



## O TEMPO E O ESPAÇO-TEMPO NO CONTEXTO DA HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS DA TERRA.

Cledson Mesquita Santos <sup>1</sup>  
Orientador: Prof. Dr. Marco Antônio Tomasoni <sup>2</sup>

### RESUMO

O tempo (e o espaço) estão bem longe de serem categorias exclusivamente geográficas. Mais do que categorias ou conceitos de uma disciplina específica, são condições ontológicas, questões essenciais da existência e do pensamento. O objetivo deste trabalho é a realização de uma exploração selecionada de concepções e debates sobre o tempo enquanto categoria, que acreditamos ter importância para os estudos da natureza em Geografia, utilizando especialmente procedimentos metodológicos de revisão da literatura. O texto é parte de um capítulo essencial de minha tese de doutorado que se encontra em fase final de escrita. Evolucionismo, uniformitarismo, irreversibilidade, auto-organização, entropia, complexidade, processos histórico-sociais, seta e ciclo do tempo são concepções, conceitos e categorias que foram e são acessados por geógrafas e geógrafos no Brasil e no mundo e que determinaram por diversos momentos e lugares nossa visão do tempo e do espaço, além do desenvolvimento de novos pressupostos, teorias e procedimentos metodológicos. Ao final do artigo, apresentamos alguns desdobramentos sobre as diversas concepções desta importante categoria para as ciências da Terra.

### INTRODUÇÃO

O presente artigo é parte essencial das discussões teóricas que estão sendo desenvolvidas em minha tese de doutoramento, cuja preocupação principal está em discutir a importância da categoria tempo para os estudos integrados da natureza em Geografia. Desta forma, iniciamos o texto trazendo algumas discussões da filosofia da ciência sobre esta categoria, para depois adentrar numa síntese da história e da epistemologia relacionada ao tempo nas Ciências da Terra.

O filósofo francês Michel Serres (1994)<sup>3</sup>, ao discutir questões relacionadas ao ser, ao espaço (como habitat) e ao devir, evidencia a discussão do tempo enquanto movimento

---

<sup>1</sup> Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia (POSGEO) – Universidade Federal da Bahia - UFBA, [cmesquitabr@gmail.com](mailto:cmesquitabr@gmail.com);

<sup>2</sup> Professor Titular do Departamento de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia (POSGEO) – Universidade Federal da Bahia - UFBA, [tomasoni@ufba.br](mailto:tomasoni@ufba.br);

<sup>3</sup> Há momentos no texto de sua obra “Atlas” em que o referido filósofo se aventura perigosamente em descrever e explicar fenômenos da natureza. Seu ímpeto o coloca em risco, ao apresentar argumentos que



e como ele foi concebido no Ocidente. Diante disso, seria o espaço estático e o tempo dinâmico? Seria o tempo, seja ele através dos processos históricos, seja através dos processos da natureza (evolutivos, transformadores), que qualificaria a dinâmica espacial? Ou mais que isso, o tempo seria uma qualidade do espaço, uma quarta dimensão?

Serres, inclusive, apresenta um esforço importante em discutir o tempo do ponto de vista filosófico e reclama sobre certo abandono progressivo das preocupações dos filósofos modernos com o “tempo que faz”, o tempo meteorológico, por assim dizer. O marco da modernidade cartesiana teria levado a este abandono, orientando as preocupações da razão filosófica para o “tempo que passa”, o tempo cronológico. Consolidar-se-ia assim, um desinteresse geral da Filosofia pela natureza enquanto fenômeno físico, a partir do momento em que a ciência moderna passa a explicá-la com autoridade canônica.

Para o referido autor, esse movimento limitou, em certo sentido, as reflexões sobre o tempo tanto na filosofia quanto na ciência moderna. Segundo o filósofo, a mecânica newtoniana do “relógio do Universo” orbital subjugou as reflexões sobre o tempo atmosférico (*weather*, em língua inglesa), ao tempo cronológico (*time*, também em língua inglesa):

(...) há que o ler nos verbos e palavras *temperar*, *temperança*, *temperamento*, *tempestade*, *intempérie*, todos os termos da mesma família que o tempo, elementar, que as contrapõe e que designam, no conjunto, uma mistura cujo funcionamento ou figura precedem, associam e aliam os dois sentidos, cronológico e meteorológico, do termo tempo, único nas línguas latinas, e correspondendo a dois vocábulos separados nas línguas germânicas: *time* ou *Zeit* e *weather* ou *Wetter*, línguas que esqueceram, ou abandonaram intencionalmente, essa unidade forte, de origem agrária (SERRES, 1994, P. 97-98).

