

POR UMA GEOGRAFIA DA COMPLEXIDADE
FOR A GEOGRAPHY OF COMPLEXITY
PARA UNA GEOGRAFÍA DE LA COMPLEJIDAD

Anderson Azevedo Mesquita

Doutor em Geografia (UNIR), Professor da Universidade Federal do Acre (UFAC), Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia (UFAC)
anderson.mesquita@ufac.br, <http://orcid.org/0000-0003-0947-8070>

Alexsande de Oliveira Franco

Doutor em Geografia (UEPG), Professor da Universidade Federal do Acre (UFAC), Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia (UFAC)
alexsande.franco@ufac.br, <https://orcid.org/0000-0001-5416-5247>

José Genivaldo do Vale Moreira

Doutor em Recursos Hídricos (UFMG), Professor da Universidade Federal do Acre (UFAC), Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para Amazônia (CITA)
jose.moreira@ufac.br, <https://orcid.org/0000-0002-2994-8482>

Rodrigo Otávio Peréa Serrano

Doutor em Engenharia Mecânica (UFMG), Professor da Universidade Federal do Acre (UFAC), Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia (UFAC), Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para Amazônia (CITA)
rodrigo.serrano@ufac.br, <https://orcid.org/0000-0002-7786-8305>

RESUMO: O pensamento geográfico se transforma no espaço-tempo, refletindo e agindo nas grandes questões da sociedade. O desenvolvimento da geografia passa por diversas fases e correntes epistemológicas, gerando abordagens distintas e, por vezes, antagônicas. Neste trabalho se propõe uma discussão sobre a teoria da complexidade e sistemas complexos como abordagem epistemológica da geografia, especialmente diante dos desafios da sociedade digital e globalizada do século XXI. Ao incorporar a complexidade em seus fundamentos, a geografia busca superar dualidades históricas, integrando ser humano e natureza e natureza. A proposta é uma geografia de forte impacto social, capaz de compreender dilemas complexos, proporcionando respostas concretas e promovendo a emancipação, ultrapassando barreiras acadêmicas em prol de uma ciência de ação sensível às dimensões humanas e conectada à nova realidade contemporânea.

Palavras-chave: Complexidade; Geografia; Sociedade.

ABSTRACT: Geographical thought evolves across space and time, reflecting and influencing major societal issues. The development of geography traverses various phases and epistemological currents, producing distinct and often conflicting approaches. This work proposes a discussion on complexity theory and complex systems as an epistemological framework for geography, particularly in addressing the challenges of the 21st-century digital and globalized society. By integrating complexity into its foundations, geography aims to transcend historical dualities, bridging the human and natural spheres. The goal is to establish a geography with strong social impact, capable of understanding complex dilemmas, offering concrete solutions, and fostering emancipation, thereby surpassing academic boundaries in favor of an action-oriented science that is sensitive to human dimensions and aligned with contemporary realities.

Keywords: Complexity; Geography; Society.

RESUMEN: El pensamiento geográfico se transforma en el espacio-tiempo, reflejando y actuando sobre las grandes cuestiones de la sociedad. El desarrollo de la geografía atraviesa diversas fases y corrientes epistemológicas, generando enfoques distintos y, en ocasiones, antagónicos. En este trabajo se propone una discusión sobre la teoría de la complejidad y los sistemas complejos como enfoque epistemológico de la geografía, especialmente frente a los desafíos de la sociedad digital y globalizada del siglo XXI. Al incorporar la complejidad en sus fundamentos, la geografía busca superar dualidades históricas, integrando al ser humano y la naturaleza. La propuesta es una geografía de fuerte impacto social, capaz de comprender dilemas complejos, proporcionar respuestas concretas y promover la emancipación, superando barreras académicas en favor de una ciencia orientada a la acción, sensible a las dimensiones humanas y conectada con la nueva realidad contemporánea.

Palabras clave: Complejidad; Geografía; Sociedad.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo da história, a ciência geográfica perpassou por diversas fases de evolução sempre almejando compreender a intrínseca relação resultante da integração do ser humano e o meio físico que este habita e transforma. Neste sentido, o pensamento geográfico se transforma e evolui no espaço-tempo, sempre considerando os caminhos traçados pela humanidade e, principalmente, refletindo, compreendendo e agindo nas grandes questões e problemáticas estabelecidas na realidade.

Neste processo cíclico e dinâmico de evolução da sociedade, a geografia se encontrou com diversos caminhos e vertentes epistemológicas e, nestes encontros, estabeleceu suas escolas de pensamento e os objetos da realidade que deveria ser referência para sua práxis. Tal condição fomentou a construção de geografias distintas e, em muitos casos, antagônicas ou divergentes, o que sumariamente pode ter atenuado o relevante papel da geografia em analisar e propor respostas frente aos dilemas da sociedade contemporânea.

E no sentido contemporâneo da sociedade, a geografia da complexidade se depara com a necessidade de capturar as interconexões e a interdependência dos sistemas naturais e sociais em um mundo cada vez mais interconectado e complexo. Neste mundo, a globalização econômica e a rápida urbanização têm provocado mudanças significativas nos sistemas sociais, influenciando padrões de consumo, distribuição de recursos e dinâmicas demográficas, causando impactos diretos nos sistemas naturais, como a degradação ambiental, a perda de biodiversidade e as mudanças climáticas.

Logo, este trabalho tem como objetivo fomentar uma discussão teórica inicial em relação ao uso da teoria da complexidade e dos sistemas complexos enquanto abordagem epistemológica da geografia. Trata-se de um ensaio em defesa dos pressupostos da geografia da complexidade, e como esta convergiria metodologicamente e epistemologicamente no enfrentamento das condições complexas e dinâmicas oriundas da sociedade digital e globalizada do século XXI, além de servir como um elo para discutir e avançar considerando as grandes dicotomias da geografia, tais como a existência de uma geografia física e uma outra humana.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de trabalho de revisão de literatura, baseado em pesquisa documental fundamentada em buscas em periódicos eletrônicos especializados, sempre considerando os autores clássicos e contemporâneos que discutem e refletem sobre a história do pensamento geográfico, com foco principal na evolução do pensamento complexo e sistêmico. Utilizou-se como referência de pesquisa, os principais periódicos disponíveis em redes especializadas de publicação e divulgação científica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Os fundamentos da teoria da complexidade e dos sistemas complexos

A ciência se difere das demais formas de conhecimento em função do seu caráter metodológico e epistemológico que se baseia em processos de investigação, reflexão e possibilidade de refutação considerando a realidade e a verdade a ser observada (Psillos, 2005; Funtowicz; Ravetz, 1993; Moura, 2014). Outro ponto relevante, é que a ciência tem como pressuposto elementar a busca pela melhor forma de compreender os fenômenos que estão correlacionados com a experiência humana, tanto no seu sentido mais abstrato até naquilo que

pode ser considerado pragmático e aplicável (Winch, 2015; Taylor, 2023; Santos, 1988; Francelin, 2004; Reis, 2006).

Historicamente, o processo de construção científica perpassou por diversas etapas e sempre esteve articulado as características e paradigmas sociais refletidos na sociedade. Articulado ao objetivo deste trabalho, interessa resgatar o ciclo de desenvolvimento da ciência, especialmente delimitado entre o fim do século XIX até os dias atuais, sobretudo pela inserção de um novo paradigma que tem fundamento nas chamadas ciências naturais, mas que repercute essencialmente em todas as demais dimensões da ciência.

