



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
TESE DE DOUTORADO

SÉRGIO ALMEIDA LOIOLA

**VARIAÇÕES PALEOCLIMÁTICAS E A EVOLUÇÃO DE SISTEMAS
COMPLEXOS ADAPTATIVOS ENTRE OS HUMANOS MODERNOS**

Goiânia
Abril, 2014.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
TESE DE DOUTORADO

SÉRGIO ALMEIDA LOIOLA

**VARIAÇÕES PALEOCLIMÁTICAS E A EVOLUÇÃO DE SISTEMAS
COMPLEXOS ADAPTATIVOS ENTRE OS HUMANOS MODERNOS**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia, do Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás como requisito parcial para obtenção do título de Doutorado em Geografia, sob a orientação da Profa. Dra. Sandra de Fátima Oliveira, do IESA, e co-orientação da Profa. Dra. Maria Nazaré Stevaux, do ICB.

Goiânia
Abril, 2014.

Loiola, Sérgio Almeida

Variações paleoclimáticas e a evolução de sistemas complexos adaptativos entre os humanos modernos. [manuscrito] / Sérgio Almeida Loiola. - 2014.
CCXXXVII, 237 f.: il.

Orientador: Profa. Sandra de Fátima Oliveira; co-orientadora Maria Nazaré Stevaux.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Instituto de Estudos Socioambientais (Iesa) , Programa de Pós-Graduação em Geografia, Goiânia, 2014.

Bibliografia.

Inclui siglas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Adaptação. 2. Sistemas complexos adaptativos. 3. Evolução cultural e cognitiva. 4. Paleoclima. 5. Transdisciplinaridade. I. Oliveira, Sandra de Fátima, orient. II. Stevaux, Maria Nazaré, co-orient. III. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS (TEDE) NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: Dissertação Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Autor:	Sérgio Almeida Loiola		
E-mail:	sergioaloiola@gmail.com		
Seu e-mail pode ser disponibilizado na página?	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
Vínculo empregatício do autor	-		
Agência de fomento:	CAPES	Sigla:	CAPES
País:	Brasil	UF: GO	CNPJ: 00889834/0001-08
Título:	Variações paleoclimáticas e a evolução de sistemas complexos adaptativos entre os humanos modernos		
Palavras-chave:	adaptação, sistemas complexos adaptativos, evolução cultural e cognitiva, paleoclima, transdisciplinaridade		
Título em outra língua:	Paleoclimatic variations and the evolution of complex adaptive systems between the modern humans		
Palavras-chave em outra língua:	adaptation, complex adaptive systems, cultural and cognitive evolution, paleoclimate, transdisciplinarity		
Área de concentração:	Geografia		
Data defesa: (dd/mm/aaaa)	25/04/2014		
Programa de Pós-Graduação:	Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia		
Orientadora:	Dra. Sandra de Fátima Oliveira		
E-mail:	sanfaoli@gmail.com		
Co-orientadora:*	Dra. Maria Nazaré Stevaux		
E-mail:	nstevaux@uol.com.br		

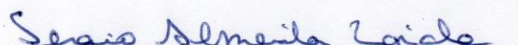
*Necessita do CPF quando não constar no SisPG

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF ou DOC da tese ou dissertação.

O sistema da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações garante aos autores, que os arquivos contendo eletronicamente as teses e ou dissertações, antes de sua disponibilização, receberão procedimentos de segurança, criptografia (para não permitir cópia e extração de conteúdo, permitindo apenas impressão fraca) usando o padrão do Acrobat.



 Assinatura do autor

Data: 05 / 12 / 2014

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Sérgio Almeida Loiola

**VARIAÇÕES PALEOCLIMÁTICAS E A EVOLUÇÃO DE SISTEMAS COMPLEXOS
ADAPTATIVOS ENTRE OS HUMANOS MODERNOS**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia, do Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás como requisito parcial para obtenção do título de Doutorado em Geografia. Aprovada em 25 de abril de 2014 pela Banca Examinadora:

Profa. Dra. Sandra Fátima Oliveira – IESA-UFG
Orientadora

Prof. Dr. Daniel José da Silva –ENS/CTC-UFSC
Membro Externo

Prof. Dr. Alexandre Martins de Araújo – FH-UFG
Membro Externo

Prof. Dr. Fabrízio D’Ayala Valva – ICB-UFG
Membro Externo

Prof. Dr. Charlei Aparecido Silva– FCH-UFGD
Membro Externo

Profa. Dra. Gislaine Cristina Luiz – IESA-UFG
Membro interno

“A NATUREZA TEM MIL VOZES, E NÓS SOMENTE COMEÇAMOS A ESCUTÁ-LA, MAS HÁ CERCA DE DOIS SÉCULOS, O DEMÔNIO DE LAPLACE ASSEDIA NOSSAS IMAGINAÇÕES, RESSURGE SEM CESSAR E, COM ELE, O PESADELO DA INSIGNIFICÂNCIA DE TODAS AS COISAS, A SOLIDÃO ALUCINADA DAQUELE QUE, DURANTE TANTO TEMPO, SE JULGAVA HABITANTE DE UM MUNDO À SUA MEDIDA.

SE VERDADEIRAMENTE O MUNDO É COMO UM DEMÔNIO - QUER DIZER, APESAR DE TUDO, UM SER SEMELHANTE A NÓS, POSSUINDO A MESMA CIÊNCIA, MAS SENTIDOS MAIS APURADOS E UM MAIOR PODER DE CÁLCULO -, PODERIA AVALIAR-SE O SEU FUTURO E PASSADO A PARTIR DA OBSERVAÇÃO DE UM ESTADO INSTANTÂNEO; SE REALMENTE A VERDADE DA NATUREZA ESTÁ PLENAMENTE CONTIDA NA DINÂMICA E SE NADA DISTINGUE QUALITATIVAMENTE OS SISTEMAS SIMPLES QUE PODEMOS DESCREVER DOS QUE, MAIS COMPLEXOS, PRECISAM DE UM DEMÔNIO, ENTÃO O MUNDO NÃO É MAIS QUE UMA IMENSA TAUTOLOGIA, ETERNA E ARBITRÁRIA, TÃO NECESSÁRIA E ABSURDA EM CADA UM DOS SEUS DETALHES COMO NA SUA TOTALIDADE. TAL É O DESAFIO DESTA CIÊNCIA MODERNA QUE O SÉCULO XIX NOS LEGOU E HOJE “PRECISAMOS EXORCIZAR.”(P.62)

ILYA PRIGOGINE

A meus pais,
Leonora Almeida Loiola
Dídimo Martins Loiola (*In memoriam*)
Pelo exemplo de persistência, coragem e honestidade,
E minha família
Pelo apoio e
Motivação

AGRADECIMENTOS

Uma pesquisa de doutorado não nasce no projeto, ela é fruto de inquietações, sonhos que envolve família, amigos demandas sociais, muita leitura e pesquisa. Agradeço a todos aqueles que diretamente ou indiretamente apoiaram e colaboraram, ofereceram ideias e motivaram a longa jornada da pesquisa.

Cada vez mais conheço a importância da minha família para a continuidade dos estudos. Agradeço a todos os primos, tios, sobrinhos. Em especial aos irmãos Eliane, Luzia, Denilton, Eliel, aos sobrinhos Iolanda, Luiza, Bruna, Gabrieli, Gabriel Fera Bit e o Joe Rafa (Rafael), e aos meus pais Leonora, e Dídimo (*In memoriam*). Espero que a breve jornada pela história da humanidade sirva na vida de vocês e a toda sociedade.

Aos tios: Maria, Celina, Arquimedes, Antônio, Nenê, Ercília, e Florinto (todos *in memoriam*), Tio Zeca, Tia Dejanira, Nininha, Wilson, João, Joel. Aos primos e primas: Adriana, Eloisa, Rita, Fernando, Diógenes, Elza, Helena, Francisco, Hernani, Maciel, Macionila, Marcio, Nilo Jr. (*in Memoriam*), Jânio, Laércio, Sueli, Arquimedinho (*in memóriam*), Silvio, Mauro, Rosiléia e Mariana. A Maria pelo apoio e motivação. Um tijolinho após o outro e, chegamos.

À orientadora Sandra e co-orientadora Nazaré pelo apoio, estímulo a criatividade, por acreditarem no meu trabalho e me aturarem nesses anos. Obrigado por me apresentarem a biologia de uma forma que não conhecia. Sem a liberdade que tive para criar o caos continuaria em nossos pensamentos.

Aos professores, pesquisadores e funcionários do IESA. Alex Ratts e ao La Gente, Celene, Selma, Maria Amélia, Gislaine, Andrelisa, Eguimar, Calaça, Ana Cristina, Laerte, Ivanilton, Maria Geralda, Maximiliano, Adriano, Dênis, Roxão, Ivonaldo e aos demais que sempre pensaram a transversalidades das questões sociais e ambientais. Obrigado!

Aos pesquisadores do Núcleo de Pesquisa e Estudos em Educação Ambiental e Transdisciplinaridade-NUPEAT, Igor, Kátia e Marcelo, e todos os demais que “atravessaram” o NUPEAT pelos diálogos e colaboração. Aos poucos fundamos o espaço da ciência complexa, transdisciplinar. Esse é mais um tijolinho na caminhada.

Aos profs. Ray e Garg por me apresentar ao *caos* e a *complexidade* na física; Sempre vou agradecer vocês por mostrarem um novo mundo de possibilidades.

Aos professores do NUHAI, da Faculdade de História, Alexandre e Elias. Aos poucos aprendemos a navegar no tempo da mesma forma que fazemos no espaço. Sem dúvida, o ambiente tem história.

Aos amigos da agroecologia: Matheus, Lennon, Larissa, Marcelo, Giovane, Valney, Uelinton, Danilo, e Henrique.

Aos amigos da teia da vida na biologia Marcelo, Rodrigo e Ricardo. Aos professores Francis, Natan e Welinton pelos diálogos, a linguagem e os métodos da biologia. A linguagem é um importante passo inicial, estamos num bom caminho.

Aos amigos de Goiânia Ivonaldo, Gilberto, Juliana, Elizon, Bruno, Lennon, Gabriel Elias, Renato, Rômulo, Julio (direito), Lucas, Jacton, pela motivação, as caminhadas, as festas, as piadas, música etc. As primas irmãs da criatividade e da renovação dos neurônios. A Luana, Senhor Shin, Oscar, Sol, Ricardo, Reinaldo, Lina, Senhor Liu.

Ao Paulinho (vizinho) e sua família. Sempre bom mariscar a jantar nas festas e falar de assuntos aleatórios com Lucas, Patrícia, Gabriel, Daniela, Roberto.

Aos amigos de Vitória, ES, Wilian, Celso, Firmino, Rober, Carlinho, Marcelo, Paulo Bernabé, Paulinho, Marcelo Cristo, Roni, Helder, Inácio, Cladionor, Brandão, Ricardo, Ronaldo Borgo, Ana Julia, Ester, Márcia Batista, Luciene, Rogério W. e ao afilhado Henrique. Tenho certeza que este trabalho vai ser útil nos papos na beira da praia.

Aos técnicos e amigos da ex-Embratel, onde aprendi o significado de cooperação, esforço comum por uma sociedade melhor. Ao Haroldo, Darci, Paulo Lopes, Marcos Manoel, Mauro Facó, Robson, Geraldo, Magalhães, Moacir, Lorenço, Édio, Moreira, Manguito, Benedito, Heleno, Rubens, Maia, Heraldo, Gilberto, Vivaldo (*in memorian*), Hanemman, Bacalhau, Oscar Estevam.

Aos amigos da turma de Eletrotécnica da Escola Técnica. Aos amigos do Curso da Instrumentação Industrial e do curso de física. Pelo companheirismo e motivação.

Às amigas Josete Soboleski e Adriana Ludwig pela inspiração, diálogos e motivação durante a pesquisa.

À Coordenação do Programa de Pós-graduação, a UFG, e a CAPES pela bolsa e todo apoio à pesquisa que deram.

Aos professores da agronomia, em especial aos que tem me mostrado os caminhos da agroecologia, e da permacultura, Wilson e ao grupo GEMAS- Grupo de Estudos em Manejo Agroecológico dos Solos, Dinalva, Gislene, Nina Laranjeira e à Unb Cerrado, e Mariana. Obrigado a todos vocês. A partir desta pesquisa compreendi melhor a importância do trabalho de vocês, e a necessidade de aproximação.

RESUMO

Esta tese propõe hipótese acerca da evolução de sistemas complexos adaptativos no contexto da interação entre a sociedade e a variabilidade paleoclimática, pautada em estudos comparativos de fontes bibliográficas disponíveis na literatura: artigos, relatórios de pesquisa e dados. A pesquisa foi orientada numa perspectiva cognitiva e evolutiva, subsidiada pela abordagem geográfica complexa, estruturada pelo autor. A partir de evidências arqueológicas, a tese argumenta que sistemas complexos adaptativos desenvolvidos após 40 mil anos atrás estão entre os principais fatores que cooperaram para a complexificação sociocultural, fixação no território, organização de grandes grupamentos, a contínua busca de inovação e a aceleração da evolução cultural e cognitiva, estabelecidas antes do Holoceno, bem como a diversificação de estratégias adaptativas similares, em diferentes partes do globo nesse período; caso da coleta sistemática, do cultivo, da domesticação e da agricultura. Entre os sistemas complexos adaptativos desenvolvidos antes do Holoceno estiveram a ciência, o sistema de crenças, a arte, a linguagem falada, a comunicação simbólica, e a organização sociopolítica para gerir grandes grupos. Transferidos por trocas culturais, os sistemas complexos adaptativos migraram junto com os povos, conferindo grande diferencial adaptativo aos seus portadores às condições favoráveis do interglacial Holoceno: incremento da temperatura, da umidade, das chuvas, do CO² na atmosfera de 180 ppm para 280 ppm, e a ampliação da diversidade e a produtividade das espécies. Sob processos não lineares, os sucessivos períodos de intensificação da inovação estiveram correlacionados com severas transições glaciais e interglaciais dos 26 eventos Dansgaard-Oeschger e Heinrich (D-O e H), durante o Glacial Würm, especialmente a partir de 40 mil anos atrás, após o grande salto dos humanos modernos. Com base nos sucessos e fracassos das sociedades, a imponderabilidade e a frequência das alterações paleoclimáticas abruptas, apresentamos uma proposta para um Painel da Sustentabilidade Adaptativa, focando três cenários: de aquecimento global (Plano A), resfriamento global (Plano B) e instabilidade climática (Plano C), a fim de elevar o potencial pró-ativo de resiliências nas sociedades.

Palavras-chave: adaptação, sistemas complexos adaptativos, evolução cultural e cognitiva, paleoclima, transdisciplinaridade.

ABSTRACT

This thesis proposes hypothesis about the evolution of complex adaptive systems in the context of the interaction between society and the paleoclimate variability, based on comparative studies of bibliographic sources available in the literature: articles, research reports and data. The research was oriented in one cognitive and evolutionary perspective, subsidized by the complex geographical approach, structured by the author. Founded on archaeological evidence, the thesis argues that complex adaptive systems developed after 40 thousand years ago are between the main factors which cooperated in the social and cultural complexity, fixing on the territory, organizing large groups, the continuous pursuit of innovation and acceleration of cultural evolution and cognitive, established before the Holocene, as well as diversification of similar adaptive strategies in different parts of the world during this period; case of systematic collect, cultivation, domestication and agriculture. Between complex adaptive systems developed before the Holocene is cited: the science, the belief system, art, spoken language, symbolic communication, and the socio-political organization to manage large groups. Transferred by cultural exchanges, complex adaptive systems migrated with people, giving great adaptive differential to their carriers to favorable conditions in interglacial Holocene: an increase of temperature, humidity, rainfall, CO² in the atmosphere from 180 ppm to 280 ppm, and expansion the diversity and productivity of the species. Under non-linear processes, the successive period of intensification of innovation were associated with severe glacial and interglacial transitions of the 26 Dansgaard-Oeschger and Heinrich events (D-O and H), during the Würm Glacial, especially from 40,000 years ago, after “great leap” of modern humans. Based on the successes and failures of societies, imprevisibility and frequency of abrupt paleoclimatic changes, we present a proposal for Adaptive Sustainability Panel, focusing on three scenarios: global warming (Plan A), global cooling (Plan B) and climatic instability (Plan C), in order to increase the potential for proactive resilience in societies.

Keywords: adaptation, complex adaptive systems, cultural and cognitive evolution, paleoclimate, transdisciplinarity.

RESUMEN

Esta tesis propone hipótesis sobre la evolución de los sistemas complejos adaptativos en el contexto de la interacción entre la sociedad y la variabilidad del paleoclima, basado en estudios comparativos de fuentes bibliográficas disponibles en la literatura: artículos, reportes de investigación y datos. La investigación fue guiada sobre una perspectiva cognitiva y evolutiva, subsidiada en el enfoque geográfico complejo, estructurado por el autor. De la evidencia arqueológica, la tesis sostiene que los sistemas complejos adaptativos desarrollados después de hace 40.000 años se encuentran entre los principales factores que cooperaron para complejización sociocultural, fijando el territorio, la organización de grupos grandes, la continua búsqueda de la innovación y acelerar el progreso cultural y cognitivo, establecida antes del Holoceno, y la diversificación de las estrategias de adaptación similares en diferentes partes del mundo durante este período; caso de recolección sistemática, el cultivo, la domesticación y la agricultura. Entre los sistemas complejos adaptativos desarrollados antes del Holoceno estaban la ciencia, el sistema de creencias, el arte, el lenguaje hablado, la comunicación simbólica, y la organización socio-política para manejar grupos grandes. Transferido por los intercambios culturales, los sistemas adaptativos complejos migraron junto con la gente, dando gran diferencial adaptativa a sus portadores a las condiciones favorables en el interglacial Holoceno: aumento de la temperatura, aumento de la humedad, la lluvia, el CO² en la atmósfera de 180 ppm a 280 ppm y la ampliación de la diversidad y la productividad de la especies. Bajo los procesos no lineales, en períodos sucesivos de intensificación de la innovación se han correlacionado con graves transiciones glaciales e interglaciales de los 26 eventos Dansgaard-Oeschger y Heinrich (DO y H), durante el glacial Würm, especialmente a partir hace 40.000 años, después de "gran salto" de los humanos modernos. Sobre la base de los éxitos y fracasos de las personas, la incertidumbre y la frecuencia de los cambios paleoclimáticos abruptos, presentamos una propuesta de un Panel de Sostenibilidad Adaptativa, centrándose en tres hipótesis: el calentamiento global (Plan A), enfriamiento global (Plan B) y los inestabilidad climáticos (Plan C) con el fin de aumentar el potencial de la capacidad de recuperación proactiva en las sociedades.

Palabras clave: adaptación, sistemas complejos adaptativos, evolución cultural y cognitiva, paleoclima, transdisciplinariedad.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Sociedades investigadas indicadas sobre o mapa físico terrestre.....	5
Figura 2: Representação gráfica do terceiro termo da lógica do Terceiro incluído.....	18
Figura 3: Exemplo de níveis de realidade complementares.....	20
Figura 4: Arquitetura do paradigma Transdisciplinar.....	24
Figura 5: Modos de produção do conhecimento: Disciplinar, Multidisciplinar, Interdisciplinar e Transdisciplinar.....	26
Figura 6: Perspectiva trasdisciplinar na concepção de projetos.....	28
Figura 7: Abordagem geográfica complexa e a perspectiva ao passado distante.....	34
Figura 8: Representações lineares do tempo.....	44
Figura 9: Pluridimensionalidade do tempo.....	46
Figura 10: Diferença entra a Evolução de um Sistema dissipativo e uma Estrura dissipativa...	63
Figura 11: Interações dos subsistemas que compõe o sistema climático terrestre.....	68
Figura 12: Interação oceano-atmosfera sobre o Pacífico – ENOS.....	73
Figura 13: Ocorrência de ENOS, El Niños e La Niñas, entre 1950 e 2014.....	74
Figura 14: Efeitos regionais da fase quente do ENOS, ou El Niño.....	75
Figura 15: Efeitos regionais da fase fria do ENOS, ou La Niña.....	76
Figura 16: Fases fria e quente da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP).....	77
Figura 17: Períodos quentes e frios da evolução mensal da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP).....	77
Figura 18: Evidencias de ODP em 1100 anos, obtido a partir de anéis de arvores.....	78
Figura 19: Quatrocentos anos de observação dos ciclos de atividades solares de onze anos....	79
Figura 20: Progressão observada na emissão manchas solares para o ciclo solar 24.....	80
Figura 21: Variação da temperatura média global entre 200 e 2005 dC.....	81
Figura 22: Temperatura média próximo a superfície no hemisfério norte.....	82
Figura 23: Variação orbital da Terra, forçante solar e astronômicas.....	83
Figura 24: Eras glaciais e variações climáticas globais nos últimos 500 milhões de anos.....	84
Figura 25: Temperatura média global, nível de CO ₂ e metano na atmosfera nos últimos 425000 anos.....	85
Figura 26: Eventos abruptos D-O e H registrados em isótopos de Oxigênio e carbonato no gelo da Groelândia.....	87
Figura 27: Temperatura e eventos D-O, 120 mil anos no Domo C, na Antártica.....	87
Figura 28: Características climáticas durante os eventos D-O e H.....	88
Figura 29: Período glacial Dryas Recente, entre 12.700 e 11.500 anos AP.....	89
Figura 30: Principais caminhos superficiais, fundo e profundo..... da circulação termohalina.	90
Figura 31: Migração do <i>Homo erectus</i> , e migração dos humanos modernos.....	97

Figura 32: Arvore filogenética dos Primatas vivos e extintos.....	100
Figura 33: Índice de encefalidade, em escala logarítmica.....	101
Figura 34: Arvore filogenética do clado <i>Hominina</i>	102
Figura 35: Pintura rupestre na caverna de Chauvet, sul da França.....	110
Figura 36: Origem e função da fala.....	112
Figura 37: Comparação entre as evidências arqueológicas (a), o tamanho do cérebro e de sua organização (b), e indicação de estruturas da laringe (c).....	113
Figura 38: Retroalimentação entre Complexificação social e aumento da Inteligência.....	114
Figura 39: Oscilação na evolução da mente entre a inteligência generalizada e a inteligência especializada, e a crescente fluidez cognitiva.....	116
Figura 40: Evolução de sistemas complexos adaptativos na Terra.....	125
Figura 41: Funcionamento de um sistema complexo adaptativo.....	129
Figura 42: Emergência de padrões a partir da seleção de regularidades na auto-organização entre agentes e com todo sistema complexo adaptativo.....	130
Figura 43: Placa de osso com centenas de incisões, indicando sistema de contagem.....	137
Figura 44: Comparação entre as árvores genética, povos e línguas.....	141
Figura 45: Correlação entre inovação tecnológica e mudança climática abrupta global D-O e H, no sudeste da África, durante o glacial Würm.....	147
Figura 46: Distribuição dos sítios com arte rupestre na Europa.....	152
Figura 47: “Salão dos touros”, Caverna Lascaux, na França.....	153
Figura 48: Os dois bisões, à esquerda, e cavalos correndo, com cabeça de boi, à direita, Caverna Lascaux, na França.....	153
Figura 49: Escultura de mamute e cavalo pré-histórico miniatura, esculpido em pedra.....	154
Figura 50: Flauta encontrado em Geissenklösterle, Alemanha.....	155
Figura 51: “Painel dos cavalos”, com cenas de cavalos correndo, e rinocerontes lutando abaixo. Caverna Chauvet, na França.....	156
Figura 52: Cena do “Orgulho dos leões”, Caverna Chauvet, na França.....	156
Figura 53: Localização da cultura Natufian Antiga, entre 15 mil a 12,8 mil anos AP, e a cultura Natufian Tardia, entre 12,8 mil a 11,5 mil anos AP.....	159
Figura 54: Ferramentas e arte feitas com pedra, osso e barro da cultura Natufian.....	161
Figura 55: Desenho de uma casa grande Natufian, com lareira interna e corte no terreno.....	162
Figura 56: Localização, planta e vista panorâmica do sítio arqueológico principal de Göbekli Tepe, na Turquia.....	166
Figura 57: Fotos de estruturas megalíticas encontradas no sítio arqueológico principal em Göbekli Tepe, na Turquia.....	167
Figura 58: Centros de origens da agricultura.....	174
Figura 59: Evidências de como o desenvolvimento cultural e agrícola diferem de um lugar para outro, numa mesma região.....	177
Figura 60: Ocupação no Saara Oriental durante as principais fases climáticas do Holoceno....	183

Figura 61: Correlação entre variação de umidade/chuvas, acontecimentos históricos, e datações de registros arqueológicos, entre o ano 300 a 1100 dC.....	187
Figura 62: Interação sociedade ambiente nas terras baixas centrais Maia.....	190
Figura 63: Mapa topográfico indicando três grandes reservatórios de água construídos pelos Maia na cidade de Tikal, localizado na atual Guatemala.....	192
Figura 64: Correlação entre temperatura, precipitação períodos históricos, e declínio do Império romano.....	195
Figura 65: Modelo de intensificação do uso da terra, com três fases.....	200
Figura 66: Estrutura do fractal da pedagogia do colapso.....	206
Figura 67: Representação conceitual de resiliência e transformação de um sistema ecológico social.....	208

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Comparação entre a lógica Clássica e a lógica do Terceiro incluído.....	19
Quadro 2: Diferenças entre o conhecimento disciplinar e o complexo (Transdisciplinar).....	22
Quadro 3: Periodicidade, fenômenos e origens de algumas variações climáticas.....	71
Quadro 4: Características de algumas espécies da árvore evolutiva.....	103

LISTA DE SIGLAS

AP	Antes do Presente
AD	Ano Domini
APDRC	Asian Pacific Data Reserch Center
BP	Before Present
BCP	Before Corrent Present
BCE	Before Common Era
CPTEC-INPE	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
CASG	Complex Adaptive Systems Group
dC	Depois de Cristo
D-O e H	Eventos Dansgaard-Oeschger e Heinrich

DSDP 609	Deep Sea Drilling Project Site
DNA	Ácido desoxirribonucleico
ENOS	El Niño Oscilação Sul
EPICA	European Project for Ice Coring in Antarctica
ESRL-PSD-NOAA	Earth System Research Laboratory - Physical Sciences Division
GISS – NASA	Goddard for Spaces Studies
GISP2	Greenland Ice Sheet Project
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
JISAO	Joint Institute For de Study of the Atmosphere e Clime
MMT	Modo Multidecadal Tropical
MPN	Modo do Pacífico Norte
NCDC – NOAA	National Climatic Data Center
NAO	Oscilação do atlântico Norte
NASA	National Agency Space American
NOAA	National Oceanic Atmospheric Administration
NGRIP	High-resolution record of Northern Hemisphere climate extending into the last
ODP	Oscilação Decadal do Pacífico
OMA	Oscilação Multidecadal do Atlântico
ONU	Organizações das Nações unidas
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio ambiente
SRC	Stockholm Resilience Centre
SWPC-NOAA	Space Weather Prediction Center
TSM	Temperatura Superficial do Mar
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
WDC-NOAA	World Data Center for Paleoclimatology
WHOI	Woods Hole Oceanographic Institution-Physical Oceanography Department-

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO 1. RUPTURAS EPISTEMOLÓGICAS: DOS LIMITES POSITIVO-CARTESIANOS À ABORDAGEM GEOGRÁFICA COMPLEXA	14
1.1. DA CRÍTICA E LIMITES DO MÉTODO POSITIVO-CARTESIANO À TRANSDISCIPLINARIDADE.....	15
1.1.1. BUSCA POR ABORDAGENS CONJUNTIVAS NO PENSAMENTO GEOGRÁFICO.....	31
1.2. EMERGÊNCIA DE UMA ABORDAGEM GEOGRÁFICA COMPLEXA.....	33
1.2.1. RITMOS NATURAIS, DINÂMICA SOCIOCULTURAL E AS RUGOSIDADES DO ESPAÇO.....	35
1.2.2. DO ESPAÇO E TEMPO AO ESPAÇO-TEMPO AMBIENTAL.....	37
1.2.3. SIMULTANEIDADE, MULTIPLICIDADE E NÃO-LINEARIDADE NO ESPAÇO-TEMPO.....	42
1.4. MULTIDIMENSIONALIDADE E MULTIREFERENCIALIDADE DO ESPAÇO-TEMPO.....	45
1.5. ABORDAGEM GEOGRÁFICA COMPLEXA E O LUGAR DOS HUMANOS NA NATUREZA.....	49
1.5.1. ESCALA E MÉTODO COMO OPERADORES DE COMPLEXIDADE.....	50
1.5.2. (RE)APROXIMAÇÃO ENTRE CIÊNCIAS NA ABORDAGEM GEOGRÁFICA COMPLEXA.....	54
CAPÍTULO 2. COMPLEXIDADE DA TEIA DA VIDA E AS LEIS DA NATUREZA: CAOS, VARIABILIDADE PALEOCLIMÁTICA E EVOLUÇÃO HUMANA	59
2.1. SIGNIFICADOS DO CAOS NOS RITMOS NATURAIS.....	60
2.1.1. SISTEMAS COMPLEXOS, CAOS E VARIABILIDADE PALEOCLIMÁTICA GLOBAL.....	65
2.2. A TEIA DA VIDA E O PROCESSO VITAL: EVOLUÇÃO COGNITIVA EM REDE.....	91
2.2.1. PARENTESCOS E ANCESTRAIS: O ARBUSTO E A CLADE HOMININA	94
2.3. ACOPLAMENTO AUTOPOIÉTICO, EVOLUÇÃO SOCIOCULTURAL E COGNITIVA: AS CHAVES.....	107
2.3.1. EVOLUÇÃO CULTURAL, COGNITIVA E DOS SISTEMAS COMPLEXOS ADAPTATIVOS: OS SEGREDOS.....	119
2.4. DIFERENCIAÇÃO HOLOCÊNICA E OS ELOS ESQUECIDOS.....	140
2.4.1. POVOS, LÍNGUAS, GENES E ANCESTRALIDADE COMUM.....	140
2.4.2. COGNIÇÃO E MEMES NO PROCESSO EVOLUTIVO AUTOPOIÉTICO.....	142
CAPÍTULO 3. PALEOCLIMA E SOCIEDADES: EVOLUÇÃO COGNITIVA E DOS SISTEMAS COMPLEXOS ADAPTATIVOS	145
3.1. MUDANÇAS PALEOCLIMÁTICAS ABRUPTAS E SOCIEDADES NA ÁFRICA.....	146
3.1.1. ESTRATÉGIAS ADAPTATIVAS NO ÚLTIMO MÁXIMO GLACIAL WÜRME: CAMAS, LAREIRAS E ARTE.....	150
3.2. VARIAÇÕES PALEOCLIMÁTICAS E ESTRATÉGIAS ADAPTATIVAS ANTES DO HOLOCENO.....	158

3.2.1. CULTURA NATUFIAN ANTIGA SOB CLIMA AMENO E DIVERSIDADE ECOLÓGICA.....	159
3.2.2. CULTURA NATUFIAN TARDIA NA TRAVESSIA DO DRYAS RECENTE.....	163
3.3. PONTOS DE INFLEXÃO EM GÖBEKLI TEPE.....	165
3.3.1. PRIMAZIA DA COMPLEXIFICAÇÃO SOCIOCULTURAL E DA REVOLUÇÃO COGNITIVA.....	169
CAPÍTULO 4. DIFERENCIAÇÃO HOLOCÊNICA: SISTEMAS COMPLEXOS ADAPTATIVOS NA TRAVESSIA DAS INTEMPERIES	171
4.1. CONDIÇÕES ECOLÓGICO-CLIMÁTICAS E ADAPTAÇÃO.....	172
4.2. DA SELEÇÃO E DOMESTICAÇÃO À AGRICULTURA: REVOLUÇÃO LENTA.....	172
4.3. RITMO CLIMÁTICO E ESTRATÉGIAS ADAPTATIVAS.....	180
4.3.1. VARIAÇÕES CLIMÁTICAS E ESTRATÉGIAS ADAPTATIVAS NO SAARA: A EMERGÊNCIA EGÍPCIA.....	180
4.3.2. APOGEUS E DECLÍNIOS MAIA.....	186
4.3.3. ROMA ANTIGA SOB INTEMPÉRIES.....	194
CAPÍTULO 5. FRONTEIRAS E POSSIBILIDADES: ESTRATÉGIAS ADAPTATIVAS ÀS VARIAÇÕES CLIMÁTICAS E SEUS LIMITES	198
5.1. CONHECIMENTO <i>VERSUS</i> TECNOLOGIA <i>VERSUS</i> ESPECIALIZAÇÃO.....	199
5.2. SISTEMAS COMPLEXOS ADAPTATIVOS E SEUS LIMITES ATUAIS.....	202
5.2.1. SUCESSOS E FRACASSOS DAS ESTRATÉGIAS E CAOS NOS RITMOS NATURAIIS.....	205
5.3. COMO LIDAR COM A IMPONDERABILIDADE DO RITMO CLIMÁTICO?.....	209
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	212
FONTES DE PESQUISA.....	223
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	224

INTRODUÇÃO

Encontrar formas para reduzir a vulnerabilidade às intempéries tem sido uma das principais problemáticas das sociedades. Desde a diferenciação dos humanos modernos há ~200 mil anos, a trajetória evolutiva humana foi marcada por intensas alterações no clima global, e momentos de escolhas, migrações, construção de estratégias de adaptações diante das adversidades climático-ecológicas decorrentes.

A partir do final do Pleistoceno e do início do Holoceno, período da revolução agrícola, as sociedades tornaram-se cada vez mais sedentárias, complexas social e tecnologicamente, e com demografias maiores. Em 2013 a população global atingiu 7,2 bilhões de habitantes (ONU, 2013). Nas décadas recentes as sociedades modernas passaram a habitar predominantemente cidades, adotaram modo de vida que explora grande parte da capacidade ecológica do planeta, causando sérios impactos ambientais: desmatamento, poluição de rios, mares e atmosfera, redução da biodiversidade ecológica e sociocultural etc. Essas ações têm simplificado os ecossistemas, reduzindo seu potencial de resiliência, o que torna as comunidades ainda mais vulneráveis às variações climáticas.

É crescente a conscientização das sociedades e governos acerca da elevada vulnerabilidade climático-ecológica. Essa constatação vive uma contradição entre a necessidade de construir resiliências e as demandas das sociedades atuais, que acentuam a exposição aos riscos climáticos. Os sistemas de engenharias, de produção e distribuição tem utilizado energia não-renováveis, de fontes pouco seguras e/ou estáveis, extraídas de locais distantes do uso. O alto consumo, especialização e uniformidade dos sistemas técnicos são incompatíveis com os limites ecológicos, os limites dos recursos naturais e a natureza da variabilidade climática (DIAMOND, 2005, p. 27, p.391-392), apontando a urgência de investimento em políticas, geração de saberes e novas formas de as sociedades se organizarem para elevar o grau de sustentabilidade.

Atualmente é imprescindível manter instituições e tecnologias aplicadas às “previsões” meteorológicas e aos prováveis cenários climáticos futuros (SANT’ANNA NETO & NERY, 2005, p. 37-39). Redes de estações em terra, mar, navios, aviões e satélites alimentam os dados de supercomputadores para especialistas produzirem diagnósticos e prognósticos semanais, diários e de hora em hora sobre aspectos meteorológicos, a fim de subsidiar empresas, instituições, gestores e indivíduos no planejamento de suas atividades cotidianas, reduzindo os riscos às intempéries na agricultura, pesca, indústria, construção

civil, transporte, turismo, comércio, navegação marítima e aérea. Sociedades e países vivem no limite da extração de recursos, da logística e gestão, sob alto risco climático.

A crescente preocupação com a elevada vulnerabilidade climática das sociedades fez a comunidade internacional se mobilizar para compreender a natureza da variabilidade climática global e buscar medidas alternativas, tais como o estímulo ao uso de energias renováveis, práticas de conservação da água, redes de alertas de riscos e catástrofes e o cultivo de variedades resistentes. Esse esforço trouxe novo entendimento acerca da dinâmica climática, sobretudo o campo das pesquisas paleoclimáticas. Estes estudos revelaram que a dinâmica climática apresenta extremos que tornam as tecnologias e os saberes disponíveis insuficientes, já que o sistema global é aberto, complexo, de natureza instável e imponderável. No passado essa foi à regra, não havendo motivo pra supor que não será assim no futuro.

Alterações climáticas frequentes, severas e abruptas, de aquecimento e resfriamento, foram constantes no passado distante e recente da Terra (CROWLEY & NORTH, 1991, p.3, p.155, p. 171, p. 183; DANSGAARD, 1993; ADAMS, 1999; MARKGRAF, 2001; DIAMOND, 2005, p. 28; SANT'ANNA NETO & NERY, 2005, p. 28; OLIVEIRA *et al*, 2005, p.52; KIPNIS & SCHEEL-YBERT, 2005, p.353; SALGADO-LABORIOU, 2007, p. 1). Esses ritmos climáticos globais apresentaram padrão rítmico instável no passado, em conformidade com as características de sistema abertos e complexos como o clima, não seguindo ritmos que possam ser preditos (PRIGOGINE, 1996, p. 157-167).

Em determinados períodos o clima pode *flutuar*, assumir *tendências climáticas*, que modificam os ritmos e podem acarretar *mudanças climáticas*; climas áridos e frios regionais podem ser modificados para quentes e úmidos, ou o inverso, de acordo com a conjunção e/ou predominância de fatores astronômicos, marés gravitacionais, campo magnético solar e terrestre, energia solar, raios cósmicos, fatores geográficos, geotérmicos, biológicos, vulcânicos, circulação oceânica e da atmosfera, e a composição de gases estufa na atmosfera, sobretudo vapor de água, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) (AYOADE, 1996, p. 205; PRIGOGINE, 1996, p.28-58). O grande número de variáveis operantes sobre o sistema climático terrestre atribui elevada incerteza à dinâmica climática futura, tornando imponderável sua previsão, seja no curto (anos), no médio (séculos) e no longo prazo (milênios ou mais).

Assim como toda biota, as populações humanas ancestrais experimentaram essa incerteza dos diferentes estados atmosféricos e ritmos climáticos, e procuraram minimizar sua vulnerabilidade, criando meios para se protegerem (FERRO, 1979; ELIAS, 1998, p. 25; CLAVAL, 1997, p.89-117; LEWIN, 1999. p. 49-65; MONTEIRO, 2001, p. 147; FUNARI &

NOELLI, 2002, p. 84; SANTOS, 2004, p. 53; DIAMOND, 2005, p. 35-52; PROUS, 2006, p. 124; LOIOLA, 2007b, p. 283).

Desta forma, conhecer o comportamento das variações do clima terrestre no passado e como as sociedades sobreviveram e se adaptaram às novas condições ecológico-climáticas é o primeiro passo na construção de resiliências diante da imponderabilidade climática. Se esta é a principal certeza sobre o clima, torna-se indispensável dotar as sociedades de recursos para conviver com a natureza instável e aleatória de sua variabilidade. É nesse contexto que esta pesquisa pretende contribuir.

A partir da constatação do predomínio da incerteza sobre os ritmos das variações climáticas verificadas no passado e da crescente preocupação acerca da vulnerabilidade das sociedades, tratamos de procurar indícios de como teria sido a travessia dessas variações por sociedades na história evolutiva. Em outras palavras, se variações climáticas sempre ocorreram, como as sociedades lidaram com elas? Em quais cenários atuaram? Quais estratégias adotaram diante de cenários adversos e favoráveis? É possível identificar elementos comuns nessas estratégias? Por que no Holoceno ocorreu a revolução neolítica da agricultura e uma grande diversificação de estratégias adaptativas similares e independentes?

Em especial, a pesquisa procurou identificar estratégias adaptativas no Holoceno e compreender por que e como as sociedades foram capazes de construir grande diversidade de estratégias nesse período, cujas elucidações são o centro desta tese. Nesse sentido, partimos em direção de pistas do passado para investigar as interações sociedade-paleoclima sob uma perspectiva evolutiva e cognitiva, a fim de encontrar respostas e propor medidas que possam atender os cenários adversos presentes e futuros.

Inicialmente dedicada ao Holoceno, à pesquisa demandou recuo maior no tempo para obter informações acerca da natureza dos ritmos climáticos e da atuação dos humanos modernos num contexto de variabilidade climática. O recuo permitiu verificar correlações entre variabilidade climática, evolução cultural e cognitiva, apontando para a existência de elementos ancestrais comuns às estratégias adaptativas sofisticadas, similares e originais do Holoceno, como a agricultura, que surgiu em, pelo menos, 10 lugares independentes no globo (BALTER, 2007).

Sob um contexto de variabilidade climática, a evolução cultural e cognitiva foi intensificada entre 70 e 50 mil anos AP (Antes do Presente), cuja evidência desse acoplamento estrutural é apresentada por pesquisas na África, dialogada no terceiro Capítulo. Essa intensificação na evolução cultural e cognitiva mudou o padrão mental organizado por domínios cognitivos especializados para uma mente cognitiva fluida, e deu suporte ao

desenvolvimento e a diversificação de sistemas cognitivos ancestrais, como a linguagem falada e simbólica, marcadores de tempo, observação das regularidades ambientais e celestiais, identificação de espécies comestíveis e coleta sistemática, construção de abrigo e agasalhos.

Esses sistemas cognitivos ancestrais possibilitaram o desenvolvimento de *sistemas complexos adaptativos* melhor estruturados, derivados, caracterizados por construções mentais intencionais, estruturadas num conjunto de argumentação coerente, com objetivos, métodos, normas, esquemas, técnicas no sentido de dar soluções e/ou sobreviver diante das adversidades (GELL-MANN, 1996, p. 302-316). Esses sistemas permitem perceber, identificar, codificar, criar modelos mentais, desenvolver linguagens para representar e se relacionar com o mundo, a fim de compreendê-lo, ou, nele intervir e sobreviver. Para Gell-Mann (*op sit*), o sistema imunológico, os sistemas econômicos, as linguagens falada e simbólica e as ciências seriam exemplos inequívocos da existência de sistemas complexos adaptativos. A conceituação, a caracterização e a investigação desses sistemas teve primazia do Instituto Santa Fé, Novo México, EUA, o qual forneceu bases para desvendar a problemática central da tese.

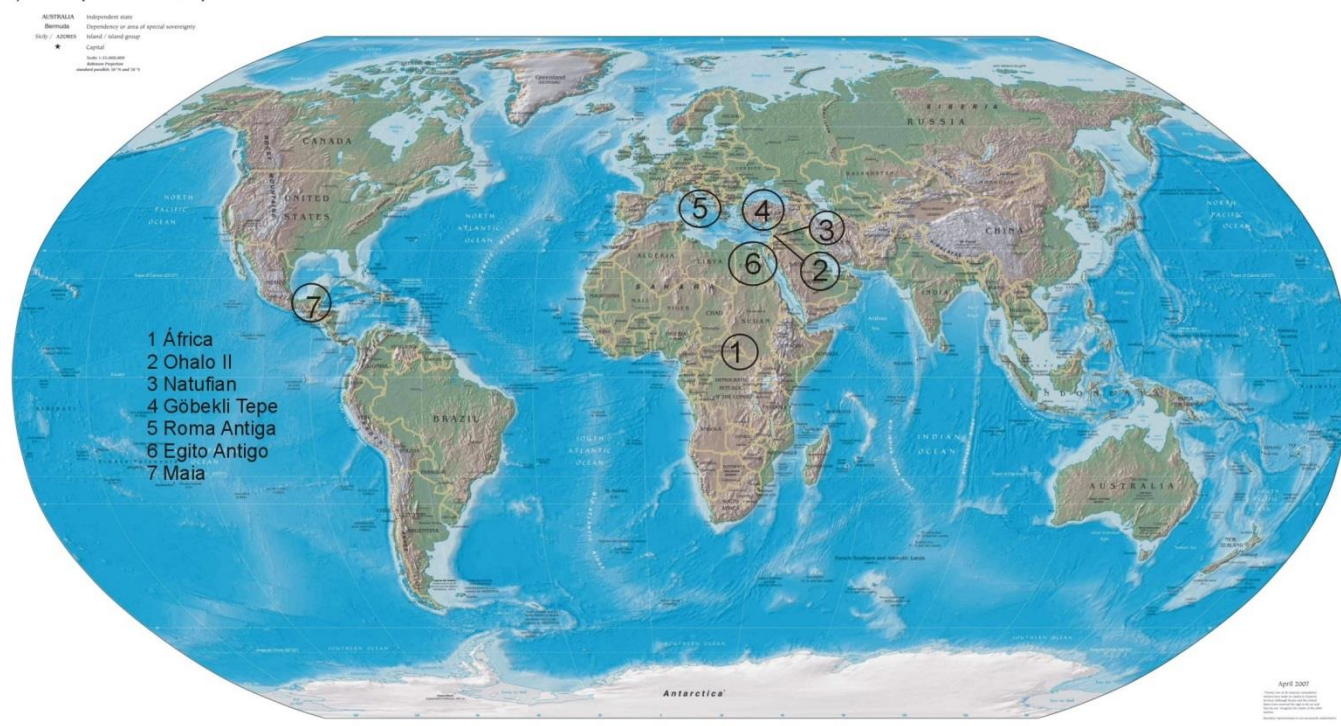
Guiada pela problemática da evolução cultural e cognitiva para investigar e interpretar a elaboração de estratégias adaptativas frente às intempéries antes e durante o Holoceno, a pesquisa forneceu subsídios para avaliar duas hipóteses, e alcançar os objetivos de: Desenvolver uma abordagem teórico-metodológica para averiguar a evolução de sistemas complexos adaptativos na interação com as alterações climáticas; Apresentar estudo panorâmico das principais alterações climáticas globais e seus reflexos ambientais nas regiões e sociedades em estudo. Identificar e diferenciar nas sociedades em estudo os recursos desenvolvidos, suas estratégias adaptativas dedicadas ao trato das variações climáticas e as alterações ecológicas.

Por fim, foi possível esboçar um conjunto de sistemas complexos adaptativos e estratégias adaptativas em uso na atualidade, comparar com os do passado, avaliar aspectos positivos e negativos, seus limites e propor estratégias adequadas à natureza instável dos ritmos climáticos.

Os estudos partiram do pressuposto de haver homologia, ou ancestralidade comum entre os humanos modernos, e se concentraram na analogia de fontes bibliográficas, resultados de pesquisas e relatórios. A trajetória de muitas sociedades foram investigadas, no final nosso foco se voltou para as estratégias e informações sobre as sociedades na: África

pré-histórica; sociedades antigas no Oriente Médio: Sítio Ohalo II, Cultura Natufian e Sítio Göbekli Tepe; Roma Antiga; Alto Império egípcio e sociedade Maia (FIGURA 1).

Physical Map of the World, April 2007



Fonte: The University of Texas at Austin, 2007. ¹ Projeção de Robinson.

Figura 1: Sociedades investigadas indicadas sobre o mapa físico terrestre: 1-África pré-histórica; 2- Sítio Ohalo II; 3- Cultura Natufian, 4- Sítio Göbekli Tepe; 5- Roma Antiga; 6- Alto Império egípcio; 7- Maia.

Na pesquisa foram coletadas informações de diversas outras sociedades até alcançar um quadro atualizado que fornecesse fortes evidências acerca da adaptação das sociedades, com datações mais recuadas no tempo obtidas até o presente, e com estudos publicados. Entre os aspectos relevantes para a escolha das sociedades e lugares estiveram a quantidade de pesquisas disponíveis sobre os lugares, com base em sítios arqueológicos e vestígios em profusão das culturas e localidades; fortes evidências de interações clima-sociedade; sociedades que atingiram elevada complexidade e sofisticação tecnológica; longa permanência no tempo; maior antiguidade e quantidade de datações para o tipo de sociedade; sítios com vestígios e pesquisas com evidências consistentes mais antigas de complexificação sociocultural, domínio de saberes e técnicas associados aos tempos naturais.

Com suporte da abordagem geográfica complexa e dessas informações foi possível avaliar duas hipóteses. A primeira hipótese sustenta que é possível reconhecer a existência de

¹ Fonte: <https://www.lib.utexas.edu/maps/>

sistemas complexos adaptativos associados às adversidades climáticas. As bases dessa suposição apoiam-se no fato de tanto a cognição quanto o desenvolvimento de sistemas complexos adaptativos serem faculdades indispensáveis à *autopoiese*, capacidade inerente aos seres vivos para viabilizar a sobrevivência e perpetuação (CAPRA, 2004, p.169; MATURANA & VARELA, 2005, p. 261-271; GELL-MANN, 1996, p. 302). A estruturação de sistemas complexos adaptativos forneceu aos humanos modernos facilidades para identificar as mudanças do entorno e desenvolver estratégia adaptativas variadas, possibilitando a permanência de uma dada sociedade em condições ambientais adversas.

Durante a evolução os seres vivos desenvolveram sistemas complexos adaptativos, que evoluíram em condições ecológicas específicas, operando mudanças na direção da adaptação, este é o caso dos humanos modernos.² A comunicação oral é um exemplo clássico do desenvolvimento de sistemas complexo adaptativo diferenciador ancestral de nossa espécie, cujo aparelho fonador se apresenta constituído desde 150 mil AP (LEWINS, 1999). A comunicação simbólica, uma derivação da comunicação oral, entre 70 e 50 mil anos já se apresentava estruturada.

Sistemas complexos adaptativos teriam subsidiado as escolhas e elaboração de estratégias diante das adversidades climáticas, e estariam inseridos nas práticas econômicas, sociais, políticas, culturais, valores e crenças. Uma pista favorável é a descoberta de Elinor Ostrom de que subjacente à relação sociedade-ambiente de alguns povos tradicionais existem práticas administrativas no trato de bens coletivos: lagos, florestas e regiões pesqueiras etc., mais eficientes que as institucionais e as de mercado (OSTROM *et al*, 2009, p.52).

A segunda hipótese refere-se à suposição de Jared Diamond no livro “*Colapso: Como as sociedades escolhem o fracasso ou o sucesso.*” Ao contrário das argumentações predominantes, para Diamond, há indícios que saberes, valores e condutas sejam mais preponderantes do que o nível tecnológico na capacidade de uma dada sociedade em lidar com as alterações climático-ecológicas, de modo que, o conhecimento dos ritmos naturais acumulados no longo tempo seriam mais significativos (DIAMOND, 2005, p. 602).

Essa hipótese contraria o que propõe alguns organismos internacionais, como IPCC (ONU), de que seria necessário aumentar o nível tecnológico para se tornar menos vulnerável. Mais tecnologia não implicaria em, necessariamente, redução da vulnerabilidade climática.

² A teoria da Autopoiese, de Maturana & Varela (2005), trata da faculdade que todo ser vivo tem de se auto-reproduzir e auto-organizar de forma autônoma. Entende estruturas celulares organizadas em sistema autorregulados, cujo processo central do ser vivente seria a cognição. Desta forma, o ser está inserido estruturalmente ao ambiente, com seus sensores, o aprendizado contínuo das variações ambientais o permite operar em si a mudança necessária à adaptação. Nessa perspectiva, viver é aprender.

Quanto mais especializada uma espécie ou sociedade, mais vulnerável ela pode se tornar (DIAMOND, 2005, p. 602).³ A avaliação dessa hipótese apontou para um quadro alarmante de nossa fragilidade ante aos riscos climáticos. Trouxe reflexões e propostas acerca de como deveríamos encarar a incerteza do futuro. Ainda que pouco se possa saber sobre o futuro, podemos adotar posturas proativas e flexíveis a variados cenários climáticos.

Dessa forma, as duas hipóteses foram avaliadas e forneceram subsídios para testar as hipóteses e corroborar a tese. A confirmação da primeira forneceu bases para explicar o porquê da grande diversificação das estratégias adaptativas no Holoceno num contexto de variabilidade climática; bem como compreender que a complexificação sociocultural é muito anterior a esse período, pois esteve associada a evolução cultural e de sistemas cognitivos ancestrais, os sistemas complexos adaptativos, comuns às sociedades, entre eles a linguagem falada, os sistemas de crença, a arte, a ciência e a organização sociopolítica para gerir grandes grupos. Estes sistemas já estavam estruturados antes da diversificação de estratégias adaptativas na “diferenciação holocênica”.

A segunda hipótese demonstrou que a argumentação de Diamond é consistente com as informações coletadas, contribuindo para reflexões e proposições apresentadas no quinto Capítulo. Elevar o nível tecnológico pode aumentar a vulnerabilidade, se tornar as sociedades mais dependentes de energia, recursos, saberes externos e indiferentes aos impactos ambientais. A adoção de tecnologias adequadas, de fácil manejo, baixo custo, flexíveis, produzidas de forma autônomas, com materiais locais, baixo uso de energia, baixo impacto ambiental, entre outros fatores, parecem ser a chave. Há a necessidade de rever o conceito do que é tecnologia, e simultaneamente, dotar as sociedades de saberes práticos, operacionais acerca dos ritmos naturais.

As premissas de haverem sistemas complexos adaptativos subjacente a construção de estratégias adaptativas às adversidades climático-ecológicas se confirmaram e permitiram ir além das suposições. As analogias entre estratégias adaptativas evidenciaram que elas apresentam dois aspectos peculiares. O primeiro revelou o desenvolvimento de estratégias similares em variadas partes da Terra, distantes entre si, criadas de modo independente e quase simultâneas às condições ecológicas e climáticas favoráveis, com maior regularidade nos ritmos, mais quentes e úmidas no Holoceno.

A agricultura e a domesticação de plantas, por exemplo, foram os casos mais evidentes. Estas práticas tiveram início somente no Holoceno, que, como dito, surgiram em

³ IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. ONU – Organização das Nações Unidas

pelo menos 10 lugares diferentes, com atributos próprios em cada lugar. As espécies foram domesticadas regionalmente, os saberes foram apreendidos nos ritmos naturais locais, e técnicas foram desenvolvidas para as especificidades ecológicas e climáticas de cada lugar (WEISS *et al*, 2004; BALTER, 2007; FULLER *et al*, 2010).

O segundo aspecto conduziu ao problema central, e a confirmação de que haveria ancestralidade comum, ou homologia, nos sistemas cognitivos herdados, ancestrais, subjacentes, conduzindo a diversificação de processos similares: Por que a domesticação e a agricultura iniciaram de forma independente, e somente no Holoceno? Estratégias adaptativas similares indicavam haver um elemento ancestral comum, estruturado antes do Holoceno, estava claro. Mas quais?

Apoiada nas evidências das pesquisas arqueológicas, esta tese argumenta que as sociedades já portavam sistemas complexos adaptativos estruturados antes do Holoceno, como a linguagem simbólica falada, sistemas de crenças, a arte, a ciência e a organização sociopolítica para gerir grandes grupos, estabelecidos a partir de 40 mil anos AP, no pós-grande salto; os quais atuaram entre os principais fatores para o relativo sucesso neste período, com o desenvolvimento quase simultâneo de estratégias idênticas, em vários lugares, através de sistemas cognitivos derivados.

Entre os exemplos dos sistemas cognitivos derivados estão o surgimento de sistemas agrícolas em lugares distintos sobre a África, Oceania, Ásia, América, Oriente médio, a domesticação de plantas, a astronomia, arquitetura e sistemas de engenharia, comunicação simbólica e a escrita. A esse processo de diversificação de estratégias similares, quase simultâneas pelo planeta denominamos *diferenciação holocênica*. As sociedades do final do Pleistoceno, em especial aquelas do pós-grande salto, há 40 mil anos atrás, não se apresentavam rudimentares como as representadas no cinema. Ao contrário, os estudos evidenciam que complexificação sociocultural e sedentarização antecedeu agricultura, e cooperou para a emergência desta. Ocorreu o inverso do que supunham os modelos teóricos.

Os indícios e vestígios mais significativos de que sistemas cognitivos ancestrais comuns subsidiaram a diferenciação holocênica foram os três sítios arqueológicos de períodos remotos no tempo, mas localizados próximos entre si: todos nas proximidades do atual Oriente Médio, indicando ancestralidade comum de aspectos cognitivos nas sociedades no sítio Göbekli Tepe, Cultura Natufian Antiga e Tardia, e sítio Ohalo II.

Göbekli Tepe, localizado na Turquia, com suas estruturas megalíticas datadas do início do Holoceno, ~11,5 mil anos AP (SCHMIDT, 2000, 2010), construído sete mil anos antes das estruturas megalíticas de Stonehenge, na Inglaterra, sem dúvida foi o vestígio mais

evidente de que a complexificação sociocultural, a sofisticação tecnológica e as sociedades sedentárias estavam bastante estruturadas, antes da agricultura e da domesticação e seleção de espécies e sementes para plantio, desafiando as teorias explicativas.

Para construir e erguer as estruturas em Göbekli Tepe foram exigidos mais que esforço físico. Foram aplicados saberes e técnicas de construção, organização sociopolítica, planejamento da ação, escolha do terreno, saberes profundos dos ciclos naturais, materiais e ferramentas, linguagens simbólicas estruturadas, cujo desenvolvimento necessita de longo tempo para aperfeiçoar; embora as sociedades possam ter erguido as estruturas de pedras em tempo relativamente curto.

No segundo caso estão os sítios da cultura Natufian. Esses sítios se distinguem em dois momentos, a cultura Natufian Antiga, datadas entre 14,5-12,8 mil anos AP, localizados no Líbano, Israel e Palestina, Jordânia e Síria, de ocupação anterior ao Dryas Recente, e a cultura Natufian Tardia, coincidente com o Dryas Recente, entre 12,8 mil e 11,5 mil anos AP (BAR-YOSEF, 1998, p.160). Situados na localidade da cultura Natufian Antiga, os povos natufianos tardios experimentaram transição climática abrupta de clima úmido para árido e frio, construíram meios para se proteger, alimentar e permanecer ~1300 anos nas condições desse período, construindo abrigos, lareiras e, principalmente, aprimorando saberes sobre a seleção de espécies alimentares. Após o Dryas Recente, há ~11,5 mil anos atrás, as condições climáticas úmidas retornam, o que teria favorecido aqueles que sabiam selecionar espécies, levando à seleção de sementes, domesticação e cultivo.

Os saberes à adaptação e complexificação sociocultural verificadas no Holoceno são antigos, antecedem em muito esse período, e subsidiaram a agricultura, num processo longo e descontínuo, com períodos acelerados e outros lentos, ao contrário do que supunham as visões tradicionais.

Os povos das antigas aldeias natufianas provavelmente eram semi-sedentários. Viviam da pesca, caça e coleta de dezenas de variedades de frutas e cereais, como centeio, trigo e cevada. Eram providos por uma flora diversificada e uma formação de floresta, sob clima úmido, ao contrário da aridez hoje predominante. Mais importante que os vestígios das cabanas são as evidências claras de que nada tinham de sociedades rudimentares. Essas sociedades ocupavam amplo território e detinham saberes herdados de seus ancestrais, de épocas remotas há milhares de anos, reelaborados de geração em geração.

Não muito distante, em Israel, o sítio de Ohalo II forneceu o terceiro conjunto de vestígios. Datado de ~23 mil anos AP, durante o Último Máximo Glacial. Este sítio é um dos registros mais antigos de uso sistemático e intensivo de coleta de vegetais comestíveis, frutas

e cereais por sociedade de coletoras-pescadores-caçadores, motivo de sua escolha para corroborar nossas hipóteses. Seus habitantes eram seminômades, moravam em abrigos construídos com galhos de árvores, faziam lareiras externas pra se aquecer, coleta sistemática de cereais e frutas, e um dos primeiros registros de camas até o presente (NADEL *et al*, 2004), estratégias adaptativas eficazes para se proteger do frio.

Göbekli Tepe, vestígios da cultura Natufian e o sítio Ohalo II estão localizados num região cuja diversidade ecológica de animais e plantas comestíveis silvestres eram muito significativa, com centenas de espécies de elevada produtividade. As sociedades que habitaram esses lugares possuíam organização social complexa, e se fixaram no território antes do desenvolvimento da agricultura no Holoceno. Utilizavam saberes e estratégias adaptativas mais elaboradas do que se supunha para esta época. De forma que, a ideia em geral difundida em livros didáticos de sociedades nômades e rudimentares antes da agricultura, que se tornaram sedentárias e complexas somente a partir deste advento é incoerente com o padrão de assentamento e organização social observado.

Embora não se possa generalizar às condições encontradas para o sítio de Ohalo II, no território do atual Oriente Médio, as informações acerca desse sítio denotam a existência há 23 mil anos AP de formas bem elaboradas de reconhecimento de condições ecológicas, de identificação de espécies, dos ciclos biológicos e celestiais, dos marcadores de tempo, de construção de abrigos, lareiras e camas, de linguagem falada estruturada, da capacidade de lidar com informação, planejar e transmitir saberes aos seus descendentes. Estes aspectos caracterizam a existência de sistemas complexos adaptativos bastante estruturados em tempos remotos, herdados de épocas ainda mais recuadas, pois foram derivados do aprimoramento de sistemas cognitivos no longo tempo, em estreita relação com as variações dos ritmos naturais.