Por outro lado, o celebrado filósofo da ciência Ilya Prigogine (2011), ao anunciar “o fim das certezas” nas ciências positivas, reclama o tempo como conceito e categoria-chave: “O tempo é a dimensão fundamental de nossa existência, mas está também no

---

validem a sua questão central nesta obra, que nos parece ser a necessidade de retomada do interesse da Filosofia sobre fenômenos e temas que de alguma forma sequestrados diligentemente pela ciência moderna. Entretanto, acreditamos que isso não invalide de maneira alguma a qualidade geral de suas reflexões e a importância das questões que o autor levanta para esta demanda de pesquisa.



coração da física, pois foi a incorporação do tempo no esquema conceitual da física galileana o ponto de partida da ciência ocidental” (PRIGOGINE, Op. Cit. P. 09).

O autor supracitado apresenta um notável esforço de superação da concepção do tempo como uma variável simétrica nas ciências duras. Segundo ele, passado e futuro não se distinguiriam na física newtoniana, marcada pelo mecanicismo e por uma visão geométrica do tempo-espaço. Na teoria da relatividade restrita e mesmo na física quântica, o tempo ainda estaria relegado ao domínio fenomenológico, com a sua dimensão, sentido e ritmo variando de acordo com o observador. É apenas com o advento dos sistemas dinâmicos instáveis na Física, a partir da segunda metade do século XX, que a concepção de tempo passa por uma transformação contundente, abalando a relação entre o ser e o devir diante de um tempo irreversível, precedente à existência, segundo o autor, e ontológico (a flexa do tempo<sup>4</sup>).

Há discordâncias entre Ilya Prigogine (2011) e Stephen Hawking (2015), por exemplo, quando o segundo, no célebre “Uma breve história do tempo”, defende que o tempo não pode ser dissociado do espaço, constituindo assim uma quarta dimensão do espaço, que passa a ser concebido como um objeto espaço-tempo. O tempo, desta forma, torna-se objeto contido na geometria do espaço, o que, segundo Prigogine, não resolveria o problema da simetria do tempo nem avançaria no sentido de lidar com a sua irreversibilidade.

Destarte, Hawking apresenta três setas do tempo, sendo: a) A termodinâmica, determinada pela direção em que a entropia aumenta; b) a psicológica, ou seja, o tempo como é percebido por nós, seres humanos; e, finalmente, c) a cosmológica, a direção do tempo em que o Universo está se expandindo. O entendimento sobre a entropia e a irreversibilidade do tempo aparece aqui apenas no sentido termodinâmico. Os sistemas vivos e a sua ordem provisória num tempo que tende a desordem eterna, aparentemente não foram explorados suficientemente pelo autor.

Voltando a Serres (1994), que por sua vez em uma referência filosófica, resume esse percurso epistemológico da Física em três tipos de tempo: o determinista (mecânico/newtoniano); o entrópico (termodinâmico/ irreversível) e o estatístico (da complexidade e ordem caótica). Nesse sentido, o próprio Prigogine detalha melhor esse processo de

---

<sup>4</sup> Stephen Gould (1991) utiliza o termo “seta”, talvez para enfatizar a linearidade que se contrapõe a circularidade do “ciclo do tempo”. Prigogine (2011), por sua vez, prefere o termo “flexa”, provavelmente para enfatizar a irreversibilidade como caráter fundamental do tempo na Física contemporânea.



superação da ideia inicial de entropia como mera criadora de desordem, bem como a necessidade de explorar os meandros dos sistemas dinâmicos com a ajuda da estatística/probabilidade.