Trata-se do denominado paradigma sistêmico ou paradigma da complexidade, que emergiu fortemente a partir do século XX na Física teórica, principalmente com o advento da chamada mecânica quântica em detrimento da então mecânica clássica (Carvalho, 1999; Camargo, 2012). No geral, a divergência entre estas duas áreas extrapolaram epistemologicamente o campo da Física, se estendendo para as demais áreas do conhecimento científico simplesmente pelo fato de revolucionar a compreensão que se tinha a respeito das leis gerais da natureza, que de forma direta repercute sobre a existência humana (Del Santo; Gisin, 2019; Mančal, 2020).

É importante destacar que a revolução científica sistêmica se baseia no processo abrupto de transformação da sociedade que, sumariamente, emergiu de forma exponencial a partir do advento de novas tecnologias baseadas na cibernética e na rede mundial de computadores (Dufva; 2019; Donati, 2019; Pohle; Thiel, 2020; Burrell; Foucarde, 2021). Destaca-se que esta realidade digital emergiu de um mundo altamente globalizado com nações imperialistas, além da fase do capitalismo financeiro e digital que aprofundou severamente o padrão de consumo global, as relações de poder e as assimetrias socioeconômicas e regionais (Guryanova, 2020; Nikitenko, 2019; Santos, 2014).

Trata-se, portanto, de um processo dinâmico e com fundamentos materiais e imateriais que extrapolam a forma de compreender a natureza ou a essência das relações e organizações sociais sob um ponto de vista científico. A evolução científica ou o paradigma sistêmico-complexo, nada mais é que uma resposta epistemológica originada na ciência, que converge ao processo dinâmico de transformação e evolução das sociedades, o que implica que há correlação entre o que é a realidade e o que a ciência se propõe a fazer considerando suas especificidades.

Essa articulação ou integração com a realidade e com a transformação social é um importante indicador que a ciência não pode ser considerada como uma instituição dogmática, fechada ou estática a convenções, métodos ou modelos. Pelo contrário, o pragmatismo exacerbado ou a canonização a modelos, são condições que exterminam a essência do fazer ciência e, por lógica, afeta a sua capacidade na busca pela verdade ou pela compreensão da realidade.

Particularizando a discussão em torno do chamado paradigma sistêmico, e, principalmente articulando ao que é o fundamento da ciência geográfica. É importante refletir sobre os principais aspectos e transformações que diferenciam a visão sobre a relação do ser humano como o meio físico ou natural, a partir de uma abordagem mecanicista e clássica em contraponto a visão sistêmica e complexa (Camargo, 2023). Neste ponto, é possível aferir dois elementos chaves: o princípio da indeterminação e casualidade dos fenômenos e a integração destes em uma teia complexa de relações com efeitos mútuos.

Estes princípios sintetizam a essência da revolução sistêmica baseada na complexidade, a indeterminação e casualidade se articulam à uma realidade socioespacial dinâmica e imprevisível dentro de certos padrões de análise (Dutra; Vitte; 2017). As grandes questões da humanidade podem ser observadas enquanto processos dinâmicos e caóticos com alto grau de imprevisibilidade. Entre tais questões destaca-se, por exemplo, os efeitos do aquecimento global, a dinâmica das pandemias como a Covid-19, as tensões políticas bélicas, desastres naturais, crises de imigração, desigualdades socioeconômicas dentre outras realidades que são caras a humanidade.

Em relação a integração destes fenômenos em uma teia complexa de relações com efeitos mútuos, destaca-se a associação intransponível entre o que é humano e natural. Para a visão sistêmica e complexa, não existe um mundo isolado onde causa e efeito se articulam de forma linear e estática, pelo contrário, presume-se que os fenômenos são fractais, desordenados, caóticos por serem direta e indiretamente construídos por multifatores, que no máximo podem ser hierarquizados dentro de um espaço tempo, mas nunca hegemonizados (Siegenfeld; Bar-Yam, 2020; 2022; Artime; De Domenico, 2022; Bar-Yam, 2019).

Essa tendência a não hegemonização de fatores é crucial para a ciência, pois desarticula a visão de que o ser humano é superior as demais dimensões da realidade, sobretudo em relação a natureza. Enquadra-lo, numa escala convergente com a natureza, traz repercussões profundas na ciência e na sociedade. Isto implica que as ações humanas afetam e são afetadas pelo natural, ou seja, não há uma condição de posse e usufruto irrestrito dos recursos naturais sem que isso não cause uma repercussão direta sobre o ser humano (Gulomov, 2020; Cavalcante; Alves, 2020).

No mesmo sentido, é importante ponderar que o mito da natureza intocável também não se encaixa dentro de uma visão sistêmica e complexa da realidade. Afinal, é imprescindível a existência humana, a possibilidade de explorar recursos para manter seus níveis tróficos de sobrevivência e organização socioespacial. O paradigma da complexidade visa exatamente a busca por um meio termo de equilíbrio ou equidade entre visões divergentes de mundo e do fazer ciência, onde seja observado o dinamismo e os fluxos de transformação da realidade no espaço-tempo da existência.

Objetivamente, ao assimilar tal integração, a ciência a partir do pressuposto da complexidade, passa a incorporar uma epistemologia de maior impacto e correlação com a realidade que almeja desbravar e compreender. Embora ainda haja resistência e alguns dogmas ainda permaneçam intocáveis e difíceis de superar, inclusive na ciência geográfica, acredita-se que é inevitável abster-se do caminho epistemológico da complexidade sistêmica enquanto padrão de produção de conhecimento científico para os padrões de realidade contemporâneos.

Os fundamentos da teoria da complexidade surgem a partir do século XX, sobretudo articulada a uma profunda transformação social, econômica e política da sociedade. Pode-se atribuir como percussores do pensamento complexo o desenvolvimento da Teoria Geral do Sistemas - TGS (1968) e da Cibernética durante as décadas de 60 e 70 do século XX, principalmente com as contribuições de Norbert Wiener, John von Neumann e Ludwig von Bertalanffy. A princípio, o pensamento sistêmico foi direcionado ao ramo das ciências naturais e aplicadas, sendo só posteriormente integrado as ciências sociais (Carr-Chellman et al, 2020; Van Assche, 2019; Ramage, 2020).

A partir das décadas de 80 e 90, observa-se a integração ao pensamento complexo e sistêmico, dos pressupostos da Teoria do Caos que impõe os conceitos de sistemas dinâmicos não-lineares e sistemas complexos, com a idealização de atratores estranhos, e comportamento caótico de variáveis sensíveis as suas condições iniciais. Nas últimas décadas do século XX, foi incorporada à Teoria das Redes Complexas e, atualmente, já no século XXI constata-se uma profunda evolução do pensamento sistêmico com a “expansão interdisciplinar”, que permitiu o avanço da visão centrada em sistemas para outro foco de visão interdisciplinar (Mariutti, 2022).

O foco dinâmico da Teoria da Complexidade, permitiu epistemologicamente a sua abordagem em diversos campos do conhecimento científico. O que era a princípio uma vertente de referência das áreas aplicadas como a física, biologia e matemática, sumariamente passa a incorporar o campo das ciências humanas e sociais aplicadas, principalmente na área da educação, a partir dos pressupostos da interdisciplinaridade e transdisciplinaridade, conceitos amplamente divulgados por Edgar Morin (Morin, 2000; 2002; 2015).

Para definir conceitualmente a Teoria da Complexidade é preciso destacar que não há uma visão única e fechada sobre o tema. No geral, o que se observa na literatura é uma junção de conceitos chaves que definem o arcabouço epistemológico da complexidade, com forte integração

e similaridade aos fundamentos que definem a Teoria Geral dos Sistemas, inclusive, para muitos autores a Teoria da Complexidade é uma evolução aprimorada da TGS, onde há incorporação de dimensões imateriais, que outrora eram negligenciadas no surgimento da TGS (Roche, 2021; Byrne, 2002; Waldrop, 1993).