Essa capacidade cognitiva evoluiu com os humanos modernos desde as origens. É uma das principais características comportamentais da diferenciação dos humanos modernos no centro-leste africano, há ~200 mil anos AP (LEWIN, 1999), o qual ocorreu sob intensas variações climáticas das glaciações e histórias de adaptação, nos períodos dos glaciais Riss e Würm. Durante as instabilidades climáticas do glacial Würm verifica-se clara correlação com a intensificação da inovação e da sofisticação tecnológica na África, sobretudo durante os glaciais e interglaciais abruptos D-O e H e as alterações climático-ecológicas severas regionais. Sugerindo que os humanos detinham mais que habilidades e nova morfologia, possuíam capacidade elevada de acompanhar e construir saberes para lidar e se adaptar as novas condições, fazendo escolhas e inovando.

Os argumentos apresentados, a problemática investigada, os conceitos, teorias utilizadas na pesquisa são pouco convencionais e encontram limitações na abordagem clássica de ciência. De antemão já se tinha noção que seria necessário desenvolver uma abordagem teórico-metodológica para elucidar a problemática a partir de uma perspectiva complexa, e subsidiar novas pesquisas. Para tanto demos continuidade ao desenvolvimento de uma *abordagem geográfica complexa*, apresentada no primeiro Capítulo.

Essa abordagem representa uma ruptura com as abordagens estruturalistas e deterministas tradicionais, e a isolação positiva entre ciências. Ela oferece suporte para evidenciar a manifestação de fenômenos, processos, ritmos, eventos e aspectos compostos do real, sua ocorrência simultânea na dimensão física, biológica e sociocultural, sob o conjunto de leis, propriedades, regras e características que atuam em cada nível de realidade, bem como os aspectos comuns dessa composição, pertinentes a todos os níveis.

A abordagem geográfica complexa emergiu da necessidade de diálogos formais entre disciplinas e de utilizar suporte de teorias mais abrangentes. Foi desenvolvida sob enfoque de complexidade, de *complexus*, aquilo que é tecido conjuntamente, conforme a teia de relações que ocorrem na natureza, e da Teoria do conhecimento Transdisciplinar, fundada em três pilares: Complexidade, diferentes Níveis de Realidade e Lógica do Terceiro Incluído (NICOLESCU, 2000; MORIN, 2006).

Partir de formulações de uma única disciplina não possibilitaria compreender a teia de relações sociedade-natureza integradas, evoluindo no tempo, para averiguar o desenvolvimento dos sistemas complexos adaptativos. Estudos da e de complexidade partem do complexo, para apreender o *complexus*, e apresentam resultados complexos, ainda que representativos do real. É recente a constatação de que a realidade se apresenta irreduzível às relações simples. Se o todo e a parte são indissociáveis, a realidade é não-analítica em partes componentes, embora seja deliberadamente analisada. É preciso reunir a teia de relações e distinguir, e não separar e isolar (PRIGOGINE, 1996, p.157; MORIN, 2005, p. 33-56).

Sob a abordagem complexa busca-se aproximar, passado e presente, espaço e tempo, ambiente e sociedade, para apreender as sociedades para além do seu tempo, no espaço-tempo, integrados, transitando com meta-categorias, desde o passado distante aos dias atuais, com aporte da transdisciplinaridade, dotando a geografia de instrumentos para manter diálogos formais com as ciências e a sociedade (LOIOLA, 2007b; 2010a; 2013). Sob seu enfoque é possível acessar sistemas de objetos, ações e processos naturais no movimento do espaço-tempo ambiental que, para além de instância da sociedade, é simultaneamente co-produto de intencionalidades e do movimento ininterrupto e criativo da natureza.

Entres os principais pilares da abordagem geográfica complexa estão o uso de informações e diálogos com outras ciências, e uma perspectiva teórica fundada na teoria do conhecimento transdisciplinar, nos princípios de complexidade e na teoria da Teia da vida, a fim de compreender a evolução de fenômenos e processos no espaço e no tempo, envolvendo os níveis de realidade físico, o biológico e o sociocultural. Diálogos com a história ambiental, arqueologia, geografia, física e biologia deram o suporte à abordagem complexa. Essa (re)aproximação é uma novidade emergente nas pesquisas, dado o enfraquecimento das zonas fronteiriças entre ciências, promovido pelas rupturas epistemológicas ao longo do século passado e início deste.

Na (re)aproximação entre ciências, apropriamos de métodos e linguagens usuais da biologia evolutiva comparada, especificamente no campo da sistemática filogenética (ou cladística), cujo aporte trouxe instrumentos para interpretar a evolução dos sistemas complexos adaptativos, a homologia entre os grupos e informações de estudos fronteiriços, como o trabalho pioneiro do geneticista Cavalli-Sforza (2003; p.190) apresentando correlação entre povos, genes e línguas, bem como a compreensão da evolução dos humanos modernos no contexto dos primatas e dos seus parentes do gênero *Homo*.

O arquétipo da teoria da Teia da vida (CAPRA, 2004), forneceu entendimento do ser vivente para a abordagem complexa, com sua estrutura aberta e organização fechada, formando um padrão auto-organizado em rede. A Teia da vida apresenta elementos para compreender a evolução cultural e cognitiva, e o desenvolvimento de sistemas complexos adaptativos, sob o acoplamento estrutural autopoietico entre ser vivente e ambiente. Aqui o cérebro e a mente entram na equação evolutiva, não como coadjuvante, mas um dos motores evolutivos, através do desenvolvimento de novos sistemas cognitivos auto-organizados.

Cognição e evolução cultural acoplam estruturalmente os humanos aos seres vivos, sua dimensão ecológica e biológica e a dimensão física e seus ritmos. Fornecem as chaves para resgatar os elos esquecidos na interação entre as sociedades com os ritmos naturais. Os sistemas complexos adaptativos, a cognição autopoietica e as estruturas dissipativas são os segredos dessas chaves, a serem desvendados. Suas características são a mutabilidade e diversificação em crescente complexidade. Conhecer a natureza desses acoplamentos ajuda entender a complexidade do real, evitando os equívocos deterministas e reducionistas. Esclarece porque é necessário elaborar estratégias de adaptação proativa a cenários abruptos, aleatórios e severos, de aquecimento, resfriamento ou instabilidade.

São conhecidas diversas sociedades que obtiveram relativo sucesso no trato com alterações climáticas, e outras que entraram em colapso, seja por desconhecerem a natureza da

variabilidade dos ritmos naturais, seja por não terem elaborado estratégias adequadas aos processos climáticos, ou terem fragilizado o ambiente, explorando o meio ecológico além do seu potencial de resiliência (DIAMOND, 2005, p. 28; CHAMBERS, 1994). Investigar a variabilidade paleoclimática e as estratégias dessas sociedades sob perspectivas evolutiva e cognitiva torna-se em si uma estratégia adaptativa. É um recurso fundamental para prover meios de reduzir a vulnerabilidade das sociedades diante das incertezas inerentes aos ritmos climáticos e naturais.

A estruturação da tese foi organizada em cinco Capítulos. No primeiro Capítulo apresentamos os limites da ciência positiva, algumas teorias e experimentações que promoveram rupturas epistemológicas no interior dessa ciência, bem como a emergência da teoria do conhecimento transdisciplinar e da abordagem geográfica complexa. No segundo Capítulo foram expostos os significados de caos para os sistemas climáticos, as “leis da natureza” e a evolução humana. Procura-se evidenciar que a evolução cultural e cognitiva acopladas aos ritmos climáticos estimularam o desenvolvimento de novos sistemas complexos adaptativos, entre eles a ciência, os sistemas de crenças, a arte e a organização sociopolíticas para gerir grandes grupos. Estes sistemas atuaram de forma subjacente aos processos que conduziram a complexificação social e a diversificação de estratégias adaptativas antes e durante o Holoceno.

No terceiro Capítulo são apresentadas evidências a partir de informações arqueológicas a fim de corroborar a hipótese de que o domínio de sistemas complexos adaptativos melhores estruturados e diversificados no final do Pleistoceno Superior, sobretudo, a partir da intensificação da evolução cultural e cognitiva, entre 70 mil e 50 mil anos AP e no pós-grande salto há 40 mil anos atrás, estiveram entre os principais fatores que possibilitaram as sociedades humanas desenvolverem estratégias adaptativas similares em vários lugares no globo no Holoceno, configurando a diferenciação holocênica.

No quarto Capítulo procuramos compreender os processos de construção das estratégias adaptativas na interação com as variações climáticas. Ênfase para a coleta sistemática, a domesticação, o cultivo e a agricultura no atual Oriente Médio. As estratégias de gestão da água e uso do solo entre os Maia, Roma Antiga e no Egito Antigo. No quinto Capítulo dialogamos com os resultados da pesquisa e os limites observados no uso intensivo de estratégias adaptativas especializadas, como a agricultura e os sistemas de energias hegemônicas. Por fim, esboçamos uma dialógica acerca dos significados da adaptação, e apresentamos alternativas para reduzir a vulnerabilidade climático-ecológica.

CAPÍTULO 1

RUPTURAS EPISTEMOLÓGICAS: DOS LIMITES POSITIVO-CARTESIANOS À ABORDAGEM GEOGRÁFICA COMPLEXA

"[...] à etapa das relações interdisciplinares, podemos esperar ver sucedê-la uma etapa superior que seria “transdisciplinar”, que não se contentaria em encontrar interações ou reciprocidades entre pesquisas especializadas, mas situaria essas ligações no interior de um sistema total, sem fronteira estável entre essas disciplinas.”⁴

Investigar as interações sociedade-natureza, em especial a capacidade de se adaptar às variações climáticas no passado, oferece limitações teóricas, metodológicas, conceituais e disciplinares. As limitações se acentuam diante da visão de realidade positivo-cartesiana, dada a sua herança determinista, a separação natureza e sociedade nos enfoques, separação entre espaço e tempo na geografia, bem como às rígidas fronteiras epistemológicas disciplinares. Essas limitações dificultam apreender o *complexus* da teia de relações indissociáveis entre a evolução da natureza e a dos humanos.⁵

Assim, construir caminhos que fundamentassem a investigação de estratégias adaptativas das sociedades frente às variações do clima estava entre os objetivos primeiros da pesquisa. Havia a necessidade de facilitar diálogos da geografia com outras ciências, como a biologia, a história, a arqueologia e a física, superando as limitações clássicas à compreensões mais abrangentes. A construção desses caminhos resultou numa proposta denominada Abordagem Geográfica Complexa, embasada na teoria do conhecimento transdisciplinar e seus princípios: complexidade, lógica do Terceiro incluído e diferentes níveis de realidade.

A abordagem geográfica complexa engloba teorias e conceitos inovadores de diferentes disciplinas, os quais promoveram rupturas epistemológicas nas fronteiras da ciência. Oferece suporte aos argumentos centrais da pesquisa: o de identificar estratégias adaptativas das sociedades às variações do clima no passado sob as perspectivas cognitiva e evolutiva, e elucidar o significado e efeitos desse aprendizado sobre a evolução das sociedades. Considera-se que a compreensão mais acurada acerca do lugar dos humanos na natureza contribui para identificar formas melhores de interação e construção de resiliências às adversidades das intempéries.

⁴ Por Jean Piaget, colóquio sobre a Interdisciplinaridade, Cidade de Nice, França (PIAGET, 1970).

⁵ *Complexus*: aquilo que é tecido conjuntamente, tal qual se apresenta a realidade (MORIN, 2006).

1.1. DA CRÍTICA E LIMITES DO MÉTODO POSITIVO-CARTESIANO À TRANSDISCIPLINARIDADE

No campo acadêmico, após o século XIX, o enfoque do método positivo aprofundou o distanciamento das sociedades no contexto evolutivo da natureza, com a separação quase estanque entre ciências naturais e humanas (MORIN e MOIGNE, 2000; GONÇALVES, 2002). Heranças cartesianas de uma realidade pensada como se fosse composta por “peças de relojoeiro” conduziu ao método de isolar e separar as partes, e a consequente fragmentação do saber em disciplinas.

Por esse pensamento, um mundo mecânico haveria de ser determinístico, e assim foi concebido, levando a cristalização do determinismo físico, biológico, cultural, social, psicológico, econômico e no campo da geografia o determinismo ambiental, o teleológico e o evolucionista (GOMES, 1996). De um lado verifica-se a inadequação desses pressupostos. De outro, observa-se a acomodação e a falta de esforço para construir novas abordagens.

Os determinismos reproduziram o real de forma simplificada, compartimentada e linearizada, sem deixar espaço para abordar as diferentes formas históricas da evolução e as incertezas, o aleatório e o caos. Contudo, o desenvolvimento das ciências apontam para um mundo complexo, não linear, interligado, de infinitas possibilidades (LORENZ, 1980; BOHM, 1998; MORIN, 2001; O’SULLIVAN, 2003; GRILLO, 2008, p. 139), o que não significa reafirmar o retorno ao possibilismo.

De modo paradoxal, as rupturas epistemológicas da ciência positiva vieram do desenvolvimento das próprias ciências disciplinares, apontando um caminho sem retorno rumo à complexidade. Reaproximação entre ciências e a relação sociedade e natureza tem surgido na Ecologia, nas interações dos seres de um ecossistema, e na Ecologia profunda, com a busca da integração das sociedades humanas nessa relação, e a preocupação com a manutenção da biodiversidade e os limiares de resiliência dos ecossistemas.

Na Biologia, a teoria da autopoiese de Maturana e Varela (1992; 2005), propõe entender o ser vivo acoplado estruturalmente ao ambiente pelo processo vital cognitivo para realizar sua capacidade de se auto-reproduzir indefinidamente. O foço disjuntivo que se aprofunda entre ciências levou Wilson (1998) a conceber a ideia de consiliência, numa tentativa de unificar macro evolução com micro evolução na genética, envolvendo diversas ciências. Embora mais restrita a biologia, consiliência se aproxima da noção de complexidade de Edgard Morin.

As ciências ditas “duras” experimentaram inúmeras rupturas epistemológicas. Na matemática, o teorema de Bell afirma que o entrelaçamento quântico ocorre por meio de variáveis ocultas não-locais, e o teorema de Gödel enuncia que os axiomas de uma teoria consistente são válidas somente dentro do sistema considerado. Na Física quântica, o espaço, longe de ser vazio, é pleno de energia infinita em qualquer porção considerada; o infinito se impõe na cosmologia; comportamento dual onda-partícula do fóton trás a simultaneidade e complementaridade a tona; a termodinâmica valida a entropia e os processos irreversíveis; a relatividade contribuiu com a dimensão espaço-tempo; a teoria física do não-equilíbrio e a teoria do caos demonstram que nada tende ao equilíbrio; a quantificação da energia e as interações a distância do emaranhamento quântico evidenciam a descontinuidade do espaço-tempo; o experimento quântico e o princípio da incerteza fazem refletir que só há um objeto diante de um sujeito que o constrói e a interação sujeito-objeto.

Ilya Prigogine (1996, 2002) apresentou as estruturas dissipativas e a entropia termodinâmica operantes nos sistemas naturais, a irreversibilidade da flecha do tempo e o significado do predomínio do caos nas leis da natureza. Com flechas do tempo disparadas a cada instante, novos processos irreversíveis geram infinitas possibilidades, numa contínua geração de novidades. De modo que, as leis naturais não comportam argumentos determinísticos, num universo relacional e criativo. A partir de suas constatações, contrárias aos fundamentos positivos-cartesianos, Prigogine (1997) propôs reformar o pensamento científico para agregar os processos irreversíveis do caos, de não-equilíbrio, da auto-organização e da incerteza e seus significados, a fim de fazer uma *nova aliança* com a natureza da natureza, sob princípios de complexidade irreduzível.

Não há um ponto de observação privilegiado para verificar a emergência de uma nova ciência. Lidar com o novo gerado constantemente é inapropriado numa ciência que pensa os sistemas naturais de forma mecânica, constituídos por estruturas simples, partes isoladas, regidos por preceitos determinísticos. Manter o padrão de ciência positiva não faz sentido. Já é possível integrá-la em propostas mais abrangentes.

Reaproximar ciências da natureza, humanas e filosofia é um meio para superar as limitações positivas (DOSSE, 2003). Tais aproximações adquirem maior coerência quando subsidiadas por princípios de complexidade, entendendo o real como uma teia de interações físicas, biológicas e antropossociais de densidade temporal (MORIN, 2000, 2005a). Nesse dilema fronteiro entre o “paraíso” simplificador e a complexidade encontra-se a geografia (CASTRO, 1995; SOUZA, 1997; HISSA, 2002; O’SULLIVAN, 2003, p. 283; PASSOS, 2004).

Se por um lado predomina na Geografia o paradigma simplificador da ciência clássica, por outro se pode afirmar que o desenvolvimento de abordagens complexas e já se “territorializaram” na Geografia e nas ciências em geral, subvertendo a ordem vigente, ainda que nem todos os trabalhos se refiram aos princípios de complexidade propostos por Edgard Morin (CHAVEIRO, LOIOLA e OLIVEIRA, 2005, p.9).

Entre as propostas de construção de um novo paradigma científico, a teoria do conhecimento transdisciplinar se apresenta estruturada para compreender uma realidade relacional, dinâmica e caótica. Esta teoria reaproxima disciplinas e ciências, estabelece estratégias de diálogos formais, linguagens comum, abertura à novidade teórica e das verificações, reconhece e dialoga com as pluriepistemologias, as etnociências e os saberes tradicionais. Entende que é falha a pretensão de impor critério epistêmico a todo saber elaborado por diferentes culturas, pois não existiu no passado e nem há no presente uma forma única de pensar, conhecer, compreender e conceber a realidade.

Pensada inicialmente por Jean Piaget em 1970 como forma de suplantar a separação positiva entre ciências, a transdisciplinaridade preocupa-se com o que está entre, através e além das disciplinas. Atualmente está configurada numa teoria do conhecimento fundada na Complexidade, Lógica do Terceiro Incluído e diferentes Níveis de realidade.

"[...] à etapa das relações interdisciplinares, podemos esperar ver sucedê-la uma etapa superior que seria “transdisciplinar”, que não se contentaria em encontrar interações ou reciprocidades entre pesquisas especializadas, mas situaria essas ligações no interior de um sistema total, sem fronteira estável entre essas disciplinas.” (PIAGET, 1970)

As bases da teoria do conhecimento transdisciplinar fundam-se nas brechas e rupturas epistemológicas com os preceitos positivo-cartesianos promovidos por diversas ciências, ao longo dos séculos XX e início do XXI, conforme descrito. A seguir dialogaremos com os enunciados de seus princípios, a partir das contribuições de Edgard Morin, Basarab Nicolescu, Thomas Kuhn, Ilya Prigogine, Humberto Maturana, Francisco Varela e Stéphane Lupasco sob a proposta metodológica de Silva (1999) descrita em “O paradigma transdisciplinar: uma perspectiva metodológica para a pesquisa ambiental”. Os diálogos se concentram nos significados epistêmicos e a estruturação desse pensamento, a partir de seus princípios.

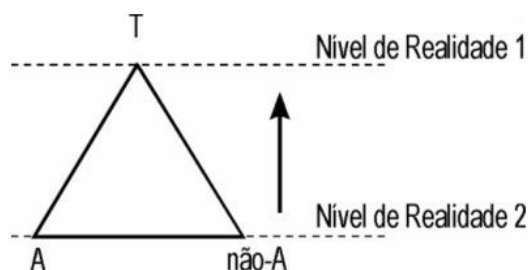
O primeiro princípio transdisciplinar apoia-se na lógica do terceiro incluído, formalizada pelo lógico-matemático Stéphane Lupasco, denominada de lógica ternária, a qual transcende a lógica binária aristotélica, e a integra numa argumentação mais abrangente, estruturada a partir de fenômenos que não são contemplados pela lógica clássica.

A lógica do terceiro excluído, lógica aristotélica ou clássica, pressupõe a exclusão mútua de pares binários contraditórios. Três axiomas formalizam essa lógica binária: 1- Princípio da identidade, A é igual a A; 2- Princípio da não-contradição, A não é não-A; 3- Princípio do terceiro excluído, não existe um terceiro elemento T que possa ao mesmo tempo ser (ou estar em) A e não-A.

Assim, na lógica clássica, a existência de um elemento num conjunto implica a sua exclusão em outro. Essa lógica estruturou por 2000 anos a escola de pensamento hegemônica no ocidente, ao se colocar como um dos principais critérios de validação do conhecimento. Sua premissa evitava a contradição de um objeto ser e não ser, estar e não estar simultaneamente em dois espaços diferentes, pertencer ou não a um lugar, uma sentença ser sempre verdadeira ou falsa.

Os fenômenos observados na mecânica quântica, entre eles o comportamento dual da luz, que simultaneamente comporta-se como onda e partícula encontraram limites, gerando contradições e paradoxos impossíveis de serem resolvidos pela lógica clássica. Do esforço para compreender os fenômenos quânticos resultou a lógica quântica, do terceiro incluído, o qual modificou o segundo axioma da lógica clássica, ao inserir vários valores não contraditórios onde só seria possível a existência de um valor A, ou não-A, um excluído ou outro mutuamente.

Conforme Nicolescu (2000), Stéphane Lupasco demonstrou formalmente que a lógica do terceiro incluído é estruturada, coerente, ou uma verdadeira lógica, formalizável e formalizada, multivalente, com três valores, A, não-A e T (de terceiro incluído), e não contraditória. A lógica do terceiro incluído, lógica ternária ou difusa, rompe com o terceiro axioma da lógica clássica, sem contrariá-la: Existe um terceiro termo T que é ao mesmo tempo A e não-A (FIGURA 2, QUADRO 1).



Fonte: (NICOLESCU, 2002. p 51)

Figura 2: Representação gráfica do terceiro termo da lógica do terceiro incluído.

Quadro 1: Comparação entre a lógica Clássica e a lógica do Terceiro incluído.

Lógica Clássica	Lógica Transdisciplinar
O axioma da identidade: A é A.	O axioma da identidade: A é A.
O axioma da não-contradição: A não é não-A.	O axioma da não-contradição: A não é não-A.
O axioma do terceiro excluído: não existe um terceiro termo que é ao mesmo tempo A e não-A.	O axioma do terceiro termo incluído (T): A, não-A e T no mesmo momento do tempo.

Fonte: Vilarta e Antunes Neto, 2012.⁶

Na lógica do terceiro incluído um terceiro plano ou dimensão T contem o elemento excluído, diferente daquele que se excluíram, onde estão A e não-A. Desse modo, a contradição continua a ocorrer num plano, mas em outro elas não são excludentes, integrando assim o terceiro axioma da lógica clássica do terceiro excluído. Os planos que contem A e não-A são agora complementares ao plano que contem T. Diferentes níveis de realidade possuem pertinência com o elemento T.

A transdisciplinaridade pressupõe não haver prevalência de uma única lógica, mas a integração dos saberes, a partir de três axiomas (NICOLESCO, 2003):

- Axioma ontológico: há, na natureza e em nosso conhecimento da natureza, diferentes níveis de realidade do objeto e, correspondentemente, diferentes níveis de percepção do sujeito;
- Axioma lógico: a passagem de um nível de realidade para outro é verificada pela lógica do terceiro termo (T) incluído (a dialógica), que se distingue da lógica clássica;
- Axioma da complexidade: a estrutura da totalidade dos níveis de realidade ou percepção é uma estrutura complexa; cada nível é o que é, por que todos existem ao mesmo tempo. A partir desse entendimento, há, conseqüentemente, uma distinção entre o conhecimento disciplinar e o transdisciplinar.

Essa formalização permite lidar com os diferentes níveis de realidade na natureza. Verificar a complementaridade e simultaneidade do comportamento dual onda-partícula na física quântica; a integração do mundo micro subatômico e a cosmologia, nível biológico de um individuo e sua cultura, e em todos os ramos do saber que dialoguem com fenômenos

⁶ VILARTA, Roberto; ANTUNES NETO, Joaquim Maria Ferreira. Perspectivas de integração para o ensino das teorias da adaptação em cursos de Educação Física. EfDesporte, Ano 17, nº 168, mai, 2012. Disponível em <<http://www.efdeportes.com/efd168/integracao-das-teorias-em-cursos-de-educacao-fisica.htm>> Acessado em: novembro de 2013.

aparentemente opostos que se integram e são complementares, ou aporias, ou até o entendimento da unidade dual do pensamento geográfico.

Os diferentes níveis de realidade, tratados aqui como segundo princípio do pensamento transdisciplinar, decorre da verificação da existência de níveis de realidade distintos na natureza. Por nível de realidade entende-se um conjunto de sistemas invariantes sob a ação de um número de leis gerais, e por realidade aquilo que resiste às nossas experiências, representações, descrições, imagens ou formalizações matemáticas (NICOLESCU, 2000).

O real é composto por infindáveis níveis de realidades. Estes níveis não são redutíveis a apenas um nível. Na física é distinto o nível macrofísico, ou cosmológico, e o universo quântico. Na biologia o nível da bioquímica celular se distingue do nível dos pensamentos. Num mesmo indivíduo temos um nível de realidade físico, de átomos e moléculas, o nível de realidade biológico de células e órgãos, e o nível de realidade sociocultural, dos sonhos, do imaginário e do pensamentos (FIGURA 3). Pode-se verificar vários níveis de realidade e interagir com eles.

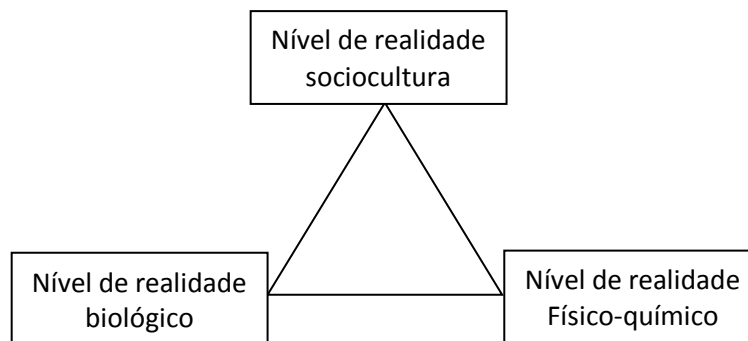


Figura 3: Exemplo de níveis de realidade complementares

No século XX, o físico Niels Bohr já havia sugerido a complementaridade do gênero humano possuir diferentes culturas, histórias e compor uma totalidade enquanto espécie e civilização global para o entendimento das ciências sociais e humanas. Outro exemplo é a existência de uma coletividade dentro de uma sociedade e as características biológicas e comportamentais de cada indivíduo nessa coletividade. O número de níveis de realidade podem ser infinitos, depende do grau de complexidade que os sujeitos do conhecimento teriam condições de abordar.

A conjunção dos níveis de realidade só pode ser apreendida por estratégias abrangentes de compreensão da realidade, o que é inconcebível na visão positivo-cartesiana.

Pois, enquanto a pesquisa disciplinar empenha-se a um único nível de realidade, a pesquisa transdisciplinar se interessa pela dinâmica interativa de vários níveis de realidade. Se o real é complexo, é adequado partir de sua complexidade para apreender sua teia de relações. Essa estratégia de apreensão nos leva ao terceiro princípio transdisciplinar.

O terceiro princípio transdisciplinar, a complexidade, deriva de uma propriedade da natureza, onde o simples não existe. O conceito de complexidade não se confunde com complicado, nem com a ideia de totalidade. Deriva de *complexus*, aquilo que é tecido conjuntamente por diferentes disciplinas e sujeitos cognoscitivos e, simultaneamente, se refere à teia de relações indissociável da natureza, em seus múltiplos níveis de realidade, físicos, biológicos e antropossociais (MORIN, 2000). Pode-se pensar a estratégia complexa de apreensão da realidade como um processo cognitivo que compreende os fenômenos de forma integrada, resultantes de relações entre uma epistemologia cognitiva do observador, uma função ontológica e um processo pedagógico de transmissão de saberes.

A partir da complexidade irreduzível do real, o pensamento transdisciplinar busca compreender a dinâmica gerada por vários níveis de realidade, *in vivo*, ao invés de *in vitro*, como no disciplinar. Considera a relação sujeito-objeto, através da correspondência entre o objeto (externo) e o sujeito (interno), pois um objeto só existe diante de um sujeito que o constrói. Enquanto na abordagem disciplinar o objeto é externo ao sujeito, e o conhecimento de partes isoladas é o objetivo final, na transdisciplinar, além de conhecer, busca-se compreender a integração de um todo relacional, utilizando-se de linguagem, conceitos e metacategorias comuns as demais disciplinas, com o auxílio da lógica ternária ao invés da lógica binária, para verificar a complementaridade entre fenômenos aparentemente desconexos. Como visto, essa lógica abrangente do terceiro incluído contém a lógica do terceiro excluído, ou clássica (QUADRO 2). Assim, a estratégia transdisciplinar de apreender o real segue o princípio da complexidade de reunir e distinguir, para produzir um saber integrado, tal qual se apresenta a realidade.

Quadro 2: Diferenças entre o conhecimento disciplinar e o complexo (transdisciplinar).

CONHECIMENTO DISCIPLINAR	CONHECIMENTO COMPLEXO Transdisciplinar
In vitro : diz respeito a, no máximo, um nível de realidade.	In vivo : interessa-se pela dinâmica gerada pela ação de vários níveis de realidade ao mesmo tempo.
Objeto externo: conhecimento voltado à efetividade e dominação do mundo exterior, Sujeito e Objeto são separados.	Correspondência entre o Objeto (externo) e o Sujeito (interno), inseparáveis. Harmonização entre o espaço exterior da efetividade e o espaço interior da afetividade.
Conhecimento como forma acabada, numa mentalidade limitada e antiga.	Compreensão como unificação do saber com o ser humano, como ele é – assimilação constante, processo evolutivo sem fim.
Inteligência analítica : o campo de estudo é entendido como uma parte, não há atenção para o todo complexo ou para relações entre as partes.	Nova inteligência , que privilegia o equilíbrio entre mente, sentimentos e corpo .
Orientada ao poder e a posse . O Sujeito se apropria do Objeto do conhecimento e o utiliza para ter poder.	Orientada para a perplexidade e o compartilhamento . O Sujeito É seu conhecimento e o utiliza para compartilhar e estar em paz.
Lógica binária : o raciocínio segue uma linha lógica sem contradições, influenciado pelo comportamento linear. O mundo é mais complexo que isso.	Lógica do terceiro incluído : três axiomas que multiplicam-se em infinitos julgamentos sem a necessidade de eliminar contradições. É a unificação do sim e do não.
Exclusão de valores : suposta neutralidade do conhecimento.	Inclusão de valores : conhecimento não é neutro, pode voltar-se contra o ser humano; clara opção humanista.

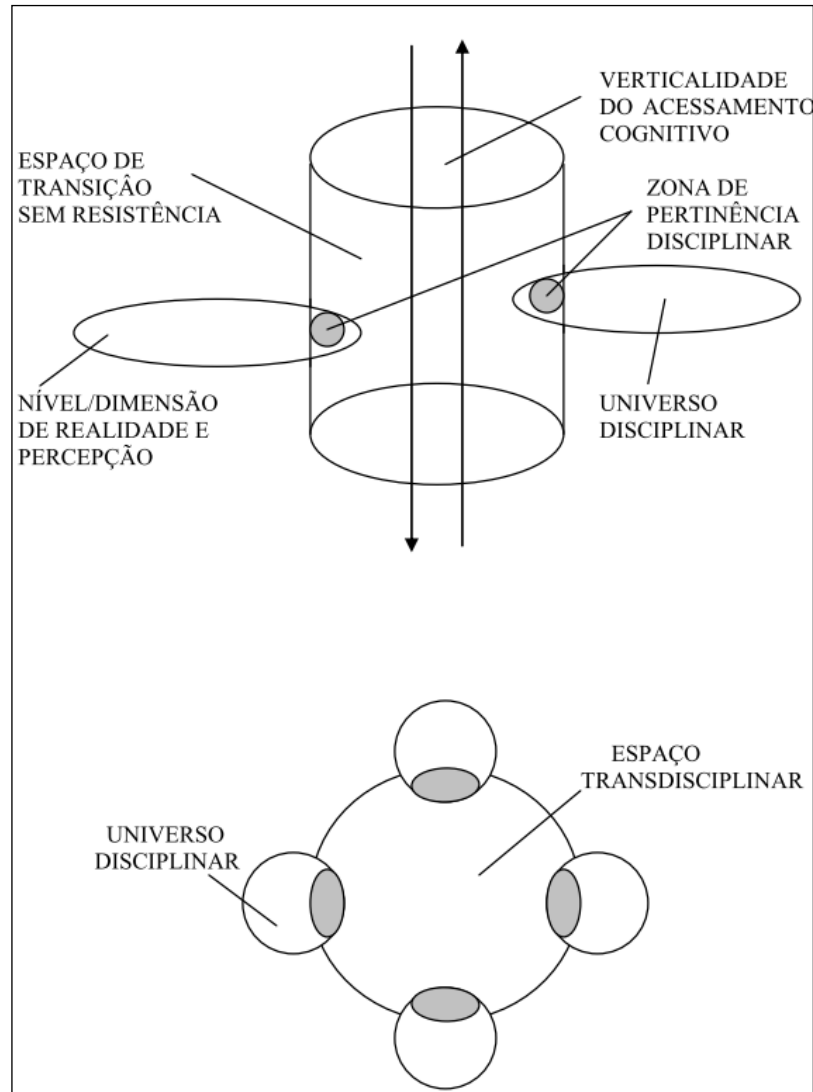
Fontes: Morin, 2000; Nicolescu, 2000.

Desta forma, o raciocínio transdisciplinar contém critérios de verificação fundados na lógica ternária, em que aporias, ou fenômenos aparentemente desconexos e opostos são parte complementares de uma realidade maior, como morte e vida, noite e dia, micro e macro, indivíduo e sociedade, biológico e cultural que interagem para compor a realidade, numa tessitura conjunta de pertinência difusa, mas simultânea, multidimensional e multireferencial do *complexus* irreduzível do real. Sempre existe a possibilidade de uma dialógica de pertinência simultânea, não contraditória, entre A e não-A e entre estes e um terceiro plano T.

Na perspectiva complexa, a parte contém as inscrições do todo, e a um só tempo o compõe, pois, a parte e o todo são indivisíveis na natureza. Um objeto complexo releva relações intrínsecas de uma realidade holográfica e interconectada, onde fenômenos e aspectos da parte somente se revelam quando em presença do todo (BOHM, 1998, p. 228). Para Morin (*op cit*), a estratégia para não perder essa indissociabilidade é reunir e distinguir, e não separar e isolar, como faz o pensamento positivo-cartesiano.

Nesse caminho conjuntivo de construção do conhecimento por diferentes ciências, os observadores precisam refletir sobre sua interação com o objeto em cada nível de realidade, já que tanto o observador, ou observadores, quanto os aparelhos de medida e as teorias são parte dessa realidade não-analítica, deliberadamente fracionada em partes, analisada (BOHM, 1998, PRIGOGINE, 1996). O observador interfere na realidade observada desde o momento que concebe e percebe o objeto em cada nível de realidade.

O objeto transdisciplinar transita por muitos níveis de realidade, simultaneamente, sendo possível sua apreensão com o auxílio da dialógica do terceiro incluído para integrar esses diferentes níveis de realidade, através do axioma da pertinência de T em relação a A e em relação a não-A. De modo que, nas dimensões de realidades representativas de um objeto transdisciplinar, existem aspectos comuns a todas elas (SILVA, 1999; FIGURA 4).



Fonte: Silva (1999)

Figura 4: Arquitetura do paradigma Transdisciplinar.

Para a construção do conhecimento transdisciplinar Silva (*op cit*) recomenda observar três aspectos fundamentais: a multidimensionalidade do objeto; a multirreferencialidade do sujeito e a verticalidade do acesso cognitivo aos diferentes níveis de realidade. A multidimensionalidade do objeto expõe à existência de diversas dimensões de realidade para um mesmo objeto.

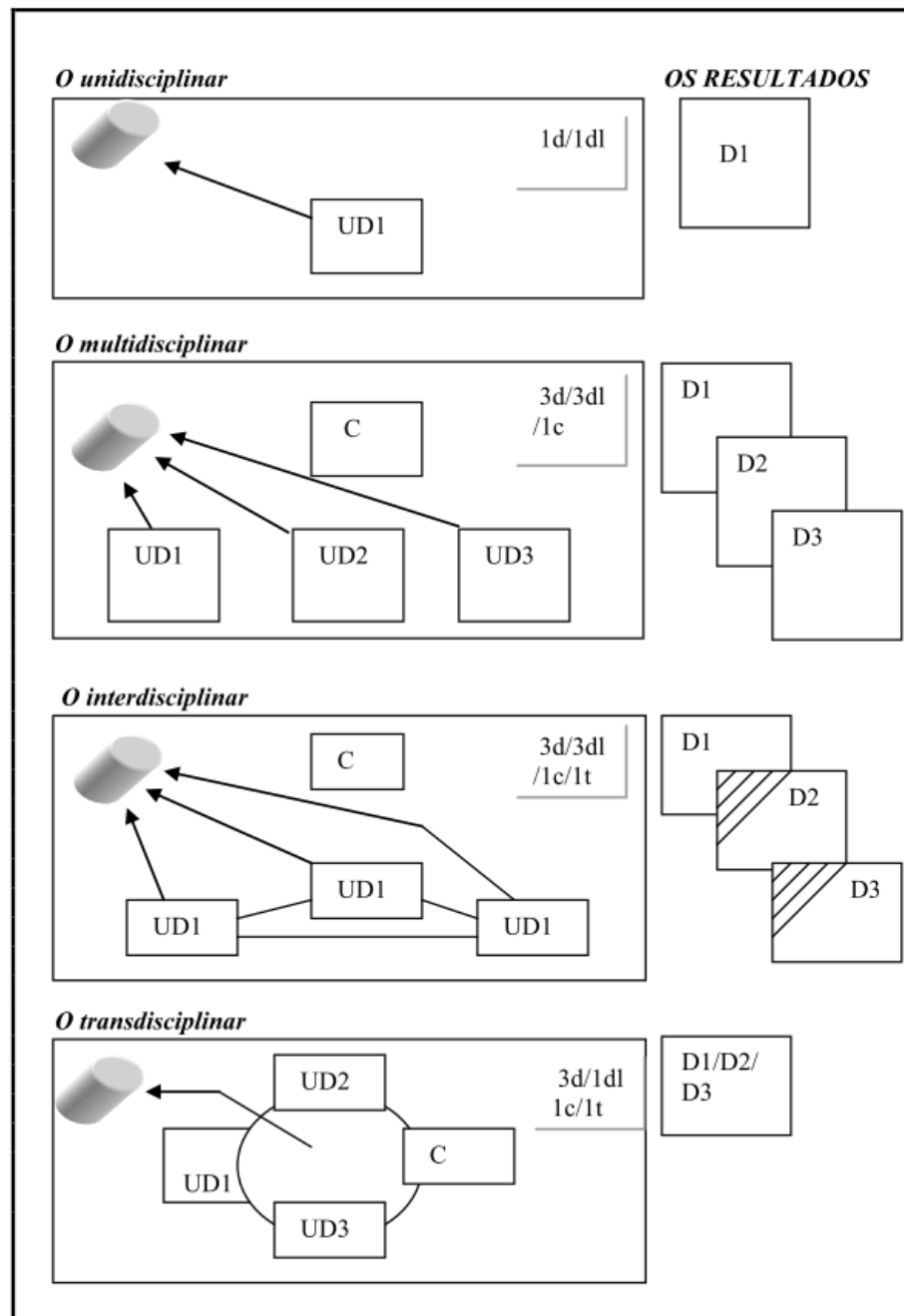
A multirreferencialidade do sujeito transdisciplinar se refere à existência de diversos níveis de percepção da realidade e ao histórico de referência do pesquisador, incluindo sua experiência, suas crenças e seus saberes na construção desta percepção. A cada nível de percepção existe um nível de realidade. Numa equipe de pesquisa transdisciplinar é exigido do sujeito uma capacidade de transitar por diversas percepções e suas epistemes.

A verticalidade do acesso à cognição transdisciplinar relaciona à existência de um espaço vertical dentro do qual estão dispostas as diversas zonas dimensionais de realidades, percepções e concepções, para as quais o transitar cognitivo do sujeito se dá sem resistência epistêmica, conceitual e linguística.

As limitações a esse transitar sem fronteiras residem, sobretudo, na nossa formação disciplinar e dos limites da ciência positiva enraizados em nossa mente. Para superar as limitações de nossa formação disciplinar, é preciso antes de tudo ter noção da nossa pertinência disciplinar e procurar inserção no espaço de não resistência com os demais pesquisadores. Para tanto é preciso não temer as fronteiras disciplinares, e dialogar com as demais disciplinas.

Torna-se necessário que o sujeito saiba identificar suas próprias dimensões de realidade: a realidade macro e a micro. Cada realidade com a sua *ontogenia* – história das mudanças estruturais que mantiveram a organização do seu ser – e *ontologia* – história da natureza deste ser enquanto ser, conforme descreveu Humberto Maturana (2000).

Na medida em que os pesquisadores consigam identificar a sua contribuição disciplinar de representação explicativa da complexidade de um nível de realidade, inicia-se a construção do objeto transdisciplinar. Este objeto, assim como o sujeito que o concebe, é uma emergência dos diversos níveis de realidade e de suas zonas de não resistência (SILVA, 1999; FIGURA 5).



Fonte: Silva (1999).

Figura 5: Modos de produção do conhecimento: Disciplinar, Multidisciplinar, Interdisciplinar e Transdisciplinar. UD – Universo disciplinar. C – Coordenador. Multidisciplinar: Várias UD e vários domínios linguísticos (3d/3dl/1c). Interdisciplinar: Vários textos; Única temática do objeto (3d/3dl/1c/1t), Integração linguística. Transdisciplinar: Única linguística; Único texto (D1/D2/D3); Observação conjunta do objeto (3d/1dl/1c/1t).

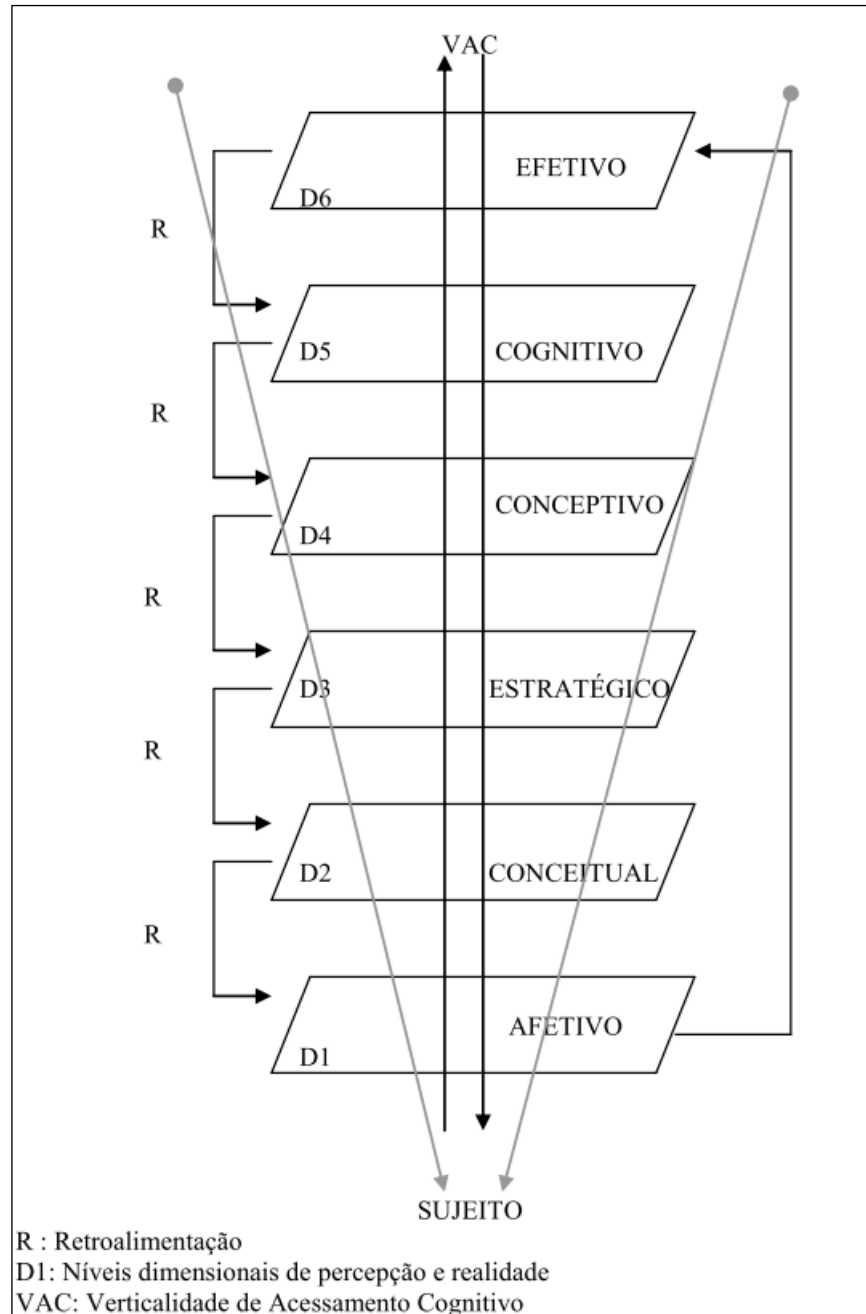
A percepção do objeto transdisciplinar se dá através das zonas de fraquezas epistêmicas disciplinares, ou zonas de não-resistência. A dimensão de realidade percebida desse objeto é um atributo do universo disciplinar competente. Esta realidade, entretanto, é sempre uma redução da complexidade ontológica da realidade, pois é preciso estar consciente que jamais alcançaremos a totalidade (PRIGOGINE, 1996).

A construção do objeto transdisciplinar resulta da compreensão da natureza ontológica e da teia de relações complexa da realidade, e que esta não pode ser captada de forma unidimensional e unirreferencial. Porém, a abordagem do objeto transdisciplinar necessita de linguagem comum, com produção de texto único, a partir da observação conjunta do objeto por observadores. Para Silva (1999), a construção desse objeto exige do sujeito uma renúncia às visões fundamentalistas, sem desacreditá-las. Pois, a transdisciplinaridade não exclui outros modos de interpretar o real, mas evidencia os limites das lógicas reducionistas, sobretudo na ciência clássica.

O pensamento transdisciplinar entende que realidade apresenta uma ambivalência ontológica e complexa. Sua ontologia existe independente do domínio linguístico do observador. Simultaneamente é complexa, possui resistências não explicitadas à todas as disciplinas. De modo que sua representação disciplinar é sempre reducionista. Revela apenas parte de sua complexidade e ontologia.

Formada de vários níveis descontínuos multidimensionais da realidade, o objeto transdisciplinar precisa ser acessado por multirreferencialidades dos sujeitos para ser compreendido. Nesse processo de conhecer, as referências, medidas e as leis de um nível não servem para abordar os outros níveis: "nenhum nível constitui um lugar privilegiado de onde possamos compreender todos os outros níveis de realidade" (NICOLESCU, 2001, p.61). A realidade e suas dimensões existem por si, resiste às nossas experiências, representações, descrições e imagens. Somente estratégias que dialoguem com atributos de uma realidade complexa pode gerar compreensões abrangentes.

Ao elaborar projetos com enfoque transdisciplinar é preciso estar atento que cada nível de realidade interage com os outros na composição de uma realidade mais ampla. Podemos acessar diversos níveis da realidade, a partir dos diferentes níveis de percepção. Há um nível de percepção para cada nível de realidade. Quando níveis diferentes de percepção se integram coerentemente, maior é o aumento do nível de consciência dos sujeitos (SILVA, 1999; FIGURA 6).



Fonte: Silva (1999)

Figura 6: Perspectiva transdisciplinar na concepção de projetos.

Com a transdisciplinaridade o sujeito tem maior liberdade para transitar entre os diferentes níveis dimensionais de percepção da realidade. A verticalidade no acessamento cognitivo multi-nível do sujeito cognoscitivo transita pelos níveis afetivo, conceitual, estratégico, conceptivo, cognitivo efetivo e outros. Quanto mais níveis de percepção são integrados, maior é a compreensão da realidade, e a capacidade de atribuir sentido ao fluxo de informação que atravessa os diversos níveis dessa realidade. Observar a realidade somente por

um de seus níveis equivale observar um segmento seu *in vitro*, ou seja, isolado de todo o complexo multi-nível que atua para que aquele segmento seja o que é (NICOLESCU, 2003).

Quando observamos a realidade admitindo sua complexidade, surge a atitude transdisciplinar da abordagem *in vivo*, em que somos conscientes de que em cada parte dessa realidade há sempre o conhecido, o desconhecido e o incognoscível (BOHM; PRIGOGINE; MORIN; *ops cits*). Assim, torna-se necessário aceitar que o conhecimento transdisciplinar é também apenas um segmento do conhecimento do real.

Conforme Silva (*op cit*), a dificuldade em tratar diferentes níveis de realidade pode levar a confusões em torno dos níveis de realidade e seus respectivos níveis de percepção. Os diferentes níveis de realidade não são redutíveis a um único nível, apresentando-se descontínuos, mas complementares. A complexidade de um nível de realidade não pode ser explicada a partir do domínio linguístico de outro. O transitar se dá pelo acesso cognitivo por uma linguagem comum. A redução de dois níveis de realidade a um só seria a (re)exclusão do terceiro incluído.

Essa irredutibilidade e descontinuidade se impõe porque as leis que explicam a complexidade de um determinado nível de realidade não são suficientes ou válidas para o outro nível (NICOLESCU, 2003). Consciente da multidimensionalidade do real, o sujeito constrói vários níveis de percepção e concepção, cada um referenciado num nível de realidade, ou dimensão, utilizando a estratégia da multirreferencialidade.

Assim como os níveis de realidade, os diferentes níveis de percepção não podem ser reduzidos a um único nível. Essa irredutibilidade e descontinuidade dos níveis de realidade e dos diferentes níveis de percepção encontram suporte para abordagem conjuntiva na estratégia dialógica transdisciplinar, permitindo a apreensão uma realidade complexa. Desse modo, é preciso compreender que a complexidade é, simultaneamente, uma construção mental e cognitiva do sujeito, expressada através da linguagem; e uma característica ontológica da realidade.

Conforme Prigogine (1997, p. 163), na atualidade uma convergência de categoria de problemas e de ponto de vistas diferentes tem destruído a compartimentação das ciências e os princípios fundamentalistas dos determinismos, ao produzir estímulos voltados ao diálogo na cultura científica e não científica para a construção de uma nova ciência, que estabeleça uma *nova aliança* pautada nos preceitos da complexidade e da tessitura conjunta necessária na abordagem dessa categoria de problemas convergentes.

Hoje, vemos tal síntese se elaborar, tão inesperada como outras, produzida por sua vez pela convergência de pesquisa que, todas elas, contribuíram para nos fazer abandonar a ideia newtoniana daquilo que uma teoria deveria ser: universal, determinista, fechada, tanto mais objetiva quanto não contivesse qualquer referência ao observador, tanto mais perfeita quanto atingisse um nível fundamental, escapando à erosão do tempo. (PRIGOGINE, 1997, p. 163)

A realidade se apresenta complexa e irreduzível. O próprio desenvolvimento da ciência clássica conduziu a essa verificação, e a construção de teorias explicativas coerentes e abrangentes para tratar essa realidade. Essas verificações e teorias promoveram rupturas epistemológicas, expondo as limitações incontornáveis na abordagem positiva em tratar a nova visão de mundo, confrontando a ciência à possibilidade de transição de paradigma.

Na concepção de Thomas Khun paradigma controla somente o nível lógico: “paradigmas são as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornece problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência.”. Pode-se afirmar que essa visão não mais se aplica. Conforme Edgard Morin, além das lógicas mestras do discurso, um paradigma controla o nível semântico e o ideológico. Um paradigma está entre, através e além da ciência. Outros desdobramentos externos à ciência precisam ocorrer para que ela transcenda seu ponto de inflexão.

A teoria do conhecimento transdisciplinar fornece subsídios à reaproximação entre saberes tradicionais e modernos e a abordagem da complexidade do real através dos princípios da Lógica do Terceiro incluído, Diferentes Níveis de realidade e Complexidade. No entanto, há a necessidade da educação transdisciplinar, de formar sujeitos que saibam utilizar seus princípios. Tal fato tem sido implementado, embora sofra resistência dos sujeitos de ciência que, ora desqualificam essa forma de construir saberes, por desconhecerem as novas teorias e seus significados, ora por acomodação.

Diante das mutações da ciência e das demandas do mundo contemporâneo, recentemente a "Comissão internacional sobre a educação para o Século XXI", ligada a UNESCO, enfatizou a necessidade da educação transdisciplinar. No Brasil o MEC recomenda incorporar a transdisciplinaridade em todos os níveis de formação de licenciados. Institutos e universidades têm investido na criação de centros avançados de estudos transdisciplinares.

1.1.1. BUSCA POR ABORDAGENS CONJUNTIVAS NO PENSAMENTO GEOGRÁFICO

Embora as propostas de transcendência epistemológica com a visão fragmentada da ciência moderna não sejam novas, remontando ao século XIX (BERNARDINO, 1999, p. 1), é crescente a consciência da complexidade do real e a indissociabilidade sociedade-natureza, requerendo meios teóricos e epistemológicos para lidar com essa realidade (MORAES, 1994, p. 50; CARVALHO, 1999; MORIN, 2000, p. 126; CAPRA, 2001, p. 23; SUETERGARAY, 2002, p. 119; CANALI, 2002, p. 184; MENDONÇA, 2002, p. 140; MONTEIRO, 2003, p. 43; LOIOLA, 2007, p.275).

Quanto mais as sociedades se complexificam, maior a necessidade de compreender a integração e a teia de relações da sociedade com a natureza na história (DIAMOND, 2005, p. 17), e mais as informações e os objetos do passado assumem significados, pois as sociedades agem sobre formas atuais e herdadas: “A inserção da sociedade em movimento nesse conjunto de formas constitui o processo de realização geográfica da sociedade.” (SANTOS, 2004, p.60).

Esse é um aspecto central aqui. Se as sociedades e a natureza sempre estiveram integradas, há que se desenvolver um olhar para além do momento atual na Geografia, para compreender essa dinâmica. De forma que, a problemática da integração sociedade e natureza na Geografia impõe tratar simultaneamente o presente e as heranças do passado.

Com a edição da teoria da evolução das espécies de Charles Darwin no século XIX, as interações do passado sobre o cotidiano adquiriram novos significados nas sociedades (PROUS, 2005). Desde então, de meras relíquias, os artefatos, as marcas na paisagem, vestígios de cultura material e a herança sociocultural assumiram valores históricos, de memória, científicos, ambientais, religiosos, econômicos entre outros. “A inserção da sociedade atual nesse conjunto de formas é um dos mais difíceis problemas epistemológicos. O estudo desses processos pretende-se, ao mesmo tempo, à história e à arqueologia.” (SANTOS, 2004, p.60). E, igualmente à Geografia, conforme aqui se propõe.

A Geografia tem fornecido importantes estudos que incorporam a perspectiva da densidade temporal envolvendo a relação sociedade natureza: paleoclimatologia, geomorfologia, pedologia, geografia histórica, etnogeografia entre outros. No Brasil são conhecidos os trabalhos geomorfológicos de Aziz N. Ab’Saber e Antônio Christofolletti, na climatologia geográfica de Carlos A. F. Monteiro, os trabalhos de Antônio C. R. De Moraes no entendimento das bases da formação territorial brasileira e de Milton Santos sobre o

imbricado de interações físicas e humanas no espaço geográfico. Não se pode negar que geógrafos brasileiros deram contribuições à formação de uma escola geográfica que incorporasse o tempo ao espaço, e a sociedade a natureza.

No campo da Geografia cultural, a aproximação deu ênfase a uma arqueologia da paisagem. Na escola norte-americana, no início do século XX, Carl Sauer (1998) resgatou estudos corológicos, destacando a individualização e diferenciação das “paisagens culturais” sauerianas, e Wagstaff (1987, 1991) aproximou geografia e arqueologia nos estudos culturais e da paisagem. Na escola francesa, pesquisas da geografia cultural renovada investigaram interações entre a paisagem, cultura e ambiente, a partir da década de 1980: Berque (2004); Claval (1995), Retaille (1995), e Cosgrove (1998) na escola inglesa.

Contudo, há uma carência de pesquisas relacionadas às sociedades e suas trajetórias evolutivas, numa aproximação direta com a arqueologia, história ambiental, biologia, astronomia, física, geologia, paleoecologia, paleoclimatologia e outras, ou seja, pensar além de uma “história do presente”. Nesse campo, bons exemplos dessa aproximação encontram-se nos trabalhos de Albuquerque (1990), voltados aos depósitos correlativos, discutindo a participação da geografia na interpretação arqueológica, e Kashimoto (1992), a qual investigou a influência dos aspectos geográficos no estabelecimento das populações humanas.

A grande problemática desses esforços de (re)aproximação é a falta de meios para estabelecer diálogos formais com outras disciplinas, e integrar a perspectiva complexa da realidade.

A História tem apresentado propostas de renovação que inclui a complexidade, entre eles o da História Ambiental, cuja meta é reformular a historiografia social e cultural para integrar a sociedade e a natureza, criticando a negligência dos historiadores para com a dinâmica da natureza. Na história ambiental não é difícil encontrar temas com essa aproximação, como os estudos de Worster (1991), Drummond (1991), Hodder (1991), Waters (1992), Chambers (1994), Cronon (1996), Pimenta (1996) e Diamond (2005).

Ao verificar a complexidade do espaço de vivência, constituído por um imbricado dinâmico de componentes físicas, biológicas e socioculturais nos deparamos com os limites disciplinares positivo-cartesianos. Como vimos no item anterior, tais limites são tangíveis, resultam de fronteiras epistemológicas. Então, é preciso revisitar conceitos, construir pontes e manter diálogos formais com as demais ciências e disciplinas, desenvolver novas perspectivas e significados de teoria e método para compreender uma realidade complexa. Como afirmara Gaston Bachelard: “Não há nada simples na natureza, só há o simplificado” (1998, p. 176).

É evidente a necessidade de promover um salto qualitativo na Geografia, encaminhar essa ciência na direção de abordagens conjuntivas. A teoria transdisciplinar oferece bases epistêmicas para essas abordagens integradoras, cuja demanda tem sido crescente. Para suprir tais demandas é necessário diálogos entre as ciências e a sociedade, maior poder de compreensão, interpretação e ações colaborativas e proativas. A fronteira da explicação desinteressada de fenômenos e processos foi ultrapassada, é preciso dar sentido ao ato de conhecer e intervir, com ousadia, imaginação e propostas construtivas para agir em conjunto, já que a sociedade vive prisioneira de conceitos, ideias e das emoções, os quais impedem o transitar de saberes entre e além das disciplinas.

Essa tese representa mais uma contribuição na busca de abordagens conjuntivas. Assim, as dificuldades e limitações da abordagem clássica de ciência se apresentaram durante a pesquisa das estratégias adaptativas e seus significados a partir da interação sociedade-clima. Nossa contribuição para superar essas limitações configurara-se numa *abordagem geográfica complexa*, cuja elaboração se dá em conjunto com os sujeitos cognoscitivos na geografia e fora dela, de acordo com o interesse e o desenvolvimento de novas abordagens conjuntivas. O esforço de síntese encontra-se dialogados nos demais itens deste Capítulo.