## **METODOLOGIA**

Partindo da discussão sobre o tempo como categoria nas Ciências da Terra, seus principais marcos epistemológicos e ontológicos, procedemos com a revisão da literatura, seguindo da técnica de mapa da literatura que baseia-se numa representação gráfica das trajetórias teórico-conceituais da pesquisa, iniciando-se na seleção de palavras-chave, que orienta a pesquisa bibliográfica exploratória e posteriormente a organização do pensamento dos autores e autoras utilizados, relacionando-os com o tema central, bem como os conceitos e categorias a ele conectados (CRESWELL, 2010).

Entre as técnicas sugeridas pelo referido autor para este procedimento, estão: 1) identificação de palavras-chaves; 2) busca e rastreio de materiais e fontes de pesquisa; 3) estabelecimento de um número mínimo inicial de publicações; 4) realização de uma exploração inicial com produção de resumos/ fichamentos; 5) confecção de um mapa da literatura; e 6) síntese textual da revisão da literatura e das discussões mais importantes, organizando os conceitos e categorias de destaque e sugerindo, por fim, como o estudo em questão pode contribuir para a discussão central/objeto desta revisão.

As palavras-chave que nortearam a busca foram: Ciências da Terra; Tempo; Espaço-tempo; e Tempo geológico. As ferramentas utilizadas foram: Portal de periódicos Google Acadêmico; Biblioteca eletrônica Scielo; Portal de periódicos ReseachGate; Banco de dados acadêmicos ProQuest.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Torna-se mister ressaltar aqui que a visão linear, apontada como dominante no pensamento ocidental por Gould (1991), não deve ser confundida com o debate sobre a simetria entre passado e futuro na Física. A irreversibilidade do tempo defendida por Prigogine é sobre o movimento, o sentido do tempo e a condição ontológica do tempo, não sobre a sua direção. Dai a importância da entropia e de sua dinâmica nos sistemas vivos:



Para expressar essa direção na evolução dos sistemas em forma matemática precisa, os físicos introduziram uma nova quantidade denominada "entropia". De acordo com a segunda lei da Termodinâmica, a entropia de um sistema físico fechado continuará aumentando, e como essa evolução é acompanhada de desordem crescente, a entropia também pode ser considerada como uma medida da desordem. Com a concepção de entropia e a formulação da segunda lei, a termodinâmica introduziu a ideia de **processos irreversíveis**, de uma "**seta do tempo**", na ciência. De acordo com a segunda lei, alguma energia mecânica é sempre dissipada em forma de calor que não pode ser completamente recuperada. Desse modo, toda a máquina do mundo está deixando de funcionar, e finalmente acabará parando (CAPRA, 2006. P.54. **Negrito nosso**).

Outro elemento essencial nesta discussão, como já foi dito, é a noção de auto-organização, conceito advindo da Biologia. Para Morin (2021. P. 200), a organização é maior que a soma do todo (e não só maior que a soma das partes), por conta das “qualidades emergentes” e a retroação dessas qualidades do todo para as partes. Ou seja, a dinâmica da organização, mesmo com a entropia, é capaz de produzir alguma ordem! E isso tem implicações com a o recorte de tempo considerado.

Essa ordem não significa um estado absoluto ou eterno das coisas, mas é produto de um estado de equilíbrio dinâmico, logo, não estamos falando de um tempo estático, mas de estados transitórios do movimento que não negam necessariamente a entropia geral. A desordem é dominante no Universo e, ao mesmo tempo que se opõe a ordem, também coopera com ela para criar organização. Em decorrência disto, a irreversibilidade da “flexa do tempo” não pode ser associada apenas ao aumento da desordem.

Voltando a questão da circularidade, noção mais cara à Geologia e a sua dicotomia com a seta do tempo, Gould (1991) sacramenta essa discussão revelando que, sob seu ponto de vista, não há uma concepção correta para se compreender o tempo profundo, geológico, sendo estas “metáforas eternas”. A dicotomia em si não daria conta da realidade, mas pode ser útil apesar das limitações, no que concordamos com ele. De qualquer sorte, o referido autor, biólogo evolucionista de formação, reconhece na biosfera que ambas (seta e ciclo) trazem consigo elementos fundamentais para compreensão dos processos no tempo: a “seta” produz história, herança, evolução, transformação e singularidade; o “ciclo”, por sua vez, produz padrão, repetição, oscilação, ordem e imanência.