Esta releitura com a incorporação de dimensões imateriais, aqui subentendidas, principalmente, como as variáveis ou categorias de análise das ciências humanas e sociais, trouxeram a Teoria da Complexidade a possibilidade de unir mundos antagônicos da ciência. Este parece ser o grande ponto de convergência, afinal, ao assumir que a realidade é construída a partir de dimensões materiais e imateriais, mutuamente relacionadas e integradas, seria um equívoco a existência de uma ciência que abordasse a realidade em padrões diacrônicos e isolados (Carvalho, 1999; Turner; Baker, 2019).

Ainda abordando a dimensão conceitual, a Teoria da Complexidade pode ser compreendida através de conceitos chaves e estruturais como: sistemas complexos, propriedades emergentes, adaptação e evolução, auto-organização, dinâmicas não-lineares, rede complexas, teoria do caos e sensibilidade às condições iniciais. Neste sentido, a construção conceitual da Teoria da Complexidade nada mais é que uma proposta metodológica de abordagem científica que se atém a conexão dinâmica das condições que traduzem e transformam a realidade (Mitchell, 2009; Lewin, 1999; Bertalanffy, 1975, Waldrop, 1993; Holland, 2014; Batty; Torrens, 2001).

Dentre os conceitos apresentados, subtende-se que os sistemas complexos apresentam maior sinergia conceitual com a Teoria da Complexidade em virtude da derivação da TGS. No geral, um sistema complexo é composto por múltiplos elementos ou dimensões interconectadas e interdependentes, que atuam mutuamente em diferentes escalas onde suas interações resultam no pleno funcionamento das propriedades e produtos típicos do sistema.

Por essência, os sistemas complexos, em casos de sistemas abertos, possuem características de adaptabilidade e evolução, sendo passíveis de interação com o meio externo possuindo capacidade de se adaptar e evoluir, alterando seu padrão de funcionamento. Essas transformações são resultantes da capacidade de seus elementos de preservar ou desenvolver suas estruturas de funcionamento, em resposta a pressões ou potencialidades ambientais ou mesmo de suas condições intrínsecas. Tal capacidade de evolução e adaptação ocorre em escalas e espaço tempo dinâmicas e não lineares.

A dinâmica de não linearidade é um importante mecanismo comportamental de sistemas complexos e vai ao encontro da quebra dos pressupostos que alicerçaram a ciência mecânica e estática dos últimos séculos. Basicamente, inferir que um sistema complexo pode apresentar comportamento não linear, indica que pequenas alterações nas condições iniciais ou nos parâmetros destes sistemas podem ocasionar profundas e imprevisíveis alterações no seu funcionamento e nos produtos resultantes do sistema (Woehle, 2007; Bertalanffy, 1975; Guastello, 2009).

Transmutando o conceito de não linearidade para as condições estruturais da sociedade contemporânea, observa-se relevante conexão conceitual com a realidade. Basta analisar o comportamento do principais fenômenos e processos que assolam nossa sociedade, como exemplo é possível articular a pandemia de Covid-19, que teve foco em uma cidade no interior da China e, posteriormente, se desenvolveu exponencialmente, atingindo todas as regiões do globo terrestre, tendo impacto global na saúde, na economia, na cultura e educação.

Devido as condições de não-linearidade, os sistemas complexos se comportam de maneira caótica e com alta sensibilidade às suas condições iniciais. A teoria do caos, amplamente discutida na TGS, indica que ínfimas variações nas condições iniciais de um sistema podem levar a resultados drasticamente distintos no futuro, o que impossibilita a predição eficiente do produto que será gerado (Gleick, 2008; Lewin, 1999, Mitchell, 2009). A própria geometria que representa tais fenômenos é baseada em fractais, que são estruturas complexas que apresentam autossimilaridade mesmo em diferentes escalas (Peitgen, 2004).

Embora o comportamento seja caótico e a imprevisibilidade seja uma condição elementar para os sistemas complexos, com o avanço da tecnologia computacional e a elevada capacidade de processamento de dados, a ciência se demonstrou capaz de compreender a um nível significativo de probabilidade, como os atratores que definem padrões ou caminhos de um sistema complexo, podem eventualmente produzir comportamento padronizado e estável. Além disso, também seria possível inferir através da mudança de um parâmetro do sistema, como isto resultaria em transformações distintas da realidade no futuro.

Para além da questão da linearidade, as propriedades emergentes e auto-organização dos sistemas complexos indicam no primeiro caso, que a interação entre elementos individuais de um dado sistema pode gerar padrões ou condições estruturais dinâmicas que essencialmente não deriva das propriedades destes elementos (Johnson, 2002; Mitchell, 2009). Em outras palavras, é possível que padrões estruturais da realidade sejam construídos mesmo que eventualmente as variáveis ou elementos que os originaram sejam de natureza material estranha.

Sobre a auto-organização, observa-se forte consonância com outra condição típica de sistemas complexos e que, portanto, fundamenta a teoria da complexidade qual seja a capacidade de adaptação e evolução. A auto-organização indica que um sistema complexo possui capacidade de se reorganizar de maneira espontânea construindo novos padrões e estruturas de funcionamento, sem a necessidade de uma autoridade central de gerenciamento, ou mesmo de controle externo (Mitchell, 2009; Arthur, 2009). A auto-organização, por exemplo, é um conceito chave para a implementação da chamada “Inteligência Artificial” que é tema em evidência além de um desafio filosófico e social para o futuro.

Os sistemas complexos também apresentam comportamento de conexão em redes, que se define como estruturas dinâmicas formadas por nodos interconectados, apresentando padrões de integração que, mutuamente, influencia o comportamento global do sistema. Estas redes de conexão são fluidas e afetadas pelas demais dimensões que caracterizam os sistemas complexos, elas possuem papel central por permitirem o fluxo de energia e a conectividade entre as demais estruturas, além de produzirem núcleos centrais e críticos conforme as condições do sistema (Mukherjee et al, 2013).

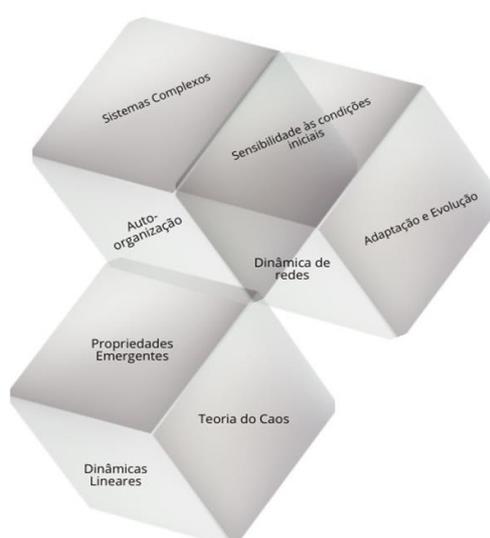


Figura 1: Conceitos estruturais da Teoria da Complexidade. Fonte: Elaborado pelos autores

Em termos gerais, é possível deduzir que a Teoria da Complexidade compreende os fenômenos objetos de estudo da ciência, enquanto estruturas sistêmicas complexas independente da sua natureza ou dimensão abordada. Por esse parâmetro tudo que há na realidade apresenta funcionamento complexo e estaria integrado numa rede dinâmica de conexões e processos caóticos e imprevisíveis de definição em estágios iniciais. Subtende-se que a realidade é fluida, mutável, imprevisível e que apenas é possível compreender probabilisticamente seus pontos e padrões de convergência considerando um intervalo no espaço-tempo. A figura 01, representa as dimensões de análise da Teoria da Complexidade.