1.2. EMERGÊNCIA DE UMA ABORDAGEM GEOGRÁFICA COMPLEXA

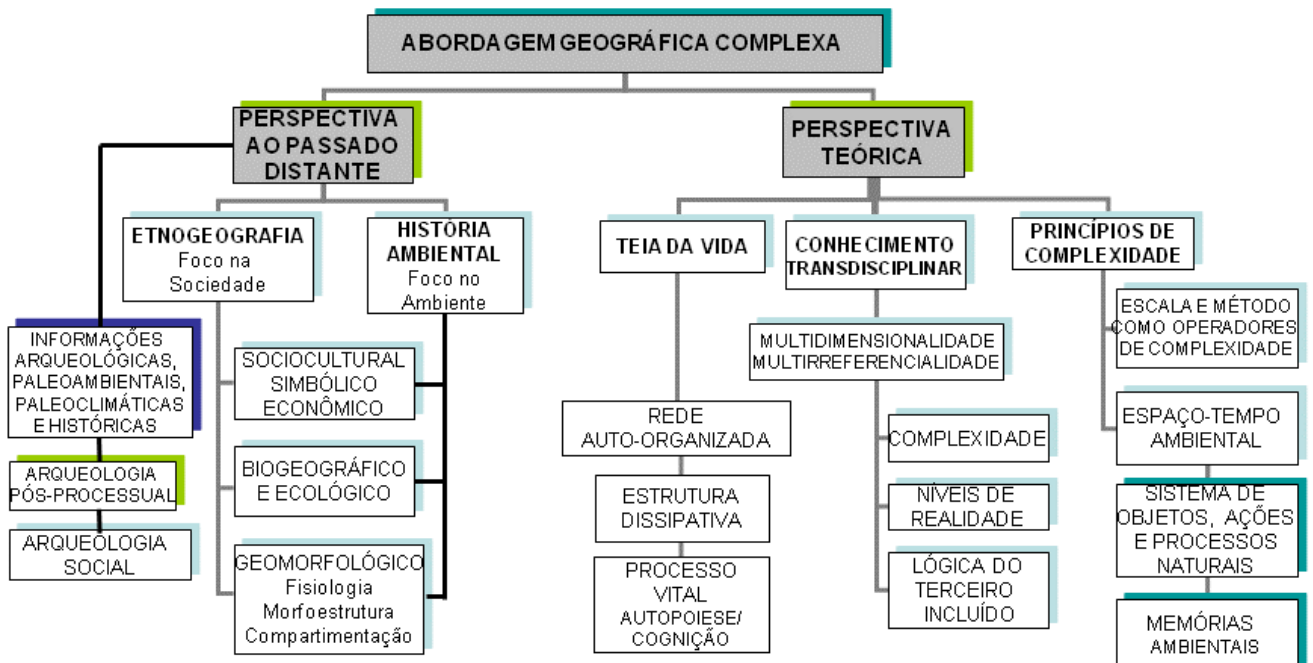
“Não há nada simples na natureza, só há o simplificado.”
Gaston Bachelard

Apesar de a Geografia lidar com o meio físico, biológico e social, a separação entre disciplinas e a precariedade dos meios para integrá-las reproduz uma falsa dicotomia entre geografia física e humana, encobrendo as teias dos próprios objetos (MOREIRA, 2000; MENDONÇA, 2001; MONTEIRO, 2003; PASSOS, 2004). Sobretudo, há uma carência na geografia de abordagens que dialoguem com a trajetória temporal e integrem suas categorias analíticas.

Invisibilidades na evolução das sociedades e dos ritmos dos processos naturais, ocultados por ideários modernos e suas limitações, dificultam compreender as relações entre passado e presente, sociedade e natureza, e afastam as ciências entre si, impedindo o trânsito

de categorias analíticas na geografia no espaço e no tempo. Esses ideários dificultam diálogos inter, intra e transdisciplinares, que permitiriam compreender a evolução das sociedades na dinâmica da natureza, suas múltiplas histórias, o pluralismo cultural, científico, as variadas formas de viver, e as relações multidimensionais dos objetos de estudos na Geografia.

Como alternativa apresentamos marcos históricos e teóricos de uma *abordagem geográfica complexa*, fundamentada na teoria do conhecimento transdisciplinar, e seus princípios da complexidade, da lógica do terceiro Incluído e dos diferentes níveis de realidade, atenta ao que está entre, através e além das disciplinas e das ciências (FIGURA 7).



Elaboração do autor: Loiola, S. A., 2013.

Figura 7: Abordagem geográfica complexa e a perspectiva ao passado distante.

Com a abordagem geográfica complexa amplia-se a compreensão do entrelaçamento entre passado-presente, sociedade-natureza. É possível acessar sistemas de objetos, ações e processos naturais no movimento do espaço-tempo ambiental que, para além de instância da sociedade, é simultaneamente co-produto de intencionalidades e do movimento ininterrupto e criativo da natureza (LOIOLA, 2010a; 2013). Se a Geografia pretende investigar o movimento presente, há que se debruçar sobre os acúmulos diferenciais de tempo na composição deste presente.

Essa abordagem parte da trilogia física, biológica e sociocultural da realidade para investigar tanto a dinâmica da natureza quanto social e suas interações sob uma perspectiva

evolutiva e cognitiva autopoietica. Pode-se assim englobar temas ditos físicos e humanos na Geografia, superar sua falsa dicotomia, perceber seu caráter dual e unitário e construir pontes formais com outras ciências, para abordar temas complexos sob uma compreensão abrangente da realidade.

Abordagens complexas requerem diálogos formais com variadas disciplinas, ensejam a estruturação de metacategorias e noções de escalas e métodos como operadores de e da complexidade, para conhecer, conceber, compreender e interpretar os significados da interação criativa entre sociedade e os ritmos naturais no espaço-tempo ambiental (LOIOLA, 2010a). Especial atenção deve ser dada à forma de pensar a realidade, a relação sujeito-objeto e o sentido do conhecimento, por serem interfaces com o mundo e intrínsecos às teorias, às linguagens, à escala e aos métodos, cujas bases não se confundem com a metodologia, envolvendo teorias, linguagem, conceitos, leis, visão de mundo e intencionalidades (SPOSITO, 2004, p. 55; MORIN, 2005a, p. 335).

Nesta pesquisa procuramos estabelecer diálogos entre a arqueologia, paleoclima, física, biologia, história ambiental e Geografia para investigar o desenvolvimento de estratégias adaptativas diante das variações dos ritmos climáticos. Aproximar diferentes ciências e disciplinas para pensar objetos de uma realidade complexa, exigiu a busca de métodos, teorias, metodologias e informações de fontes multivariadas: arqueológicas, paleoambientais, paleoclimáticas, astronômicas, biológicas, físicas, geográficas e da história ambiental.

1.2.1. RITMOS NATURAIS, DINÂMICA SOCIOCULTURAL E AS RUGOSIDADES DO ESPAÇO

A compreensão da indissociabilidade evolutiva dos seres vivos é evidenciada na teoria da Teia da Vida. Na Teia da Vida todos os sistemas vivos interagem num padrão de organização em rede auto-organizada, fechado, preservando a integridade; comportando estruturas dissipativas abertas, afastadas do equilíbrio, conectadas aos fluxos de matéria, energia e informação em tempo real com o ambiente, para se adaptarem às variações do entorno e, a partir dessas interações, realizam seu processo vital autopoietico, cujo aspecto central é a cognição: viver é aprender indefinidamente (PRIGOGINE, 1996; CAPRA, 2004, p. 135; MATURANA & VARELA, 2005).

Na evolução da rede autopoietica da teia da vida, cooperação, criatividade, cognição, simbiose, associação e solidariedade assumem papel de destaque em relação à seleção natural, competição e mutação da teoria darwiniana (CAPRA, 2004, p. 179-208; Maturana & Varela, 2005). Para Capra (2004, p.182), o foco da teoria evolutiva clássica está se deslocando de evolução para co-evolução, uma interação entre competição e cooperação, entre criação e mútua adaptação. Diferente da visão clássica, a adaptação e a criatividade interagem alterando o ambiente, e sendo alterados, num processo co-evolutivo.

Nesse processo, a humanidade cria condições diferenciadas para sua autopoiese, consumindo mais energia para salvaguardar a relativa autonomia, construindo saberes e uma auto-eco-organização com o ambiente para opor-se à desintegração pela entropia (Morin, 2000, p. 210). Com o acúmulo de aprendizados sobre seu entorno, as sociedades criam a negação da entropia, ou a neguentropia.

Assim, a cultura se tornou análoga a um imenso computador, cujos programas seriam autônomos, abertos e inacabados (Morin, 1991, p. 17). Essa dinâmica sociocultural associada aos sentimentos dá vida ao ser (Lorenz, 1986, p. 115); atribui sentido à existência (Dosse, 2003, p. 406), gera intencionalidades e, junto com o movimento criativo da natureza, move a sociedade.

Movidas pela dinâmica dos ritmos naturais e intencionalidades, as sociedades produzem informações, objetos, alteram seu entorno, registram marcas na paisagem, na memória e sistemas ecológicos. Essas marcas exprimem relações mantidas com o ambiente para atender suas necessidades, gostos e aspirações (Santos, 1996, p.112; 2004, p.54). Diferentes culturas inscrevem vestígios, a partir de suas ações, revelando maneiras dos povos se relacionarem com o ambiente, entre si e se organizarem (Claval, 1997, p.102), adquirindo novos significados ante as interpretações do presente (Santos, 1997, p. 68; 1979, p. 16).

Os acúmulos diferenciais dos sucessivos eventos e momentos vividos informam as rugosidades no espaço-tempo ambiental que, em certa medida, condicionam o presente e orientam a projeção do futuro (Santos, 1996, p.112). Num sentido, a rugosidade é um lastro inercial do espaço em movimento, já que é a lembrança do que se passou interferindo no presente. Como lastro inercial, as marcas na paisagem e na memória se tornam matrizes socioculturais, transmitindo significações de uma geração à outra (Berque, 2004, p.84). Contudo, esse movimento não determina o movimento do acontecer, tampouco o futuro.

Noutro sentido, por trás da aparente inércia surgem novas ações, objetos e alterações na natureza, denotando que nada está estático, tudo é relacional e dinâmico (Souza, 1997, p.

47; MORIN & LE MOIGNE, 2000, p. 34; HISSA, 2002, p. 307). Num campo de infinitas possibilidades, a cada momento novos eventos materializam novidades, que interagem com as heranças, gerando novas realidades, até então inexistentes.

Intrínsecas ao acontecer presente, as marcas na paisagem, a memória, as informações, a cultura material, os processos dos ritmos naturais e a contínua integração da novidade na natureza geram as condições inerciais do espaço-tempo ambiental. Não o determinam, mas no processo de realização geográfica, objetos, ações e processos naturais, de marcadores espaço-temporais assumem valor de memórias ambientais, dão suporte às representações sociais e promovem as identificações étnicas e culturais (LOIOLA, 2007, p. 278).

Para a Geografia, a arquitetura das cidades, aldeias, casas, redes de transportes, vias, distribuição espacial, ferramentas, uso do solo, alterações ecológicas, uso da energia e sinais deixados por atitudes específicas demonstram as técnicas, saberes, sistema de engenharia. Logística, artes, estrutura espacial, sistemas de referência, redes, fluxos, práticas, hierarquias, territórios, comportamentos e seu modo de produzir, organizar, proteger e festejar (CLAVAL, 1997, p. 103; SANTOS, 1997, p.67; GOMES, 1998).

Resultantes do acúmulo de eventos, essas rugosidades materiais e imateriais são plenas de marcadores espaço-temporais, potencialmente manifestos, sempre à espera de novos significados, seja nos aspectos físicos, biológicos, informacionais, cultura material ou a memória (LOIOLA, 2011). Ao influenciarem o processo de realização geográfica, além de marcarem o espaço-tempo, convertem-se em atributos de memórias ambientais.

1.2.2. DO ESPAÇO E TEMPO AO ESPAÇO-TEMPO AMBIENTAL

Ao investigar fenômenos e questões socioambientais, em nosso caso a interação sociedade-clima, sem dúvida entre as questões mais intrigantes estão os significados das heranças do passado, que adquirem cada vez mais relevância para a compreensão da realidade. Pois, à medida que as sociedades se tornaram sedentárias, ao longo da história, elas se complexificaram, elaboraram artefatos, construções e saberes, cujos registros estão nas paisagens, documentos e na memória dos povos: “Nos conjuntos que o presente nos oferece, a configuração territorial, apresentada, ou não, em forma de paisagem, é a soma de pedaços de realizações atuais e de realizações do passado.” (SANTOS, 1997, p.69).

Entretanto, se indagarmos a influência do passado pressupondo tempo e espaço categorias isoladas entre si e do ambiente, a tarefa nos parece impossível (ELIAS, 1998, p. 34/35), o que requer realizar rupturas conceituais com a forma clássica de separação destas categorias.

Na construção do pensamento geográfico, conceitos não precisam seguir uma cronologia linear (SPOSITO, 2004, p. 75), sendo em muitos casos elaborações racionais descontinuas de temáticas de muitas disciplinas, como as noções de tempo e espaço.

Tanto para Kant, no século XVIII, quanto Ritter e Humboldt, no XIX, e Hartshorne no início do XX, tempo e espaço eram absolutos e separados. A ideia de tempo se dava por uma sucessão de fatos lineares e a representação do espaço através de seus princípios lógicos elementares: localização, distribuição, distância, extensão, posição, escala (MOREIRA, 2007, p. 116). O espaço começou a ser delineado como conceito-chave a partir da geografia neopositivista em meados do século XX, ora representado como uma planície isotrópica, ora numa forma matricial (SPOSITO, 2004, p. 88; CORRÊA, 1995, p. 20).

Essa noção de espaço e tempo na geografia seguiu o desenvolvimento das ciências e das sociedades, em que as formas de perceber e representar o real adquiriram conteúdo racional, exigindo cada vez mais abstração das categorias analíticas (SILVA, 1986, p. 26; KAMBARTEL, 1987, p.21; GRANGER, 1994, p. 52; GOMES, 1996, p. 30; HISSA, 2002, p. 59; SPOSITO, 2004, p. 119), e a um só tempo, maior esforço para conhecer, compreender e interpretar a dinâmica sociedade-natureza integrada e complexa.

A elevada abstração e a síntese tornam-se inapropriadas quando perdem sentido, significado ou deixam de fazer alusão à realidade. Com o desenvolvimento das ciências, a noção de realidade se alterou e as noções clássicas de tempo e espaço não possibilitam dialogar com teorias abrangentes que permitam interpretar e interagir com essa realidade, como vimos no início deste Capítulo.

Apresenta-se assim a necessidade de rever os significados de tempo e espaço na Geografia. Pois, a problemática da integração sociedade e ambiente impõe tratar simultaneamente o presente e o passado. Ontem e hoje se coadunam, produzindo o espaço-tempo ambiental numa teia recursiva e retroativa de produção de novos eventos, cuja única constante é a mudança e a variabilidade dos ritmos naturais (LOIOLA, 2010a, p. 15).

Conforme Hissa (2002, p. 299), diálogos além das fronteiras disciplinares são a base para estabelecer abordagens conjuntivas e superar os limites positivo-cartesianos. Nesse sentido, a transdisciplinaridade fornece possibilidades e o elo para reaproximar noções de

tempo e espaço, e diferentes visões de realidade, separados pelo fundamento disciplinar da própria ciência clássica.

No item anterior vimos os processos naturais e que as sociedades produzem marcas residuais, materiais e imateriais, deixando rugosidades no espaço, ou acúmulos diferenciais de eventos no tempo, os quais se convertem em memórias ambientais. Essas marcas aparentam determinar o acontecer presente. Porém, por trás dessa aparente inércia fluem novas ações, novas materialidades, modificam-se aspectos socioculturais, denotando que nada está estático, tudo é dinâmico, relacional, incerto e *complexo* (SOUZA, 1997, p. 47; HISSA, 2002, p. 307).⁷ Tampouco a realidade antropológica se dissocia dos aspectos físicos e biológicos por ser analisada (MORIN, 2000, p. 207). Diferentes níveis de realidade se integram na composição da dinâmica ambiental.

As sociedades interagem com essas heranças para se manterem. Acopladas estruturalmente à rede autopoietica da teia da vida e aos sistemas naturais, identificam a natureza dos seus ritmos, elaboram estratégias para se adaptarem. Afastadas do equilíbrio, constroem sua auto-eco-organização para se opor à desintegração pela entropia.

Num processo co-evolutivo com a rede auto-organizada dos demais seres vivos, as sociedades promovem sua adaptação e criatividade, interagindo e alterando o ambiente. Organizam-se e criam organização sociopolítica. Elaboram tecnologias e cultura, acumulam saberes e as transferem às novas gerações para se protegerem, se organizarem, viverem e se perpetuarem. A partir dessa evolução cognitiva, a todo instante geram novos eventos, alteram seu entorno, e são por ele alterada.

Assim, o espaço de vivência resulta do acúmulo diferencial de eventos naturais e intencionais. É produto e produtor ininterrupto do entrelaçamento de razão e emoção, fatos, fenômenos, processos e ritmos naturais, objetos fabricados e não fabricados, herdados e criados, contínuos e descontínuos, reais e imaginários que modificam a todo instante o acontecer com novos eventos.

Derivados do movimento ininterrupto da natureza e de intencionalidades, eventos são irreversíveis e efêmeros, no instante em que ocorrem, tudo se move, impossibilitando sua reversão e repetição num mesmo lugar, dado o aumento da entropia (PRIGOGINE, 1996, p. 19; HAWKING, 1988, p. 201). Conforme Prigogine (1996, p. 114/115), a instabilidade e o não-equilíbrio preponderantes dos sistemas naturais, vivos e não vivos, conferem atributos de incerteza aos eventos.

⁷ Complexo aqui se refere ao paradigma da complexidade, conforme propõe Edgar Morin.

Logo que ocorrem os eventos modificam a realidade, restando a parcialidade de suas marcas residuais (SANTOS, 1996, p. 116), seu efeito produzem novos eventos, que interagem de forma generalizada retroativa e recursivamente (MORIN, 1991, p.74). Sob essa continua geração retroalimentada, o presente assemelha-se à superfície delgada de uma bolha de sabão em expansão.

Os sucessivos eventos integram e mantêm fluxos ininterruptos com o holomovimento criativo e holográfico da natureza (BOHM, 1998, p. 228). Nessa realidade holográfica, cada parte conserva significativas propriedades do todo. Análogo a uma imagem holográfica, em que cada pixel, contém informações da imagem como um todo. Importa considerar e desvendar em que medida a parte contém a inscrição do todo.

Como realidade holográfica, as marcas geradas por sucessivos eventos informam o lugar e o tempo do acontecer, ritmos, processos, fenômenos, organização, comportamentos ou composição, tornando-se parcelas singulares e unificadoras do movimento da realidade.

A todo instante a continua geração de eventos cria infinitas possibilidades (GOSWAMI, 2001, p.175). Tem-se a impressão de que os eventos ocorridos poderiam não ter acontecido, já que teriam condições de assumir múltiplas formas (BORGES, 2006, p. 42), tanto resultante de escolhas quanto de acasos. A incerteza e a instabilidade desse movimento transformam o determinismo numa quimera, pois esse processo de geração do novo não segue padrões determinísticos:

[...] apresenta-se irregular, não-causal, multiforme e irreversível, na forma de um conjunto complexo de relações, em que se supõe que o que aconteceu poderia não ter acontecido. Neste caso, deslocar-se nessa imaginária linha de tempo significa colocar-se sempre diante de múltiplas possibilidades. (BORGES, 2006, p.42)

Cada porção da realidade observada é um acúmulo de eventos e plena de infinitas possibilidades de novos desdobramentos do holomovimento criativo da natureza a cada instante, similar ao *plenum* de Zenão na antiguidade (BOHM, 1998, p. 252), e o tempo é a percepção/concepção da passagem da geração contínua desses novos eventos (PRIGOGINE, 1996, p.25; WHITEHEAD, 1993, p. 198).

Há assim uma co-geração inteligente com e na natureza (CAPRA, 2004, p. 182; MORIN, 2000, p. 125/126), na qual o espaço-tempo ambiental representa possibilidades potencialmente manifesta indissociável, resultante da sucessiva integração de eventos derivados de processos naturais, sistemas de objetos e intencionalidades, cujas marcas e significados interagem com o presente.

Nesse processo, o espaço-tempo não só nascem juntos, para além de ser somente instância social, são atributos da natureza, interdependentes e indissociáveis do seu holomovimento universal criativo e perpétuo (LOIOLA, 2010a, p. 6). Conforme Massey (1999), o tempo depende do espaço para avançar, e para se entender a espacialidade é preciso considerar a sua temporalidade:

Mas o resultado real deste argumento é que o tempo precisa do espaço para ele mesmo avançar; tempo e espaço nasceram juntos, junto com a relação que os produz. Tempo e espaço têm que ser pensados juntos, pois eles estão inextricavelmente entrelaçados. Neste caso, a primeira implicação deste ímpeto de considerar a temporalidade/história como genuinamente aberta é que espacialidade tem que ser integrada como uma parte essencial deste processo da ‘contínua criação de novidade.’ (MASSEY, 1999, p. 274)⁸

Sem a geração ininterrupta de eventos não haveria produção do espaço-tempo ambiental, nem percepção do tempo. Como sucessão de instantes desprovidos de duração, o tempo somente é percebido na passagem dos eventos e suas marcas no espaço, numa natureza em constante mudança (WHITEHEAD, *op cit*). Decorrentes, contínuas ou descontínuas, materiais ou imateriais, as marcas espaço-temporais registradas pelos eventos permitem diferenciar as temporalidades socioambientais e dos ritmos naturais imersos nos diferentes níveis de realidade, no campo das ideias, processos, fatos ou fenômenos.

Percebidos por diferentes níveis de realidade, objetos, ações e processos naturais registrados nas marcas materiais e imateriais, integram a paisagem, elementos da memória, as informações, a cultura material e as fontes documentais, os quais interferem nos processos atuais, tornando cada instante pleno de múltiplas possibilidades para gerar novos eventos. Seus significados são atualizados de acordo com as condições materiais históricas e necessidades do momento (FUNARI, 1998, p. 15; BENAVIDES, 2001, p. 366; REIS, 2002, p. 3; FUNARI & NOELLI, 2002, p. 105; DOSSE, 2003, p. 435; PROUS, 2006, p. 9).

Para perceber o desdobramento do holomovimento social-ambiental-espacial-temporal do acontecer deve-se superar a análise e a síntese das funções, formas, estruturas e processos, e buscar compreender e interpretar significados das teias de relações dos sistemas de objetos,

⁸ “But the real result of that argument is that time needs space to get itself going; time and space are born together, along with the relations that produce them both. Time and space must be thought together, therefore, for they are inextricably inter-mixed. A first implication, then, of this impetus to envisage temporality/history as genuinely open is that spatiality must be integrated as an essential part of that process of ‘the continuous creation of novelty’.”

ações e processos naturais imersos numa realidade multidimensional complexa, onde os sistemas vivos e não vivos interagem na evolução da teia da vida.

Ainda que o presente não seja uma consequência causal do que passou, é possível e indispensável integrar o passado aos estudos na Geografia, ir além da geografização da história, e prover uma interpretação geográfica das marcas e informações herdadas, paisagens, da memória e suas influências atuais, com métodos e categorias analíticas da geografia (LOIOLA, 2007a, p. 84; 2007b, p. 276).

A realidade resiste as nossas experiências e intenções. A distinção entre primeira e segunda pseudo-naturezas ocorre somente na fronteira mental. É preciso ir além das formas herdadas, e buscar significados relacionais nas informações, heranças materiais e socioculturais, processos físicos, biológicos, imateriais, emoções, memórias, forças, ritmos naturais, interações e processos invisíveis da natureza, igualmente marcadores espaço-temporais, interferentes com e no presente.

1.2.3. SIMULTANEIDADE, MULTIPLICIDADE E NÃO-LINEARIDADE NO ESPAÇO-TEMPO

A cultura material, a paisagem, marcas materiais e imateriais, as informações do passado e a memória resultante de processos socioambientais tornam-se portadoras de signos em sintonia com o modo de pensar e agir de um povo. Quando indagadas, essas sucessivas marcas revelam as práticas espaciais pretéritas passíveis de interpretação. São memórias espaço-temporais.

Se o espaço-tempo ambiental é dotado de sucessivas marcas de eventos passados, é possível verificar a passagem do tempo (LOIOLA, 2010a, 2011). Perceber o tempo imerso no movimento do espaço-tempo implica concebê-lo, associado a espaços de referência, sob formas objetivas e subjetivas em constante mutação (BOSI, 2002, p.20; MALDONATO, 2001, p.111). Suas diferentes formas de percepção e concepção evidenciam a sua multidimensionalidade e a interferência nos processos do presente.

Não é fácil imaginar como outras formas de perceber a passagem dos eventos e as variadas formas de conceber o tempo, pois vivemos prisioneiros do tempo do relógio no mundo moderno, tanto nos aspectos sociais quanto psicológicos (MALDONADO, 2001,

p.118). Assim, torna-se difícil observar e perceber a marcação do tempo por outras culturas, e entender como esses povos viveram e vivem sem o tempo cronológico, o relógio e a geometria euclidiana.

No entanto, a observação dos ritmos naturais e o desenvolvimento de marcadores de tempo é um elemento fundamental para as sociedades se organizarem, e entenderem seu acoplamento estrutural aos ritmos naturais. As noções de tempo estão estreitamente relacionadas com a percepção do movimento espaço-temporal dos ritmos naturais. É de interesse a todas as ciências, sendo o tempo uma meta-categoria.

“Estudar o tempo pode talvez contribuir para corrigir esta imagem errônea de um mundo com compartimentos estanques. Estudo que se revela impossível, quando se escamoteia o eixo de que a natureza, a sociedade e os indivíduos estão mesclados e são interdependentes” (ELIAS, 1998, p. 25).

As noções de tempo resultam de processos histórico-sociais, de acordo com o simbolismo de cada cultura, ciclos naturais, referenciais e significados atribuídos às heranças (BORGES, 2006, p. 40; ELIAS, 1998).

Com o desenvolvimento da capacidade de abstração, variadas formas de representar a passagem do tempo nos ritmos naturais foram concebidas pelas sociedades. Geralmente, tais noções correspondem a referenciais celestiais, ecológicos ou socioculturais, resultantes de processos contínuos de aprendizagem e acúmulo de saberes, associados à forma de estruturação social, destinados à orientação, regular ciclos sociais ou sua perpetuação, denotando a indissociabilidade entre sociedade e ritmos naturais.

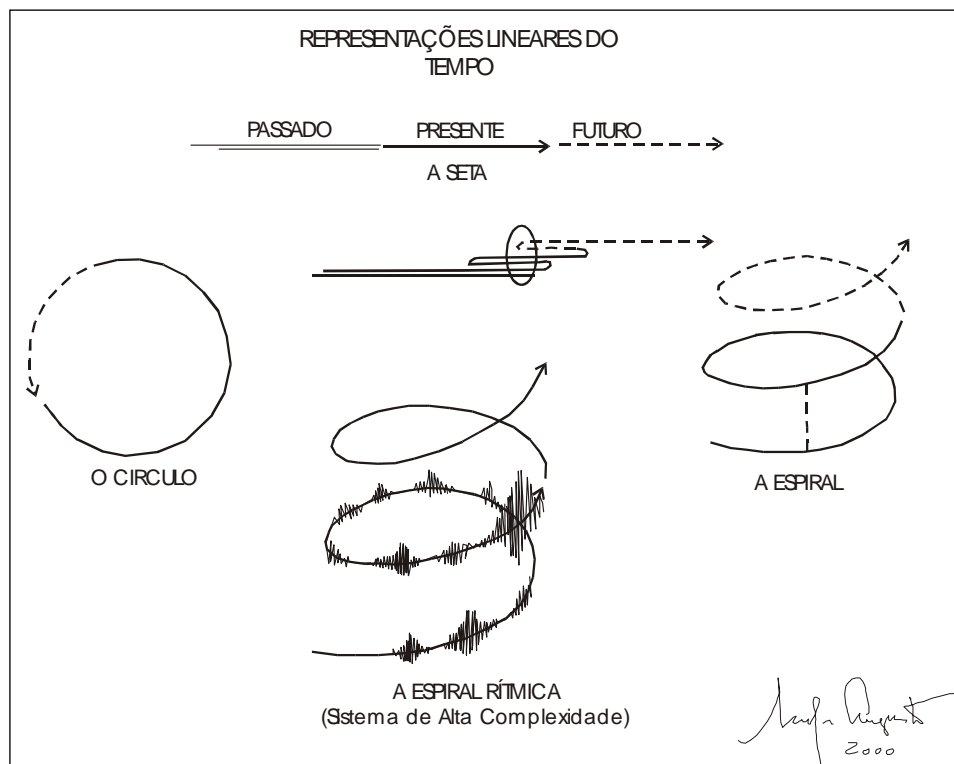
Mediante a técnica, as sociedades verificam ou qualificam a mensuração e representam a passagem do tempo, e o associam ao espaço, pois a técnica é um fator do espaço e um meio de representar o tempo, tanto no campo operacional quanto percebido, ou subjetivo. A técnica é um recurso unificador do espaço e do tempo, tornando-os mutuamente conversíveis:

A técnica entra aqui como um traço de união, historicamente e epistemologicamente. As técnicas de um lado, dão-nos a possibilidade de empiricização do tempo e, de outro lado, a possibilidade de uma qualificação precisa da materialidade sobre a qual as sociedades humanas trabalham. (SANTOS, 1996, p. 44).

É possível distinguir dois conjuntos peculiares de conceber os marcos espaço-temporais e interagir com as heranças (ELIAS, 1998, p. 32). Um caracteriza as sociedades modernas, e o outro as sociedades tradicionais.

Nas sociedades modernas a marcação do tempo envolve alta abstração, tecnologias avançadas e o uso de um meio técnico científico informacional. Nelas predominam formas lineares de conceber passagem do tempo, representados pela reta, círculo, espiral ou espiral rítmica. A reta representa o fluir inexorável e irreversível, no sentido da flecha do tempo.

O círculo descreve a possibilidade de reverter o que passou, um recomeço numa perspectiva mecânica. A espiral representa um tempo circular que não se fecha em círculos, estando seu aparente retorno em lugar diferente da sua origem, e a espiral rítmica um fluir em espiral com a possibilidade de ocorrer aparentes retornos que seguem ritmos, ou cadências de eventos similares aos originais (MONTEIRO, 2001, p. 138; FIGURA 8). O desafio atual da ciência está na percepção e na capacidade mensurar o fluir desse tempo, através de seu registros no espaço, em especial sob a espiral rítmica, de alta complexidade, bem como articular os ritmos, aparentemente cíclicos, para entender os processos naturais.



Fonte: Monteiro (2001, p. 138)

Figura 8: Representações lineares do tempo.

No segundo caso, predominam a marcação através da observação e ritmos naturais, signos mitológicos e técnicas simples, empregadas pelas sociedades tradicionais: ciclos sazonais, cheias e vazantes de rios, ritmos celestiais, observação do firmamento, ciclos biológicos, comportamento de animais e outros. Com formas peculiares de perceber/conceber e interagir com diferentes temporalidades, as sociedades constroem modos de viver próprios, diferenciando-se nas escolhas culturais e nos processos históricos.

O modo de ocorrência dos eventos e sua percepção geram temporalidades anacrônicas, diacrônicas e sincrônicas no espaço-tempo ambiental. A interação anacrônica ocorre de modo perceptível, intencional e imperceptível pela rememoração. Ao se debruçar sobre o passado com questões do presente, elaboram-se aprendizados e interlocuções anacrônicas controladas entre diferentes épocas (LORAUX, 1992, p. 61). Ainda que prisioneiro do presente dialoga-se com o passado, tornando ontem e hoje complementares.

Já o tempo diacrônico inscreve-se nas sucessões dos momentos históricos, distinguindo o presente e o passado; e o tempo sincrônico ocorre num eixo cujas temporalidades sociais diferem entre si, mas os eventos ocorrem simultaneamente (SANTOS, 1996, p. 126). Assim, os lugares só podem ser compreendidos pela interação de sucessões diacrônicas, coexistências sincrônicas e interação anacrônica, sob diferentes níveis de realidade, de acordo com os referenciais adotados.

Nesse sentido, as heranças contidas no espaço-tempo ambiental são intrínsecos ao acontecer presente. Embora não o determinem, interagem de modo não-linear. Apesar de viverem num mesmo momento, as sociedades constroem múltiplas realidades. As diferentes formas de marcadores espaço-temporais revelam a multidimensionalidade do espaço-tempo ambiental inseridas no holomovimento criativo da natureza. Simultaneidade, multiplicidade e não-linearidade são seus atributos.

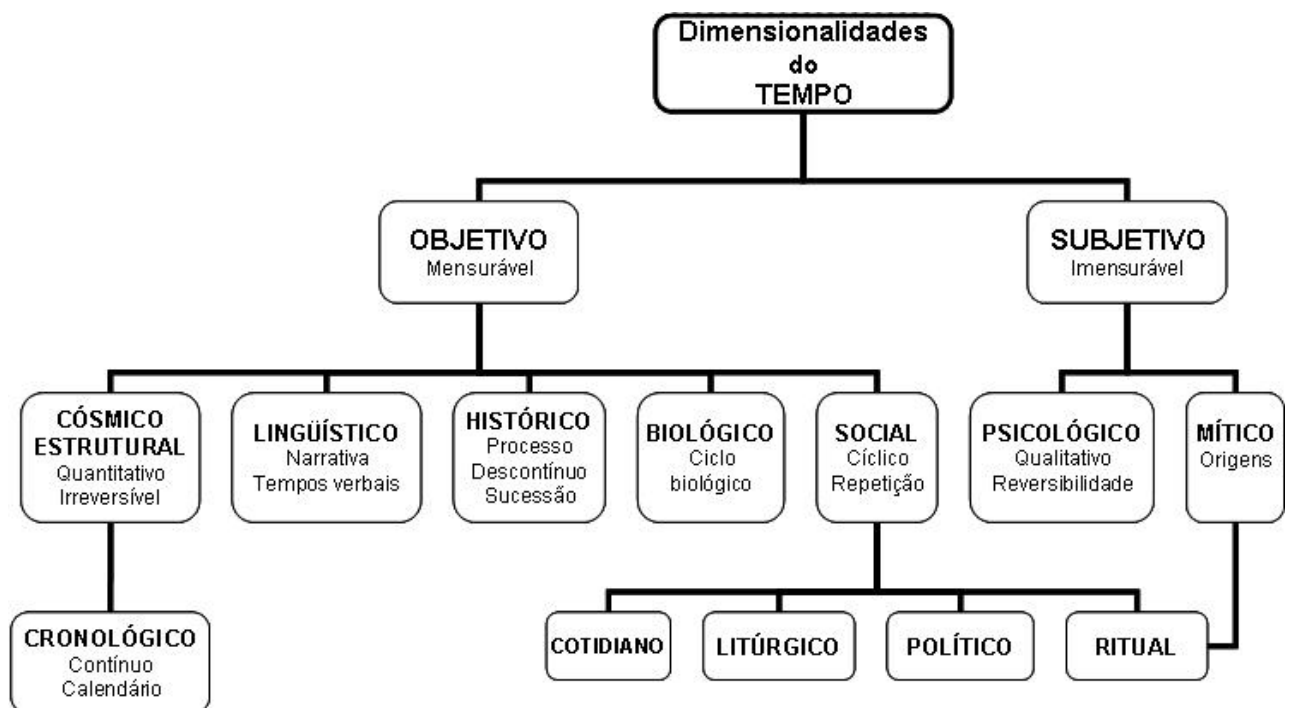
1.4. MULTIDIMENSIONALIDADE E MULTIRREFERENCIALIDADE DO ESPAÇO-TEMPO

É possível conceber formas diferenciadas de observar e representar as mudanças dos eventos registrados na paisagem, nos artefatos, na natureza, na memória e nas informações documentais no movimento ininterrupto do espaço-tempo ambiental. Variadas culturas ao longo da história produziram meios específicos para regular ciclos e ritmos sociais, visando

sua organização social, abastecimento, crenças, ritos, festas e a perpetuação. Resultante de um processo contínuo de aprendizagem, esses modos de marcar o tempo são acúmulo de saberes, sobre os ritmos naturais, movimentos celestes, sociais, ambientais, físicos, astronômicos, ou biológicos.

Assim, os marcadores temporais, ao lado de outros tantos padrões de medição, devem ser entendidos como indicadores histórico-sociais do contínuo processo de simbolismo que caracteriza o ser humano, a partir da observação de certas regularidades celestiais e ambientais. (BORGES, 2006, p. 40)

Formadas a partir de processos histórico-sociais, noções de tempo apresentam infindáveis modos de abstração (BORGES, 2006, p. 40). Em geral correspondem a espaços de referência. Se o espaço e o tempo são indissociáveis, diferentes formas de referenciar o tempo informam haver multidimensionalidades espaço-tempo (FIGURA 9).



Fontes: Elias (1998); Borges (2006), e Prigogine (1996)

Elaboração do autor: Loiola, S. A., 2013.

Figura 9: Pluridimensionalidade do tempo.

Ser pluridimensional confere ao tempo características complexas em cada sociedade. Prigogine (1996); Bosi (2001), Elias (1998), e Borges (2006) propuseram categorizar essa complexidade temporal em aspectos subjetivos e objetivos, entrelaçados de tal forma que só é

possível esboçá-los para efeito analítico. Para apreender essas temporalidades, o tempo repartido e mensurado em datas “não permite compreender a simultaneidade da existência social” (BOSI, 1992, p. 24).

O tempo subjetivo embasa temporalidades míticas e psicológicas, experimentadas pelos indivíduos. Essas temporalidades não equivalem ao tempo cronológico, biológico, ao vivido por uma sociedade e ao tempo estrutural, ou físico-químico, descrito por Prigogine (1996, p.8). Fazem parte de sua percepção, a memória, o afeto e as tradições, permitindo vivenciar recordações como se fossem atuais, o que o torna reversível e imensurável.

Essa memória não é a fotografia estática de um passado como propôs Bérson: “Na maior parte das vezes, lembrar não é reviver, mas refazer, reconstruir, repensar, com imagens e ideias de hoje, as experiências do passado.” (BOSI, 1987, p. 17). Coletiva ou individual, a memória estimulada por narrativas, pelo ambiente, objetos e comportamentos é mecanismo não só de representação espaço-temporal, mas também de co-produção do mundo.

Comportando-se como uma faceta do tempo subjetivo, o tempo mítico contido nas narrativas míticas, refere-se às gêneses sociais e lugares onde o presente é eterno. Nele tudo aparenta ser reversível pela rememoração. De forma similar, os sujeitos experimentam singularidades subjetivas na sua psique, no consciente e inconsciente, cujas bases não correspondem necessariamente à sucessão linear de fatos (MALDONADO, 2001, p. 113). Por ser qualitativa, a temporalidade mítica não requer mensuração.

Considerado como tudo aquilo que se caracteriza por um conjunto de ciclo de eventos, seja históricos, sociais, atmosféricos, astronômicos ou biológicos, o tempo objetivo tem a função de *marcar* a duração, os períodos e os ritmos individuais e coletivos (BORGES, 2006, p. 41). Esse tempo está presente no tempo social, regulando atividades cotidianas, rituais, festividades e o processo de trabalho; no tempo da reprodução de animais e plantas; no *tempo estrutural* do cosmos (PRIGOGINE, 1996, p.8), na sucessão de fatos históricos e narrativas.

Cada sociedade constrói sua noção de tempo objetivo a partir de escolhas socioculturais, não sendo ele neutro (BORGES, 2006, p. 42). Apesar de conter subjetividade, o tempo objetivo é passível de mensuração, sob referenciais diferenciados. Caracteriza-se por ser não-causal, irreversível, multiforme e irregular, cuja complexidade das relações entre fatos e fenômenos o insere num cenário de possibilidades e escolhas. De modo que, sua objetividade distingue, mas não o separa das demais temporalidades.

Essa profusão de noções dimensionais do tempo em outras sociedades encontra-se camuflada pelos conceitos de tempo na sociedade moderna (ELIAS, 1998, p. 32). Isso impede observar como outros povos viveram e vivem sem o tempo cronológico e o relógio. A

epistemologia positiva dificulta o entendimento da relação entre mundo simbólico e não simbólico por construir abstrações sob um método que isola e separa as partes de uma realidade, considerada mecânica. Assim, o distanciamento das pessoas de seu lugar no mundo impossibilita a leitura e a percepção das próprias linguagens utilizadas.

Quanto mais se investiga o conteúdo dos saberes, observa-se a relação entre o mundo simbólico e não simbólico, fazendo emergir ciclos e interações com uma natureza viva, contra a qual a sociedade moderna industrial pensa estar distante. A separação desse sujeito do mundo, almejado pela epistemologia positiva, resultou em seu próprio limite, por impossibilitar a leitura e a percepção das próprias linguagens utilizadas: “A ideia de um “sujeito” que, por uma espécie de acaso ontológico, seria projetado num mundo de “objetos”, ideia que era tão cara à antiga epistemologia, já pertence ao passado. (ELIAS, 1998, p.23)

Em geral, as representações do espaço-tempo nas sociedades não seguem a geometria euclidiana moderna. Muitas vezes a experiência é associada a uma representação mental da realidade por processos cognitivos e performáticos, objetivos e subjetivos, de uma geografia imaginativa (HODDER, 1991, p. 135; SEEMANN, 2003, p. 270).

A representação cognitiva ou mental “[...] inclui tanto as imagens do ambiente guardadas na mente das pessoas para encontrar caminhos ou se orientar no espaço, quanto artefatos físicos que registram como as pessoas percebem o espaço e os lugares” (SEEMANN, 2003, p.270). Na cartografia de performance, a representação é expressa por atos sociais não materiais, como gestos, rituais, canções, processos, danças, poemas e histórias, permitindo o deslocamento e a percepção nos ciclos, ritmos e ritos, sem a construção de instrumentos.

As etnias autóctones no Brasil são exemplos dessa diversidade de modos em lidar com as temporalidades. Suas bases fundam-se na observação de marés, cheias cíclicas de rios, períodos de estiagem, chuvas, frutificação e do firmamento, em geral associadas aos mitos. Esses povos milenares mantinham, e de certa forma mantêm, modos de vida, organização, técnicas e relação com o ambiente específicos, constituindo a formação socioespacial na *terra brasilis*, antes do século XVI (LOIOLA, 2007a, p. 149).⁹

Dessa forma, pensar uma abordagem espaço-temporal na Geografia requer conhecer e compreender o significado e os modos de lidar com as marcas no ambiente e as

⁹ Caracterizada por domínio territorial e laços de poder horizontalizados tanto na gestão, estruturação quanto na defesa; divisão social do trabalho, modo de produzir e viver voltados à autossuficiência, base agrária, valores culturais de não- acumulação; pouca concentração de poder e hierarquia; inexistência de Estado e moeda de troca; predomínio do escambo; flexibilidade e laços socioculturais internos e externos diferentes etnias, línguas e bases econômicas. Ver Prous (2006), Funari e Noelli (2002) e Loiola, 2007a.

multidimensionalidades das temporalidades utilizadas por diferentes culturas. Suas relações históricas, sociais, ambientais, técnicas e culturais imbricam-se num grau de complexidade composto por múltiplos níveis de realidade. Escala e métodos na geografia precisam se adequar para possibilitar a percepção e a captura simultâneas dessas diferentes dimensões da realidade, para compreender o holomovimento criativo composto do espaço-tempo.

1.5. ABORDAGEM GEOGRÁFICA COMPLEXA E O LUGAR DOS HUMANOS NA NATUREZA

Nenhum aspecto das sociedades se impõe como o espaço de vivência, não havendo sociedade a-espacial (SANTOS, 1979, p.10). Tampouco a produção do espaço existe sem a dinâmica da natureza. Ambos imbricam-se indissociáveis do movimento universal ininterrupto que os gera, formando o espaço-tempo ambiental. Este é condição e co-produto da auto-eco-organização, a negação da entropia pelos humanos.

Para além da instância social, o espaço comporta-se como atributo da natureza. Uma totalidade onde as sociedades elaboram seus *habitats* em estreita interação e dependência com os demais seres vivos. Assim percebido/concebido, o espaço de vivência é produto de intencionalidades e de processos biológicos e físicos, intrínsecos à manutenção da teia da vida.¹⁰

De forma que, o espaço de vivência é complexo, está contido e contém o holomovimento da natureza, retendo diferentes temporalidades ambientais, seja por meio das marcas físicas, biológicas, paisagem, informações, cultura material e imaterial ou a memória dos povos. Nele se entrelaçam sistemas de objetos, ações e processos naturais ininterruptamente, gerando infinitas possibilidades, que marcam o espaço-tempo, produzindo heranças e memórias.

As heranças e a memória retroalimentam o acontecer presente, fazendo o ontem e o hoje coexistirem numa formação socioespacial, que adquire feição ambiental, dada a inerência dos processos naturais, sociais e a densidade dos acúmulos diferenciais de tempo. Isso requer perceber/conceber os eventos geográficos como um imbricado de sistemas de objetos, ações e processos naturais no espaço-tempo ambiental, composto de objetos fabricados e não

¹⁰ Teia da vida aqui se refere à teoria da Teia da Vida, ora em construção. Ver Capra (2004).

fabricados, contínuos e descontínuos, num perpétuo movimento, em que a única constante é a mudança e a instabilidade.

Como atributo indiviso da realidade complexa da natureza, o movimento perpétuo autopoietico do espaço-tempo ambiental se dá numa teia recursiva e retroativa, cuja polimorfia está em constante metamorfose evolutiva. Pouco sentido faz almejar suas essências. Há que se perceber, compreender, conceber e explicar sua teia de relações, suas trajetórias, criações, heranças. Cabe à Geografia superar fronteiras, estabelecer diálogos transdisciplinares e elaborar abordagens complexas, tal qual a natureza de seus objetos.

1.5.1. ESCALA E MÉTODO COMO OPERADORES DE COMPLEXIDADE

Para apreender a multidimensionalidade do holomovimento criativo do espaço-tempo ambiental é necessário recorrer a uma noção de escala e método que permitam, além dos recortes temporal e espacial, relacionar fenômenos de natureza e amplitudes distintas: noções complexas de escala e método. Pois, a escala reduzida a uma proporção geométrica limita à percepção sistêmica de um espaço polimórfico, no qual fatos e fenômenos de natureza e tamanhos distintos, aparentemente desconexos, interagem num espaço de referência (CASTRO, 1995, p. 138).

O método, quando reduzido à metodologia, ou um caminho a ser trilhado, impede a possibilidade de conceber novos conceitos, criticar e desenvolver teorias e abordagens conjuntivas. Porém, se delimitamos o horizonte mental, deixamos de construir novas possibilidades. O método como estratégia criativa conduz à ultrapassagem do caminho estabelecido, ou um vício de percepção a priori.

Como estratégia criativa de captar as teias de relações dos objetos percebidos e concebidos, o método representa formas de compreender o mundo, permite verificar, desenvolver e apresentar os limites das teorias (MORIN, 1991; p.17-53; p.153-210). Nesse processo criativo, as teorias não podem assumir atributos de programas, mas engramas, ou uma impressão mental duradoura de explicação de uma dada realidade observada, sob um contexto histórico e cultural.

Dessa forma, a noção de teoria, método e escala estão estreitamente relacionados ao contexto de um dado paradigma. Seus argumentos mesclam-se nos três níveis de controle do discurso científico: o lógico, o semântico e o ideológico (MORIN, *op cit*). Portanto, somente rupturas teórico-epistemológicas não alteram paradigmas, é necessário intencionalidades

operarem para dar sentido, traduzir seus significados. Orientar as lógicas mestras e fazer escolhas acerca de quais critérios utilizar na organização dos saberes.

Semanticamente, o paradigma determina a inteligibilidade e dá sentido. Logicamente, determina as operações lógicas mestras. Ideologicamente é o princípio primeiro da associação, eliminação, seleção, que determina as condições de organização das ideias. É em virtude deste triplo sentido generativo e organizacional que o paradigma orienta, dirige, controla a organização dos raciocínios individuais e dos sistemas de ideias que lhes obedecem. (MORIN, 1991, p. 188)

Nos métodos estão implícitas formas de olhar a realidade, compreende o mundo, a relação sujeito-objeto e o sentido do conhecimento. Os métodos são as interfaces que os sujeitos cognoscitivos mentalizam para dialogar com a complexidade dessa realidade. Possuem estreitas relações com as teorias, as linguagens, à delimitação das pesquisas (SPOSITO, 2004, p. 55; MORIN, 2005a, p. 335). Suas bases não se confundem com a metodologia, envolvendo teorias, linguagens, conceitos, leis, visão de mundo e intencionalidades diversas.

Desta forma, na perspectiva complexa, o método não é um caminho dado a ser seguido, mas somente uma estratégia que permite verificar teorias, ou refutá-las, compreender, interpretar e dar sentido ao ato de conhecer e ao conhecimento. O método na abordagem complexa torna-se uma estratégia concebida não a priori, mas no ato de caminhar (MORIN, 1991, p.209). É uma ação cognitiva, intencional, um operador de complexidade, ou, operador da complexidade entre a realidade observada, a verificação das teorias e os pressupostos da pesquisa. O método, assim pensado, é um operador de complexidade cognitiva.

De modo análogo, na abordagem complexa, a escala assume valor de operador de complexidade. Pois, numa realidade não-analítica, holográfica e complexa, deliberadamente analisada, a parte conserva interações com a totalidade indivisa, e contém suas inscrições (BOHM, 1998. p.172). Se a parte não possui os recortes epistêmicos, nem hierarquias e dimensionalidades proporcionais a priori (CASTRO, 1995, p.134), a escala resulta de escolhas estratégicas, envolvendo a significação da pesquisa: “o que vemos é aquilo que escolhemos ver.” (LEVI, 1998, p. 203). De modo que, o território não contém os recortes da escala, nem é por ela contido (MORIN, 2005, p. 148).

Indissociáveis do todo, os recortes estão contidos e conservam inscrições e os fluxos de uma realidade holográfica (MORIN & MOIGNE, 2000, p. 205; BOHM, 1998, p. 202), seja

o local, as memória individual e coletiva, a bacia hidrográfica, um rio, o solo, uma etnia, a paisagem, o território usado, o clima, uma célula “tronco”, uma espécie, a região, uma sociedade ou um indivíduo.

Como representações abstratas de uma realidade não-objetiva (GRANGER, 1994, p. 46), os recortes espaço-temporais admitem diferentes níveis de realidade de acordo com os referenciais (NICOLESCU, 2000, p. 17); podem ser complementares e manter interações (BOHM, 1998, p. 176, GOSWAMI, 2001, p. 158), requerendo transformações qualitativas não-hierárquicas na análise (CASTRO, 1995, p. 134).

Atributo dessa realidade complexa, o espaço-tempo ambiental está além do visível, sua fluidez invalida a busca pela essência. Importa compreender a interação na sua teia multidimensional retroalimentada, auto-organizada, em perpétuo movimento, no qual os aspectos percebidos/concebidos, relacionais, observados e mensurados desse espaço são igualmente complexos.

Num primeiro momento percebe-se com os sentidos, numa perspectiva empírica aristotélica e kantiana, em seguida concebe-se simbolicamente; e por fim tenta-se compreender. O problema clássico entre a natureza da imagem mental e a realidade começa a se dissolver, pois a mente está acoplada ao seu entorno por processos cognitivos (MATURANA & VARELA, 1992; BOHM, 1998, p. 273). A intervenção sobre o mundo se dá em função dessa imagem construída, e não propriamente do real (CLAVAL, 1997, p. 94), todavia ocorre com e no seu movimento.

O recorte analisado é pleno de possibilidades, está contido e contém o fluxo de uma realidade holográfica (BOHM, 1998, p. 252; MORIN, 2005, p. 148). Entretanto, em que medida as inscrições do todo integram e interagem com a parte? Como operacionalizar pesquisas com objetos espaço-temporais polimórficos, indivisos e em movimento?

As limitações em lidar com um todo relacional derivam muito mais da forma de perceber/conceber o real do que da utilização dos instrumentos teórico-conceituais e dos aparelhos de medida (BOHM, 1998, p. 182; CAPRA, 2004, p.25). Para superar as perspectivas simplificadoras é preciso compreender o real em sua complexidade (HISSA, 2002, p. 265; SUETERGARAY, 2002, p. 118; MENDONÇA, 2002, p. 133; CHAVEIRO, LOIOLA & OLIVEIRA, 2005, p.9; MONTEIRO, 2003, p. 43).

Se o mundo é relacional, e o sujeito, os objetos de estudo, instrumentos teóricos e de medida integram e interferem na realidade não-analítica (BOHM, 1998, p. 193), então é necessário desenvolver estratégias para dialogar com essa complexidade, partindo da complexidade para obter respostas igualmente complexas.

Nessa perspectiva, uma abordagem dialógica informa que na aparente dicotomia entre geografia física e humana, sociedade e natureza, passado e presente, micro e macro na física, haveria um dualismo complementar de aporias.¹¹ Essa complementaridade atribui unidade a estudos aparentemente desconexos (MENDONÇA, 1998, 2002, p.123; SILVA, 1986, p. 36). No caso da geografia, a aparente dicotomia expressa uma unidade complementar (MENDONÇA, 2001, p. 62-68, LOIOLA, 2010, p. 5-20; 2011, p.66-90).

Sob o enfoque integrador da lógica do terceiro incluído (MORIN, 1991, p. 174; NICOLESCU, 2000, p. 25), uma visão dialógica permite conhecer e ter uma compreensão dos diferentes níveis de realidade dos objetos em estudo, sobretudo envolvendo o espaço-tempo ambiental.

Assim, assimilar a realidade por uma escala complexa requer entendê-la como estratégia metodológica para perceber, conceber, compreender, relacionar, diferenciar, reunir, representar e explicar o objeto na dinâmica do espaço-tempo, verificando permanências e rupturas de movimentos não-lineares (CASTRO, 1995, p. 136).

As propriedades dessa escala complexa incluem ordem-desordem, não-linearidade e linearidade, complexidade e caos (PRIGOGINE, 1996, p.8; SOUZA, 1997, p 47). Requer abstrair atributos além da forma. Incluir a imaginação e a criatividade. Utilizar empiria e mensuração indireta, teorias e categorias abstratas, bem como a integração da perspectiva do observador na realidade observada.

Caos e ordem, indivíduo e coletividade, macro e micro, natureza e sociedade, espaço e tempo são indissociáveis e complementares numa abordagem transdisciplinar. Compõem o *complexus* sob diferentes níveis de realidade, percebidos/concebidos sob a lógica do terceiro incluído.

Irredutível a um só nível disciplinar, a realidade complexa é sistêmica, multidimensional, de acordo com os referenciais adotados. Imbricam-se num espaço-tempo complexo, criativo, em constante mutação, necessitando de enfoques abrangentes, já que os saberes sobre o real ultrapassam as epistemes disciplinares, a ciência, e a própria ideia de que a ciência moderna positiva é a única a construir saberes (SANTOS, 2009, p.31-83). Para tanto, a expansão de consciência dos sujeitos cognoscitivos é necessária para trabalhar em conjunto e compreender uma realidade não-analítica, cujos processos, informações, eventos e fenômenos transitam entre, através e estão além das disciplinas.

¹¹ Fenômenos aparentemente opostos e contraditórios, mas que são comportamento dual e complementares de outro fenômeno mais abrangente (MORIN, 1990).

Para apreender as teias de relações dos objetos complexos, outra noção de escala geográfica é necessária. Na escala geográfica, que não se confunde com representações gráficas e de proporção entre áreas, tão ou mais importante que extensão espacial é conceber meios para operacionalizar metodologias que permitam verificar que sempre haverá múltiplos níveis de realidade, irreduzíveis a um único nível de percepção ou disciplina. Uma dada representação necessita relacionar o nível físico, o biológico e o sociocultural a fim de subsidiar uma compreensão complexa da realidade.

A lógica ternária do terceiro incluído fornece as bases para integrar diferentes níveis de realidade, com o estabelecimento de dialógicas complementares. Sob uma linguagem e metacategorias comuns às disciplinas, pode-se representar saberes acerca de um mundo ocultado pela separação positiva, abrindo novas fronteiras a serem (des)cobertas, não mais por olhares simples, mas sob múltiplas percepções de um mundo multidimensional.

Na abordagem geográfica complexa, a escala e o método assumem atributos de operadores de complexidade para ampliar diálogos entre disciplinas e verificar as teias de relações entre diferentes níveis de realidade dos objetos e de percepções dos sujeitos, e a interação entre ambos. No campo operacional, a escala gráfica não representa a escala geográfica. Esta cede lugar à escala geográfica complexa, entendida como um operador de complexidade para dialogar com um mundo complexo. A estratégia para tal apreensão parte do complexo para produzir representações complexas, tal como se apresenta a realidade.

1.5.2. APROXIMAÇÃO ENTRE AS CIÊNCIAS NA ABORDAGEM GEOGRÁFICA COMPLEXA

Sob as premissas da abordagem geográfica complexa, dedicada aqui ao passado distante, realizamos aproximação com várias disciplinas para investigar e compreender as estratégias adaptativas das sociedades às intempéries, entre elas a geografia, a arqueologia, a astronomia, a física, a biologia e a história ambiental. Essa aproximação se deu a partir de temas convergentes e de abordagens igualmente complexas, formulado por essas disciplinas. A busca de diálogos para superar os limites e fronteiras positivo-cartesiano se apresenta generalizada, em todas as áreas, o que facilitou a aproximação.

Na arqueologia dialogamos com a arqueológica pós-processual, sob o enfoque da arqueologia social, com a biologia comparada, a biologia evolutiva, a sistemática filogenética e a cladística, a etnoastronomia, a etnogeografia e a história ambiental. Essas áreas

apresentam compatibilidades teóricas e similitudes no viés interpretativo, pois estas ciências revelam empenho em desvendar as relações sociedade-natureza e integrar o tempo ao espaço.

A ênfase em informações e saberes herdados de sociedades antigas conduziu a escolha de abordagens que facilitassem a compreensão e a interpretação dessas heranças, sob uma visão integrada. Significar as heranças é o elemento central da problemática da tese.

É a partir da interpretação dos vestígios da cultura material, dos estudos paleoambientais, registros documentais, etnográficos e o cruzamento com resultados de pesquisas em fontes bibliográficas que se pode investigar a dinâmica desde o passado (PROUS, 1992, 1999, p.19–34, 2006; WÜST, 1999). Esses vestígios e marcas são fontes de pesquisa não só para a arqueologia, mas biogeografia, biologia, paleontologia, paleantropologia, etnobotânica, etnoastronomia, etnopedologia, etnomatemática, geografia, entre outras ciências. Fundamentada em vestígios na paisagem, mensuração indireta, cultura material, marcas materiais e imateriais e dados paleoambientais, essas ciências oferecem informações divulgadas em relatórios, teses, dissertações, livros e revistas.

A arqueologia aborda a vida quotidiana das sociedades antigas, atribuindo importância à interação ambiental dado ao afastamento temporal de seu objeto (PROUS, 2006). Possui metas e recursos similares às ciências humanas, procurando entender adaptações, desenvolvimento, funcionamento e representações simbólicas da sociedade necessitando das ciências da terra, da vida e exatas para tratar a cultura material.

Entretanto, as interpretações arqueológicas não são definitivas por usarem métodos mais precisos das ciências duras, já que representam as possibilidades interpretativas do momento (REIS, 2005; PROUS, 2006). Como em todo conhecimento científico, a arqueologia constrói representações do real (GRANGER, 1994; MORIN, 1991), não sendo suas teorias espelhos de uma realidade objetiva, pois são co-produtos do espírito humano.

Ao utilizar informações arqueológicas é preciso observar que culturas arqueológicas não só diferem da noção de cultura nas ciências sociais em geral, como não são suficientes para abarcar a realidade em estudo (WÜST, 1999), já que geralmente os objetos de estudo resultam de atributos metodológicos na investigação (PROUS, 2006).

No Brasil, entre as principais escolas arqueológicas atuantes estão a histórico-cultural, processual ou nova arqueologia, francesa e pós-processual. A arqueologia social é a corrente arqueológica que mais se aproxima da perspectiva geográfica do passado distante. Valoriza o indivíduo, ou como indivíduos alteram a sociedade e a natureza, considerando aspectos ideológicos, políticos, religiosos das sociedades e dos arqueólogos na interpretação (BENAVIDES, 2001). Suas reflexões acerca da influência da classe social, ideologia, cultura

e gênero dos arqueólogos nas questões e a preocupação maior com o destino do continente do que com os aspectos tipológicos e cronológicos da cultura material, influenciaram as ciências sociais em toda América Latina.

O enfoque da etnogeografia mantém similitudes com a arqueologia social. Fruto da abordagem cultural renovada pós-1980, entre outros temas, a etnogeografia investiga interações socioambientais e a diversidade cultural (RETAILLE, 1995), procurando saber como as sociedades “tiram partido da natureza para se alimentar, se proteger contra intempéries, se vestir, habitar etc., modelar o espaço a sua imagem e em função de seus valores e de suas aspirações” (CLAVAL, 1997, p. 114). Nesse sentido, a etnogeografia entende que os saberes tradicionais pouco se diferenciam dos científicos.

Conforme Claval (1997, p. 113), a etnogeografia visa relacionar saberes, analisar suas bases e seus modos de elaboração, inventariar as categorias representativas do real e atribui significados, questionando como esses conhecimentos são utilizados, reinterpretados, respeitados (ou transgredidos), reproduzidos e transmitidos.

A cultura é um dos fundamentos da abordagem etnogeográfica, seja no sistema de representação, manifestação da sua forma de sentir e perceber o mundo (cosmologias); seja na dimensão coletiva dessa representação, sua comunicação padronizada, ou códigos e normas para reproduzir o conhecimento; seja na cultura dos indivíduos, que é dinâmica e não homogênea, dadas as diferenças de gênero, formação e criatividade (CLAVAL, 1997). Nas sociedades autóctones no Brasil, a reprodução desses saberes ocorre por meio da língua, cantorias, mitos, ritos, danças, pinturas e artefatos.