Em se tratando deste tema, é de amplo conhecimento que o naturalista e geólogo James Hutton é apontado como o pioneiro na descoberta do “tempo profundo”, o tempo geológico como o conhecemos hoje, em seu livro *Theory of the Earth*, de 1795. Hutton desenvolveu a sua teoria impondo à Terra o que seria “a versão mais rígida e inflexível do ciclo do tempo jamais elaborada por um geólogo” (GOULD, 1991. P 85). Neste caso, deflagra-se um paradoxo: o celebrado descobridor do tempo profundo teria negado a história! Já que a história, para existir enquanto tal, demanda uma concepção de tempo ancorada numa sequência de acontecimentos passíveis de distinção (seta/ flexa do tempo).

De qualquer sorte, o impacto da descoberta do tempo profundo pela Geologia, rompendo com séculos de influência religiosa na concepção ocidental sobre o tempo, é considerado de dimensão tão importante quando a da Teoria da Evolução ou da Física Newtoniana para a modernidade (Ibidem, 1991).

Um dos primeiros paradigmas da Geologia que tentaram explicar o tempo profundo, entre os séculos XVIII e XIX, o Catastrofismo<sup>5</sup>, influenciou na concepção ainda vigente de que os eventos de grande magnitude são marcadores fundamentais da passagem do tempo geológico. A própria Tabela Geológica do Tempo ainda é organizada em períodos, idades e eras cujo começo e fim estão relacionados a esses marcadores.

Em decorrência disto, recortes de tempo nas Ciências da Terra muitas vezes ainda são concebidos como cortes abruptos onde fenômenos e feições da paisagem se modificam de maneira quase que instantânea na passagem de um para o outro período ou estado. Todavia, o intervalo de tempo dessas mudanças, a exemplo das extinções em massa que foram registradas na história do planeta, é muitas vezes de dezenas ou centenas de milhares de anos! O que nos impõem pensar em recortes transitórios de tempo, mas também de espaço, para as mudanças de longo prazo nas paisagens.

A questão do tempo nas Geociências sofreu novamente transformações substanciais a partir da segunda metade do século XX. A teoria da Tectônica de Placas e o desenvolvimento dos métodos de datação absoluta por meio do decaimento radioativo trouxeram à luz um passado muito mais profundo e complexo. Revelando-se como mais um episódio impactante da (re)descoberta do tempo profundo e de suas repercussões epistemológicas.

---

<sup>5</sup> Teoria que sustenta a ideia de que as feições da superfície terrestre eram produto de forças catastróficas e fenômenos de curta duração, grande magnitude e capacidade de transformação das paisagens. Posteriormente foi dicotomizada com o Atualismo, que concebia, por sua vez, a história da Terra como sendo determinada por transformações mais progressivas ao longo do tempo (CARVALHO, 2022).



Desta forma, o Uniformitarismo<sup>6</sup> assistiu a sua conhecida máxima “o presente é a chave para o passado” perder boa parte do protagonismo no debate evolucionar nas Ciências da Terra. Além disso, e apesar de vivermos um período de grandes avanços, é praticamente um consenso atual que a disponibilidade de dados mais precisos e detalhados sobre o passado do planeta ainda se configura como um dos maiores “problemas do tempo” (SCHUMM, 1991. P. 35).

Numa abordagem relacionada as escalas espaço-temporais enquanto conceito teórico-metodológico para a Geomorfologia, Kohler (2001) anuncia assertiva em certo sentido inversa ao uniformitarismo, considerando o passado como a chave para compreensão do presente e do futuro no que se refere a paisagem. A complexidade desse passado, preocupação que afligiu diversos autores, pode ganhar traços dramáticos quando colocamos em questão não apenas a perspectiva geomorfológica, mas também a geossistêmica (integradora).