A Teoria da Complexidade engloba uma visão universal e integrada dos principais modelos epistemológicos de construção da ciência, pois sob este ponto de vista não existe uma única possibilidade de abstração da realidade. A complexidade trabalha sob o pressuposto da convergência e não da divergência, ela incorpora o mundo material e imaterial, o abstrato e o pragmático, a frieza dos números e a subjetividade das palavras, a precisão experimental e a idealização da teoria, enfim, trata-se essencialmente de uma abordagem integrativa de visões de mundo e do fazer ciência.

Dessa forma, a exploração dos fundamentos da teoria da complexidade e dos sistemas complexos revelam a profundidade e a abrangência dessa abordagem epistemológica, desde suas origens na Teoria Geral dos Sistemas até sua evolução para incorporar conceitos como auto-organização e propriedades emergentes, para compreender os fenômenos naturais e sociais. A compreensão de que a realidade é caracterizada por interconexões e interdependências entre múltiplos elementos leva a reconhecer a natureza dinâmica, imprevisível e adaptativa dos sistemas complexos. Nesse sentido, a teoria da complexidade não apenas amplia a compreensão do mundo habitado, mas também desafia o desenvolvimento de uma abordagem mais flexíveis e interdisciplinar para enfrentar os desafios complexos do século XXI.

3.2 A complexidade e o pensamento geográfico

A geografia enquanto ciência que se aprofunda a compreender a dinâmica espacial das relações do ser humano com a natureza, nas suas mais diversificadas escalas e modelos de variabilidade, sobretudo articulando uma compreensão crítica da realidade, acabou por ser também transmutada pelo advento da chamada revolução sistêmica (Carvalho, 1999; Claval, 2013; Santos, 1996; Massey, 1999). Tal condição pode ser observada com o advento epistemológico da “Nova Geografia” e da “Geografia Crítica” que se destacam na história do pensamento geográfico enquanto vertentes de uma nova compreensão do mundo e da sociedade.

A chamada geografia tradicional aqui compreendida com as correntes do possibilismo e determinismo representavam uma visão de mundo contextualizada com o período em que estas emergiram. No geral, apresentavam caráter descritivo sem aprofundamento das discussões e interpretação da realidade, além de representarem os anseios hegemônicos de nações imperialistas, sobretudo durante os séculos XVIII e XIX e o seu propenso direito a posse de territórios e exploração de recursos naturais, durante o período de acumulação ou pré-capitalista (Moreira, 2010; De Campos, 2014; Corrêa, 2010).

Mais adiante, a transformação social ocasionada pelas revoluções industriais dos últimos séculos teve um impacto profundo sob toda dinâmica de existência da espécie humana, e de como esta se relacionou e se apropriou das demais dimensões da realidade. O advento do sistema capitalista moldou drasticamente as relações de produção, trabalho e moradia o que refletiu abruptamente em todos os processos de organização social e cultural, principalmente da relação do ser humano com a natureza.

Na geografia, a realidade vislumbrada proporcionou uma evolução no pensamento geográfico, primeiro em uma vertente pragmática chamada de “Nova Geografia” ou “Geografia Teórica Quantitativa” que, posteriormente, eclodiu num processo divergente de contraposição

conhecido como pensamento crítico ou “Geografia Crítica”. As duas linhas de pensamento podem ser entendidas como uma resposta a transformação da sociedade e da ciência do século XX (Erthal, 2003).

Obviamente, que outras linhas de pensamento também prosperaram nas bases epistemológicas da geografia contemporânea, sobretudo versões com forte teor humanístico e abstrato, voltadas essencialmente ao nível do indivíduo e a sua integração com o meio. Entre essas vertentes destacam-se a geografia cultural e humanística que no geral valorizam a experiência humana subjetiva e o peso das relações sociais e da experiência coletiva na construção de padrões da realidade (Corrêa, 2019; Soja, 1993).

Dando enfoque às correntes quantitativa e crítica, considerando que a discussão sobre a teoria da complexidade na geografia tem como fundamento os aspectos retratados em ambas as visões epistemológicas. Destaca-se que a visão quantitativa ou pragmática, emergiu num processo de evolução dos métodos científicos, principalmente no campo das ciências naturais e exatas com o advento da matematização e racionalização da ciência. Posteriormente, esta condição racionalizada e quantitativa migrou para as ciências humanas, e, portanto, para a geografia, fundamentando a chamada “Nova Geografia” (Camargo, 2004).

A “Nova Geografia” teria como objetivo central tornar a geografia uma “ciência aplicada” nos moldes das chamadas ciências naturais e exatas. Entre estes autores havia forte contestação em relação a indefinição da abordagem epistemológica da geografia e da efetividade das suas aplicações para compreender e transformar a realidade. Em outros termos, a geografia caminhava por uma confusa teia de ideias que a afastava do campo científico (Cole, 1972; Faissol, 1973; 1989, Barbosa *et al*, 2011).

Enquanto contraponto a visão teórica geografia emerge a chamada corrente da “Geografia Crítica ou Radical”. Em termos gerais, pode-se indicar que a geografia crítica contesta radicalmente o processo de matematização da geografia e o seu uso indiscriminado para justificar e mascarar a realidade, principalmente dos males oriundos do pleno desenvolvimento do sistema capitalista que avançava a passos largos para se tornar ainda mais hegemônico. Em tese, a geografia crítica era um movimento de contraposição ao uso da geografia para justificar os interesses do capital em detrimento da classe trabalhadora, que ali passava a ser brutalmente explorada (Moraes, 2007; Da Silva, 1984; Carlos, 2002; Soja, 1993).

Tanto sob o ponto de vista metodológico, como de base epistemológica filosófica, observa-se divergência na forma como a geografia abstrai a realidade e interpreta os fenômenos sociais. É importante destacar a forte carga ideológica que alimentava as duas vertentes na geografia e estas representavam, no período histórico, duas visões hegemônicas de organização social e econômica do espaço, qual seja a expansão do modelo capitalista e a resistência do modelo socialista.

Analisando o contexto sob um ponto de vista de natureza íntima, é possível estabelecer pontos cruciais em torno das características das duas correntes. O primeiro ponto trata-se da impossibilidade de construir uma ciência neutra, pura e indiferente a interferência humana, afinal a ciência é feita por humanos e para humanos, e de forma direta ou indireta, nossas feições e predições sociais vão acabar sendo materializadas no ato de compreender a realidade.

Porém, embora não seja possível vislumbrar uma ciência puramente afastada das impressões pessoais do pesquisador, ou seja, uma ciência humanizada, é relevante destacar o comprometimento ético da ciência pela busca da verdade. A verdade aqui entendida nunca como um produto finalizado e estático, mas sim como um padrão percebido da realidade a partir de procedimentos de investigação que sejam amplamente claros e suscetíveis a constatação e refutação.

Em outras palavras, a ciência ou em específico a ciência geográfica, jamais poderá se afastar da sua condição de ciência humana, com o claro objeto de compreender a complexa relação e integração do social com o natural na construção do espaço. Contudo, neste ato de construir o seu campo e de investigar o seu objeto, a geografia terá que definir métodos e modelos de

abstração da realidade que sejam passíveis de refutação e constatação, mesmo que para esse fim tenha que renunciar as suas convicções ideológicas.