Uma das proposições da etnogeografia está a de abordar as dimensões biológica, ambiental e a cultural, tais como manifestação simbólica, normas, valores, crenças, cosmologias, códigos e as significações da organização social e do ambiente (GOMES, 1998). Essas dimensões dão pistas sobre o modo de vida, as relações sociais, a divisão do trabalho, a interação com a natureza e a organização socioespacial.

Complementar à abordagem etnogeográfica, cujo foco é a sociedade, a história ambiental, ramo recente fruto da aproximação entre história e história natural, privilegia a natureza. Para a história ambiental, a cultura resulta de interações físicas, biológicas e antroposociais, por uma via de duplo sentido com o ambiente (DRUMOND, 1991; WORSTER, 1991; CRONON, 1996; FREITAS, 2003). Desta forma, tanto à dinâmica da natureza atua sobre os aspectos socioculturais, deixando marcas na memória e exigindo esforços adaptativos, quanto às sociedades constroem objetivações, simbolismos, artefatos, elaboram linguagens, técnicas e fazem escolhas diante dos processos naturais.

As abordagens da história ambiental se aproximam da etnogeografia e da arqueologia social. Sob a perspectiva de WORSTER, (1991), três aspectos são convergentes. Num primeiro momento ela foca a história natural, investigando o histórico biogeográfico dos ambientes. Em outro se dedica ao plano socioeconômico e político, objetivando as decisões sobre o ambiente na história, e posteriormente procura saber como um grupo ou indivíduo, percebe, cria valores, ritos, mitos e outras estruturas simbólicas a partir da dinâmica da natureza.

Aproximar a perspectiva da história ambiental, etnogeografia, biologia comparada e da arqueologia social, permite simultaneamente olhar para a sociedade e a natureza no passado e no presente, sem determinismos. Contudo, abordagens geográficas complexas e as perspectivas do passado distante necessitam de aprimoramentos, o que não se fará sem a operacionalização de pesquisas conjuntas por diferentes atores da ciência.

Tal empreitada pode ser bem sucedida se pressupor fenômenos físicos, biológicos e antropológicos indissociáveis, já que fenômenos físicos são mais antigos e relativamente autônomos, dos quais derivaram a história da vida, indissociável desta emergiu a história humana (MORIN, 2002). O que requer reunir e distinguir essa tríade, e não isolar e separar.

Por ser o lugar central nas heranças, a paisagem destaca-se na investigação do passado distante. Suas ontologias contêm, além do simbolismo, processos físicos e biológicos (CRONON, 1996; FREITAS, 2003). Considera-se assim uma tríade de processos interagentes na paisagem: o sociocultural, no qual predominam as atividades sociais, econômicas, culturais e simbólicas; o físico, sob uma fisiologia da paisagem, com processos morfodinâmicos, suportado por morfoestruturas passíveis de serem compartimentadas (AB'SABER, 1969); em terceiro, processos biológicos, ecológicos e biogeográficos, incluindo o gênero humano e os seres vivos.

A paisagem é um produto ambiental, resultante da interação sociedade-natureza, trabalho e matéria, sons, cor, odor e ação (SANTOS, 1997, p. 61). Assume dimensões físicas, biológicas e simbólicas ao materializar desejos e aspirações (SANTOS, 2004), necessitando de uma noção de escala que permita relacionar fenômenos de natureza e amplitudes distintas: uma noção de escala como operador de complexidade, conforme visto no item anterior.

Desta forma, para desvendar a evolução das sociedades é necessário ir além de uma “geografia do presente”, estabelecer diálogos com as demais ciências e integrar complexidade, considerando as rupturas epistemológicas com a ciência positiva ao longo do século XX e início do XXI. Um aceno de possibilidades e rupturas paradigmáticas para a geografia.

Sob essa perspectiva complexa, transitaremos por diferentes níveis de realidade, físico, biológico e sociocultural, para sondar a evolução cognitiva humana, dialogando com o significado da evolução de sistemas cognitivos, configurados em sistemas complexos adaptativos, entre eles a linguagem falada, a organização sociopolítica para gerir grandes grupos, a arte, a ciência e o sistema de crença, e os seus limites para a construção das estratégias adaptativas. Especial atenção será dada aos marcadores de tempo, as formas de abastecimento das sociedades e a construção de abrigo a fim de (des)cobrir como diferentes sociedades foram capazes de construir estratégias adaptativas similares diante das variações dos ritmos climáticos, quase simultaneamente, de forma independente em diferentes partes do planeta, quando teve início o Holoceno, acerca de 11500 anos atrás.

CAPÍTULO 2

COMPLEXIDADE DA TEIA DA VIDA E AS LEIS DA NATUREZA: CAOS, VARIABILIDADE PALEOCLIMÁTICA E EVOLUÇÃO HUMANA

A matéria é cega ao equilíbrio ali onde a flecha do tempo não se manifesta; mas quando esta se manifesta, longe do equilíbrio, a matéria começa a ver! Sem a coerência dos processos irreversíveis de não-equilíbrio, o aparecimento da vida na Terra seria inconcebível. A tese de que a flecha do tempo é apenas fenomenológica torna-se absurda. Não somos nós que geramos a flecha do tempo. Muito pelo contrário, somos seus filhos.¹²

Sob a perspectiva da abordagem geográfica complexa, esboçada no primeiro Capítulo, neste Capítulo são expostos os significados do caos para os sistemas climáticos, as leis da natureza e a evolução humana, a fim de fundamentar as premissas centrais da tese.

Procura-se evidenciar que a evolução cultural e cognitiva estão acopladas estruturalmente aos ritmos naturais. Nesse processo de interação, a intensificação da evolução cultural ocorrida entre 70 mil e 50 mil anos AP, no final do Pleistoceno Superior conduziu, simultaneamente, à aceleração da evolução cognitiva e ao acúmulo de saberes acerca dos ritmos naturais, culminando com o desenvolvimento e a diversificação de *sistemas complexos adaptativos* derivados, entre eles a ciência, os sistemas de crenças, a arte e a organização sociopolíticas para gerir grandes grupos. Estes sistemas atuaram de forma subjacente aos processos que conduziram a complexificação social e a diversificação de estratégias adaptativas antes e durante o Holoceno.

¹² PRIGOGINE, Ilya. *O fim das certezas: tempo, caos e leis da natureza*. São Paulo: UNESP, 1996. (p.11-12)

2.1. SIGNIFICADOS DO CAOS NOS RITMOS NATURAIS

A ideia de caos remonta a antiguidade. Está presente em culturas no ocidente e no oriente (GUTIÉRREZ, 2011). Na antiguidade clássica do ocidente geralmente era associado tanto a ideia de gênese e vazio, quanto à desordem, algo destrutivo, aquilo que separa. Na perspectiva aristotélica o que reinava no mundo era a ordem, pois o mundo seria eterno e ordenado. No oriente, a ideia de caos era associada à geração da novidade, de mudança e oportunidade.

Desde a antiguidade essa ideia de caos se modificou, mas a visão aristotélica acerca do significado de caos se impôs nas ciências. Influenciou as ciências por mais de 2000 anos. Embora seja uma das características fundamentais da natureza, no pensamento ocidental o caos era desconsiderado, ou mal interpretado, bem como a relação intrínseca entre caos e ordem. A negação desta relação se evidencia na busca de determinações nas leis naturais.

A mudança de concepção sobre o significado do caos veio da constatação, ao longo dos últimos dois séculos, da validade da entropia em diferentes áreas, da observação empírica de fenômenos naturais e o papel construtivo do caos e do tempo para a interpretação do comportamento da natureza (PRIGOGINE & STENGLERS, 1997; PRIGOGINE, 1996, 2002). Para Prigogine (1996, p.11-13), ao conceber uma ideia de mundo idealizado, estável e ordenado, deixamos de perceber o mundo real, de instabilidades e evolutivo, de geração de novidades.

[...] a ideia de que o conceito de estado inicial de um sistema é sempre válido, qualquer que seja a lei dinâmica desse sistema, a ideia de que a determinação das condições iniciais é uma operação teoricamente concebida para todo sistema dinâmico, está hoje abandonada. [...] esta brecha, finalmente descoberta, no edifício da dinâmica clássica, e a morte, enfim sobrevinda, do demônio de Laplace. Quanto à ciência clássica, desde o momento em que aceitava a verdade da descrição dinâmica, *devia* concluir pelo determinismo universal, pelo caráter ilusório dos processos que constituem o mundo que habitamos, e que nos fizeram seres vivos e falantes. (PRIGOGINE, 1997, p. 60)

Se antes a visão idealista de ordem se projetava a partir da física e afastava a instabilidade e a incerteza, o desenvolvimento da física e da química de não-equilíbrio nas últimas décadas do século XX demonstram que o caos e a irreversibilidade da flecha do tempo são geradores tanto de ordem quanto desordem. Conforme Prigogine (1996, p.29), mesmo nos casos simples como o experimento da câmara de difusão térmica, a entropia introduzida pelo fluxo de calor leva a mudança de estado, a uma nova ordem.

Prigogine (*ops cts*; 1996, p. 29-58) demonstrou em seus experimentos que os sistemas dinâmicos estáveis só existem na idealização, e não descrevem o predomínio do não-equilíbrio, da incerteza e da tendência a instabilidade, as flutuações e bifurcações em todos os níveis. Essas características predominantes conduzem á complexificação e à geração de outras ordens. Ou seja, há um papel construtivo no caos. Este é estrutural, uma propriedade inerente a todo processo deste Universo, condição da unidade e da diversidade nos sistemas naturais.

Entres as contribuições da físico-química de não-equilíbrio de Prigogine está a descoberta de que a matéria tem tendência a se auto-organizar, formando estruturas dissipativas em certas condições. As estruturas dissipativas são essenciais para compreender o comportamento dos processos diferenciado de alta instabilidade das estrelas, o comportamento dos seres vivos, de um furacão e outros fenômenos climáticos, que se comportam como estruturas dissipativas, consumindo mais energia, ou seja, afastados do equilíbrio. Só existem nessa condição, deixando de existirem tão logo cesse o fluxo de energia que os atravessa. Quando

[...] no equilíbrio e perto do equilíbrio as leis da natureza são universais, longe do equilíbrio elas se tornam específicas. Esta observação é conforme à variedade de comportamentos da matéria que observamos ao nosso redor. Longe do equilíbrio, a matéria adquire novas propriedades em que as flutuações, as instabilidades desempenham um papel essencial: a matéria torna-se mais ativa. (PRIGOGINE, 1996 p. 68-69).

Prigogine descreve que as estruturas dissipativas surgem de reações químicas que se tornam instáveis a partir de uma distância crítica do equilíbrio, gerando “[...] um conjunto de fenômenos novos: podemos ter reações químicas oscilantes, estruturas espaciais de não equilíbrio, ondas químicas. Chamamos de “estruturas dissipativas” essas novas organizações espaço-temporais.” (PIGOGINE, 1996, p. 69).

Ao contrário da geração de entropia mínima das reações químicas próxima do equilíbrio, as estruturas dissipativas aumentam a produção de entropia. Para Prigogine (1996, p. 71), a distância do equilíbrio é parâmetro essencial para descrever o comportamento da matéria “Num tom metafórico, pode-se dizer que no equilíbrio a matéria é cega, ao passo que longe do equilíbrio ela começa a ver.”

Outra contribuição de Prigogine foi à demonstração da existência de um tempo estrutural e irreversível, explicitando que a representação cartesiana simétrica entre passado e futuro é arbitrária, pois o que se verifica é a irreversibilidade, o indeterminismo e a assimetria

do tempo. De um tempo que resiste as nossas experiências, não sendo apenas fenomenológico.

Os pressupostos deterministas descreviam um conhecimento completo e a certeza de uma realidade idealizada, com possibilidade de previsibilidade do futuro, e retroagir ao passado, desde que as condições iniciais fossem dadas, possível somente com a presença de um observador onisciente, feito um “demônio de Laplace”. No entanto, conforme Prigogine (1996, 12) “Desde que a instabilidade é incorporada, a significação das leis naturais ganham um novo sentido. Doravante elas exprimem possibilidades.”

O predomínio da instabilidade, do não-equilíbrio e a existência de uma flecha do tempo irreversível trás novos significados sobre a ideia de caos. Ela agora se aproxima do pensamento antigo oriental. A negação da irreversibilidade e do caos se dava pelo desconhecimento de que são eles os geradores tanto da ordem quanto da desordem. O mundo é mutável, instável, cuja evolução e criatividade depende do não-equilíbrio.

A termodinâmica dos processos irreversíveis descobriu os fluxos que atravessam certos sistemas físico-químicos e os afastam do equilíbrio podem nutrir fenômeno de auto-organização espontânea, ruptura de simetria, evolução no sentido de uma complexidade e diversidade crescentes. No ponto onde se detêm as leis gerais da termodinâmica pode-se revelar o papel construtivo irreversibilidade; é o domínio onde as coisas nascem e morrem ou se transformam numa história singular tecida pelo acaso das flutuações e a necessidade das leis. (PRIGOGINE, 1997, p. 207)

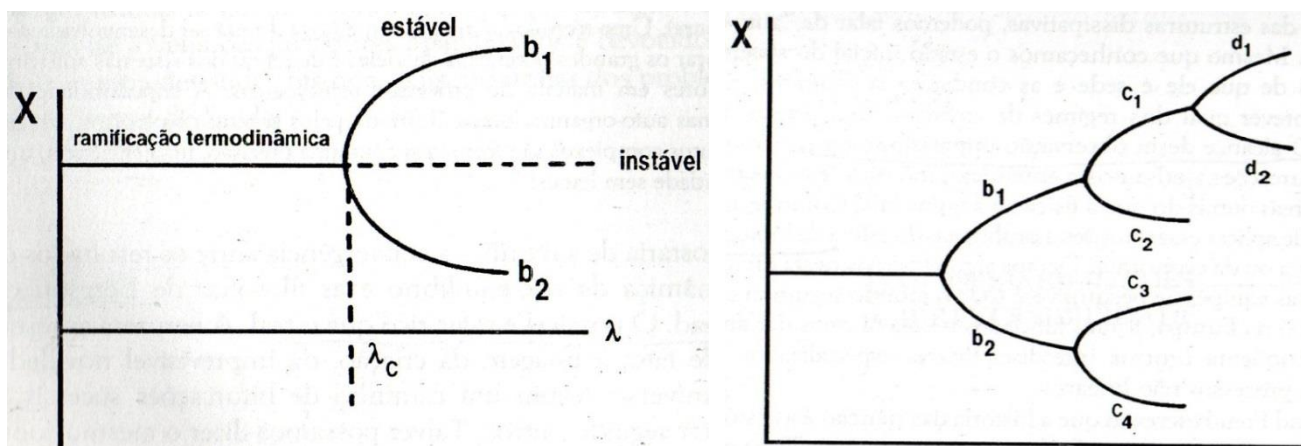
Se a instabilidade e as flutuações tem papel construtivo, caos deixa de ser o oposto de ordem. Caos não significa mais incessante o aumento da desordem, passa a ser compreendido como um estado de imponderabilidade inerente aos processos naturais. É um estado de probabilidades e instabilidade, gerador de processos coerentes, e não coerentes.

As leis naturais deixam de ser atemporais, para necessariamente, incluírem o tempo, pois é no tempo que se gera a novidade. O caos leva a mutação dos processos, e a geração de eventos no tempo, e da novidade, o que antes inexistia. Essa noção de caos altera a descrição de como a natureza se comporta em todos os níveis e dimensões, do macro ao micro, do biológico ao cosmológico, dos sistemas vivos ao sociocultural, afastando as premissas da idealização determinista.

Os caminhos da natureza não podem ser previstos com segurança; a parte de acidente é neles irreduzível e bem mais decisiva do que o próprio Aristóteles julgava: a natureza bifurcante é aquela em que pequenas diferenças, flutuações insignificantes, podem, se se produzirem em circunstâncias oportunas,

invadir todo o sistema, engendrar um regime de funcionamento novo. (PRIGOGINE, 1997, p. 207)

Conforme Prigogine (1997, p. 226), as estruturas dissipativas se diferenciam de sistemas dissipativos. Os sistemas dissipativos são sistemas termodinâmicos abertos que operam afastado do equilíbrio, mas mantem equilíbrio estável e simétrico na geração de novos produtos estáveis. Já as estruturas dissipativas são casos particulares de sistemas dissipativos que têm a capacidade de se reproduzir, a partir de um estado estacionário do sistema de elevada entropia, gerando bifurcações assimétricas e tendência a complexificação. As estruturas dissipativas evoluem longe do equilíbrio, gerando ramificações não lineares, que, ao atingir novos estados críticos se desdobram em novas estruturas dissipativas (FIGURA, 10).



Fonte: Prigogine, 1996, p.72 e 73.

Figura 10: Diferença entre a Evolução de um Sistema dissipativo e uma Estrutura dissipativa. No primeiro caso é gerada uma bifurcação em forquilha de novos produtos estáveis, a partir da instabilidade do produto intermediário X. No segundo caso novos produtos continuam a ser gerados continuamente, com quebra de simetria na bifurcação.

A manifestação inesperada dos processos de desordem/ordem, longe do equilíbrio valida a segunda lei da termodinâmica, e transforma profundamente a interpretação tradicional, pois agora foi desvendada uma propriedade da matéria, a tendência de formar estruturas dissipativas coerentes a partir da desordem, que podem evoluir para a auto-organização na Terra e na vastidão do Cosmo, como os sistemas complexos adaptativos a serem vistos adiante.

Capra (1996, p. 147-151) destaca que as estruturas dissipativas são ordens que flutuam a partir da desordem, como é o caso dos organismos vivos, que extraem energia e matéria do

ambiente para gerarem e manterem sua ordem evolutiva, e conseqüentemente aumentam a entropia do ambiente. Desta forma, três características importantes se apresentam nas estruturas dissipativas. A primeira revela que fluxos de matéria e energia são abertos, mantendo múltiplos laços de realimentação interligados, gerando elevada entropia, instabilidade e indeterminação.

A segunda característica das estruturas dissipativas é possuírem um padrão de organização emergente, de geração da novidade, criativo, a partir de um ponto crítico do qual as estruturas dissipativas se bifurcam, gerando novas estruturas, em crescente complexidade, de modo que a auto-organização, a emergência espontânea da ordem, resulta da combinação do não-equilíbrio, da irreversibilidade, da instabilidade e dos laços de realimentação. A terceira é apresentarem estado futuro imponderável, pois o comportamento evolutivo da estrutura dissipativa torna incoerente a aplicação de leis universais. Perto do equilíbrio pode-se lidar com leis universais, mas afastado do equilíbrio move-se do universal para o único, em direção à variedade (PRIGOGINE, 1996, p. 68). Exemplos típicos de estruturas dissipativas são os organismos, empresas, células, a estrutura de DNA, furacão, redemoinhos de água, estrelas, fenômenos de cristalização, reação de Belousov-Zhabotinsky (BZ), estruturas do ATP e ADP em formas ionizadas (espontânea).

O novo significado do caos implica a construção de novas ideias sobre ordem e desordem, instabilidade e equilíbrio acerca do espaço de vivência (SOUZA, 1997), e sobre os ritmos dos sistemas climáticos (MONTEIRO, 1991, 2001), gerando novas formas de percepção da realidade. Do caos podem emergir padrões de organização e movimento, regularidades, periodicidades, ritmos, complexidade, conectividades e de atratores de convergência de trajetória, como o caso da geometria fractal da vida.

A nova concepção de caos é a emergência. Fundamental para compreender a contínua geração de novidade no tempo. Um tempo estrutural que tem o papel de criar estruturas novas. À medida que fenômenos irreversíveis ocorrem, não somente há o aumento da desordem, mas processos coerentes se desdobram em novas ordens, gerando novidades criativas.

No dito de Prigogine (1997, p.84), o significado de caos e a irreversibilidade do tempo estabelecem uma nova aliança dos humanos com a natureza que eles descrevem. Para esta tese, a matéria organizada em estrutura dissipativa se diversificou e se complexificou no meio físico-químico, evoluindo para os sistemas complexos adaptativos, estruturas biológicas e socioculturais complexas auto-organizadas, que perpassam os diferentes níveis de realidade da vida, em especial a evolução da vida humana, a ser estudada neste Capítulo.

A evolução dessas estruturas ocorreu sob intensa variação do clima no passado, acopladas estruturalmente aos ritmos naturais. De modo que, a variabilidade dos ritmos naturais tiveram papel construtivo nesse processo evolutivo. Os humanos modernos e seus ancestrais evoluíram nesse contexto de intensas mudanças no clima terrestre. As mudanças climáticas funcionaram como *imput* propulsor das inovações humanas, o que evidencia a habilidades desenvolvidas para se adaptar às condições de variação climático-ecológica.

Veremos a seguir o significado de caos como emergência de novas possibilidades no contexto dessas variações, o qual os humanos fizeram a travessia evolutiva, seguindo a proposta metodológica da abordagem geográfica complexa de se partir do nível físico, passando ao biológico até chegar ao nível de realidade de maior complexidade, o sociocultural e cognitivo, para corroborar as hipóteses.

2.1.1. SISTEMAS COMPLEXOS, CAOS E VARIABILIDADE PALEOCLIMÁTICA GLOBAL

Nikola Tesla afirmava que para se entender os segredos do Universo é preciso pensar em termos de vibração, frequência e energia. Tesla se referia ao Universo como se fosse uma orquestra, com infindáveis sinfonias, cujas frequências, harmônicas, amplitude, interações vibrações descreveriam um comportamento ondulatório e rítmico. Esse comportamento ondulatório é característica do campo eletromagnético e da luz, como demonstrou James Maxwell no século XIX. No mundo micro, frequência, oscilação, amplitude e vibração dos átomos e moléculas também denotam um padrão de movimento que pode ser descrito pela ondulatória.

Similar ao campo eletromagnético e ao comportamento no mundo micro atômico e molecular, no mundo macro, grande parte dos movimentos dos sistemas físicos e bióticos seguem, ou podem ser representados, por padrões ondulatórios. O movimento das ondas do mar, o ciclo de vida dos seres vivos, a rotação e translação da Terra em torno do Sol, os períodos de estiagem e chuva, noite e dia, o batimento cardíaco e a respiração podem de ser representados pela ondulatória, e caracterizados por frequência, intensidade, variação, interação, flutuação e ciclos.

A interação entre essas múltiplas dimensões do mundo micro e macro, do nível atômico ao molecular, dos organismos e dos sistemas vivos assumem movimento padrões de

comportamentos compostos multidimensionais, cuja complexidade só pode ser apreendida por conceitos compostos, como a ideia de ritmo.

Como conceito composto, o ritmo revela aquilo que interage, se move, muda, descreve padrão de mudança, intensidade e duração, periodicidade, podendo se repetir ou não, não significando necessariamente repetição “[...] Pode ser tido também como uma alteração de elementos contrastantes. Associando movimento e contraste, aparece a condição *sine qua non* do ritmo que é sua periodicidade, uma configuração de movimentos não recorrentes.” (MONTEIRO, 2001, p 148).

A observação de processos compostos pela interação de movimentos que descrevem padrão de periodicidade tem levado a concepção rítmica. Como é o caso de Capra (2012, p. 73, 279-280), ao expor que os seres vivos e as estruturas físicas descrevem processos multidimensionais e interdependentes, cujo padrão de movimento dos processos compostos gerados são mais bem representado, ou expressado, pelo padrão rítmico.

[...] processo e estabilidade, entretanto, são compatíveis somente se os processos formam modelos rítmicos – flutuações, oscilações, vibrações, ondas. Plantas, animais e seres humanos passam por ciclos de atividade e repouso, e todas as suas funções fisiológicas oscilam em ritmos de varias periodicidade. Os componentes dos ecossistemas estão interligados através de trocas cíclicas de matéria e energia: as civilizações ascendem e caem em ciclos evolutivos e o planeta como um todo tem seus ritmos e recorrências, enquanto gira em torno do seu eixo e se move ao redor do sol” (CAPRA, 2012, p. 280)

Nas ciências em geral busca-se uma compreensão ritma para os processos naturais, sobretudo a partir da visão sistêmica. Na Geografia Maximiliano Sorre, na década de 1930, propôs uma concepção de ritmo ao clima significando sequência, durações e o retorno habitual dos tipos de tempo nos lugares e nas suas relações com a vida, no sentido biológico, e de Carlos A. Monteiro ao propor a análise rítmica dos tipos de tempo, a partir da análise da circulação atmosférica para compreender os climas locais e regionais (ZAVATTINI, 2004, p.35, 343, OGASHAWARA, 2012, p.57-61).

Para Ely (2007, p. 252), Monteiro teria se inspirado na perspectiva teórica metodológica da análise sistêmica das teorias da circulação atmosféricas e no conceito de ritmo climático de Maximiliano Sorre, ao produzir uma climatologia dinâmica que explicasse a gênese do ritmo dos estados de tempo em um lugar. Em sua abordagem rítmica, Monteiro (1991) enfatiza as noções de sucessão habitual dos tipos de tempo e de movimento para se compreender as características da dinâmica climática dos lugares.

Nesta perspectiva, para uma dada relação espaço-tempo em permanente transformação, há uma polirritmia resultante de interações entre a dinâmica social, ritmos físicos e biológicos nos processos naturais, em diferentes escalas espaciais. Na abordagem geográfica complexa, o espaço-tempo ambiental é resultante dessa polirritmia, e configura-se não como instância da sociedade, mas instância da natureza, no acoplamento estrutural autopoietico entre sistema de objetos, ações e os ritmos dos processos naturais. A sociedade e o espaço de vivência são integrantes e co-produto do holomovimento criativo e ininterrupto da natureza, como visto no primeiro Capítulo.

Assim, entende-se que os sistemas climáticos seguem um padrão rítmico termodinâmico no limiar do caos, por uma sucessão de fenômenos climáticos contínuos no tempo, apresentando padrão diferenciado sobre os lugares, conforme recomenda Monteiro (1976, 1991, 2001) para uma compreensão geográfica da dinâmica do clima. Há uma interação específica entre fenômenos climáticos globais, e o desdobramento interativo entre as escalas regionais e locais. Nesse processo interativo a hierarquia entre escalas se dá sob a estrutura em árvore multinivelada, cujas interligações entre condicionantes verticais e horizontais descrevem fenômenos climáticos específicos, identificadas nos hólons, ou nós dessa árvore (MONTEIRO, 1976).

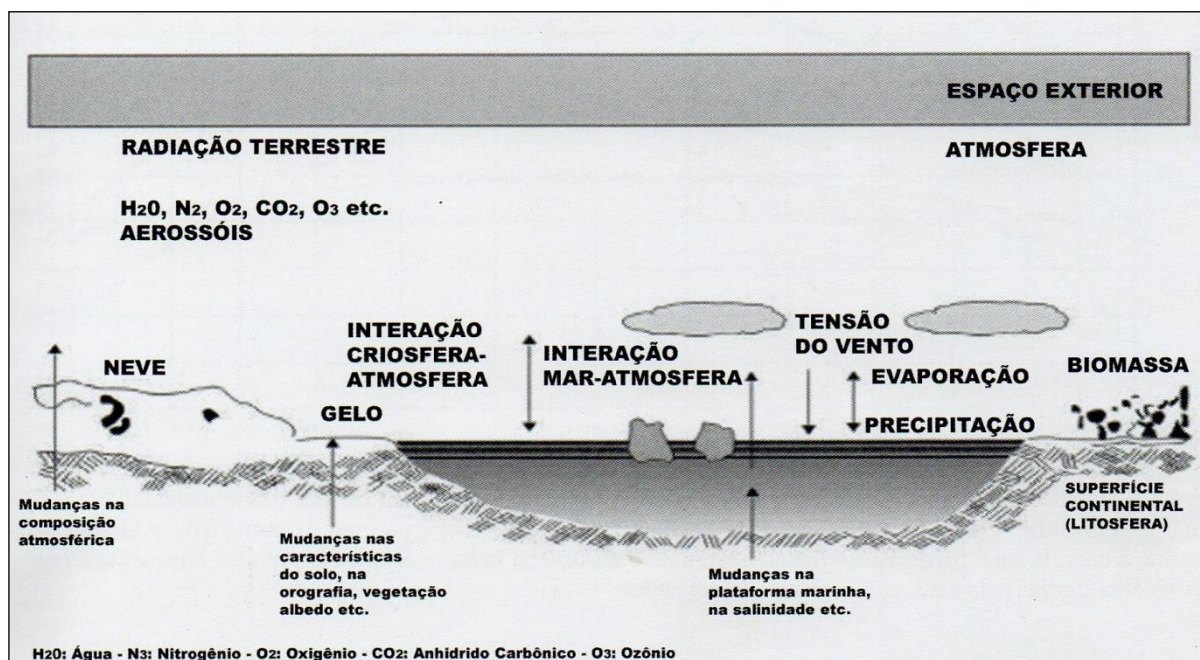
Assim, os sistemas climáticos, como fenômeno geográfico, evoluem a partir dos nós dessa árvore, os hólons, de modo que “ [...] formas intermediárias de organização que participam tanto das propriedades autônomas do todo quanto das propriedades dependentes das partes.” (*op cit*, p.. 112-115). Como fenômeno composto, os hólons, são estruturas intermediárias entre a circulação geral e as condições locais, contendo as características destes e do todo, que também o contém. Esses elos, ou hólons, podem ser definidos a partir do seu ritmo, do modo de variação e da quantificação dos elementos mensuráveis discretos no menor tempo possível de ocorrência das condições atmosféricas no local.

O clima, como fenômeno geográfico, comporta-se assim como um fluido dinâmico (ELY, 2007, p. 255; MONTEIRO, 1976). Em cada período de tempo e lugar o clima apresenta configuração correlativa específica com seus elementos geradores, de modo a apresentar uma pulsação, que descreve o padrão rítmico dos tipos de tempo nesse dado lugar. A sucessão habitual dos tipos de tempo no lugar descreve, a partir das interações das condicionantes horizontais e verticais, o comportamento espacial do ritmo climático local.

Essa noção rítmica é congruente para representar o padrão de imponderabilidade climático observada no passado. Nesta pesquisa essa noção de clima é usada para efeito de compreensão do comportamento paleoclimático, através de um breve panorama acerca de

como tem sido a variabilidade paleoclimática global, apresentando alguns padrões rítmicos e forçantes que operaram no passado. A perspectiva da análise se concentrará na escala global, pensada sob o viés do ritmo.

O clima na visão sistêmica é produto da dinâmica atmosférica e de forçantes externas e internas à Terra, como a energia solar, raios cósmicos, geotérmica, com constantes trocas de matéria e energia. O sistema climático é um sistema complexo, composto por vários subsistemas físicos e bióticos interativos, entre eles a atmosfera, a hidrosfera, a criosfera a litosfera e a biosfera, o sistema solar e o espaço exterior (FIGURA 11). Esses sistemas interativos apresentam componentes físicas e processos específicos, sobretudo termodinâmicos.



Fonte: Manabe, 1983.

Figura 11: Interações dos subsistemas que compõem o sistema climático terrestre.

Sistemas complexos diferem dos sistemas convencionais, ditos simples, devido suas propriedades não poderem ser explicadas pelo funcionamento dos seus subsistemas. Fenômenos observados num sistema complexo são em geral compostos, resultante da interação não-linear entre seus subsistemas. Suas propriedades não se manifestam quando suas partes são isoladas. De modo que, no sistema complexo o grau de instabilidade é elevado pelo número de processos estabelecidos na composição com os demais subsistemas e sistemas.

Conforme Prigogine (1996, 1997, 2002) a física do não-equilíbrio e dos processos irreversíveis e a teoria do caos na termodinâmica demonstram que na natureza não existe sistema fechado, os sistemas idealizados para efeito didático, sendo a abertura às trocas uma característica de todo sistema. A compreensão desse fato implica na revisão dos argumentos interpretativos acerca das leis da natureza, predominantes na ciência. Desta forma, muitas das características dos sistemas complexos se apresentam nos sistemas simples.

Entre as principais características dos sistemas complexos estão o fato de: Serem abertos; Funcionarem afastados do equilíbrio; Apresentarem propriedades de não-linearidade e retroalimentadas; Possuírem, ou não, histerese, ou memória de estado, e padrões de mudança de fase, como a transição do clima de um período de chuvoso a um período de estiagem; Serem compostos de outros sistemas complexos, aninhados; Possuírem características que são universais, transversais, cuja manifestação o permite distinguir num todo considerado, como o comportamento agregado de peso, altura e pressão arterial de uma população; Apresentarem propriedades emergentes, cuja manifestação só aparece no funcionamento agregado, como uma molécula de água isolada, que não pode ser definida pelos estados sólido, líquido e gasoso, pois essas propriedades só se manifestam no agregado de moléculas; e elevado grau de imponderabilidade, atributo de todos os sistemas naturais.

Importa frisar e diferenciar que sistemas complexos adaptativos não se reduzem a sistemas e nem a sistemas complexos, pois são características emergentes específicas observadas em seres vivos e na matéria inata, como veremos adiante (GELL MANN, 1996, p. 34-39; p. 249).

Nossos estudos se projetam no tempo recuado, de forma que são utilizadas informações paleoclima. Este é entendido como um campo de estudo teórico e aplicado dedicado à dinâmica climática do passado, em escala local, regional ou global, a partir de evidências indiretas de *proxies* de dados e indicadores climáticos, e suas correlações com características observadas nos elementos medidos do clima, utilizando-se de modelos ou não.

Entre as fontes indiretas que fornecem indicadores e evidências da dinâmica climática no passado estão os fosseis, pólenes, sedimentação e depósitos correlativos de sedimentos aos climas e aos ambientes no passado, deposição em núcleos de gelo e leito oceânico, estudo de anéis de árvores, marcadores e indicadores químicos e físicos de processo radioativos, magnéticos, acidez, umidade, aridez entre outros (CROWLEY & NORTH, 1991, p. 3, 47, SALGADO-LABORIUO, 2007, p. 17, 21).

Considera-se nesta pesquisa que o paleoclima compreende períodos anteriores ao desenvolvimento da mensuração instrumental dos parâmetros climáticos, conforme descreveu

Salgado-Labouriau (2007, p. 17) no livro *Critério e técnicas para o Quaternário*. Embora não seja rígida a fronteira entre climatologia e a paleoclimatologia, considera-se paleoclimatológico os momentos anteriores ao século XVII, quando se inicia a observação ótica de manchas solares e a medição de temperaturas, logo após a invenção do termômetro e da luneta.

O clima no passado da Terra apresentou variações em diferentes escalas, ora com alterações regulares pequenas em curto espaço de tempo, ora com mudanças abruptas severas, modificando completamente o padrão rítmico, de modo que o ritmo climático terrestre seguiu o padrão característico de um sistema aberto e complexo, a imponderabilidade. Essas variações decorreram de uma conjunção de fatores internos e externos ao planeta: geológicos, bióticos e astronômicos.

Qualquer tipo de alteração climática oferece riscos às biotas e às sociedades humanas. Contudo, alterações de relativa regularidade requerem especial atenção, já que sua periodicidade permite estabelecer cenários, antecipar medidas, desenvolver técnicas, políticas e procedimentos para resguardar a integridade e/ou a qualidade de viver das sociedades. Verificar o comportamento real de como a variabilidade do clima operou no passado é um fator que contribui para elaboração de estratégias adaptativas proativas, como fizeram muitas sociedades no passado.

São conhecidos diversos fenômenos climáticos interconectados com forte influência na variabilidade do clima em diferentes escalas, desde a global, a regional até a local. O conhecimento da variabilidade, período, regularidades e magnitude sobre as diferentes escalas é um dos primeiros passos para compreender os ritmos da variabilidade climática no passado e a construção de resiliências pelas sociedades.

Entre os fenômenos físicos internos e externos significativos que estabelecem oscilações e teleconexões correspondentes aos padrões de variações climáticas periódicos na evolução do clima global e regional estão: o El Niño-Oscilação Sul (ENOS), a NAO – Oscilação Atlântico Norte, a OMA-Oscilação Multidecadal do Atlântico, a MPN-Modo do Pacífico Norte, a MMT-Modo Multidecadal Tropical, a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), NAO – Oscilação Atlântico Norte, os ciclos de atividades solares e os ciclos longos na variação da geometria orbital da Terra ou ciclos de Milankovitch (QUADRO 3).

Quadro 3: Periodicidade, fenômenos e origens de algumas variações climáticas.

PERIODICIDADE	FENÔMENO	PRINCIPAIS ORIGENS
6 a 18 meses	ENOS – El Niño – La Niña	Interações oceano-atmosfera-Temperat.
10 anos	NAO – Oscilação Atlântico Norte	Interações oceano-atmosfera-Pressão
50-70 anos	OMA-Oscil. Multidecadal do Atlântico	Interações oceano-atmosfera-Temperat.
15-25 e 50-70 anos	ODP – Oscil. Decadal Pacífico	Interações oceano-atmosfera-Temperat.
30 anos	MPN-Modo do Pacífico Norte	Interações oceano-atmosfera
20-40 anos	MMT-Modo Multidecadal Tropical	Interações oceano-atmosfera
11, 22, 44 e 70 anos e séculos	Manchas solares	Astronômica – Atividade solar
Mil a três mil anos	Ciclos Dansgaard-Oeschger	Interações criosfera-oceano-atmosfera
Sete mil a treze mil anos	Eventos Heinrich	Interações criosfera-oceano-atmosfera
11 mil e 22 mil anos	Precessão dos equinócios - Terra	Astronômica – Variação orbital - Terra
42 mil anos	Obliquidade da eclíptica - Terra	Astronômica – Variação orbital - Terra
96 mil anos	Excentricidade orbital - Terra	Astronômica – Variação orbital - Terra

Fontes: Adams *et al.*, 1999; Lowe & Walker, 1997; Markgraf, 2001; Ferreira, 2002; Sabóia, 2010.

Elaboração do autor: LOIOLA, S. A., 2012.

Composta de gases, poeira e micro-organismos, a atmosfera comporta-se como um grande “oceano aéreo”, interliga os demais sistemas terrestres no tempo e no espaço, supre os seres vivos de oxigênio, gás carbônico, e possui função central no transporte de água aos diferentes ecossistemas e no balanço térmico superficial do planeta (SANT’ANNA NETO & NERY, 2005, p. 28).

Porém, como todos os sistemas abertos, a principal característica dos sistemas terrestres é o não-equilíbrio e de estar interligado com outros sistemas instáveis (PRIGOGINE, 1996; NOVELLO, 2010).

Resultante de uma complexa interação de fenômenos, processos e fatores astronômicos, geográficos, geotérmicos, químicos, físicos e biológicos, a dinâmica atmosférica segue afastada do equilíbrio. Apresenta alterações de estado diurnas e sazonais nos elementos do tempo atmosféricos, entre eles umidade, vento, massas de ar, ciclones, precipitação, temperatura, nuvens e pressão, e modificações anuais, em décadas, séculos e milênios (AYOADE, 1996, p. 205).

Enquanto as alterações imediatas nos estados atmosféricos geram o tempo, observadas a partir de variáveis como a temperatura, pressão, umidade, ventos, precipitação e massas de ar, a periodicidade da sucessão de tempos atmosféricos responde pelos padrões e ritmos climáticos na perspectiva geográfica (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 15). Os estados atmosféricos e os ritmos climáticos sofrem constantes alterações em diferentes escalas temporais e espaciais, caracterizando a variabilidade climática, cujo conhecimento é fundamental para as sociedades.

Desta forma, a variabilidade climática é a expressão das variações de clima em função dos condicionantes naturais do planeta e suas interações externas, seja em escala diária ou

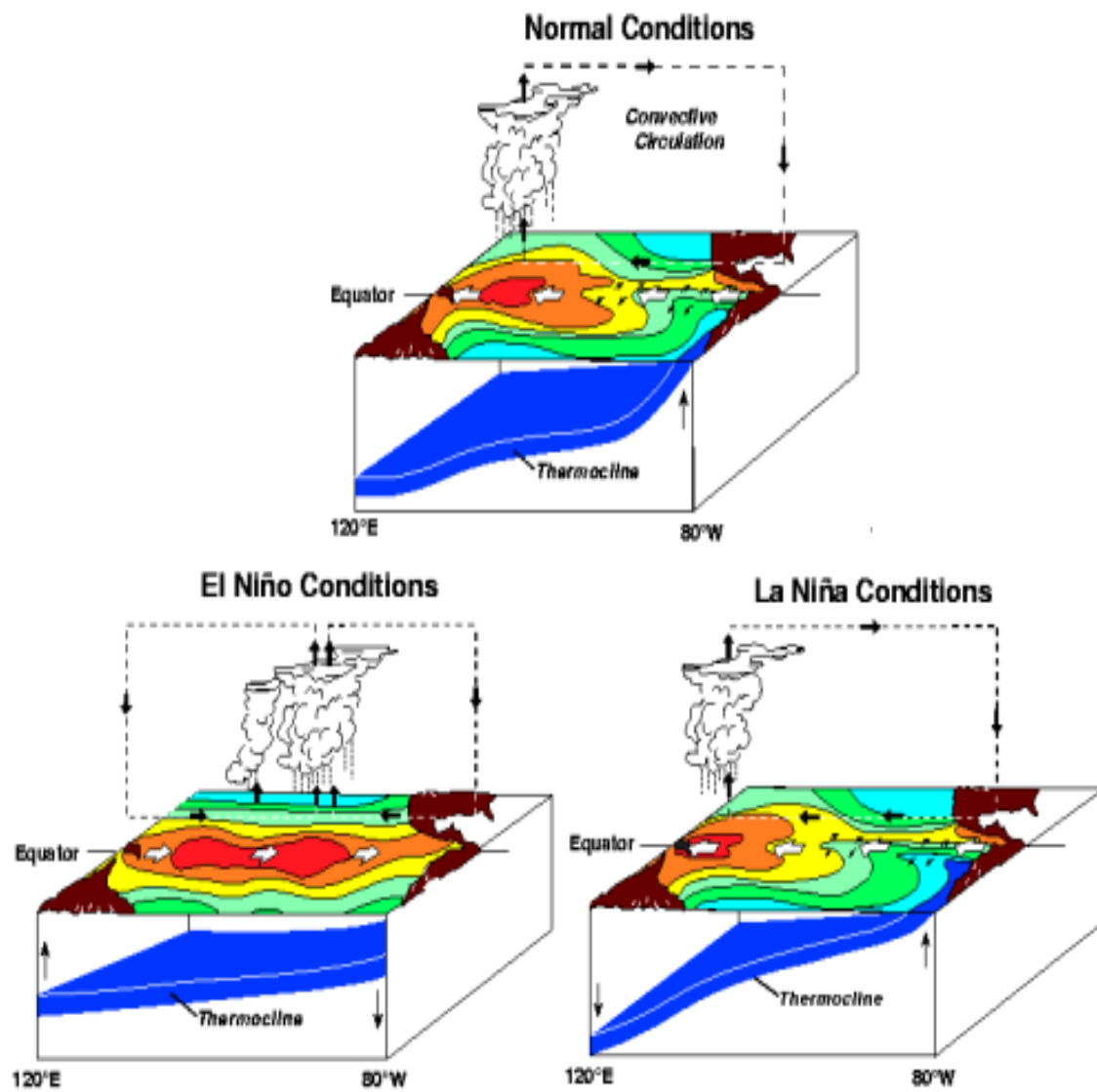
milénar (2º Framework Convention on Climate Change, ONU, 1990). A variabilidade climática significa a tendência de carácter periódico ou aleatória do clima variar, sob uma conjugação de variáveis que nem sempre se agrupam de forma idêntica, e nem são lineares.

O significado da variabilidade climática informa que a principal certeza sobre o clima é a sua variação rítmica, aleatória, abrupta ou induzida, no curto, médio ou longo prazo, sejam períodos de aquecimento ou resfriamento, secos ou chuvosos (MARKGRAF, 2001). Em certos períodos, fenômenos naturais, ou processos antrópicos, como no clima urbano, podem alterar a variabilidade climática natural. Neste caso, cabe falar de mudanças climáticas, que alteram significativamente os padrões do ritmo climático (JISAO, 2009).¹³

A seguir são esboçadas variações climáticas no curto, médio e longo prazo. Observa-se que, mesmo os eventos regulares podem não se repetir da mesma forma. Cinco deles são bastante representativos na evolução do clima global e regional sobre as atividades humana: o El Niño-Oscilação Sul (ENOS), a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), os ciclos de atividades solares, os ciclos longos na variação da geometria orbital da Terra, ou ciclos de Milankovitch e os eventos abruptos severos Dansgaard-Oeschger (D-O) e Heinrich (H).

O fenômeno El Niño-Oscilação Sul resulta de uma combinação de fatores oceânicos e atmosféricos. Os ENOS têm duas fases, uma fria e outra quente, que ocorrem em intervalos de 6 a 18 meses, mas entre um evento e outro podem transcorrer de 1 a 10 anos (OLIVEIRA, 1999; FIGURAS 12 e 13). Durante a ocorrência dos ENOS, diversas partes do globo experimentam alterações na distribuição pluviométrica e temperatura, sobretudo nos trópicos e nas latitudes médias.

¹³ JISAO (Joint Institute For de Study of the Atmosphere e Clime). Diponível em: <<http://jisao.washington.edu/pdo/>> Acessado em: setembro de 2012.



Fonte: Ambrizzi *et al*, 2006.

Figura 12: Interação oceano-atmosfera sobre o Pacífico - ENOS: Circulação convectiva normal; Circulação convectiva com El Niño; Circulação convectiva La Niña.

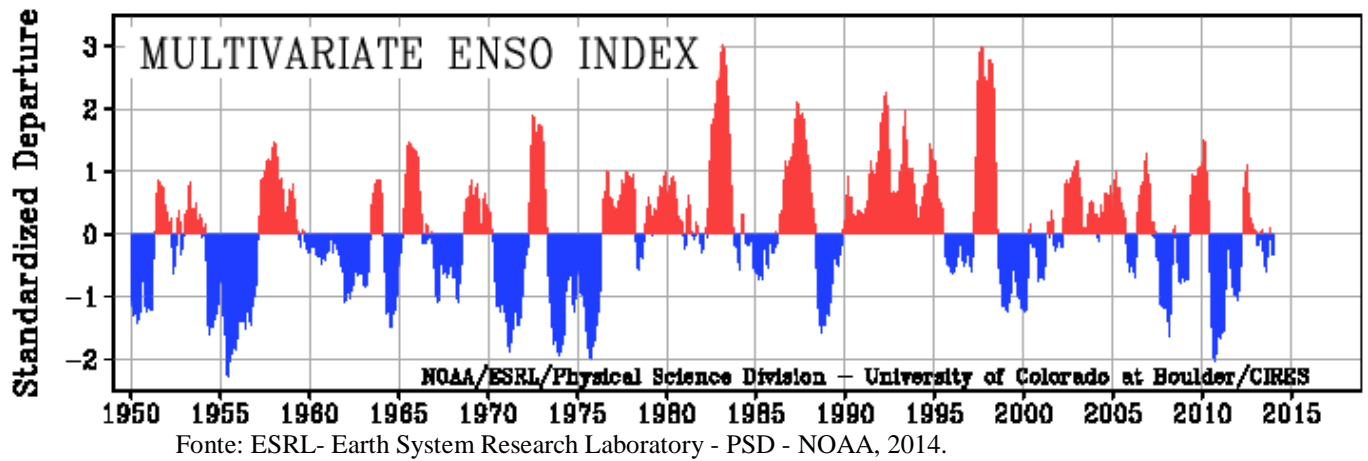
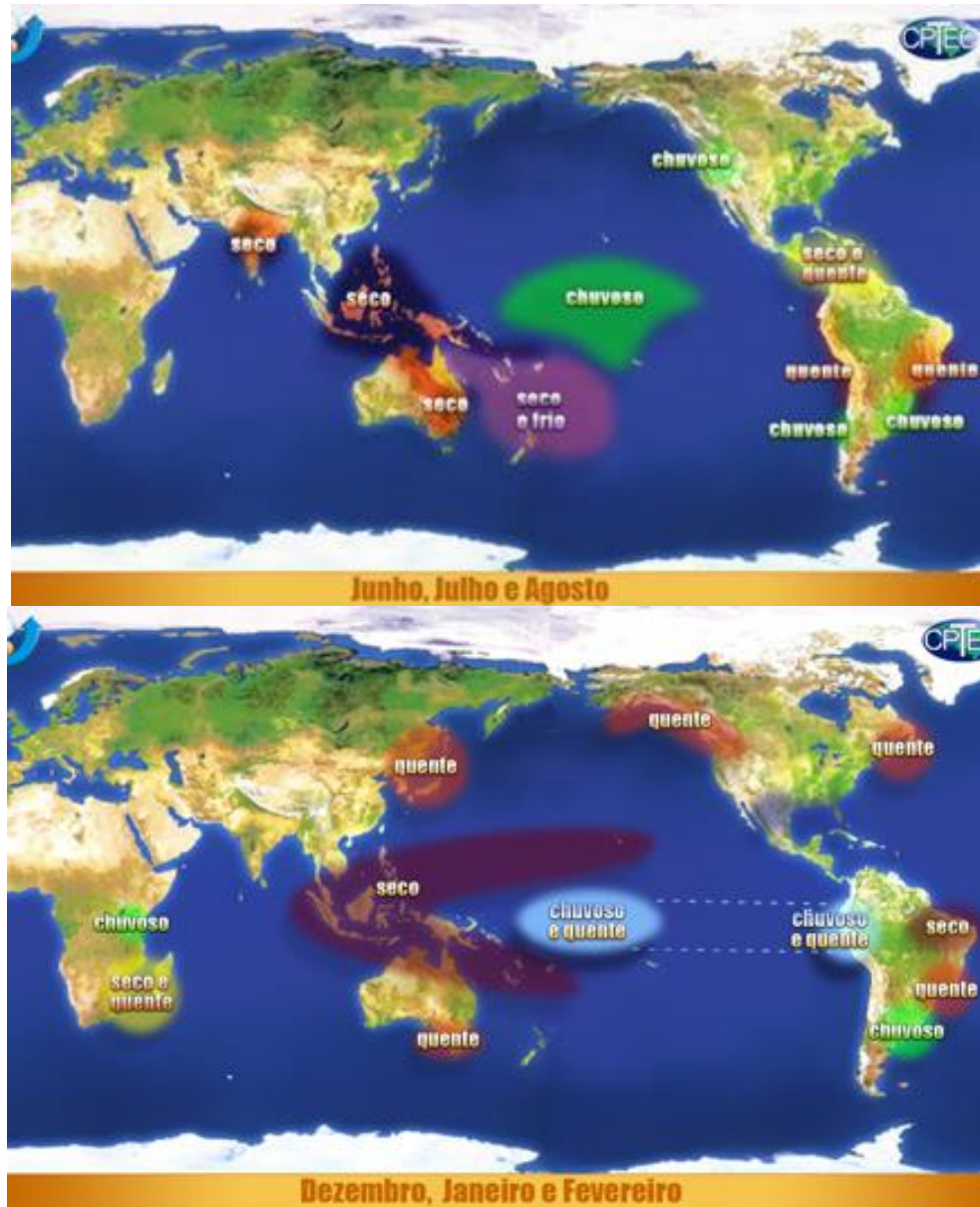


Figura 13: Ocorrência de ENOS, El Niños e La Niñas, entre 1950 e 2014.

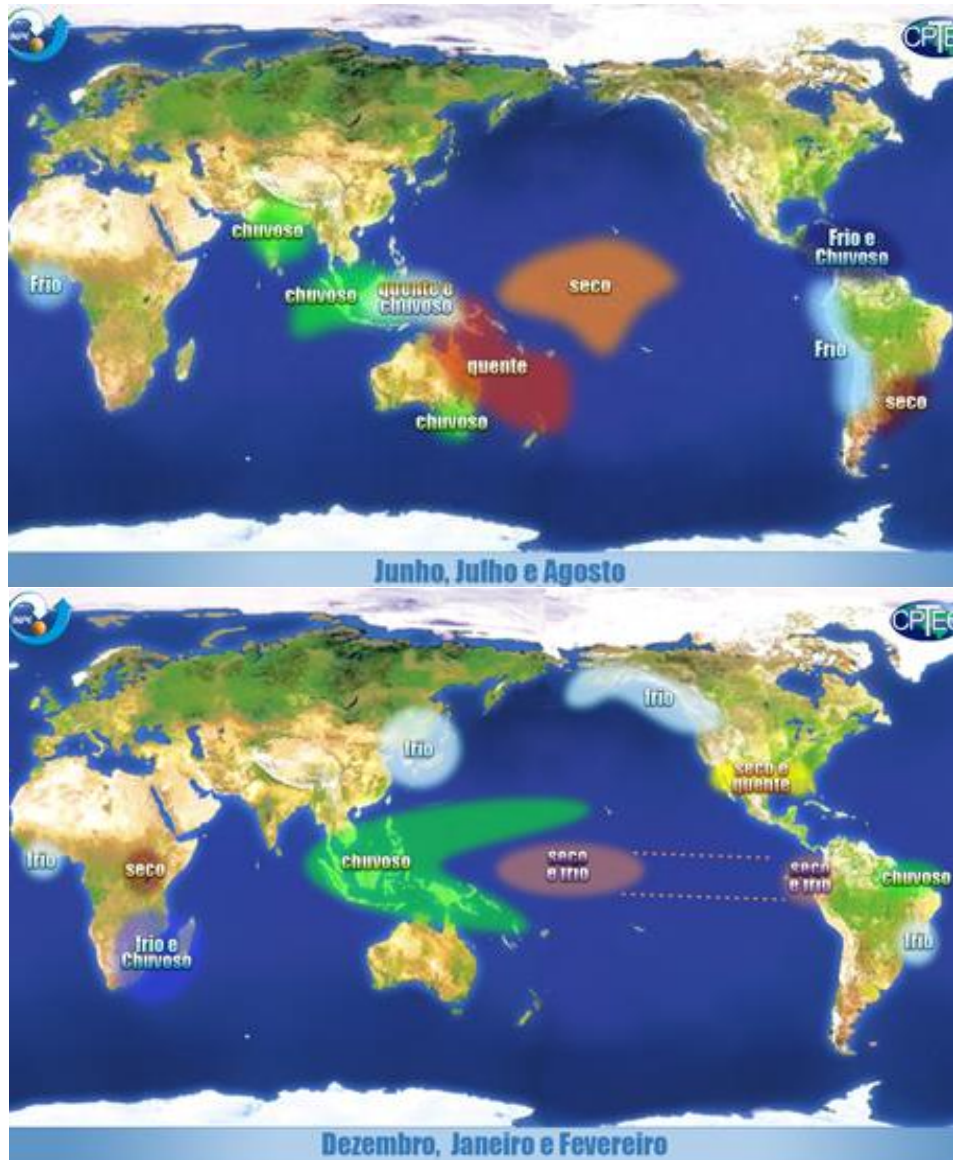
A fase quente do ENOS, ou El Niño, caracteriza-se pela elevação da temperatura das águas superficiais (TSM) do Oceano Pacífico Equatorial, correspondendo às secas no Nordeste do Brasil, à redução das chuvas na Amazônia e ao aumento da precipitação e da temperatura no Sul; as temperaturas elevadas no nordeste e noroeste dos EUA, Sul da Austrália, Japão e África do Sul (FIGURA 14; OLIVEIRA, 1999).



Fonte: CPTEC – INPE, 2011.

Figura 14: Efeitos regionais da fase quente do ENOS, ou El Niño.

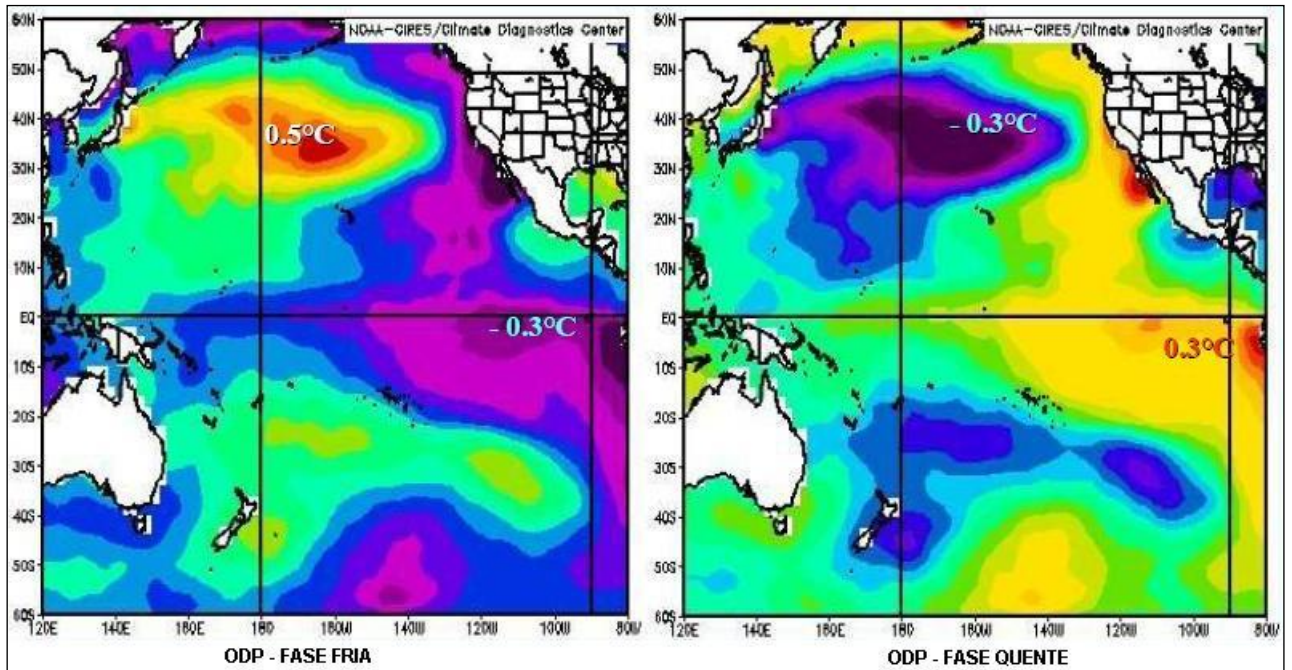
Inversamente ao El Niño, na fase La Niña ocorre redução da TSM no Oceano Pacífico equatorial (FIGURA 15). As regiões afetadas pela La Niña podem se diferenciar do El Niño. No Sul do Brasil ocorre frio e períodos de seca e no Nordeste maior precipitação; o frio intensifica-se sobre o Japão, Noroeste dos EUA e África do Sul. A periodicidade curta e a magnitude dos ciclos ENOS os tornam perceptíveis e relevantes às atividades socioeconômicas.



Fonte: CPTEC – INPE, 2011.

Figura 15: Efeitos regionais da fase fria do ENOS, ou La Niña.

Durante a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), a cada duas ou três décadas há uma inversão entre fases frias e quentes na temperatura superficiais do mar (TSM) entre o Oceano Pacífico tropical e extratropical, completando o ciclo em 50 a 70 anos (DEWES, 2007, p.21). Na fase fria da ODP diminui a TSM no Pacífico Tropical e eleva-se a TSM no Pacífico extratropical, Norte e Sul; na fase quente, essa configuração da TSM se inverte (FIGURA 16).

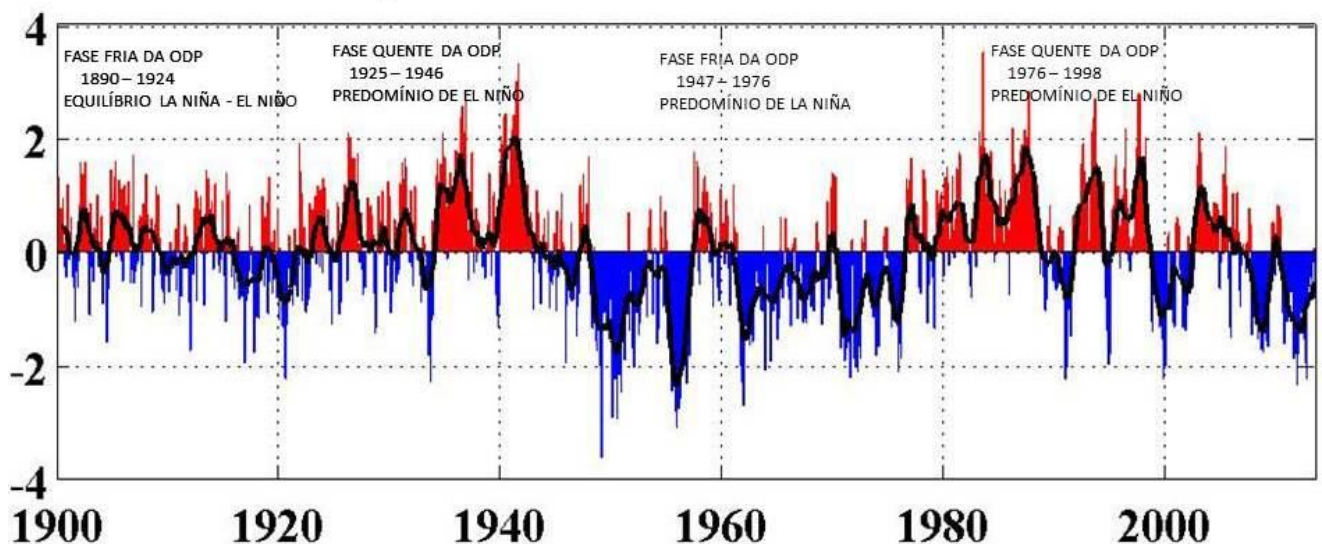


Fonte: ESRL - PSD - NOAA , 2010.

