mar ou lago e no fim deste evento só existe água sobre a camada. Novas quantidades de sedimentos são introduzidas na água para formar a segunda camada sobre o topo da primeira e assim sucessivamente até a sequência de estratos ficar completa. A generalização de Steno é a seguinte 'no tempo quando algum estrato se formou usou toda a matéria disponível no fluido e no momento em que o estrato se formava não havia outro estrato sobre ele'.

Esta é a formulação inicial do *princípio da superposição de estratos (...)*"⁸

Nessa afirmação está contida uma ordenação de sequência e sucessão. Um conjunto de estratos, dispostos uns sobre os outros, pode ser interpretado como diferentes e sucessivos momentos de uma história. A visão de Steno inclui transformismo: a Terra não é imutável e os estratos são indicações da sequência de acontecimentos. Tal idéia começa a apontar para uma sistematização que relaciona "objetos naturais" - observados na natureza - em sequência ordenada de eventos visíveis nas relações espaciais de distribuição de es-

⁸ Citação extraída de J.G.Winter, 1916, "The Prodomus of Nicolaus Steno's dissertation concerning a solid body enclosed by process of nature within a solid". In: Albritton Jr., J.C. (1980). *The abyss of Time*. Freeman, Cooper and Company. San Francisco, p.33-34.

tratos. Por sua vez, é uma conclusão a partir de outros princípios básicos do próprio Steno.

Albritton Jr. (1980) diz que Steno possuía três guias básicos para pesquisar sólidos naturais. Tais guias e a clareza de distinguir questões, que podiam ser respondidas das que não podiam, criaram todo arcabouço de conhecimento de Steno. Os guias são expostos como questões: 1) dado um sólido contido em outro, qual se formou primeiro? 2) como pode-se saber a origem de um corpo sólido determinado? 3) dada uma classe de objetos, como se formaram os sólidos naturais?⁸

Há relações entre guias de Steno e idéias de espaço e tempo. Na resposta do primeiro guia está a concepção de temporalidade relativa de dois eventos que, combinada com a lei da gravidade, cria o princípio da superposição dos estratos. Há um atualismo metodológico subjacente a estes dois postulados de Steno - muito semelhante ao de Hooke, como veremos a seguir - que envolve a idéia de ligação de um instante do tempo com outro e o princípio de simplicidade.

O terceiro guia é quase corolário do atualismo metodológico e do princípio de simplicidade: todos os sedimentos são depositados em um fluido. O princípio da horizontalidade dos estratos aparece como uma combinação da lei da gravidade, concepção corpuscular para a origem dos estratos e cristais e do terceiro guia. É o princípio da continuidade horizontal dos estratos, por sua vez, é decorrência do princípio da horizontalidade e da aceitação de que a superfície da Terra se transforma; i.é., tem uma história registrada em seus "estratos".

O princípio da continuidade horizontal de Steno é importante por ampliar a escala horizontal do trabalho de pesquisa sobre a natureza. A partir deste princípio pode-se realizar a correlação

⁸ Albritton Jr.(1980). *Ib.*, p.32.

geológica: transferir, no espaço, um conjunto de informações obtidas em uma área para outra. A transferência também está baseada nas decorrências dos guias de Steno: pela teoria corpuscular de formação dos depósitos sob influência da gravidade, o estrato deve se formar obrigatoriamente na horizontal. Mesmo que seja alterado por erosão, formação de cavernas, suas partes devem continuar na horizontal.

Há mudança de qualidade com a introdução do princípio da horizontalidade. Primeiro, valoriza-se a componente horizontal no estudo da Terra. Segundo, a noção de espaço adquire lugar privilegiado na construção da temporalidade terrestre.

A possibilidade de correlação de estratos, separados por milhares de quilômetros, teoricamente passa a ser possível pelo princípio da horizontalidade. Além disso, associando a horizontalidade à superposição, pode-se pensar em história geral do planeta; i.é: numa acumulação do tempo da natureza inteira.

Segundo Rossi (1984), Steno usa concepção cartesiana e procura elaborar um novo teorema para os fósseis. Indaga sobre o processo natural de formação dos fósseis no tempo e sobre como se pode ler o vestígio:

"(...) Steno usa a teoria corpuscular da matéria em seu trabalho para obter uma clara distinção entre 'cristais' e 'conchas e outros objetos marinhos'. Sua famosa teoria de 'estratos' (que formulou com base em formações rochosas da Toscana mas de validade generalizada) exprimiu a presença de fósseis 'encrustados' nas camadas dos corpos. Também representou uma coerente reconstrução da sequência de eventos geológicos. (...)"¹⁰

Steno separa a origem dos cristais da origem das conchas. Os primeiros seriam produto do crescimento inorgânico dentro de um fluido pela reunião de partículas (teoria que Steno desenvolve para explicar a origem do cristal de quartzo). De outro lado, os fósseis de conchas teriam origem orgânica. Desta forma, Steno estabeleceu um

¹⁰ Rossi (1984), *op.cit.*, p.17-18.

critério distintivo para classificar os objetos naturais, e, simultaneamente formulou uma ordem para a natureza.

Oldroyd (1979, a e b) sustenta que o historicismo teve como precursores Nicolau Steno e Robert Hooke.

Segundo Porter (1977), Hooke foi muito importante na direção da Royal Society of London, ao agilizar a tradução e publicação em inglês do *Prodromus*, de Steno, que produziu grande impacto sobre os naturalistas britânicos.¹¹

Hooke entre 1667 e 68, em palestras explicativas sobre "fósseis", adota uma concepção que reúne: a) classificação segundo a forma, b) analogia entre presente e passado, c) origem orgânica para os fósseis originados por "petrificação".¹²

Hooke (1705) busca uma historicidade:

"Estes Fósseis e outros Corpos tornaram-se as Medalhas, Urnas ou Monumentos da Natureza, junto com Relevos, Impressões, Caracteres, Formas, Substâncias etc. São, aos olhos de uma Pessoa imparcial, muito claros e discerníveis. E não há escrúpulos ou razões para desistir de fazer Observações, Cronologias naturais e conjecturas do como, quando e sobre que circunstâncias chegaram a ser colocados em seus Repositórios. Estes são os grandes e mais estáveis Monumentos da Antigüidade que, com toda probabilidade, correspondem aos mais antigos e antepassados Monumentos do mundo, mais antigos do que Pirâmides, Obeliscos, Múmias, Hieróglifos e Moedas e apresentam muito mais informação da História Natural do que a informação que pode ser obtida na história Civil (...)"¹³

Hooke mostra um preâmbulo de historicismo, apresenta uma idéia de tempo associada com a utilização do atualismo metodológico; ié., Hooke realiza uma transferência de informações do presente para o passado com base na analogia de formas, construindo uma história da

¹¹ Porter (1977), *op.cit.*, p.17,18 e 30.

¹² Nesta época o termo "fóssil" era indistintamente aplicado a minerais e fósseis. As palestras de Hooke foram publicadas em 1705 com o título: *Lectures and discourses of earthquakes and subterraneous eruptions, explicating the causes of the rugged and uneven face of the Earth, and what reasons may be given for the frequent finding of shells and other sea and land petrified substances, scattered over the whole terrestrial surfaces.* In: Albritton Jr. (1980), *op.cit.*, p.45.

¹³ Hooke (1705) In: Albritton Jr. (1980), *ib.*, p.50.

natureza, uma história da Terra baseada nas investigações sobre os "fósseis originados por petrificação" - rochas que apresentam formas de plantas ou animais.

Albritton Jr. (1980) aponta o catolicismo de Hooke para justificar as conclusões sobre os limites da idade da Terra - definidos em 6000 anos, de acordo com a Bíblia - o que o obrigou a postular catástrofes cíclicas para explicar a atual paisagem do globo. Permaneceu perplexo com suas descobertas geológicas.¹⁴

Para Rossi(1984), Hooke aceitava a idéia de mudança da natureza durante o tempo e considerava que essas mudanças eram produzidas por uma combinação de processos catastróficos e contínuos, pois procurou aproximar a história natural da tradição mosaica - como diversos outros Autores do século XVII e XVIII:

"(...) A história natural é entrelaçada com as mudanças. A grande diferença entre a época de um 'Uncertain or fabulous time', como Varro o afirmava e, hoje, de 'tempo histórico' - tempo familiar para os homens e ligado ao presente - é a dificuldade de ajudar a sua reconstrução. (...) catástrofes, destruição e emergência de continentes, mutação de espécies... de tudo Hooke falava, da história de um rio de curso desconhecido que pode conter em seu passado trechos do progresso do agora e do sempre. Entretanto, plantas e animais, culturas inteiras podem ter sido destruídas ou desaparecido. (...)"¹⁵

Para Rossi(1984), Hooke retrabalhou questões baconianas em relação ao problema do tempo e da história natural. Francis Bacon havia distinguido três tipos de história natural: 1) a história natural em curso ou constanticidade, 2) a variação da natureza e 3) história humana; destas, somente na terceira a dimensão temporal está presente. A polêmica de Bacon foi discutida por Hooke. Para Hooke a Terra e suas formas de vida possuíam uma história: procurou explicar os fósseis como resultado da destruição e extinção de espécies e associou-os com mudanças catastróficas no ambiente

¹⁴ Albritton Jr. (1980), *ib.*, p.51-52.

¹⁵ Rossi (1984), *op.cit.*, p.15.

(clima, lugar etc.). Hooke entrelaçou a história natural com mudanças.¹⁶

Steno e Hooke assumem a perfeição geométrica inicial da Terra, daí a necessidade de catástrofes sucessivas que acumularam as irregularidades do globo, depositaram e perturbaram estratos, soterraram animais marinhos, elevaram e afundaram continentes. Cada evento catastrófico perturbou a ordem e deixou suas marcas sobre a natureza, marcas que somos capazes de ler e que contam a história natural do mundo. Estratos são interpretados como acumulação de eventos, como uma sucessão. Steno e Hooke viram nas descontinuidades e verticalidade de estratos uma sucessão de tempo, um tempo que se acumula na natureza, natureza que se transforma catastroficamente tornando-se mais imperfeita até chegar ao fim dos tempos.

As posições de Steno e Hooke vêem a natureza como sofrendo transformações. Ambos trabalharam dentro da tradição mosaica e, conseqüentemente, postularam a ocorrência de catástrofes durante a história da Terra.

Rossi (1984) afirma que Gottfried W. Leibniz conhecia a evolução geológica elaborada por Steno para a Toscana, de que concordava com o tipo de argumentação e construção do conhecimento.¹⁷

Whitrow (1963) preconiza que a concepção de tempo e espaço de Leibniz é oposta à de Isaac Newton. Leibniz vê o tempo relacionado com o acontecimento (tempo relativo). Analogamente, o espaço se relaciona com os objetos. Tal conceituação é oposta à visão newtoniana, pois esta toma o espaço como o continente de todos os objetos e o tempo como o continente de todos os instantes (tempo e

¹⁶ Rossi (1984). *Ib.*, p.12-13.

¹⁷ Rossi (1984). *Ib.*, p.57-59.

espaço absolutos), portanto independentes das coisas e dos eventos.¹⁸

Rossi (1984) afirma que Leibniz se apóia em Hobbes e funda um sistema sobre "possibilidades": Deus age o tempo todo como um ser inteligente sobre uma natureza controlada por leis dentro das possibilidades. A metafísica leibniziana determina as características da história do universo: 1) história é ação fora das possibilidades no início (em Deus); 2) não há caos no início, pois o início é Deus; 3) a história é realizada através de mudanças que só aparentemente são desordenadas, porque o homem não é capaz de ver o todo.¹⁹

Para Rossi (1984), Leibniz nega a idéia de Newton do "coice inicial", a partir do qual não há mais mudança na qualidade das transformações. Leibniz aceita o "Gênese", mas não tem certeza se os dias da criação correspondem a dias, anos ou períodos de tempo.²⁰

Em Leibniz há uma acumulação de tempo, pois Deus age todo tempo modificando a natureza e deixando as marcas de Sua ação. Leibniz aceita a concepção de obtenção de conhecimento de Steno; provavelmente na formulação do tempo relativo, Leibniz foi influenciado por Steno e, por conseguinte, passa a ter sentido perguntar pela origem e história da natureza, pois através dela se tenta compreender a ação e os motivos divinos. Sustentou a dúvida se há transformações entre os seres vivos dentro de sua teoria das possibilidades. Assim, postulou a transformação da natureza e manteve-se atrelado à tradição mosaica.

Assim, Steno, Hooke e Leibniz contribuíram para a construção da idéia de temporalidade da natureza; procuraram manter articulação entre conclusões e base empírica; retrabalharam as tradições culturais de sua época, principalmente a cosmologia teológica.

¹⁸ Whitrow, G.J. (1963). *The Natural Philosophy of Time*. Harper and Row. New York, p.36.

¹⁹ Rossi (1984), *op.cit.*, p.54.

²⁰ Rossi (1984). *Ib.*, p.60, 64.

Quando dedicados a explicações sobre fenômenos particulares, trabalharam numa *história natural*: tomaram por base informações empíricas para construir explicações e teorias com um caráter histórico. Quando tentaram explicar todo o processo natural, trabalharam as informações dentro do modelo cosmológico da filosofia natural: articularam as explicações singulares dentro de cosmologias gerais sobre a natureza onde o homem estava inserido. Os três trabalharam dentro da perspectiva mosaica para explicar a origem e desenvolvimento da Terra. Do ponto de vista metodológico, contribuíram para firmar orientações de pesquisa que influenciaram significativamente em seus pares.

O problema do tempo e da transferência de informações do presente para o passado e *vice-versa*, começou a ser um fio condutor tanto das pesquisas como dos debates. As transformações ocorridas na segunda metade do século XVII em relação ao conhecimento da Terra foram balizadas por uma cosmologia transformista que se opunha à imutabilidade e perfeição da natureza presente no Velho Testamento. Essa cosmologia transformista, associável à idéia de decadência, ruína e rumo do apocalipse, forjou características que encontraram depois condições favoráveis de aceitação científica.

A existência das associações e periódicos científicos favoreceu a divulgação do conhecimento de Steno, Hooke e Leibniz entre seus contemporâneos. Contudo foi no decorrer do século seguinte que suas idéias se mostraram capazes de sustentar o conhecimento geológico, e o quanto podiam contribuir para alterar a perspectiva de espaço e tempo da ciência.

2.3 A REBELIAO DE BURNET

Thomas Burnet, contemporâneo de Steno, Hooke e Leibniz, contribuiu, de outra forma, para a ruptura com a idéia de imutabilidade da natureza:

"(...) Sua orientação rigidamente cartesiana e naturalista terminou provocando uma crise na antiga idéia de estabilidade e perfeição absolutas da estrutura fundamental do mundo natural - estrelas e montanhas, oceanos e espécies vivas - muito mais que os trabalhos de Nicolaus Steno e Robert Hooke."²¹

Rossi (1984) afirma ainda que Burnet sabia que para o dilúvio ocorrer em todo o globo era necessária de seis a sete vezes a quantidade atual de águas presentes hoje nos oceanos e se perguntava qual a fonte para tamanha quantidade de água. Para explicar o Dilúvio, postulou uma variação na taxa de aceleração gravitacional de local para local que permitisse ao oceano cobrir todas as partes do planeta. Também supôs que a Terra era uma esfera perfeita nos tempos pré-diluvianos e a rugosidade atual foi adquirida através de uma catástrofe.

"Não há razão para duvidar que o Dilúvio foi ordenado como punição e que a Providência presidiu todos os seus movimentos. O progresso Divino reluz brilhante: adapta o mundo natural ao moral, de modo que a ordem e a disposição do primeiro correspondem às tendências do segundo e os movimentos de cada um estão em equilíbrio com o outro, as épocas e vicissitudes de um coincidem e são conectadas com a do outro. Isto me parece ser a grande Arte da Divina Providência, o ajuste dos dois Mundos, Humano e Natural, Material e Intelectual (...)"²²

Segundo Rossi (1984), a "sincronia Providencial" de Burnet abalou a estabilidade e a perfeição das estruturas fundamentais do mundo natural. A concepção mecânico-cartesiano-religiosa de Burnet se voltou para o passado, imaginando um mundo diferente daquele que conhecemos no presente e abandonando a visão de estruturas eternas. A ordem geométrica que refletia a ação divina foi posta em cheque: o tempo da natureza foi descoberto e a imagem de um mundo histórico pós-catástrofe não é ordem, mas caos:

²¹ Rossi (1984). *Ib.*, p.35.

²² Burnet, T. (1680). *Telluris theoria sacra: orbis nostri originem et mutationes generales, quas aut jam subiit aut olim subiturus est.* In: Rossi (1984), *ib.*, p.35.

"(...) A imagem da beleza e harmonia do universo foi sendo gradualmente substituída de um lado pela sensação ambígua de uma história que flui inexoravelmente para a consumação total. E, por outro lado, pela idéia de que a natureza oferece um grande espetáculo para nosso conhecimento, uma natureza que subverte nosso pensamento com seu excesso e com suas características sublimes."²³

A cosmogonia de Burnet, para Porter (1978), caracteriza-se como uma posição pré-Revolução Gloriosa²⁴ e pré-newtoniana nas se enquadra no contexto em que se desenvolveram as teorias da Terra entre fins de um século e começo de outro (XVII e XVIII).²⁵

Porém, qual é o significado desestabilizador da concepção de Burnet? Como ela pôs em cheque a ordem natural pregada pela escolástica? Qual é o papel ideológico desempenhado pela ideologia emergente (newtonianismo) e seus reflexos para as noções de tempo e espaço no conhecimento da Terra?

A rigidez formal de Burnet ao tentar encaixar todos os objetos naturais dentro de uma estrutura teórica previamente determinada, geometrizada, de perfeição platônica implicou o questionamento dessa estrutura. Ele pensava que o estado atual do mundo era fruto da mudança degenerativa, que o Dilúvio de Noé foi ação Divina para punir e recuperar a humanidade. Entretanto, esta voltou a se degenerar moralmente nos séculos seguintes. Como Burnet não fazia distinção entre mundo moral e natural, a complexidade da natureza era indício da queda que envolvia todo o mundo. Neste sentido, a visão de Burnet é pré-Revolução Burguesa: ela nega a idéia de progresso.

A noção de progresso emerge com os revolucionários de 1688 e é propalada pelos naturalistas identificados com a ideologia protestante, burguesa, que emerge vitoriosa nessa Revolução. A concepção

²³ Rossi (1984). *Ib.*, p.36.

²⁴ A Revolução Gloriosa foi um movimento que culminou com a aprovação do "Bill of Rights" levando a burguesia ao poder. Completa a Revolução Inglesa iniciada em 1640 (Revolução Puritana). Com a Revolução Inglesa emerge o liberalismo, afirma-se o individualismo e as características políticas do Estado burguês. Segundo Arruda, J.J. de A. (1984), *A Revolução Inglesa*. Brasiliense; São Paulo, 100pp.

²⁵ Porter (1978). *Op.cit.*, p.102.

de progresso frutifica com os iluministas do século XVIII. Burnet está em conflito com o progresso. Não propôs mecanismos que fossem vantajosos para o avanço do conhecimento científico posterior ou que servissem para interpretar o passado da Terra; produziu, contudo, um impacto abrindo a possibilidade de estudar a história da natureza, quando afirmava que o mundo no princípio era diferente de como é hoje.

Burnet não é único a negar a noção de progresso em sua época: as teorias da Terra expressaram tendências conflitantes frente a este conceito.

Porter (1979) discute a relação entre teorias da Terra e a ideologia propiciada pelo pensamento newtoniano.

"Teorias naturalísticas da Terra reforçaram a tradicional ideologia, *basso continuo* mantendo a obediência política, social, familiar e a distribuição da propriedade. Mas elas também foram uma nova linha melódica com novas palavras para a mudança da situação. A recente historiografia analisa a face ideológica do newtonianismo, o que permite justapô-lo frente as teorias naturalísticas.

O newtonianismo foi visto como um programa classista, conectado com a Igreja Inglesa, numa indicação da emergência da sociedade capitalista; como uma marca dos vitoriosos de 1688; e, mais geralmente como o nascimento dos guerreiros do Iluminismo Europeu.(...)"²⁶

Porter (1979) afirma que cosmogonias naturalizadas diferem em dois pontos fundamentais do newtonianismo. Primeiro, "O newtonianismo começa como um corpo protegido e flexível de analogias - as concepções de leis universais e harmonia de atração e repulsão eram metáforas adaptáveis. Por outro lado, as cosmogonias fixaram-se sobre uma única sequência de eventos e tinham que resolver um complexo de dilemas mais carregado." As cosmogonias dispersaram-se em conflitos enquanto o Newtonianismo tendeu a unir teóricos.²⁷

Este mesmo Autor chama atenção para o fato de que a Revolução de 1688 celebrou uma liberdade, ordem, prosperidade e progresso social, político, econômico e religioso diferente das épocas ante-

²⁶ Porter (1979). *Ib.*, p.101.

²⁷ Porter (1979). *Ib.*, p.102.

riores. Intelectuais como Woodward, Harris e Keil, que eram simpáticos a esta visão sócio-política, construíram teorias da Terra que associavam a nova ordem humana à natureza. Para Woodward, p.ex., a Terra sofreu revoluções no seu passado. No entanto, a última revolução do globo foi construtiva: a Reforma introduzia uma "nova constituição" no "Governo do mundo natural". O novo mundo não decaiu: o homem foi transformado positivamente pelo Dilúvio. "Teorias da Terra do século XVIII marcaram a Idade de Ouro da ética protestante e do espírito capitalista".²⁸

Para Frank Manuel, há uma face de Isaac Newton diferente da tradicional imagem do cientista: há uma conexão entre "história física" do universo e a "história das nações". Em seus manuscritos, Newton estabelece uma relação entre a história do paraíso e da Terra. Os "*Principia...*" constituem uma descrição do universo entre dois polos de intervenção no tempo: criação e destruição.²⁹

Rossi (1984) afirma que a demarcação entre o mecanicismo ateu de Epicuro e Descartes e o mecanismo de Boyle e Newton coincide com a separação que distingue a "origem primeira" do corpo sucessivo da natureza. Os primeiros elaboraram hipóteses sobre a origem do universo, os segundos apoiaram-se na tradição mosaica e refutaram a busca científica da origem do universo. Portanto, para estes, a natureza criada por Deus não tem história. Coube a Boyle (1734) abrir o caminho de Buffon: explicar a formação do mundo usando o pequeno número de leis físicas de Newton e ir até a origem do universo numa proposta de ciência cartesiana.³⁰

Neste contexto histórico de abertura ideológica da sociedade britânica, os conflitos entre as tendências filosóficas presentes nas teorias da Terra afloraram no final do século XVII. Esse debate

²⁸ Porter (1979). *Ib.*, p.104.

²⁹ Manuel, F. (1959). *The Eighteenth Century Confronts the Gods*. In: Rossi (1984). *Op.cit.*, p.2.

³⁰ Rossi (1984). *Ib.*, p.44.

abalou a credibilidade dos naturalistas. A contraposição entre uma teoria e outra, todas se auto-sustentando como baconianas, nas sendo na realidade especulativas, tornou-se um debate público e acabou por ridicularizar o conhecimento da Terra.

De um lado, as teorias naturalísticas fracassaram enquanto formulações metodológicas, e, por caminho próprio e diferenciado, o newtonianismo ganhou destaque por estar em acordo com a ideologia utilitarista dominante na época.

Há um certo alinhamento entre o tempo relativo e o conhecer do passado da Terra, pois o tempo absoluto tende a não abrir caminho para a interrogação sobre passado e origem da natureza. O tempo relativo penetra neste ambiente, aliado tácito do conhecimento da Terra, que só pode ter sucesso quando conseguir interpretar o passado a partir dos registros fixados na superfície do planeta e, assim, poderá se dizer um conhecimento objetivo.

No estudo do passado da Terra, com os instrumentos epistemológicos formulados por Steno-Hooke-Leibniz, encontra-se a base de articulação entre espaço e tempo. A busca dos acontecimentos passados, nos seus possíveis registros na superfície da Terra, contribui para delimitação de um local privilegiado para o estudo do planeta e para que este estudo se dê em conexão com as características desta superfície.

No tempo absoluto de Newton, a natureza não acumula tempo, pois somente ocorrem dois instantes fundamentais: a Criação e o Apocalipse. A idéia de universalidade absoluta das leis naturais vigentes depois do "impulso inicial" implicou a impossibilidade de estudo racional do passado pois a origem é caos. A permanência, no presente, das leis naturais de tempo e espaço absolutos, traz à luz racional só o movimento absoluto, pois este pode ser diagnosticado, medido, percebido na medida em que as unidades espaciais são

constantes no espaço euclidiano, e os instantes do tempo são iguais e sucedem-se linearmente.

Da época de Newton até a aplicação de suas leis naturais na construção de uma história da natureza, passou-se cerca de um século. Neste período, somente o tempo relativo consegue atender a necessidade de se pensar uma história da Terra apoiada em informações empíricas.