A conexão com a realidade contemporânea oriunda de um mundo transformado, globalizado, altamente tecnológico e fortemente influenciado pelos algoritmos e redes sociais, condiciona a geografia a repensar os seus métodos de análise e atuação na realidade. Isto posto, a geografia não pode desistir de inserir em seus procedimentos metodológicos o uso das geotecnologias espaciais, e das técnicas quantitativas e estatísticas para construir e interpretar bancos de dados que subsidiarão a análise crítica posterior.

Observa-se que a complexidade e o pensamento geográfico têm se entrelaçado em uma jornada de evolução e adaptação diante dos desafios do mundo contemporâneo, desde as correntes tradicionais até os movimentos mais recentes da Nova Geografia e Geografia Crítica, na busca de entender e interpretar a dinâmica espacial das interações entre sociedade e natureza.

As abordagens quantitativas e críticas refletem não apenas diferentes métodos de análise, mas também distintas visões de mundo e ideologias subjacentes, no entanto, diante da necessidade de compreender a complexidade dos fenômenos sociais e ambientais, a teoria da complexidade emerge como uma perspectiva unificadora, principalmente ao reconhecer a natureza dinâmica, imprevisível e adaptativa dos sistemas complexos.

Busca-se, portanto, pontos de convergência em prol de uma ação mais efetiva da geografia enquanto ciência, e na sua capacidade de intervenção social. Neste aspecto conciliador, a teoria da complexidade surge como alternativa por permitir a compreensão da realidade sob um ponto de vista dinâmico e atrelado as especificidades das transformações sociais e da produção do espaço geográfico no espaço-tempo.

3.3 Por uma geografia da complexidade

Historicamente, a geografia tem por essência um caráter interdisciplinar e multiescalar, ou seja, para compreender como se processa a construção do espaço geográfico através da interação dinâmica do meio físico com o social, a geografia se utiliza de vários conceitos e métodos originados de outras ciências, abrangendo tanto áreas das humanidades como daquelas de origem natural e exata. Tal característica sempre foi uma condição literal do fazer geografia, independente da vertente teórica ou de pensamento geográfico em questão (Carvalho, 1999; Moraes, 2014).

Talvez nenhuma outra área do conhecimento científico tenha essencialmente esta qualidade como a geografia. Por muito tempo isso foi interpretado como uma fragilidade, pois não se conseguia vislumbrar um objeto definido e um campo de ação efetivo para atuação do geógrafo, principalmente em um mundo onde a especialização da ciência foi levado ao limite da aplicabilidade, isolando em muitos aspectos as diversas dimensões que constroem a realidade, conforme destacado por Carvalho (1999) ao criticar a excessiva fragmentação e isolamento entre as disciplinas científicas.

De fato, a geografia adquiriu dicotomias transvertidas nas chamadas áreas de especialização com destaque para a geografia física e geografia humana. Esta dicotomia trouxe relativos prejuízos ao desenvolvimento e atuação da geografia, pois fragilizou o que esta ciência tem de mais essencial, que seja a sua capacidade de compreender a realidade de forma integrativa, dinâmica e correlacionada (Mendonça, 1998; Vesentini, 2020; Sposito, 2001). Esta geografia essencialmente integrativa, se aproxima da realidade enquanto a especialização e divisão nos afasta do que é real.

É importante destacar as predisposições *antropogênicas* indicadas na obra de Turco (1988) ao analisar a complexidade e a geografia, sobretudo no processo de territorialização. De acordo com o autor, ao territorializar o espaço, observa-se a incorporação de valores antropológicos sobre as propriedades físicas deste espaço, no entanto, isto não ocorre enquanto simples mecanismo de acreção, mas sim de profunda interação e remodelagem, que acaba por se recompor em

associações com formas e funções culturalmente diversificadas. Contudo, tais processos se demonstram dinâmicos, cíclicos e não lineares e devem ser compreendidos considerando sua natureza complexa.

Neste sentido, a geografia da complexidade compreende os fenômenos e os seus processos construtivos a partir do pressuposto da integralidade e não da divisão. Esta geografia se aprofunda em especificidades, mas consegue refletir e convergir para dimensões de análises macroespaciais. Em outros termos, a geografia da complexidade não possui escalas fixas, ela compreende os fenômenos analogamente a partir da sua dimensão atômica, evoluindo em um caminho nem sempre linear para dimensões universais (Carvalho, 1999; Gomes; Vitte, 2017; Portugali, 2006; Batty; Torrens, 2005).

A geografia da complexidade se conecta com a realidade cibernética e com a organização de um mundo em redes, moldado por algoritmos e bancos de dados infinitos e dinâmicos (Batty, 1997a; 1997b). Com mesma propriedade, esta geografia se atém a compreender a particularidade dos sentimentos humanos, o poder das organizações sociais e padrões culturais das sociedades e como estes são responsáveis pela construção de realidades e identidades. O peso de cada dimensão só pode ser atribuído quando se compreende integralmente os fundamentos do fenômeno (Silva; Galeno, 2004).

Para esta geografia o tempo se apresenta de forma relativa, e as variáveis dos fenômenos são compreendidas a partir de suas referências em função da passagem deste tempo. Não há estaticidade e sim relativismo, os critérios e as feições podem ser alterados, as visões de mundo também. Assim, cada fenômeno, cada processo e cada realidade é compreendida dentro de sua escala temporal, e esta funciona de forma arbitrária, com momentos e períodos análogos a organização social e cultural do período histórico na qual foram estabelecidas (Silva; Galeno, 2004).

Há, portanto, múltiplas dimensões e categorias que formam as camadas estruturais dos fenômenos geográficos sob o ponto de vista da complexidade. Estas dimensões não são fixas e podem variar de acordo com a natureza do fenômeno, com o conjunto de atores envolvidos. No entanto, algumas destas dimensões podem se destacar na análise geográfica, dentre as quais: a dimensão histórica-temporal, a dimensão ambiental, a dimensão social, a dimensão cultural, a dimensão quantitativa e a dimensão escalar.

A dimensão histórico-temporal considera as transformações e os processos que antecederam e consolidaram a construção da realidade geográfica abordada. Este pressuposto indica que não há qualquer realidade que tenha emergido, sem a configuração de luta de classes ou litígios que visavam a consolidação do poder e a expansão de domínios, sejam eles materiais ou imateriais (Raffestin, 1993; Claval, 1979; Moraes, 1990; Foucault, 2007). Logo, todo fenômeno geográfico advém de intencionalidades ou são moldados historicamente para atender anseios transvertidos de poder e dominação.

Sob o ponto de vista da dimensão ambiental subtende-se que o planeta se comporta enquanto um sistema complexo, apresentando funcionamento dinâmico e integrativo. Nesta dimensão, o principal aspecto é a não hegemonização do que é humano sobre o natural evidenciando que há, portanto, uma interpretação de que o social e o natural são variáveis singulares da construção da realidade, não podendo ser abstraídas de forma isolada e desconexa (AB'saber, 2006; 2007; Tricart, 1978; Monteiro, 1963; 2003; Mendonça, 1994; 2022).

Neste sentido, os processos naturais se conectam com os processos sociais e esta conexão se dá de forma indissociável para a geografia e para a realidade. A geografia da complexidade compreende os fenômenos geográficos a partir da sinergia dos fatores humanos e naturais, obviamente respeitando as especificidades de cada análise e do peso que é dado para cada variável. Porém, não há qualquer realidade que possa ser construída socialmente sem que se tenha a incorporação do universo natural ou das propriedades ambientais.