Figura 16: Fases fria e quente da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP).

De 1890 a 1924, e de 1947 a 1976 ocorreram fases frias da ODP, acarretando frio intenso e fortes nevascas na Europa. Duas fases quentes da ODP aconteceram de 1925 a 1946, e de 1977 a 1995, que trouxeram secas aos EUA, chuvas intensas e calor à Europa (FIGURA 17). Nas fases frias da ODP predominam as La Niñas e na fase quente os El Niños.

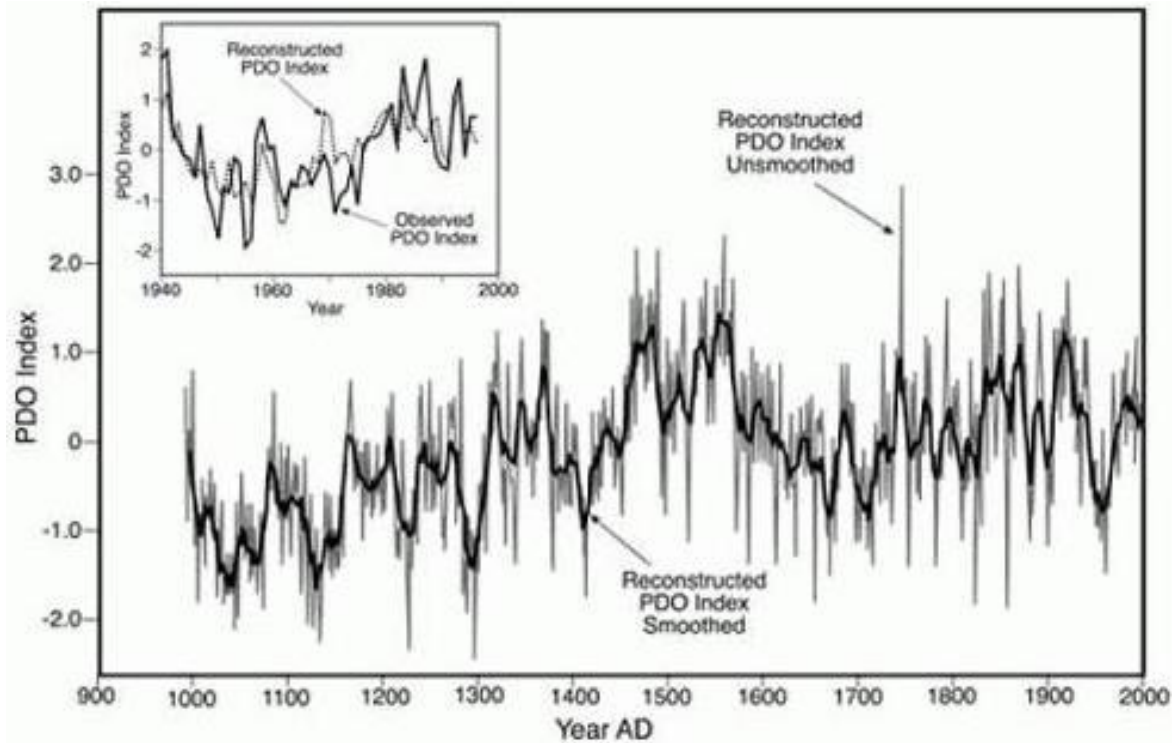
monthly values for the PDO index: 1900-2013



Fonte: JISAO, 2013. Joint Institute for the Study of the Atmosphere e Ocean Descrição: Loiola, 2013.

Figura 17: Períodos quentes e frios da evolução mensal da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), de 1900 a setembro de 2013.

As oscilações climáticas resultante da ODP são pouco perceptíveis durante uma vida humana, mas sua manifestação no tempo é evidente. Há vestígios de ocorrência de PDO em anéis de árvores, com registros nos últimos 1100 anos. Essas variações têm correlação com extensos períodos de secas no oeste dos EUA (FIGURA 18; ESRL, 2010).



Fonte: ESRL-PSD-NOAA, 2010.

Figura 18: Evidências de PDO em 1100 anos, obtido a partir de anéis de árvores.

Aspectos astronômicos também interferem periodicamente na dinâmica climática. Embora sua origem não seja evidente durante o tempo de vida de um observador, alguns de seus efeitos podem ser medidos indiretamente e verificados em períodos curtos. Entre as forçantes astronômicas destacam-se os ciclos solares, fenômenos de escala de décadas, e as oscilações na geometria orbital da Terra, ocorridas em dezenas de milhares de anos, conhecidas como ciclo de Milankovitch, que apresentam correlações com as glaciações no Pleistoceno (SALGADO LABOURIAU, 1994), embora outras forçantes atuaram em conjunto nessas glaciações, principalmente sistemas internos, como a circulação oceânica.

Há variações no recebimento de energia pela Terra, a qual não é um sistema fechado. O Sol supre 99% da energia que mantêm a vida na Terra (AYOADE, 1996, p.23). Essa energia transportada por ondas eletromagnética e partículas não é constante, apresenta

alterações, como em toda estrela, que como vimos, apresenta-se como uma estrutura dissipativa, afastada do equilíbrio.

Apesar de não ocorrerem com exatidão, determinados ciclos solares são acompanhados por índices fundados nas emissões de manchas solares, com períodos de 11, 22, 44, 77, 100 anos, séculos e até de curto prazo (anual), que atuam como indutores externos das alterações climáticas, de grande interesse meteorológico (ALMEIDA, 2001, p.5-15). Não por acaso, muitos povos conhecedores da astronomia no passado vincularam o Sol às divindades e estabeleceram calendários anuais a partir de suas observações, como os Maia e Inca.

O ciclo de 11 anos é o mais conhecido das variações solares. Seu índice funda-se na contagem ótica de emissão de manchas solares (FIGURA 19). Há correlação desses ciclos com o El Niño e a Oscilação Decadal do Pacífico - ODP (STOTT, 2003, p. 4079).

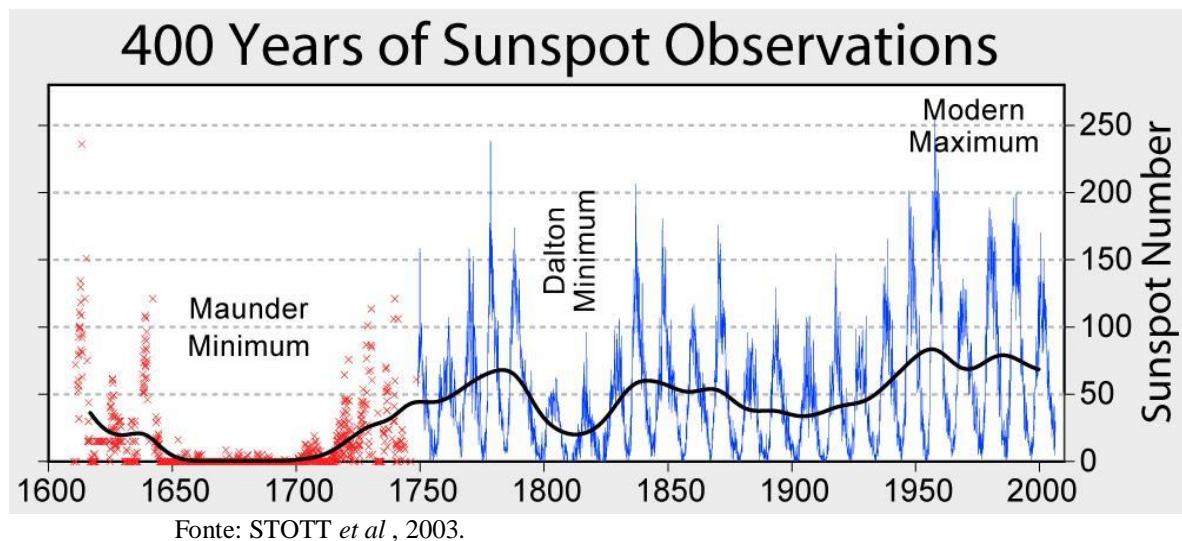
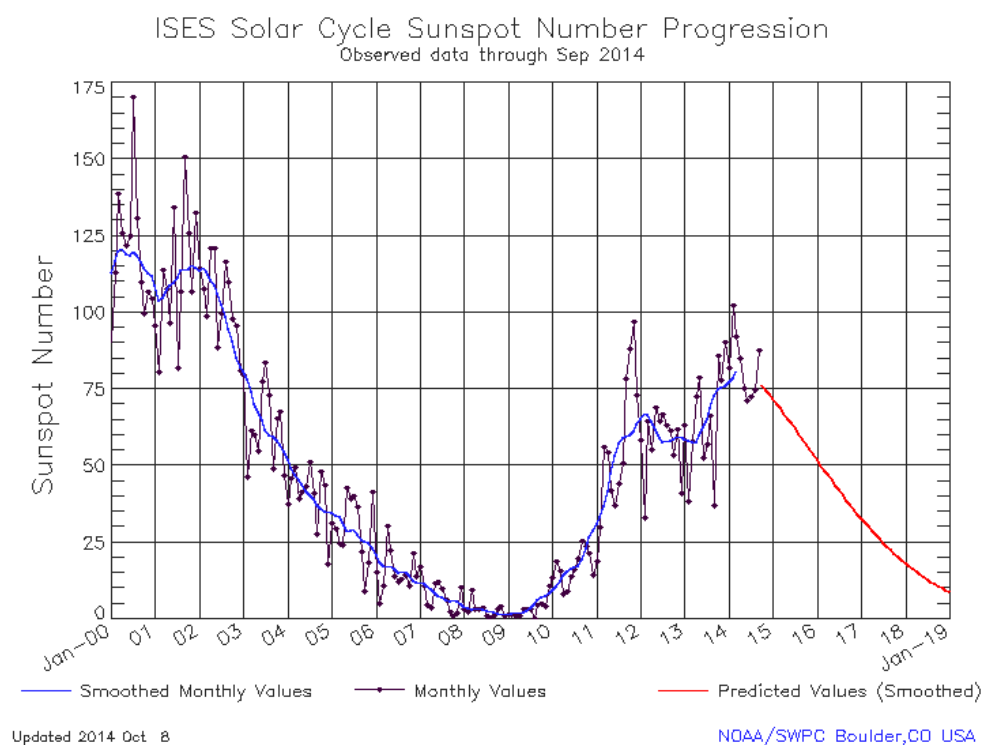


Figura 19: Quatrocentos anos de observação dos ciclos de atividades solares de onze anos, registrado pela academia de ciência da Bélgica.

Indicadores com frequência apresentam irregularidades, e isso ocorreu entre 1645 a 1715 com o silenciamento de emissão de mancha solares no ciclo de onze anos, num intervalo de 70 anos de baixa intensidade de manchas solares (FIGURA 19). Esse período de menor intensidade de manchas solares é reconhecido como Mínimo de Maunder. Essa fase de baixa atividade solar coincidiu com um resfriamento global abrupto conhecido como pequena Idade do Gelo, com picos negativos registrados no hemisfério norte nos séculos XIII, XVI e XVII. Nesse período ocorreram invernos rigorosos e anos sem verão na Europa, de temperaturas médias baixas, evidenciado em pinturas com o Rio Tamisa congelado em Londres.

As manchas solares se tornaram um indicador importante para o clima e atividades espaciais. Vários países têm investido em meteorologia solar. O ciclo solar de número 24 apresenta, até o presente, emissão de manchas solares abaixo da média, e das emissões do ciclo anterior, o 23, desde que foi iniciada a contagem por instrumentação ótica. Se as projeções se confirmarem a baixa atividade solar após esse pico em 2014, poderá ser concomitante a uma possível fase fria para o ODP, de 2015 a 2030 (FIGURA 20). Essas projeções descrevem cenários probabilísticos a partir de indicadores e variáveis conhecidas, não excluem outras possibilidades.



Fonte: SWPC¹⁴- NOAA, 2014.

Figura 20: Progressão observada na emissão manchas solares para o ciclo 24.

Coincidências entre os ciclos das variáveis climáticas podem ampliar, ou anular, a magnitude dos fenômenos climáticos, acarretando extremos: furacões, tornados, secas e períodos chuvosos prolongados, e até fazer colapsar civilizações que desconheçam tais eventos, tenham poucos recursos tecnológicos, materiais e/ou recurso financeiros, destruído seu habitat ou por estarem em conflito (DIAMOND, 2005, p. 28). Diamond (*op cit*) descreve que durante a Pequena Idade do Gelo a Groelândia teve o clima alterado para um clima mais

¹⁴ SWPC – NOAA - Space Weather Prediction Center.

frio, como o de hoje, e os Vikings que lá moravam não encontraram condições para se manter e migraram para o continente.

Antes da Pequena Idade do Gelo ocorreu um Período de Aquecimento Medieval, entre 800 e 1350 d.C., o qual trouxe maior umidade e calor à Europa e secas ao Mediterrâneo; (MOBERG *et al*, 2005; SANT'ANNA NETO & NERY, 2005, p. 33; FIGURA 21). Como visto acima, esse período ocorreu próximo à fase de menor emissão de manchas solares conhecida, ocorrida entre 1645 a 1715. Embora os intervalos e as datas sejam diferentes para cada autor, elas se aproximam e confirmam a fenômeno.

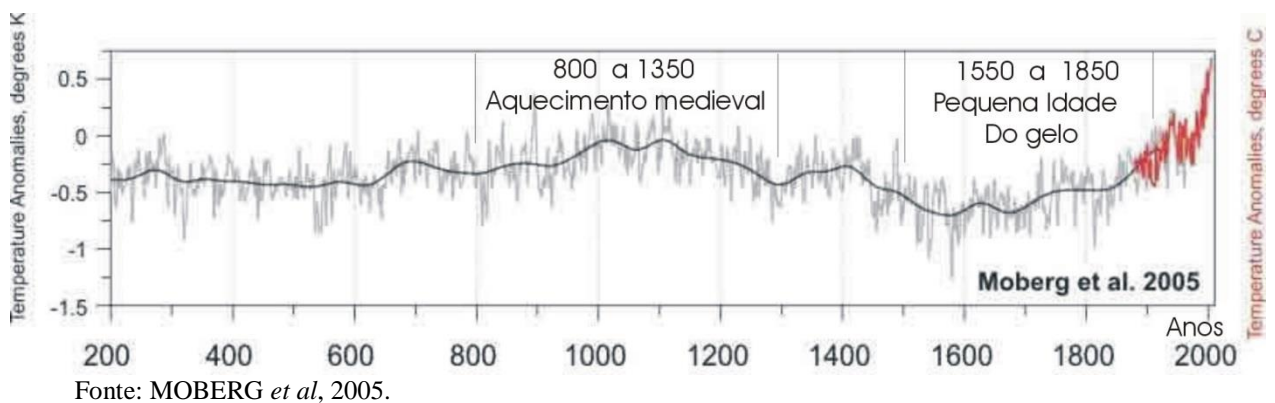
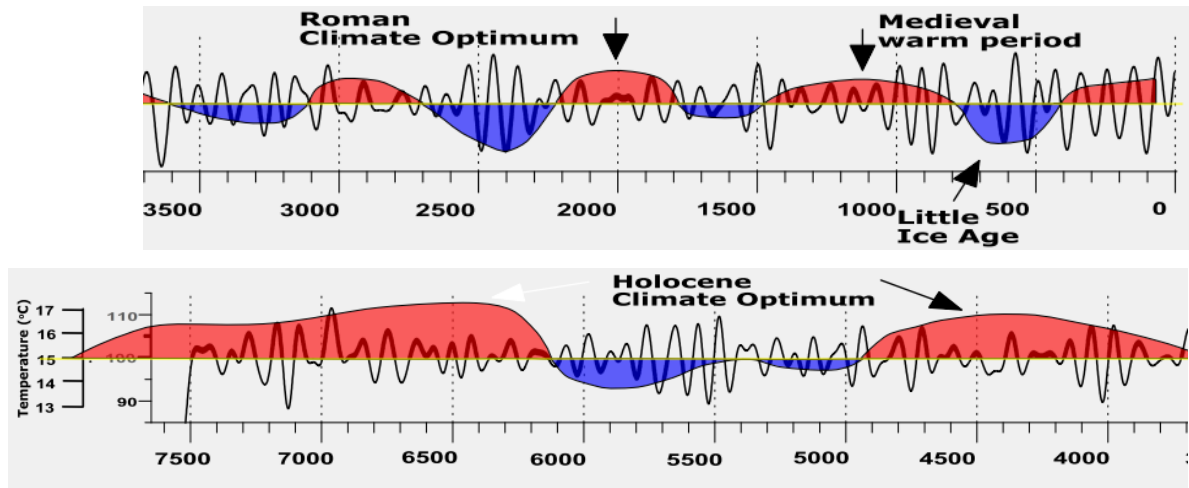


Figura 21: Variação da temperatura média global entre 200 e 2005 dC.

Durante o Holoceno as temperaturas e os climas globais se modificaram significativamente, principalmente no hemisfério norte, mas com reflexos em todo globo sobre os meios ecológicos e sociais (FIGURA 22; TIMONEN, M. *et al*, 2007). Após o final do Dryas Recente, há 11500, as temperaturas se elevaram e se mantiveram elevadas até o Médio Holoceno, há 6000 anos AP. Na sequência, o clima global e as temperaturas tiveram várias mudanças alternadas de períodos quentes e úmidos para climas mais frios e secos, significativos para o hemisfério norte. Do início do Holoceno ao Médio Holoceno, as mudanças nos climas regionais foram severas. O Saara estava árido no início do Holoceno, com a elevação das temperaturas no ótimo climático, ou altitermal; no Médio Holoceno se recebia chuvas e possuía terrenos encharcados; do período do Egito faraônico em diante assume um clima árido. A Sibéria que apresentava temperaturas um pouco mais elevadas transformou-se numa região de clima frio e seco, assim como a Groelândia; e a Floresta Amazônica se consolidou sob um clima equatorial úmido e floresta densa.



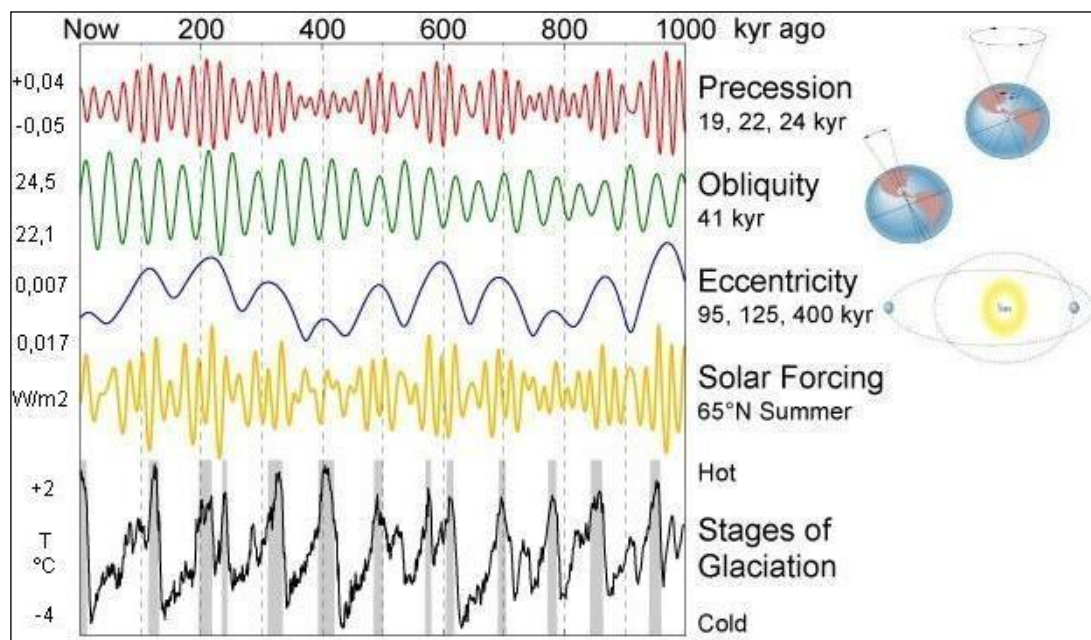
Fonte: Timonen, M. *et al*, 2007.

Figura 22: Curva vermelha e azul: temperatura média próximo a superfície no hemisfério norte (Reconstruída de Dansgaard *et al.* 1969 e Shönwiese, 1995). Curva preta: reconstrução de temperatura na Escandinávia, a partir de anéis de árvores.

Conforme Timonen *et al* (2007), há 6200 AP as temperaturas globais começaram a declinar e se mantiveram menores que o período anterior até 5000 anos AP, seguida por um período de temperaturas e umidade mais elevada, que perdurou de 7500 a 4200 anos AP, denominado de Ótimo Climático. Nesse período ocorreu uma grande diversificação de espécies no planeta. Do ótimo climático em diante o clima global teve pelo menos oito variações no padrão de temperaturas mais frequentes. Significativo aos nossos estudos é observar que a elevação de temperatura global entre 2400 anos AP e 1700 anos AP ocorre uma elevação das temperaturas, de secas e chuvas correlacionadas com expansão do Império romano, por isso denominado de Ótimo Climático Romano, ou aquecimento romano. Um novo período de elevação das temperaturas conduziu ao Aquecimento Medieval, entre 900 anos AP e 1300 anos AP, o qual coincide com chuvas regulares e colheitas fartas na Europa neste período.

As variações climáticas do Holoceno têm causas multivariadas, com atuação conjunta de várias forçantes e processos retroalimentados, entre eles a variação orbital da Terra, mudanças na atividade solar, intensificação da atividade vulcânica, mudança na circulação termohalina e as alterações na vegetação regional. No clima global, as forçantes de origem astronômica e solar têm valor significativo sobre a variabilidade climática. Ainda que não se tenha até o presente o grau de influência sobre o clima terrestre desses agentes, é importante verificar como se dá essa ação.

Entre os fenômenos astronômicos atuantes na dinâmica climática de longa duração na Terra estão as variações na geometria orbital terrestre. Essas variações apresentam correlação com os períodos glaciais e interglaciais do Pleistoceno. Os períodos dessas variações orbitais quando cruzados com o fluxo de energia indicam que a energia recebida na Terra se altera significativamente, o que poderia ter influenciado períodos glaciais e interglaciais no Pleistoceno (SALGADO-LABOURIAU, 2007, p. 1-2; FIGURA 23).



Fonte: WHOI, 2011.¹⁵

Adaptação: LOIOLA, S. A, 2010.

Figura 23: Variação orbital da Terra, forçantes solar e astronômicas, e períodos glaciais em um milhão de anos. (Precessão variando de +0,04 e -0,05; Obliquidade variando de 24,5 a 22,1 graus de inclinação; Excentricidade da órbita elíptica variando de 0,007 e 0,017; Irradiação solar a 65 graus de latitude).

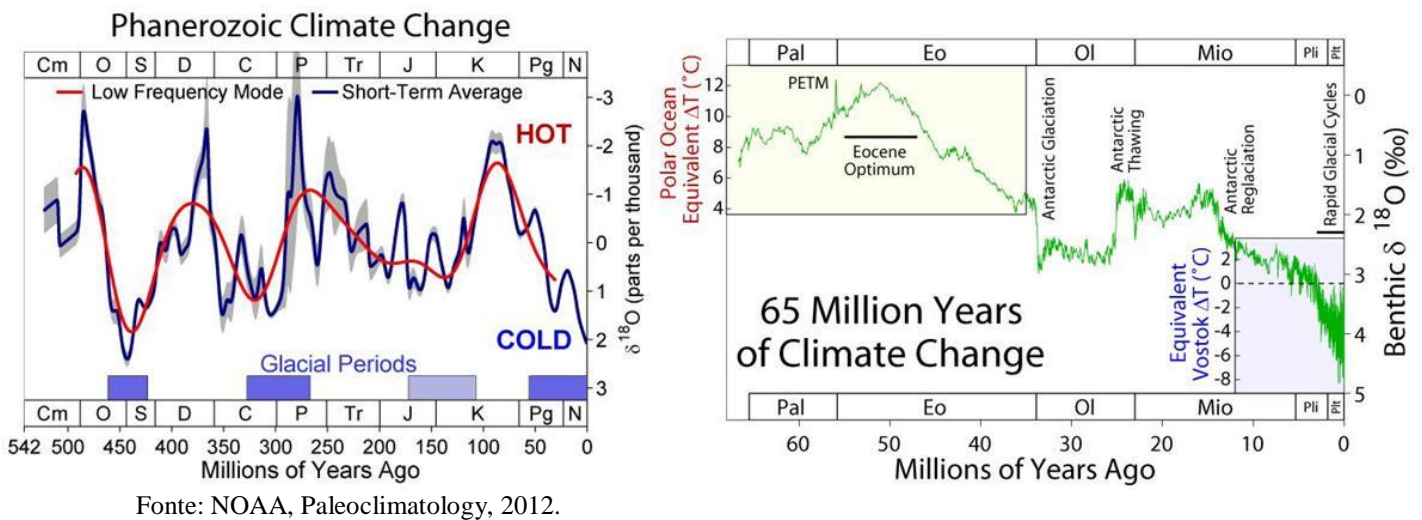
Milutin Milankovitch demonstrou que as glaciações Quaternárias estiveram associadas a uma combinação de três variáveis astronômicas do sistema Terra-Sol-Lua: alteração no movimento de precessão dos equinócios, em intervalos de 13 mil e 25,77 mil anos; mudanças na obliquidade do plano da eclíptica, variando de 24,5 a 22,1 graus de inclinação em relação ao plano da elíptica, com periodicidade de 41 mil anos; e variações na excentricidade da órbita elíptica da Terra, com ciclos de 92 mil anos (DEWES, 2007, p. 2; FERREIRA, 2002, p 13). Os ciclos climáticos glaciais de longa duração coincidem com a variação na

¹⁵ WHOI - Woods Hole Oceanographic Institution, Physical Oceanography Department, USA.

Disponível em: <http://www.osti.gov/eprints/topicpages/documents/starturl/41/305.html> Acessado em: novembro, 2011.

excentricidade da órbita elíptica, com ciclos de ~100 mil anos. Quando a Terra está orbitando o Sol no extremo da excentricidade mais afastada, de 0,017, recebe menos energia do Sol. Atualmente a excentricidade da elipse está em 0,0167.

Variações orbitais terrestres sozinhas não explicam os períodos glaciais. Um conjunto de forçantes e fatores retroalimentados interferem conjuntamente. Sob menor intensidade da forçante solar, a ampliação da superfície com gelo aumenta o albedo terrestre que, em conjunto com a fixação de gases estufa na atmosfera no oceano e no gelo, reduziriam o efeito estufa, intensificando o resfriamento. As forçantes astronômicas podem estar por trás dos longos períodos de aquecimento global e das quatro Eras Glaciais, com duração de ~30 milhões de anos cada, há 700 milhões, há 450, há 300 e há 150 milhões de anos atrás (FIGURA 24). Nessas Eras Glaciais o ciclo da água quase cessou devido à concentração de gelo nos polos.



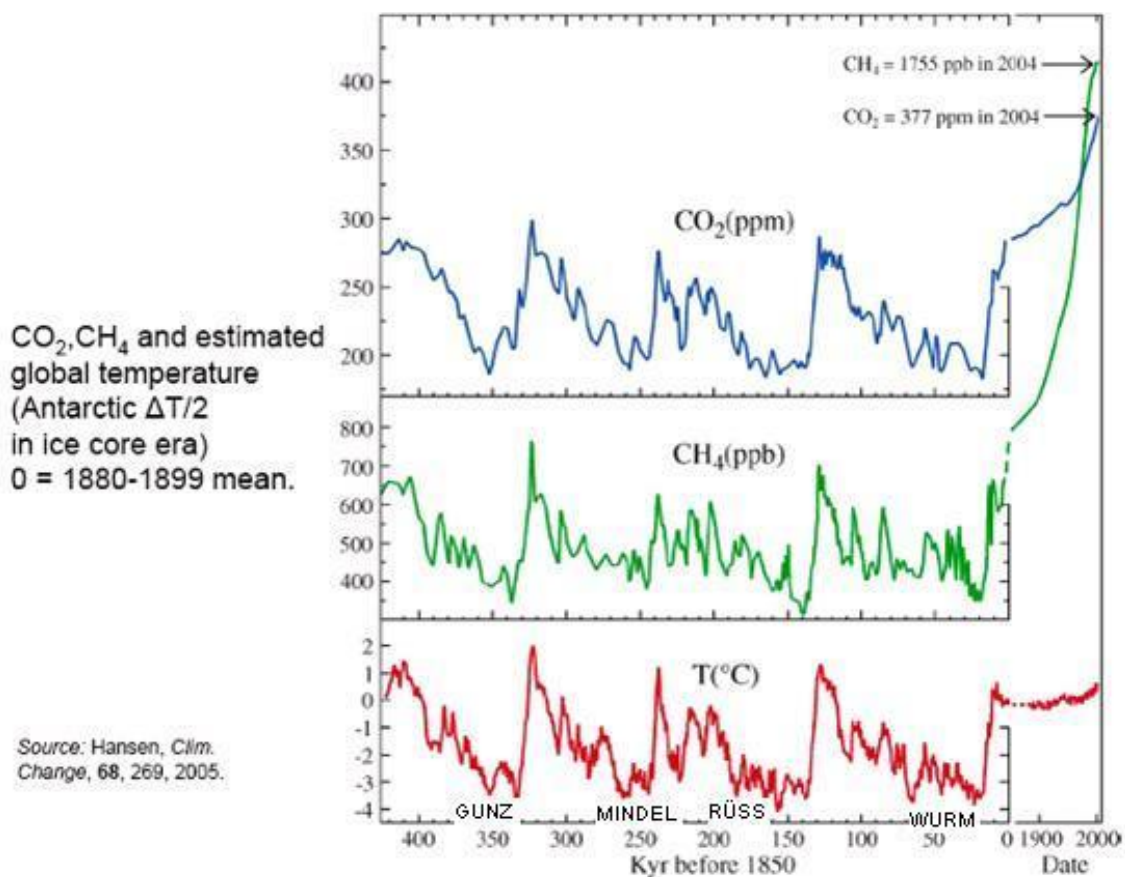
Fonte: NOAA, Paleoclimatology, 2012.

Figura 24: Eras glaciais e variações climáticas globais nos últimos 500 milhões de anos.

Há cerca de 700 milhões de anos atrás, justamente durante uma Era Glacial, os percentuais de oxigênio se elevam na atmosfera e se estabilizam próximo aos níveis atuais de 21 %. Conforme Catling (2005) e Crowe *et al* (2013), o oxigênio inexistia na Terra antes de três bilhões de anos atrás. A predominante composição gasosa da atmosfera com vapor de água, nitrogênio, CO^2 e metano começou a apresentar traços de O^2 a partir de três bilhões de anos atrás, em torno de 0,03 %, produzidos através da fotossíntese realizada por uma espécie de cianobactérias azuis-verdes. Principalmente a partir de 2,45 bilhões de anos, considerado o período de grande fixação de oxigênio na atmosfera, a concentração de oxigênio passou a

oscilar, de forma crescente, até atingir níveis superiores a 15 %, no final do Proterozoico, entre 600 milhões e 700 milhões de anos atrás, quando animais multicelulares aparecem pela primeira vez, continuando um enigma a elevação e manutenção desse percentual de O².

Nos 2,5 milhões de anos do Quaternário, as glaciações se intensificaram e predominaram. Ocorreram cerca de 16 glaciações, de intensidades diferentes, intercaladas por período de temperaturas mais amenas (SALGADO-LABOURIAU, 2007, p. 2). Essas glaciações afetaram tanto zonas temperadas quanto zonas intertropicais, demonstrando que as mudanças foram globais. Quatro dessas glaciações ocorreram no final do Pleistoceno, nos últimos 500 mil anos. Nesse período se destacaram as glaciações Nebrascan (Günz), Kansan (Mindel), Ilinoian (Riss) e Wisconsin (Würm) (FIGURA 25; HANSEN, 2007). Essas glaciações não foram homogêneas, embora durassem em torno de ~80 mil anos, elas oscilavam entre períodos de 30 mil anos na fase fria mais intensa, intercaladas com fases quentes e úmidas de 7 a 10 mil anos.



Fonte: Hansen, 2007.

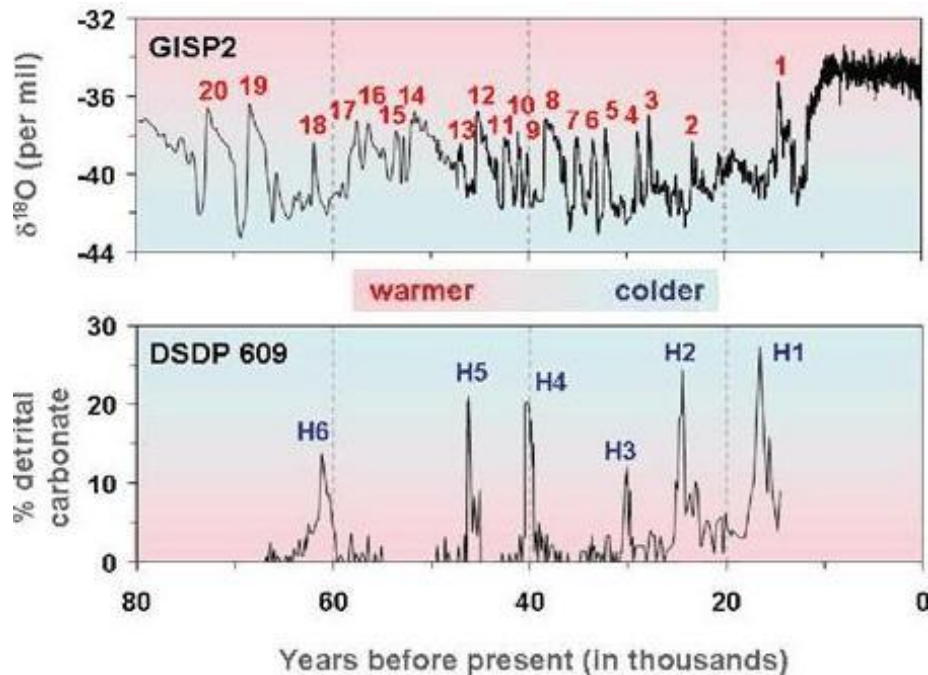
Figura 25: Temperatura média global, nível de CO₂ e metano na atmosfera nos últimos 425000 anos (Referenciados em 1850).

Os últimos 500 mil anos são particularmente interessantes, pois os humanos modernos adquiriram suas características nesse período de intensa modificação climática, há pouco mais de 200 mil anos AP. Nossa espécie foi capaz de atravessar fortes variações climáticas.

Apesar da predominância de eventos periódicos, nem toda mudança na dinâmica climática é periódica, tampouco os eventos seguem intervalos exatos e previsíveis. Quedas de meteoros, vulcanismo, atividade sísmica, processos circulatórios atmosféricos e oceânicos, e atividades biológicas também causaram alterações climáticas abruptas no passado em períodos de anos e décadas (FERREIRA, 2002, p.8-15).

São conhecidas 26 mudanças climáticas abruptas globais ocorridas no final do Pleistoceno Superior, entre 80 mil e 10 mil anos AP, durante o período glacial Würm (FIGURAS 26 e 27). Vinte dessas mudanças abruptas foram as Dansgaard-Oeschger (D-O), intervaladas de mil a três mil anos; e seis eventos Heinrich (H), em períodos de sete mil a treze mil anos, revelados pelas sondagens GISP2, na Groelândia, DSDP 609 na sedimentação no leito oceânico, e o projeto EPICA, na Antártica, a partir de medição de isótopos de oxigênio radioativo O18, deposição de carbonato e análise de núcleo de gelo (FERREIRA, 2002, p. 12; GROOTES *et al.*, 1993; BOND, G. C. & LOTTI, 1995).¹⁶ Neste contexto de variações abruptas D-O e H do glacial Würm ocorreu o grande salto evolutivo cultural e cognitivo pos-40 mil anos atrás.

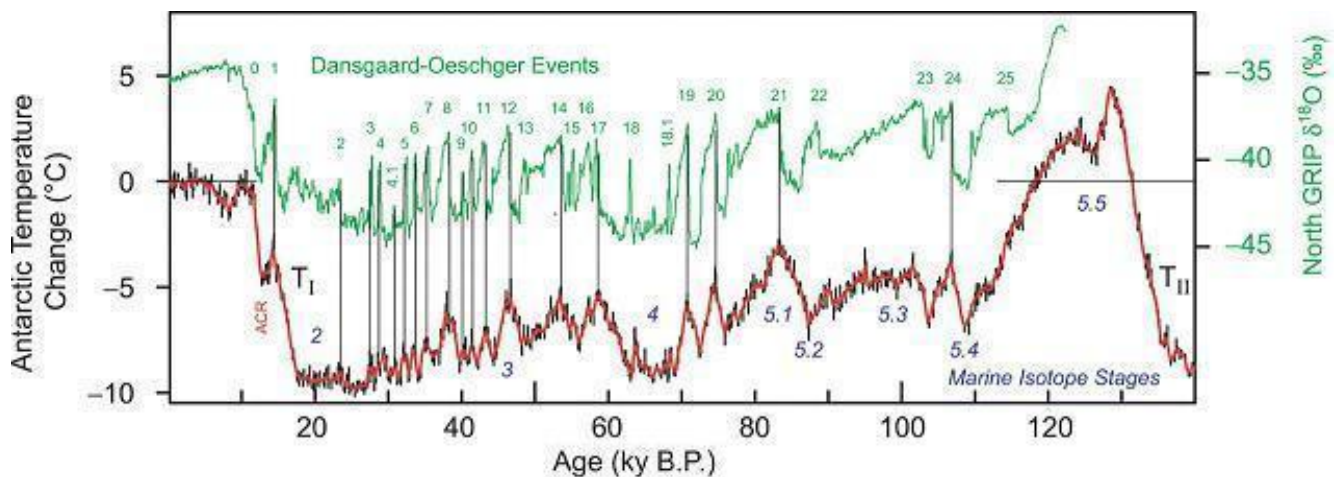
¹⁶ Sondagem DSDP 609 (Deep Sea Drilling Project Site) realizada no leito oceânico do Atlântico Norte, com medições da deposição de carbonato. Sondagem GISP2 Greenland Ice Sheet Project, realizada em núcleos de gelo na Groelândia com medição de isótopos de Oxigênio. Sondagem EPICA European Project for Ice Coring in Antarctica.



Fonte: NCDC-NOAA; Grootes *et al.*, 1993; Bond, G. C. & Lotti 1995.

Figura 26: Eventos abruptos D-O e H registrados em isótopos de Oxigênio e carbonato no gelo da Groelândia, Hemisfério Norte, Groelândia e Oceano Atlântico.

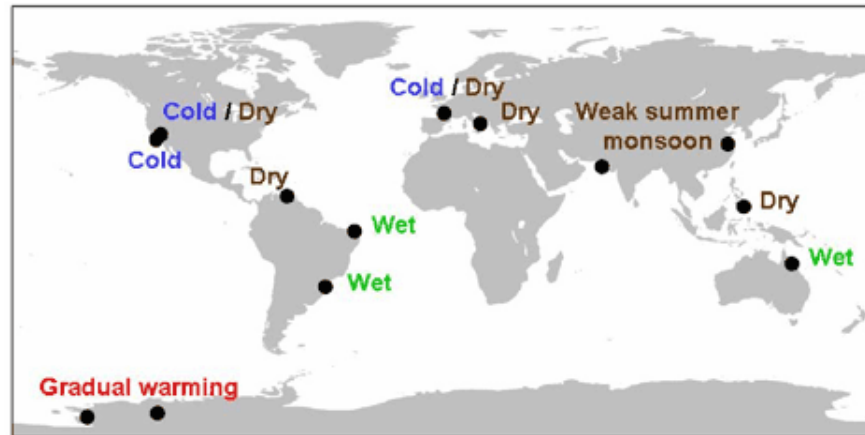
No Hemisfério Sul foram encontrados evidências dos eventos D-O e H no projeto EPICA em núcleos de gelo no Domo C na Antártida, obtidos pela estimativa de temperatura a partir de medições de Deutério. Esses eventos ocorreram simultaneamente nos Hemisférios Norte e Sul, demonstrando que foram mudanças climáticas abruptas globais. Devido a grande massa de água dos oceanos do Sul, os efeitos desses eventos foram menos intensos (FIGURA 27; JOUZEL *et al.*, 2007).



Fonte: NCDC-NOAA; Jouzel *et al.*, 2007.

Figura 27: Temperatura e eventos D-O, 120 mil anos no Domo C, na Antártica.

Durante os eventos D-O e H predominaram climas secos e frios no Hemisfério Norte, na América Central, na América do Norte, na Europa, no Mediterrâneo verões e monções fracas no sul da Ásia, e climas úmidos no nordeste e sul brasileiro e nordeste australiano, e um aquecimento gradual na Antártica (FIGURA 28; OVERPECK & COLE, 2006).



Fonte: NCDC-NOAA; Overpeck & Cole, 2006.

Figura 28: Características climáticas durante os eventos D-O e H.

Tanto os ciclos D-O quanto os H se iniciaram de forma rápida, ao longo de décadas, ou em um ou dois séculos, e terminaram de modo gradual. Com as frequentes mudanças no clima do glacial Würm, muitos arqueólogos sugerem que o cultivo agrícola seria improvável. Apesar da instabilidade climática, a população humana ampliou a demografia e se expandiu pelo globo em torno de 50 mil anos AP, o que remete à inúmeras indagações acerca dos motivos dessa expansão (CAPRA, 2004, p. 204-207). Veremos nos itens posteriores como as sociedades humanas lidaram com essas mudanças abruptas.

A mais recente mudança climática abrupta é o Dryas Recente, período glacial anômalo ocorrida entre 12.700 e 11.500 anos AP, com duração e intensidade semelhante a um episódio Heinrich (FIGURA 29; ALLEY *et al.*, 1999, p.213).

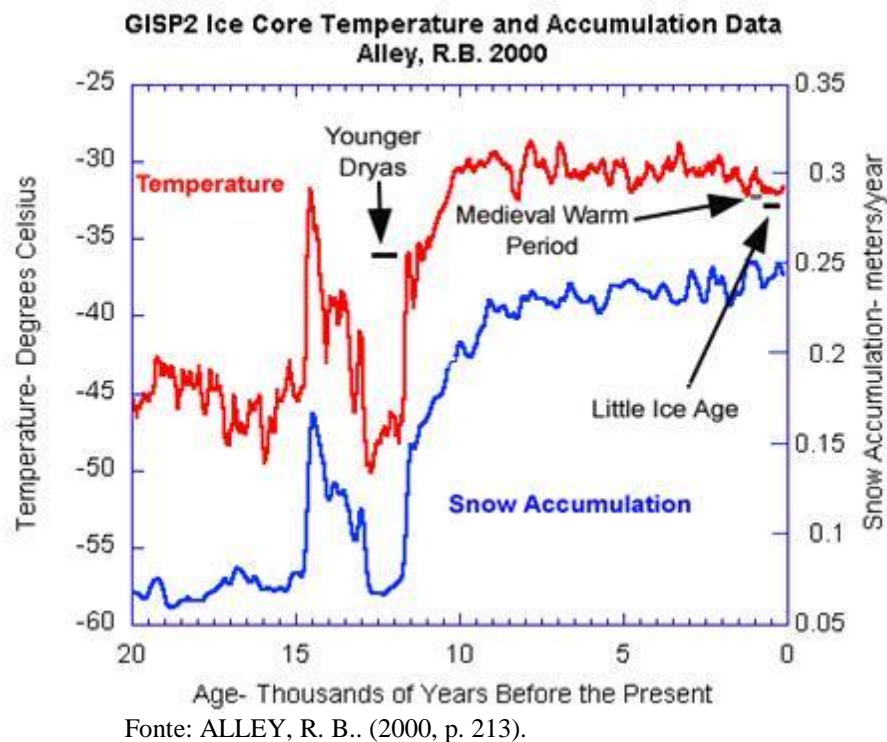
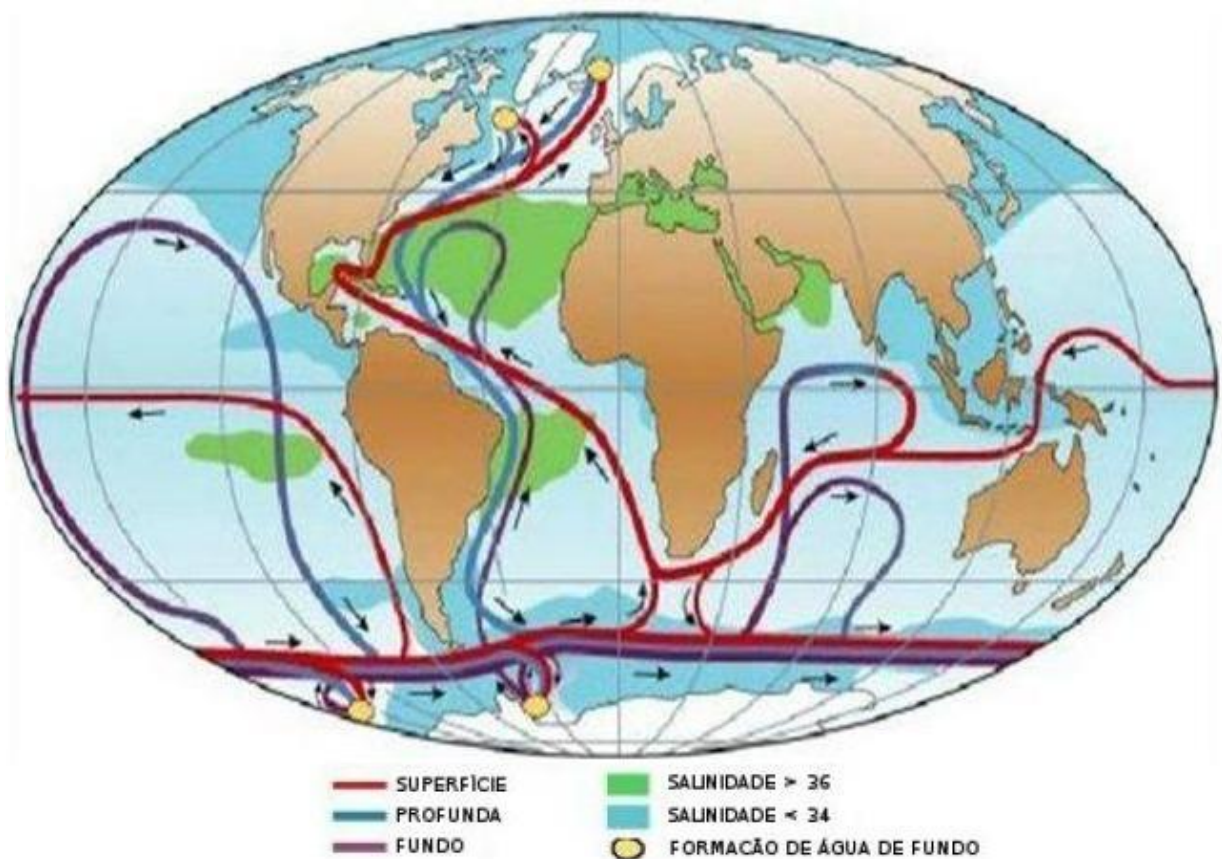


Figura 29: Período glacial Dryas Recente, entre 12.700 e 11.500 anos AP, comparação entre registros de deposição de neve e registros de temperatura em núcleo de gelo. Dados da GISP2.

É forte a correlação entre a mudança abrupta do Dryas Recente e a queda de um grande meteoro ou cometa, com vestígio de vidro e diamante fundidos, encontrados em toda América, sobretudo no norte, e na Europa. Após o glacial Dryas Recente se estabeleceu o “longo verão”, ou o interglacial que perdura até os dias atuais. Antes desse último glacial a Sibéria era habitada por mamutes e mega fauna. Desde então se tornou congelada, a vegetação se modificou e essa fauna foi extinta. O Dryas Recente provavelmente respondeu pela mudança climático-ecológica que teria levado à extinção da megafauna, ocorrida simultaneamente em diferentes regiões do globo.

Outras forçantes climáticas estão associadas à atividade vulcânica e a circulação termohalina do Oceano (FIGURA 30). Interações Oceano-Atmosfera respondem por grande parte da dinâmica climática global, sobretudo nos fenômenos ENOS, ODP, OMA, NÃO, MMT e MPN (Ver QUADRO 3 no início desse item). Sabe-se pouco sobre a influência da circulação oceânica profunda nesse processo, embora sejam conhecidas as principais correntes que caracterizam a circulação termohalina (SOUZA, 2008, p. 138; RAHMSTORF, 2002).



Fonte: Rahmstorf, 2002.

Figura 30: Principais caminhos superficiais, fundo e profundo da circulação termohalina.

Os modelos de circulação oceânica sugerem que um aumento do fluxo de água doce para o Ártico pode reduzir a circulação das águas superficiais para as profundezas do Atlântico Norte, e até interromper a haloclina polar, provocar severa redução na circulação termohalina, acarretando alterações climáticas globais (ADAMS *et al.*, 1999, p.17). Esses efeitos hipotéticos são apontados como indutores dos eventos abruptos D-O, H e o Dryas Recente. Um enfraquecimento da circulação na termohalina diminuiria a corrente do Golfo, levaria menos calor e umidade para a Europa, e causaria o resfriamento seu resfriamento. A elevação de gases estufa e da temperatura global desencadeariam processos Oceano-Atmosfera retroalimentados, e levaria a instabilidade climática imprevisível. Porém, essas hipóteses sobre os eventos D-O e H são inconclusas até o presente.

Embora a atmosfera tenha maior predominância térmica nas interações superficiais atmosfera-oceano, a grande capacidade térmica e a inércia dos oceanos fazem uma parcela das águas levarem de 200 a 1800 anos para completar alguns circuitos de revolvimento, de

forma que, perturbações nesse sistema têm implicações na redistribuição de energia nos processos climáticos por longo tempo (SOUZA, 2008, p. 8).

A dinâmica paleoclimática se apresentou imponderável. Não há linearidade nos ritmos paleoclimáticos e nem repetição. A periodicidade de muitos eventos e o acoplamento de vários subsistemas interagindo na formação de fenômenos compostos denota que a ideia de ritmo é adequada para se pensar os padrões de comportamento do clima no passado.

No Cap. 3 veremos que há clara correlação entre momentos de significativa inovação artística, cultural e tecnológica, verificadas no sul da África, com os períodos de resfriamento global dos eventos Heinrich, de glacial abrupto, culminado com o grande salto evolutivo pós-40 mil anos atrás. Denotando que os humanos modernos encontraram formas de se proteger das mudanças climática inovando, bem como migrando para nichos ecológicos favoráveis.

Veremos a seguir como o processo cognitivo autopoiético acoplou os seres vivos, em especial os humanos modernos, promovendo o acoplamento estrutural com as variações do entorno e possibilitando a adaptação às condições climático-ecológicas que se estabeleciam.

2.2. A TEIA DA VIDA E O PROCESSO VITAL: EVOLUÇÃO COGNITIVA EM REDE

A variabilidade do ritmo climático se apresentou como uma constante na evolução dos seres vivos e das sociedades humanas. Foi necessário identificar as variações do entorno a fim de aprender a lidar com as condições. Para Maturana e Varela (1992 p.49) a identificação das variações do entorno se dá através de um acoplamento estrutural autopoiético e cognitivo, sob um padrão auto-organizado em rede, capaz de reproduzir a si mesmo.

Esse acoplamento estrutural dos seres vivos se dá em três dimensões diferenciadas, uma macro, dos seres de grande porte, ou visíveis, e duas micro, uma microbiológica, outra físico-bioquímica (CAPRA, 2004, p. 187). No plano macro, os seres de grande porte estão diretamente acoplados ao ambiente para realizar suas funções vitais. Através da respiração realizam trocas gasosas com a atmosfera, além de realizarem seus processos metabólicos. Os vegetais produzem fotossíntese a partir da luz solar, processam gases, consomem dióxido de carbono, água e nutrientes, liberam oxigênio, produzem glicoses e frutos. Os animais respiram o oxigênio, espiram dióxido de carbono, e com a luz solar produzem vitamina D e se aquecem, utilizam a luz para visualização, identificação e escolhas de caminhos, consomem

água, proteínas e glicose, produzidas pelos vegetais na forma de açúcares, amido ou celulose. Mantêm assim trocas infindáveis de matéria e energia.

Na dimensão micro, os microrganismos, as bactérias se reproduzem rapidamente, em minutos, e, ao contrário dos seres de grande porte, que trocam genes verticalmente, trocam fluxo gênico de forma horizontal (MARGULIS & SAGAN, 1986, p.93). Conforme Margulis & Sagan (*op cit*), há 3,5 bilhões de anos as bactérias têm a capacidade de se auto-replicarem, intercambiarem genes e desenvolverem estratégias de adaptação, entre os quais a criação de formas eficazes de extração de energia do ambiente, como a fermentação e a fotossíntese.

As bactérias se multiplicam de forma assexuada, mas trocam continuamente material genético entre diferentes espécies de bactérias, de modo cooperativo e complementar, comportando-se como um grande organismo. Assim, as bactérias:

[...] habitual e rapidamente, transferem diferentes pedacinhos de material genético a outros indivíduos. Cada bactéria, em qualquer dado tempo, dispõe para o seu uso de genes acessório que a visitam vindos de linhagens as vezes muito diferentes, e que desempenham funções que o seu próprio ADN não abrange. Algumas dessas partículas genéticas recombinam-se com os genes nativos da célula; outras são passadas a diante. [...] Como resultado dessa capacidade, todas as bactérias do mundo têm, essencialmente, acesso a um único *pool* de genes e, em consequência, aos mecanismos adaptativos de todo o reino das bactérias. (MARGULIS & SAGAN, 1986, p. 16)

Além dessa forma cooperativa de transferência gênica, as bactérias estabelecem processos simbióticos entre si e com seres de grande porte, o mundo macro, ou seja, os organismos se integram a tal ponto que formam outro organismo, com funcionalidade mista, um dos maiores passos na sinergia evolutivo dos seres vivos.

Essa tendência de gerar sistemas auto-organizadores é uma propriedade da matéria. No terceiro nível ou dimensão, o físico-bioquímico, ao contrário do que postulavam muitas hipóteses, não é necessário ocorrer súbitos fenômenos como radiação externa, relâmpagos, correntes elétricas e semeadura da Terra por macromoléculas, pois “As substâncias químicas não se combinam aleatoriamente, mas de maneira ordenada, padronizada.” (MARGULIS & SAGAN, 1986, p. 51).

Como vimos no item 2.1, Prigogine (*ops cits*) demonstrou que estruturas dissipativas são geradas a partir de reações em sistemas bioquímicos complexos no tempo. Essas estruturas uma vez geradas apresentam laços catalíticos retroalimentados, funcionam afastadas do equilíbrio, consomem energia e podem produzir novas estruturas mais complexas, de maneira autônoma. A coerência dos processos irreversíveis de não-equilíbrio

sob um tempo estrutural gera compostos complexos, que continuam a se modificar e se complexificar, espontaneamente. A afirmativa de Prigogine representa uma nova fronteira que se abre, pois, “A matéria é cega ao equilíbrio ali onde a flecha do tempo não se manifesta; mas quando esta se manifesta, longe do equilíbrio, a matéria começa a ver!”.

Existe um tempo estrutural e irreversível, independente das vontades. Novas flechas irreversíveis do tempo geram a todo instante novos processos criativos. Como afirmara Prigogine “o tempo precede a existência.”. Um dos resultados dessa elucidação, é que todo ser vivo é uma estrutura dissipativa, vivendo afastado do equilíbrio para se manter, embora nem toda estrutura dissipativa seja um ser vivo, como uma estrela, ou um furacão.

Acoplados a esse mundo físico nada passivo, ao contrário, gerador contínuo de novidades, bactérias e seres de grande porte evoluíram interligados por trocas a ponto de dependerem mutuamente. Animais e vegetais têm dentro de si e/ou mantêm interações imprescindíveis com bactérias no seu metabolismo, de modo que “Sob nossas diferenças superficiais, somos todos comunidades ambulantes de bactérias.” (MARGULIS & SAGAN, *op cit*, 191). Nos humanos, cerca de 10% do peso é constituído por bactérias.

Evoluindo acoplados estruturalmente uns aos outros, às condições e às variações do entorno, sobretudo aos ritmos do clima, os sistemas vivos constituem uma rede auto-organizada, com capacidade de reproduzir a si mesmo. O processo que possibilita essa contínua reprodução de si é a evolução criativa da autopoiese, através de um padrão de organização em rede em que a função de cada componente da rede é participar na reprodução dos outros componentes, indefinidamente, de modo que a rede se autorreplica (MATURANA & VARELA, 1992, p. 49). O processo central na realização da autopoiese é a cognição, entendida como a capacidade do ser vivo, animal, planta ou bactéria, de perceber, apreender e interagir com seu entorno, modificando seu metabolismo ou agindo externamente segundo essas condições do ambiente.

Conforme Capra (2004, p. 145), a cognição como processo de conhecer é mais amplo que o processo de pensar. Envolve toda estrutura do ser e não somente um cérebro. Desta forma, bactérias, plantas e outros seres, mesmo sem um cérebro, percebem no ambiente diferenças entre luz e sombra, quente e frio, concentração de substâncias químicas, e atuam para se adaptarem ou iniciarem outro processo qualquer. No caso dos humanos, a cognição inclui um cérebro complexo e sistemas de maior abstração, como a linguagem ou o pensamento conceitual e a consciência, que atuaram construtivamente retroalimentando a evolução cultural e cognitiva.

O processo da natureza é criativo de infinitas possibilidades. Acoplados a esses processos criativos os seres vivos evoluíram num padrão de rede auto-organizada autopoietica, cujo processo central é a cognição, catalisada por conexões cooperativas, de trocas, associações, simbioses, bem como a competição, a mutação e a seleção. Para Margulis & Sagan, (1986, p.15) “A vida não se apossa do globo pelo combate, mas pela formação de redes.”. Desse contexto evolutivo dos seres vivos, sob grandes variações climáticas, emergiu a história evolutiva dos humanos.

É importante conhecer um pouco mais sobre os parentes ancestrais dos humanos modernos, a fim de evidenciar que as características culturais e a aceleração da evolução cognitiva estiveram entre os principais fatores diferenciadores dos humanos modernos dos demais membros do arbusto Hominina, e conduziram ao grande salto evolutivo pós-40 mil anos atrás.

2.2.1. PARENTESCOS E ANCESTRAIS: O ARBUSTO E A CLADE HOMININA

A compreensão de como as sociedades humanas chegaram ao Holoceno distribuídas pelo planeta, organizadas em grandes grupos, com diferentes modos de vida, organizações sociopolíticas complexas e elevado grau de sofisticação tecnológica só é possível através de informações anterior a esse período. Assim, houve a necessidade de conhecer melhor o quadro evolutivo do gênero *Homo* a partir do grupo mamíferos, e a diversificação do clado Hominina, até a diferenciação do *Homo Sapiens* nesse grupo. No contexto evolutivo desse grupo, mais significativo do que as mudanças anatômicas e genéticas, a diferenciação dos humanos modernos foi mais significativa no campo da evolução cultural e cognitiva.

Informações arqueológicas, paleontológicas e paleoantropológicas atuais permitem recuar no tempo e realizar novos esforços interpretativos. Torna-se possível resgatar parte significativa da história do *Homo sapiens*, e seus parentes próximos extintos, no contexto evolutivo desde a diferenciação do seu grupo irmão, o Chimpanzé, o Gorila e o Bonobo, há mais de sete milhões de anos.

Conforme Lewis (1999, p. 1) e Valva & Diniz Filho (2003, 2011, p.60), os avanços nas pesquisas possibilitam significativas mudanças na forma de pensar o lugar dos humanos na natureza. Antes se atribuía a evolução humana circunstâncias especiais. Nas últimas décadas as pesquisas têm confirmado que os mecanismos que operaram na evolução humana são os mesmos para todos os seres vivos. A segunda mudança de postura refere-se à ruptura

com a ideia de uma linhagem humana, pois vestígios fósseis têm revelado que nos primeiros estágios da diferenciação filogenética humana foram mais similares a um arbusto de espécies parentes.

Um terceiro aspecto relevante é a confirmação de que espécies do grupo *Homo*, que se julgava separadas, cruzaram e deixaram descendentes em regiões específicas. O cruzamento tem sido confirmado em análises de DNA, realizada a partir de vestígios fósseis que preservaram material genético, como cabelo e ossos.