Corrêa (2006) chama atenção para a importância da ampliação da disponibilidade de dados relacionados ao passado da Terra para o aprimoramento de metodologias que busquem analisar e comparar os sistemas naturais em períodos de tempo pretéritos. Para este autor, é fundamental também que se resgate o tempo como categoria na Geografia Física, especialmente nos estudos das paisagens:

Em geomorfologia a compreensão da evolução do relevo depende cada vez mais do reconhecimento de formas decorrentes de um comportamento ambiental transitório. Subtende-se a partir da confrontação dos eventos atuais e do registro pretérito que os sistemas de paisagem são continuamente submetidos a perturbações decorrentes de verdadeiras mudanças ambientais ou flutuações intrínsecas aos sistemas naturais, que podem se refletir em um comportamento transitório (histerese) das formas de relevo da ordem de centenas a dezenas de milhares de anos (CORRÊA, 2006, P. 38).

Voltando aos “problemas do tempo”, apontados por Schumm (1991), o mesmo insiste em chamar atenção para o fato da abordagem atual sobre os sistemas naturais (incluímos aqui o geossistema) tender a analisar os fenômenos que ocorrem apenas num

---

<sup>6</sup> Principal pressuposto advindo do Atualismo, advoga que as leis que controlam os processos geológicos na Terra são mais ou menos constantes ao longo do tempo. Logo, seria possível extrapolar dados e observações sobre os processos do presente para explicar o passado da Terra. O Atualismo dos dias de hoje busca revisar o Uniformitarismo, a partir das variações inconstantes que modificam os arranjos geográficos e biogeoquímicos da superfície terrestre (climas, posições orbitais) em cada período, dando ênfase à magnitude dos eventos (CARVALHO, 2022).



intervalo de tempo específico, o presente. Esses fenômenos são considerados como resultado de uma conjunção de fatores numa dada localização e num dado período (análise contextual) que culminariam num evento. Para ele, concentrar a análise somente nessas condições (momentâneas/do presente) costuma apagar o passado dos arranjos e dos “elementos” dos sistemas naturais.

O tempo geológico foi determinante para a criação das primeiras teorias e explicações relacionadas à evolução do relevo na Geomorfologia. Foi também essencial para as discussões sobre o desenvolvimento dos solos e o processo de pedogênese, bem como na elaboração de teorias de caráter biogeográfico, como a Teorias dos Redutos<sup>7</sup>.

Por sua vez, a estratigrafia (Litoestratigrafia, Bioestratigrafia, Cronoestratigrafia) foi a grande contribuinte metodológica e epistemológica para que os geólogos desenvolvessem os métodos de datação (especialmente a datação relativa) bem como os seus pressupostos, a exemplo do Princípio da superposição dos estratos<sup>8</sup>, que influenciaram fortemente na Tabela Geológica do Tempo, mantendo, até hoje uma estrutura gráfica vertical em “estratos” de tempo organizados em ordem crescente, de cima para baixo, o que não deixar de revelar a força simbólica da maneira com a qual as Ciências da Terra concebem o tempo.

Mais recentemente, ampliou-se o debate sobre a importância do tempo social ou histórico nos processos geológicos-geomorfológicos, capitaneado entre outras coisas, pela questão do Antropoceno. Marques (2022) afirma que o Antropoceno<sup>9</sup> seria a materialização da aceleração na relação natureza e sociedade, marcada pelo colapso do tempo geológico no tempo histórico.

Outra noção que consideramos importante é a do diálogo entre as escalas, essencial na perspectiva sistêmica, pois há propriedades emergentes que se manifestam como novidade qualitativa em nível de totalidade a partir da interação entre as partes (GOMES e VITTE, 2017). Nesse sentido, o espaço-tempo tem caráter relacional. As relações focadas pelos problemas de pesquisa e pelas escolhas do pesquisador, não

---

<sup>7</sup> Importante teoria publicada por Aziz Ab'Saber, na segunda metade do século passado.

<sup>8</sup> Os estratos rochosos que não foram deformados, a princípio, pela atividade tectônica (como falhamentos e dobramentos) tendem a se organizar verticalmente em uma sucessão onde as camadas inferiores são as mais antigas e as superiores mais jovens.