Assim como é intransponível a possibilidade de excluir o natural da análise geográfica na

mesma intensidade é impossível renunciar ao componente social e humano ou da dimensão social. Nesta lógica, a geografia da complexidade deve se ater na análise e interpretação dos padrões sociais de organização do espaço e incluir, dentro do seu objeto de estudo, dimensões da realidade que são intrínsecas as características humanas (Santos, 1996; 2022). Aqui há um espaço para a incorporação da subjetividade, dos afetos, das relações de poder, e da abstração que é típica da espécie humana.

A dimensão cultural também poderia ser considerada como um elemento da dimensão humana social, porém a sociedade contemporânea e o advento das redes sociais com repercussão global e instantânea na interação humana, postularam um peso essencialmente mais efetivo na construção da realidade em função das crenças, valores políticos e éticos, tradições e outros aspectos culturais (Corrêa, 2009; Claval, 2011; Caetano; Bezzi, 2011). A construção da realidade geográfica passa a ser moldada por estas condições e valores, sob a égide de um espaço temporal cada vez mais fluido e veloz.

As dimensões quantitativa e escalar são integradoras e auxiliares da geografia da complexidade, pois transitam entre as demais camadas ou dimensões. São coadjuvantes no processo, porém essenciais para a caracterização, análise e padronização de variáveis. A dimensão quantitativa permite a construção de um arcabouço descritivo situacional dos fenômenos, bem como a possibilidade de averiguar a evolução do comportamento destas em função do tempo, além de permitir a sintetização dos resultados e sua acessibilidade numa comunicação universal (Silva; Nobrega, 2018; Melo; Steinke, 2014; Christofolletti, 1985).

A dimensão escalar é um atributo de maior dinamismo na geografia sob o ponto de vista da complexidade, esta representa materialmente as condições de não linearidade dos sistemas complexos, e podem ser compreendidas como a capacidade geográfica de mutabilidade e regionalização material ou imaterial dos fenômenos no espaço. Para a geografia da complexidade, os fenômenos geográficos se apresentam em múltiplas escalas ou em diversos níveis de integração, independente da categoria de análise geográfica utilizada. A figura 02 representa as dimensões de análise da Geografia da Complexidade.

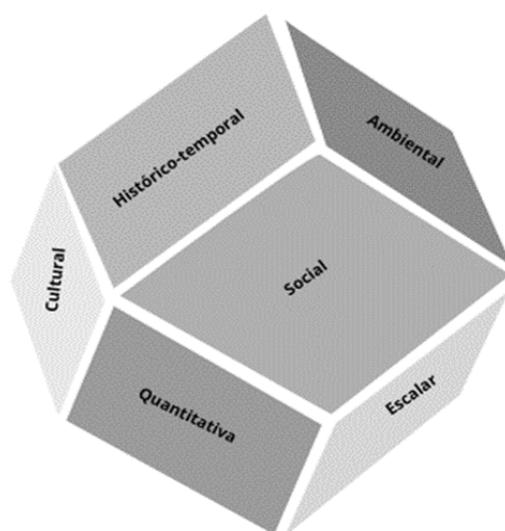


Figura 2 - As dimensões de análise da geografia da complexidade. Fonte: Elaborada pelos autores

Conceitualmente, mesmo que as escalas indiquem níveis agregadores ou correlatos de características e condições da realidade, para o pressuposto da complexidade estes níveis não são núcleos fechados ou redutos intransponíveis. Pelo contrário, uma visão macro interligada a visão micro ou nano é um dos principais desafios que precisam ser superados pela ciência nos próximos

anos, e a geografia também deve se apropriar desta leitura e indicar em suas análises como tal sinergia metodologicamente será materializada (Castro, 1995; Lencioni, 2008; Silveira, 2004).

Observa-se, que a intersecção entre a complexidade e o pensamento geográfico representa um marco significativo na evolução da ciência geográfica, ao abraçar os fundamentos da teoria da complexidade e dos sistemas complexos, ampliando sua compreensão da dinâmica espacial das relações humanas com o meio ambiente. A geografia, enquanto disciplina interdisciplinar e multiescalar, encontra na complexidade uma lente poderosa para analisar e interpretar a complexidade do espaço geográfico.

Através da integração de múltiplas dimensões, histórico-temporal, ambiental, social, cultural, quantitativa e escalar, a geografia da complexidade oferece uma abordagem holística que permite uma compreensão mais profunda e abrangente dos fenômenos geográficos, deixando-os bem-posicionados não apenas para enfrentar os desafios complexos do mundo contemporâneo, mas também para promover soluções mais eficazes e sustentáveis para questões socioambientais globais.

Portanto, a geografia da complexidade se estrutura analiticamente incorporando as diversas dimensões e espectros da realidade. Nestas dimensões é possível contextualizar e analisar de forma efetiva, os complexos problemas e questões da realidade que são de natureza de estudo da geografia enquanto ciência.

4. CONCLUSÕES

Ao incorporar a teoria da complexidade em seus fundamentos epistemológicos, a geografia avança no sentido de superar suas dualidades existenciais que, historicamente, tem submetido a relação do ser humano e a natureza enquanto esferas individuais e não integrativas. A geografia é a ciência da complexidade e, portanto, está comprometida em analisar, refletir e fornecer subsídios teóricos e práticos que respondam as grandes questões oriundas da sociedade contemporânea digital e globalizada.

É chegado o momento de convergência em torno de uma geografia com forte impacto social, que seja capaz de compreender as especificidades e dilemas complexos da sociedade, além de fornecer respostas tangíveis e que ampliem a possibilidade de emancipação das pessoas, principalmente daquelas que são vulneráveis e que estão à margem do sistema. A geografia precisa ser uma ciência de ação, de prática, e deve superar os muros da academia e das reflexões puramente teóricas.

No mesmo sentido, a geografia não pode ser fria ou estritamente pragmática e insensível aos fundamentos mais íntimos da natureza humana. Os dualismos entre a percepção e a prática, o físico e o humano, a teoria e a prática, precisam ser superados, pois a realidade não comporta a existência de um mundo isolado ou sem conexão. Assim, a geografia da complexidade se apresenta como um caminho promissor para compreender e intervir na realidade de forma mais ampla, profunda e eficaz, rumo a um futuro mais justo e sustentável para todos.

REFERÊNCIAS

AB´SABER, A. N. **O que é ser geógrafo**. Rio de Janeiro: Editora Record, 2007.

AB´SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: Potencialidades paisagísticas**. Cotia: Editora Ateliê, 2006.

ARTHUR, W. B. *The nature of technology: What it is and how it evolves*. **Simon and Schuster**, 2009.