Conforme Prüfer *et al* (2013), os Neanderthais, o homem de Denisova, o *Cro-Magnon* e o *H. sapiens* não só conviveram na mesma região, como ocuparam uma mesma caverna na Sibéria ocidental, em sucessivas épocas ao longo de dez mil anos, e se miscigenaram, deixando descendentes, em períodos recentes da história evolutiva, entre 60 e 70 mil anos AP. Esses aspectos lançam dúvidas sobre a caracterização de uma espécie do clado evolutivo do gênero *Homo*.

Além dos estudos de Prüfer *et al* (2013) confirmarem que essas espécies não ficaram isoladas uma das outras, os genes e os vestígios arqueológicos indicaram que não haveria apenas um único centro de formação dos humanos modernos há 70 mil anos. Para esse pesquisador, a teoria monocêntrica daria lugar a vários centros de desenvolvimento. Entre 60 mil anos e 70 mil anos AP quatro espécies, ou subespécies, que coexistiram participaram da formação dos humanos modernos: o *H. sapiens* da África, o Neandertal da Europa-Ásia, o homem de Denisova da Sibéria e o *Homo orientalis* que ocupava a região da China, este último é ainda pouco estudado. A análise de DNA confirmou que os três primeiros trocaram fluxo gênico numa caverna nos montes Altai, na Sibéria.

Considerar o contato e as trocas culturais e gênicas é relevante nessa pesquisa, já que, como veremos nos itens posteriores, há ~50 mil anos AP os humanos modernos experimentaram uma intensificação na evolução cultural, dentro do estágio glacial Würm, em que 26 mudanças climáticas abruptas globais se sucederam entre 80 mil anos e 20 mil anos AP, os eventos D-O e H, visto no item 2.1.1. Nesse contexto de variações nos ritmos climáticos se estabeleceram múltiplas trocas culturais e gênicas entre diferentes espécies, ou subespécies de humanos.

Nem todos os membros do arbusto trocaram fluxo gênico, contudo, mais importe para este estudo é a possibilidade de trocas culturais, e o processo co-evolutivo, em que os humanos modernos se destacaram nas inovações culturais, linguística, artísticas, sociopolíticas e tecnológicas, evidentes na cultura material, sobretudo após o grande salto evolutivo pós-40 mil anos atrás, verificado somente entre os humanos modernos.

Nesta tese argumenta-se que processos subjacentes ao plano cultural operaram de forma singular entre os humanos, e responderam pelos relativos sucessos adaptativos às variações climáticas, através do desenvolvimento de inúmeras estratégias adaptativas, como a construção de abrigos, a seleção de melhores nichos ecológicos, a invenção de ferramentas compostas, nos marcadores de tempo, sistemas de contagem, nas artes, coleta sistemática e organização sociopolítica para gerir grandes grupos, os quais conduziram a revolução neolítica, e a diferenciação holocênica de novas estratégias, como a agricultura, a arquitetura e a astronomia, entre outras.

Lewis (1999, p. 385, 408) descreve que há consenso que mudanças anatômicas e comportamentais acompanharam a transformação evolutiva do *Homo erectus* em *Homo sapiens*. Nas mudanças anatômicas foram verificadas a diminuição da robustez do esqueleto e da dentição, na parte anatômica funcional, em especial a locomoção, e aumento de volume craniano. No campo do comportamento, a transição evidencia-se no uso de ferramentas mais bem acabadas e retocadas, e mais diversificadas, estratégias de busca por alimento mais eficiente, organização social e política mais complexa, e o desenvolvimento completo da linguagem falada, expressão artística (simbólica), indicando um incremento na sensibilidade artística e emocional.

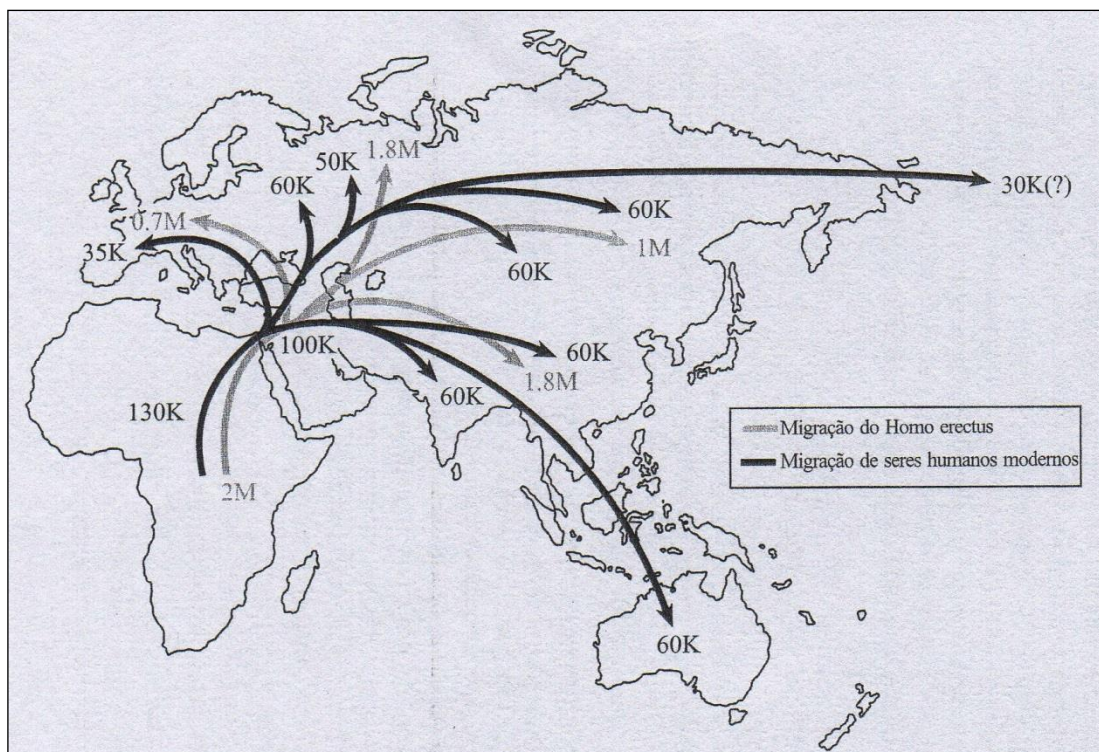
Estruturado há mais de 150 mil anos, o aparelho fonador e a comunicação falada são características exclusivas do *Homo sapiens*. A fala demonstra que algo muito recuado no tempo no campo cognitivo teve início. Isso é fundamental para o que desejamos evidenciar nesta tese: que sistemas cognitivos e sua evolução são a chave para se entender elaboração de estratégias adaptativas no Holoceno. Como dito, o que ocorreu nesse período é resultado de um longo processo evolutivo no campo da evolução cultural e cognitiva.

A habilidade de confeccionar ferramentas bem elaboradas e o manuseio em um número infindável de formas, eficazes para caça e defesa, junto com a fala e a comunicação simbólica, os humanos passam a possuir um poderoso diferencial para agir em conjunto a distância, na organização social, acumulação e transmissão de saberes, e no planejamento da ação, guardados num cérebro que aumentou em tamanho.

Atirando pedras e espantando ou matando pequenos animais de presa, os primitivos seres humanos foram projetados num novo nicho evolutivo. As habilidades necessárias para planejar as trajetórias de projéteis, para matar a uma certa distância, dependiam de um aumento de tamanho do hemisfério esquerdo do cérebro. As habilidades de linguagem (que têm sido associadas com o lado esquerdo do cérebro...) podem ter acompanhado fortuitamente esse aumento de tamanho do cérebro. (MARGULIS & SAGAN, 1986, p. 210).

Se existe consenso acerca das mudanças e características anatômicas e comportamentais que diferenciam o *H. sapiens* do *H. erectus*, esse consenso é menor quando se questiona como ocorreu o processo evolutivo. Existem diversas hipóteses, mas duas possuem maior destaque e representam visão opostas.

Valva & Diniz Filho (2003, 2011, p.71), apresentam duas hipóteses em evidência que conduzem à formas diferentes de retroceder sobre como e quando se deu a diferenciação do *H. sapiens* (FIGURA 31). Na primeira teoria, conhecida como Arca de Noé ou Eva Negra, a origem dos humanos modernos seria uma pequena população de *Homo erectus* no centro leste da Africana, ~200.000 anos AP, que teria migrado para outros continentes, eliminando as populações locais. Na segunda hipótese, a multiregional, a evolução de *Homo erectus* para *Homo sapiens* teria ocorrido paralelamente em várias regiões, mas que mantiveram intercâmbio de genes entre as populações de *Homo sapiens*.



Lewis, 1999, p. 390.

Figura 31: Migração do *Homo erectus*, e migração dos humanos modernos. A hipótese multirregional e a hipótese de origem única recente para os humanos modernos convergem para um centro de origem do ancestral comum na África, mas divergem no processo e no recuo do tempo.

Nas duas hipóteses a origem dos humanos seria um ancestral comum na África. Porém na primeira, a “Eva mitocondrial” ou ancestral comum, teria vivido há ~200.000 anos AP. Na segunda hipótese, a multiregional, o ancestral comum africano remontaria ~1,8 milhões de anos AP. O problema para a verificação das hipóteses evolutivas é a escassez de fósseis e vestígios, aspectos que só será sanado com o desenvolvimento das pesquisas. Por enquanto, a primeira hipótese tem a favor o registro fóssil de um indivíduo humano de anatomia moderna mais antiga, cerca 160.000 anos, encontrado na Etiópia, com volume encefálico de ~1.450 cm³, denominado *Homo sapiens idaltu*.

Para Lewis (1986, p. 390-410), a hipótese de origem única recente para os humanos modernos, há 200.000 anos AP, é uma simplificação exagerada, pois movimentos migratórios múltiplos ocorrem em diferentes épocas e locais. Esses argumentos têm se confirmado com as descobertas de novos vestígios arqueológicos. Sabe-se agora que os humanos modernos são resultados de um logo e complexo processo evolutivo de um arbusto de espécies que conviveram no espaço e no tempo em varias localidades. A partir deste arbusto, há pouco mais de 200 mil anos se distinguiram seres com características comportamentais e morfológicas que permitem claramente diferenciar dos demais parentes do arbusto Hominina, os humanos modernos, o *Homo sapiens*.

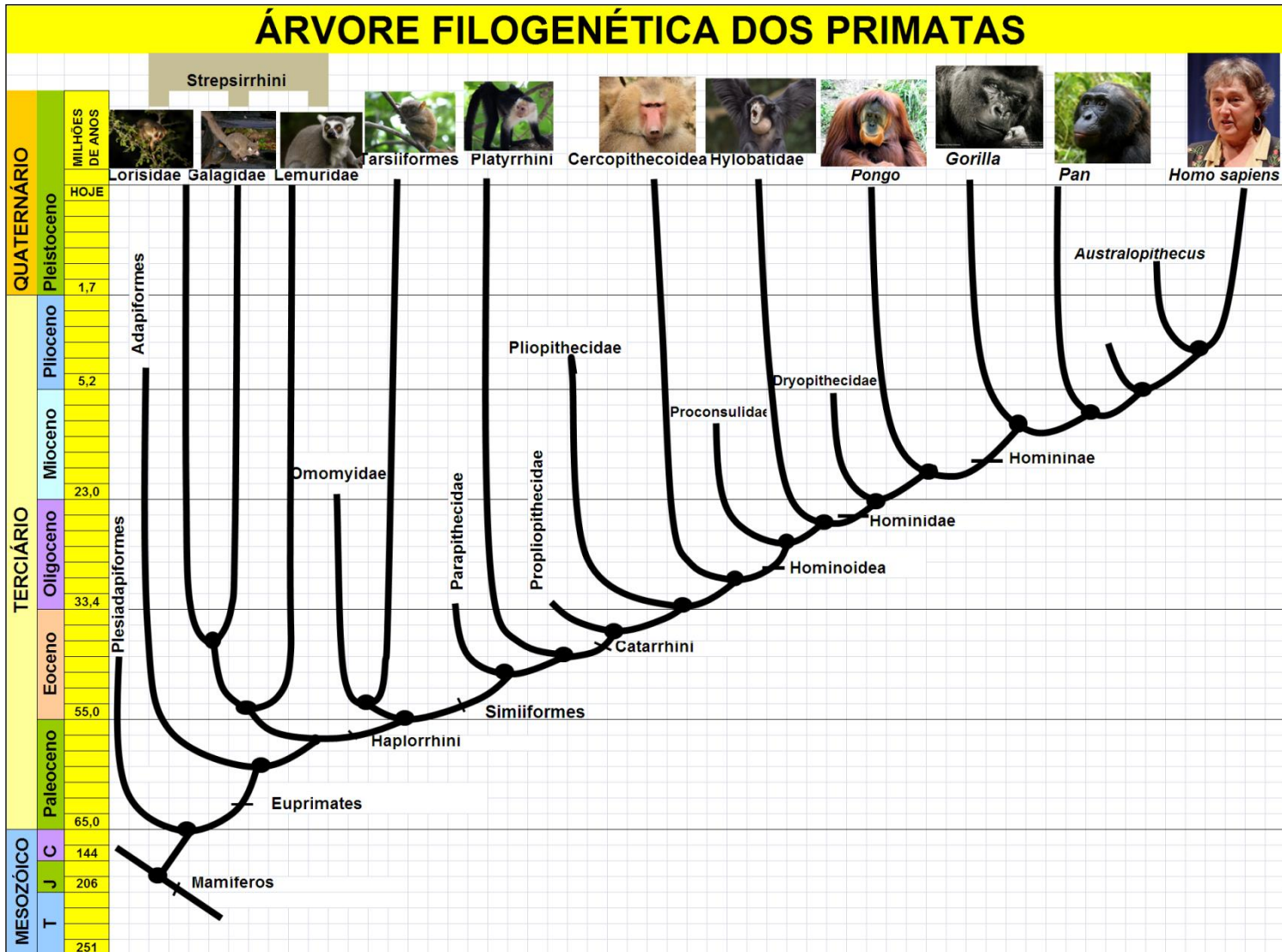
Na evolução humana a adaptação, a história e o acaso se complementam em sucessivas irradiações, numa série de tentativas, de êxitos e fracassos, resultando em especiações, extinções, e o aumento da complexidade, num acúmulo sucessivo de pequenas adaptações e variações aleatórias (VALVA & DINIZ FILHO, *op cit*). A diferenciação do *Homo Sapiens* do grupo de espécies *Homo* foi precedida e simultânea à outras histórias evolutivas de espécies parentes, que foram hábeis em dominar o fogo e fazer ferramentas. Muitos dessas espécies conviveram até recentemente com os humanos modernos e geraram descendentes, como demonstraram as pesquisas na Sibéria. Contudo, apesar do relativo sucesso se extinguiram.

Se os humanos modernos emergiram no contexto de uma longa história evolutiva de um arbusto de espécies, quais são os outros membros da família Hominina?

Conforme Dawkins (2009, p.115), não faz sentido perguntar qual o mais antigo ancestral humano, e sim qual ancestral humano passou a usar o bipedalismo? Qual a primeira criatura foi somente nosso ancestral, mas não dos chimpanzés? Qual o volume craniano era maior que 600 cc? Em que meio ecológico ocorreu o bipedalismo, savana ou floresta? O cérebro cresceu primeiro ou o andar ereto precedeu ao aumento cefálico? Estas questões

orientam a buscas por informações que esclareçam um pouco mais sobre o lugar dos humanos na natureza.

A história humana insere-se na história evolutiva do gênero *Homo*, família *Hominidae*, ordem *Primates*. Os Primatas pertencem ao grupo dos Mamíferos, e surgiram no final do Cretáceo, há 65 milhões de anos atrás. Conforme Valva & Diniz Filho (2003, 2011), a divergência entre macacos do Novo Mundo (platirrinos) e macacos do Velho Mundo, os catarrinos, ocorreu há ~40 milhões de anos atrás. Atualmente a ordem dos Primatas está dividida em dois grupos, os Strepsirrhini, consistindo nos prossímios, os quais apresentam características dos primeiros primatas, entre eles os lêmures e lorisídeos; e o Haplorrhini, representados pelos társios e antropóides. O grupo Antropoide, a qual pertence o gênero *Homo* é dividido em dois grupos: Platyrrhini, ou "macacos do Novo Mundo", da América do Sul e Central (Ex: bugios, macacos-prego e saguis); e os Catarrhini, que incluem o Cercopithecoidea e o Hominoidea, da África e Ásia (Ex: babuínos, gibões e hominídeos. Há ~24 milhões de anos a linhagem dos antropóides (macacos sem cauda, os símios e todos os ancestrais do arbusto *Hominina*), separou-se da linhagem dos cercopitecíneos, os macacos do Velho Mundo, sem cauda (FIGURA 32).



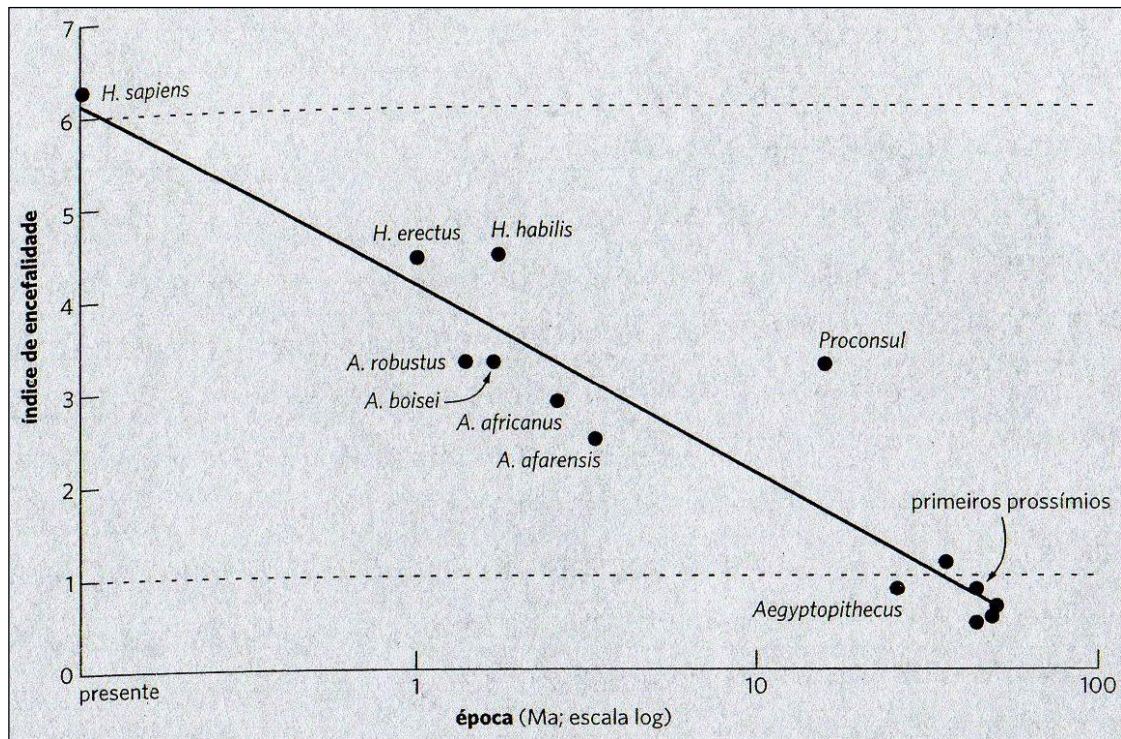
Fontes: Lewin, 1999; Lecointre & Guyader, 2006; Pough *et al.*, 2008; Futuyama, 2009; Dawkins, 2001, 2009. Valva & Diniz Filho, 2003, 2011. Elaboração do autor: Loiola, 2013.

Figura 32: Arvore filogenética dos Primatas vivos e extintos.

Os primatas primitivos já apresentavam um cérebro grande em relação ao tamanho do corpo, viviam em árvores, polegar oponível, unhas ao invés de garras, elevada sociabilidade e maior cuidado com a prole, quando comparados aos demais mamíferos, bem como características pertencentes aos demais mamíferos: homeotermia, viviparidade e órgãos de sentido altamente desenvolvidos.

Embora o tamanho do cérebro seja questionado como um caractere significativo diferenciador da nossa espécie, para Dawkins (2009, p.110-113), a comparação do tamanho do cérebro deve levar em consideração o tamanho corporal. Essa comparação é feita com o índice de encefalidade, ou QE, que plota num gráfico do logaritmo da massa cerebral em

relação ao logaritmo da massa corporal para muitas espécies de tamanhos diferentes. Com essa comparação relativa ao tamanho corporal o resultado é que o *Homo sapiens* possui um cérebro seis vezes mais pesado para o que deveria ser para um mamífero típico do nosso tamanho (FIGURA 33).



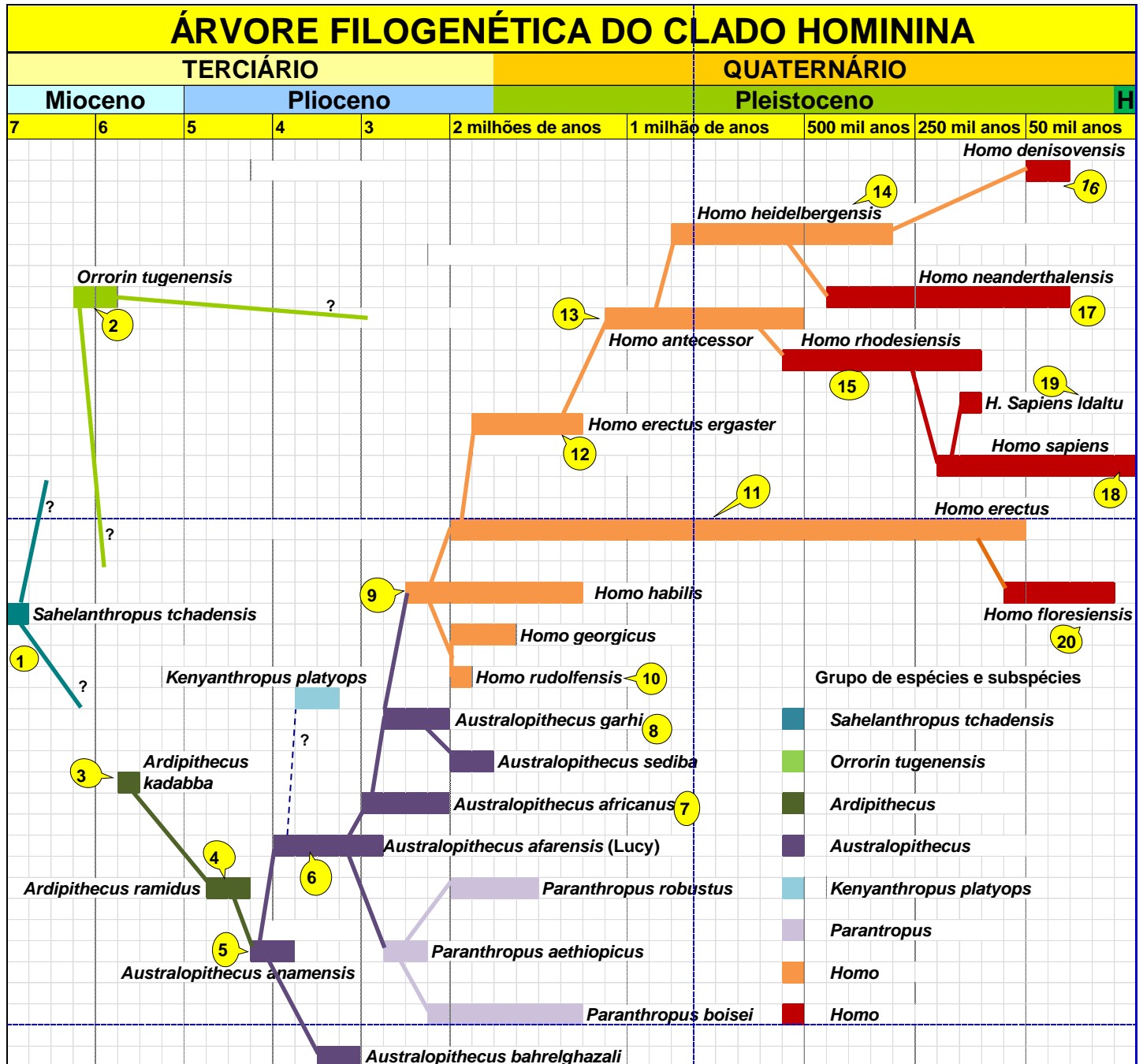
Fonte: Dawkins, 2009, p. 113.

Figura 33: Índice de encefalidade, em escala logarítmica, de fósseis de varias espécies, em milhões de anos.

Segundo Dawkins (*op cit*), o índice de encefalidade revela que o cérebro humano se apresenta muito maior do que os padrões dos primatas, e o cérebro destes se grande para os padrões dos mamíferos, que por suas vez é bastante grande se comparado com os padrões dos vertebrados. Os índices que mais se aproximam dos humanos modernos são os das espécies de *Australopithecus* e do gênero *Homo*. Aspecto relevante desse índice na evolução do conjunto de espécies do grupo *Hominina* é o grande crescimento do nosso cérebro nos últimos três milhões de anos, o qual já era grande. A questão que se apresenta é por quê? Nossas reflexões sugerem que a complexidade do cérebro será considerada nas pesquisas futuras. Muito ainda precisa ser desvendado em relação à evolução do cérebro. O fato é que o cérebro

humano tem apresentado uma diminuição sistemática e considerável desde 30 mil anos AP, um grande enigma.

Um panorama das espécies extintas ancestrais dos humanos modernos pode ser visualizado na árvore filogenética da subtribo *Hominina*, indicando as possíveis ancestralidades comuns, a época de origem e extinção (FIGURA 34).



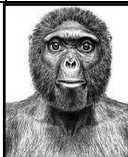








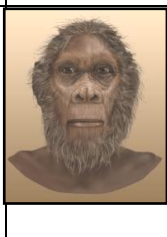

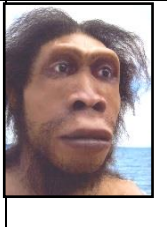
Fontes: Lewin, 1999; Lecomte & Guyader, 2006; Pough *et al*, 2008; Futuyama, 2009; Diamond, 2010; Dawkins, 2001, 2009; Prüfer *et al*, 2013. Elaboração do autor: Loiola, 2013

Figura 34: Árvore filogenética do clado *Hominina*.

O grupo-irmão vivente mais próximo ao do *Homo* é o dos chimpanzés (*Panini: Pan paniscus* e *Pan troglodytes*), cujo ancestral comum provavelmente viveu na África, diferenciando-se há ~7 milhões de anos AP. A diferenciação evolutiva do grupo irmão chimpanzé pode ter ocorrido há ~7 milhões de anos, e o ancestral comum mais antigo conhecido seria o *Orrorin tugenenses*, há ~6 milhões de anos AP e/ou o *Toumai*, há ~7 milhões de anos AP (DAWKINS, 2009, p.126-128). As características das espécies e subespécies são fundamentais para compreender a diversidade e o contexto evolutivo humano. O Quadro 4 mostra a reconstituição das feições, características morfológicas, culturais e o período aproximado em que viveram. A numeração que identifica as espécies nesse Quadro é correspondente com a numeração da Figura 34.

Quadro 4: Características de algumas espécies da árvore evolutiva humana.

CARACTERÍSTICAS DE ALGUMAS ESPÉCIES DA ÁRVORE EVOLUTIVA HOMININA	
RECONSTRUÇÃO	ESPÉCIES E CARACTERÍSTICAS
1 	<i>Sahelanthropus tchadensis</i> : Encontrado somente no Chade (África), datado em 7 milhões de anos AP, é o mais antigo vestígio da subtribo <i>Hominina</i> conhecido. Deve estar próximo ao ancestral comum do <i>Homo sapiens</i> com os Chimpanzés. Provavelmente bípede. Habitava regiões de floresta.
2 	<i>Orrorin tugenensis</i> : Encontrado somente no Quênia (África), datado de 6, 2 a 6 milhões de anos. Possuía o andar bípede e habitava florestas. As análises sugerem que pode ser mais parecido com o gênero <i>Homo</i> do que com o gênero <i>Australopithecus</i> . Massa entre 30 e 50 kg. Seus dentes sugerem alimentação baseada em insetos, folhas, sementes, raízes e eventualmente carne.
3 	<i>Ardipithecus kadabba</i> : Viveu entre 5,8 e 5,6 milhões de anos, na Etiópia (África). Morador de floresta e de floresta em transição com savana. Volume encefálico de 350 cc. Não dominava a fala. Aparência de um chimpanzé na forma e na estatura. Adaptado ao andar ereto e à escalada de árvores. Braços longos em comparação com as pernas. Possuía grandes caninos. Alimentava-se de frutas e vegetais macios.
4 	<i>Ardipithecus ramidus</i> : Viveu entre 4,5 e 4,1 milhões de anos, na Etiópia (África). Possuía andar bípede. Vivia em regiões de floresta úmida. Volume encefálico de 350 cc. Provavelmente não dominava a fala. Estatura de 1,15 a 1,3 m. Massa de 27 a 50 kg. Adaptado ao andar ereto e à escalada de árvores. Braços longos em comparação com as pernas. Não apresentava dimorfismo sexual, o que indica baixa competição entre machos. Incisivos grandes, caninos em forma de diamante. Alimentava-se de frutas e de uma gama variada de alimentos, como indica sua dentição. Era onívoro.
5 	<i>Australopithecus anamensis</i> : Viveu entre 4,2 e 3,9 milhões de anos, no Quênia (África). Postura bípede, morava em florestas pouco densas. Volume encefálico de 400 cc. Não dominava a fala. Estatura maior em relação ao <i>Australopithecus ramidus</i> e ao <i>Australopithecus afarensis</i> . Massa entre 45 e 65 kg. Provável ancestral do <i>Australopithecus afarensis</i> e descendente do <i>Ardipithecus</i> . Braços longos em comparação com as pernas. Dimorfismo sexual. Parte inferior do corpo adaptada ao solo e superior às árvores. Molares desenvolvidos. Ossos da face largos e maxilar proeminente. Alimentava-se de frutas e outros vegetais.

6		<i>Australopithecus afarensis (Lucy)</i> : Espécie a qual a famosa Lucy pertencia. Viveu entre 3,7 e 2,9 milhões de anos na África (Etiópia, Quênia, Tanzânia). Postura bípede, vivia em regiões de transição entre floresta e savana. Volume encefálico de 300 e 400 cc. Não dominava a fala. Dimorfismo sexual. Braços longos e pernas curtas. Estatura de 1 e 1,5 m, 30 kg. Parte inferior do corpo adaptada ao solo e superior às árvores. Mãos hábeis e precisas. Testa pequena, molares desenvolvidos. Ossos da face largos e maxilar proeminentes. Usava pedras afiadas para cortar. Alimentava-se de vegetais e de carne.
7		<i>Australopithecus africanus</i> : Viveu entre 2,85 e 2 milhões de anos no sul da África. Postura bípede. Era similar ao <i>Australopithecus afarensis</i> , mas ligeiramente maior. Volume encefálico entre 420 e 500cc. Não dominava a fala, por não apresentar uma estrutura bem desenvolvida do aparelho fonador. Ereto, bípede, habitava terrenos intermediários entre floresta e savana. Estatura de 1,5m, massa entre 25 e 40 kg. Possuía testa baixa, pequena caixa craniana, molares muito desenvolvidos, incisivos e caninos grandes, ossos da face proeminentes e face larga. Fazia instrumentos de pedra e osso. Alimentava-se de caça e de vegetais.
8		<i>Australopithecus garhi</i> : Viveu entre 2,6 e 2,5 milhões de anos na Etiópia (África). Volume encefálico de 450 cc. Produzia e utilizava ferramentas de pedra, antes do <i>Homo habilis</i> . Demonstrando que não somente linhagens do gênero <i>Homo</i> eram capazes de fazer ferramentas. Alimentava-se de frutas e folhas e eventualmente carne.
9		<i>Homo habilis</i> : Encontrado no Quênia, Etiópia e Tanzânia. Viveu entre 2,5 e 1,4 milhões anos atrás. Era bípede, altura média de 1,3 a 1,4 m, massa de 40 kg e volume encefálico de 700 a 750 cc. Primeiro a construir ferramentas de pedra lascada. Não há indícios de que usavam o fogo. Alimentava-se majoritariamente de vegetais do que de caça.
10		<i>Homo rudolfensis</i> : Viveu na Etiópia (lago Turcana), e possivelmente na Tanzânia e no Malawi, entre 1,8 e 1,9 milhões de anos atrás. Volume encefálico de 600 a 800 cc, maior do que o <i>Homo habilis</i> , seu contemporâneo. Possuía face mais larga e aplainada, dentes caninos mais largos. Primeira espécie do gênero <i>Homo</i> a elaborar e usar ferramentas. É considerado uma variante do <i>Homo habilis</i> , mas pode ser um espécie de <i>Australopithecus</i> .
11		<i>Homo erectus</i> : Surgiu na África e se expandiu para a Europa, Ásia e Oceania. Viveu entre 1,8 milhões e 30 mil anos atrás. Era bípede. Altura de 1,3 a 1,7 m, 60 kg, volume encefálico de 750 a 1250 cc. Fazia ferramentas e cabanas com pedras. Há 1,5 milhão de anos utilizava o fogo e há 750 mil anos. Confeccionava ferramentas. Alimentava-se de frutas, vegetais, folhas, raízes e fartamente de caça.
12		<i>Homo erectus ergaster</i> : Surgiu na África e se expandiu para Java, Extremo Oriente. Viveu entre 1,8 milhões e 250 mil anos atrás. Era bípede. Volume encefálico de 900 a 1100 cc. Fazia ferramentas de pedra. São fortes os indícios de que usava o fogo. Alimentava-se de vegetais e caça.

13		<i>Homo antecessor</i> : Viveu entre 1,2 milhões e 700 mil anos atrás na Europa. Era bípede. Altura média de 1,6 a 1,8 m, 90 kg. Volume encefálico de 1000 a 1150 cc. Faziam ferramentas de pedra, lanças, cabanas coletivas de couro com até 15 m de comprimento e agasalhos. Dominava o fogo. Alimentava-se de frutas, raízes e eventualmente caçava.
14		<i>Homo heidelbergensis</i> : Viveu entre 700 mil e 200 mil anos atrás na Ásia (China) e Leste e Sul da África. Era bípede. Altura média de 1,6 a 1,75 m (homens), 1,65 m (mulheres), até 62 kg. Volume encefálico de 1100 a 1400 cc. Há evidências de que faziam ferramentas como machadinhas e abrigos simples. Dominava o uso do fogo. Há evidências de que foram os primeiros a caçar grandes animais como veados, cavalos, elefantes, hipopótamos, rinocerontes.
15		<i>Homo rhodesiensis</i> : Viveu do norte ao sul da África, entre 600 e 150 mil anos atrás. Era bípede. Volume encefálico de 1280 a 1325 cc.
16	?	<i>Homo denisovensis</i> : Viveu na Sibéria entre 50 e 30 mil anos atrás. mtDNA demonstrou que possui o ancestral comum desta espécie com o <i>Homo neanderthalensis</i> e o <i>Homo sapiens</i> , divergiu a cerca de um milhão de anos atrás. Faltam dados arqueológicos para maiores detalhes.
17		<i>Homo neanderthalensis</i> : Viveu na Europa entre 300 e 20 mil anos atrás. Era bípede. Altura média de 1,65 m, entre 50 e 70 kg. Volume encefálico de 1200 a 1900 cc. Faziam ferramentas, machados bifaciais, raspadores de pedra, lanças, peças afiadas, joias, objetos de adorno, roupas de couro e abrigos. Controlavam o fogo. Alimentava-se predominantemente de caça (90%), e de vegetais.
18	NÓS	<i>Homo sapiens</i> : Surgiu na África há 200 mil anos e há 100 mil se expandiu pelo globo. Traços longilíneos, pernas e braços longos. Bípede, altura média de 1,78 m. Volume encefálico médio de 1400 cc. Crânio arredondado, testa alta, queixo saliente, nariz proeminente e mais fino. Gestação de 9 meses no útero e 12 meses fora. Domínio da fala. Ferramentas sofisticadas de pedra, osso, marfim e chifre. Expressão artística. Maior complexidade social, planejamento e inovação. Fogo para forjar peças. Alimentação: frutas, vegetais, raízes, caça e pesca.
19	?	<i>Homo Sapiens Idaltu</i> : Subespécie extinta do <i>Homo sapiens</i> , encontrada na Etiópia. Datada entre 160 e 154 mil anos. Volume encefálico de 1450 cc. Apresenta característica morfológicas muito próximas às do <i>Homo sapiens</i> moderno.
20		<i>Homo floresiensis</i> : Viveu na Ilha de Flores, Indonésia, entre 95 a 13 mil anos atrás. Possuía estatura de cerca de 1 m e massa média de 25 kg. Volume encefálico de 380 cc. Elaborava ferramentas pequenas, afiadas. Vivia de caça, frutas e vegetais. Seu pequeno cérebro demonstrou que a complexidade do cérebro é mais importante que o tamanho para avaliar o evolução de um homínido.

Fontes: Lewin, 1999; Lacointre & Guyader, 2006; Pough *et al*, 2008; Futuyama, 2009; Diamond, 2010; Dawkins, 2001, 2009; Prüfer *et al*, 2013. Elaboração do autor: Loiola, 2013

Os humanos modernos resultaram de um longo processo evolutivo, e os únicos sobreviventes de um conjunto de espécies. Os humanos modernos se tornaram cosmopolita

num momento recente da história da vida, enquanto que as demais espécies dos gêneros *Australopithecus* e *Homo* desapareceram. O que aconteceu com os demais membros da família? As novas hipóteses evolutivas acerca dos humanos vieram acrescidas de muitas outras indagações, não menos importantes como essa.

Informações genéticas e arqueológicas apontam que não há uma “linhagem humana”, pois outros grupos conviveram num mesmo período, e provavelmente trocaram fluxos gênicos. As pesquisas confirmaram a miscigenação de grupos mais recentes na Sibéria, entre 60 mil e 70 mil anos AP. Assim, o clado *Hominina* se assemelha a um arbusto evolutivo, muitas espécies e subespécies, com possível intercruzamento, já que houve co-presença no tempo e no espaço, como sugeriram Roger Liwin (1999) e Diamond (2010).

Mais que genes, as espécies podem ter trocado saberes sobre o uso do fogo, manufatura de ferramentas, organização social e estratégias de caça, pesca e coleta eficientes (compartilhamento de forrageamento mais eficientes), e outros.

Conforme Dawkins (2001, p. 214-215), não somos os únicos a ter cultura nem fomos os primeiros a navegar, confeccionar ferramentas e usar o fogo, outras espécies de mamíferos transmitem informações culturais. Nossos ancestrais tiveram a primazia da manufatura de ferramentas, do uso controlado do fogo e, provavelmente, até da navegação.

Vestígios arqueológicos sugerem diferentes rotas marítimas e terrestres de expansão do gênero *Homo*. Foram encontrados artefatos de pesca sofisticados em profusão recentemente, entre 2010 e 2011, em ilhas na costa oeste dos EUA, próximo a Indonésia e na ilha de Creta, datados de 15 mil anos AP, 40 mil anos AP e 130 mil anos AP, este último pode recuar até 500 mil anos, dependerá de novas datações. Esses achados indicam que os seus elaboradores eram exímios pescadores e navegadores em épocas bastante remotas.

Sabe-se agora que o andar ereto antecedeu ao aumento encefálico, e ocorreu em ambiente de floresta e não savana. O *Orrorin tugenensis* e outras espécies datadas entre 6 e 7 milhões de ano AP, tiveram seus vestígios fósseis encontrados em local no meio norte da África, atualmente zona árida, mas configurada como zona ecológica tropical à época, com predomínio de florestas.

Existem outras hipóteses além das expostas aqui. O mais significativo nesta pesquisa foi demonstrar que os humanos modernos não estiveram sozinhos em sua jornada. Estiveram, e estão inseridos no contexto evolutivo das outras espécies do arbusto *Hominina*. Não foram os únicos a apresentarem cultura e transmitir aos seus descendentes. Os humanos modernos souberam tirar proveito das variações climáticas com inovação. Os demais parentes

dos humanos viventes na época não apresentaram esses períodos de inovação com a mesma intensidade. Ao contrário, continuaram a produzir artefatos menos sofisticados.

Certamente a inovação e a evolução cultural estão entre os principais fatores que explicam o relativo sucesso dos humanos modernos, e o fato de somente estes membros do grupo Hominina terem continuado a jornada evolutiva. Sua evolução cultural acelerada e as especificidades de sua cultura são características singulares, permitindo diferenciá-lo e acompanhar sua trajetória em relação aos demais membros do grupo.

A seguir são apresentados os efeitos dessa acelerada evolução cultural durante o grande salto evolutivo pós-40 mil anos atrás, a fim de demonstrar que os humanos modernos já portavam sistemas cognitivos estruturados, sofisticação cultural, tecnológica e complexificação sociopolítica dezenas de milhares de anos antes do Holoceno, explicando a diversificação de estratégias adaptativas neste período, similares, em diferentes partes do planeta, quase simultaneamente, e de forma independente, denominada aqui de diferenciação holocênica.

2.3 ACOPLAMENTO AUTOPOIÉTICO, EVOLUÇÃO CULTURAL E COGNITIVA: AS CHAVES.

Ao entrar em contato com a história evolutiva humana, geralmente, a primeira imagem que vem à mente são de fósseis, de restos esqueléticos, a cultura material tipificada, posteriormente a imagem fixa de um ser estático, ficando em segundo plano o comportamento, a cultura, a sua relação com o ambiente e a forma de agir no mundo. Felizmente, essa ideia estática sobre os seres do passado está em mudança, para formas dinâmicas, até com técnicas de reconstrução cinematográficas. Essa mudança ocorre no campo empírico e teórico.

Lewis (1999) descreve que uma das grandes novidades nos estudos contemporâneos é a inserção da ecologia e dos aspectos climáticos. De posse dessas variáveis pode-se interpretar e imaginar como os seres interagem com o ambiente, seus comportamentos específicos, formas de se protegerem, alimentarem, locomoverem e se relacionarem.

Essa não é uma tarefa fácil, é sem dúvida um exercício de imaginação orientada. Mais que descrever, é necessário compreender e interpretar diferentes níveis de realidade, e dialogar com diferentes níveis de percepção para compreender o movimento simultâneo dos

processos socioculturais, ecológicos e físicos no contexto e no tempo. Esse aspecto é central na visão complexa da realidade, em nosso caso dedicadas às estratégias adaptativas.

Assim, partimos do entendimento da natureza instável do mundo físico, de sua tendência a gerar sistemas complexos auto-organizados, de complexidade crescente, em seguida sucedemos ao nível biológico, acoplado a esse mundo físico nada passivo, ao contrário, criativo de estruturas dissipativas e outros processo a todo instante, até chegar na composição com o maior nível de complexidade: a evolução dos seres humanos no contexto da rede auto-organizada dos seres vivos, acoplados estruturalmente aos níveis físicos e biológicos dos processos naturais.

Nesse processo evolutivo, os humanos modernos não emergiram repentinamente há 200 mil anos. Como vimos, o processo evolutivo foi longo, não-linear, diversificado e mais complexo que se supunha. Sua diferenciação não ocorre somente pelo tamanho do cérebro, traços morfológicos ou fisiológicos, mas, sobretudo, na sofisticação dos objetos fabricados, na ornamentação de ferramentas, acabamento e variedade de estratégias necessárias ao uso e fabrico, nos aspectos socioculturais, emocionais, políticos, saberes e nas habilidades cognitivas.

Conforme Lewis (1999, p. 430), no final do Paleolítico Inferior, há 250 mil anos, desapareceram as indústrias líticas pobres em inovações e longa duração. Entre 250 mil anos e 40 mil anos AP, no Paleolítico Médio, o número de tipos de ferramentas quadruplicaram, alcançando mais de 40 tipos. No Paleolítico Superior, após 40 mil anos AP, o número de tipos de ferramentas mais que dobram, e elevam-se para 100. Se antes a variação geográfica e estilística era pequena nas primeiras indústrias líticas, a variabilidade no tempo e no espaço se tornou frequente no Paleolítico Superior. Na Europa, em menos de 30 mil anos AP, as indústrias líticas convertem-se em quatro tipos, num ritmo de inovação e mudança acelerado, com uso de ferramentas, matérias-primas raramente utilizadas antes, como ossos, marfim e chifres. Ferramentas produzidas com forte senso de planejamento, maior que qualquer outras observadas nos sítios pertencentes a outros grupos.

Na Ásia, e, sobretudo no Oriente Médio, um lugar relacionado geograficamente com a África, a transição para produção de artefatos líticos mais bem elaborados se dá no mesmo período na Europa, há 40 mil anos. Na África são encontradas ferramentas sofisticadas em períodos que remontam há 130 mil, 180 mil, e até 240 mil anos. Demonstrando que a sofisticação tecnológica foi crescente.

Verifica-se nos vestígios arqueológico uma progressão continuada de desenvolvimentos até que, após certo limite ocorre uma “explosão” nesse desenvolvimento cultural,

acompanhada de uma complexificação social, e intensificação da inovação tecnológica crescente desde então, há cerca de 50 mil anos AP (LEWIN, 1999, p. 441; MITHEN, 2002, p. 35-36, 247; DAWKINS, 2009, p.57; DIAMOND, 2010, p. 61). Para Lewin (*op cit*), essa mudança ocorreu no campo cultural, não propriamente biológica, embora seja forte o argumento que um conjunto de atividades distintas deve ter operado, incluindo uma mudança biológica crítica na habilidade linguística.

Diamond (2010, p. 57-62) descreve que essa “explosão” evolutiva há 40 mil anos, o “Grande salto para frente” na sua denominação, é mais clara nos vestígios arqueológicos encontrados na França e na Espanha. Onde existiam os neandertais surgem humanos com anatomia moderna, os humanos de Cro-Magnon, provavelmente vindo de rotas migratórias da África, passando pelo Oriente Médio, pois na África há mais de 100 mil anos já existiam humanos com essa anatomia, típica de um humano atual.¹⁷

O Cro-Magnon há 40 mil anos AP tinha um comportamento inovador. Sua ferramentas eram feitas de finas lascas de pedras maiores, proporcionando um rendimento dez vezes maiores de lâminas que as técnicas anteriores. Pela primeira vez utilizou ferramentas de ossos e chifre, e o uso de ferramentas compostas de varias partes atadas, com ponta de lanças fixadas em hastes de madeiras com cunhas, machados encaixados em cabos de madeiras. Varias categorias de ferramentas têm funções claras: agulhas, pilões, socadores, anzóis, redes e cordas. As cordas, redes e anzóis serviam para capturar peixes, raposas, doninhas, lebres. Pela primeira vez surgem armas para matar e se proteger a distância com segurança: arpões, dardos, lanças e arco e flecha. No sul da África caçavam búfalos e porcos adultos, na Europa caçavam bisões, renas, alces, cavalos. Para caçar estas espécies são necessários destreza, conhecimento do comportamento animal e planejamento. Com essa tecnologia para produzir ferramentas, com matérias-primas trazidas de centenas de quilômetros, agasalhos para se proteger do frio e saberes mais elaborados, os humanos adquiriram autonomia para se adaptar mais facilmente, multiplicaram-se e se expandiram para outros continentes.

A intensificação da sofisticação tecnológica dos humanos há 40 mil anos AP foi acompanhada pela mudança de comportamento. Grupamentos maiores, maior organização e maior tempo de vida, indicando maior cuidado parental e garantias de transmissão dos saberes aos mais jovens, especialmente transmitidos pelos idosos. O sepultamento e a ornamentação de túmulos, a arte e o uso de pigmentos em pinturas rupestres são outras características que emergem com a complexificação social e sofisticação tecnológica incomum posterior a esse

¹⁷ Diamond denomina o período da emergência evolutiva do Cro-Magnon há pouco mais de 40 mil anos de “grande salto para frente”, Lewin de “explosão”. Aqui denominaremos de grande salto.

período. As pinturas de cavalos na caverna de Chauvet, no sul da atual França, datada de 31 mil anos AP acendem a imaginação (VALADAS, CLOTTES & GENESTE, 2004; FIGURA 35).

Essas pinturas, por si sós, marcam claramente a presença do moderno *Homo sapiens* sobre a Terra. Somente as pessoas pintam, somente as pessoas planejam expedições até as extremidades mais fundas das cavernas úmidas e escuras em cerimônias. Somente as pessoas enterram seus mortos com pompa. A procura pelo ancestral histórico do homem é a procura pelo contador de histórias e pelo artista. (MARGULIS & SAGAN, 1986, p. 223-224).



Fonte: Valadas, Clottes & Geneste, 2004.

Figura 35: Pintura rupestre na caverna de Chauvet, sul da França, datada de 31 mil anos AP.

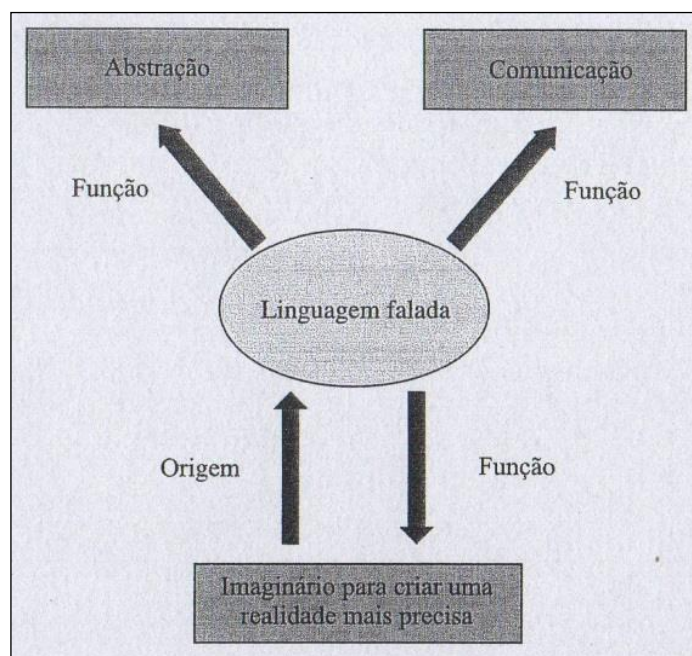
As reflexões de Margulis & Sagan (*op cit*) resgatam os significados de elaboração de pinturas encontradas nas cavernas e atitudes perante a morte: um novo ser emergiu, com capacidade de sentir, pensar e de criar imagens do mundo como nenhum outro, e com a destreza dos melhores artesãos e pintores atuais. Esses elementos poderiam passar despercebidos, mas sua associação à comunicação simbólica é muito relevante à ciência atual e para esta pesquisa. Além de serem traços singulares dos humanos, dão pistas sobre a mente de quem os fez.

A procura de respostas para a diversidade de estratégias adaptativas no Holoceno conduziu a outro enigma, outra revolução havia ocorrido num passado distante, há ~40 mil anos AP, no campo sociocultural. Porém, quais elementos conduziram a essa primeira revolução, e suas consequências. Estritamente esta tese argumenta que os motores da primeira revolução, o “grande salto” pós- 40 mil anos AP, estão diretamente relacionados com a diferenciação holocênica.

As evidências permitem sugerir que a evolução cognitiva, que já vinha ocorrendo há cerca de 2,5 milhões de anos, passou a ser retroalimentada de forma intensa pela evolução sociocultural. É difícil saber qual o ponto de inflexão. Os vestígios e evidências apontam claramente que, quando a evolução cognitiva se acelerou há pouco mais de 300 mil anos AP, paralelamente se diversificou a evolução sociocultural.

Lewis (1999, p. 463) descreve que há correspondência entre a maior sofisticação dos artefatos líticos, o início da utilização de pigmentos e tinturas, e as evidências da comunicação falada com a emergência de seres humanos arcaicos deste há 250 mil anos AP. A fala é um processo cognitivo que pode ter sido iniciado em épocas mais remotas, mas a sua utilização se intensifica com o desenvolvimento do uso da imaginação e da arte.

A pintura e outras formas de “arte” rupestre denotam a abstração do mundo real de forma diferente, exigindo habilidades mentais refinadas, e no caso das pinturas nas cavernas, representava algo seletivo, criado a partir de uma consciência introspectiva, que capta, seleciona e projeta a imagem e comunica com uma linguagem sofisticada. Essa forma de comunicar falada e simbólica se desenvolveu simultaneamente e estava estruturada há 50 mil anos AP (FIGURA 36). Nesta perspectiva a consciência e a fala estariam evoluindo lado a lado.

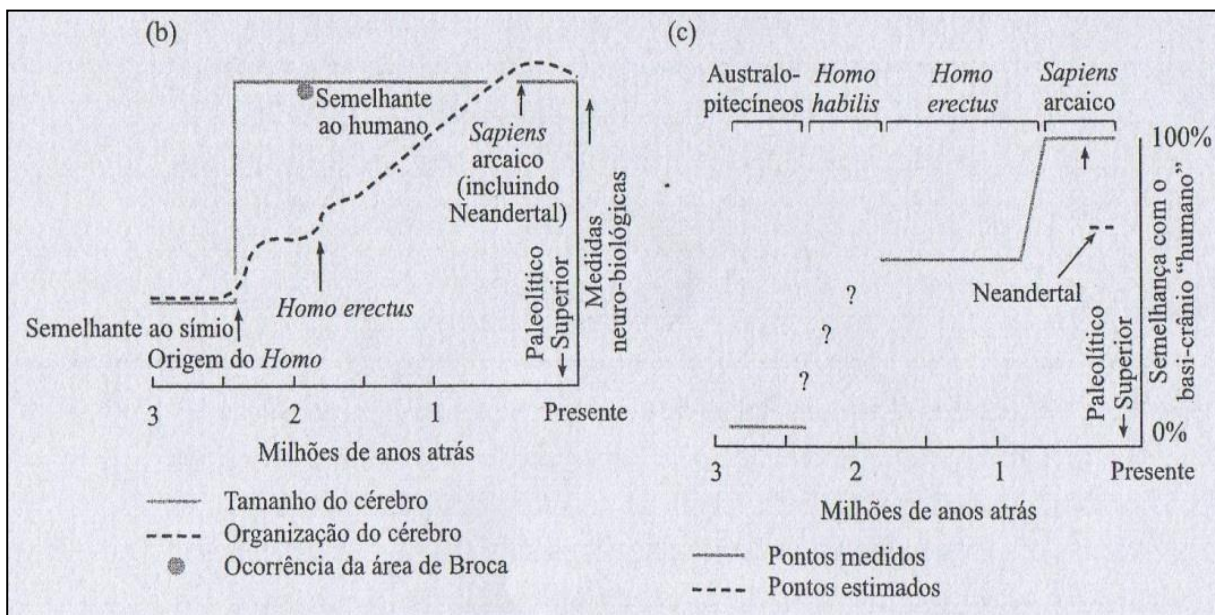
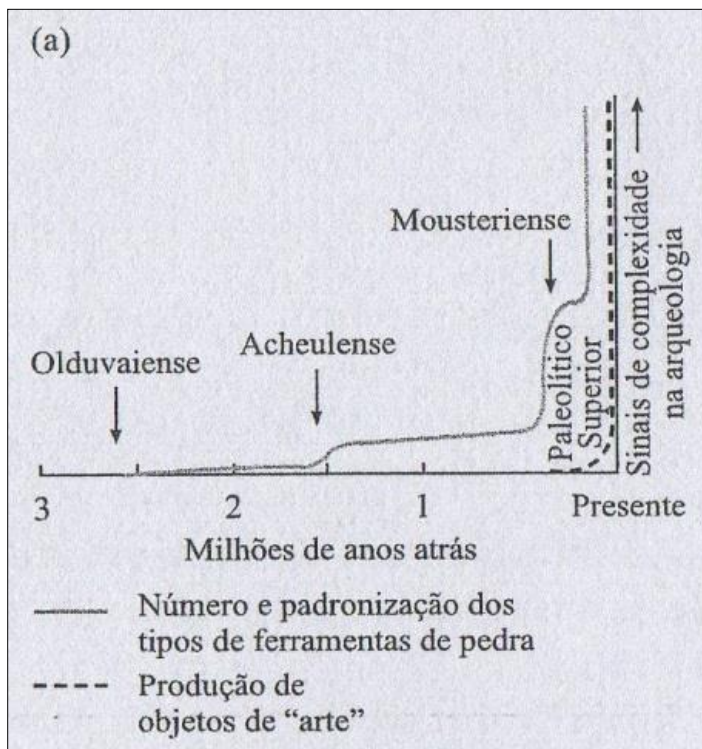


Fonte: Lewis, 1999, p. 465.

Figura 36: Origem e função da fala. Da origem da realidade imediata à abstração e comunicação.

Com o desenvolvimento da neurociência e das ciências cognitivas, os argumentos acerca da evolução da fala, interpretadas como algo prático de comunicação ao agir imediatamente, passa para o plano mental, interno, e para o contexto social. Quem comunica algo o faz por ter guardado na memória essa imagem. Comunicar é um ato de contar história, mais do que de ação direta sobre o que acontece. Surgiu assim um papel social da consciência intermediando o mundo através das relações sociais. De modo que, o sistema simbólico, o aparelho fonador e a consciência passaram a se relacionar com mais fluidez.

A demografia dos grupamentos humanos se elevou externamente e internamente. Os humanos se fixavam mais tempo nas cavernas ou em acampamentos, necessitando cada vez mais de habilidades cooperativas, planejamento e divisão do trabalho para o grupo realizar suas atividades em número maior de pessoas. Nesses grupos maiores, a fala que antes era limitada, passou a ser uma poderosa ferramenta para relatar aos demais o que era apreendido ou imaginado. Um processo retroalimentado se estabelece, recursiva e retroativamente, entre habilidades artísticas o uso da fala e comunicação simbólica, o desenvolvimento de saberes sobre o entorno, sobre si e a confecção de ferramentas, a organização social, e o uso do cérebro (FIGURA 37, a, b e c).

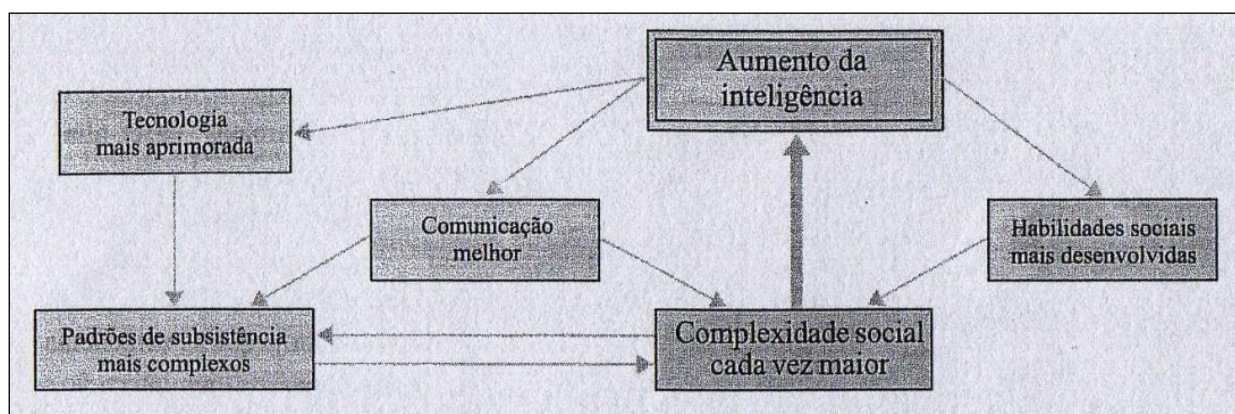


Fonte: Lewis, 1999, p. 466.

Figura 37 (a, b, c): Comparação entre as evidências arqueológicas (a), o tamanho do cérebro e de sua organização (b), e indicação de estruturas da laringe (c).

Na trajetória da evolução da fala as evidências arqueológicas indicam uma evolução recente e rápida, enquanto evidências relacionadas ao cérebro e ao trato vocal indicam uma evolução gradual e antiga (LEWIN, 1999, p. 466).

À medida que os grupos cresceram as interações sociais se diversificam e se tornaram bem mais complexas do que o confronto. Nesse processo evolutivo cognitivo ocorre complexificação social e inteligência crescente. Com a necessidade de lidar com grupos e demandas cada vez maiores crescem as exigências sobre os padrões de subsistência, a criação de novas tarefas com ramificação e interações sociais imprevisíveis, que podem ter representado uma pressão seletiva fundamental para uma maior inteligência, já que a complexidade aumenta geometricamente, e não aritmeticamente, ao serem acrescentados novos integrantes do grupo (LEWIN, 1999, p. 454; FIGURA 38).



Fonte: Lewin, 1999, p. 455.

Figura 38: Retroalimentação entre Complexificação social e aumento da Inteligência.