<sup>9</sup> O Antropoceno é defendido por muitos cientistas como um novo período geológico sucessor do Holoceno, marcado pela ideia de que os seres humanos se tornaram a principal força geológica atuante na superfície terrestre deixando, inclusive, registros bioquímicos sedimentares, ainda que até o momento, sejam considerados inconclusivos pela União Internacional de Ciências Geológicas. O termo foi introduzido formalmente pela primeira vez pelo climatologista Paul Crutzen, no ano de 2000 (ANGUS, 2023).



necessariamente precisam destacar todas as emergências, apenas as pertinentes, a depender o caso.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muitos cientistas da Terra, inclusive geógrafos, defendem a necessidade de uso da modelagem e da estatística para analisar o comportamento dos sistemas naturais em recortes de tempo mais robustos, a despeito de suas limitações.

Nota-se que uma contribuição importante da Geologia veio com a distinção, em termos de escala, entre o tempo profundo (geológico) e o tempo antropológico (humano). Na Geografia falou-se por muitos anos sobre espaços ou paisagens naturais e humanas ou humanizados, talvez buscando distinção parecida com relação ao espaço. É de amplo conhecimento as acreções e aprofundamentos deste debate na ciência geográfica, especialmente na chamada Geografia Humana, com o amadurecimento do conceito de espaço geográfico e a introdução da concepção de segunda natureza ou natureza humanizada. Todavia, uma sistematização mais acurada sobre o tempo neste espaço geográfico de múltiplas temporalidades, inclusive sociais, parece merecer mais atenção.

De fato, no decorrer do seu próprio amadurecimento, a Geomorfologia tomou de empréstimo ou foi influenciada de maneira exógena por inúmeras dessas ideias. Evolucionismo, uniformitarismo, irreversibilidade, auto-organização, entropia, complexidade, sistemas complexos, processos histórico-sociais, seta e ciclo do tempo são concepções, conceitos e categorias que foram e são acessados por cientistas da Terra no Brasil e no mundo e que determinaram por diversos momentos e lugares nossa visão do tempo e do espaço, além do desenvolvimento de novos pressupostos, teorias e procedimentos metodológicos.

Os desdobramentos disto são infindáveis, obviamente não daremos conta aqui. Mas precisamos ao menos tangenciar como essa coleção de termos, epistemologias e concepções dialogam ou não com a evolução do pensamento geográfico, especificamente nos estudos da natureza, bem como o que podemos inferir, a partir disso, na nossa suposta negligência disciplinar com a categoria tempo.

**Palavras-chave:** Tempo; Espaço-tempo; Ciências da Terra; Tempo Geológico.



## REFERÊNCIAS

- AB' SABER, Aziz N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- ANGUS, Ian. **Enfrentando o Antropoceno: Capitalismo fóssil e a crise do sistema terrestre**. São Paulo: Boitempo Editorial, 2023
- CAPRA, Fritjof. **A teia da vida**. São Paulo: Cultrix, 2006.
- CARVALHO, Ismar de Souza. **Paleogeografia: Cenários da Terra**. Rio de Janeiro: Interciência, 2022.
- CRESWELL, John. W. W. **Projeto de pesquisa: Métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- GOMES, Rodrigo Dutra & VITTE, Antônio Carlos. Geossistema e complexidade: sobre hierarquias e diálogo entre os conhecimentos. **Ra'e Ga: Espaço Geográfico em Análise**, v. 42, 2017.
- GOULD, Stephen .J. **Seta do tempo ciclo do tempo: mito e metáfora na descoberta do tempo geológico**. São Paulo: Cia das Letras, 1991.
- HAWKING, Stephen. **Uma breve história do tempo**. Rio de Janeiro: Editora Intrínseca, 2015.
- KOHLER, Heinz. C. A escala na análise geomorfológica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, V. 2, N. 1, P.21-33, 2001.
- MARQUES, Luiz. O Antropoceno como aceleração do aquecimento global. **Liinc em Revista**, v. 18, n. 1, p. e5968-e5968, 2022.
- MORIN, Edgar. **Ciência com consciência**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2021.
- PRIGOGINE, Ilya. **O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza**. São Paulo: Editora Unesp, 2011.
- SCHUMM, Stanley. A. **To Interpret the Earth: 10 ways to be wrong**. London: Cambridge University Press, 1991.
- SERRES, Michel. **Atlas**. Lisboa: Instituto Piaget, 1994.