- ARTIME, O; DE DOMENICO, M. From the origin of life to pandemics: Emergent phenomena in complex systems. **Philosophical Transactions of the Royal Society A**, 2022. Disponível em: (<https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rsta.2020.0410>). Acesso em: 09/11/2023.
- BARBOSA, T; DE AZEVEDO, J. R.N. A geografia quantitativa: ensaios. **Espaço em Revista**, 2011. Disponível em: [16893-70187-1-PB_1-libre.pdf \(d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net\)](https://www.cloudfront.net/d1wqtxts1xzle7.16893-70187-1-PB_1-libre.pdf)). Acesso em: 22/10/2023.
- BAR-YAM, Y. **Dinâmica de sistemas complexos**. Editora CRC, 2019.
- BATTY, M. The computable city. **International Planning Studies**. 1997.
- BATTY, M. Virtual geography. **Futures**. 1997.
- BATTY, M; TORRENS, P. M. Modelling and prediction in a complex world. **Futures**, 2005. Disponível em: (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016328704001788>). Acesso em: 05/10/2023.
- BATTY, M; TORRENS, P. M. Modelling complexity: the limits to prediction. Cybergeog. **European Journal of Geography**, 2001. Disponível em: (<https://journals.openedition.org/cybergeog/1035>). Acesso em: 13/11/2023.
- BURRELL, J.; FOURCADE, M. The society of algorithms. **Annual Review of Sociology**, 2021, 47: 213-237. Disponível em: (<https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-soc-090820-020800>). Acesso em: 20/11/2023.
- BYRNE, D. **Complexity theory and the social sciences: An introduction**. Routledge, 2002.
- CAETANO, J. N; BEZZI, M. L. Reflexões na geografia cultural: a materialidade e a imaterialidade da cultura. **Sociedade & Natureza**. 2011. Disponível em: (<https://www.scielo.br/j/sn/a/y5KyVymLcJ7xFBKm9pWvbQm/?lang=pt>). Acesso em: 21/10/2023.
- CAMARGO, J. C. G; JUNIOR, D. F. C. R. Considerações a respeito da geografia neopositivista no Brasil. **Geografia**, 2004. Disponível em: (<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/agegeo/article/view/1064>). Acesso em: 23/10/2023.
- CAMARGO, L. H. R. **A Geoestratégia da Natureza: a geografia da complexidade e a resistência à possível mudança do padrão ambiental planetário**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.
- CARLOS, A. F. A. A geografia brasileira, hoje: algumas reflexões. **Terra Livre**, 2002. Disponível em: <https://publicacoes.agb.org.br/index.php/terralivre/article/view/151>). Acesso em: 30/10/2023.
- DE CARVALHO, M. B. Geografia e complexidade. Scripta Nova. **Revista Eletrônica de Geografia y Ciencias Sociales**, v. 3, n. 32-54, 1999.
- CARR-CHELLMAN, D. J.; CARR-CHELLMAN, A. **Integrating systems: The history of systems from von Bertalanffy to profound learning**. TechTrends, 2020.
- CASTRO, I. E. **“O problema da escala**. Geografia: conceitos e temas. Rio de Janeiro, Bertrand, 1995.
- CAVALCANTE, K. L; ALVES, R. S. Ecosophy and the relationship between man and nature in contemporaneity. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, 2020, 7.1. Disponível em: (<https://journal-repository.theshillonga.com/index.php/ijaers/article/view/1582>). Acesso em: 07/11/2023.
- CHRISTOFOLETTI, A. **As características da nova Geografia**. São Paulo: Difel, 1985.
- CLAVAL, P. C. **Geografia Cultural: um balanço**. Geografia (Londrina). 2011.
- CLAVAL, P. **Espaço e poder**. Rio de Janeiro: Zahar, 1979.
- CLAVAL, P. Marxismo e geografia econômica na obra de David Harvey. Espaço e Economia. **Revista brasileira de geografia econômica**, 2013. Disponível em: (<https://journals.openedition.org/espacoeconomia/570>). Acesso em: 05/11/2023.

COLE, J. P. **Geografia quantitativa**. Instituto Brasileiro de Geografia, 1972.

CORRÊA, R. L. A trajetória da geografia brasileira: uma breve interpretação. **Terra Livre**, 2010. Disponível em: (<https://publicacoes.agb.org.br/terralivre/article/view/310>). Acesso em: 02/11/2023.

CORRÊA, R. L.; SAUER, C. Sobre a geografia cultural. **Revista Brasileira de Geografia**. 2009. Disponível em: (<https://www.ihgrgs.org.br/artigos/contibuiacoes/Roberto%20Lobato%20Corr%C3%AAa%20-%20Sobre%20a%20Geografia%20Cultural.pdf>). Acesso em: 11/10/2023.

DA SILVA, A. C. A renovação geográfica no Brasil 1976/1983 (as geografias crítica e radical em uma perspectiva teórica). **Boletim Paulista de Geografia**, 1984. Disponível em: (<https://publicacoes.agb.org.br/boletim-paulista/article/view/1004>). Acesso em: 01/11/2023.

DE CAMARGO, L. H. R. Planejamento e gestão não Euclidiana do espaço-tempo: para além da leitura clássica. **Ensaios de Geografia**, 2023. Disponível em: (https://periodicos.uff.br/ensaios_posgeo/article/view/55049). Acesso em: 14/11/2023.

DE CAMPOS, R. R. **Breve histórico do pensamento geográfico brasileiro nos séculos XIX e XX**. Paco Editorial, 2014.

DEL SANTO, F.; GISIN, N. Physics without determinism: Alternative interpretations of classical physics. **Physical Review**, 2019. Disponível em: (<https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRevA.100.062107>). Acesso em: 28/11/2023.

DONATI, P. The digital matrix and the hybridisation of society. WINCH, P. **Post-Human Institutions and Organizations**. Routledge, 2019.

DUFVA, T; DUFVA, M. Grasping the future of the digital society. **Futures**, 2019. Disponível em: (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016328717302252>). Acesso em: 24/11/2023.

ERTHAL, R. Geografia histórica-considerações. **GEOgraphia**, 2003. Disponível em: (<https://periodicos.uff.br/geographia/article/view/13442>). Acesso em: 01/11/2023.

FAISSOL, S. A geografia quantitativa no Brasil: como foi e o que foi. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, 1989.

FAISSOL, S. **Problemas geográficos brasileiros: análises quantitativas**. Ministerio de Planejamento e Coordenação Geral, Fundação IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia, 1973.

FOUCAULT, **Microfísica do poder**. Rio de Janeiro: Graal, 2007.

FRANCELIN, M. M. Ciência, senso comum e revoluções científicas: ressonâncias e paradoxos. **Ciência da Informação**, 2004, 33: 26-34. Disponível em: (<https://www.scielo.br/j/ci/a/ZmhGpGCb8DnzGYmRBfGWNly/?lang=pt>). Acesso em: 30/11/2023.

FUNTOWICZ, S. O.; RAVETZ, J. R. **Science for the post-normal age**. Futures, 1993.

GLEICK, J. **Chaos: Making a new science**. Penguin, 2008.

GOMES, R. D; VITTE, A. C. **Geossistema e complexidade: Sobre hierarquias e diálogo entre os conhecimentos**. RAEGA-O Espaço Geográfico em Análise, 2017.

GUASTELLO, S. J.; LIEBOVITCH, L. S. **Introduction to nonlinear dynamics and complexity**. 2009.

GULOMOV, A. B. **Uzbek Jadid Thinker Abdulla Avloni's Viewpoints On Concerning Relationship Between Man And Nature**. In: international scientific and current research conferences. 2020.

GURYANOVA, A; KHAFIYATULLINA, M. P; PETINOVA, M; ASTAFEVA, N; GURYANOV, N. Social, psychological and worldview problems of human being in digital society and economy. POPKOVA, E. G; SERGI, B.