Burnet interviu neste ambiente: quebrando a imutabilidade da natureza permitiu que outros passos metodológicos fossem dados, inicialmente por aqueles que como ele acreditavam na "queda" do mundo e, pouco tempo depois, por aqueles que acreditavam no progresso da humanidade e da natureza. No ambiente pós-Revolução Gloriosa houve um clima favorável para a divergência de idéias quanto às teorias da Terra. Desse clima emergiu a substituição da idéia de "queda", "ruína", "degenerescência" pela noção de progresso que dominou o século XVIII.

2.4 OS NATURALISTAS NO TEMPO DO ILUMINISMO

Oldroyd (1979a) diz que no século XVIII ocorreu crescimento da consciência de "fluxo de tempo" em todo pensamento. A idéia de acumulação de tempo se desenvolveu na história natural e humana. Esta base epistemológica historicista passou a ser um aspecto central na constituição autônoma da ciência geológica.³¹

Foucault (1981) mostra que a história natural se desenvolve no século XVIII ao fazer uma classificação taxionômica dos objetos naturais, pois necessita de alguns elementos que lhe dêem fundamento: a continuidade dos seres e a descontinuidade dos acontecimentos. A classificação taxionômica da natureza supôs

³¹ Oldroyd, D.R. (1979a). *Historicism and Rise of Historical Geology, Part I. History of Science*; 17:191.

uma continuidade espacial para que os objetos naturais pudessem ser configurados num "quadro":

"(...) no saber clássico o conhecimento dos indivíduos empíricos só pode ser adquirido sobre o *quadro* contínuo, ordenado e universal de todas as diferenças possíveis (...)"
32

Assim para Foucault (1981), a continuidade dos seres e a descontinuidade dos acontecimentos é uma base epistemológica do pensamento naturalista clássico do século XVIII. Esse espaço taxionômico abre a possibilidade de classificação dos objetos naturais apesar da distribuição por toda superfície da Terra e complexidade. O reconhecimento desta complexidade implicou a aceitação de uma série cronológica para explicar a imbricação dos seres "no espaço real do mundo" que não se conformava ao espaço analítico da classificação.³³

Foucault vê na espacialidade e temporalidade a expansão do tempo acompanhando o surgimento da história, primeiro natural e depois humana, durante o século XVIII. Indica a importância dos fósseis e a interpretação de origem orgânica que possibilita caracterizar este campo da empiricidade como descritível e ordenável.³⁴

Oldroyd (1978a) não discorda de Foucault (1981). Ambos vêem um aumento da densidade do tempo na história natural durante o século XVIII. Rossi, 1984, chega a mesma conclusão ao discutir como os fósseis contribuíram para a constituição do conhecimento da Terra.

Foucault (1985) discute duas noções de "evolucionismo" em gestação durante o século XVIII. Há um deslocamento da continuidade do espaço, continuidade que sustenta o processo taxionômico, para a continuidade do tempo, uma taxionomização do tempo.³⁵

³² Foucault, M. (1981). *AS PALAVRAS E AS COISAS (Uma Arqueologia das Ciências Humanas)*. Martins Fontes. São Paulo, p.159.

³³ Foucault (1981). *Ib.*, p.162.

³⁴ Foucault (1981). *Ib.*, p.144-145, 165-171.

³⁵ Foucault (1981). *Ib.*, p.170.

Na primeira idéia de "evolucionismo" (seria mais adequado - segundo o nosso ver - usar o termo transformismo)³⁶ há um aperfeiçoamento geral de todo o quadro taxionômico que se desloca para níveis mais complexos e perfeitos, sobre uma linha de tempo (Bonnet). Na segunda idéia de transformismo, cada espécie taxionômica pode adquirir pequenas diferenças, que somadas de geração em geração adquirem um caráter absolutamente diverso do ponto de partida (Malpertuis).³⁷

Como diz Foucault (1981) embute-se em ambas uma continuidade do tempo que possibilita sucessão e interpretam-se as informações produzidas pela coleta de objetos naturais nos estratos como estágios monstruosos que foram superados rumo à perfeição de cada espécie taxionômica, cuja combinação completa compõe o quadro taxionômico visível atualmente.

Note-se que em Malpertuis a continuidade do tempo é garantida pela memória: uma espécie perpetua seu caráter, em seus descendentes, na medida em que estes carregam a memória de seus pais. Neste transformismo há uma vontade, uma opção que decorre de um "projeto" de espécie terminal que de algum modo está presente em cada indivíduo. A sucessão é um resultado da continuidade e densidade do tempo que permanece na memória.

Porter (1977) atribui à adoção de origem orgânica dos fósseis, (estabelecida no início do século XVIII) importante papel na estruturação metodológica da história natural, pois os debates sobre as explicações da origem dos objetos naturais "formados por petrificação" tornou perplexos os naturalistas do fim do século

³⁶ No âmbito deste trabalho consideramos evolucionismo somente as mudanças que ocorrem na natureza guiadas exclusivamente pela causalidade (como na teoria de Charles Darwin e na teoria geossinclinal de Dana). Por outro lado, transformismo expressa uma teoria teleológica de mudança da natureza (como a teoria de J. Lamarck).

³⁷ Foucault (1981). *Ib.*, p.166-169.

XVII e implicou no detalhamento dos estudos sobre os processos de fossilização.³⁸

Esta interpretação para a origem dos fósseis levou ao abandono da idéia de "*lapides sui generis*". Apesar da origem orgânica dos fósseis estar associada a explicações diluvianas contribuiu para a acumulação do tempo na natureza, pois implicou a aceitação de um transformismo lento, produzido por mudanças cumulativas, intercalado por rupturas bruscas de origem divina (catástrofes).

O tempo mosaico de cerca de 6 000 anos ruiu durante o século XVIII, tornando-se milhões de anos, pois o transformismo lento exigia um longo tempo para ocorrer. Mas os fósseis não foram o único elemento que contribuiu para uma formulação do tempo. Outros fenômenos foram alvo de discussão - principalmente vulcões e terremotos - e um aspecto foi tornando-se determinante neste desenvolvimento: a busca e exploração dos recursos minerais.

Porter (1977) afirma que a visão negativa em relação a vulcões e terremotos foi revertida durante o século XVIII. Os efeitos dos terremotos e vulcões sobre a paisagem seriam conceitualizados como eventos naturais. A absoluta polaridade entre milagre *versus* curso da natureza foi rompida com a idéia de eventos construtivos e destrutivos no curso da natureza.³⁹

O estudo dos estratos mostrou que vulcões existiram ativamente por milhares de anos, logo os processos atuais não eram excepcionais, milagrosos, punitivos, divinos etc.⁴⁰ Uma natureza ativa (iluminista) fez ruir a filosofia de imutabilidade do globo e desta forma foi revertida a visão negativa frente aos vulcões e terremotos.⁴¹

³⁸ Porter (1977). *Op.cit.*, p.52-53.

³⁹ Porter (1977). *Ib.*, p.164.

⁴⁰ Porter (1977). *Ib.*, p.162.

⁴¹ Porter (1977). *Ib.*, p.108-109.

Albritton Jr. (1980) atribui a George Julius Pouillet Scrope os primeiros trabalhos sistemáticos de vulcanologia. Seu livro sobre vulcões extintos de Auvergne teve grande sucesso devido a: simplicidade do texto, detalhes das rochas vulcânicas e descrição panorâmica das paisagens. Diz Scrope:

"O tempo que se deve supor para a produção de efeitos dessa magnitude, por causas evidentemente tão lentas, em sua operação, é de fato inenso, mas certamente seria absurdo jogar isto como um argumento contra a adoção de uma explicação que nos foi tão inevitavelmente forçada sobre nós. Os períodos que narramos... aparecem com duração incalculável, são com toda probabilidade o calendário da Natureza. E a Geologia que, entre todas as ciências, faz-nos aceitar este fato humilhante: todo passo que demos, desde a antigüidade, é limitado. A idéia que é presente em todas as nossas pesquisas e que acompanha nossa observação, a orientação para o estudo da natureza, vê continuamente que o som que a Natureza continuamente ecoa em seus trabalhos é - Tempo! -Tempo! -Tempo!"⁴²

Os estudos de fósseis, vulcanismo e terremotos foram importantes no estabelecimento de uma ampla escala de tempo para a história da Terra. Este estudo foi acompanhado do conhecimento desenvolvido para classificar e reconhecer estratos. O aprofundamento destes estudos e o choque que se produziu entre teóricos e práticos da geologia, no final do século XVIII dinamizou profundamente a ciência e suas noções de tempo e espaço, como veremos melhor no debate entre vulcanistas e netunistas.

Podemos dizer que a continuidade é condição para o tempo no pensamento clássico: o contínuo precede a noção de tempo. Isto guarda uma noção de ordem anterior à de tempo: a ordem do quadro taxionômico é apresentada na ordem dos seres e na da sucessão. A noção de ordem ligada à classificação - que está presente de modo incipiente em Steno, responsável pela classificação dos cristais através dos ângulos de suas faces,⁴³ - encontra uma significativa

⁴² Scrope, G.P. (1858). *The geology and extinct volcanos of central France*. In: Albritton Jr. (1980). *Op.cit.*, p. 153.

⁴³ Garboe, A. (1954). *Nicolaus Steno (Niels Stensen) and Erasmus Bartholinus: Two 17th Century Danish Scientists and The Foundation of exact Geology and Crystallography*. *Dannmarks Geologiske Undersogelse; IV Raekte, Bd. 3, Nr. 9, 48pp.*

ampliação no decorrer do século XVIII. A fúria taxionômica dos naturalistas forja um conjunto de procedimentos epistemologicamente lastreados numa espacialidade contínua do quadro natural. A escala de tempo mosaica foi substituída pelo tempo taxionômico de milhões de anos.

Immanuel Kant explana claramente a visão de Newton sobre a impossibilidade da ciência conseguir explicar racionalmente a origem do universo.⁴⁴ Whitrow (1963) diz que a posição clássica sobre o espaço e tempo afirmada por Newton é de espaço e tempo absolutos, cuja reflexão mais filosófica foi feita por Kant que situa-os como conceitos "a priori" do sujeito.⁴⁵

Harvey (1978) indica que a discussão sobre o conceito de espaço é diretamente relacionada com as discussões que se desenvolvem na física, principalmente a partir de Newton.⁴⁶ Rossi (1984) destaca que, enquanto o papel da revolução copernicana na alteração da concepção de mundo é bastante discutido, o papel desempenhado pela revolução produzida pelo tempo geológico é pouco tratado, apesar de ter a mesma importância epistemológica e filosófica. O espaço infinito produziu as mais variadas e opostas reações, do mesmo modo ocorreu com o tempo infinito: a imagem de uma história concebida numa enorme escala cronológica foi atacada e celebrada. Buffon, p.ex., reagiu a esta escala de tempo: o "dark abyss" ou o tempo infinito.⁴⁷

Apesar deste deslocamento dos debates espaço-temporais para o campo da física, os naturalistas viveram a conceitualização de uma particular posição sobre estes dois conceitos. O caminho dos

⁴⁴ Kant, I. (1763). Werke: Gesammelte Schriften. In: Rossi (1984). Rossi (1984). *Op.cit.*, p.49.

⁴⁵ Whitrow (1963). *Op.cit.*, p.31-34.

⁴⁶ Harvey, D. (1978). Il Linguaggio della Forma Spaziale. In: Vagaggini, V. (Org.) (1978). Spazio Geografico e Spazio Sociale. Franco Angel Editore. Milano, p.32.

⁴⁷ Rossi (1984). *Op.cit.*, p.ix, 108.

naturalistas seguiu trajetória própria: calcados numa visão de que o tempo era um elemento a ser questionado, a ser discutido, que podia ser racionalmente estudado, opuseram-se à idéia de que o tempo e espaço eram meros continentes dos eventos e das coisas, conceitos dados *a priori* pelo sujeito para classificar e compreender o mundo. A questão espacial e temporal perseguiu o conhecimento da Terra e confrontou, em campos opostos, os naturalistas, entre si e com os físicos.

No final do século XVIII os naturalistas se dividiam entre vulcanistas e neptunistas; ié., aqueles que acreditavam que o fogo era o elemento dominante nos processos terrestres *versus* aqueles que atribuíam à água o mesmo papel. Todavia, subjacente aos processos dominantes na natureza se colocava o problema do tempo necessário para o desenvolvimento da história do planeta. Em torno deste núcleo temático, uma ampla gama de assuntos foram tratados, gerando amplas controvérsias. P. ex. *pontilhistas versus geognósticos* que debateram o melhor modo de representação dos processos geológicos, por mapas indicando pontos ou mapas indicando corpos (estratos, formações rochosas). Dessas controvérsias, emerge a geologia como uma ciência moderna.

2.5 HUTTON E O NASCIMENTO DA GEOLOGIA

2.5.1 FILOSOFIA DA NATUREZA

Segundo Porter (1977) a geologia britânica se estruturou metodologicamente no final do século XVIII quando se auto-organizou numa comunidade científica, ampliou sua produção e divulgação de conhecimento, tornou mais comum a atividade de campo e reduziu o isolamento entre os estudiosos.⁴⁸

⁴⁸ Porter (1977). *Op.cit.*, p.214-215.

Isto porque no final do século XVIII algo diferente começou a ocorrer: diversos estudiosos (de classes, grupos sociais e religiões diferentes) convergiram para a necessidade de estabelecer uma ciência baseada em metodologia científica e separada das tradições filosóficas e religiosas. Eles desenvolveram uma estratégia dupla: de um lado, avançaram uma metodologia positivista e baconiana (descrevendo e mapeando a configuração física dos estratos); de outro, respondem às pressões sociais projetando valores mais favoráveis à sua aceitação na sociedade.⁴⁹

Guntau (1978) situa a *pré-história* da geologia, período anterior a existência de uma ciência moderna, a todo o conjunto de informações produzidas até o século XVIII, caracterizada pelo papel dos dogmas religiosos na formulação do conhecimento e pela separação entre o conhecimento religioso e produtivo.⁵⁰

A partir destes critérios diferentes podemos demarcar, dentro dos limites práticos deste trabalho, o final do século XVIII como sendo a época em que a história natural foi substituída pela geologia. Particularmente as discussões sobre vulcanismo foram fundamentais para esta transformação conceitual. Um intenso debate emerge entre vulcanistas e netunistas. Posteriormente, durante o século 19, esse debate se desdobrou em outros: uniformitaristas vs. catastrofistas, naturalistas vs. físicos etc. Tais debates, até certo ponto, estendem-se até o presente. Em termos espaciais e temporais problemas estratigráficos, nomenclatura e representação geológica, duração da história da Terra são discutidos junto com as demais questões.

Um aspecto notável do conhecimento da Terra é sua trajetória dada por debates e conflitos de escolas. No meio desses debates,

⁴⁹ Porter (1979). *Op.cit.*, p.115.

⁵⁰ Guntau, M. (1978). *The Emergence of Geology as Scientific Discipline*. *History of Science*; 16:280.

houve a ruptura da história natural e sua transformação em geologia e, de outro lado, em biologia. Nesta ruptura as idéias de um naturalista escocês, do final do século XVIII, tiveram papel fundamental: James Hutton.

Hutton, poucos anos antes de sua morte, publicou uma memorável obra sobre a Terra: *Theory of the Earth, with Proofs and Illustrations* em 1785. Anteriormente, em 1785, havia apresentado à Royal Society of Edinburgh suas idéias sob o título *Concerning the Systems of the Earth, its Duration, and Stability* que foram publicadas em 1788 nos *Transactions* da Society... com o nome de *Theory of the Earth* ou *An Investigation of the Laws observable in the Composition, Dissolution, and Restoration of Land upon the Globe*.

"(...) As novas teorias da Terra [final do século XVIII] casaram Locke com a cosmogonia: individualismo possessivo herdou a Terra. Os direitos do Homem foram reforçados para ser Lorde da Terra e de todas as criaturas, para multiplicá-las e possuí-las como propriedade privada. (...)

Hutton disse que a Terra era uma fazenda. (...) Em outras palavras, cosmogonias iluministas celebraram o *status quo* cósmico (com implicações políticas, morais e sociais).(...)"⁵¹

Hutton distinguiu a geologia da religião revelada e também da história humana (Porter, 1977,p.196).

O'Rourke (1978) apresenta uma idéia da contribuição de Hutton:

"A pequena cosmogonia de Hutton não foi meramente uma divisão em seu trabalho, mas foi sua teoria. Hutton não mapeou áreas, não descreveu fósseis, não denominou unidades rochosas, não contribuiu para a coluna estratigráfica. Seu ciclo de processos geológicos, inferidos das descontinuidades, não se manifestaram nos corpos de rochas. Primeiro sugeriu a imensidão do tempo, depois não atentou para o 'abismo' de eventos particulares. Em outras palavras, trabalhou com a geologia física, não com a geologia histórica."⁵²

Segundo Porter (1979), Hutton trabalhou numa matriz de problemas apontados por David Hume e suas idéias tiveram um trajeto paralelo ao de seu amigo Adam Smith. Ambos foram cosmopolitas e

⁵¹ Porter (1979). *Op.cit.*, p.104.

⁵² O'Rourke, J.E. (1978). *A COMPARISON OF JAMES HUTTONS'S PRINCIPLES OF KNOWLEDGE AND THEORY OF THE EARTH*. ISIS (69):18.

elitistas, dirigiram suas vidas à procura da verdade, tiveram poucos laços profissionais formais e, muitas vezes, conflitaram com as idéias de seu meio social. Nisto, Hutton foi um típico - e em muitos aspectos atípico - iluminista escocês. Suas idéias tiveram valor equivalente às de Hume e Smith em seus respectivos campos.⁵³

Os problemas, apenas indicados por Porter(1979), são de elaboração de uma teoria do conhecimento. Hume, Smith e Hutton contribuíram - com algumas diferenças - com trabalhos básicos para desenvolvimento do empirismo britânico.

Segundo O'Rourke (1978), o problema epistemológico de Hutton era saber como a realidade pode existir dentro e fora do pensamento. O processo do pensamento, para Hutton, pode ser resumido nos passos: sensação, percepção e concepção. Na sensação, o pensamento recebe um estímulo de um agente externo através dos sentidos. Hutton postula a existência de objeto independente da percepção: a matéria. Na percepção o pensamento reage comparando sensações e organizando-as com relação aos objetos: os objetos causam idéias em nossos pensamentos em virtude de certas forças, as 'qualidades'. Na concepção, idéias gerais são abstraídas da comparação das percepções, quando reaplicadas em processos recíprocos confirmados pela sensação - ex. de idéias gerais da fase de concepção: espaço, tempo, movimento. Hutton difere dos empiristas atribuindo grande papel para a operação do pensamento na criação de conhecimento.⁵⁴

Hutton elaborou uma teoria iluminista da natureza, fundamentado numa concepção de economia para os processos naturais. Aceitou uma ciclicidade irrestrita e de eterna repetição dos processos que hoje vemos atuando na natureza durante toda história da Terra.

⁵³ Porter (1979). *Op.cit.*, p.189-190.

⁵⁴ O'Rourke (1978). *Op.cit.*, p.10-11.

Hutton expressa uma ideologia aplicada à origem e desenvolvimento da Terra.

Hutton foi um filósofo da natureza. Partiu de uma cosmologia do mundo e dela deduziu uma teoria da Terra interpretando as informações obtidas nas rochas estratificadas e não-estratificadas. Um dos elementos básicos desta teoria da Terra era a ciclicidade da natureza: uma ontologia da Terra baseada na "economia da natureza".

A fé progressiva do século XVIII, tanto na natureza como no homem, parte do suposto que com a indústria (natural e humana) tudo pode ser conhecido e transformado - numa perspectiva de racionalidade baconiana e positivista - mesmo que isto ocorra num tempo relativamente grande e movido por forças pequenas mas contínuas.

"Como um bom newtoniano, Hutton concebe a Terra não como uma coleção de objetos naturais movidos por forças físicas, mas como um 'sistema'. A 'sucessão dos mundos', que mudou e continuará mudando o aspecto da superfície terrestre, é o resultado de um equilíbrio entre a ação da água e o calor interno da Terra. Do mesmo modo o sistema planetário é o resultado do equilíbrio entre a força gravitacional e a centrífuga. (...) A Terra de Hutton não pode ser representada como um 'sistema' capaz de auto-regulação. O mundo físico, para ele, foi 'peculiarmente adaptado para os propósitos humanos' e a Terra, seguindo uma velha tradição, é comparada ao corpo de um animal que sofre uma destruição parcial. (...)"⁵⁵

Neste sentido a *Theory...* de Hutton se aproxima de uma perspectiva cosmogônica adaptada às perspectivas culturais e sociais de sua época, porém se afasta do pragmatismo. Isto explica a grande rejeição dos naturalistas da época ("pragmáticos") às idéias de Hutton. Estes naturalistas aproximavam-se com simpatia do pensamento de Abraham G. Werner.

Mas Hutton não estava preocupado com a elaboração de uma teoria pragmática para explicar a origem e história de estratos e, sim com uma teoria do conhecimento que desse conta da natureza terrestre, manteve sua postura teórica alheio às críticas que lhe

⁵⁵ Rossi (1984). *Op.cit.*, p.114-115.

eram feitas. Além disso, Hutton morreu em 1800, pouco depois de divulgar sua principal obra sobre a Terra.

Diz Hutton (1794):

"Verdade não é algo... verdade não é um fato... Verdade e falsidade são coisas que não se pode propriamente dizer que existem na natureza, sendo só distintas pelo pensamento do homem."⁵⁸

Nesta passagem há um posicionamento e valorização das idéias sobre os objetos, pois estes últimos podem ser interpretados de forma diversa dependendo da organização do pensamento do sujeito cognoscente. Hutton preocupou-se em fixar os fenômenos físicos e químicos da natureza numa cosmologia geral teórica e conseguiu um certo sucesso na relação entre estas noções, tanto que, apesar de desprezado por seus contemporâneos foi aceito no século seguinte; além disso conseguiu articular a cosmologia da economia da natureza com uma metodologia para o estudo do passado da Terra: o uniformitarismo.

O Deísmo de Hutton - muito controverso - possui uma perspectiva iluminista, sua visão expressa uma ontologia de mundo: da economia e perfeição da natureza. Consequentemente rejeita a "queda apolítica" da Terra.

Os pressupostos a que recorre correspondem a uma religião natural; as decorrências dos pressupostos são comprovadas por evidências do mundo físico, estabelecidas em grande parte pela química e mineralogia. Ora, isto é uma ruptura com seus contemporâneos escoceses ("práticos") e uma aproximação metodológica com os teóricos da Terra do final do século XVII e início do XVIII.

Porém, Hutton se diferencia fundamentalmente de seus "precursores". Primeiro, e principalmente, pela aceitação de que o conhecimento começa na experiência. Segundo, no volume e consis-

⁵⁸ Hutton, J. (1794). *An Investigation of the principles of knowledge*. In: Porter (1977). *Op.cit.*, p.191.

tência das informações organizadas num sistema natural. Terceiro, sua experiência é mais adaptada às características de sua época.

Seu elitismo, inaceitável para seus contemporâneos - Jean de Luc e Richard Kirwan -, transcendeu a perspectiva de sua geração, porém esta transcendência fascinou a nova geração, não mais de historiadores naturais, mas sim - agora - de geólogos que perceberam a consistência e adequabilidade de seu empiricismo, uniformitarismo, causa capaz e economia da natureza. Nas primeiras décadas do século XIX, alguns geólogos rejeitaram o netunismo werneriano e o catastrofismo e adotaram o uniformitarismo para analisar a história da Terra e da vida.

"Os trabalhos de Hutton e Werner revelam diferentes meios intelectuais de desenvolvimento. A geologia de Hutton foi deísta e teológica, voltada para as conexões entre fenômenos geológicos, físicos e químicos do comportamento das rochas e concernente às relações entre geologia e filosofia natural. A geognose de Werner foi uma aproximação pragmática entre os corpos rochosos e o estabelecimento da sucessão estratigráfica e continuou o trabalho da história natural formalmente estruturada por um século de observações."⁵⁷

A concepção de Werner ficou conhecida como geognose ou netunismo na medida em que tinha como *arché* um oceano primevo que originou todos os estratos.

Werner construiu uma explicação netunista para origem e desenvolvimento da Terra. Esta teoria teve grande impacto sobre os mineralogistas e mineiros. Na Grã Bretanha os escoceses foram particularmente adeptos da geognose na época de Hutton. Lá foi fundada a Sociedade Werneriana de História Natural. Teve sua influência também sobre os naturalistas franceses e, pouco mais tarde, sobre os organizadores da Geological Society of London.

A geognose se desenvolveu na tradição mineira, mineralógica e metalúrgica dos países germânicos, atuais Alemanhas e Suécia. Teve como sua principal instituição irradiadora a Escola de Minas de

⁵⁷ Greene, M.T.(1982). *Geology in the Nineteenth Century (Changing Views of a changing world)*. Cornell University Press. Ithaca and London, p.66.