Um conjunto de processos articulados e retroalimentados operou no “grande salto” verificado há 40 mil anos atrás, em que evolução sociocultural e cognitiva tiveram papel central. Tudo indica que esse salto ocorreu em comunidades que atingiram não um tamanho específico de grupo, mas um grau de complexidade a partir do qual o grupo se desenvolveu sistematicamente de forma mais eficaz, alcançando mais tempo livre, garantia na transmissão de saberes, garantia de obtenção e distribuição de alimento etc.

A comunicação falada se colocou como uma importante estratégia adaptativa cognitiva, que evoluiu ao lado da comunicação simbólica, das formas de organização sociopolítica, do aprendizado com os ritmos naturais e o comportamento das espécies, da evolução das técnicas de fabrico de ferramentas, de cuidado com a saúde, de lidar com o alimento, de

pintar, entalhar, ornamentar, sepultar, proteger das intempéries e tantas outras. Conforme Elias (1998), os humanos desenvolveram a capacidade de se comunicar por símbolos a tal ponto que essa comunicação é necessária à natureza humana.

Sem dúvida alguma, a capacidade que tem os homens de se orientar e de conviver, ajustando reciprocamente suas condutas com a ajuda de símbolos reguladores, também faz parte da realidade. Nesse sentido, é inoportuno evocar uma adequação maior ou menor dos símbolos à realidade. Mas, talvez seja suficiente assinalar que a comunicação por meio de símbolos sociais específicos é, ao mesmo tempo, possibilitada pela natureza humana e necessária a ela. (ELIAS, 1998, p.22)

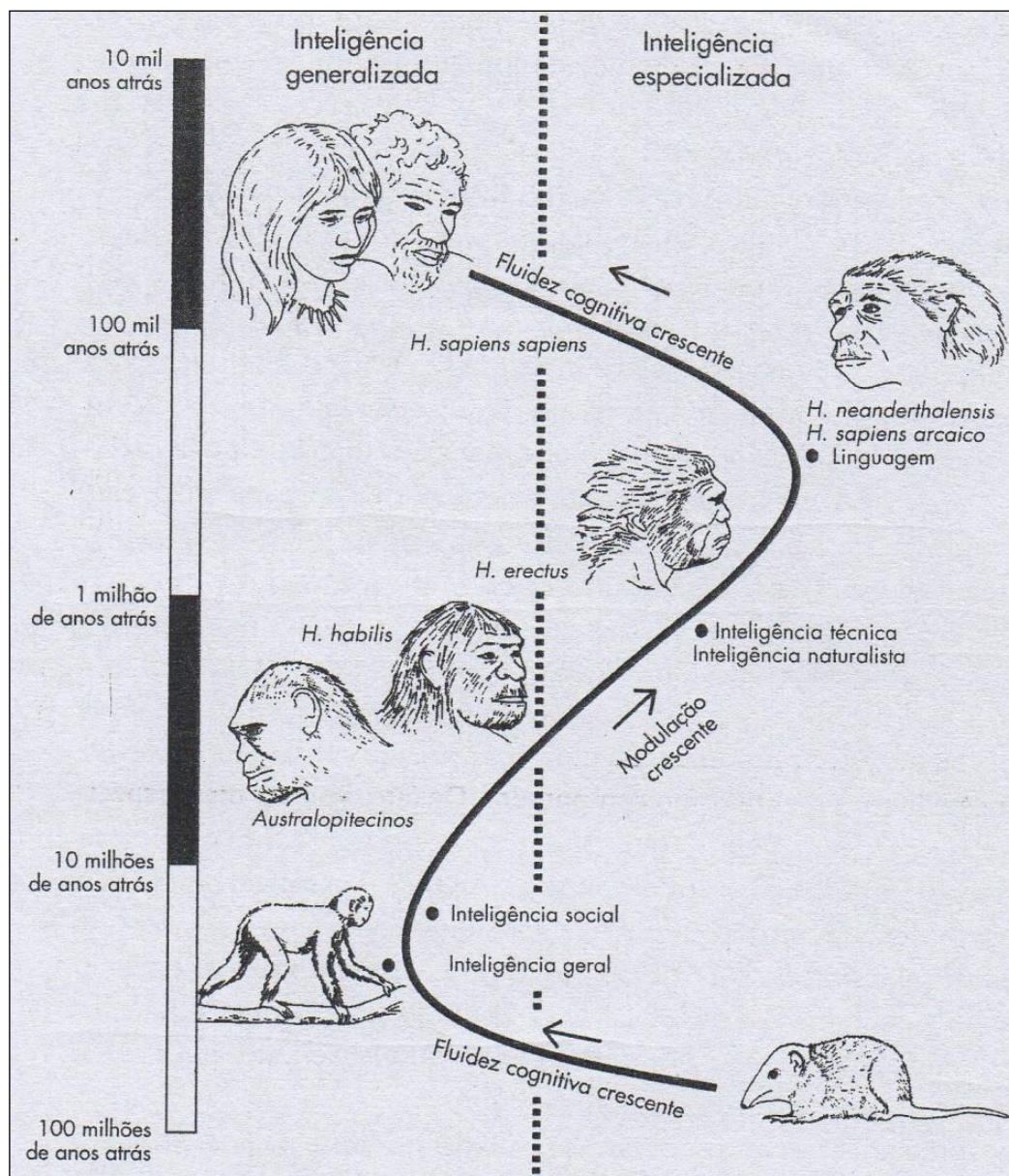
No plano coletivo, o social, a interação desses processos parecem mais evidentes e compreensíveis, contudo a cognição, a fala, as dimensões simbólicas e sentimentais são processos, sobretudo mentais. É no cérebro que cresceu e que se tornou mais complexo acompanhado esses processos que se desenrola a ação no plano individual.

Os vestígios denotam uma crescente inovação em todas as áreas da atividade humana. Um desejo precoce de conhecer, observar fenômenos e a capacidade de elaborar saberes, memorizar, compartilhar e transmitir aos descendentes. Essa inovação passou a ser uma necessidade adaptativa às severas mudanças climáticas abruptas a que os humanos modernos emergiram, do glacial Riss ao Würm, e conduziram ao desenvolvimento dos sistemas cognitivos concomitantes à evolução sociocultural.

O fato de os Neandertais viverem cerca de 40 anos e os humanos modernos 60 anos é um grande diferencial (LEWIN, 1999). Isso explica em parte elevação da demografia e a existência de um cuidado parental. Este cuidado pode ter assumido um fator primordial para garantir as transferências de saberes dos idosos aos jovens. Pois os idosos assumem um papel similar a uma biblioteca. Pouca eficácia teria um novo saber se não fosse transmitido de uma geração a outra.

Segundo Mithen (2002, 101-115), uma fluidez cognitiva marcou a distinção entre a mente dos humanos modernos que deram o “grande salto” revolucionário de 50 mil anos AP dos humanos arcaicos, como o *Homo erectus* e o de Neandertal (FIGURA 39). Antes os humanos entendiam e descreviam o mundo por um conjunto de módulos cognitivos específicos para interagir com o social, o meio ecológico, a técnica e o intelecto, possuindo uma mente especializada, um módulo para cada função. Nos humanos modernos pós “grande salto”, a mente passou a ter outro papel, mais reflexivo e com menos barreira aos diferentes domínios do pensamento, significando que estaria ocorrendo uma fluidez cognitiva, operando a partir de uma mente auto-reflexiva, com um maior grau de consciência sobre si e o seu lugar

no mundo. Uma arqueologia cognitiva sobre a mente do grupo irmão vivente, chimpanzé, bonobo e gorila, pode revelar também a do ancestral comum a seis ou sete milhões de anos atrás.



Fonte: Mithen, 2002, p. 340.

Figura 39: Oscilação na evolução da mente entre a inteligência generalizada e a inteligência especializada, e a crescente fluidez cognitiva.

Para compreender as estratégias adaptativas dos humanos, ou qualquer outro ser, a cognição fornece um dos principais instrumentos. Contudo, a cognição no sentido do acoplamento estrutural autopoiético da Teia da Vida não encontra paralelo na noção de cognição como entendida até o início do século XX.

Gonçalves (2013) diferencia três correntes teóricas que contribuíram para o significado de conhecer. A primeira, sob a perspectiva dos cognitivistas, conhecer seria um ato de processamento da informação como na computação simbólica, computação de símbolos a partir de regras e combinações. Os sistemas ou sujeito cognoscente segue uma mera função sintática, nunca sobre os significados ou semântica.

Herança do pensamento cartesiano, o pensamento cognitivista da mente como um computador segue estritamente a lógica binária aristotélica, separando mente e cérebro, e que conhecimento representaria o mundo exato, tal como as operações computacionais, ou as verdades, independentes de um sujeito que elabora o conhecer. Desta forma, a consciência não teria significados que originasse algo nessa teoria cognitivista. Não servindo para compreender a evolução das estratégias adaptativas das sociedades humanas.

Na segunda teoria, conhecer seria conectar. Para os conexionistas, a cognição é uma emergência de estados globais numa rede de estados simples. Os nódulos da rede, e o conhecimento é resultado do funcionamento da rede. O sujeito e o cérebro aparecem atuando por redes neurais auto-organiza, evidenciando a inclusão de um sujeito também biológico. Contudo, limita-se à semântica, metáforas e ideias, em que símbolos são substituídos por subsímbolos. No entanto, aqui os símbolos são os locais onde estão as operações da cognição, ao contrario da teoria cognitivista, em que os símbolos limitam à cognição ao possuírem um caráter independente.

Na terceira corrente teórica, conhecer é co-emergir. Cognição não se processa mais somente no cérebro, se dá por todas as partes do corpo, sendo um atributo necessário a todo ser vivente, dos organismos unicelulares aos humanos. O conhecimento é uma co-emersão da interação entre sujeitos cognoscente e sujeitos cognoscível. O mundo exterior emerge com o sujeito. O acoplamento estrutural entre os seres e o meio ambiente impede a dissociação do conhecimento produzido e o ser que o produziu

Um exemplo clássico é o da cor, ela não existe no mundo (CAPRA, 1996, p. 211-212). Ela depende do observador. Um pombo tem visão pentacromática, uma abelha tem percepção visual ultravioleta, diferindo da percepção dos humanos. Essa perspectiva do conhecimento como uma co-emersão de sujeitos interagentes é compartilhada por Jean Piaget, Maturana e Varela.

Essa perspectiva de cognição assume um papel central na Teoria da teia da vida. É com ela que interpretamos o ato/processo de conhecer. No acoplamento estrutural autopoiético dos seres vivos, a cognição é o processo central. Viver é conhecer, e conhecer precede a representação. Essa representação é realizada na linguagem e na interação que se tem no

momento. Conhecer é ação ininterrupta, é ato de perceber as variações do entorno, necessário à manutenção da vida do ser. Mente e cérebro não estão separados entre si e do mundo. Os organismos, os indivíduos e as sociedades se acoplam de tal forma ao ambiente que, aquilo que eles observam como sendo exterior não é mais do que eles mesmos.

Na perspectiva de Maturana e Varela (2001), a cognição autopoietica é ação, é um processo articulado com o propósito de conhecer, o qual acopla estruturalmente o ser ao seu entorno através de uma circularidade cognitiva, ou do processo de conhecer. Nesse processo, a mente não seria uma coisa racional, mas um processo cognitivo, identificado como o processo da vida, que inclui percepção, emoção e o comportamento. A circularidade desse processo indica que ele é ininterrupto, só termina com a interrupção da vida do ser.

Conforme Capra (1996, p.212-213), nesta teoria da autopoiese as interações entre seres vivos com o ambiente é que definem seu domínio cognitivo. À medida que a complexidade de relações ser vivo com o seu entorno cresce seu domínio cognitivo também aumenta. O cérebro e o sistema nervoso são uma expansão do domínio cognitivo de um organismo, representando maior gama de acoplamentos estruturais. Num nível maior de complexidade, os organismos acoplam-se não apenas ao meio ambiente, mas também a si mesmo, criando um mundo interior e exterior. Os seres humanos criam esse mundo interior através dos sentimentos, da linguagem, do pensamento da consciência.

Por esse entendimento da teoria cognitiva biológica, podemos compreender melhor como ocorreu o acoplamento estrutural físico, biológico e sociocultural tanto no plano mental quanto no cognitivo. Evolução cognitiva se alimenta da evolução cultural, e retroalimenta a cultura pela circularidade (criatividade) de forma recursiva e retroativa, acoplada às variações dos ritmos naturais. Um processo dinâmico, em movimento.

Nesse processo evolutivo o qual os humanos estão inseridos não houve um início da ação, ou um período de gênese. O processo evolutivo representa uma sucessão de acontecimentos, acúmulos de saberes, modificações biológicas, diferenciação, extinção, complexificação social, o que não se confunde com melhorar sempre.

Um dos enigmas acerca do “grande salto” evolutivo entre os humanos modernos é o fato de ele ter ocorrido somente há ~40 mil anos atrás (DIAMOND, 2010, p. 67). A evolução cultural e cognitiva operou de forma não-linear. Por vezes os saberes produzidos não encontram descendentes para serem transmitidos e se perdem, como ocorreu com as técnicas de construção Inca, que não temos mais. Sociedades inteiras experimentaram grande expansão e sucumbiram por catástrofes naturais ou por conflitos. Por si esses fatos rompem com a linearidade evolutiva.

Antes do grande salto evolutivo há 40 mil anos atrás ocorreram acúmulos de saberes, passado de geração em geração. Até então, uma mente compartimentada conduziu o processo evolutivo a passos relativamente lentos, influenciado significativamente por condicionantes ambientais, sociais e mudanças genéticas. Após o grande salto a evolução cultural e cognitiva parecem não encontrar barreira, denotando que uma fluidez cognitiva estava disponível. Essas são as chaves que conduziram a expansão da mente. Sem dúvida houve um ponto de inflexão. Contudo, foi a evolução dos sistemas cognitivos ancestrais que conduziram aos novos sistemas cognitivos derivados, que operaram de modo mais sutil, subjacente aos processos. Suas características revelam os segredos da diferenciação e similaridade nas estratégias no Holoceno. É o que veremos no próximo item.

2.3.1. EVOLUÇÃO CULTURAL, COGNITIVA E DOS SISTEMAS COMPLEXOS ADAPTATIVOS: OS SEGREDOS.

Até pouco antes do “grande salto” evolutivo experimentado pelos humanos modernos entre 40 mil e 50 mil anos AP o processo evolutivo foi relativamente lento comparado a este período. Esse grande salto é atribuído a uma conjunção de fatores biológicos, genéticos, comportamentais, anatômicos, socioculturais, entre outros. Contudo, conforme Dawkins (2009, p.55-57), algo mais expressivo deve ter acontecido no aspecto sociocultural, pois a anatomia e a genética não fornecem explicações coerentes para o que se observou. Anatomicamente os humanos modernos anteriores a esse período, cerca de 100 mil anos AP, já eram mais parecidos conosco do que somos parecidos com nossos contemporâneos.

Antes do grande salto são encontradas ferramentas com sofisticação muito inferior se comparadas àquelas do pós-grande salto. Entre 100 e 50 mil anos AP, não se tem registro de pintura em cavernas, estatuetas, flautas de osso, ornamentações e bens levados para túmulo, sistemas de contagem, construção de cabanas. Após o grande salto, esses objetos e um comportamento cultural diferenciado aparecem nos registros arqueológicos. Lewis (*op cit*) reflete que é como se um conjunto de modificações graduais estivessem ocorrendo gradualmente e, a partir de certo limite a evolução experimentasse uma explosão. No contexto evolutivo, é possível que os neandertalenses tenham adquirido habilidades e hábitos dos Cro Magnon, mas é neste grupo que se verificou o grande salto, e somente ele continuou a

história. As artes e os sistemas simbólicos nitidamente estavam em ebulição na mente humana.

Tudo indica que a linguagem vinha se desenvolvendo há mais de 200 mil anos, pode mesmo ter iniciado sua origem há milhões de anos, num lento e longo processo. Mas o que emerge no grande salto são diferentes formas de comunicação simbólica, comportamento, interesse mais intenso e crescente pela inovação e sofisticação, a ornamentação, o maior cuidado com o grupo (cuidado parental), a mudança de comportamento perante a morte. Indicando que não apenas o tamanho do cérebro crescera, mas a sua complexidade e grau de requinte da mente.

Após o grande salto, a evolução do que se passa na mente é que adquire nova configuração. Para Mithen (2002, p. 338), a grande mudança nesse período teria operado na mente, com a passagem de uma mente especializada, compartimentada por domínios cognitivos específicos como o social, o técnico, o da linguagem, o do meio ecológico e o intelecto, para uma mente dotada de grande *fluidez cognitiva*. Nessa passagem, a consciência, que até então era usada para prever situações imediatas, passa a ser gestora de um banco de dados mental, com informações de todos os domínios do comportamento. A fluidez cognitiva seria reflexa de novas conexões mentais, muito mais que maiores poderes de processamento, explicando porque sua emergência não significou o aumento do cérebro. Ao contrário, como visto anteriormente, desde há 30 mil anos AP, o cérebro experimentou uma redução entre 5 e 10 % de tamanho, sistematicamente, sendo um enigma o motivo de sua redução.

A fluidez cognitiva teria possibilitado a origem da capacidade simbólica, uma singularidade da mente humana, impulsionando a evolução cultural, e sendo retroalimentada por ela, e a contínua modificação do desenvolvimento das mentes, sobretudo nos mais jovens. Essa mente cognitiva fluida passa a ter elevada adaptabilidade. Um exemplo seria o dos jovens das cidades industriais, que deixaram de desenvolver a inteligência naturalista, mas passaram a desenvolver um domínio voltado para a matemática. Nesse sentido, na perspectiva de Mithen (*op cit*), o advento da agricultura no Holoceno teria trazido uma fluidez cognitiva ainda maior, voltando às mentes para novos domínios cognitivos especializados.

Domínios cognitivos antes dissociados, a articulação entre a inteligência social, técnica, linguística e naturalista teriam conduzido ao surgimento da arte, da religião (sistema de crença) e da ciência. Ao propor sua arqueologia cognitiva, Mithen evidencia como as ciências cognitivas têm lançado luz sobre a evolução cultural. Era somente uma questão de tempo para que se alcançasse o cérebro e o funcionamento da mente humana. A interpretação se volta para esse domínio, pois é essa nova mente que daria suporte à evolução cultural e

cognitiva pós-grande salto, que caminharam juntas, retroalimentando-se, mas que no grande salto adquiriram maior grau de liberdade.

Sepultamentos com rica ornamentação fornecem evidências acerca da modificação da conduta perante a morte, com riqueza na sofisticação das técnicas dos materiais, requinte na arte, quantidade de artefatos produzidos e a cerimônia que relembra funerais de chefes de Estado atuais indicam a existência de sociedades complexas, com tecnologias simples de coletores-caçadores. White (1993, p. 289-292) descreve características de ornamentação em um sepultamento encontrado na localidade de Sungir, na Rússia, datado de 28 mil anos AP, de um idoso de 60 anos e dois adolescentes, uma menina e um menino, enterrados próximos. Cada um dos indivíduos foi adornado com milhares de contas e pedados de marfim pequenos nas vestimentas, pulseiras e bastões polidos com gravuras e pinturas, muito bem trabalhados. No relato White (*op cit*) descreve:

O homem foi adornado com 2936 contas e fragmentos dispostos em linha encontrados em todas as partes do seu corpo; sua cabeça foi aparentemente coberta por um capelo adornado com contas (de marfim) e dentes de raposa. Seus braços e antebraços foram ambos decorados por uma série (25 ao todo) de braceletes de marfim polido de mamute, alguns marcados exibindo traços de tinta preta traços de tinta preta. Ao redor do seu pescoço exibia um pequeno pingente liso de xisto, pintado de vermelho, mas com um pequeno ponto preto em um dos lados. O que se presume ter sido um menino estava coberto de contas em linha – 4903 delas – de aproximadamente 2/3 do tamanho das contas do homem, embora exatamente do mesmo formato. Ao contrário do homem, no entanto, ele tinha em torno de sua cintura – aparentemente os restos de um cinto decorado – mais de 250 caninos de raposa polar. Sobre seu peito encontrava-se um pingente de marfim escavado na forma de um animal. Em sua garganta repousava um alfinete de marfim, aparentemente o fecho de algum tipo de capa. Sob seu ombro esquerdo havia uma grande escultura de mamute em marfim. A sua esquerda repousava um seguimento médio de fêmur humano muito robusto e extremamente polido cuja cavidade medular estava preenchida de ocre vermelho. À sua direita via-se uma pesada lança de marfim, feita a partir de uma presa lanosa de mamute apumada. Próxima a ela está um disco entalhado de marfim disposto verticalmente no solo.

Aquele que presumivelmente era uma menina tinha 5274 contas e fragmentos (com tamanho de aproximadamente 2/3 daqueles das contas do homem) cobrindo seu corpo. Ela também usava um capelo de contas e trazia igualmente um alfinete de marfim em sua garganta, mas em seu túmulo não se encontrava nenhum dente de raposa, nem trazia ela pingente em seu peito. Todavia, de ambos os seus lados, encontrava-se um número de pequenas “lanças” de marfim, mais apropriada ao tamanho de seu corpo do que do menino que a acompanhava. Também a seu lado estão dois bastões furados feitos de chifre de veado, um dos quais decorado com trilhas de pontos escavados. Finalmente, ela estava acompanhada por uma séria de três discos de marfim perfurados no centro e treliça, semelhante àquela adjacente ao dos restos do presumido menino. (WHITE, 1993, p. 289-292)

Para White (*op cit*), a produção de conta pode ter um sentido simbólico múltiplo e requer muita habilidade. Envolve saber modelar uma haste de marfim, ou pedra macia, buscando formato semelhante a um lápis, posteriormente inserir sulcos ou ranhuras com um a dois cm em volta da haste. Aplicar pressão para quebrar às pré-formas cilíndricas de contas nos sulcos, e criar um furo para que elas pudessem ser penduradas, com algum tipo de perfuração rotativa. Por fim, usar um abrasivo natural para polir e tornar as contas uniformes, raspando para terem o mesmo formato. De modo que, o tempo para se fazer uma única conta deveria exigir umas três horas de trabalho.

Conforme Mithen (2002, p. 43), embora fragmentos de ocre vermelho apareçam na África, datados há mais de 250 mil anos atrás, os primeiros objetos de arte apresentam ~40 mil anos de idade, com as mais notáveis evidências registradas na Europa. Contas e colares, figuras humanas e de animais esculpidas, e grande variedade de imagens abstratas e naturalistas eram pintadas nas paredes das cavernas. Os exemplos são variados: Na África, foram encontradas placas de pedra pintadas, com representação de animais, datadas de 27,5 mil anos de idade, e contas de casca de ovos de avestruz com 39 mil anos de idade. Na Ásia Oriental as primeiras contas datam de 18 mil anos atrás, encontradas na caverna de Longgup, na China. Gravações em argila nas paredes de cavernas da Austrália datam de 23 mil anos atrás, podendo alcançar até 40 mil anos. Nos abrigos sob rochas de Mandu Mandu foram encontrados uma coleção de vinte mil contas feitas de conchas, datadas de 34 mil a 30 mil anos atrás.

Dawkins (*op cit*) sugere que no grande salto parece que um novo “software” estivesse rodando no mesmo “hardware”, o cérebro, e que a grande diversificação, complexificação e sofisticação das sociedades e técnicas observadas no Holoceno nada mais seriam que um subproduto desse salto. Para Mithen (*op cit*), as origens da ciência, religião e da arte que ocorreram no pós-grande salto foram possibilidades evolutivas geradas pelas condições ambientais, sociais e da emergência da fluidez cognitiva da nova mente, de modo que os feitos no Holoceno seriam um prolongamento e o desenvolvimento de novas especializações possibilitadas pela mente cognitiva fluida.

Igualmente a esses autores, considera-se que a pujança de inovações verificada no Holoceno junto às sociedades sem dúvida seja apenas a continuidade não linear, e a intensificação do grande salto pós 40-50 mil anos AP. aqui se formaliza um terceiro conjunto de explicação coerente, a qual integra as visões anteriores em uma argumentação mais abrangente, com base no desenvolvimento das ciências cognitivas e dos sistemas complexos, para compreender a diversificação de estratégias adaptativas que ocorreram quase simultâneas

e independentes em diferentes regiões do planeta no Holoceno, aqui denominada de *diferenciação holocênica*.

Uma mente flexível dotada de uma consciência gestora de múltiplos domínios de inteligências, ou domínios cognitivos, desenvolvida desde o surgimento dos humanos modernos há mais de 200 mil anos, já se apresentava bem estruturada há pelo menos 100 mil anos AP. A evolução cultural e cognitiva a partir dessa mente cognitiva fluida, junto com as condições ambientais e variações sistemáticas nos ritmos climáticos do glacial Würm, conduziram ao desenvolvimento de sistemas cognitivos especializados, cada vez mais complexos e diversos, como os sistemas de crença, as ciências e a arte.

Derivados de sistemas cognitivos ancestrais, como a linguagem falada, esses sistemas cognitivos complexos representam a evolução e a diversificação de formas estruturadas de *sistemas complexos adaptativos*. O argumento central desta tese é que estes sistemas atuaram de modo subjacente entre os principais motores da diferenciação holocênica, cujas evidências demonstraremos nos itens e capítulos posteriores. A estruturação de sistemas complexos adaptativos derivados, como os sistemas de crença, a arte e a ciência, teve início, sobretudo, com o grande salto, sendo um desdobramento deste. De forma que, o que ocorreu no Holoceno não pode ser compreendido a partir deste período, pois sua origem está há dezenas de milhares de anos antes. Se não foi notada no território, é por que os processos foram mais mentais que materiais. Porém, as informações de que dispomos hoje corroboram nosso argumento, quando interpretadas com os aportes teóricos descritos, e seus desdobramentos a serem expostos.

Sistemas complexos adaptativos, uma vez estruturados sob a variabilidade dos ritmos naturais se diversificaram e se complexificaram no pós-grande salto. Quando as sociedades adentraram as condições de clima de maior umidade, com chuvas mais regulares e nichos ecológicos favoráveis no Holoceno, já portavam esses sistemas cognitivos estruturados. Tais sistemas conferiram grande diferencial aos seus portadores, que migraram com eles e transferiram aos descendentes, como a linguagem específica para descrever fenômenos e espécies, explicando o porquê de respostas e estratégias adaptativas similares, independentes, quase simultâneas e muito variadas nesse período, em diferentes partes do globo, como o caso da agricultura que surgiu em pelo menos 10 lugares, reconhecidos até o presente.

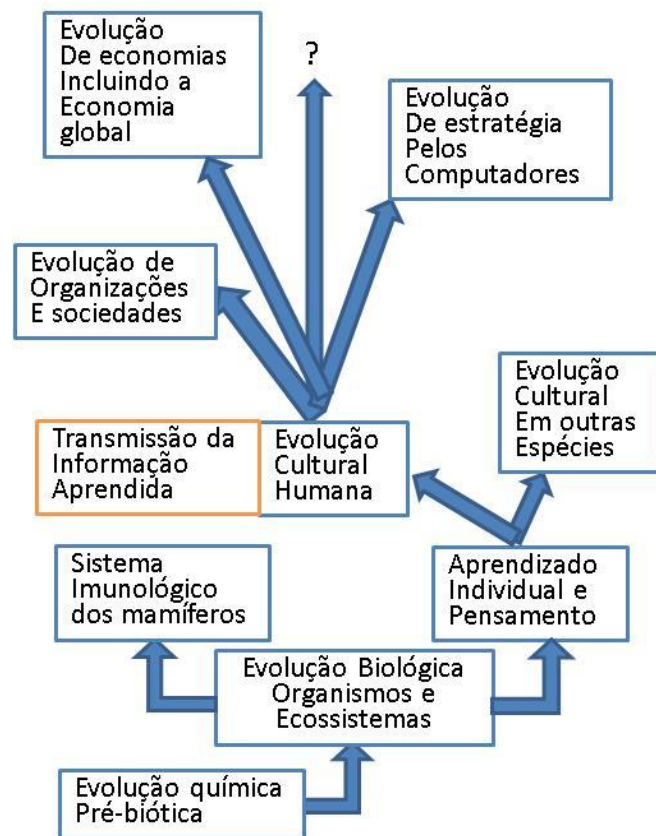
Conforme Gell-Mann (1994, p. 17-28; 1996, p. 11-12, p. 34-57, p. 247-271, p. 302-315), a conceituação de sistemas complexos adaptativos surgiu no Instituto Santa Fé através de estudos de alguns sistemas complexos específicos, cujas características eram a tendência à auto-organização, a tendência a gerarem outros sistemas análogos, aprenderem com a

experiência, organizados autonomamente e a evoluírem com o tempo para sistemas mais complexos.

Assim, sistemas complexos adaptativos são capazes de adquirir informação do seu entorno, identificar regularidades, elaborar esquemas ou modelos, selecionar e atuar com base nesses esquemas, descrevendo um padrão de organização. A ação sobre o mundo real seleciona esquemas bem sucedidos, retroalimentando-os, aumentando sua complexidade, podendo culminar com a geração de novos sistemas complexos adaptativos (GELL-MANN, *ops cits*). Esses sistemas se diferenciam dos sistemas complexos por terem a capacidade de se autorreplicarem autonomamente uma vez estruturados, e se adaptarem às condições do entorno, e evoluírem com o tempo para formas mais complexas. São sistemas complexos capazes de adquirirem:

“[...] informação sobre seu meio ambiente e sobre sua própria interação com seu meio ambiente, identificando regularidades naquela informação, condensando esta regularidade em um tipo de “esquema” ou modelo, e atuando no mundo real com base neste esquema. Em cada caso há vários esquemas competindo, e os resultados da ação sobre o mundo real retroalimentam o esquema e influenciam a competição entre eles.” (GELL-MANN, 1996, p. 35)

Entre os exemplos de sistema complexos adaptativos estão o sistema imunológico dos mamíferos, o processo de aprendizagem, os sistemas econômicos, um ser vivo, um vírus, uma bactéria, a evolução de sociedades humanas, o comportamento de investidores no mercado, a evolução de estratégias pelos computadores, a evolução cultural humana, a evolução cultural em outras espécies, evolução de ecossistemas, evolução biológica, e a evolução química pré-biótica (FIGURA 40). Identificar, qualificar e caracterizar sistemas com comportamento adaptativo é fundamental para interpretar os processos evolutivos, sobretudo o processo da diferenciação holocênica e o grande salto evolutivo pós-40 mil anos atrás entre os humanos modernos, foco desta tese.



Fonte: Gell-Mann, 1996, p. 38. Adaptação do autor: Loiola, 2013.

Figura 40: Evolução de sistemas complexos adaptativos na Terra.

A Figura 40 esboça a evolução e a diversificação de sistemas complexos adaptativos conhecidos na Terra. Todos estão relacionados entre si. Como visto nos itens anteriores, Prigogine demonstrou que reações químicas com o passar do tempo desenvolvem compostos cada vez mais complexos, até se tornarem estruturas dissipativas, compostos químicos catalíticos que funcionam afastados do equilíbrio, consumindo energia, em processos coerentes, capazes de reproduzirem a si, em crescente complexificação e diversificação. Esses compostos continuam a crescente complexidade, gerando novos compostos, autonomamente. Cada bifurcação gera novos compostos (estruturas) até surgirem moléculas mais complexas, auto-organizadas. Posteriormente, a complexificação crescente no nível de realidade físico-químico conduz aos compostos bióticos e a evolução biológica, no segundo nível de realidade, aos seres unicelulares, os animais, as plantas e outros seres vivos, portadores de sistemas complexos adaptativos, em crescente complexidade e diversificação.

No terceiro nível de realidade, a evolução dos sistemas complexos adaptativos se dá na evolução cultural e cognitiva, no campo do aprendizado, no pensamento, e entre os humanos, na linguagem falada e simbólica, a organização sociopolítica e os sistemas econômicos. Esse

terceiro nível de realidade de estruturação dos sistemas complexos adaptativos é o nível em que se fundam as premissas da hipótese desta tese.

Busca-se argumentar que, sistemas complexos adaptativos derivados, a saber: a comunicação simbólica, as artes, a ciência, a organização sociopolítica para gerir grandes grupos e os sistemas de crenças se configuram sistemas complexos adaptativos, os quais foram estruturados simultaneamente, a partir de uma mente cognitiva fluida, entre 70 e 50 mil anos atrás. Esse processo simultâneo e coerente conduziu ao grande salto-evolutivo pós 40 mil anos atrás, verificado nos vestígios da cultura material.

Esses sistemas se complexificaram e diversificaram, possibilitando a elaboração de diversas estratégias adaptativas antes do Holoceno, como a coleta sistemática, sistemas de contagem, a pintura, a comunicação simbólica, a música, a construção de abrigo e a arquitetura, o planejamento e a elaboração de ferramentas sofisticada. Ao adentrar o Holoceno, os humanos modernos já portavam sistemas complexos adaptativos de elevada abstração, ou sistemas cognitivos auto-organizados, que lhes permitiram a elaboração de novas estratégias adaptativas às condições ecológico-climáticas mais quentes e úmidas. Desta forma, argumenta-se que a grande diversificação de estratégias adaptativas no Holoceno, denominada aqui diferenciação holocênica, não se explica pelas condições climáticas favoráveis, mas, sobretudo, ao desenvolvimento desses sistemas cognitivos coerentes, estruturados desde o grande salto evolutivo pós-40 mil anos atrás.

Pesquisadores de diversas áreas que se dedicam aos estudos da complexidade têm se debruçado sobre essa propriedade criativa da natureza, a tendência a auto-organização, ainda pouco difundida no meio acadêmico. Resultante de desenvolvimento teórico, de observações empíricas e experimentações, o conceito e as características dos sistemas complexos adaptativos estão em uso para explicar e compreender o comportamento de outros sistemas autônomos que possuem comportamento e propriedades similares, no campo das ciências humanas, sociais, física, biologia, engenharias, matemática, computação, química, psicologia, neurociência, geografia e outras.

Os sistemas complexos adaptativos são multidimensionais, são decorrentes da articulação coerente entre vários níveis de realidade. São uma emergência dessa articulação. Sua compreensão extrapola uma única dimensão. Tal qual exposto na abordagem geográfica complexa, no Capítulo anterior, é necessário observar a existência e a passagem entre as pertinências das dimensões físicas, físico-químicas, biológicas e sociocultural, dialogar com os níveis de percepção cognitiva de diferentes sujeitos, sob uma linguagem que possa expressar a transversalidade do fenômeno e sua evolução no espaço-tempo.

Nesse sentido, toda exposição até aqui seguiu essa proposta. Em três dimensões, da física, biológica à sociocultural. A teoria do conhecimento transdisciplinar e os novos entendimentos dos processos naturais nos dão suporte para compreender a manifestação de um sistema complexo adaptativo no mais alto grau de complexidade, em especial o da evolução sociocultural das sociedades humanas e as estratégias adaptativas.

No nível da realidade física, ou dimensão física, operam “leis naturais” específicas produzindo processos caóticos irreversíveis coerentes, cuja tendência é evoluir para formação de estruturas catalíticas, que se auto-organizam, espontaneamente, afastadas do equilíbrio, aumentando sua complexificação e gerando novas estruturas, denominadas por Prigogine de estruturas dissipativas. De modo que não há necessidade de um raio, ou compostos químicos virem de fora de um planeta para se gerar a vida. Essa é uma propriedade da matéria, a tendência à auto-organização. Bastando que haja condições e substâncias adequadas num longo tempo estrutural e irreversível. Acerca dessa propriedade da matéria, muitos livros didáticos precisam ser corrigidos.

A tendência à auto-organização é uma propriedade que se apresenta em todos os níveis dimensionais, o físico, o biológico e sociocultural. No nível biológico vimos que a vida evoluiu a partir de compostos químicos auto-organizados, as estruturas dissipativas, que se complexificaram até a formação de seres unicelulares. No processo evolutivo esses seres se organizaram, cooperaram mutuamente, produziram novos mecanismos específicos através da simbiose e crescente complexidade, gerando uma variedade infundável de novos organismos e seres, incluído os humanos. As sociedades humanas evoluíram a partir dos mesmos mecanismos evolutivos que agiram nos demais seres vivos, diferenciando-se com o desenvolvimento de sistemas complexos adaptativos específicos.

Essa evolução seguiu um padrão de organização em rede auto-organizada, operando afastada do equilíbrio, conforme estruturas dissipativas, sob um processo cognitivo autopoietico, capaz de aprender com a experiência e reproduzir a própria rede numa crescente espiral de complexidade e diversificação. Assim, a própria rede autopoietica dos seres vivos, e cada ser vivente, desde os unicelulares aos vegetais, fungos e animais se utilizam de sistemas complexos adaptativos, entendidos como sistemas complexos cognitivos, que continuam a evoluir, gerando novos sistemas, compondo sistemas de sistemas.

Foi visto no item anterior que a cognição da rede autopoietica não é um atributo apenas do cérebro e da mente. É um processo de acoplamento estrutural entre ser vivente e o meio ambiente, em todas as dimensões que compõe os processos naturais. Essa interação estrutural com o entorno é um processo cognitivo. Num grau mais elevado de complexidade, os seres se

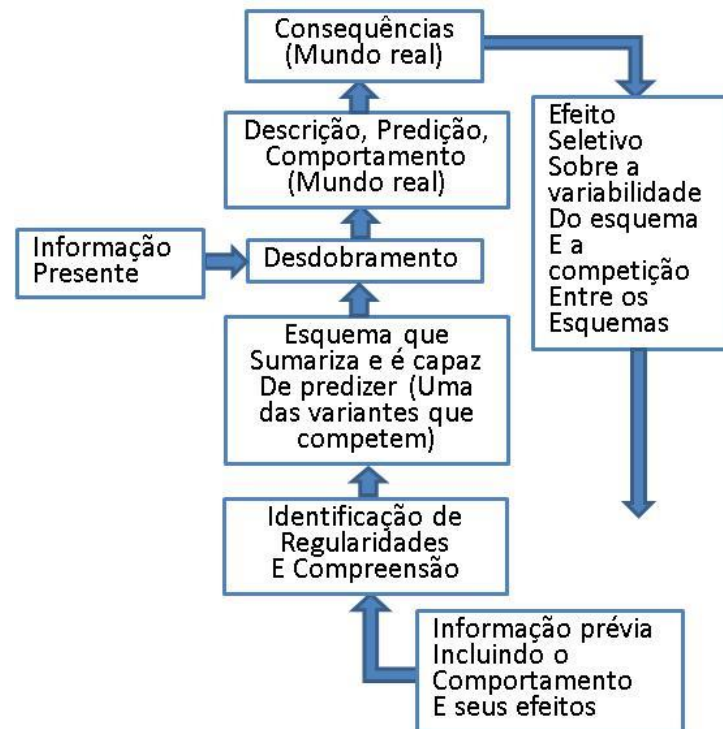
acoplam a um mundo exterior e interior. É o caso dos humanos, que criam esse mundo interior com o pensamento abstrato, a linguagem, conceitos simbólicos e a consciência, e simultaneamente se acoplam a ele e ao mundo exterior.

Desta forma, não se pode imaginar sistemas complexos adaptativos usados pelos humanos como se fossem um programa de computador, como sugeriram Dawkins e Miltren (*op cit*). Os sistemas complexos adaptativos aprendem com a experiência, mudam continuamente sua estrutura, através da interação cognitiva entre o mundo exterior e interior. O mundo interior possui elevada abstração e subsistemas, como as sensações, representações, imaginação, criatividade, consciência, processos corporais e emoções, de modo que as decisões não são racionais, tampouco lineares ou simples. Já um programa computacional opera a partir somente de um mundo exterior, com base em regras externas e dados externos, a partir de símbolos introduzidos externamente. Sendo incapaz de alterar sua própria estrutura de processamento, ainda que pareça que as redes neurais computacionais estejam aprendendo, na área de inteligência artificial. A estrutura da máquina não se altera com o tempo.

Conforme Gell Mann (1996, p. 36, p. 302-316), nos seres humanos o desenvolvimento da capacidade de utilizar linguagem simbólica fez o aprendizado evoluir para uma atividade cultural elaborada, que retroalimenta o surgimento de novos sistemas complexos adaptativos: sociedades, organizações e empresas, economias, ciência, religião (sistema de crença), arte, e outros. De forma que os humanos, como todo ser vivente, poderão criar novos sistemas complexos adaptativos indefinidamente. Esses sistemas possibilitam as sociedades elaborarem novos sistemas cognitivos autônomos, a partir de um conjunto de argumentação coerente, com objetivos, método, forma de perceber, identificar e representar o mundo, codificar, compreender, criar modelos mentais, normas e esquemas a fim de dar soluções e/ou sobreviver diante das adversidades.

Os sistemas complexos adaptativos foram definidos por Jhon Henry Holland em 1995, com base nos seus estudos de 1975, inspirado nos processos biológicos para a solução de problemas computacionais, para designar sistemas formados por grande número de agentes que têm a capacidade de se adaptarem e evoluírem (HOLLAND, 1975; 1995). Contudo, adota-se a definição de Gell Mann (1994, p.17-18; 1996, p.35) por ser mais abrangente e se adequar à evolução cognitiva autopoietica, o qual entende sistemas complexos adaptativos como casos particulares de sistemas complexos, definidos a partir de sua capacidade de adquirir “informação sobre seu meio ambiente e sobre sua própria interação com seu meio ambiente, identificando regularidades naquela informação, condensando esta regularidade em

um tipo de “esquema” ou modelo, e atuando no mundo real com base neste esquema.” (FIGURA 41).



Fonte Gell-Mann, 1996, p. 42. Adaptação: Loiola, 2013.

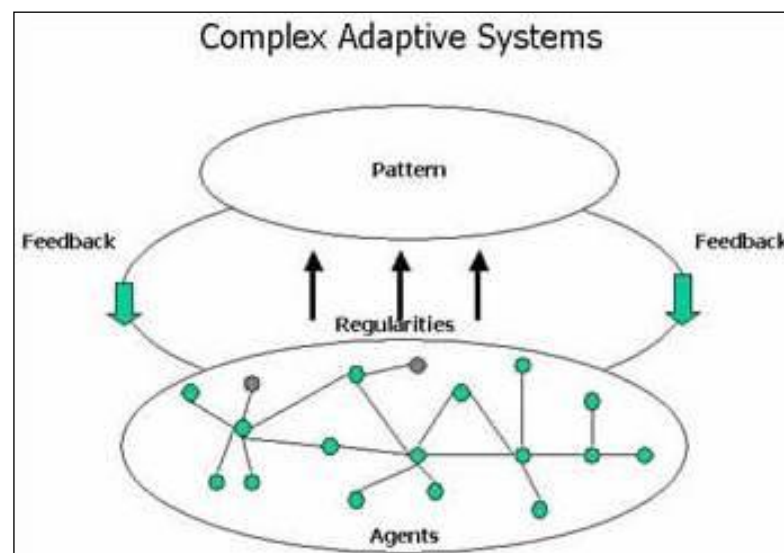
Figura 41: Funcionamento de um sistema complexo adaptativo.

As variações climáticas e ecológicas funcionaram como *imput*, ou gatilho, que impulsionaram a sofisticação desses sistemas e a elaboração de novas estratégias adaptativas. Nos Capítulos posteriores será visto que há clara correlação entre a intensificação da evolução cultural e cognitiva dos humanos modernos e a variação do clima no passado, observada na diversificação de estratégias, na sofisticação tecnológica e complexificação social.

Para Gell Mann (*ops cits*), cada agente em um sistema complexo adaptativo são outros sistemas complexos adaptativos aninhados, auto-organizados, contendo esquemas de funcionamento próprios e comuns aos demais, capazes de mudar a si e se organizarem para alterar todo o sistema. Quando usarmos os termos esquema ou agentes atribuímos a noção utilizada por Gell Mann.

Sistemas complexos adaptativos não se confundem com regras lógicas, algoritmos e programas, modelagens computacionais, tampouco se restringem à ideia de escala, mas possuem características e propriedades que os distinguem. Entre as principais características estão a 1- Emergência; 2- Transição de fase; 3- Complexidade; 4- Aninhamento; 5- A auto-

organização; 6- História; 7- Agentes ou esquemas; 8- Auto-similaridade; 9- Seletividade; 10- Criticidade auto-organizada; 11- Não-equilíbrio; Localidade; 12- Evolução; 13- Tendência a fronteira do caos; 14- Simplicidade; 15- Padrão de comportamento fractal; 16- Atrator; 17- Não-linearidade; 18- Capacidade adaptativa; 19- Aleatoriedade; 20- Regularidade; 21- Criatividade; 22- Padrão de organização; 23- Conectividade; 24- Sub ideal; 25- Autonomia; 26- Diversidade; 27- Aprendizado; 28- Sensibilidade interativa; 29- Tendência ao limiar do caos e 30- Co-evolução (HOLLAND, 1995; GELL-MANN, 1996; PALAZZO, 2001; CASG, 2013; FIGURA 42). Acrescenta-se a estas características a Complementaridade, a Cooperação e a Neguentropia.



Fonte: ¹⁸

Figura 42: Emergência de padrões a partir da seleção de regularidades na auto-organização entre agentes e com todo sistema complexo adaptativo.

- 1- A **emergência** é uma propriedade que faz surgir novos padrões de organização a partir das interações dos agentes, de forma aleatória em um sistema, sem que tivesse sido planejado.
- 2- A **transição de fase** representa o momento da mudança de um padrão de organização a outro aleatoriamente. Um momento intermediário entre dois estados.
- 3- A **complexidade** informa a existência de um grande número de agentes que interagem, a partir de diferentes níveis de realidade, diferenciando o sistema.
- 4- **Aninhamento** é a característica de ser composto de muitos sistemas interagentes, um dentro do outro.

¹⁸ Disponível em: <<http://www.trojanmice.com/articles/complexadaptivesystems.htm>>. Acessado em: nov. 2013.

- 5- A capacidade de **auto-organização** informa que não é necessário agente externo para o funcionamento, a organização é autônoma.
- 6- Esses tipos de sistemas complexos tem **história**, pois se modificam com o tempo.
- 7- Os **agentes**, ou esquemas adaptativos, são outros sistemas complexos adaptativos aninhados, dotados de propriedades, estratégias e capacidades para interagir e alterar a si mesmo.
- 8- **Auto-similaridade** reflete que todos agentes, ou estratégias, dos sistemas têm características em comum.
- 9- **Seletividade** é o processo que eleva ou diminui a frequência de vários tipos de agentes, ou estratégias, de forma que o sistema seleciona autonomamente aprendizados com as melhores experiências.
- 10- **Criticidade auto-organizada** indica a capacidade de se auto-organizar em direção ao estado crítico, onde funciona com melhor rendimento.
- 11- A **localidade** informa que cada agente atua em um lugar e sob uma forma específica de influência.
- 12- Na **evolução** o sistema promove em si uma mudança estrutural.
- 13- Tendência a **atuar na fronteira do caos** dá a esse tipo de sistemas a capacidade de explorar o máximo de produtividade ou criatividade no limiar do caos.
- 14- A **simplicidade** informa que funcionam com a emergência de padrões simples, apesar de sua complexidade.
- 15- No **padrão de comportamento fractal** cada agente do sistema contem funções e padrões que se repetem indefinidamente.
- 16- **Atrator** é a tendência do sistema a se deslocar para um padrão de movimento, organização ou comportamento específico.
- 17- A **não-linearidade** informa que esses sistemas mudam totalmente seu padrão de organização e estrutura, descontinuando a tendência que apresentavam.
- 18- **Capacidade adaptativa** é a capacidade de aprender com as adversidades, tornar-se mais resistente e mudar.
- 19- **Aleatoriedade** descreve sua propriedade probabilística, e não determinística, sendo imponderável seu estado futuro.
- 20- Apresenta **regularidades** no movimento, ou no ritmo, que se configura como um padrão, que não significa repetição.
- 21- **Criatividade** é a capacidade de criar novas estruturas a partir de si mesmo, seus agentes e todo o sistema.

- 22- **Padrão de organização** diferencia como seus agentes interagem, e como apresentam suas regularidades.
- 23- **Conectividade** é a capacidade dos agentes de se ligarem ou se associarem aos demais e ao mundo exterior para preservar a si e a todo o sistema.
- 24- **Sub ideal** significa que não busca a perfeição, melhora pouco a pouco as características para se manter no ambiente, e procura otimização.
- 25- A **autonomia** confere aos agentes e o próprio sistema a capacidade de se transformarem por conta própria, e se auto-organizarem, auto-determinarem, e auto-criarem;
- 26- Atua melhor na **diversidade**, tornando-se mais resistente quanto maior a variedade operando na co-evolução.
- 27- O **aprendizado** é a capacidade de aprender com a experiência.
- 28- **Sensibilidade interativa** é capacidade do sistema reagir a pequenas perturbações externas, ou ao “efeito asa de borboleta”.
- 29- Tendência a se deslocar ao **limiar do caos**, onde o sistema é mais produtivo, apresentando maior variedade, criatividade e complexidade.
- 30- A **co-evolução** significa que mudam com a interação do conjunto com os demais agentes, e com a alteração do ambiente externo. Mudam o ambiente e ao mudar o ambiente mudam com ele.
- 31- Os sistemas aninhados em sistema complexo adaptativo em geral apresentam funções **complementares**, um contribui para a existência funcionamento do outro;
- 32- Os sistemas **Cooperam** para que todo o conjunto se mantenha e subsista;
- 33- Ao buscar e manter um limiar de funcionamento, os sistemas se organizam a fim de evitar a desintegração pela desordem, opondo-se a entropia através de sua negação, a **neguentropia**.

A lógica ternária ou difusa do terceiro incluído, vista no primeiro Capítulo, é uma das bases da teoria do conhecimento transdisciplinar e da abordagem geográfica complexa. Ela fornece entendimento da complementaridade entre aporias, na reunião e distinção de fenômenos em diferentes níveis de realidade. Para compreender os sistemas complexos adaptativos necessitamos dessas estratégias de captura das dialógicas estabelecidas entre complexidade e simplicidade, ordem e caos, autonomia e dependência, inovação e conservação, ativação e inibição.

Uma das propriedades fundamentais desses sistemas é a capacidade adaptativa dos agentes do sistema de se ajustarem uns aos outros e às condições do ambiente. Conforme Gell

Mann (1986, p. 303-304), a adaptação envolve no mínimo três níveis não hierárquicos. Em um sentido envolve diretamente o ajuste a um padrão preestabelecido, como a temperatura do corpo necessária ao bom funcionamento. Em segundo, pode acontecer a mudança do esquema definido por seleção de outro esquema mais bem sucedido, e a remoção do esquema anterior, seja na escolha de um local com clima melhor, ou a mudança de uma forma de organização social em função de variáveis ambientais. Num terceiro nível a adaptação pode envolver mudança total de toda a organização, como no caso de uma sociedade que devido a uma catástrofe pode deixar de existir por fracasso de suas escolhas e esquemas adaptativos falhos. Sociedades complexas como a Maia desapareceram em função de falhas nos seus esquemas adaptativos, por motivos variados, inclusive ambientais, embora seus descendentes continuassem, aquela organização social não existe mais.

Em geral, os sistemas vivos são compostos de sistemas complexos adaptativos. Os seres vivos aprendem com a experiência e evoluem. Geram a neguentropia, opondo-se a ação desintegradora da entropia. Contudo, existem sistemas complexos mal adaptativos. A evolução não significa a melhoria contínua, e sim diferenciação, diversificação e complexificação.

Existem sistemas desenvolvidos em sociedades humanas que são mal adaptativos, ao selecionarem esquemas por imposição de uma estrutura de ordem ou sobre regularidades falsas a fim de gerar uma ilusão de controle e conforto (GELL-MANN, 1996, p. 304-316). Pressões seletivas externas induzidas, mal adaptativas podem causar danos, como a escolha de um gene inadequado, banimento de uma linguagem, ou até um determinado tipo de economia. Decisões internas de indivíduo influentes no campo político ou de empresas podem alterar os esquemas adaptativos de instituições e do mercado, conduzir a uma evolução direcionada, nem sempre vantajosa para todos. Nestes casos, a persistência de esquemas mal adaptativos nos sistemas complexos adaptativos pode derivar de critérios de seleção muito restritos, desvirtuando do que se poderia considerar adaptativo.

Sistemas complexos adaptativos uma vez estruturados tendem à aumentar a complexidade com o tempo, tanto nas dimensões físicas, biológicas quanto socioculturais. Por exemplo, apreendendo e construindo novas palavras, símbolos, novas estruturas complexas, saberes sobre os ritmos naturais, buscando sempre classificar e selecionar os melhores esquemas e informações, aprendendo com sucessos e fracassos, que podem levar a especialização e a diversificação, como a variedade de idiomas, e às mudanças estruturais. Essa natureza evolutiva, criativa e multidimensional desses sistemas não permite a definição e uso de escala para seu estudo. A escala e o método como operadores de complexidade são

estratégias mais adequadas para observar e compreender sua dinâmica no espaço-tempo, pois a polimorfa variável e simultânea em múltiplos níveis de realidade dos sistemas complexos adaptativos o torna imune à representação numa perspectiva tradicional de escala (Ver item 1.5.1).

O comportamento dos sistemas complexos adaptativos é a chave para a compreensão de como teria surgido a grande variedade de estratégias adaptativas na diferenciação holocênica, hipótese central desta tese. Embora seja difícil perceber, os maiores legados que possibilitaram a diversificação nesse período e que se dispõe hoje, não vieram deste período. São mais que saberes ou a cultura material, são sistemas cognitivos subjacentes que orientam como aprender a aprender, importância de ensinar aos mais jovens, de cuidar dos idosos, cuidar da saúde do grupo, a identificar, a classificar as periodicidades, regularidades e irregularidades dos ritmos naturais, a se organizar em grupo, manter valores e regras sociais.

Um legado resultante de processos cumulativo de saberes no longo tempo, passado de geração em geração, sem que os membros da sociedade se dessem conta do legado herdado, e sua contribuição às outras gerações (ELIAS, 1998,139). Esses acúmulos de saberes conduziram ao desenvolvimento de sistemas complexos adaptativos derivados, com emergência possibilitada pela mente cognitiva fluida, da consciência, e da intensificação da evolução cultural e cognitiva. Nesse processo retroalimentado, novas habilidades e técnicas surgem a todo instante por motivação espontânea do indivíduo, mantidas e apoiadas pelo grupo, o qual se tornou cada vez mais consciente da importância da inovação para a sua manutenção. A seleção de estratégias bem sucedidas facilitou a obtenção de alimento, a administração de grupos maiores, e conduziu a expansão da população.

Os novos saberes tornaram-se aporte consciente dos indivíduos e do grupo, que passaram a se divertir com os inventos, e a sua capacidade de criar, imaginar um mundo dentro da mente, e compartilhar. Os humanos modernos pós-grande salto se lançaram cada vez mais na experiência com o mundo, tentando novas formas de registrar regularidades, observando o movimento celestial, verificando o movimento da Lua e do Sol, períodos de estiagem e de chuvas, gestação e nascimento, nascimento da vida e morte, florescimento e maturação de frutos, escolha e avaliação de novos lugares, encontrar uma palavra ou símbolo que descreva aos demais o que foi visto, elaborar sistema de contagem, dominar e ensinar uma técnica, formas de se relacionar, expressar desejo, de identificar o belo, de pintar, de fazer música etc.

Claval (1997, p. 114) enfatiza que saberes antigos, modernos e tradicionais pouco se diferenciam quando examinamos suas bases, pois todas essas sociedades se relacionaram com

seu entorno, atravessaram alterações climáticas e elaboraram saberes, sistemas de representação, valores, normas e técnicas para se alimentarem, protegerem, vestirem, habitarem e lidarem com as intempéries.

As bases desses “saberes” se consolidaram a partir do grande salto pós 50 mil anos AP. São os fundamentos da ciência, não a ciência moderna, positiva ou clássica, egípcia, Guarani ou chinesa. Falamos da ciência que emerge com o pensamento simbólico e a linguagem, a memorização, o desejo de apreender e fazer cada vez melhor, guardar na memória e transmitir sistematicamente aos descendentes, agora sob uma mente cognitiva fluida. Essas características se apresentam nos registros fósseis do após o grande salto. É preciso então alargar o conceito que se tem de ciência. É útil classificar tipos de ciência e períodos, desde que não se esqueça que todas as culturas humanas têm suas próprias bases de saberes milenares (SANTOS, 2009), hoje fartamente estudados pelas etnociências.

De um lado, é difícil definir ciência, por outro é fácil perceber a existência de muitas bases de saberes historicamente diferenciadas. Há dezenas de milhares de anos as sociedades iniciaram processos sistemáticos de construção e transmissão de saberes. Conceitos estreitos de ciência não concebem a ideia de que as sociedades Incas, Maias, Asteca, Egípcia, Chinesa, povos tradicionais em toda parte desenvolvem suas próprias ciências. Conforme Mithen (2002, p. 343), pode-se entender ciência por três propriedades críticas. Pela habilidade de gerar hipóteses e testar, levantando suposições e verificando individualmente ou em grupo, de forma aleatória ou sistemática.

A segunda propriedade da ciência seria a habilidade de desenvolver e usar ferramentas para resolver problemas específicos, o que inclui desde uma lasca de pedra, ou um telescópio, ou uso pinturas ou danças para descrever o que se viu, ou marcação numa lasca de osso, como uma memória artificial. Em terceiro, o uso de metáforas e analogias para representar e comparar. Incluiremos outras três relacionadas e fundamentais, o uso de comunicação ou linguagens simbólicas, memorização, formas de guardar e transmitir saberes e a classificação das informações, se uma planta é comestível ou não, tipo de animal, se a planta tem propriedades curativas, água boa para beber, localização etc.

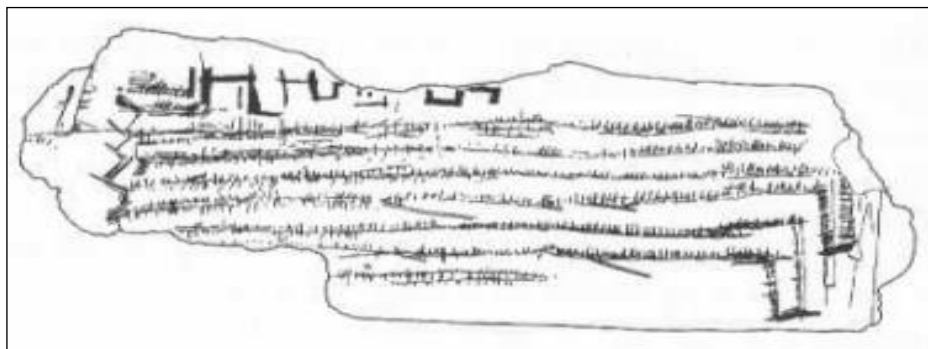
Desta forma, a origem da ciência está relacionada com surgimento da arte, da expressão simbólica, da linguagem, e dos sistemas de crenças, numa mente que é capaz de relacionar os diferentes campos cognitivos, armazenar informação, elaborar metáforas, símbolos, pensamento abstrato e fazer analogias, em grupos humanos que passaram a valorizar novos saberes, a criatividade e a inovação, preocupando-se em transferir esses saberes aos mais jovens. Do processo composto retroalimentado e intensificado da evolução

sociocultural e cognitiva emergiu a ciência no pós-grande salto, um sistema cognitivo complexo e adaptativo, autônomo, que se complexifica e se diversifica, em ordem crescente desde então.

Dunbar (1996) entende que a ciência é um método de descobrir coisas a partir do teste de hipóteses, que não se limita a cultura ocidental, sendo comum nas sociedades tradicionais e antigas, incluindo a forma de caçadores-coletores, pastores e agricultores que a utilizavam, e utilizam, para construir saberes sobre o ambiente e sobre si. De modo que ciência seria uma característica evolutiva universal de formas avançadas de vida, na geração de inovações adaptativas.

São fartos os exemplos que evidenciam a crescente sofisticação tecnológica, complexificação sociocultural e a geração de inovações no pós-grande salto. Sítios de dezoito mil anos AP em Wadi Kubbaniya, no oeste do vale do Nilo, os vestígios arqueológicos revelaram restos vegetais diversificados de tubérculos que haviam sido utilizado numa espécie de ‘mingau’, que poderia alimentar um bebê ou um idoso, com uso de pilão e mão com tecnologia lítica para moer e triturar material vegetal, denotando grande saberes sobre a coleta seletiva de plantas (MITHEN, 2002, p. 356). De modo similar, em Tell Abu Hureyra, na atual Síria, nos sítios ocupados por caçadores-coletores entre 13 mil e 9,5 mil anos AP foram identificadas mais de 150 espécies vegetais comestíveis e a mesma tecnologia lítica para triturar alimentos (HILLMAN, *et al*, 1989, p. 240).