- S. **Digital Economy: Complexity and Variety vs. Rationality** 9. Springer International Publishing, 2020. p. 244-250.
- HOLLAND, J. H. **Complexity: a very short introduction**. OUP Oxford, 2014.
- JOHNSON, S. **Emergence: The connected lives of ants, brains, cities, and software**. Simon and Schuster, 2002.
- LENCIONI, S. Concentração e centralização das atividades urbanas: uma perspectiva multiescalar. Reflexões a partir do caso de São Paulo. **Revista de Geografia Norte Grande**. 2008. Disponível em: (https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34022008000100002&script=sci_arttext). Acesso em: 09/10/2023.
- LEWIN, R. **Complexity: Life at the edge of chaos**. University of Chicago Press, 1999.
- MANČAL, T. A decade with quantum coherence: How our past became classical and the future turned quantum. **Chemical Physics**, 2020. Disponível em: (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301010419308067>). Acesso em: 26/11/2023.
- MARIUTTI, E. B. Ordem espontânea, complexidade e caos: tempo, criatividade e incerteza. **Lugar Comum–Estudos de mídia, cultura e democracia**, 2022.
- MASSEY, D. **Espaço-tempo, "ciência" e a relação entre geografia física e geografia humana**. Transações do Instituto de Geógrafos Britânicos, 1999.
- MELO, L. A. M. P; STEINKE, E. T. Um ensaio argumentativo a favor do uso de quantificação em Geografia. **Caderno Prudentino de Geografia**, 2014. Disponível em: (<https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/2937>). Acesso em: 11/10/2023.
- MENDONÇA F. **Geografia e meio ambiente**. Editora Contexto; 1994.
- MENDONÇA, F. **Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro and the Construction of Brazilian Geographical Climatology**. In: *Brazilian Geography: In Theory and in the Streets*. Singapore: Springer Nature Singapore, 2022.
- MENDONÇA, F. Dualidade e dicotomia da geografia moderna: A especificidade científica e o debate recente no âmbito da geografia brasileira. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, 1998. Disponível em: ([Open Journal Systems \(ufpr.br\)](https://openjournal.ufpr.br)). Acesso em: 01/10/2023.
- MITCHELL, M. **Complexity: A guided tour**. Oxford university press, 2009.
- MONTEIRO, C. A. F. **Clima urbano**. Contexto, São Paulo, 2003.
- MONTEIRO, C. A. F. **Geografia do Brasil**. Grande Região Sul. IBGE, Rio de Janeiro, 1963.
- MORAES, A. C. R. Geografia, interdisciplinaridade e metodologia. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, 2014. Disponível em: (<https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/81075>). Acesso em: 02/10/2023.
- MORAES, A. C. R. **Ratzel**. São Paulo: Ática, 1990.
- MORAES, A. C. R. **Geografia: pequena história crítica**. Annablume, 2007.
- MOREIRA, R. **Para onde vai o pensamento geográfico?: por uma epistemologia crítica**. Editora Contexto, 2010.
- MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. 5. ed. Porto Alegre: Sulina. 2015
- MORIN, E. **O problema epistemológico da complexidade**. 3. ed. Mira-Sintra: Publicações Europa-América, 2002.
- MORIN, E; LE MOIGNE, J. **A Inteligência da Complexidade**. 3ª ed. São Paulo: Petrópolis, 2000.
- MOURA, B. A. O que é natureza da ciência e qual sua relação com a história e filosofia da ciência? **Revista Brasileira de História da ciência**, 2014. Disponível em: (<https://rbhciencia.emnuvens.com.br/revista/article/view/237>). Acesso em: 12/12/2023.

- MUKHERJEE, A; DEUTSCH, A; GANGULY, N. **Dynamics On and Of Complex Networks**. AMC, 2013.
- NIKITENKO, V. The impact of digitalization on value orientations changes in the modern digital society. **Humanities Studies**, 2019, 2 (79): 80-94. Disponível em: (<http://humstudies.com.ua/article/view/202753>). Acesso em: 18/11/2023.
- PEITGEN, H, JURGENS, H; SAUPE, D. **Chaos and fractals: new frontiers of science**. New York: Springer, 2004.
- POHLE, J.; THIEL, T. **Digital sovereignty**. Pohle, J. & Thiel, 2020.
- PORTUGALI, J. Complexity theory as a link between space and place. **Environment and Planning A**, 2006. Disponível em: (<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1068/a37260>). Acesso em: 11/10/2023.
- PSILLOS, S. **Scientific realism: How science tracks truth**. Routledge, 2005.
- RAFFESTIN, C. **Por uma Geografia do poder**. São Paulo: Ática, 1993.
- RAMAGE, M. S. K. **Ludwig von Bertalanffy**. In: **Systems Thinkers**. Springer, London. 2020.
- REIS, P. Ciência e educação: que relação?. **Revista Interações**, 2006. Disponível em: (<https://revistas.rcaap.pt/interaccoes/article/view/314>). Acesso em: 29/11/2023.
- ROCHE, C.; BROWN, G; LEWIS, V. Thinking with complexity in evaluation: A case study review. **Evaluation Journal of Australasia**, 2021. Disponível em: (<https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1035719X211008263>). Acesso em: 15/11/2023.
- SANTOS, B. S. Um discurso sobre as ciências na transição para uma ciência pós-moderna. **Estudos avançados**, 1988. Disponível em: (<https://www.scielo.br/j/ea/a/YgSSRgJjZgtbpBLWxr6xPHr/>). Acesso em: 01/12/2023.
- SANTOS, M. **O trabalho do geógrafo no terceiro mundo**. 1996.
- SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado: fundamentos teóricos e metodológicos da geografia**. Edusp, 2022.
- SIEGENFELD, A. F.; BAR-YAM, Y. **A Formal Definition of Scale-dependent Complexity and the Multi-scale Law of Requisite Variety**. 2022. Disponível em: (<https://arxiv.org/abs/2206.04896>). Acesso em: 10/11/2023.
- SIEGENFELD, A. F.; BAR-YAM, Y. An introduction to complex systems science and its applications. **Complexity**, 2020. Disponível em: (<https://www.hindawi.com/journals/complexity/2020/6105872/>). Acesso em: 10/11/2023.
- SILVA, A. A. D; GALEANO, A. **Geografia: ciência do complexus: ensaios transdisciplinares**. Porto Alegre: Sulina, 2004.
- SILVA, B. C. O; NÓBREGA, R. S. **Geografia quantitativa, por quê não?**. 2018. Disponível em: (<http://site.ufvjm.edu.br/revistamultidisciplinar/files/2018/10/Bruno01081.pdf>). Acesso em: 20/10/2023.
- SILVEIRA, M. L. Escala geográfica: da ação ao império? **Revista Terra Livre**, Goiânia. 2004. Disponível em: (<https://publicacoes.agb.org.br/terralivre/article/view/195>). Acesso em: 06/10/2023.
- SOJA, E. **Geografias pós-modernas: a reafirmação do espaço na teoria social crítica**. Editora Schwarcz-Companhia das Letras, 1993.
- SPOSITO, E. S. A propósito dos paradigmas de orientações teórico-metodológicas na Geografia contemporânea. **Terra Livre**, 2001. Disponível em: (<https://publicacoes.agb.org.br/terralivre/article/view/351>). Acesso em: 02/10/2023.
- TAYLOR, C. Interpretation and the sciences of man. WINCH, P. **The Philosophy of Society**. Routledge, 2023.
- TRICART, J. **A terra planeta vivo**. Lisboa: Presença, 1978.

TURCO, Angelo. **Verso una teoria geografica della complessità**. (No Title), 1988.

TURNER, J. R.; BAKER, R. M. Complexity theory: An overview with potential applications for the social sciences. **Systems**, 2019.

VAN ASSCHE, K, et al. The social, the ecological, and the adaptive. Von Bertalanffy's general systems theory and the adaptive governance of social- ecological systems. **Systems Research and Behavioral Science**, 2019.

VESENTINI, J. W. **Geografia, natureza e sociedade**. 2020.

VON BERTALANFFY, L. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1975.

WALDROP, M. M. **Complexity: The emerging science at the edge of order and chaos**. Simon and Schuster, 1993.

WINCH, P. **The idea of a social science and its relation to philosophy**. Routledge, 2015.

WOEHLE, R. Complexity theory, nonlinear dynamics, and change: augmenting systems theory. **Advances in Social Work**, 2007. Disponível em: (<https://journals.iupui.edu/index.php/advancesinsocialwork/article/view/137>). Acesso em: 11/11/2023.