Freiberg, organizada durante o século XVIII, liderada por Werner. Em parte a geognose se confunde com Freiberg e com Werner pois neste local e com este mestre estudaram muitos naturalistas da época.

A geognose, despida de seu conteúdo deísta e bíblico, foi uma teoria que valorizou o estudo dos estratos, classificação das rochas e dos minerais, o trabalho de campo como fonte de informações para o conhecimento da Terra. Os critérios de classificação estabelecidos permitiram associar rochas de diferentes partes de uma região propiciando a classificação e ordenação estratigráfica. Isto permitiu a emergência de grande horizontalidade para servir de orientação ao estudo da história da Terra.

Esta parte prática abriu as condições de convergência entre a geognose e os trabalhos orientados pela perspectiva teórica e conflitante, representada pelos discipulos de Hutton, como John Playfair.

2.5.2 ECONOMIA DA NATUREZA

Playfair (1802) explica qual é o problema perseguido por Hutton em sua obra:

"Traçar as séries das revoluções para explicar suas causas e assim conectar todas as indicações de mudanças que podem ser conhecidas através do reino mineral, este é propriamente o objeto de estudo da *Theory of the Earth*."⁵⁸

Isto requer o desenvolvimento de uma ciência que se dedique a conhecer estas séries de transformações que ocorreram durante o passado da Terra. Mas aí surge um obstáculo para o avanço do pensamento de Hutton: como construir tal ciência tomando como elemento central o conhecimento empírico e levando em conta que o experimento é extremamente limitado no estudo do passado?

A resposta que Hutton procurou dar ao problema é a de que as explicações só seriam válidas se as possíveis causas tivessem

⁵⁸ Playfair, J. (1802). *Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth*. Dover Publications, Inc. New York, p.2.

correspondência com manifestações empíricas encontradas no presente.

Esta idéia é clara nas explicações de Hutton, ele a deduz do empiricismo:

"(...) É suficiente marcar que a ação durante muito tempo, nas com agentes infatigáveis, todos trabalhando juntos, e tendo a *gravidade* a seu favor, formam um sistema universal do decaimento e degradação que pode ser indicada em toda a superfície da terra, das montanhas ao litoral. Isto pode ser percebido com toda evidência de verdade, um aspecto dos mais importantes na história natural do globo (...) É verdade que não vemos os sucessivos passos desse progresso exemplificado nos estados das rochas individuais; e a convicção produz assim, quando o fenômeno é suficientemente variado e multiplicado, algo irreversível, como se as mudanças ocorrem atualmente no momento da observação."⁵⁸

Na economia da natureza, postulada por Hutton, aparece uma novidade não apresentada por seus contemporâneos: a ciclicidade de geração e degeneração produzindo uma continuidade e manutenção dos processos naturais.

"(...) O calor central produziria - sob o princípio da economia das forças - terremotos, vulcões e veios minerais e metálicos (1788:276). A economia natural de degeneração e regeneração da crosta da Terra era um estado cíclico no qual continentes e todas as características da paisagem eram secundárias produzidas por 'forças' primárias (1788:285)."⁵⁹

A partir desta visão vulcanista de história da Terra, Hutton procurou incluir os processos produzidos pelo outro agente fundamental e que é observado no presente formando estratos: a água.

A ciclicidade é garantida pela permanente construção e destruição do mundo que ocorre nos limites das leis físicas observadas no presente. Esta ciclicidade é dirigida para uma finalidade previamente estabelecida e progressista: construir um *habitat* para o homem.

Há uma questão controversa que emerge da abordagem huttoniana: que tipo de uniformidade da natureza emerge da concepção de Hutton? A geração posterior atribuiu a Hutton a ruptura com as explicações extraordinárias para a história da Terra e foi traçada uma corre-

⁵⁸ Playfair (1802). *Ib.*, p.100-101.

⁵⁹ Hutton, J. (1788). *Theory of the Earth*. In: Porter (1977). *Op.cit.*, p.188-189.

lação desta perspectiva com o uniformitarismo. Porém Hutton não estava especialmente preocupado com este último problema; sua teoria do conhecimento elimina as explicações extraordinárias em virtude da defesa do empiricismo. Tal empiricismo implica o estudo dos processos atuais e leva a uma geologia mais física do que histórica.

Se, para Hutton, há uma infinita sucessão de mundos, repetidos ciclicamente, não é importante a acumulação do tempo ou a permanência de processos. Por outro lado, se para Hutton a repetição não se dá exatamente como foi no passado, já surge uma noção de história e a utilização metodológica do presente é apenas a única forma empírica de se estudar o passado. Considera-se também que Hutton era um newtoniano, pois interpreta a Terra como um sistema. Neste sentido pode estar adotando a permanência das leis naturais durante todo o tempo geológico surgindo assim um uniformismo: a constância das leis da natureza.

No momento não temos elementos conclusivos sobre este problema. Contudo, como veremos adiante, há fortes indícios de que Hutton aceitava uma uniformidade da natureza. Segundo Porter (1977), a teoria de Hutton foi marginal em relação às tendências principais da ciência e, por certo tempo, suas idéias tiveram um impacto negativo no desenvolvimento da geologia. Sua teoria foi dedutiva e profundamente teórica, incorporando concepções fundamentais de física e química, metafísica e teoria da matéria.

"A 'Theory' de Hutton foi recebida propriamente como uma explanação profundamente teórica da história da Terra, seu presente e futuro foram compreendidos como a operacionalização de causas universais numa economia auto-suficiente da natureza. (...) Hutton ofertou para uma tradicional ambição teórica, um conteúdo profundamente diferente."⁸¹

Para Porter (1977), ao contrário de outros contemporâneos que procuraram conhecer na Terra um newtonianismo estável, passivo e

⁸¹ Porter (1977). *Op.cit.*, p.186-187.

estático; Hutton procurou uma harmonia de forças ativas com a filosofia newtoniana.⁸² Assim, Hutton articulou a origem de todos processos naturais com um *arché* capaz de produzir e destruir continentes, oceanos etc., todavia mantendo o equilíbrio das forças naturais. Este equilíbrio e o plutonismo do "fogo central" pode ser observado nas rochas encontradas na Terra.

"O primeiro conceito é o ciclo, uma economia natural de crescimento, decaimento e regeneração no tempo e processo. As origens intelectuais da filosofia de Hutton são muitas. Noções cíclicas foram comuns na história humana. Astronomia com os planetas girando em órbitas infinitas foram uma importante analogia. O ciclo, para um Deísta, confirma o sublime princípio da razão suficiente. (...) ⁸³"

Em seguida, Porter (1977) argüe se Hutton concebia a Terra como mecanismo ou organismo?

"(...) A visão cíclica expressa na concepção da Terra de Hutton tanto pode ser uma máquina do século XVIII quanto um organismo (...) "⁸⁴

E continua, a função flogisto para Hutton providenciou uma continuidade cíclica da natureza que liga a matéria viva (animais e vegetais).⁸⁵

Como afirmou O'Rourke (1978), os conceitos de tempo e espaço em Hutton são formados como abstrações de uma ordenação que o pensamento faz sobre as sensações. Ora, mas esta ordenação de elementos empíricos, só pode ser obtida aceitando-se as causas naturais observáveis como capazes de agir, pois elas o fazem devido à economia da natureza: a natureza realiza sua ação com o mínimo de esforço necessário.⁸⁶ Por outro lado, a mudança também é necessária dentro da economia da natureza: após discutir que as falhas são evidência de mudança dos estratos de lugar, Playfair (1802) conclui que tal mudança faz parte "do sistema regulador, essencial na constituição da economia do globo".⁸⁷

⁸² Porter (1977). *Ib.*, p.194.

⁸³ Porter (1977). *Ib.*, p.193.

⁸⁴ Porter (1977). *Ib.*, p.193.

⁸⁵ Porter (1977). *Ib.*, p.193-194.

⁸⁶ O'Rourke (1978). *Op.cit.*, p.11-12.

⁸⁷ Playfair (1802). *Op.cit.*, p.49

Mas, para sustentar que as falhas são evidências de movimento, recorreu a processos naturais atuais:

"Agora, é certo que muitos estratos se moveram angularmente, pois sua posição original pode ter sido totalmente horizontal.(...)"

Pois os materiais sedimentares formados no mar podem estar sujeitos às leis hidrostáticas devido aos fluidos em seus interstícios.⁶⁶

Mas há em Hutton uma delimitação prévia para a configuração geral do globo sobre suas características:

"Quando as camadas são horizontais e exibem grandes corpos de estratos mudados de seu lugar, enquanto partes de massas transferidas, relativamente não perturbadas (uma em relação à outra), estas camadas fornecem uma clara prova de que a mudança de lugar não está ligada à formação de cavernas, como supõem os geólogos. A direção horizontal e a regularidade do movimento são incompatíveis com este tipo de causa e acrescentam uma nova questão importante: nos sinais de distúrbio que prevalecem nas mudanças da Terra, no reino da simetria e ordem, que indicam a ação de forças de grande magnitude, todavia que fluem e gradualmente provocam seus efeitos. (...)"⁶⁷

O mundo natural é concebido como o reduto da ordem, a natureza tem esplendor e perfeição na medida em que é regulada por uma economia onde não existe desperdício, onde as leis agem regular e gradualmente. Mas para que tais mudanças ocorram, para que a ciclicidade seja o elemento fundamental da Terra, o tempo - que é mera conclusão não essencial dentro do sistema huttoniano - é estendido para fora dos limites das Escrituras Sagradas, para além do tempo histórico, para além da existência da humanidade.

Segundo Albritton Jr. (1980), o fato da Terra ser mais antiga do que se imaginava cresceu com os discípulos de Hutton (que foi o primeiro britânico a rejeitar a cronologia bíblica). Longas séries de mudanças foram inferidas da configuração, estrutura e composição atuais da Terra. Causas sobrenaturais foram eliminadas, exceto a "primeira causa".⁷⁰

⁶⁶ Playfair (1802). *Ib.*, p.42.

⁶⁷ Playfair (1802). *Ib.*, p.63.

⁷⁰ Albritton Jr. (1980). *Op.cit.*, p.214.

2.5.3 TEMPO E ESPAÇO EM HUTTON

Ao iniciar seu livro, John Playfair refere-se diretamente ao tempo numa articulação dedutiva da sucessão de eventos na natureza:

"Um pouco de atenção aos fenômenos do reino mineral é suficiente para nos convencer que a condição atual da superfície da Terra não foi a mesma em todas as eras. Quando observamos impressões de plantas no interior das rochas; quando descobrimos árvores soterradas em arenitos e camadas de calcáreo ou mármore, compostas de conchas e corais, vemos o mesmo indivíduo em dois estados, um estado totalmente diferente do outro. Neste instante temos uma prova clara de que as terras atuais estiveram profundamente imersas nas águas do oceano.(...) veríamos abundantes razões para concluir que a Terra tem sido o teatro de diversas grandes revoluções e os efeitos das mesmas estão estampados na superfície da Terra."⁷¹

O primeiro elemento que chama atenção é a aceitação da origem orgânica dos fósseis e a classificação de um conjunto de elementos como pertencentes à mesma espécie. Só após assumir, previamente, este pressuposto, Hutton pode deduzir a existência de diversas transformações no globo.

A identificação e interpretação das séries de revoluções - tarefa da ciência geológica - pode ser feita, porque estas ficaram estampadas na superfície do planeta. Como estas revoluções são produzidas pela interação de dois agentes fundamentais (fogo central da Terra e água) elas são o produto, esperado, da economia da natureza.

Com isso, Hutton voltou seu olhar para os elementos estampados na superfície da Terra, valorizando esta superfície como fonte de informações para o conhecimento da Terra. Houve uma delimitação da parte da natureza a ser observada. Além disso, houve um corte nos processos que deveriam ser observados: os processos naturais atuais capazes de explicar as indicações das revoluções estampadas na superfície da Terra.

⁷¹ Playfair (1802). *Op.cit.*, p.1-2.

Há uma espécie de geometrização daquilo que deve ser observado, pois a superfície da Terra possui uma forma geométrica e, nesta forma geométrica, deve-se procurar outras formas que permitiram estabelecer quais foram as séries de revoluções pelas quais passou o planeta.

Toda esta investigação tem sentido, na medida em que, sucessivas revoluções ocorreram na história da Terra, pois a ocorrência de transformações é coerente com a economia da natureza.

Nesta passagem, o tempo não é um elemento fundamental da articulação do pensamento, o tempo aparece implicitamente quando se pergunta da ocorrência das diversas revoluções apontadas. Uma série de revoluções que ocorrem no âmbito da economia da natureza, movidas pelas mesmas forças que hoje atuam (fogo e água) obrigatoriamente deve levar muito tempo para ocorrer, um tempo que foge aos limites do tempo histórico humano.

No empirismo de Hutton o tempo é um conceito que aparece nas conclusões após terem sido descobertas as sucessivas revoluções que ocorreram no globo.

O tempo em Hutton não é essencial. Hutton está particularmente interessado em demonstrar no conhecimento da Terra a sua epistemologia empirista. A *Theory...* expressa muito mais um modo iluminista de estudar a história da Terra, procurando demonstrar que os princípios da economia humana têm uma base naturalística, esta base é a economia da natureza que implica um desenvolvimento cíclico onde geração e destruição interagem revolucionando a Terra, buscando uma finalidade antropocêntrica e progressista.

A posição weneriana, toma a água como o principal agente atuante durante a história natural, mostra a permanente degeneração do mundo: os continentes são permanentemente arrasados, os solos erodidos, as rochas intemperizadas e destruídas. Para que o mundo

continue a existir torna-se necessária a intervenção divina que revoluciona bruscanente todo o globo. A geração depende de forças sobrenaturais.

No empirismo de Hutton, a fonte de geração do mundo só pode ser o calor central da Terra, que faz sua aparição na superfície através dos terremotos e vulcões. Daí sua dedicação em explicar a origem dos granitos e basaltos, veios e demais corpos não-estratificados (*whinstones*). Desta maneira, o vulcanismo aparece com grande força para o teórico do conhecimento da Terra.

"Tanto como não duvidamos de um longo período necessário para a elevação dos estratos, (...) não duvidamos de um mesmo período para a formação dos veios. (...) Algumas vezes também, na interceção de dois veios, podemos traçar a corrente dos materiais de um, através do outro, e, aqui, por consequência, a antiguidade relativa é determinada em sua decorrência." [grifo meu]⁷²

Esta passagem mostra explicitamente o tempo. Um tempo que, nitidamente, é a conclusão tirada da série de revoluções pelas quais o globo passou. Para Hutton o tempo decorre dos processos, o tempo não pode limitar os processos. É uma passagem essencial de defesa do vulcanismo. Nela o tempo aparece no seu caráter absoluto e relativo: na duração e na sequência de eventos relativos.

Hutton, assim como os wenerianos, aceita o tempo relativo que decorre dos princípios stratigráficos de Steno. Todavia, nesta passagem, há um elemento novo: o princípio da interceção de estruturas. Este princípio, fundamental na ordenação relativa de eventos geológicos, é mais abstrato do que o princípio da superposição. Esta ordenação não decorre da lei da gravidade ou da observação atual da sedimentação; seu pressuposto são os processos magnéticos que ocorreram no interior da litosfera e não são diretamente observados.

Hutton usou a interceção para rejeitar a idéia weneriana de duas eras geológicas principais. As rochas, classificadas pelos

⁷² Playfair (1802). *Ib.*, p.63.

wenerianos como da era primária (rochas cristalinas produzidas por forças sobrenaturais, hoje entendidas como metamórficas e magnéticas), poderiam ser mais novas que as rochas sedimentares (classificadas como da era secundária, produzidas por forças naturais) que estavam ao seu redor. A conclusão de Hutton é: os granitos não poderiam continuar sendo considerados pertencentes à era primária quando estivessem interceptando estratos sedimentares, ié., os granitos deixaram de ser as rochas mais antigas do planeta.

O princípio da intercepção de estruturas, apresentado por Hutton, abria a perspectiva de acumulação do tempo. Esta acumulação não é garantida dentro de sua concepção cíclica de sucessão de revoluções. Somente com a intercepção pode-se garantir que o tempo vai sendo acumulado, a medida em que, as revoluções vão sendo estampadas na superfície do globo. Todavia os sucessivos mundos, que se repetem ciclicamente, podem não ter deixado, registro permanecendo desconhecidos para nós - ou pelo menos para o nosso conhecimento atual para interpretá-los.

Em decorrência, Hutton abre a perspectiva de subordinação do conceito tempo ao conceito espaço, pois o tempo é constituído conforme desenvolvem-se as descobertas das revoluções, registradas na superfície do planeta.

Em Hutton há, desta forma, uma íntima ligação entre os conceitos de tempo e espaço, um aparece somente quando o outro vai sendo descoberto no conhecimento da Terra. O uniformismo é requerido pela teoria do conhecimento que Hutton defende: o passado só pode ser explicado com processos naturais do presente, pois a economia da natureza requer que somente forças naturais atuem durante a existência do planeta:

"É altamente interessante traçar, desta maneira, a ação de causas que são familiares para a produção de efeitos que primeiramente não requerem a introdução de forças desconhecidas e extraordinárias. Não é menos interessante observar como a natureza tem balanceado sua ação em todos os

minutos com suas causas conduzindo para o bem geral. (...) A quantidade de terra assim carregada varia com as circunstâncias, tem sido calculada algumas vezes que a água dos rios contem matéria em suspensão em grande quantidade. Todavia o solo é continuamente diminuído, suas partes sendo transportadas dos pontos mais altos para os mais baixos e finalmente até o mar. Mas é um fato que o solo, apesar disso, permanece com a mesma quantidade (...) seu aumento pode proceder da constante desintegração das rochas.(...)"⁷³

O debate que se segue à teoria de Hutton estará focalizado principalmente na origem dos basaltos e veios. Os wenerianos permanecerão sustentando a origem sedimentar dos basaltos (netunismo) *versus* a origem vulcânica destas rochas (vulcanismo). Este debate terá seus protagonistas nos discípulos de Werner (principalmente John Murray) e de Hutton (principalmente John Playfair).

O pensamento de Hutton resgatou complexamente a tradição filosófica do iluminismo. Vários filósofos influenciaram Hutton (além de Bacon, Hume etc.) porém no momento não procuraremos resgatar tais tradições filosóficas. Deve-se ressaltar, que apesar das diferenças na visão de espaço e tempo, entre Hutton e Immanuel Kant, de certo modo, seguiram trajetórias parecidas; ambos foram influenciados por Isaac Newton, ambos foram teleológicos e progressistas, tempo e espaço foram conceitos que contribuíram para classificar e ordenar eventos e objetos.

O espaço em Hutton está muito ligado a idéia de movimento: a descoberta dos movimentos ocorridos nos corpos geológicos (estratificados ou não), soerguimentos, falhas, dobramentos de tudo Hutton falou e para compreender esta história ele teve como base o princípio da horizontalidade de Steno e da intersecção. A geometrização dos objetos naturais, vistos dentro do sistema da economia da natureza, produziu a idéia de movimento dos corpos à qual Hutton se referiu.

⁷³ Playfair (1802). *Ib.*, p.105.

A ciclicidade, deduzida da economia da natureza, implicou a rejeição de toda e qualquer idéia de evolução ou aperfeiçoamento do mundo. A repetição sucessiva dos ciclos da natureza não produzia um acúmulo evolucionista, conseqüentemente o tempo também não era acumulado (não era um aspecto essencial de sua teoria da Terra).

Como há permanente repetição, decorrente do choque dos agentes destrutivos com os construtivos (*arché*), uma decorrência é que o tempo deve ser extenso para que tudo permaneça na natureza.

Tendo a economia da natureza como ponto de partida e aceitando a idéia de progresso Hutton teve que separar o homem - conseqüentemente o homem é ontologicamente diferente do resto da natureza - e, assim aparece uma história cumulativa e progressista: a história humana. O mundo que não teria início ou fim metafisicamente está a serviço do "lorde da natureza", o tempo que não teria início ou fim muda de qualidade quando se refere ao homem.

2.6 LYELL NA ERA DA GEOLOGIA

2.6.1 CONTEXTO DE LYELL

O naturalista britânico Charles Lyell teve sua formação em geologia quando as instituições científicas estavam relativamente bem caracterizadas.

Segundo Porter (1977), o primeiro quarto do século 18, marcou uma absoluta expansão das atividades de pesquisa e publicação geológicas. As publicações mostram o crescimento do emprego e integração da pesquisa e atividade de campo (que se tornou mais comum). Poucos geólogos deste período viveram o isolamento intelectual de seus predecessores. Os debates, entre teorias conflitantes, se deram no *interior* da ciência geológica.⁷⁴

⁷⁴ Porter (1977). *Op.cit.*, p.214.

No final do século XVIII, havia três instituições principais dedicadas à ciência em Londres: British Museum (fundado em 1753), Royal Society of London (de 1665) e Linnean Society (de 1788).⁷⁵

Em 1807 foi fundada a Geological Society of London por um grupo de naturalistas. A *Geological Society...* marca a auto-organização da comunidade geológica e buscava explicitamente firmar uma nova ciência. A *Geological Society...* teve um crescimento rápido e em conflito com as outras associações de cientistas (principalmente a *Royal Society...* e a *Linnean...*), as razões destes conflitos são diversas e ligadas a diferenças sociais, contudo também expressam diferenças metodológicas quanto ao estudo da Terra.

"Enumeração de estratos de qualquer parte do país com sua composição, com as mudanças que sofreu e as operações que o levaram ser do modo como se apresenta, forma a verdadeira história geológica do país e uma acumulação de muitos destes aspectos históricos é o melhor material para a história física geral do mundo."⁷⁶

Essa preocupação entrava em conflito com as proposições mais teóricas, preconizadas pelas instituições científicas mais antigas e voltadas para formular teorias gerais sobre origem e história da Terra com poucas preocupações práticas. Daí estas entidades viram com desconfiança as inovações da *Geological Society...* principalmente porque esta última não era formada por membros da nobreza, como era o caso da *Royal Society...*

A tarefa, que a *Geological Society...* auto-estabelece, visa superar problemas deixados pela geração anterior, para tanto, procura utilizar novos instrumentos de pesquisa e difusão do conhecimento (maior utilização da linguagem visual, normatização da observação e nomenclatura, ampliação da atividade de campo etc.). Mas

⁷⁵ Thackray, J. *The Geological Society of London and Its Links with South America.* In: An. do I Colóquio de Teoria e História da Geologia. Área de Educação Aplicada às Geociências. Instituto de Geociências - UNICAMP. No Prelo. Campinas. 1988.

⁷⁶ Richardson, W. (1811). *On the strata of mountains.* In: Porter (1977). *Op.cit.*, p.176. William Richardson foi um dos fundadores da Geological Society of London.

sua principal tarefa - autoproclamada - foi buscar a objetividade no conhecimento da Terra - como depreendemos da citação de Richardson.

Segundo Porter (1977), a proclamada independência e objetividade da geologia como ciência envolveu, em muitos aspectos, uma imagem proclamada que não condizia com os fatos. Em inumeráveis situações a geologia desenvolveu métodos e fins de outras ciências, bem como, traduziu metáforas e axiomas intelectuais do mundo em geral. Assim, a "geologia projetou valores de seus devotos". Afirmações, de independência e objetividade, esconderam aspectos históricos insuspeitos. Só tardiamente se aceitou a antiguidade da vida humana e a convencional separação entre: geologia, arqueologia e antiquários.⁷⁷

Uma das traduções da objetividade foi a busca de delimitar o âmbito da nova ciência. Nas primeiras décadas do século XIX, a geologia tornou-se a ciência das relações dos objetos naturais e das causas destas relações.

Vários estudiosos da Terra procuram indicar os limites desta nova ciência, entre eles se destacou Charles Lyell. Lyell (1830) afirma:

"Geologia é a ciência que investiga as sucessivas transformações ocorridas nos reinos orgânico e inorgânico da natureza, pergunta acerca das causas destas transformações e acerca da influência que elas exercem na modificação das estruturas internas e externas do nosso planeta."⁷⁸

Esta é uma definição que tornou-se clássica no meio geológico. Intensamente divulgada, foi se perpetuando durante as décadas seguintes como a perspectiva do trabalho geológico.

Neste período, outro aspecto ligado à busca de objetividade, foi a tentativa de refutar as tradições cosmológicas e cosmogônicas

⁷⁷ Porter (1977). *Op.cit.*, p.208.

⁷⁸ Lyell, C. (1830). *Principles of Geology*. In: Cunha, C.L. da S. (1986). *Análise da Coerência Interna dos Livros de Geologia Introdutória*. Tese de Mestrado. Faculdade de Educação - UNICAMP. Campinas, p.82. Cunha cita a primeira edição do livro de Lyell.

que influenciaram a estruturação do conhecimento da Terra. A nova ciência não podia aparecer como uma religião, seita etc. por isso tais influências foram duramente criticadas.

Charles Lyell, em sua história da geologia "identificou as principais fontes de dificuldades que retardaram o progresso da ciência. Estas referem-se às pressuposições sobre a duração do tempo passado e vai até a ignorância geral da espessura da Terra e origem das águas do mar."⁷⁸

INTERESSE SOCIAL NO CONHECIMENTO DA TERRA

Na época de Lyell, a geologia teve um importante crescimento, em parte, devido às questões com as quais o conhecimento da Terra tinha envolvimento: origem da Terra, da vida e do homem. Tais questões estavam fervilhando nos meios científicos e religiosos da época.

A resposta da ciência geológica às necessidades sociais se manifesta de modo complexo e tácito, num ambiente onde intervêm necessidades econômicas e culturais que afetam os grupos sociais que pretendem distinguir a geologia como uma nova ciência. Nos momentos de fechamento ideológico da sociedade - como ocorreu durante as guerras napoleônicas - os cientistas da Terra procuram auto-dizer-se de acordo com os dogmas professos pela sociedade. Sem, contudo, abandonar sua estrutura metodológica que procurava dar conta das necessidades de recursos minerais.

Por outro lado, o conhecimento geológico aproveitou os momentos de maior liberdade de pensamento, quando procurou se afastar dos dogmas religiosos (p.ex., no próprio trabalho de Lyell). Segundo Porter (1979), a geologia não perdeu sua parcialidade pois Lyell, Adam Sedwick, Willian Whewel, George J. P. Scrope e R. I. Murchison acreditavam como Hutton e John Woodward que a missão da ciência era criar uma nova sociedade. Nas concepções de geologia, nitidamente aparecem preferências sociais. Na nova configuração do

⁷⁸ Albritton Jr. (1980): *Op.cit.*, p.140.

conhecimento geológico, o homem foi formalmente separado da natureza. Na geologia de Lyell, o homem sendo moral, espiritual e racional, ontologicamente se distinguia do restante da história da Terra.⁷⁰ Para Porter (1977), a ciência, e a geologia principalmente, assumiu uma posição que pertencia à igreja: ser a guardiã da ordem cósmica e política.⁸¹

Segundo Hooykaas (1970), Lyell na "*Antiquity of Man*" (de 1863) afirma que, indiscutivelmente, o homem apareceu depois dos outros animais e foi um fato novo na história da Terra. Lyell rebateu as críticas de que, tal posição sobre o homem, implicava a aceitação de uma transformação radical no curso da natureza. Para Lyell, o evento humano no planeta não feria a concepção uniformitária, pois o homem era um evento moral que refletia a ação divina.⁸²

Lyell manteve esta posição sobre o homem indicando uma diferença ontológica entre homem e o resto da natureza, mesmo depois de aceitar a teoria da evolução de Darwin.

A expansão do conhecimento da Terra, estruturado como um conhecimento científico e objetivo da história do planeta, influenciou o pensamento filosófico de sua época e reduziu a importância das explicações cosmológicas na sociedade. Lyell foi importante neste processo ideológico de transformação de sua época, devido ao reconhecimento científico de suas idéias.

A principal obra de Lyell foi *Principles of Geology* (cuja primeira edição foi publicada em 1830, em três volumes, após anos de viagens e pesquisas). Neste trabalho, a estruturação dos capítulos em si indica a perspectiva social aceita por seu Autor. Os capítulos iniciais são dedicados aos "progressos" da geologia; os capítulos seguintes tratam do "reino inorgânico" e outros do "reino orgâ-

⁷⁰ Porter (1979). *Op.cit.*, p.116.

⁸¹ Porter (1979). *Ib.*, p.220.

⁸² Hooykaas, R. (1970). *Continuité et Discontinuité en Géologie et Biologie*. Editions du Seuil. Paris, p.167.

nico"; separado destes há os capítulos dedicados ao homem, aos processos vulcânicos e a metodologia geológica.

Lyell procurou sistematizar o conhecimento elaborado sobre a Terra, até sua época, apresentando concisamente décadas de pesquisas, revendo, sob sua ótica, o que deveria ser o conhecimento geológico. Elaborou o que atualmente seria denominado um livro texto para defender seus pontos de vista. Buscou eliminar as hipóteses fantásticas e extraordinárias, valorizou o estudo das rochas e dos minerais, enfatizou a atividade de campo na produção do conhecimento e mostrou uma história da Terra construída na interrelação entre as ciências físicas, desprezando explicações cosmológicas globais.

Os capítulos sobre o reino orgânico da natureza são apoiados na concepção transformista de Lamarck. Somente na décima edição, em 1867, Lyell incorporou a seleção natural de Charles Darwin (dedicando vários capítulos às idéias de Darwin, mas não excluindo o pensamento de Lamarck). A posição de Lyell, frente a Lamarck, expressou o reforço à idéia de transformismo, continuidade, uniformidade e tempo necessário para que os processos do reino orgânico ocorram; por outro lado, Lyell negou a teleologia progressista (de origem metafísica) que é essencial no transformismo lamarkiano.

Ao contrário da maioria dos naturalistas britânicos, Lyell postulou a uniformidade estrita da natureza, baseado no estudo dos fósseis, e criticou posições como as de Cuvier. Cuvier não aceitava tal uniformidade, pois estudando detalhadamente fósseis, indicou mudanças de qualidade nos processos orgânicos registradas nas mudanças das assembleias faunísticas ordenadas cronologicamente. Lamarck, ao contrário, estruturou sua teoria transformista sem o uso de fósseis, mas foi defensor da uniformidade no reino orgânico. Lyell, de certa forma, completou o estudo de Lamarck usando os fósseis e postulando a mesma uniformidade.

Laurent (1981-82) discute as influências de J. Lamarck sobre Lyell. A inclusão da explicação paleontológica nos "*Principles of Geology*" é atribuída ao sucesso das descobertas de Lamarck. Entretanto isto introduziu uma contradição entre explicações de processos do reino inorgânico e orgânico. Nas primeiras, Lyell sustentou a existência de ciclos e variações que podem ter uma cronometria aproximada dos eventos; nas segundas, existem diferentes estados que se sucedem, isto permite uma cronometria zoológica e precisa, realizando a acumulação do tempo e portanto possuindo uma historicidade. Esta contradição é explicada por Laurent (1981-82) como sendo devida à especialização de Lyell em petrologia.

Esta contradição apontada por Laurent (1981-82) necessita ser analisada, pois Lyell é profundamente influenciado por Hutton. Nos *Principles...* há passagens indicativas da manutenção da idéia de economia da natureza e portanto da ciclicidade.

Nas primeiras páginas dos *Principles...*, Lyell praticamente repete a argumentação de Hutton quanto à economia da natureza, inclusive usando o exemplo da destruição e regeneração do solo (presente na *Theory...* de Hutton e repetida por Playfair). Na história da geologia, busca na cultura de diversas civilizações cosmologias cíclicas, contudo procura reforçar que a geologia não é uma cosmologia. Elogia Hutton por ter afastado da ciência as explicações sobrenaturais.

Apesar do sucesso da "*Origin of Species*" de Darwin, publicada em 1859, Lyell incorporou a teoria da evolução somente na edição dos *Principles...* de 1867. Pensamos que Lyell resistiu à teoria de Darwin porque ela implicava admitir rupturas na uniformidade no reino orgânico da natureza - aspecto metodológico central de sua obra.

O esforço principal de Lyell era separar a geologia da religião. Fez uma crítica feroz ao catastrofismo, afirmando a continuidade dos processos naturais. A uniformidade da natureza, a ação persistente que Hutton havia deduzido de sua teoria do conhecimento, Lyell procurou virar de ponta-cabeça e fazer a uniformidade da natureza emergir indutivamente das relações entre os objetos naturais.

Deste modo, mesmo aceitando uma acumulação cronológica no reino orgânico, diversa do movimento cíclico do reino inorgânico, Lyell manteve a uniformidade dos processos em ambos. Consequentemente, rejeitou rupturas (descontinuidades, catástrofes) que - segundo sua perspectiva - poderiam abrir caminho à intervenção de agentes extraordinários, forças milagrosas etc.

Por outro lado, o atualismo de Lyell não poderia rejeitar o transformismo de Lamarck. O transformismo era uma explicação para a diversidade dos fósseis. Os fósseis eram indicações de que a vida se modificou durante a história da Terra. Caberia a Lyell explicar estas mudanças com os mecanismos que modificam as espécies atualmente - devido à uniformidade e continuidade dos processos naturais. Neste instante, intervem o mecanismo proposto por Lamarck - carregado de uniformidade biológica e geológica.

Quando Darwin expõe sua teoria, substituindo o transformismo lamarckiano pelo evolucionismo e mantendo a estrita uniformidade no reino inorgânico da natureza - muito provavelmente por influência do próprio Lyell - o impacto social e o postulado de que os processos orgânicos se modificam durante a história da vida, levaram Lyell a rejeitar a teoria evolucionista de Darwin.

Lyell acabou por aceitar somente um "evolucionismo estrito". O mundo orgânico se transforma pela seleção natural, i.é., a uniformidade não é absoluta no reino orgânico. Porém há uma excessão na

seleção natural: o homem não é produto da seleção natural, é produto do progresso da natureza. Ou seja, há uma teleologia em relação ao homem na Terra. Lyell não elimina o antropocentrismo, apesar das evidências científicas em contrário de Darwin.

A noção de processo, que emerge da leitura de Lyell, reforça a continuidade dos processos sem uma permanência eterna dos mesmos; além disso, reforça a idéia de uniformidade dos agentes que transformam a natureza inorgânica e controlam os processos da natureza orgânica, delimitando a lentidão e gradualidade das mudanças no reino orgânico. Tais mudanças, foram produzidas no passado, como são produzidas hoje: pela seleção natural. Com isso Lyell produz uma imagem de tempo preenchido, lento e conseqüentemente longo.

Quanto à vida: "(...) A inferência geral estruturada do estudo e comparação de vários grupos, ordenados cronologicamente, é esta: em sucessivos períodos, distintas tribos de animais e plantas têm habitado terras e águas e estes grupos agora existentes nunca são análogos àqueles das rochas mais antigas do mesmo local. Se tomarmos o presente estado da criação animada e perguntarmos como começou a se fixar os seres vivos atuais, descobriremos que há um estado de contínuo fluxo - ao contrário do que pensaríamos, são muitas as causas em ação que tendem à extinção das espécies e que são conclusivas na doutrina de sua durabilidade limitada."^{es}

Nesta passagem, sobre as transformações que ocorrem no "reino orgânico" da natureza, Lyell procurou indicar - com base nas características atualmente observadas - que as mudanças de espécies são lentas e graduais, mesmo quando observamos de um estrato para outro - "ordenados cronologicamente" - uma mudança geral na assembléia faunística e floral.

Neste movimento, contra os catastrofistas, Lyell procurou rejeitar a influência religiosa no conhecimento da Terra. No capítulo dos *Principles...* dedicado às idéias que retardaram o desenvolvimento do conhecimento geológico, Lyell centra-se na discussão do tempo geológico - amparado nas interpretações que eram dadas às

^{es} Lyell, C. (1867). *Principles of Geology*. John Murray. London, v.1:p.310.

múncias egípcias -; a uniformidade da natureza é o elemento necessário para interpretar o passado, pois está de acordo com a economia da natureza e a interpretação do registro geológico.

A obra de Lyell, se inseriu no meio científico, quando a controvérsia entre huttonianos e wenerianos tinha atingido seu auge.

LYELL: VULCANISTA PROCURANDO LIBERTAR A CIENCIA DA RELIGIAO

A controvérsia entre vulcanistas e netunistas se dá dentro do conhecimento geológico. No final do século XVIII, existia uma comunidade científica dedicada à geologia que compartilhava metodologia, linguagem e padrão de produção de conhecimento relativamente distanciada da tradição religiosa. Esta comunidade centralizava e coordenava informações obtidas em todas as partes do mundo; apesar de melhor estruturada apenas em alguns países da Europa, mantinha contato com naturalistas espalhados em diversos países.

Esse padrão comum de produção do conhecimento apoiava-se em: princípios estratigráficos aceitos (de Steno e Hooke), atualismo para interpretar o passado, tempo geológico extenso, valorização da atividade de campo. Esta comunidade se dividia quanto às teorias explicativas para a história da Terra. Tal divisão, ficou conhecida com o título de debate vulcanismo *versus* netunismo.

Lyell se insere neste debate como um vulcanista, huttoniano, uniformitário estrito. Sua argumentação - diferente de Hutton - se sustenta sobre as explicações para o reino orgânico fundadas no registro fossilífero.

Na questão específica sobre a origem dos basaltos, veios e granito, Lyell se distancia da experimentação químico-petrológica que era igualmente usada por vulcanistas e netunistas - sem chegar a qualquer experimento conclusivo. Lyell concluiu pela origem ígnea dos basaltos com informações de campo e atualismo: comparando

as lavas vulcânicas atuais, estudadas por ele principalmente no Etna, na Itália, com os basaltos.

Todavia, ao fechar a questão vulcanismo *versus* netunismo, Lyell deslocou o debate para a uniformidade dos processos naturais ao tratar da ciclicidade do reino inorgânico da natureza. Esta posição aumentou a densidade do tempo a medida em que postulou uma estrita continuidade dos processos naturais. Porém, num ambiente influenciado pelo netunismo, onde discussão teórica da filosofia e teologia naturais ainda se misturam com geologia, surge um bloco de estudiosos da Terra que procura rebater esta uniformidade estrita.

Os principais geólogos britânicos participaram deste debate opondo-se à uniformidade de Lyell. Este é um dos debates mais conhecidos da geologia denominado uniformitarismo *versus* catastrofismo.

Uma gama variada de posições estava presente, desde o uniformitarismo estrito (uniformidade de leis naturais, processos, agentes e velocidades - Lyell), até a ocorrência de súbitas suspensões das leis naturais, com a extinção em massa de espécies; passando por constância das leis naturais que combinadas em situações singulares podem produzir rupturas rápidas seguidas de períodos dominados por processos contínuos.

Verdadeiramente o debate nunca se encerrou e, de certa forma, está presente até nossos dias. Porém contribuiu para firmar, entre os geólogos, um conjunto de idéias e práticas comuns quanto à atividade de campo, papel limitado da experimentação, fixação do objeto de estudo na história da Terra e longa duração desta história.

Com a divulgação da teoria da evolução de Darwin, o debate se desdobrou entre evolucionistas *versus* criacionistas (os segundos expressavam diversos matizes de catastrofismo biológico).

2.6.2 ESPAÇO E TEMPO EM LYELL

Devido à grande influência de Hutton no pensamento de Lyell, a concepção de espaço e tempo do primeiro influenciou no segundo. O primeiro aspecto a ser mencionado é relativo à duração do tempo: ambos pensaram num longo tempo de desenvolvimento dos processos naturais. A história da Terra é longa e conhecemos apenas uma pequena parte da mesma.

No que tange ao tempo geológico, a edição de 1867-8 dos *Principles...*, apresenta uma escala universal para o tempo geológico relativo, montada com os princípios estratigráficos (Steno) e com o registro fossilífero. Quando Lyell postulou a lentidão e continuidade dos processos naturais (particularmente o transformismo lamarkiano e, mais tarde, a seleção natural) conseqüentemente, postulou uma duração na ordem de uma centena de milhões de anos para a duração deste tempo.

Diferentemente de Hutton, para quem o tempo era pura decorrência da ciclicidade da natureza, Lyell valoriza o tempo em si. O longo tempo da história da Terra mantém uma relação biunívoca com a uniformidade da natureza.

"O estabelecimento de era por era, de numerosos pontos de identificação entre o presente e o passado, fizeram com que os geólogos, relutantemente, admitissem que há muitas correspondências entre a situação do globo nas eras remotas e hoje, além disso há mais uniformidade das leis que regularam as mudanças na superfície terrestre do que se imaginou no passado. Se, neste estado da ciência, desaparecesse a relação entre muitas classes de fenômenos geológicos e as causas ordinariamente em operação, os limites do pensamento analógico perderiam credibilidade (...) Em poucas palavras, os mesmos homens que, como filósofos naturais, teriam sido os mais incrédulos aceitando a ação de eventos extraordinários no curso da natureza, (...)"⁸⁴

O tempo é um existente sem começo ou fim, onde os estados da natureza se sucedem. Só podemos compreender estes estados porque há

⁸⁴ Lyell (1867). *Ib.*, v.1:p.104.

uma ligação entre o passado e o presente: ligação ontológica estabelecida pela uniformidade dos processos naturais.

A continuidade dos processos preenche todos os instantes do tempo. Se hoje, ainda não somos capazes de recuperar tais instantes é devido ao nosso parco conhecimento da história da Terra e a perda do registro provocada pelo ciclo erosivo. Os hiatos, descontinuidades que identificamos no passado, correspondem a perdas de parte do registro deste tempo, não são devidas a mudanças bruscas dos processos.

O tempo geológico de Lyell é denso, ocupa todos os interstícios da história da Terra, inclusive aqueles que não observamos - irremediavelmente perdidos pela erosão. Há uma ligação íntima entre tempo e processo, não é mais como em Hutton algo que não pode limitar o processo mas, um tempo colado na explicação do que ocorreu.

Nesta abordagem, para estudar o passado, aparece uma espécie de tempo absoluto no qual a história da Terra está contida e só pode ser contada quando se faz a conexão de tempo e processo: gradual e contínuo.

Quando Lyell - por influência de Lamarck - desloca seu interesse para o estudo do reino orgânico da natureza, passa a combinar a ciclicidade dos processos inorgânicos com a acumulação dos orgânicos (o aperfeiçoamento progressista das espécies torna-se implícito). Isso produz uma acumulação cronológica de tempo que corresponde à historicidade da Terra quando esta passa a ter vida. No livro surge o tempo que lenta e gradualmente se acumula e a vida é o elemento que faz fluir esta acumulação. Este tempo, já extenso na época de Lyell, hegemônizou completamente os geólogos do século XIX, sendo propagado por livros e trabalhos de geologia.

Este tempo, já tão extenso, foi ampliado no final do século XIX pelos trabalhos de Rutherford alcançando bilhões de anos no século 20. A fusão entre o tempo e a continuidade dos processos geológicos tornou o entendimento histórico da natureza possível somente com esta escala temporal.

Na revisão que Lyell fez do conhecimento de sua época, sem dúvida, teve contato com a representação visual do conhecimento geológico. No seu livro há pouca linguagem visual, mas chama atenção aonde esta linguagem aparece: nos capítulos que falam do Etna (Itália), local onde trabalhou. A maioria das representações geológicas da obra são seções e perfis onde tempo e espaço são mostrados. A linguagem verbal liga e explica produtos e processos, a visual traz à luz a visão existente da crosta, seus estratos e sequência de eventos. Num movimento abstrato espaço e tempo estão juntos, reunidos com o olho de Lyell vendo os acontecimentos passados.

Parcelas da crosta são olhadas, visualizadas e iluminadas. Seus elementos são abstraídos e reunidos numa teoria da Terra: teoria na qual os processos são sempre lentos, contínuos e uniformes. Esta é a perspectiva objetiva, científica, espaço-temporal do conhecimento geológico na concepção de Lyell.

Em poucas passagens Lyell fala de espaço. Num elogio a Hutton o compara a Newton:

"(...) Todas as rochas mais antigas foram representadas como sendo derivadas da natureza, a última de uma série de antecedentes e que, talvez, um entre muitos mundos pré-existentes. Apareceu a imensidão do tempo passado, comparável com a visão de espaço da filosofia de Newton, onde tão sublimes idéias não podiam ser misturadas com o senso de nossa incapacidade de conceber um plano de extensão infinita. Mundos são vistos como mundos imensuráveis distantes um do outro e, por isso, inumeráveis outros sistemas são traçados nos confins do universo visível." [grifo meu]⁸⁵

⁸⁵ Lyell (1867). *Ib.*, v.1:p.76-77.

Ao comparar o trabalho de Hutton com o de Newton, Lyell acaba esmiuçando uma visão de espaço infinito. Mas, este espaço não está ligado a um problema geológico propriamente dito.

Verbalmente, tempo e espaço possuem o mesmo *status* dentro do conhecimento, porém não é explícita a postulação do espaço absoluto de Newton como sendo o espaço do conhecimento geológico.

Os perfis e seções do livro mostram muito mais um espaço ligado à crosta terrestre: espaço relativo da crosta, da Terra e de sua história parece ser o espaço do conhecimento geológico para Lyell.

No momento em que, este espaço idealizado se refere à temporalidade do planeta trata-se do espaço (superfície da crosta e seus estratos e o planeta inteiro com suas esferas) e do tempo (a idealização histórica da natureza), simultaneamente.

Entretanto, estes conceitos idealizados da geologia possuem uma base material, de onde são elaborados: o planeta. Porém, o planeta não é tomado inteiro para ser investigado por Lyell, há uma hierarquia: a crosta e sua superfície possuem um papel privilegiado para observação e descrição das informações. Constitui-se, assim, uma base material para o conceito de espaço geológico: a crosta terrestre e seus estratos, num primeiro momento de observação e construção do conhecimento e a Terra inteira no momento seguinte.

A formulação de infinitude do tempo geológico de Lyell, está conectada com a história da Terra fazendo uma ligação com o tempo relativo. O tempo se revela sob o olhar do *leitor* do registro geológico, que vê, na distribuição dos sinais espaciais da litosfera, o tempo e o espaço dos processos ocorridos no passado. O registro é *observado e lido*, torna-se imediatamente espaço e tempo.

Esta leitura da natureza, só pode ser feita por quem dela se diferencia, por quem aplica sua racionalidade e seu direito de lorde

sobre a natureza. O direito é assegurado pela superioridade ontológica do homem.

A superioridade humana permite ler o espaço e tempo registrados na litosfera e permite, também, dominar a natureza devido a uma diferença *natural* entre o homem e o resto do *reino orgânico e inorgânico*. Identificar, classificar, organizar e prever o comportamento da natureza é resgatar o espaço e o tempo do planeta e, logo em seguida, diferenciar o espaço e o tempo do homem, pois o homem não é o simples resultado do processo natural (não é o produto da aleatório do desenvolvimento da natureza, pois não é o produto da seleção natural).

As noções espaço-temporais, de Lyell, influem na visão de geologia das gerações posteriores, mesmo quando há mudanças nas explicações e teorias para os fenômenos observados pela geologia. O debate uniformitarismo *versus* catastrofismo projetou Lyell e sua obra (*Principles...*) tornando-a paradigmática enquanto estrutura de organização do conhecimento científico, como veremos a seguir.

2.6.3 INFLUENCIA DE LYELL NAS GERAÇÕES POSTERIORES

O estudo dos *Principles...* permite perceber uma importante influência de Lyell na formação das novas gerações de geólogos britânicos e americanos, fato anteriormente insuspeito. O padrão organizativo de seu livro influenciou na estruturação de livros texto de geologia até hoje. Lyell formou um padrão paradigmático de livro texto.

Lyell captou a organização do ciclo natural de Hutton. De forma mais clara que Playfair, apresenta o conflito permanente entre dois agentes, capazes de produzir toda a paisagem que conhecemos na crosta terrestre. O agente calor interno da Terra, através do vulcanismo e movimentos diastróficos, enrugam a superfície

terrestre; o agente água - em oposição ao calor interno - através do ciclo, erosivo aplaina a superfície da crosta.

Amaral (1981a) analisa 40 livros texto de geologia introdutória, produzidos em diversos países. Mostra que, os livros britânicos e americanos (de Geologia, Geologia Geral, Geologia Física), têm uma divisão básica na organização do conteúdo: uma parte dedicada à dinâmica interna e outra à dinâmica externa.⁶⁶ Os livros analisados por Amaral (1981) foram publicados entre 1906 até 1979.⁶⁷

Os livros texto britânicos de geologia (e os livros produzidos na América), em sua maioria, acompanham este padrão. Os capítulos dedicados à dinâmica interna podem ser interpretados como capítulos onde a energia interna da Terra (calor) controla os processos e produtos descritos. Analogamente os capítulos dedicados à dinâmica externa descrevem processos e produtos onde o agente água tem uma participação importante.

Estes livros formaram, e continuam formando, sucessivas gerações de geólogos e são usados por estudantes que, em algum momento de sua formação, estudam geologia.

Como o contato inicial da geologia se dá através destes livros e, muitas vezes, os professores seguem a organização temática do livro adotado, tais livros desempenham o papel de apresentar a ciência e sua estrutura para aqueles que não a conhecem. Há neste momento um aspecto importante: a manutenção da organização temática e do modo como se relacionam os temas geológicos perpetuam a visão de Lyell sobre o conhecimento da Terra. Até certo ponto, esta concepção de geologia é recorrente às posições de Hutton, como vimos anteriormente.

⁶⁶ Amaral, I.A.do (1981). *O Conteúdo e o Enfoque dos livros de Geologia Introdutória*. Tese de Mestrado. Instituto de Geociências - USP. São Paulo, p.165-171.

⁶⁷ Amaral (1981a). *Ib.*, p.52-54.

Em vários aspectos os livros de geologia introdutória seguem um padrão paradigmático presente nos *Principles...*: na caracterização do objeto de estudo e do modo como é investigado (a partir das rochas e minerais), nos agentes que modificam a litosfera (de forma geral agentes naturais que agem independentemente da ação antrópica), na valorização dos produtos geológicos em detrimento de processos e na relação que se estabelece entre o homem e a natureza.

A valorização da crosta terrestre, como principal fonte de informações para a geologia, é um elemento reproduzido nos livros (realizando assim, implicitamente, a atividade de campo). A crosta é valorizada, muitas vezes, no estudo das rochas, estruturas e, nos livros mais modernos, nos movimentos tectônicos.

A discussão uniformitarismo *versus* catastrofismo - quando presente nos livros texto - é apresentada em termos teóricos, do mesmo modo que aconteceu na Grã Bretanha: afastada de problemas práticos ligados à mineração ou problemas ligados à formação das cadeias montanhosas (que foi a grande questão teórica da geologia na Europa Continental na segunda metade do século XIX).

Lyell (1867) trata o homem como superior ao resto do mundo orgânico, distingue, assim, o homem pela inteligência e por suas decorrências: capacidade de modificar o resto do mundo segundo um projeto previamente definido.⁸⁸

Em seguida, Lyell (1867) discute os problemas consequentes da explosão demográfica como uma questão que deve ser enfrentada pelo homem e ressalta: "podemos comandar a natureza somente obedecendo suas leis". Há nisso uma preocupação ecológica com aquele que não é uma "espécie irracional", tão pouco é considerado "meramente um agente físico".⁸⁹

⁸⁸ Lyell (1867). *Op.cit.*, v.1:p.167-168.

⁸⁹ Lyell (1867). *Ib.*, v.1:p.171.

No livro há outros capítulos onde se trata especialmente do homem, se discute sua origem, características raciais, dispersão e adaptação.

A imagem que emerge do livro, sobre o homem, é a da superioridade sobre o resto da natureza em consequência do raciocínio. A superioridade se estabelece na capacidade de dominar outras espécies vivas e em ocupar o território, secundariamente há superioridade entre as raças humanas.

Não há aceitação de que o homem é produto da seleção natural - como ocorre com outras espécies vivas - vários argumentos são utilizados porém o essencial é paleontológico. Por outro lado, o transformismo lamarckiano é aceito como uma possibilidade da origem do homem a partir de outros maníferos superiores.

Nos livros estudados por Amaral (1981) o homem também aparece. Na maior parte das vezes, isto ocorre nos capítulos que tratam dos recursos minerais e energéticos, mais na exploração destes recursos do que no seu exaurimento. Outra forma de aparecimento, do homem, nestes livros são nos temas ambientais que discutem os resultados da ação do homem sobre a natureza; note-se que nestes casos a discussão em geral não ocupa parte significativa do livro.⁸⁰

Queremos remarcar que também na relação entre o homem e a natureza persiste a visão defendida por Lyell. Há uma posição que é repetida de conquista, de controle possível, de superioridade do homem em relação à natureza.

⁸⁰ Amaral (1981a). *Op.cit.*, p.116-118.

CAPITULO III

ESPAÇO GEOLOGICO

3.1 A CONCEITUALIZAÇÃO DE UM ESPAÇO-TEMPORAL

A trajetória que levou ao estabelecimento de um conjunto de práticas consideradas científicas, em geologia, passou por diversos momentos onde organização e sistematização de uma problemática acompanhou o processo de representação, mudanças no desenvolvimento das forças produtivas, alterações ideológicas de toda sociedade.

O estabelecimento de um objeto de estudo particular que deve ser investigado na perspectiva de levantar sua história, procurando indicar as relações de causa e efeito entre os acontecimentos desta história, foi formalizado na medida em que a história natural foi substituída pela geologia.

Este modo de olhar a Terra visando estabelecer as configurações históricas que produziram o atual estado da paisagem terrestre seguiu se desenvolvendo com outros elementos conceituais: noções de espaço, tempo e representação visual do conhecimento.

Nos limites deste trabalho, há alguns momentos conceituais que tiveram importante papel no deslocamento da problemática sobre a Terra para uma posição mecanicista de explicação histórica da natureza.

DESLOCAMENTO DO OLHAR PARA UM OBJETO DE ESTUDO ESPECIFICO E

MECANICO: A HISTORIA DA TERRA

-OS FOSSEIS COMO VESTIGIOS DA HISTORIA DA TERRA

O interesse pela natureza remonta à Antiguidade, estudos diversos foram realizados em fenômenos do planeta (vulcões, marés, terremotos, fósseis, minerais, rochas etc. sempre fascinaram o homem). Cada cultura interpretou estes fenômenos de modo diverso. Na cultura ocidental os fósseis eram explicados de diversos modos.

As informações sobre fósseis (fósseis, minerais e rochas) passaram a ser sistematizadas quando sua quantidade aumentou no século XVII. Um rol de citações de espécimes e locais passou a ser apresentado de forma mais contextualizada com indicações de posição estratigráfica, situados em colunas locais.

A explicação de origem orgânica para os fósseis ("resultantes da petrificação") foi sendo firmada e diminuindo a importância das demais explicações. A fixação desta explicação se deu durante o século XVIII e foi acompanhada pelo crescimento da noção de tempo e alteração da concepção de espaço da Europa urbana.

Durante parte do século XVIII o estudo dos fósseis era centrado em suas características individuais e singulares para cada espécime encontrado. A classificação permitiu uma articulação entre espécimes separados materialmente: de previamente separados passam a ser unidos pelo pensamento, conectados por uma cadeia conceitual que ligava todos os objetos naturais: a grande cadeia dos seres.

A classificação só era epistemologicamente possível devido a união ontológica dos seres numa única série onde a separação entre seres orgânicos e inorgânicos não estava bem delineada.

Quando os seres passam a ser classificados e organizados em ordens sucessivas, surge na natureza a ordem sequencial de desenvolvimento dos seres vivos atualmente existentes. A verticalidade dos estratos acoplada com a sucessão no presente abriu o caminho das ordenações cronológicas como as de Georges Cuvier.

A classificação dos fósseis entendidos como vestígios de outras formas de vida envolve grande abstração. Há uma atribuição de significado à repetição de alguns padrões espaciais que passaram a ser interpretados como seres vivos do passado; esta atribuição de significado a formas geométricas específicas foi feita com base no estudo das formas de vida atuais. Esta interpretação passa a

dominar sobre as demais explicações pois agora cada espécime singular só pode ser visto dentro do quadro geral classificatório. É o tempo da história natural onde elementos particulares pertencem a classes gerais e não se pode vê-los de outro modo.

A interpretação que era fundamentalmente singular ganha um elemento temporal pois cada espécime - antes com sentido e explicação em si mesmo - passa agora a ter sentido na medida em que é comparado com outros: seus semelhantes e diferentes.

-A VERTICALIDADE DOS ESTRATOS COMO SUCESSÃO

Simultaneamente cresce a horizontalidade do estrato.

O movimento circular e perfeito, regido pela dimensão vertical e pela transmutação da alma, foi sendo substituído pelo movimento retilíneo, material e regido por leis físicas. A dimensão vertical associada à perfeição circular cedeu lugar à paisagem horizontal e física. A história da paisagem passa a ser explicada de forma proto-sistêmica por relações de causa e efeito.

Neste movimento de mudança no ideário da sociedade urbana européia o próprio estrato muda. O estrato é um elemento da paisagem elemento que cresce em sua dimensão horizontal.

As informações naturais passaram a ser registradas numa base topográfica mais precisa. Neste aspecto, o espaço passou a ser o continente das informações sobre os "objetos naturais". Durante o século XVIII cresceu a componente horizontal deste espaço com uma mudança no objeto de estudo: de pontual passou a estratigráfico ampliando a dimensão horizontal e paisagística de coleta, descrição e sistematização das informações pontuais.

Os registros dos "objetos naturais" na base topográfica indica a existência de um espaço "que permite a classificação dos dados sensíveis", um espaço dado "a priori", um espaço estratigráfico que

se tornou horizontal e profano contribuindo para a substituição do cosmos sacro, esférico, dominado pela dimensão vertical.

Os *fósseis* fazem parte deste estrato horizontal: e deste modo passam a ser situados, ié., contextualizados em relação aos estratos.

A distribuição vertical dos estratos passou a ser interpretada como sucessão: eventos sucessivos de deposição que ampliam o tempo de duração da Terra. E a paisagem do presente, com sua diversidade e complexidade, passou a ser vista como produto de sucessivas revoluções que ocorreram na história da Terra.

A ampliação horizontal do mundo (descoberta da América) contribui para tirar a Terra do centro espacial do universo e para aumentar a dimensão horizontal do espaço.

O desenvolvimento da navegação propiciou o aperfeiçoamento dos instrumentos de medição e precisou a representação visual das regiões, particularmente as costas e a localização dos portos (produzindo o desenvolvimento do mapa geográfico e os tipos de projeção).

A diversidade animal, vegetal e humana do Novo Mundo abala a perfeição e eternidade cosmológica medieval. Esta diversidade tornou-se o alvo a ser explicado pela história natural.

O crescimento da história natural que viu cada ser vivo, cada fóssil, em sua classe genérica contribuiu para tirar o homem do centro do tempo: o tempo perdeu começo e fim, tornou-se infinitamente longo.

-O TEMPO COMO INFINITO

Contudo, como vimos, para chegar a este tempo rupturas significativas ocorreram. O tempo revelado da cronologia mosaica foi estilizado na tentativa de sustentá-lo lendo o livro da natureza.

De algo definido e limitado, indiscutível racionalmente passou a ser investigado através de seus vestígios na natureza, conectou-se tempo e espaço: o tempo tornou-se objeto de estudo relativo à Terra e assim, como tempo relativo, cresceu ao infinito.

O tempo e espaço infinitos são elementos físicos que podem ser despojados de conteúdo teológico. As explicações extraordinárias deram lugar às explicações causais. Mas a complexidade do objeto estudado pela história natural não podia ser reduzida a mecanismos físicos (e químicos): na história natural as explicações passaram a ser dadas por processos analógicos (Hutton comparou a Terra ao corpo de um animal, imagem comum na sua época).

-ANALOGIA E ATUALISMO

A referência para as analogias foram os processos naturais do presente. No final do século XVIII a história natural utiliza amplamente o atualismo metodológico para explicar o passado. Com a geologia esta conceitualização atualista dos fósseis, minerais, rochas e estratos cresce em importância para nunca mais abandonar o conhecimento geológico.

-DESENVOLVIMENTO DA REPRESENTAÇÃO VISUAL

O problema temporal e espacial em geologia necessita estar ligado aos processos de representação empregados na construção do conhecimento da Terra pois a representação (e em particular a representação visual: mapas e seções geológicas) foi sendo estruturada e organizada concomitantemente à organização conceitual da geologia.

Existe uma conexão indissolúvel entre a produção do conhecimento da Terra e as formas de apresentação e divulgação do mesmo. A medida em que se organizam as informações sobre o planeta

creceu a importância da comunicação destas informações com esquemas, gráficos e desenhos que indicam a visualidade do fenômeno.

"O desenvolvimento da linguagem visual em geologia é um instrutivo caso de estudo do desenvolvimento da comunicação visual na ciência. A história natural, mais do que outras ciências, tratou das configurações que não podem ser adequadamente expressas por palavras ou símbolos matemáticos. Contudo envolveu a representação visual dos mais diferentes tipos de fenômenos como: configuração da topografia e apresentação da topografia em uma forma tridimensional das estruturas da crosta da Terra. Como ciência emergiu de certos objetivos estruturais e da interpretação causal de configurações estruturais; requereu o desenvolvimento de uma representação muito abstrata e formalizada - e talvez tenha sido possível em virtude disso. (...)"¹

Porter (1977) indica que, desde a segunda metade do século XVII, houve diversas tentativas de organizar procedimentos artificiais para dar conta do problema da organização de informações produzidas por vários naturalistas. Dentre estas tentativas a solução estética (pictórica e visual) foi a que apresentou os melhores resultados.²

Segundo Ellenberger (1983), as cartas geológicas têm sua origem nas cartas geográficas. As informações mineralógicas e mineiras eram "de interesse" no século XVIII. Houve pelo menos duas tradições de elaboração de cartas com informações sobre o conhecimento da Terra: dos países germânicos e outra dos países britânicos e francês. Nos primeiros, com larga tradição mineira, as cartas tenderam a ser *geognósticas*, nos segundos as cartas tenderam a ser *pontilhistas*.³

O mesmo Autor mostra que na elaboração ou projeto de cartas, do século XVIII, seus realizadores e proponentes enfatizavam a necessidade de sistematização do conhecimento da Terra, através destas cartas, como passo anterior à elaboração de teorias da história

¹ Rudwick, M.J.S. (1976). *The Emergence of a Visual Language for Geological Science 1760-1840*. History of Science. London. England, p.151-152.

² Porter (1977). *Op.cit.*, p.36.

³ Ellenberger, F. (1983). *Recherches et réflexions sur la naissance de la cartographie géologique, en Europe et plus particulièrement en France*. Histoire et Nature. n.22-23:p.51-52.

da natureza.⁴ E compreendiam que as cartas mineralógicas necessitavam de uma base topográfica para organizar o conhecimento da Terra.⁵

Wood (1985) fala do primeiro mapa geológico elaborado para toda Inglaterra, elaborado por Willian Smith, em 1815, como um produto do desenvolvimento das forças produtivas (Smith era engenheiro de estradas e canais, tendo, devido a isto, oportunidade de conhecer estratos de toda Grã Bretanha).⁶

Ellenberger (1983) afirma que entre 1781 a 1811 multiplicaram-se as cartas geognósticas pela Europa Central. Isto foi reflexo da expressão gráfica da Geognose, tida por seus adeptos como a nova, autêntica e positiva ciência da Terra.⁷

Esta passagem é bastante significativa para compreender o papel do mapa no conhecimento geológico. O mapa faz parte da construção do conhecimento na medida em que ajuda o pesquisador a elaborar suas idéias simultaneamente a outras atividades de estudo e coleta de informações. Neste sentido o representar visualmente as informações permite organizar o pensamento.

Mas, como nos diz Ellenberger (1983), o mapa desempenha outro papel: o de difundir uma teoria. O mapa geológico representa a teoria, é o modo como uma certa teoria vê a natureza. E o melhor modo de difundir uma certa explicação dos processos naturais.

Porém, desde sua origem, o mapa geognóstico (ou stratigráfico: aquele que representa o corpo geológico e o tempo simultaneamente) é visto como uma representação objetiva da natureza. Ele cresce em importância junto com a perspectiva de ciência objetiva para explicar a história da natureza.

⁴ Ellenberger (1983). *Ib.*, p.16.

⁵ Ellenberger (1983). *Ib.*, p.12.

⁶ Wood, R.M. (1985). *The DARK SIDE of The EARTH*. Allen & Unwin. London, p.6.

⁷ Ellenberger (1983). *Op.cit.*, p.17.

Mas, assim como a ciência geológica não se desenvolveu como um conhecimento objetivo da natureza, também o mapa não o foi. Os debates e os sucessivos projetos fracassados de que fala Ellenberger (1983) procuravam elaborar mapas com outras idéias de representação.

Os mapas *pontilhistas*, apesar de serem dominantes entre os mapas mineralógicos do século XVIII, foram abandonados após o sucesso dos mapas geognósticos. Substituiu-se uma perspectiva de comunicação por outra mais abstrata e formalizada.

O mapa geognóstico carrega, dentro de si, uma forma de comunicação restrita a um pequeno número de especialistas, que dominam uma subcultura abstrata e teórica. Isso foi parte de um movimento que afastou a geologia do conhecimento do senso comum.

Este mapa geognóstico, que representa a história geológica de uma região, necessita de uma codificação capaz de representar elementos espaciais e temporais simultaneamente. É a visão abstrata de como, segundo uma certa teoria, ocorreu o desenvolvimento espaço-temporal daquele local.

Neste momento, quando surge este tipo de mapa, o conhecimento geológico passa a ser dominado por um conjunto de especialistas treinados para compreender e produzir uma forma especial de linguagem capaz de explicar os fenômenos históricos da natureza.

Mas como a geognose contribuiu para a elaboração das cartas estratigráficas e diminuiu o interesse de elaboração de cartas pontilhistas?

Os princípios estratigráficos de Steno e a perspectiva temporal e espacial de Leibniz tinham uma grande potencialidade para realizar a correlação estratigráfica. Contudo esta mudança de

estudo do passado da Terra encontrou dificuldades ideológicas e materiais na elaboração do conhecimento.

Esta realização conceitual se deu nos locais onde a apropriação cognitiva da natureza era um elemento importante para realizar a apropriação econômica: regiões com maior tradição mineira (países germânicos) aplicaram o conhecimento proposto por Steno para a pesquisa e acompanhamento da exploração mineral. Justamente nessas regiões aparece a primeira instituição geológica conectada com a produção mineral: a escola de Freiberg (dirigida nos seus primeiros anos por Abraham G. Werner). Ali foram elaborados os critérios metodológicos que contribuíram para o avanço da pesquisa mineral: classificação prática das rochas e dos estratos.

Freiberg tornou-se rapidamente a principal referência para os estudos mineralógicos, mineiros, metalúrgicos e geológicos na medida em que conseguiu responder as necessidades produtivas de bens minerais (necessidades ampliadas pela Revolução Industrial).

Freiberg também respondeu culturalmente: forneceu uma teoria da Terra que sustentava a prática geognóstica, o netunismo (inspirado na tradição mosaica) dava uma explicação que ampliava a continuidade horizontal dos estratos reforçando os princípios de Steno.

Os mapas pontilhistas foram desenvolvidos por propostas mais teóricas de pesquisa, mais alinhadas com o vulcanismo. As tentativas de ordenação do grande volume de informações produziram projetos que fracassaram. Ao contrário, os mapas geognósticos conseguiram resultados positivos e foram realizados no âmbito da ciência objetiva e positivista, baconiana e progressista.

A classificação das rochas por critérios práticos (desenvolvida por Werner) agilizou a classificação dos estratos e a comparação de diversos locais.

A pesquisa e previsão do comportamento das jazidas minerais (particularmente carvão) implicaram a utilização destes princípios e critérios geognósticos; o sucesso de seu uso necessitou de quadros mais amplos (regiões e países inteiros). Deste modo o mapa geológico e a geologia cresceram dentro da perspectiva geognóstica.

A elaboração de mapas geológicos ocorreu junto com a valorização do estrato como uma unidade rochosa, a ser estudada pelas características litológicas e por seu conteúdo fossilífero. Tal tendência se associou à abordagem pragmática e geognóstica de estudo da Terra.

Por outro caminho seguiram as conceituações filosóficas da geologia. A abordagem vulcanista e teórica do conhecimento da Terra conseguiu oferecer uma explicação mais mecanicista e sistêmica da história da Terra.

No início do século XIX, estas duas tendências se aproximaram e confluíram numa prática comum de observação, descrição e comunicação do conhecimento. Esta prática comum foi se estabelecendo durante o século XVIII, descoberta e construída junto com a construção das noções de espaço e tempo geológicos.

-O HOMEM E A NATUREZA

A crise, do final do século XVII, ridicularizou as teorias especulativas sobre a origem e história da Terra e provocou uma reviravolta nos estudos dos naturalistas. Antes dedicados a formular explanações cosmogônicas para o planeta tornaram-se detalhados estudiosos de fósseis, minerais, rochas que eram descritos no quadro da história natural. Cresceu a noção de objetividade e relativamente diminuiu as tentativas interpretativas. Os naturalistas tornaram-se positivistas antes do positivismo.

Este esforço de algumas décadas foi acompanhado pelo crescimento das idéias iluministas de progresso e superioridade do homem para transformar a natureza. Do lado dos teóricos (vulcanistas) cresceu a fundamentação que sustentava esta superioridade: Francis Bacon, enfim, tinha seus discípulos entre os naturalistas. Do lado dos práticos (netunistas) era exercida a dominação e controle sobre a natureza e os homens nas minas.

A ciência geológica nascente funde as duas tradições: se auto-define como baconiana, progressista e positivista. Ergue-se na perspectiva de que com o trabalho e a ciência o mundo pode ser transformado, infinitamente, a serviço do "lorde da natureza".

A comunidade geológica, já formada no século XIX, elabora os instrumentos capazes de reproduzir e treinar novos geólogos de acordo com esta orientação.

3.2 COMO VEMOS O CONCEITO DE ESPAÇO GEOLOGICO

3.2.1 A HERANÇA DEIXADA

A conceituação espaço-temporal para a geologia, deixada pelos pesquisadores do século XIX, pode ser sumarizada nos seguintes elementos:

- o tempo geológico é infinitamente longo pois os processos de desenvolvimento da Terra - tenham sido lentos e graduais durante toda sua história, ou, tenham sido lentos e graduais alternados com saltos de qualidade - obrigatoriamente tiveram longa duração para a paisagem terrestre adquirir a complexidade e diversidade observadas no presente, principalmente considerando a diversidade da vida;

- este tempo geológico, de longa duração, se cristaliza no presente na distribuição espacial das rochas que podem ser ordenadas nos diferentes estratos que compõem o planeta inteiro;

- a distribuição espacial das rochas, minerais e fósseis indica o conjunto de processos desenvolvidos no planeta;

- o estudo do passado da Terra depende da interpretação desta distribuição, interpretação que é possível tendo como base o método histórico-comparativo que permite realizar analogias entre presente e passado;

- a investigação do passado pode ser realizada a partir dos registros presentes na crosta terrestre, deixados pelos processos ocorridos; o estudo e organização, objetivos e científicos, destes registros em configurações históricas regionais é a tarefa fundamental para a reconstituição da história da Terra;

- a problemática geral da geologia - reconstituir a história da Terra - é desenvolvida postulando o tempo geológico e adotando procedimentos de representação que ajudam a organizar as informações pontuais.

Portanto, desde o século passado, o espaço geológico é uma conceituação embutida na problemática desenvolvida pela geologia. O estudo do passado da Terra depende de uma base conceitual que trata o espaço e o tempo de modo articulado.

Embutido no conhecimento geológico há uma teoria de projeção geométrica, de representação e comunicação de informações, de organização e medição do tempo. E estes elementos são articulados pela problemática geral que move a comunidade geológica: estudar o passado da Terra - entender a natureza para poder dominá-la.

A geologia realizou uma simbiose da matriz absoluta com a matriz relativa de tempo e espaço, esta síntese é o espaço geológico.

A grande abstração conceitual envolvida neste conhecimento também se deve às escalas espaciais e temporais envolvidas e à forma peculiar de produzir e transmitir tais escalas.

O corpo de conhecimentos que compõe a geologia possui uma ligação metodológica com uma forma peculiar de elaboração e com a base material que fornece informações para esta ciência. As noções espaço-temporais envolvidas estão ligadas a tais peculiaridades.

3.2.2 OS AUTORES ATUAIS

Ao nos voltarmos para os autores atuais, optamos por nos centrar naqueles que apresentam uma visão sintética para o conhecimento da Terra.

A herança, positivista e pragmática da geologia tradicional, foi reproduzida, a partir de Lyell até hoje, no modo como trabalham os geólogos e na forma de ensinar os futuros profissionais. Esta orientação contribui para manutenção de uma racionalidade predatória e uma apropriação privada da natureza. O espaço geológico, ligado a tal concepção de geologia, é um elemento voltado para a tentativa de dominação da natureza que tem favorecido o crescimento da crise ambiental.

A procura de autores que trazem uma orientação conflitante com esta postura tradicional, corresponde a busca de uma nova ruptura, tal busca está inserida entre os objetivos mais gerais desta dissertação.

Krut (1967) discute as categorias filosóficas que lastreiam o conhecimento geológico. Nesta discussão procura conceitualizar a noção de espaço segundo a forma de movimento que está sendo estudada. Caracteriza o espaço geológico como espaço-temporal.

"Na organização de uma teoria científica é essencial estabelecer dois grupos principais de conceitos que constituem suas categorias básicas. Um grupo envolve as categorias mais gerais dos conceitos iniciais de uma dada ciência, que em alto grau, são comuns a todas as ciências,

ié., são cientificamente fundamentais (derivam de categorias filosóficas). O outro grupo consiste dos conceitos básicos de cada ciência particular e servem para definir seus objetos mais importantes e estabelecem sua estrutura. A criação de um sistema de conhecimento científico, em alguma ciência particular, requer a coordenação lógica dos conceitos dos dois grupos e a definição do segundo em função do primeiro."⁸

Krut (1967) considera a forma geológica de movimento um conceito primário na geologia e identifica outras formas de movimento da matéria: cósmica, mecânica, química e biológica como, junto com a geológica, as formas de movimento mais importantes do planeta.⁹

Este mesmo Autor define como contrapartida de formas de movimento os *estados de espaço tempo* e os conceitos de *corpo e fenômeno naturais ou racionais* ligados a cada estado de espaço tempo.

"(...) Estes dois conceitos podem ser vistos como conceitos iniciais da teoria da geologia, em sua forma especializada são categorias básicas de cada teoria geológica. A análise do espaço e do corpo geológico é essencial para compreender a derivação dos conceitos fundamentais da geologia. Os objetos físicos da Terra definem: os níveis de organização da matéria, a categoria inerente na base da ciência toda e os conceitos iniciais para estruturar a teoria da geologia.(...)"¹⁰

Em seguida, o Autor, procura caracterizar o conceito estado de espaço:

"(...) O estado de espaço geral corresponde ao espaço ocupado pela soma total dos objetos de uma classe definida e o estado de espaço parcial corresponde ao ocupado por algum objeto particular."¹¹

Krut (1967) procurou definir o espaço geológico:

"O espaço geológico total é o último da série de espaços principais; provavelmente inclui além da Terra inteira outros objetos planetários. Seu estado parcial inclui corpos geológicos de diferentes campos. Os seguintes campos podem ser apontados como séries internas do estado de espaço geológico fundamental: molecular (incluindo o cristalino), associações mineralógicas e suas misturas, subdivisões regionais e continentais da litosfera.(...)"¹²

⁸ Krut, I.V.(1967). *On certain concepts in the categorial basis of geology*. International Geologic Review. Washington, 9(3):282.

⁹ Krut (1967). *Ib.*, p.282.

¹⁰ Krut (1967). *Ib.*, p.282

¹¹ Krut (1967). *Ib.*, p.282

¹² Krut (1967). *Ib.*, p.282

Do espaço geológico total, o Autor procura extrair os estados de espaço particulares:

"(...) O estado de espaço estritamente geológico corresponde a objetos de quatro níveis secundários: minerais, rochas, formações geológicas e geosferas. Objetos de cada um destes níveis possuem entidades elementares (ou pontos) de cada estado de espaço fundamental, entretanto nenhum destes níveis supera o espaço geológico como um todo.(...)"¹³

Como Krut (1967) parte da noção de forma de movimento da matéria, sua ordenação de estados de espaço é hierarquizada, de acordo com a seguinte conceituação: há séries de complexidade crescente das diferentes formas de movimento onde a mais complexa inclui a de menor complexidade. Assim a forma geológica de movimento inclui a química, física e mecânica, p.ex.; mas não inclui formas mais complexas como a biológica e social. Consequentemente o espaço geológico hierarquicamente não inclui estados de espaço como o biológico.

Entretanto, conclui Krut (1967), quando levamos em conta o tempo o espaço geológico passa a incluir TODOS os outros estados de espaço do planeta.¹⁴

Isto não quer dizer que não existam as demais formas de movimento e os outros estados de espaço estudados por diferentes ciências, também não implica que os estados de espaço secundários da geologia deixem de existir, pois os corpos particulares (minerais, rochas e geosferas) existem e admitem estudos em separado dos demais.

Krut (1967) afirma que as abordagens - ou "níveis" - mineralógica, estratigráfica e geotectônica apesar de possuírem identidade estão subordinadas à geológica.¹⁵

¹³ Krut (1967). *Ib.*, p.285.

¹⁴ Krut (1967). *Ib.*, p.285.

¹⁵ Krut (1967). *Ib.*, p.286.

Um aspecto fundamental no estudo realizado por este Autor diz respeito à abrangência do espaço geológico: este espaço inclui os demais espaços existentes no planeta.

Kosygin e Voronin (1967) também desenvolvem uma conceituação de espaço geológico. Sua discussão versa sobre padronização e formalização conceitual destinada à matematização da geologia.

Para estes Autores, o espaço geológico é o espaço ocupado pelo planeta e suas partes, incluindo todos os processos que ocorrem neste sistema. Assim todos os processos geológicos estão confinados ao espaço geológico:

"Genericamente falando a noção de espaço geológico não é nova. V.I.Vernardskiy fez referências anteriores ao espaço físico-químico do planeta. Quem desenvolveu suas idéias foi Yu.P.Trusov (1963) que chamou o espaço físico-químico de Vernardskiy de espaço geoquímico onde todos os átomos terrestres são representados por 'pontos'." ¹⁶

Diz Trusov (1963):

"Espaço geoquímico nada mais é do que o espaço do planeta e antes de tudo da sua crosta considerada no nível atômico. (...) Contudo os elementos planetários do espaço podem ser relativos a formações geológicas, unidades muito maiores do que átomos: minerais, rochas, geosferas etc." ¹⁷

De onde Kosygin e Voronin (1967) concluem que destes níveis mais amplos surge a noção de espaço geológico que "inclui todos os espaços terrestres". ¹⁸

Com isso, procuraram enfrentar a diversidade da nomenclatura geológica, tentando normatizá-la através do conceito de espaço geológico. Para tanto estabelecem uma classificação que representa diversos níveis do espaço geológico: espaço geológico estático e espaço dinâmico (dividido em dinâmico em si e histórico-geológico). No espaço geológico estático (quando se considera o

¹⁶ Kosygin, Yu.A. & Voronin, Yu.A.(1967). Concept of geological space as possible basis for application of mathematics in geology. International Geologic Review. Washington, 9(6):829.

¹⁷ Trusov, Yu.P. (1963). Field and Method of Geochemistry and Some Problems in Interretionship of Scientific Disciplines at Present Stage of Natural Science. In: Kosygin & Voronin (1967). *Ib.*, p.829.

¹⁸ Kosygin & Voronin (1967). *Ib.*, p.829.

tempo fixo) o objeto de investigação imediato da geologia é concebido como uma distribuição ordenada de forma, estrutura e composição material (i.é., atemporal) situa-se no espaço estático (normalmente analisado pela física e química). O espaço dinâmico (dinâmico em si e histórico-geológico) envolve as conclusões sobre origem, movimento e desenvolvimento de processos, (tais conclusões são baseadas na distribuição do espaço estático), porém vão além dele: entram nos processos geológicos a "região" do espaço dinâmico.¹⁸

Através destas conceituações de espaço geológico, principalmente na de Krut (1967), nota-se a busca de um conceito amplo, integrado e sintético de espaço geológico, um espaço suficientemente geral capaz de incluir todos os demais espaços. Mas qual o significado desta abrangência?

A ênfase, dada por Krut (1967), à inclusão de todos os estados de espaço no espaço geológico, leva-nos a arguir sobre o que esse Autor procurava dizer.

Tal inclusão pode estar ligada à compartimentação da ciência geológica: mostrar que estudos particulares, de campos da geologia, mantém relações com o conhecimento geológico inteiro, uma conexão decorrente da organização geral do conhecimento científico definida por noções globais vinculadas a categorias filosóficas.

Isto pode ser concluído da afirmação de Krut (1967) sobre espaço: propriedade da matéria associada com a forma de movimento. Desta associação decorre, inclusive, a ligação entre espaço e tempo válida para qualquer ciência.

Outra interpretação possível, do conceito de espaço geológico de Krut, é: se o estudo for histórico, todos os espaços subordinam-se ao geológico, aí incluídos os espaços biológico e social.

¹⁸ Kosygin & Voronin (1967). *Ib.*, p.829-830.

Entre as duas interpretações há uma mudança no caráter da inserção do homem na natureza: na primeira o homem mantém uma relação com a natureza, cuja hierarquia não é claramente definida, mas, na segunda, o homem está subordinado e incluído no planeta.

A conceituação de que em toda ciência há uma ligação espaço-temporal, torna-se ainda mais enfática na geologia, pois o objeto estudado é sempre histórico. O estudo feito em geologia, desde partículas elementares da geoquímica e petrologia até geosferas pesquisadas pela geotectônica e geofísica, tem uma componente temporal.

A partir deste ponto de vista, podemos criticar a argumentação de Kosygin e Voronin (1967) que separa o elemento temporal do espacial e estabelece categorias espaciais (o "espaço estático") onde o elemento temporal não é considerado. De onde vêm a distribuição de estruturas presentes na litosfera atualmente?

Esta distribuição é um produto histórico da natureza. Nos elementos espaciais do presente encontramos as informações de uma longa soma de acontecimentos ocorridos no passado. Por esta razão, uma separação entre tempo e espaço não tem sentido na geologia, ainda que para fins metodológicos.

As categorias definidas, por Kosygin e Veronin (1967), podem ser indicativas dos procedimentos utilizados na reconstituição do passado da Terra. O estado atual de distribuição de minerais, rochas, formações e demais estruturas (pertencentes ao *espaço estático*) são observados e descritos, comparados com os produtos de processos naturais atuais ou de possíveis produtos de modelos teóricos - isto pode corresponder a uma etapa de cognição da Terra. A busca de estabelecimento de tendências evolutivas na natureza, regional ou globalmente, que leva a elaboração dos processos geológicos (pertencentes ao *espaço histórico-geológico*) corresponde a uma

etapa mais complexa que a anterior na cognição da história da Terra.

Porém estas etapas de cognição da Terra não estão separadas da problemática com a qual trabalha a geologia e, sendo realizadas, visam atingir fins delimitados pela ciência histórica e, portanto, não podem ser separados desta perspectiva de caráter histórico.

A questão levantada por Krut (1967) merece uma discussão mais pormenorizada, pois implica um posicionamento frente ao problema do espaço e sua relação com a questão filosófica mais geral.

Krut (1968) não é explícito quanto aos seus pressupostos filosóficos mais gerais, porém sua terminologia indica que sua base conceitual é o materialismo dialético. Nisto intervem o posicionamento de outros autores que se dedicaram à questão geológica, a partir da mesma orientação filosófica.

Em primeiro lugar, destacamos nossa concordância com a abrangência do espaço geológico: é o espaço que abrange todos os processos que ocorrem no planeta quando vistos sob o prisma temporal ou histórico, conforme afirmado acima.

Contudo a adoção pura e simples da forma geológica de movimento da matéria, como elemento essencial do conhecimento científico, merece uma discussão mais detalhada.

Kedrov em diferentes trabalhos (1968, 1972 e 1973) procurou detalhar a noção de forma de movimento para as diversas ciências. O problema, enfrentado por Kedrov, foi o de tentar explicar porque Friedrich Engels não havia incluído a geologia em sua classificação das ciências. Para tal, parte de uma classificação das ciências para definir a geologia como uma ciência sintética da natureza. Na sua estruturação teórica, há um conceito básico do qual produz as demais decorrências: forma de movimento da matéria.

"Por forma de movimento da matéria entende-se um modo específico de existência de toda entidade material qualitativamente definida. Forma de movimento expressa

precisamente a determinância qualitativa da entidade material correspondente, conhecida como seu suporte material, substrato material ou conteúdo material. Sua relação a esta entidade ou qualquer aspecto dela é a característica determinante de qualquer forma de movimento.

"Tal como toda entidade material possui uma estrutura interna característica, assim a forma de movimento inerente a ela reflete aquela estrutura. Em certo sentido a forma de movimento é a entidade da estrutura, na medida que representa as interrelações de suas partes componentes. Daí, a forma de movimento pode ser definida como um tipo de interação de elementos estruturais constituindo uma dada entidade."²⁰

O conceito de forma de movimento da matéria carrega, dentro de si, alguns conceitos materialistas implícitos: a lei dialética da quantidade-qualidade e a da universalidade da transformação. A forma de movimento caracteriza um determinado nível de organização material, indissolivelmente ligada à qualidade dominante da transformação vigente no real ou numa parcela dele. Como todos os objetos ("suporte material") estão em transformação (ou movimento) a matéria não existe sem estar ligada a uma dada forma de movimento. A partir deste pressuposto, Kedrov garante a existência de ciências particulares que podem estudar cada forma de movimento específica.

Desta forma, admite a existência da forma geológica de movimento:

"Os suportes da forma geológica de movimento não são somente secções individuais da Terra tomada local ou regionalmente, não são somente rochas individuais etc., mas também toda a matéria da Terra, constituindo um sistema global integrado. Tal sistema integrado presume, em primeiro lugar, a unidade e interação das partes básicas de todo o planeta: núcleo, manto e crosta; em segundo lugar, a unidade e interação das principais esferas nas quais a matéria da crosta diferenciou-se, principalmente de acordo com o estado físico (atmo-, hidro- e litosfera); em terceiro lugar, a interação de fatores físico-geográficos e biológicos à sua superfície, e, portanto, da natureza inorgânica e orgânica.

"A natureza global dos processos ocorrendo no planeta, bem como as interrelações dos vários participantes integrais nele (o manto, o núcleo e a crosta) revelam a natureza sintética dos movimentos geológicos (...)"²¹

²⁰ Kedrov, B.M. (1968). *The Geological Form of Motion in Relation to Others Forms*. In: Diversos Autores (1968). *The Interaction of Sciences in the Study of the Earth*. Progress Publishers. Moscow, p.127.

²¹ Kedrov (1968). *Ib.*, p.134.

Usando a mesma base conceitual adotada por Kedrov, Krut (1967) caracteriza o estado de espaço temporal da geologia ou espaço geológico.

Essa abordagem é bastante globalizadora e inclui todos os processos terrestres. Contudo a forma geológica de movimento de Kedrov não inclui as formas de movimento mais complexas da série terrestre, pois classificou a forma geológica de movimento como um ramo não promissor de movimento da matéria, porque dela não decorreria nenhuma forma mais evoluída, ao contrário, do que acontece com a química (de onde nasce a forma biológica), ou com a biológica (de onde nasce a forma social).

Outra abordagem globalizadora da geologia, baseada na mesma orientação materialista, é a de Potapova (1968) que conflita, em alguns aspectos, com Kedrov.

Potapova (1968) discute o problema da especialização da geologia como ciência e de algumas confusões que foram decorrentes desta especialização técnico-empiricista, com isto chega à conceituação de objeto de estudo da geologia:

"(...) O conceito 'objeto de uma ciência', deve ser distinto do conceito de 'objeto de investigação'. Confusão entre os dois conceitos normalmente leva a mal-entendidos. Assim, ouve-se frequentemente que o objeto da geologia é a crosta terrestre. Na verdade, entretanto, a crosta e sua superfície não são mais que os principais e imediatos objetos de investigação geológica: quanto ao objeto da geologia, pode ser definido como o processo histórico-geológico. A tarefa da geologia é estudar a história da Terra como um todo e suas várias esferas, camadas ou estratos e o núcleo..."²²

Após fazer esta distinção, a Autora define o objeto da ciência geológica:

"Obviamente, no estudo de um sistema natural e integrado como a Terra, deveria haver uma ciência que sintetizaria conhecimentos sobre todas as formas de movimento da matéria que tomam parte na evolução do sistema. Esta ciência é a geologia, tomada em seu sentido mais amplo como a mais geral e ampla ciência do planeta. (...) A geologia apresenta-se como uma ciência que trata da história e evolução da Terra, e

²² Potapova, M.S. (1968). *Geology as an Historical Science of Nature*. In: Diversos Autores (1968). *The Interaction of Sciences in the Study of the Earth*. Progress Publishers. Moscow, p.118.

seu objeto é o processo histórico-geológico. (...)" [grifo meu]²³

O conceito *processo histórico-geológico*, de Potapova (1968), é uma dedução da lei dialética da universalidade da transformação, pois parte da idéia de que "o sistema natural é integrado" com sua história compõe a macro-transformação que necessita ser estudada. Porém, esta Autora, deu uma definição extremamente abrangente para a geologia: considerou-a a mais geral das ciências naturais, incluindo em seu escopo os processos naturais e artificiais, desde que vistos sob um prisma histórico. Esta hierarquia entre as ciências traz consequências para a abrangência e abordagem do campo de estudo da geologia.

Enquanto Potapova (1968) cita explicitamente a inclusão da bio- e noosfera como sendo do âmbito do estudo geológico, Kedrov afirma que as formas de movimento da matéria biológica e social não são abarcadas pelo conhecimento geológico, estas formas de movimento se interrelacionam com a geológica. Para Kedrov, como vimos acima, a forma biológica de movimento não está na mesma série da geológica.

Ao criticar Kedrov, Potapova (1968) afirma que ele está incorrendo numa abstração ao não incluir, na história geológica, todos os processos terrestres.

A posição de Krut (1967) se aproxima de Potapova (1968), pois o estado de espaço geológico inclui todos os espaços terrestres quando consideramos o aspecto temporal. Os níveis secundários do espaço geológico (minerais, rochas, formações geológicas e geosferas) não superam o todo, ié., estão nele incluídos, assim como, o processo histórico-geológico não é redutível às categorias fundamentais de estudo do planeta (estrutura, composição material e tempo).

²³ Potapova (1968). *Ib.*, p.118-119.

Portanto, existe uma conexão entre o *processo histórico-geológico* e o *espaço geológico*. Ambos são conceitualizações de uma visão ampla e globalizadora da geologia.

3.2.3 A BASE MATERIAL DO ESPAÇO GEOLOGICO

Este conceito na ciência geológica não vem sendo tratado como uma categoria fundamental, apesar de ter participado da construção histórica da investigação geológica: no estudo histórico da natureza, na parte da matéria privilegiada para obter informações e nas formas de extração destas informações.

A geologia estuda a Terra sob o ponto de vista histórico: todos os processos que ocorrem no planeta, quando estudados na perspectiva temporal, são investigados pela ciência geológica, vista num senso amplo. Esse estudo global é a problemática maior tratada por esta ciência.

O desenvolvimento, de tal problemática geral é feito debruçando-se o olhar sobre o planeta inteiro com suas relações com outros corpos celestes. A imensidão envolvida neste objeto material infinito é diminuída no instante em que se privilegia a litosfera e sua superfície como um objeto de investigação mais imediato para a ciência geológica.

A discussão espaço-temporal em geologia, nos remete a uma melhor compreensão das relações entre estas duas conceitualizações (a problemática geral e o objeto investigado) e a formulação das noções espaciais e temporais. Chegamos à necessidade de entender a base material que sustenta este corpo conceitual, cristalizada nos procedimentos adotados em geologia.

Deste modo, analisando o processo histórico-geológico podemos explicitar os campos da geologia e as noções espaço-temporais de cada um destes campos.

Para realizar esta análise, vamos buscar na conceituação de Potapova (1968) a caracterização da geologia e seus campos principais:

"A figura 1 representa a classificação mais geral das ciências geológicas. O objeto da geologia - o processo histórico-geológico - é representado pela seta resultante no diagrama - é geometricamente resolvido em grandes domínios, planos e linhas em espaço tri-dimensional. Ao longo dos eixos de coordenadas estão representadas as tendências principais, os principais aspectos na exploração de nosso planeta: investigação sobre sua composição material (eixo dos X), sua estrutura (eixo dos Y) e seu tempo (eixo dos Z). Em conformidade, grandes grupos de ciências concentram-se ao redor de cada eixo: ciências que tratam da composição material, estrutura e do tempo e periodização da história da Terra. Os eixos coordenados são unidos por superfícies que, por simplificação, são apresentados no diagrama como planos. As setas resultantes nestes planos denotam os assuntos de investigação de grupos igualmente amplos de ciências que tratam da história e evolução da composição material da Terra (XOZ), do desenvolvimento da estrutura da Terra (YOZ) e dos processos geológicos (XOY). Como pode ser visto no diagrama, os processos geológicos manifestam-se como trocas interrelacionadas em composição material e estrutura; o estudo geral dos processos geológicos (geologia dinâmica) considera estes processos independentes de relações temporais." [grifo meu]²⁴

Este esquema permite deduzir uma classificação da geologia e esboçar as características das noções espaço-temporais de cada campo desta ciência.

As categorias básicas propostas (*composição, estrutura e tempo*) - vistas sob o enfoque geológico - quando articuladas permitem o estudo do processo histórico-geológico; quando tomadas separadamente uma da outra, possibilitam a organização de campos do conhecimento pré-geológicos: estrutura em função do tempo, estudos físicos e reológicos; composição em termos de tempo, estudos químicos e biológicos; estrutura em função de composição, estudos dos processos naturais e ecológicos.

Os campos geológicos aparecem quando tomamos as três categorias ié., quando incluimos o processo histórico-geológico. Tomando duas categorias sendo mediadas pela terceira: estrutura e

²⁴ Potapova (1968). *Ib.*, p.123-124.

tempo mediados pela composição, composição e tempo mediados pela estrutura, estrutura e composição mediadas pelo tempo temos três campos bastante gerais do conhecimento geológico. Tentamos a seguir mostrar que campos são estes e que noções de escala de espaço e tempo estão ligadas a cada um deles.

Da estrutura e o tempo mediados pela composição material, aparecem todos os estudos que tratam da evolução das estruturas terrestres, desde micro-estruturas, até geosferas inteiras. Normalmente, estes campos de estudos são representados pela geologia estrutural, geotectônica e geofísica.

As escalas espaciais, trabalhadas nestes campos, incluem toda a evolução física do planeta. De modo genérico, a geologia estrutural trata principalmente da escala microscópica até pequenas regiões; as informações obtidas permitem formar uma noção do desenvolvimento mecânico do local estudado, em certo período, do tempo geológico. É relativo a um espaço tabular, por vezes com uma ampla dimensão horizontal, onde ocorrem movimentos de longa duração, rápidos ou lentos, que afetam regiões inteiras. Um exemplo de estudo realizado por esta campo são os dobramentos, onde informações microscópicas são associadas com métricas e regionais.

A escala espacial da geotectônica e geofísica tende a incluir grandes seções da calota esférica, geosferas inteiras e o planeta todo, do ponto de vista físico, num período ou no tempo geológico inteiro. É relativo a um espaço curvilíneo ou esférico, onde ocorrem movimentos de longa duração, capazes de afetar toda superfície do planeta e consideráveis partes de seu interior. As teorias geotectônicas procuram explicar, p.ex., o desenvolvimento crustal.

Da composição material e tempo, mediados pela estrutura, emergem os estudos da evolução da composição material do planeta, realizados tanto para a matéria inorgânica, quanto orgânica. Estudos

mineralógicos, petrológicos, geoquímicos e paleontológicos estão relacionados com este campo do conhecimento geológico.

A geoquímica e a petrologia tendem a trabalhar predominantemente com a escala espacial atômica e molecular, procurando explicar os processos ocorridos desde períodos, até o tempo geológico inteiro. Estes estudos microscópicos são utilizados para explicar as condições de pressão, temperatura e distribuição de elementos químicos em regiões e na Terra inteira. Uma teoria, como a da evolução da composição química da atmosfera, exemplifica como o estudo microscópico está ligado a mudanças ocorridas em escala regional e global.

A mineralogia também trabalha desde a escala molecular até seus reflexos macroscópicos (métricos), ocorridos num período do tempo geológico, procurando descobrir, p.ex., a origem da distribuição da composição química e estrutura de um mineral ou associação de minerais.

A paleontologia trabalha desde a escala molecular, até a da Terra inteira, passando pelo estudo macroscópico de espécies e assembléias de seres vivos, em períodos do tempo geológico, ou em todo ele, desde o surgimento da vida no planeta. Especialmente a maioria das investigações paleontológicas é realizada na parte superficial da crosta terrestre. As escalas espaciais regionais, de certos períodos do tempo - onde são relatados o desenvolvimento biológico -, são associadas por correlação buscando investigar toda a história de bilhões de anos da vida. As explicações evolucionistas exemplificam como se articulam informações de várias regiões, observadas desde espécimes de seres vivos individuais, até chegar a uma explicação global para toda biosfera.

Da estrutura e composição material, mediadas pelo tempo, emergem os campos geológicos dedicados à história e periodização do

tempo geológico. Estudos estratigráficos e geocronológicos exemplificam este campo do conhecimento.

A estratigrafia trabalha, principalmente, na escala macroscópica e regional, buscando periodizar a história da Terra tanto em partes, quanto no tempo geológico inteiro. Suas investigações buscam estabelecer unidades litológicas, biológicas e temporais. Um conceito fundamental da estratigrafia é a formação geológica - apesar de diferenças de nomenclatura - que podemos definir como uma unidade litológica que pode ser mapeada regionalmente. O espaço da formação geológica tende a adquirir a forma do corpo geológico investigado (irregular, tabular, circular etc.) e o tempo de duração dos processos responsáveis por sua gênese; nestes estudos há uma associação de informações pontuais (p.ex., o estrato tipo da formação, normalmente de dimensões macroscópicas) com a escala regional, feita por correlação. A estratigrafia trabalha fundamentalmente na parte superficial do planeta procurando identificar as formações geológicas.

Dos trabalhos estratigráficos, de diferentes regiões do planeta, emergem as escalas do tempo geológico relativo que tratam de todo o tempo, sem considerar sua duração; tais escalas buscam validade para o planeta inteiro tentando ordenar todos os processos geológicos.

A geocronologia radioativa trabalha desde a escala atômica, até a macroscópica, incluindo todo o tempo geológico. Procura avaliar a duração dos processos geológicos. Suas teorias tentam caracterizar métodos capazes de precisar o tempo de duração dos processos. Suas conclusões servem para balizar a escala relativa do tempo geológico. Geocronologia radioativa e estratigrafia são investigações complementares para a ordenação do tempo geológico.

A geologia é composta destes campos de conhecimento, que trabalham com variadas escalas de espaço e tempo, formando uma imagem altamente abstrata e complexa de espacialidade e temporalidade pois - como afirma Potapova (1968) - o processo histórico-geológico corresponde à intersecção destes campos do conhecimento. O espaço geológico inclui todas estas noções espaço-temporais.

3.2.4 CONCEITO PARA A APROPRIAÇÃO DA NATUREZA

O espaço geológico é um produto conceitual onde se cristalizam as noções de tempo e espaço adotadas em geologia.

A ligação entre o espaço geológico e o conhecimento geológico é indissolúvel pois as noções espaciais e temporais aparecem no momento em que a geologia é produzida. Os procedimentos metodológicos aceitos pela comunidade geológica embutem tais noções em diversas etapas de sua produção.

A atividade de campo, usualmente adotada em geologia, inclui a observação e descrição visual de afloramentos, coleta de informações por sondagem, elaboração de mapas e perfis geológicos, transferência de informações no tempo por procedimentos analógicos e no espaço por correlação geológica. Envolve a consulta ao material bibliográfico previamente existente onde já existe uma explicação de caráter espaço temporal. Mas a característica fundamental desta atividade é o debruçar sobre a crosta terrestre para extrair as informações que vão lastrear o conhecimento geológico.

Diversas escalas de espaço são utilizadas na atividade de campo. Procura-se localizar as "formas fixadas"²⁵ de modo preciso para reconstruir o processo geológico que está sendo estudado.

²⁵ Potapova (1968). *Op.cit.*, p.120, define a expressão "formas fixadas" para indicar os registros dos processos ocorridos no passado da Terra que podem ser encontrados no presente.

Faz-se lâminas microscópicas. Coletam-se amostras para análise geoquímica etc.

Em todas estas etapas a realização do trabalho está sendo permeada por noções espaciais e temporais e, ao final, apresenta uma explicação para a paisagem existente, faz uma previsão do futuro curso provável do desenvolvimento da natureza, uma previsão da probabilidade de existência de recursos minerais etc. porém há um elemento comum entre os mais diversos estudos geológicos: o produto da pesquisa, o conhecimento estruturado, está carregado com uma visão altamente abstrata de espaço e tempo, representada - muitas vezes - em mapas tri-dimensionais e temporais de rochas, estratos, estruturas etc. e relatórios escritos numa linguagem carregada de noções espaço-temporais.

Estes mecanismos de construção do conhecimento estão ligados à imagem que se faz da Terra e de sua história; imagem que se cristaliza nas teorias geológicas.

Mas, para que serve a geologia?

Enquanto um campo de conhecimento teórico dedicado à descoberta e construção do processo histórico-geológico a geologia abre um conjunto de perspectivas de aplicação para este esforço de cognição da Terra.

O desenvolvimento da geognose indica a forma mais clássica de aplicação da geologia: a descoberta de recursos naturais. Através do conhecimento geológico se realiza a apropriação cognitiva da natureza como etapa prévia da apropriação econômica.

Em senso amplo podemos dividir a apropriação geológica da natureza em dois conjuntos: o primeiro voltado para a pesquisa e exploração de recursos minerais, o segundo para a apropriação do espaço territorial (urbano e rural).

Os campos de aplicação do conhecimento geológico colocam problemas práticos que implicam a articulação dos campos teóricos.

No que tange a apropriação do espaço territorial se articulam geomorfologia, geologia estrutural, petrologia com campos do conhecimento não geológico (desde ciências sociais, engenharia etc.) para tentar prever o futuro desenvolvimento mais provável de uma região de acordo com os tipos de apropriação previstos. O produto deste conhecimento é uma articulação de todos estes campos. Deve-se ressaltar que - mesmo existindo simplificação de aspectos do conhecimento geológico - o espaço geológico permanece como componente neste conhecimento híbrido de diferentes ciências.

Assim na aplicação do conhecimento geológico aparece a abstração e complexidade das noções espaço-temporais, representação visual e nomenclatura.

O estabelecimento de uma base cartográfica precisa foi uma condição necessária para o estudo histórico da Terra. A cartografia capta elementos espaciais e os representa segundo uma teoria de projeção. Certos elementos (drenagem, relevo, áreas já ocupadas etc.) são capazes de sustentar as explicações, hipóteses e teorias geológicas, como foi antevisto pelos naturalistas germânicos, franceses e britânicos já no século XVIII.

Assim o espaço passa a ser o continente das informações sobre os corpos geológicos pois estes devem ser localizados em sua posição geográfica.

Mas o estudo geológico não permanece limitado à catalogação dos corpos geológicos. A posição espacial é interpretada como um elemento temporal.

Os corpos geológicos descritos em base topográfica indicam a existência de um espaço que permite a classificação dos dados sensíveis, um espaço dado "*a priori*", uma referência para estudar a

Terra. As dimensões deste espaço sob influência dos princípios de Steno ganha uma grande dimensão horizontal que caracteriza uma escala para o tratamento das informações do planeta, neste sentido uma escala geológica de espaço.

E a escala geológica de espaço é acoplada com a interpretação temporal e, assim, o elemento espacial ganha conteúdo temporal: a cada unidade definida sob os mais diferentes critérios é atribuído um significado processual.

A escala de espaço utilizada na geologia trabalha com a idéia de um espaço absoluto - dado "*a priori*" para a classificação das informações - e de um espaço relativo ao processo ocorrido na história geológica - daquele corpo ou unidade terrestre definida.

Dai percebemos a importância do conceito de espaço geológico pois é um elemento conceitual imbricado com o conhecimento de diversos modos:

a) é um elemento que dificulta a compreensão histórica da natureza pela sua abstração e distância em relação aos modos usuais de se pensar o espaço e o tempo;

b) não pode ser dissociado do estudo geológico pois historicamente são conceitualizações imbricadas sendo que uma idéia usou a outra como apoio;

c) no final do século XVIII, o espaço geológico começou a se afastar do senso comum;

d) em termos de organização geral do conhecimento geológico, os processos são estudados numa perspectiva positivista de apropriação dos recursos naturais - como algo a ser conquistado por quem ontologicamente se diferencia do restante da natureza: o homem; tal posição foi explicitamente afirmada por Charles Lyell e propagada por seu livro formando sucessivas gerações de geólogos;

f) deste modo, Francisco Morato é um exemplo da projeção de certos valores sobre a natureza: a superioridade do homem e a capacidade de expropriação infinita do meio físico. Esta racionalidade predatória é sustentada culturalmente pela perspectiva geológica tradicional;

g) um novo olhar sobre Francisco Morato deve procurar contribuir para integrar o conhecimento geológico e explicitar um conceito de espaço geológico possuidor de uma perspectiva menos predatória de geologia.

E que novo olhar pode ser este para a situação calamitosa em que vivem os habitantes de Francisco Morato?

Na perspectiva tradicional de geologia, emergente a partir da época de Lyell, deve-se procurar resolver a crise ambiental de Francisco Morato nos limites do conhecimento atualmente existente sobre os processos naturais. A solução total ou parcial da crise implica o aprendizado de como se atuar em novas situações de crise ou planejamento da apropriação do espaço urbano. Isto porque pressupõe que o homem sempre encontrará algum tipo de solução para controlar os processos naturais.

O novo olhar para Francisco Morato, baseado nas formulações de espaço geológico na concepção de Krut e Potapova, ainda deve ser elaborado e neste instante não temos condições afirmar os tipos de solução que seriam dados. Procuramos esboçar apenas alguns elementos mais coerentes com esta posição.

O centro de atenção do problema, nesta outra orientação, deve ser deslocado do homem para o planeta, do homem genérico para o homem real - com suas determinações sociais - que vive o problema, do planejamento feito por técnicos para um planejamento estabelecido pelos agentes sociais envolvidos na questão.

Não bastam as informações geológicas e geotécnicas representadas em relatórios e mapas que descrevem e interpretam os elementos naturais para diversos fins; com relatórios verbais apresentados em linguagem conceitual carregada de informações que expressam uma visão espaço temporal para o ambiente; com mapas estruturados numa linguagem visual representando as diversas unidades de análise (corpos tridimensionais) acompanhadas da perspectiva de desenvolvimento temporal de cada unidade.

O mapa apresentado na forma bidimensional que representa as três dimensões do corpo geológico e o tempo; expressão de uma visão espaço temporal do ambiente; síntese quadridimensional de uma linguagem da natureza capaz de prever o comportamento geotécnico do local, é insuficiente para mudar os hábitos, as soluções tecnológicas de partição do solo e construção civil. É necessário algo mais, algo que cresça junto com as necessidades econômicas, políticas e culturais daqueles que vivem no local.²⁶

O espaço geológico, continente das demais formas de espaço, deve pretender mudar a racionalidade de apropriação da natureza porque a orientação tradicional fracassou na sua tentativa de dominá-la e, além disso, sustenta a projeção de valores predatórios sobre o mundo e os homens.

²⁶ Mc Harg (1969). **DESIGN with NATURE**. p.79-93. Apresenta um notável exemplo sobre a recuperação de uma área degradada onde insiste que um plano só pode receber este título se for executado.

CAPITULO IV

RETORNO A FRANCISCO MORATO

4.1 O ESPAÇO GEOLOGICO NA PRODUÇÃO DO CONHECIMENTO GEOTECNICO

O retorno a Francisco Morato procura, mais detidamente, a diferença entre o espaço geológico da orientação mais tradicional de geologia e o outro espaço geológico ligado à ruptura antevista na visão de Krut e Potapova.

A geologia trata de questões desde o nível atômico até o universo todo, cobrindo um amplo espectro multidimensional e temporal, o espaço e o tempo são tomados como existentes para classificar os objetos mas também são construídos pelo estudo destes objetos. Sinteticamente: os processos geológicos mudam no tempo e espaço e mudam o tempo e o espaço.

O resgate, deste processo geológico, mostra que não só a qualidade dos processos naturais se modificou ao longo tempo, mas o próprio tempo pode ter mudado. Transformando esta informação em hipótese de trabalho para a apropriação do espaço, um novo olhar pode ser formado para tratar seus dilemas e identificar novas perspectivas.

A medida em que, os diversos corpos geológicos são estudados, modificam-se suas características espaciais e temporais e eles são redefinidos, ié., as explicações sobre os processos ocorridos são alteradas. Em decorrência alteram-se as projeções do tempo passado e do futuro curso de desenvolvimento destes processos.

No momento em que as transformações sociais forem interpretadas como um dos processos terrestres, as projeções sobre seu futuro curso também devem ser mudadas e mais coerentemente articuladas prevenindo as possibilidades de crise sócio-ambiental. Isto pode ser uma das referências que esclareça o modo como se deve agir com a natureza.

4.2 FRANCISCO MORATO VISTO PELO ESPAÇO GEOLOGICO

O ESPAÇO GEOLOGICO TRADICIONAL

Como vimos, a elaboração do conhecimento geológico incorporou perspectivas diversas, na medida em que estruturou um modo aceito de produzir ciência, e isto somente ocorreu quando foram ordenados e sintetizados espaço e tempo de modo coerente.

Portanto todo o conhecimento produzido, já no instante de sua elaboração, passou a combinar o tempo e o espaço para desta combinação nunca mais se afastar. A perspectiva de uma ciência histórica e mecânica da natureza embutiu esta forma específica de elaboração de conhecimento, desde a descoberta dos processos até a elaboração do construto conceitual da geologia que conhecemos hoje.

O desenvolvimento deste modo de produção de conhecimento, gradualmente, se afastou do conhecimento elaborado por amadores provincianos que, utilizando o senso comum, contribuíram para organizar a nova ciência objetiva e positivista da natureza. Esta prática foi substituída por uma produção de conhecimento realizada, somente, por técnicos especialmente treinados para observar, organizar e interpretar informações da natureza.

O treinamento destes técnicos envolve diversos elementos, porém ajuda a formar a noção de espaço geológico que, por sua abstração, não é facilmente compreendida por aqueles que não dominam o conhecimento geológico.

Deste modo, há um deslocamento na apropriação cognitiva do conhecimento: o conhecimento geotécnico, que se auto-proclama como de interesse social, é apropriado somente por um pequeno conjunto de técnicos. E, conseqüentemente, permanece alheio à população que deveria atender.

A impossibilidade de intelegibilidade da informação geológica e geotécnica, pelos diversos setores sociais, é apenas a ponta de um *iceberg* da profunda separação entre conhecimento técnico-científico e senso comum, e das múltiplas razões que garantem a existência desta separação. Procurar os elementos que interferem diretamente em Francisco Morato pode aclarar alguns pontos a respeito da apropriação do conhecimento e da separação entre senso comum e ciência.

Evidentemente, o aspecto essencial da apropriação do espaço urbano deste município obedece a uma racionalidade fundamental: a da apropriação imediatista do espaço para obtenção de lucro rápido. Sob este imediatismo há uma racionalidade positivista (que sustenta a projeção dos valores privatistas e gananciosos no mundo). É a concepção de conquista e desbravamento infinito da natureza pelo homem, que transforma a natureza num território a ser indiscriminada e infinitamente apropriável.

É esta é a mesma racionalidade que penetrou na geologia, no tempo de Lyell, e foi perpetuada através da orientação presente no trabalho do geólogo.

Deste modo, a carta geotécnica de Francisco Morato em sua confecção incorporou aspectos desta orientação de trabalho científico.

Na carta geotécnica de Francisco Morato, as três unidades de análise adotadas são representadas nas cores vermelho, amarelo e verde de acordo com sua probabilidade de vulnerabilidade à apropriação social urbana: uma nitida analogia com as cores dos semáforos, buscando tornar-se intelegível por qualquer cidadão. Porém, o que este cidadão não consegue ler, é que as cores são indicações probabilísticas do futuro do curso de desenvolvimento do corpo geotécnico, definido num dado momento de compreensão do processo natural.

Mesmo a linguagem simplificada não é intelegível pelos agentes sociais não geológicos. Este conhecimento elaborado, que se auto-afirma como algo de amplo interesse social, permanece apropriado por poucos setores da formação social.

Os campos de aplicação do conhecimento geológico trabalham com a combinação de diversas áreas de estudo da geologia, assim também é o caso da geologia voltada para a apropriação do espaço territorial. Na elaboração de uma carta geotécnica, simplificada, usam-se os seguintes procedimentos: coleta de informações junto a imagens de sensores remotos (fotos aéreas, imagens de satélite etc.), mapas topográficos e geológicos, informações demográficas, econômicas e sociais, orientações de engenharia e arquitetura, previsão das características do meio físico e da ocupação com o objetivo de estabelecer uma orientação para a apropriação do espaço.

Deste modo, os produtos elaborados e estruturados deste conhecimento foram elaborados dentro de padrões que carregam informações sobre o meio físico e sua ocupação contendo o espaço geológico. Contendo um elemento abstrato que sintetiza informações espaço temporais.

Mas as pessoas em geral não estão aptas a trabalhar com as variadas escalas de espaço e tempo que caracterizam a geologia e, tão pouco, aptas a trabalhar com os elementos abstratos da representação visual. A abstração envolvida neste tipo de conhecimento impossibilita sua comunicação.

As informações geotécnicas, de Francisco Morato, poderiam ter desempenhado um papel norteador para a apropriação do espaço territorial urbano. Como esta apropriação foi regida pelo imediatismo produziu um conjunto de situações de degradação ambiental que para serem resolvidas dependem de uma aplicação significativa de capi-

tal, estabelecida por critérios rígidos, para atingir uma solução viável de melhoria das condições de moradia no local.

Neste momento o papel da carta geotécnica muda de qualidade: de algo que deveria prevenir a crise passa a algo que visa remediar o estrago. De certo modo, passa do conflito com a especulação imobiliária, para sustentá-la, pois, não é o especulador que arca com ônus da recuperação ambiental.

O conhecimento geológico e geotécnico não atende à função para a qual é elaborado de contribuir para o planejamento da ocupação, porque não tem tido força política capaz de enfrentar a perspectiva imediatista.

Esta última dificuldade põe em questão o próprio conhecimento geotécnico. Apesar de ser propagado e realizado para certa finalidade ele não consegue atingi-la. Torna-se um planejamento que não planeja pois não é executado.

O ESPAÇO GEOLOGICO PROCURADO

O planejamento realizável sustenta-se numa orientação de espaço e ciência geológicos, articulados com uma racionalidade não predatória, centrada nos processos terrestres e nas limitações do conhecimento da natureza.

Depende de uma geologia que seja sintética e globalizadora, capaz de realizar a cognição do planeta buscando suas tendências de desenvolvimento para prever o futuro.

Esta ciência integrada dos processos naturais deve buscar modos de produção e comunicação, que busquem superar tanto as limitações da população não especializada, como melhorar o nível de compreensão da natureza desta mesma população.

Como vimos, não é possível abandonar a concepção espaço-temporal no resgate histórico das transformações naturais, ao contrário, deve-se descobrir e construir esta história para além

dos limites da orientação causal e mecânica. A orientação tradicional aumentou a especialização e os limites para integrar o conhecimento científico, a aplicação do conhecimento geológico para fins urbanos requer uma integração de diferentes campos das ciências.

Este espaço geológico desloca o foco de atenção do homem para a natureza contribuindo para diminuir a perspectiva antropocêntrica de dominação da natureza; sua trajetória deve buscar modos de existência mais cooperativos com os processos terrestres.

A separação usualmente feita entre espaço e tempo é posta em cheque, assim como as tentativas de tratamento sistêmico da natureza que muitas vezes influem significativamente nas perspectivas ecológicas. O tratamento sistêmico despreza o tempo como variável e toma o arcabouço geológico como passivo nos processos. Esta abordagem é inadequada para orientar a apropriação urbana, como procuramos demonstrar anteriormente.

O espaço geológico coloca a necessidade da articulação entre técnicos e agentes sociais responsáveis pela apropriação econômica do espaço: agentes imobiliários, construtores, moradores etc.. O emprego de soluções padronizadas para as obras civis está em conflito com a relativa fragilidade da região.

O planejar só será possível quando estes agentes assumirem a iniciativa do plano e a responsabilidade por seu destino. Tomamos como pressuposto que o desenvolvimento é necessário, que a região é muito vulnerável e que o crescimento desordenado e descontrolado é destrutivo, na medida em que, inviabiliza a tentativa de apropriação.

Mas estes agentes sociais precisam mudar sua visão de mundo, sua cosmologia, não podem continuar regidos pelo lucro imediatista e pela visão de que a natureza está infinitamente à disposição do

homen. Torna-se necessário que compreendam a história dos processos naturais como elemento limitador da ação humana.

E dentro deste palco que uma visão globalizadora de espaço geológico deve intervir. Cabe aos atuais geólogos, e à formação dos novos geólogos, a tarefa de compreender a necessidade de integração do conhecimento numa perspectiva não predatória, as peculiaridades das concepções espaço-temporais da geologia e sua influência nos problemas urbanos. E, além de compreender, superar os limites da comunicação com os demais setores sociais.

4.3. FRANCISCO MORATO ENQUANTO UNIDADE DE ESTUDO

Francisco Morato, enquanto uma situação exemplar da forma brutal de apropriação econômica da natureza, pode produzir um estudo instigante da noção de espaço geológico.

Este estudo pode ser realizado durante a formação do geólogo, o que propiciaria a discussão de diversas concepções de apropriação da natureza, de ciência e espaço geológicos, de relação entre geologia e os demais campos do conhecimento. Em seguida apontamos algumas diretrizes das discussões envolvidas neste estudo.

A análise daquilo que ocorre em Francisco Morato indica como diversos agentes sociais se articulam e se sobrepõem aos processos naturais, estabelecendo uma situação conflituosa que necessita de uma solução global, dependente da ação coordenada destes diferentes aspectos.

A caracterização econômica e cultural dos agentes sociais que realizam a apropriação econômica da natureza em Francisco Morato mostra uma racionalidade fundamentalmente predatória e imediatista que explicita a dimensão fundamental da tentativa de dominação dos processos naturais.

Ao nível do ideário, essa tentativa de dominação toma todos os processos do meio físico como elementos estáticos, desconsiderando as possibilidades de interação do meio social com os elementos naturais.

A principal consequência dessa abordagem é a degradação da natureza, que traz decorrências explosivas que inviabilizam a própria tentativa de apropriação econômica da natureza.

A paisagem de desolação que emerge é o produto da crise ambiental, e a demonstração da falência da racionalidade positivista, em tomar a natureza como algo pura e simplesmente apropriável segundo as necessidades sociais, independente de quaisquer outros fatores.

Um olhar mais detido indica uma consonância entre a racionalidade efetivamente praticada pelos agentes sociais presentes em Francisco Morato, e uma visão geológica da natureza, que também é predatória. As fontes dessa concepção de ciência geológica podem ser encontradas nas tendências geognósticas, e em algumas abordagens iluministas (como a de Hutton) que contribuíram para o estabelecimento da geologia moderna.

O estudo dos elementos do meio físico corresponde à construção de uma teoria de como os processos naturais se combinam para prever as tendências de desenvolvimento da paisagem, considerando a ocupação já existente em Francisco Morato. O modo complexo como esses processos se combinaram temporalmente faz emergir um campo de estudos que se encontra no âmbito da geologia.

A partir da análise do que acontece em Francisco Morato e da perspectiva temporal, mostra-se a construção de um espaço geológico, com influência potencial na apropriação da natureza, dirigida a uma racionalidade diferente daquelas encontradas.

Dai pode-se inclusive levantar a falta de comunicação entre o conhecimento geológico e os agentes sociais, e a formulação de possíveis trajetórias para a socialização do conhecimento científico.

Do estudo de Morato emergem todos os elementos de constituição do conhecimento geológico, e suas implicações quando aplicados para orientar o planejamento urbano. Emerge assim uma noção de espaço geológico que está ligada à uma visão globalizante de geologia.

No momento em que se procuram as possíveis soluções para os problemas vividos pela população local, aparece o conjunto de circunstâncias necessárias para um planejamento de fato, ié., um planejamento realizável.

Este planejamento realizável é sustentado numa síntese baseada em pelo menos duas perspectivas de racionalidade frente à natureza, que demonstraram incapacidade para enfrentar os desafios: a da apropriação imediatista e a da ideologia do planejamento.

Se é possível existir uma solução para os problemas de degradação ambiental que afetam a área urbana de Francisco Morato, para nós ainda é uma incógnita. Entretanto a busca de solução impõe a necessidade de tratamento integrado das informações. E tratamento integrado dos agentes sociais envolvidos.

Consequentemente, é um elemento de estudo extremamente rico - ainda que as possíveis conclusões desalentadoras de tal estudo que possam indicar a impossibilidade de recuperação a curto prazo da crise vivida em Francisco Morato.

CONCLUSOES

O estudo realizado procurou caracterizar o aparecimento da noção de espaço geológico, seu significado e importância para a geologia; buscou indicar algumas implicações do conceito de espaço geológico para o ensino de geologia na universidade e apontar dificuldades inerentes a tal conceito para a socialização de informações técnicas geológicas pela população em geral, ou seja: os não-especialistas. Para finalizar, destacamos alguns elementos que pudemos deduzir da pesquisa.

A) IMPORTANCIA DO ESPAÇO GEOLOGICO PARA A GEOLOGIA

1. A geologia como uma ciência histórica da natureza realiza uma síntese entre elementos espaciais e temporais, que caracterizam uma concepção para olhar e interpretar o planeta.

Esta concepção sintética do espaço e tempo foi constituída historicamente no conhecimento da Terra, de modo que o estudo do passado da Terra foi elaborado conjuntamente com o espaço geológico. O espaço geológico constitui-se na base conceitual para estruturar as teorias explicativas dos processos geológicos.

O conhecimento geológico pode contribuir para o processo geral de apropriação da natureza. A apropriação geológica da natureza deve ser considerada na apropriação do espaço, pois o modo de olhar a natureza realizado pela geologia é particular e único. Enquanto a maioria dos campos do conhecimento - como a ecologia, p.ex. - ao discutir a interação de processos naturais e sociais trabalha com escalas temporais restritas, a geologia trabalha com uma concepção que permite pensar a natureza historicamente.

2. Na construção do conhecimento geológico sistematizado é fundamental o estabelecimento de unidades. Estas unidades são de diversos tipos, definidas segundo os objetivos específicos de cada

campo da geologia: formações, estratos, veios, sistemas geomorfológicos, unidades geotécnicas etc.

Genericamente, estas unidades são corpos geológicos caracterizados pela homogeneidade interna e heterogeneidade com os corpos adjacentes. Por esta razão, tendem a indicar características processuais comuns em algum momento da história da Terra.

Os corpos geológicos podem ser interpretados como unidades do espaço geológico.

3.0 espaço geológico é uma concepção abstrata de espaço e tempo que está ligada à problemática da geologia e aos modos de representar o conhecimento geológico, tanto em linguagem verbal, quanto visual.

4. É possível representar o espaço geológico. Cada formulação, conceituação, abstração feitas sobre medidas os dados localizados em determinado local etc., expressam uma visão do que foi observado e interpretado na natureza. Esta interpretação é possível devido à aceitação de uma base geométrica e de representação das informações extraídas da natureza.

Historicamente, as noções de conhecimento geológico, espaço geológico e representação visual foram construtos abstratos elaborados de forma imbricada e interdependente.

5.0 espaço geológico tem, na articulação entre as noções de espaço e tempo, um instante básico.

O tempo geológico tem seu desenvolvimento ligado ao reconhecimento dos processos. A raiz do tempo geológico é o tempo relativo que, na sua proposição mais imediata, corresponde à noção de sucessão formulada por Steno, numa diferenciação e interpretação do significado histórico dos corpos geológicos.

Da anterioridade imediata, puro empilhamento de objetos espacialmente diferenciados em idades, nasce a noção de tempo geológico

relativo com baixa articulação com a noção de duração temporal dos eventos.

A idéia de duração do tempo geológico se desenvolve quando se pergunta sobre os períodos de unidades de tempo necessários para que ocorra um dado processo. A ligação entre duração de tempo e processos têm o atualismo como referência para a transferência das informações do presente para o passado e vice-versa.

6.0 espaço geológico questiona outras concepções espaço-temporais. Seu desenvolvimento esteve associado à ruptura entre geologia e biologia com a teologia, à formulação da teoria da evolução de Darwin, à eliminação da origem do tempo (o tempo zero da tradição mosaica) e à dessacralização da história da Terra e do homem, realizando uma profunda transformação no pensamento científico e filosófico do século XIX.

7. Cartas geotécnicas são derivadas dos mapas geológicos. Deste modo tais cartas embutem o conceito de espaço geológico.

O espaço geológico é apropriado socialmente, é descoberto e construído durante a apropriação social da natureza. A eficiência desta apropriação depende do processo de compreensão do desenvolvimento temporal da natureza. Há uma ligação entre esta "eficiência" e o tipo de racionalidade adotada para a apropriação da natureza. Esta conexão se estende à concepção geral de ciência, de geologia e de espaço geológico.

B) IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE GEOLOGIA

1. A explicitação e resgate histórico do conceito de espaço geológico traz implicações educacionais principalmente para a formação dos geólogos.

Tal conceito deve ser formalmente desenvolvido durante a formação dos geólogos, no sentido de permitir a compreensão do modo

particular de tratamento para o espaço e tempo nesta ciência e suas decorrências nas diversas aplicações da geologia.

2. Francisco Morato, pelo conjunto de extremas peculiaridades, possui importante papel educacional.

O estudo de Francisco Morato permite perceber as diferentes perspectivas de racionalização da apropriação territorial urbana; indica o possível papel do conhecimento geológico nesta apropriação; mostra as dificuldades de comunicação do conhecimento geológico; os diferentes agentes sociais que intervêm no processo de apropriação; e, ainda, indica a necessidade da socialização do conhecimento geológico para diferentes agentes sociais.

3. Em relação ao ensino de geologia tradicionalmente praticado, fundado na racionalidade hutton-lyelliana (ligada à valorização dos processos e produtos importantes para a exploração de recursos minerais metálicos), Francisco Morato traz uma contribuição nova: a valorização dos processos da dinâmica externa, em clima tropical úmido, e dos elementos geotécnicos relativos à crise ambiental.

C) DIFICULDADES PARA A SOCIALIZAÇÃO DO CONHECIMENTO TÉCNICO

1. A compreensão da existência do conceito de espaço geológico ganha particular importância na aplicação da geologia para a apropriação do espaço territorial pois a geologia só conseguirá dar sua parcela de contribuição se conseguir orientar os agentes sociais a praticar uma postura diferente sobre a natureza.

Na comunicação do espaço geológico a abordagem globalizante e histórica da natureza é particularmente frutífera por expôr os limites e potencialidades da geologia na orientação da apropriação territorial.

2. Mesmo nos limites deste trabalho, não há como deixar de enfatizar a ação predatória executada contra a natureza em Francisco Morato que criou uma situação insustentável e desumana. Tal ação é sustentada cultural e ideologicamente na racionalidade objetiva, positivista e progressista de dominação da natureza pelo homem.

3. A socialização do conhecimento geológico coloca em questão o tipo de ciência que deve ser democratizado.

Uma geologia que forneça uma visão integrada e histórica da natureza ganha especial destaque, pois pode habilitar as pessoas sem treinamento específico em geologia, para compreenderem e se apropriarem cognitivamente do ambiente onde vivem, das tendências de desenvolvimento deste ambiente e suas articulações com os processos de desenvolvimento do planeta.

BIBLIOGRAFIA

- Albritton Jr., J.C. **The abyss of Time**. Freeman, Cooper and Company; 251pp. San Francisco. 1980.
- Almeida, F.F.M.de. **Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista**. Bol. Inst. Geogr. Geol.; (41):169-263. São Paulo. 1964.
- Amaral, I.A.do. **O Conteúdo e o Enfoque dos Livros de Geologia Introdutória**. Tese de Mestrado. Instituto de Geociências-USP; 258pp. São Paulo. 1981a.
- Amaral, I.A.do. **Uma Estratégia de Implementação para as Mudanças Propostas no Ensino de Geologia**. p.177-187. In: Diversos Autores. **Teses para o I Simpósio Nacional sobre o Ensino de Geologia no Brasil**. Sociedade Brasileira de Geologia. 2 v., 268pp. Belo Horizonte. 1981b.
- Amaral, I.A.do (Org.)(1983). **Documento Final do II Simpósio Nacional sobre o Ensino de Geologia no Brasil-Currículo Mínimo**. Sociedade Brasileira de Geologia; 73pp. São Paulo.
- Baldine, M. **Problemi e Prospettive di Storia della Scienza**. Città Nuova Ed.; 171pp. Roma. 1986.
- Bubnoff, S.von. **Fundamentals of GEOLOGY**. Oliver & Boyd; 287pp. Edinburgh and London. 1963.
- Canguilhem, G. **Ideologia e Racionalidade das Ciências da Vida**. Edições 70; 126pp. Lisboa. 1977.
- Cunha, C.A.L.da S. **Análise da Coerência Interna dos livros de Geologia Introdutória**. Tese de Mestrado, Depto. de Metodologia de Ensino-F.E./UNICAMP. Campinas. 1986.
- Cunha, C.A.L.da S. e Outros (1982). **Documento Final do I Simpósio Nacional sobre o Ensino de Geologia no Brasil**. Sociedade Brasileira de Geologia; 155pp. São Paulo.

- Diversos Autores. (1981) **Teses para o I Simpósio Nacional sobre o Ensino de Geologia no Brasil.** Sociedade Brasileira de Geologia. 2 v., 268pp. Belo Horizonte.
- Ellenberger, F. **Recherches et réflexions sur la naissance de la cartographie géologique, en Europe et plus particulièrement en France.** Histoire et Nature; n.22-23:3-54. Paris. 1983.
- Filiardi, A.S. e Outros. **Cadastramento e Análise dos Problemas Geotécnicos Oriundos da Expansão Urbana: Exemplo da Grande São Paulo (Proposições de Base Geotécnica para o Planejamento Urbano).** Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT; Rel.17546, 110pp. São Paulo. 1983.
- Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (FIBGE). **CENSO INDUSTRIAL - SÃO PAULO.** Censos Econômicos de 1975; Série Regional. FIBGE; vol.2, t.17, 363pp. Rio de Janeiro. 1980.
- Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (FIBGE). **CENSO DEMOGRAFICO - SÃO PAULO (Dados Distritais).** IX Recenseamento Geral do Brasil - 1980. FIBGE; vol.1, t.17, 611pp. Rio de Janeiro. 1982.
- Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (FIBGE). **CENSO COMERCIAL - SÃO PAULO.** IX Recenseamento Geral do Brasil - 1980. FIBGE; vol.4, n.19, 627pp. Rio de Janeiro. 1984.
- Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (FIBGE). **CENSO DE SERVIÇOS - SÃO PAULO.** IX Recenseamento Geral do Brasil - 1980. FIBGE; vol.5, n.19, 336pp. Rio de Janeiro. 1984.
- Foucault, M. **As Palavras e as Coisas (Uma Arqueologia das Ciências Humanas).** Martins Fontes; 407pp. São Paulo. 1981.
- Gagliardi, G. **Cómo Utilizar La Historia de las Ciencias en La Enseñanza de Las Ciencias.** Enseñanza de Las Ciencias. 6(3):291-296. España. 1988.

- Garboe, A. Nicolaus Steno (Niels Stensen) and Erasmus Barthololinus:
Two 17th Century Danish Scientists and The Foundation of exact
Geology and Crystallography. Danmarks Geologiske Undersogelse; IV
Raekte, Bd. 3, Nr. 9, 48pp. 1954.
- Greene, M.T. Geology in the Nineteenth Century (Changing Views of a
changing world). Cornell University Press; 1a. ed., 324pp.
Ithaaca and London. 1982.
- Guntau, M. The Emergence of Geology as Scientific Discipline.
History of Science; 16:280-290. London. England. 1978.
- Harvey, D. Il Linguaggio della Forma Spaziale. p.29-90. In:
Vagaggini, V. (Org.). Spazio Geografico e Spazio Sociale.
Franco Angel Ed.; Milano. 1978.
- Hooykaas, R. Continuité et Discontinuité en Géologie et Biologie.
Editions du Seuil; 366pp. Paris. 1970.
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT. Carta Geotécnica de
Francisco Morato. 1:50 000. Instituto de Pesquisas Tecnológicas
- IPT; 11pp. e Anexos. São Paulo. 1983.
- Kedrov, B.M. The Geological Form of Motion in Relation to Others
Forms. p.127-147. In: Diversos Autores. The Interaction of
Sciences in the Study of the Earth. Progress Publishers; 323pp.
Moscow. 1968.
- Kedrov, B.M. Classificación de las ciencias. Ed. Progreso; 2
vol: 501 e 572pp. Moscú. 1976.
- Kosygin, Yu.A. & Voronin, Yu.A. Concept of geological space as
possible basis for application of mathematics in geology.
International Geologic Review; 9(6):828-833. Washington. 1967.
- Krut, I.V. On certain concepts in the categorial basis of geology.
International Geologic Review; 9(3):282-287. Washington. 1967.
- Kuhn, T. Estrutura das Revoluções Científicas. Ed. Perspectiva;
262pp. São Paulo. 1978.

- Laudan, R. **Ideas and Organizations in British Geology: a Case Study in Institutional History.** *ISIS*; 68(244):527-538. Pennsylvania, USA. 1977.
- Laurent, G. **Lyell et Lamark.** *Cahiers de l'Association pour l'Histoire des Sciences de la Naturelle*; n. 19-20:115-123. Paris. 1981-82.
- Lepenes, W. **Problems of a Historical Study of Science.** p.55-67. In: Whitley, R. (Ed.) **The Social Production of Scientific Knowledge.** D.Reidel Publishing Company. Dordrecht-Holand/Boston-USA; 294pp. 1977.
- Lopes, M.F.C. e Outros. **Estudo das Aguas Subterrâneas (Região Administrativa 1: Grande São Paulo).** Departamento de Aguas e Energia Elétrica - DAEE; 3 vol.: 220,179 e 17pp. São Paulo. 1975.
- Lyell, C. **Principles of Geology.(Modern Changes of The Earth and Its Inhabitants).** John Murray; 10^a ed., 2 vol.1: 671 e 649pp. London, England. 1867-1868.
- Martins, Jr., P.P. **Ensaio para uma Proposição Curricular Extraído de uma Pedagogia Adequada ao Ensino das Geociências.** p.15-26. In: Diversos Autores. **Teses para o I Simpósio Nacional sobre o Ensino de Geologia no Brasil.** Sociedade Brasileira de Geologia. 2 v., 268pp. Belo Horizonte. 1981.
- McHarg, I.L. (1969). **DESIGN with NATURE.** American Museum of Natural History/Doubleday & Company, Inc. 197pp. New York, USA. 1969.
- Oldroyd, D.R. **Historicism and the Rise of Historical Geology, Part I.** *History of Science*; 17:191-213. London. 1979a.
- Oldroyd, D.R. **Historicism and the Rise of Historical Geology, Part II.** *History of Science*; 17:227-257. London. 1979b.

- O'Rourke, J.E. **A Comparison of James Hutton's Principles of Knowledge and The Theory of The Earth.** ISIS; (69):5-20. Pennsylvania. 1978.
- Pécheux, M. & Fichant, M. **Sobre a História das Ciências.** Editorial Estampa; 195pp. Lisboa. 1971.
- Playfair, J. **Illustrations of The Huttonian Theory of The Earth.** Dover Publications, Inc.; (Facsimile), 528pp. New York. 1802.
- Ponçano, W.L. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo.** Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT; 2vol: 94pp. e Mapa esc. 1:500000. São Paulo. 1981.
- Porter, R. **The Making of Geology.** Cambridge University Press; 287pp. Bristol. 1977.
- Porter, R. **Creation and Crendence: The Career of Theories of The Earth in Britain, 1660-1820.** p.97-123. In: Barnes, B. & Shapin, S. (Ed.) **Natural Order (Historical Studies on Scientific Culture).** Sage Focus Edition; 255pp. London. 1979.
- Potapova, M.S. **Geology as an Historical Science of Nature.** p.117-126. In: Diversos Autores. **The Interaction of Sciences in the Study of the Earth.** Progress Publishers; 323pp. Moscow. 1968.
- Rossi, P. **The Dark Abyss of Time (The History of the Earth and the History of Nations from Hooke to Vico).** The University of Chicago Press; 338pp. Chicago, London. 1964.
- Rudwick, M.J.S. **The Emergence of a Visual Language for Geological Science 1760-1840.** History of Science; p.149-195. London, England. 1978.
- Silva, A. da; Vasconcelos, A.C.B.C. de; Paschoale, C. **Uma Base para a Elaboração do Currículo de Geologia.** 1:27-43 In: Diversos Autores. **Teses para o I Simpósio Nacional sobre o Ensino de Geologia no Brasil.** Sociedade Brasileira de Geologia. 2 v., 268pp. Belo Horizonte. 1981.

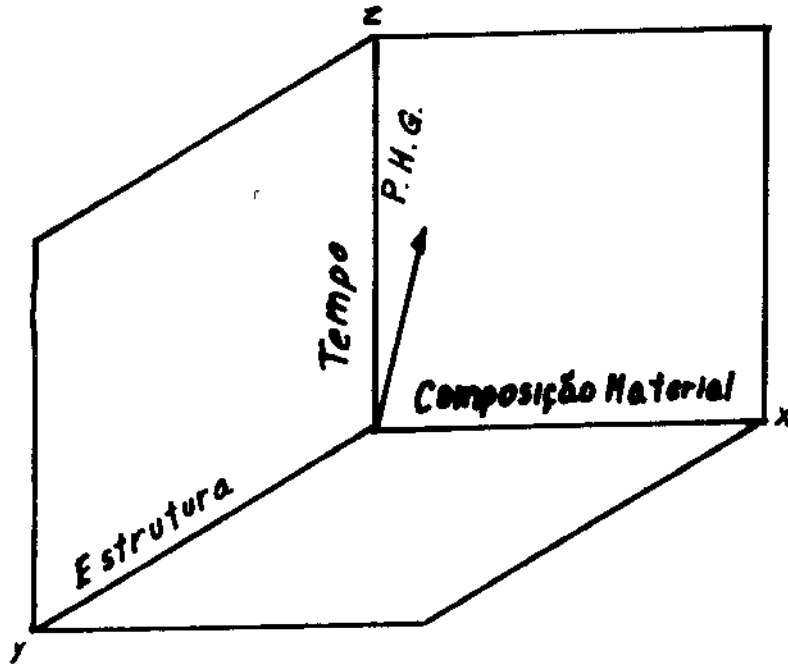
- Sour, R.H. **Modos de Produção: Elementos da Problemática.** Ed. Graal Ltda.; 540pp. Rio de Janeiro. 1978.
- Thackray, J. **The Geological Society of London and Its Links with South America.** In: Anv do I Colóquio Brasileiro de Teoria e História da Geologia. Instituto de Geociências - UNICAMP; no prelo. Campinas. 1988.
- Whitrow, G.J. **The Natural Philosophy of Time.** Harper & Row, Publishers; 324pp. Baltimore, Maryland. USA. 1963.
- Wood, R.M. **The Dark Side of the Earth.** Allen and Unwin; 246pp. London. 1985.

A N E X O S

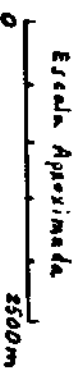
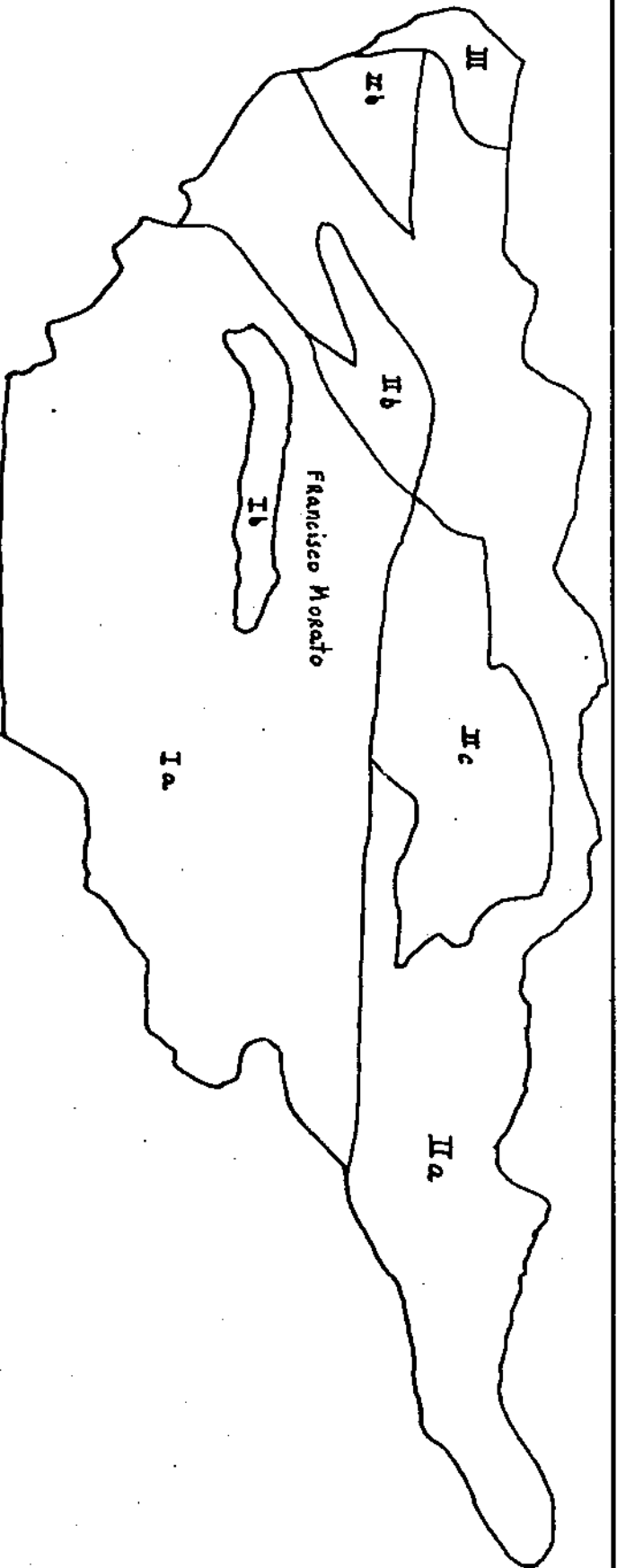
ANEXO I: CLASSIFICAÇÃO GERAL DAS CIÊNCIAS GEOLÓGICAS

ANEXO II: CARTA GEOTÉCNICA DE FRANCISCO MORATO

FIGURA: CLASSIFICAÇÃO GERAL DAS CIÊNCIAS GEOLOGICAS



Ao longo dos eixos coordenadas estão representadas as tendências (categorias) principais: composição material, estrutura e tempo (absoluto e relativo); "em conformidade, grandes grupos de ciências concentram-se ao redor de cada eixo: ciências que tratam da composição material, da estrutura e do tempo e periodização da história da Terra." (modificado de Potapova, 1968, p.124).



Franco da Rocha

CARTA GEOTÉCNICA DE FRANCISCO MORATO



Mapa de Localização

LEGENDA DA CARTA GEOTECNICA DE FRANCISCO MORATO

UNIDADES HOMOGENEAS DE ANALISE	RELEVO	LITOLOGIA	GEOTECNIA	PROBLEMAS EXISTENTES OU ESPERADOS	OBSERVAÇÕES	
I	a	Morros com amplitudes de 80-100m, topos arredondados, perfis de encostas convexas a retilíneos. Predominam declividades de 20-30% nas encostas. Secundariamente 10-20% nos topos e, entre 40-60% nas cabeceiras de drenagem e junto ao sopé das encostas em seu terço	xistos e flitos (intercalações restritas de metaarenitos)	SS areno-argiloso a areno-siltoso, marrom amarelado, espessura até 1m. SA siltoso, micáceo, espessura até 1,5m. RMA a pouca profundidade, foliação desenvolvida	-erosões profundas em aterro; -queda de pequenos blocos de rocha alterada; -assoreamento e enchentes nas baixadas.	Area com cerca de 20km ² . Apresenta alta densidade de parcelamento, necessitando urgente recuperação. Novos parcelamentos exigem cuidados especiais na execução de aterros e nos projetos de arruamentos e edificações nas cabeceiras de drenagem.
	b	Morros com amplitudes de 90m, topos arredondados, perfis de encostas convexas. Predominam declividades de 20-35% nas encostas e 10-20% nos topos e em algumas encostas.	migmatitos	SS argilo-sitoso pouco arenoso, marrom avermelhado, espessura até 1,5m. SA silto-argiloso e silto arenoso, com matacões, espessura superior a 3,0m (observada).	-erosões profundas em exposição do SA; -cortes e fundações dificultados pela presença de matacões; -assoreamento e enchentes nas baixadas.	Area com cerca de 1km ² . Encontra-se totalmente parcelada necessitando urgente recuperação dos locais degradados.
II	a	Morros com amplitudes de 130-180m, topos alongados e estreitos, perfis de encostas retilíneos e convexas. Predominam declividades de 20-35% nas encostas e topos e, 50-60% nas cabeceiras de drenagem e no terço inferior das encostas. Secundariamente, 10 a 20% nos topos.	xistos	Idem I.a	Idem I.a	Area com cerca de 23 km ² . Apresenta alta densidade de parcelamento na porção oeste. A topografia acentuada exige critérios rígidos para ocupação. Existem setores suavizados (topos mais amplos e porções de encostas) menos problemáticos á ocupação.

b	Ideia II.a. com amplitudes de 90-130m.	filitos	SS argilo-siltoso, espessura até 1m; SA silto-argiloso, espessura até 1m. RMA a pouca profundidade, foliação muito intensa.	-Idem I.a -desagregação superficial (empastilhamento) em exposição de rocha alterada.	
c	Morros com amplitudes de 110-170m, topos alongados e estreitos, perfis de encostas convexos e retilíneos. Predominam declividades de 20-35% nas encostas e, secundariamente, 45-60% nas cabeceiras de drenagem e no terço inferior das encostas.	migmatitos	Idem I.b.	-Idem I.b.	Cuidados especiais rígidos na terraplagem, devido ao SA muito erodível e à presença de matacões.
III	Morros com amplitudes na ordem de 180m, topos muito estreitos, perfis de encostas predominantemente retilíneos. Predomínio marcante de declividades de 50-60%.	xistos	Solos com pequena espessura, similar ao solo de I.a.	-grande potencialidade de deflagração de escorregamentos pelo processo de ocupação.	Área com menos de 1 km ² . As declividades elevadas exigem obras de grande vulto para viabilizar a ocupação.

OBSERVAÇÕES: SS = solo superficial;

SA = solo de alteração;

RMA = rocha muito alterada.

Esta carta representa uma adaptação da carta geotécnica a nível metropolitano, ora em elaboração, e atende a necessidade de fixação de uma política emergencial de uso do solo para o Município de Francisco Morato; e Esta legenda representa o estado atual de conhecimento do meio físico da Grande São Paulo, com adaptações para expressar os contrastes de características a nível municipal, sendo portanto, objeto de aprimoramento.