Após o grande salto evolutivo 40 mil anos atrás, as ferramentas passaram a ser compostas de vários materiais, como ossos, madeira e pedra, e a receber adornos e marcas para armazenar informação útil: sistemas de contagem ou base de cálculo, marcação do tempo lunar ou dias, registrar a quantidade de indivíduos presentes ou animais abatidos. São encontradas diversas ferramentas simples com incisões de linhas paralelas, e placas complexas. Exemplo de placa complexa de sistema de contagem é a placa de Taï, encontrada em Drôme, na França, datada entre 36 mil anos a 29 mil anos AP (FIGURA 43). Esta placa de osso com centenas de marcas feitas com instrumentos diferentes, com 8,8 cm de comprimento, utilizada por caçadores-coletores, contém 1020 incisões paralelas de um lado e 90 de outro, cujas regularidades dos padrões sugerem ter sido usado como sistema de notação visual de caça, ou como calendário sobre periodicidades ambientais, conforme Marshalck (1991, p.25).



Fonte: Mithen, 2002, p. 275.

Figura 43: Placa de osso com centenas de incisões, indicando sistema de contagem ou registro de regularidades, encontrada em Drôme, na França.

Para D'Ambrosio (2002), o desenvolvimento de marcadores e sistemas de contagem serviam para obtenção do alimento, regular ciclos sociais, orientar escolhas e se proteger de animais. Assim, sistemas de contagem não iniciam na forma abstrata, como o uso números, mas com marcas. Na África, um osso fóssil de 10 cm, ornado com um cristal de quartzo, encontrado na fronteira de Uganda com o Congo, datado entre 20 mil anos e 25 mil anos AP, conhecido como o bastão de Ishango, é um dos mais antigos testemunhos de uso matemático. A forma dos entalhes revelaram que podia ser usado para contagem, ou como calendário lugar, até para jogar (HUYLEBROUCK, 2006, p. 42).

Uma lasca de presa de mamute, encontrada na região de Danúbio, na Alemanha, datada de 32 mil anos AP, é a evidência mais antiga de calendário estelar (NOGUEIRA, 2006, p. 9). Medindo 3,8 cm de altura, 1,4 cm de largura e 4 mm de profundidade, a peça teria sido feita desse tamanho. De um lado contém a figura de um humano, no verso possui 87 marcações que correspondem às constelações do céu da época, e pode ter sido usada para regular a vida social, períodos de coleta e caça, e até períodos propícios a gravidez.

São muitos os artefatos que evidenciam o uso de objetos para guardar informações valiosas, elaboradas com finalidades próprias, que conhecemos bem hoje. Ao lado das peças de ossos, as pinturas rupestres tinham muitas finalidades, uma delas era o de fornecer uma memória acerca do mundo natural, como as pinturas de animais nas Cavernas Chauvet, com ~32410 anos AP, e as das cavernas em Lascaux, com ~17000 anos AP, na França, envolvendo principalmente mamíferos de grande porte como bisões, cavalos, mamutes, auroques, cabritos monteses, e carnívoros como a hienas e leopardo, no caso de Chauvet (LEWIN, 1999, p.470)

Essas estratégias de apreender a realidade, hoje estabelecidas entre os humanos modernos, evoluíram, sobretudo a partir da língua falada e da comunicação simbólica, de

formas de organização social voltadas ao cuidado parental e à cooperação em grupo, transmissão de saberes aos mais jovens através dos idosos, valorização e gosto pela inovação, a arte e os sistemas de crenças, a curiosidade e as diferentes formas de saberes básicos sobre os ritmos naturais.

Sem esses sistemas complexos adaptativos ancestrais estruturados, atuando em uma mente cognitiva fluida, dificilmente teríamos a cultura material que herdamos. Ainda que perdêssemos toda cultura material, e os saberes grafados, temos bases de saberes e sistemas adaptativos subjacentes a esses para construir outro mundo de possibilidades. Se existe uma pedra filosofal no caminho, ela é produto da evolução cultural e cognitiva. Um exemplo é a linguagem que uso agora para escrever, ela não foi uma “invenção” a partir de uma ideia única, tampouco a representação que ela descreve. O elevado nível de abstração atual para representar e compreender a realidade é um legado que se desenvolve desde tempos imemoriais (ELIAS, *op cit*).

A dupla progressão para unidades de integração social cada vez mais vastas e para cadeias de interdependência social cada vez mais longas acarretou, igualmente, estreitas relações com certas modificações que intervinham na ordem cognitiva, dentre elas a ascensão a níveis mais elevados de síntese conceitual. (ELIAS, 1998, p.142)

Essas bases que permitem desenvolver novos sistemas cognitivos são complexos adaptativos. As evidências do desenvolvimento de sistemas cognitivas, como estratégia de coleta de água, sazonalidade para coleta, caça e pesca, ocorrem nas mais variadas sociedades. São conhecidos os saberes astronômicos dos povos do Brasil, como os Kaiapó, denominados astrônomos do Cerrado, que usam os saberes acumulados sobre as regularidades e antecipar aos fenômenos periódicos dos ritmos climáticos (FABIAN, 2006, p.56-61); e os conhecimentos ambientais dos Tupi Guarani para regular o abastecimento (AFONSO, 2006, p.46). As civilizações Maia, Asteca e Inca desenvolveram conhecimentos astronômicos, sistemas de cultivo, armazenamento, selecionaram variedades de sementes para situações secas e úmidas, e planejamento para lidarem com as chuvas e as secas.

Ao estudar a importância da observação das regularidades nos movimentos do sistema Sol, Terra, Lua por povos tradicionais norte americanos, Elias (*op cit*) percebe que nas sociedades modernas as pessoas perderam a noção de que as sociedades antigas e tradicionais se orientavam, e se orientam pelas regularidades do movimento deste sistema, embora os calendários modernos também se baseiem nesse sistema.

Mas, talvez possamos lembrar-nos que a Lua que, em sua função de instrumento de determinação do tempo praticamente desapareceu da vida das populações urbanas dos Estados nacionais industrializados, as quais vivem sob a pressão do tempo sem compreendê-la – foi outrora uma mensageira que, a intervalos mais ou menos regulares, permitia que os homens efetuassem cortes no interior de sua vida social. (ELIAS, 1998, p.158)

Um traço cultural comum aos povos modernos, antigos e tradicionais é o mundo mítico. Independente do significado em cada caso, lugar e época, entre outras coisas, ele representa uma forma simbólica de transferir significados. Joseph Campbell descreveu em seu livro “O voo do pássaro selvagem: ensaios sobre a universalidade dos mitos” e no documentário “o Poder do mito” a importância do mito em transmitir significados, códigos de conduta, valores de geração em geração nas mais diferentes sociedades, sobretudo nas antigas. O mundo mítico é parte, ou descreve em seu interior, sistemas complexos adaptativos, assim como a arte, os sistemas de crenças e a ciência. É de se imaginar que os trabalhos de Carlos Augusto F. Monteiro envolvendo o mundo mítico, clima, literatura e arte adquirirão outros olhares, que ele jamais sonhou.

Vimos no item anterior, 2.3, às chaves que abriram as portas da mente: a evolução cultural e cognitiva operando sob um acoplamento estrutural autopoietico, com a transformação de uma mente especializada, compartimentada, em uma mente cognitiva a partir de vários domínios conectados, com grande fluidez cognitiva entre os campos da inteligência natural, social, geral, técnica, artística e simbólica. A evolução cultural e cognitiva autopoietica foram as chaves que operaram subjacente ao grande salto evolutivo pós- 40 mil anos atrás.

Neste item vimos os segredos dessas chaves, os sistemas complexos adaptativos e suas características. Nos dois itens seguintes veremos que há uma correlação entre povos genes e línguas, um elo importante que evidencia a ancestralidade comum de sistemas complexos adaptativos antigos, como a linguagem falada; e a noção de memes, uma unidade de informação transmissível que facilita compreender como um novo saber bem sucedido é transferido de uma mente a outra, e de uma geração a outra.

2.4. DIFERENCIAÇÃO HOLOCÊNICA E OS ELOS ESQUECIDOS

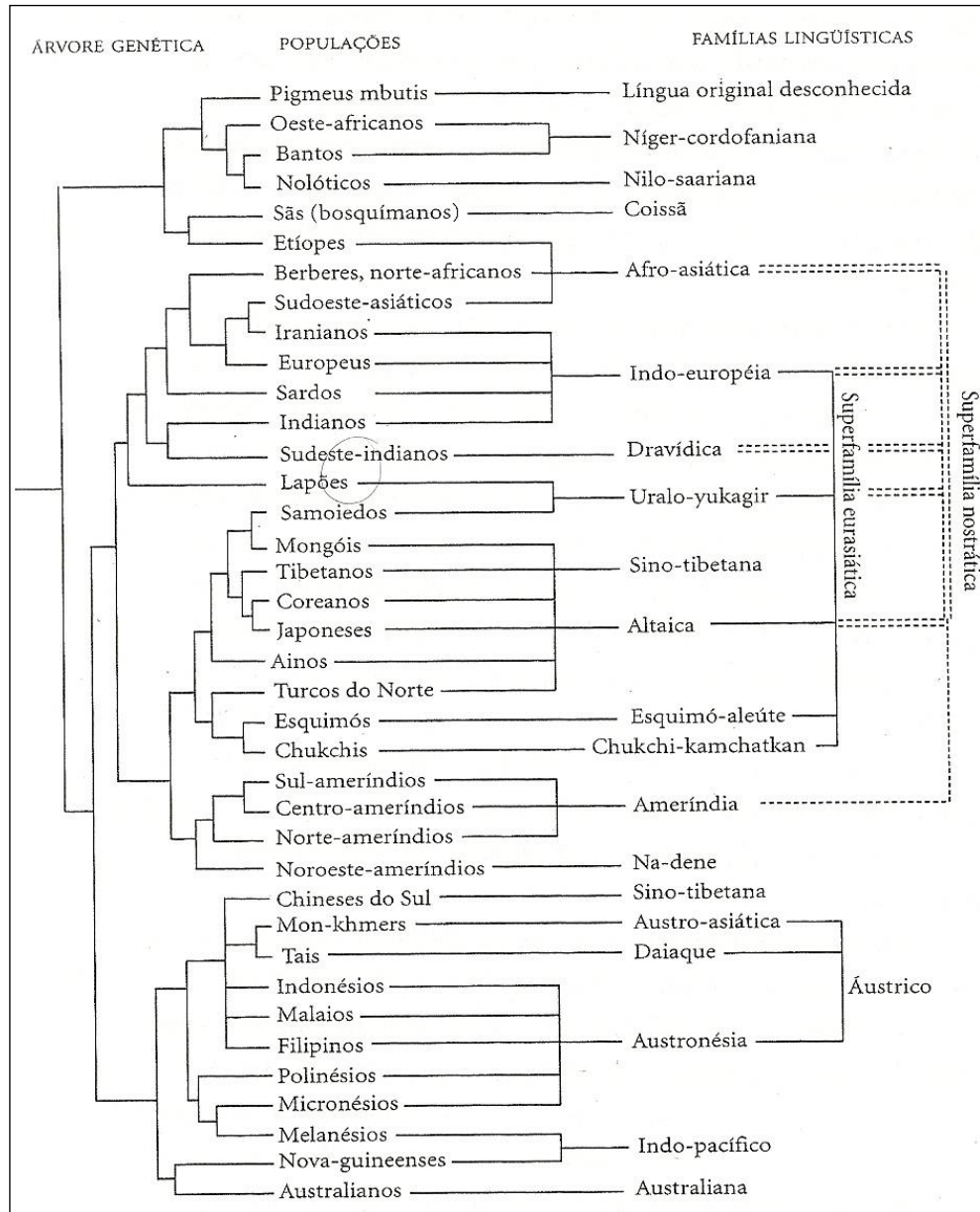
Há algumas décadas atrás pouco se entendia acerca da evolução sociocultural dos humanos modernos, tampouco se imaginava como as sociedades estavam estruturadas já em tempos remotos. Um dos exemplos típicos é o da arte rupestre, antes entendida como arte pela arte, hoje sabe-se que era arte útil, usada para transmitir significados acumulados no longo tempo. Existem vários elos esquecidos que permitem fazer essas conexões e desvendar processos mais antigos, a fim de compreender suas continuidades e discontinuidades, sobretudo após o grande salto evolutivo pós-40 mil anos atrás.

Entre os elos perdidos que foram encontrados está a confirmação da relação entre povos (cultura), genes e língua e sua ancestralidade comum; o desenvolvimento e a estruturação de sistemas complexos adaptativos ancestrais e derivados, como a língua, a organização sociopolítica, a arte, a ciência e os sistemas de crença e os achados arqueológicos que tem levado a comunidade rever sua percepção acerca das sociedades antigas, e a periodização não linear.

Nesse processo de encontrar conexões similares e ancestrais, a evolução cultural e cognitiva são as chaves, e os sistemas complexos adaptativos ancestrais e derivados são os segredos das chaves.

2.4.1. POVOS, LÍNGUAS, GENES E ANCESTRALIDADE COMUM

Vimos que a linguagem falada evoluiu junto com os humanos modernos, sendo um sistema complexo adaptativo ancestral. Sua utilização se diversificou, incorporando novas palavras, flexões verbais, dialetos e estruturas linguísticas. As línguas se modificaram com o tempo, e se diversificaram, tornando-se difícil conhecer a ancestralidade comum em tempos remotos. A pesquisa de Cavalli-Sforza (2003, p. 199) trouxe novas possibilidades ao esboçar a correlação entre povos, genes e línguas (FIGURA 44).



Fonte: Cavalli-Sforza, 2003, p. 199.

Figura 44: Comparação entre as arvores genética, povos e línguas.

Na comparação entre povos, genes e línguas de Cavalli-Sforza (2003, p.191), estão apresentadas 38 populações, reunidas em grupos abrangentes, como europeus e melanésio, dezesseis famílias linguísticas. Conforme o autor se observa de imediato que populações próximas na árvore genética quase sempre falam línguas da mesma família linguística, de modo que a árvore genética pode ser usada para datar a origem aproximada de uma família linguística. A datação aproximada revelou que a maioria das famílias linguísticas atuais parecem ter se desenvolvido durante um breve período, entre 6 mil e 25 mil anos atrás. Nessa

árvore, famílias linguísticas compartilhadas geralmente apontam para uma formação genética e étnica comum, embora nem sempre isso seja verdade, pois uma língua pode ser apropriada por um povo com histórico genético distante, e em lugares remotos do centro de origem dessa língua.

A evolução biológica e evolução linguística são semelhantes. Através de um isolamento de grupos de uma população, por barreiras geográficas, ecológicas ou sociais, os indivíduos diminuem o intercâmbio cultural interpessoal e as duas línguas acabam se afastando uma da outra, mas os indivíduos continuam a manterem os traços genéticos desde a origem da separação. Nem todos os casos são simples. A evolução linguística mostra-se mais fluida, podendo receber empréstimos horizontais com facilidade, de modo que, uma língua não se mantém por muito tempo sem mudar além de mil anos.

A linguagem falada se diversificou e continua a gerar novos significados e bases linguísticas, seja hibridando com outras línguas, realizando empréstimo ou criando novas palavras e novos significados. Sua característica principal é possibilitar comunicação, e troca de informação. Aspectos culturais importantes são transferidos junto com a língua, como o comportamento, os costumes, os valores, os saberes e até as crenças. Sendo a relação entre a linguagem, a cultura e os genes um elo que pode fornecer novas possibilidades para desvendar como se deu a evolução das sociedades.

2.4.2. COGNIÇÃO E MEMES NO PROCESSO EVOLUTIVO AUTOPOIÉTICO

Uma das características das espécies do gênero *Homo* é a grande capacidade de transmitir informações. Esse é um diferencial estratégico das espécies desse gênero, como a habilidade de fazer fogo, que já havia sido dominada pelo *Homo erectus* há cerca de 1,8 milhões de anos. Após o grande salto, transmitir o conhecimento acumulado passou a ser a estratégia central dos humanos modernos, pois a existência e a continuidade do grupo dependiam do acúmulo de saberes, sua transmissão, da necessidade de agir em conjunto e de gerir um grupo maior de pessoas. A demanda pela transmissão da informação cresceu exponencialmente. A relevância desse fato pode ser verificada na diversificação das bases de comunicação

Comunicar algo depende não somente de linguagem falada, pode ser feito por gestos, pinturas, esculturas, marcas em objetos, música, dança e cores e uma infindável gama de

símbolos que se possa criar. De uma maneira ou de outra, para transferir saberes, ou para transmitir uma ideia ou articular e organizar um grupo é necessário transmitir de modo eficaz uma informações, independente da base de comunicação.

Para Dawkins (2001, p. 214), a informação na evolução cultural é codificada e transmitida de modo quantificado, análogo ao que ocorre com a transmissão genética, e ao que ocorre na transmissão dos quantas de energia na mecânica quântica. De fato, como vimos, na natureza auto-organizada, uma das características fundamentais que se apresenta é a tendência das coisas existirem em quantidades específicas. Com a informação não parece ser diferente. Uma ideia básica como fazer fogo, uma vez produzida, pode ser transmitida. Aqueles indivíduos que experimentam a ideia, caso gostem, podem passar aos demais. Dawkins denominou essa unidade de informação transmissível de Memes.

“[...] os memes devem ser considerados como estruturas vivas, não apenas metafóricas mas tecnicamente. Quando você planta um meme fértil em minha mente, você literalmente parasita meu cérebro, transformando-o num veículo para a propagação do meme., exatamente como um vírus pode parasitar o mecanismo genético de uma célula hospedeira. E isto não é somente uma maneira de falar – o meme, por exemplo, para “crença numa vida após a morte” é, de fato, realizado fisicamente, milhões de vezes, como uma estrutura nos sistemas nervosos dos homens, individualmente, por todo o mundo”. (DAWKINS, 2001, p. 214)

Conforme Dawkins (*op cit*), exemplos de memes são melodias, ideias, “slogans”, moda do vestuário, maneiras de fazer potes, ou de construir arcos. Da mesma forma como os genes se propagam no “fundo” pulando de corpo para corpo através dos espermatozoides ou dos óvulos, os memes se propagam no “fundo” de memes, pulando de cérebro para cérebro por meio de um processo que pode ser chamado de imitação. Se um cientista ouve ou lê uma idéia boa, ele a transmite a seus colegas e estudantes. Ele a menciona em seus artigos e conferências. Se a ideia pegar, pode-se dizer que ela se propaga a si própria, espalhando-se de cérebro em cérebro.

Os memes são parte do sistema complexo adaptativo de aprendizagem, e importante forma de transmitir os novos saberes. Os saberes são gerados e rapidamente ganham circularidade cognitiva autopoiética, acoplando as mentes sob a mesma base de informação, guardada na memória. Desse modo, o processo de aprendizagem se acopla às formas de ensinar a nova inovação, num processo circular, como exposto por Maturana e Varela (*op cit*)

Os humanos modernos do pós-grande salto adquiriram maior poder de transmitir e guardar informações através das diferentes formas de comunicação e, sobretudo, com a

longevidade de até 60 anos alcançada para os mais idosos, se comparado aos 40 dos neandertais. Conforme Lewin (*op cit*), o cuidado parental deve ter crescido com a necessidade de se ensinar os novos saberes, cuidar das gestantes e dos mais idosos para preservar e garantir a transferência dos sabres aos jovens.

A circularidade cognitiva da informação quantificada é parte do sistema complexo adaptativo do processo de ensino-aprendizagem. Este, a partir do grande salto, ficou acoplado ao novo sistema derivado, o da ciência, um recurso sociocultural auto-organizado com esquemas voltados a produção de novos saberes, solucionar problemas, inovar, testar suposições, e transmitir aos descendentes, em crescente complexidade e diversificação. Assim, o conceito de meme de Dawkins fornece uma forma de se acompanhar e entender a transmissão da informação dentro e fora do grupo. A evolução cultural e cognitiva passou a ter replicadores eficazes, e continua a se diversificar a partir de suas bases ancestrais, como a ideia de como fazer fogo, as diferentes formas de comunicação simbólica e a linguagem.

A seguir será iniciada uma jornada panorâmica acerca da interação sociedade paleoclima, evidenciando as estratégias adaptativas elaboradas em diferentes épocas, a fim de corroborar nossos argumentos de que diversos sistemas complexos adaptativos estavam estruturados e atuaram subjacentes na mente dos humanos modernos antes do Holoceno, há pelo menos quatro dezenas de milhares de anos, possibilitando, junto com uma conjunção de fatores ambientais, a diversificação de estratégias adaptativas neste período, conduzindo a diferenciação holocênica.

As evidências arqueológicas sugerem que, independente das condições climáticas e ecológicas favoráveis estabelecidas no Holoceno, e da revolução neolítica da agricultura, os humanos modernos já apresentavam complexificação sociocultural e organização política em grandes grupos, ainda que nômades ou semissedentários, produziam inovações continuamente em todos os campos da atividade social, sabiam como identificar e classificar espécies e nichos ecológicos favoráveis, produzir agasalhos e abrigos para se adaptarem. Pode-se afirmar que a complexificação sociocultural e a sofisticação tecnológica antecedeu a revolução neolítica da agricultura, conduzindo a esta, e não o contrário. Independente das condições ecológicas e climáticas quentes e úmidas favoráveis do Holoceno, de posse dos sistemas complexos adaptativos atuando subjacente na mente, a produção e diversificação de estratégias adaptativas já ocorria de forma acelerada.

CAPÍTULO 3

PALEOCLIMA E SOCIEDADES: EVOLUÇÃO COGNITIVA E DOS SISTEMAS COMPLEXOS ADAPTATIVOS

Os membros das sociedades que, como *beati possidentes*, beneficiam-se de uma rica herança de saber, a qual inclui inúmeros representantes conceituais de alto nível de síntese, em vão buscaram, durante séculos, resolver o enigma dessa posse.¹⁹

Se grande é o mistério do por que o Holoceno tem se mantido um longo estágio interglacial, cerca de 11500 anos, num período de ~2,5 milhões de anos do Pleistoceno em que o clima na Terra havia sido de tendência à instabilidade e ao predomínio de glaciações, maior ainda é o enigma acerca da grande expansão evolutiva sociocultural, cognitiva, política e tecnológica das sociedades humanas nesse período, por nós denominada de *diferenciação holocênica*.

Em resposta a esse enigma, neste Capítulo são apresentadas evidências a partir de informações arqueológicas a fim de corroborar a hipótese de que o domínio de sistemas complexos adaptativos melhores estruturados e diversificados no final do Pleistoceno Superior, sobretudo, a partir da intensificação da evolução cultural e cognitiva, entre 70 mil e 50 mil anos AP, foi um dos principais fatores que possibilitou as sociedades humanas elaborarem estratégias adaptativas similares em vários lugares no globo no Holoceno. Entre as estratégias adaptativas estão: escolha e coleta sistemática de espécies alimentares, manejo ambiental, astronomia e marcadores de tempo, formas de se abrigar e se agasalhar, organização sociopolítica para gerir grandes grupos, e sistema de contagem.

A grande variedade de estratégias adaptativas elaboradas pelos humanos modernos no Holoceno foi proporcionada pelo uso de sistemas complexos adaptativos subjacentes, os quais se apresentavam estruturados desde o grande salto, há 40 mil anos AP. De forma que, ao adentrar às condições climáticas favoráveis do Holoceno, as sociedades já possuíam formas de se organizar e gerir grandes grupos, construir abrigos e se estabelecer, com tecnologias relativamente simples. Complexificação sociocultural e sofisticação tecnológica antecederam o Holoceno e a agricultura, e criaram condições para o desenvolvimento desta, e não o contrário, como previam os modelos deterministas.

¹⁹ ELIAS, Norbert. Sobre o tempo. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998. (p.139)

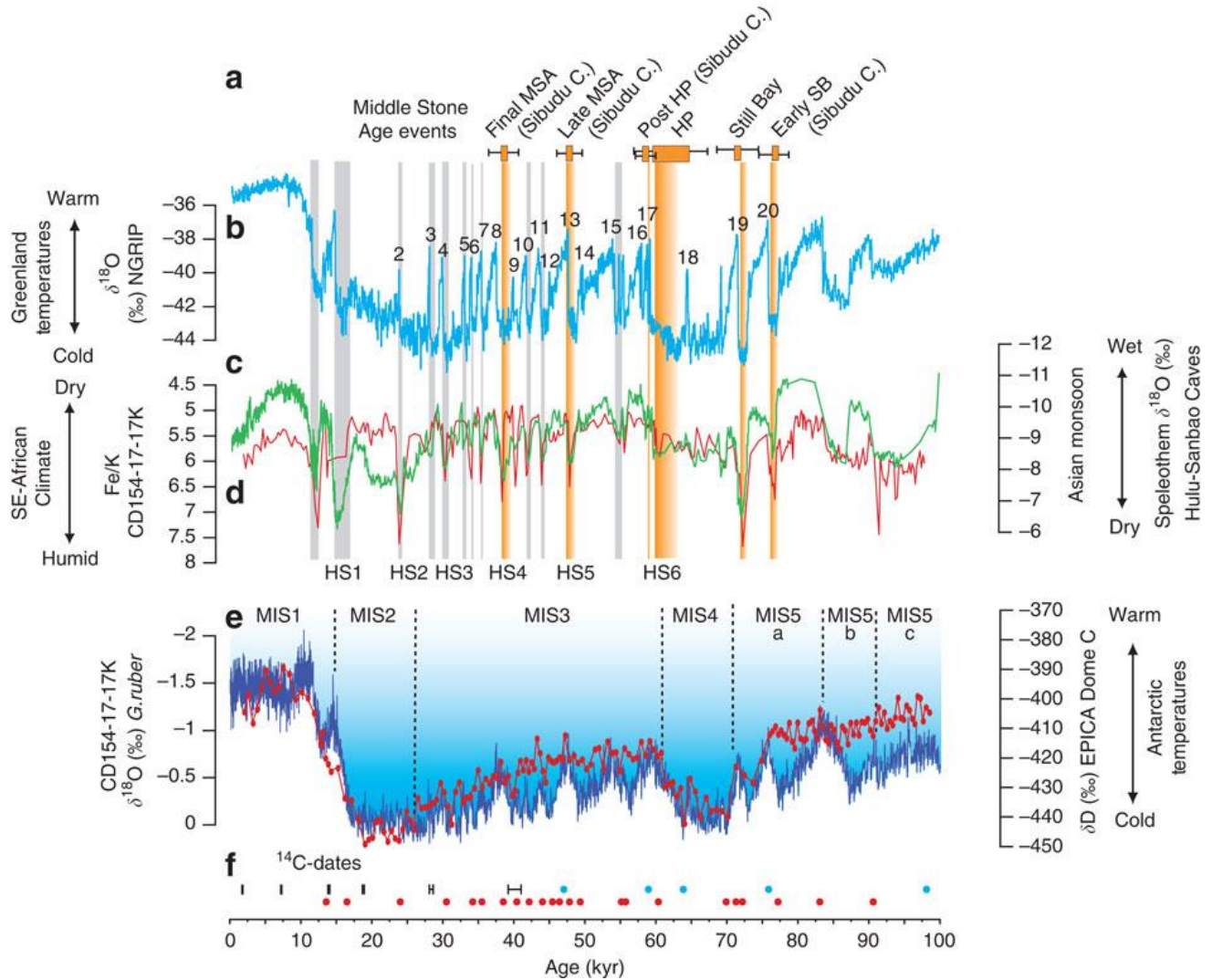
3.1. MUDANÇAS PALEOCLIMÁTICAS ABRUPTAS E SOCIEDADES NA ÁFRICA

A jornada iniciará com a investigação das interações entre sociedade, clima e o desenvolvimento de estratégias adaptativas na África. Foi visto que as hipóteses acerca da gênese do *Homo sapiens* moderno convergem para África, remontando um período anterior há 200 mil anos AP. A partir dessa época características anatômicas, comportamentais, culturais e sociais, informadas a partir da cultura material dos registros fósseis, permitem diferenciar os humanos modernos de seus parentes contemporâneos.

Os humanos e todos seus parentes ancestrais do gênero *Homo* surgiram num período em que a Terra passava por grandes mudanças climáticas no Pleistoceno, desde há 2,5 milhões de anos atrás. E os humanos modernos se diferenciaram enquanto espécie na passagem do Pleistoceno Médio ao Superior na África, sob a ocorrência das glaciações Riss e Würm, e dezenas de estágios glaciais e interglaciais abruptos globais observados nos eventos Dansgaard–Oeschger e Heinrich (D-O e H), visto anteriormente.

Nesse contexto de variabilidade severa no paleoclima em que surgem os humanos modernos as informações arqueológicas revelam a ocorrência de expansões abruptas na intensificação de inovações tecnológicas na cultura material, sem que se saiba os motivos que levaram a essas expansões. Sua ocorrência é simultânea ao surgimento de comportamento inovador, a linguagem falada e a identidade cultural dos humanos modernos, e podem estar correlacionada com o crescimento da demografia e expansão humana dentro e fora da África durante o glacial Würm (MAREAN *et al*, 2007; JACOBS *et al*, 2008). Verificar a natureza dessa interação é relevante nessa pesquisa.

Informação consistente sobre a influência da variação paleoclimática na evolução dos humanos modernos veio da pesquisa de Martin Ziegler *et al* (2013). Esta pesquisa encontrou fortes correlações entre eventos abruptos D-O e H e a inovação tecnológica no sul da África, durante o Período da Idade da Pedra Média, entre 280 mil anos AP e 30 mil anos AP, sobretudo, entre ciclos de rápido crescimento da inovação e alguns estágios D-O e H no glacial Würm (FIGURA 45). Entre os períodos de expansão rápidas estão a indústria lítica Sul Africana Still Bay (SB), datada de ~71, 5 mil anos atrás, e a Howiesons Poort (HP), datada de 64 mil e 59 mil anos atrás, ambas localizadas no sul da África, cujas inovações incluem expressão simbólica gravadas em ocre, novas ferramentas de pedra e ossos, joias e construções de cama com plantas (WADLEY, 2011).



Fonte: Ziegler *et al.*, 2013, p.5.

Figura 45: Correlação entre inovação tecnológica e mudança climática abrupta global D-O e H, no sudeste da África, durante o glacial Würm.

Na Figura 45 estão correlacionados: (a) Datação dos eventos arqueológicos sul africano na Idade da Pedra, coincidindo com os eventos Heinrich 4-6 e estágios frios na Groenlândia 19 e 20. (b) Registro de temperatura obtida a partir isótopo radioativo de oxigênio 18, O¹⁸, em núcleo de gelo na Groenlândia (NGRIP), revelando a variação abrupta de temperatura nos eventos D-O e HS no Atlântico Norte.²⁰ Os números indicam estágios mais quentes. Os vales abaixo indicam estágios frios, e os estágios Heinrich mais extremas (HS1-SH6) em destaque (c) Temperatura a partir de O¹⁸ de espeleotemas chineses (verde), nas cavernas Hulu e Sanbao, mostrando a sincronia das monções de verão da Ásia Oriental com a variação climática no Atlântico Norte e (d) Relação entre concentração de ferro e

²⁰ NGRIP. High-resolution record of Northern Hemisphere climate extending into the last interglacial period. Nature, n. 431, 147–151, 2004.

potássio Fe/K verificada na amostra de sedimentação CD154-17-17K (vermelho), indicando maior vazão do rio, na Província Cape Oriental, durante estágios de clima úmido no Hemisfério Norte. (e) Concentração de O^{18} em foraminíferos planctônicos na amostra CD154-17-17K (vermelho), refletindo a variação do volume de gelo global e as condições da superfície do mar locais, em comparação com registro de deutério (azul) extraídos em núcleo de gelo no Domo C (EPICA).²¹ Estágios em isotópicos marinhos (MIS) são indicados. (f) Pontos de controle e datação para CD154-17-17K, incluindo as datas de radiocarbono (preto), e calibração de registros de O^{18} em foraminíferos.

No início da indústria lítica Still Bay (SB), há ~77 mil anos AP, são encontradas camadas feitas de plantas na caverna Sibudu, essa estratégia adaptativa pode estar correlacionado ao frio, pois predominava o estágio de frio intenso do estágio D-O de número 20, como indicam os registros em núcleo de gelo na Groelândia. Na fase fria do estágio D-O 19, ocorreu a expansão da indústria lítica sul africana Still Bay de SB, ~71 mil anos AP (ZIEGLER *et al*, 2013). O período de expansão da indústria lítica Howiesons Poort HP, entre 64,8 mil anos e 59,5 mil anos AP também coincide com condições de frio no norte do Oceano Atlântico.

O final abrupto da indústria lítica Howiesons Poort (HP), ~59,5 mil anos AP, coincide com uma rápida transição para condições mais secas trazidas pelo aquecimento global abrupto D-O 17. Outras três expansões da inovação tecnológica são verificadas na caverna Sibudu, da indústria lítica pós-HP datam de 58,5 mil anos, na Idade da Pedra Tardia (MAS Late), há ~47,7, e a MSA Final, há ~38,6, novamente correspondem com os eventos abruptos frios Heinrich no Hemisfério Norte.

Conforme Ziegler *et al* (2013), esse períodos de inovação tecnológica entre os humanos moderno estiveram associados às mudanças climáticas abruptas dos ciclos D-O e H (HS no gráfico) no sudeste da África. Os principais pulsos de inovação ocorreram nos momentos em que o clima sul africano mudou rapidamente para condições mais úmidas, enquanto no norte da África subsaariana ocorriam secas generalizadas, e o Hemisfério Norte apresentava fases de frio extremo. Os núcleos de sedimentos marinhos indicam que o continente sul africano pode ter sido refúgio para os humanos modernos durante os estágios frios das variações abruptas H, pois, enquanto no Norte estabelecia períodos secos e frios, no sudeste africano predominava climas úmidos. Inversamente, durante os estágios quentes, verifica-se pouca expansão da inovação.

²¹ EPICA. Eight glacial cycles from an Antarctic ice core. *Nature*, n. 429, 623–628, 2004.

Essa pesquisa evidencia que os eventos abruptos de resfriamento severos D-O e H no Hemisfério Norte estão correlacionados aos ciclos rápidos de intensificação inovadora das indústrias líticas no sul da África, bem como a expansão humana pelo globo, que ocorreu durante esse período. O desenvolvimento e a expansão dos humanos modernos ocorreram sob cenários de intensas variações no clima.

Os eventos abruptos de resfriamento D-O e H no Hemisfério Norte produziam secas prolongadas em grandes partes do continente Africano, levando os humanos modernos a buscarem refúgios em nichos ecológicos mais favoráveis, em que havia água e alimentos. Durante esses períodos frios e secos desses resfriamentos abrupto se formaram lugares com climas úmidos, ou refúgios, no sul da África, que, juntamente com a vegetação diversificada e um rico ecossistema costeiro, fornecia recursos para a expansão dos primeiros humanos (MAREAN, 2010, 426).

Ziegler *et al* (2013) sugerem que os ciclos de expansão demográfica dos humanos modernos na África e no globo podem estar associados aos rápidos ciclos de inovações das indústrias Still Bay (SB) e Howiesons Poort (HP), o que corrobora a hipótese de mudança cultural no Paleolítico associada a inovação e a adoção de novos refúgios, com aumentos posteriores da densidade demográfica, intra grupos e inter grupos (POWEL, SHENNAN & THOMAS, 2009). Para Stringer (2012), os eventos climáticos abruptos D-O e H também podem ter influenciado a diferenciação cultural e comportamental dos humanos modernos. É possível que as populações migrassem para o sul nesses períodos em busca de nichos ecológicos melhores para habitarem, e desenvolvessem tecnologias para se adaptarem as novas condições, mais frias e áridas.

A pesquisa é recente e necessita de novas informações para se compreender como se dava essa interação entre os grupos humanos modernos e variações climático-ecológicas. Contudo, as informações acerca da correlação direta entre inovação e mudança climática corroboram nossos argumentos de que os humanos modernos estavam desenvolvendo sistemas cognitivos ancestrais, como a língua e sua cultura, acoplados com às variações climáticas, como forma de se adaptarem às novas condições.

A linguagem falada, entendida como um sistema complexo adaptativo, bem como o aparelho fonador, depois de estruturados há pouco mais de 150 mil anos, facilitaram a transmissão dos saberes acerca das inovações aos descendentes no período do glacial Würm. A linguagem ajudou a preservar, acumular e transmitir novos saberes, aprendendo e se complexificando com a experiência.

É importante lembrar que, uma das principais características dos sistemas complexos adaptativos é alcançar a máxima produtividade quando em atividade próximo ao limiar do caos. De modo que, as mudanças climáticas abruptas D-O e H, e seus estágios e interglaciais sucessivos funcionaram como motivadores das inovações em todos os campos da atividade humana. A cada “pulso” de mudança climática não só a sofisticação tecnológica se acelerava e se apresentava mais refinada, mas a inovação cultural também se intensificava nesses períodos. A elaboração de cama de plantas para se proteger do frio, a sofisticação e a diversificação das tecnologias e a arte revelada nas joias se apresentam como estratégias adaptativas as novas condições ambientais. O grupo cresceu e o refinamento da cultura parece ter sido um elo e diferencial adaptativo para o grupo se unir, preservar e perpetuar.

As sociedades modernas estavam mais acopladas às variações climáticas e com capacidade adaptativa bastante desenvolvida, mais remota no tempo do que se imaginava. A correlação entre eventos D-O e H e inovação já havia sido notada por vários arqueólogos na Europa, nos períodos de maior produção de pinturas e artefatos no Último Máximo Glacial (LEWIN, 1999, p. 470). A seguir serão expostas estratégias adaptativas utilizadas na Europa diante das variações no clima no pós-grande salto.

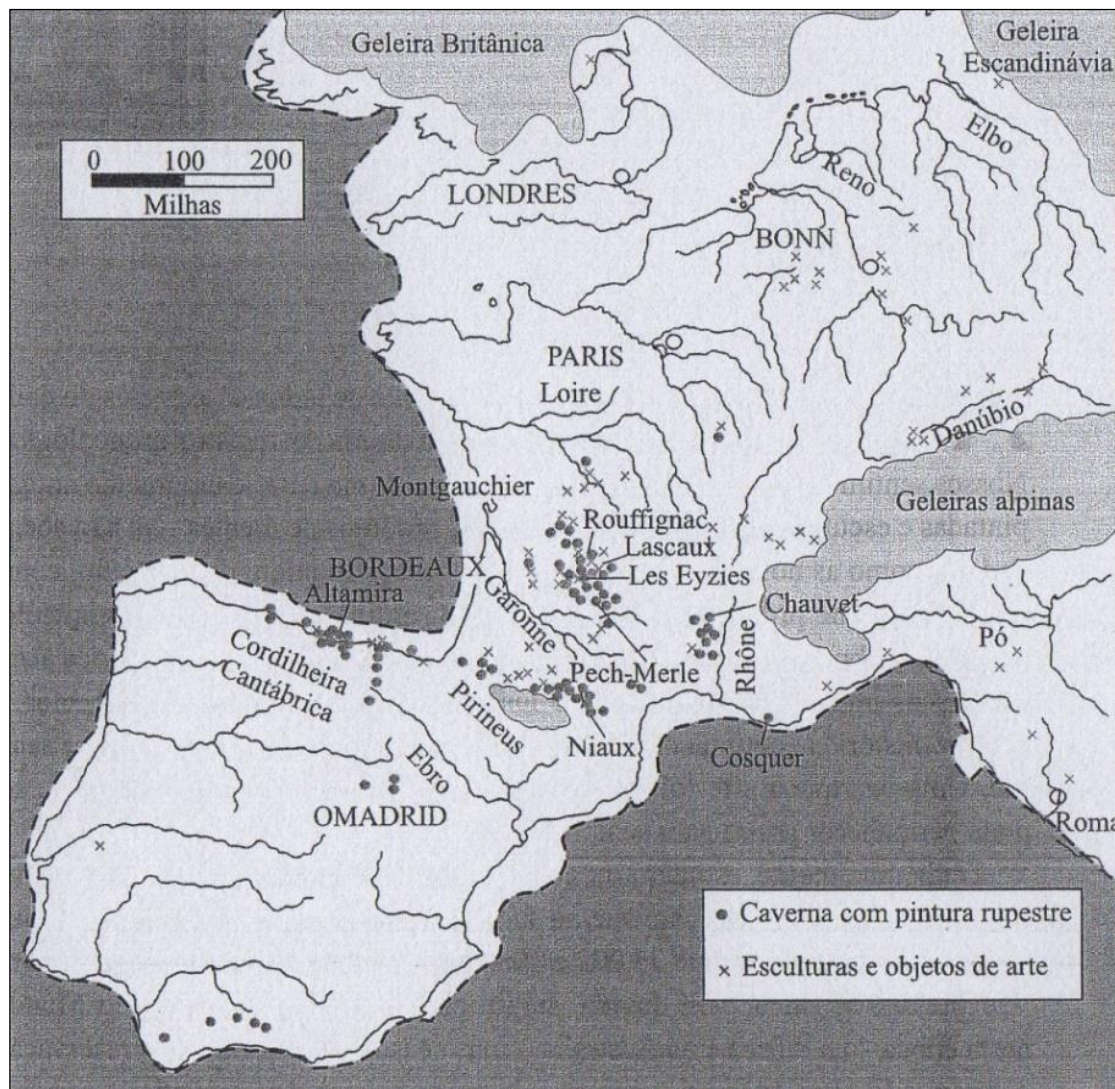
3.1.1. ESTRATÉGIAS ADAPTATIVAS NO ÚLTIMO MÁXIMO GLACIAL WÜRME: CAMAS, LAREIRAS E ARTE

O grande salto ocorreu em meio ao longo período glacial Würm, mas essa glaciação esteve longe de ser homogênea. Entre 80 mil e 11,5 anos atrás o clima na Terra variou em todas as escalas, mudando o padrão dos ritmos globais, regionais e locais. As pesquisas de Ziegler *et al* (2013) na África revelaram que nos períodos anteriores e posteriores ao grande salto verificado na Europa os grupos humanos modernos experimentaram um sincronismo entre intensificação da inovação, no campo cultural, tecnológico e artístico, e os eventos climáticos abruptos globais D-O e H. Sob essas variações climáticas, os grupos continuaram a se desenvolverem, a inovarem, favorecendo as habilidades para obtenção de alimentos e elaboração de recursos, conduzindo ao aumento demográfico, e à novas demandas sociais. A sincronia entre clima, busca de condições ecológicas mais favoráveis e inovação sugerem que

a expansão humana para fora da África deve ter seguido esses ritmos naturais, em ondas periódicas.

Provavelmente vindo da África, em diferentes levas migratórias, os humanos modernos se estabeleceram em meio ao Glacial Würm e seus 26 estágios de mudanças climáticas globais abruptas de períodos glaciais e interglaciais D-O e H. Nesse contexto, continuaram a desenvolver a cultura, intensificar a inovação e a procurar novos nichos mais adequados para se fixarem, até experimentarem o grande salto evolutivo cultural e cognitivo há 40 mil anos atrás. Conforme Lewin (1999, p. 469), é provável que esse grande salto tenha sido experimentado em varias partes em épocas distintas, pois as datações estão recuando no tempo com as novas descobertas. Os achados sugerem que a mente humana pós-grande salto apresentava criatividade crescente, voltada à inovação, e as mãos desses humanos se tornaram mais habilidosas. Como vimos, pode-se inferir que essa mente já portava após esse período sistemas complexos adaptativos estruturados: Linguagem falada e simbólica, ciência, arte e sistemas de crenças.

As populações, de posse destes sistemas, continuaram a se expandir e aperfeiçoar ainda mais, de forma sistemática, obtendo vantagens para o crescimento dos grupos, num período de grande instabilidade climática (LEWIN, *op cit*). O clima flutuava, e a reprodução de animais e plantas seguia esse ritmo. Décadas ou séculos de clima quente ampliava os bosques e reduzia animais de planície. Climas mais frios traziam os campos e animas de planície. Mudanças periódicas, mas aleatórias, que ora duravam dezenas, ora centenas, a até milhares de anos, com frequentes variações bruscas. Lewin descreve que a maior parte da Europa estava coberta com um km de espessura de gelo em muitos lugares em grande parte do Glacial Würm, de modo que as cavernas passaram a ser importantes refúgios (FIGURA 46).

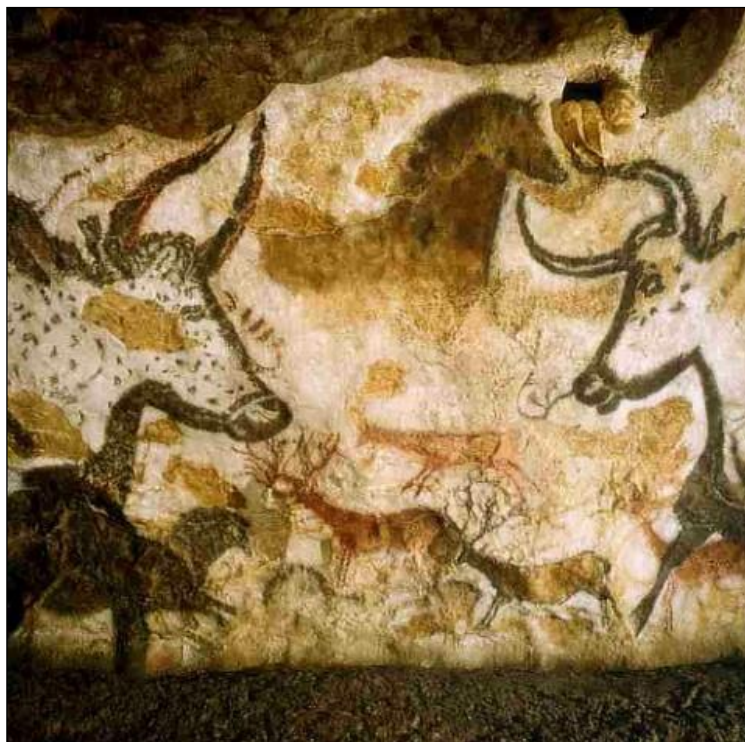


Fonte: Lewis, 1999, p. 470.

Figura 46: Distribuição dos sítios com arte rupestre na Europa.

As pessoas passavam períodos longos nas cavernas para se abrigarem do frio. E começaram a pintar, para passar o tempo, talvez realizar algum ritual de caça, ensinar os mais jovens acerca da fauna, flora e ritmos naturais, demarcar o território, dificilmente saberemos. Essa prática da pintura se amplificou justamente nos período de predomínio de climas frios mais intensos.

Conforme Lewin (*op cit*), as pinturas se tornaram rapidamente sofisticadas desde o seu início na Europa, e se espalharam até em lugares a céu aberto. Exemplos são as pinturas encontradas em cavernas na França e na Espanha. A caverna de Lascaux possui centenas de pinturas datadas entre 17 mil e 15 mil anos AP. Devido ao refinamento e a grande quantidade de painéis pintados foi denominada de a “Capela Sistina da pré-história” (FIGURAS 47 e 48).



Fonte:²²

Figura 47: “Salão dos touros”, Caverna Lascaux, na França, datados entre 17 mil e 15 mil anos AP.



Fonte:²³

Figura 48: Os dois bisões, à esquerda, e cavalos correndo, com cabeça de boi, à direita, Caverna Lascaux, na França, datados entre 17 mil e 15 mil anos AP.

A caverna de Chauvet é ainda mais exuberante na “arte”, e duas vezes mais antiga, datando de 31 mil anos AP. A caverna de Altamira na Espanha é outro exemplo de

²² Disponível em: <<http://www.pinterest.com/clownloach64/ancient-world-paleolithic-mesolithic-neolithic-wor/>> Acessado em: dez., 2013.

²³ Disponível em: <<http://www.pinterest.com/clownloach64/ancient-world-paleolithic-mesolithic-neolithic-wor/>> Acessado em: dez., 2013.

exuberância nas pinturas, com períodos de ocupação e pinturas entre 35 mil anos e 15 mil anos atrás.

As pinturas em cavernas foram encontradas em toda Europa, juntamente com imagens gravadas ou esculpidas em objetos portáteis como bastões, propulsores, pingentes, adornos, furadores, pulseiras (LEWIN *op cit*). As dezenas de objetos esculpidos em miniatura, de ossos, com formatos de animais, datados a partir de ~40 mil anos AP, encontrados na caverna de Vogelherd, Alemanha, bem como flauta, encontrada em Geissenklösterle, Alemanha, esculpida em osso, datada de 43 mil anos atrás, evidenciam a sofisticação tecnológica, refinamento motor e imaginação para realizar as esculturas tridimensionais e a portabilidade dos objetos (FIGURA 49 e 50). A flauta indica que a música tem origem tão remota quanto às demais artes. As pinturas eram feitas também a céu aberto, como indicam as 60 pinturas encontradas em Portugal.



Fonte:²⁴

Figura 49: Escultura de mamute e cavalo pré-histórico miniatura, esculpido em marfim. Encontrados na Caverna Vogelherd, Alemanha, ~40 mil anos AP.

²⁴ Disponível em: < <http://www.sciencephoto.com/media/507270/enlarge> > Acessado em: dez., 2013.

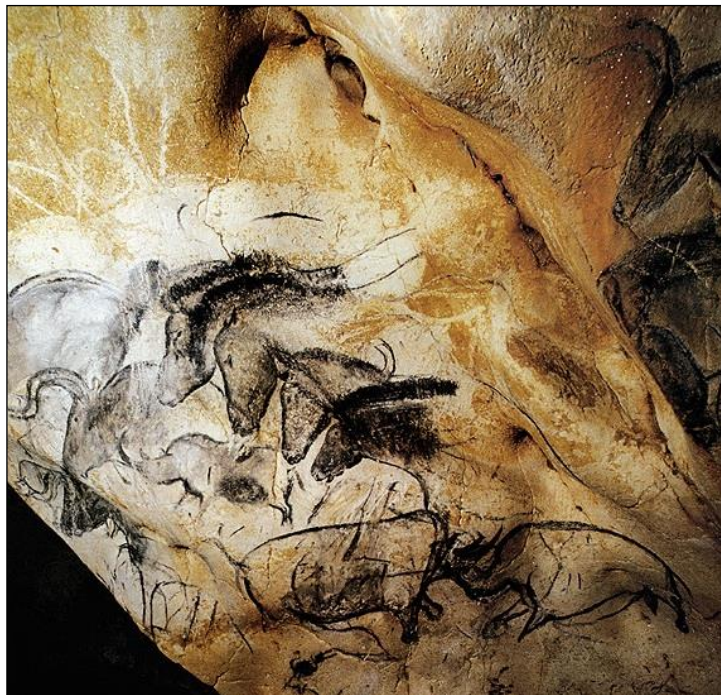


Fonte: Mithen, 2006.

Figura 50. Flauta encontrado em Geissenklösterle, Alemanha, feito com o radio de um abutre, 30 cm de comprimento, datada de 43 mil anos atrás.

É possível que essa prática da “arte útil” tenha sido muito mais utilizadas fora das cavernas para transmitir informação ou demarcar o território, e não ter se preservado pelas condições ambientais (MARSHACK, 1996; MITHEN, 2006). Pinturas em cavernas começam a aparecer por volta de 35 mil anos atrás e desaparecem com o final da glaciação. Representavam plantas, animais, humanos e figuras antropomórficas em alguns casos. Em geral, eram pintados grandes mamíferos herbívoros, bisões, cavalos, mamutes, veados, cabritos monteses. Na caverna de Chauvet predominava carnívoros, como hienas e leopardos. Pássaros, plantas, humanos e figuras antropomórficas aparecem em menor número.

Os indícios sugerem que a caverna de Chauvet não era habitada de forma permanente, pois foram encontrados poucos fragmentos de sílex e restos de animais. Contudo, foram encontrados muitos restos de carvão vegetal no chão, um indicativo de fogueira, tochas para iluminar ou fazer pigmentos. As salas da caverna, com mais de 500 metros de extensão, contem 435 pinturas de animais, muitas dos quais pintadas com a cena em movimento, como a cena dos cavalos e dos rinocerontes (FIGURAS 51 e 52). Entre as pinturas mais abundantes estão as de leões, com 74, as de mamute, com 66, e as de rinocerontes, com 65.



Fonte:²⁵

Figura 51: “Painel dos cavalos”, com cenas de cavalos correndo, e rinocerontes lutando abaixo. Caverna Chauvet, na França, datado com ~31 mil anos AP.



Fonte:²⁶

Figura 52: Cena do “Orgulho dos leões”, Caverna Chauvet, na França, datado com ~31 mil anos AP.

²⁵ Disponível em <<http://rolfgross.dreamhosters.com/CavePainting/Chauvet/Chauve.html>> Acessado em: dez., 2013.

²⁶ Disponível em <<http://rolfgross.dreamhosters.com/CavePainting/Chauvet/Chauve.html>> Acessado em: dez., 2013.

Cada caverna reflete um contexto social, uma forma de transmitir informação através da pintura. Seja a céu aberto ou em cavernas, essa “arte” provavelmente tinha múltiplos significados simbólicos. O que denominávamos de “arte rupestre”, os objetos portáteis esculpidos e as gravuras são interpretados cada vez mais como algo para múltiplas finalidades, muito além da “arte pela arte”.

Marshack (1996, p. 357) sugeriu que um bastão feito de chifre de rena poderia representar as estações do ano. O bastão tem imagens de uma cobra macho e outra fêmea, um salmão macho, duas cobras enroladas e uma flor ao vento, evidenciando a associação a períodos determinados de estações do ano e o ciclo biológico.

As evidências dos vestígios arqueológicos apontam que pinturas, arte, ornamentação, gravuras e esculturas já existiam antes do grande salto. O diferencial no pós-grande salto é a existência de objetos que passam a portar símbolos e imagens que transmitem mais significados e informação. Um tipo de linguagem, sem dúvida, para transmitir saberes sobre ritmos naturais, crenças, a fauna, as plantas, e descrevendo cenas vistas, ou criando novas formas abstratas. Predomina o desejo de transmitir o que de fato acontecia e existia. Identificar o que existia, anotar acontecimentos, e transmitir provavelmente passou a ser estratégico para a sobrevivência diante de um mundo em permanentes mudanças climáticas e ecológicas.

Enquanto o clima frio do glacial Würm se intensificou no Último Máximo Glacial, entre 22 mil e 18 mil anos atrás, e as pessoas buscavam refúgios nas cavernas na Europa, no atual Oriente Médio, para se proteger das intempéries as pessoas estavam fazendo cabanas, lareiras, camas, coleta sistemática de alimento, processamento, armazenamento, com planejamento e divisão do trabalho em grupo. O sítio de Ohalo II, encontrado em Israel, datado de ~21 mil anos AP, apresenta vestígios de seis cabanas ovais, com 6 a 16 metros de comprimento, construídos com galhos (MITHEN, 2006, p. 517). Os vestígios indicam áreas para depósito de lixo e sepultamento, artefatos feitos em ossos de animais, grande diversidade de sementes, frutas e cereais utilizados. Nesse local um grupo de caçadores-coletores faziam coleta sistemática de cereais, grãos e frutas, com uso de mais de 100 espécies. O grupo se estabeleceu por algumas décadas, faziam lareiras fora das cabanas e construíam camas para se proteger do frio intenso do Último Máximo Glacial. Um grande pilão de pedra entre os artefatos indica que possivelmente podiam estar moendo o trigo e assando nas lareiras. Veremos um pouco mais acerca das estratégias adaptativas desse sítio no Capítulo 4.

Os artefatos, a disposição dos objetos e as construções encontradas no sítio Ohalo II indicam o processamento, preocupação com higiene e planejamento do beneficiamento de

alimentos antes do consumo, e para armazenamento. Algumas sementes deveriam ser utilizadas após secagem ao Sol ou no fogo, outras moídas para armazenamento, após a coleta. Artefatos líticos e sua disposição espacial sugerem a preparação intensa dos alimentos em grupo, desde a coleta, limpeza até a moagem (NADEL *et al*, 2004).

Conforme Nadel (*op cit*), é provável que houvesse uma divisão deliberada de espaço no interior da cabana, distribuição das tarefas por gênero para processar os alimentos. Ohalo II indica que as sociedades desse período e lugar estavam bastante organizadas, atingiram complexificação social elevada, divisão do trabalho, planejamento das atividades, e habilidades para administrar as relações internas de grupos maiores. Esses grupos maiores estavam vivendo fixos num mesmo lugar por várias gerações. As sociedades caçadores-coletores estavam não só usando ferramentas sofisticadas, mas usando estratégias, habilidades e técnicas que exigem acúmulos de saberes no longo tempo.

O grande salto no pós 40 mil anos atrás sugere que a mente dos humanos modernos, além de fluidas, estavam portando sistemas complexos adaptativos derivados, como a arte, a ciência e os sistemas de crenças, os quais continuaram a se complexificar e se diversificar, dando maior capacidade de criar estratégias adaptativas mais sofisticadas aos seus portadores, frente às adversidades climático-ecológicas. Adiante será visto o desenvolvimento e uso dessas estratégias nos momentos anteriores ao Holoceno.

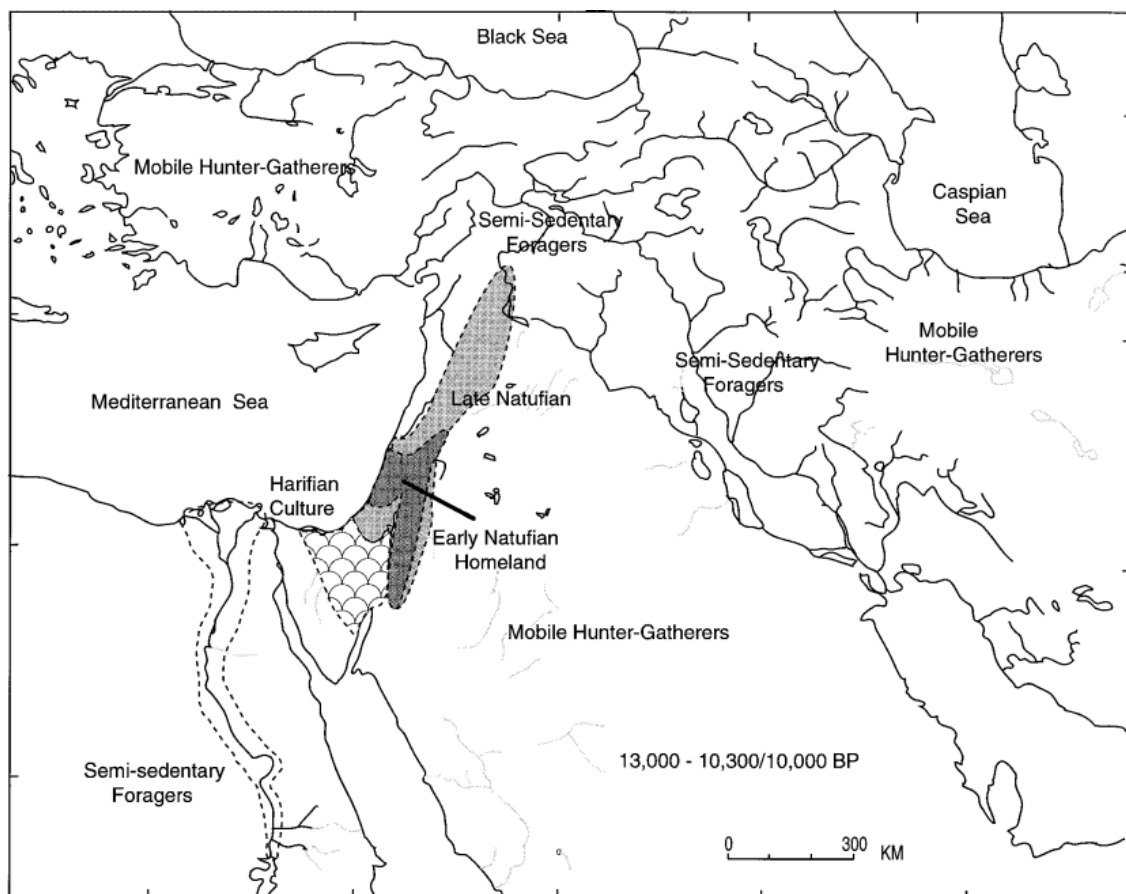
3.2. VARIAÇÕES PALEOCLIMÁTICAS E ESTRATÉGIAS ADAPTATIVAS ANTES DO HOLOCENO

A jornada para acompanhar a evolução dos sistemas complexos adaptativos ancestrais e as estratégias que deram suporte à diferenciação holocênica continuam a partir das evidências arqueológicas no atual Oriente Médio. Embora muitas sociedades não tivessem êxitos no uso dos saberes e de seus esquemas adaptativos durante as sucessivas variações paleoclimáticas abruptas do glacial Würm, e às condições globais e regionais estabelecidas, outras continuaram a se desenvolver e complexificar seus esquemas adaptativos. Veremos como isso aconteceu entre os natufianos, Cultura Natufian Antiga Tardia, e a sociedade que ocupou Göglekli Tepe.

3.2.1. CULTURA NATUFIAN ANTIGA SOB CLIMA AMENO E DIVERSIDADE ECOLÓGICA

No final do Pleistoceno Superior, há 15 mil anos AP, a cultura Natufian se impõe, mostrando que muitas sociedades souberam atravessar o frio intenso do Último Máximo Glacial. É possível que os natufianos fossem descendentes dos ocupantes do sítio Ohalo II neste período, visto anteriormente, pois a região de ocupação é próxima.

Os sítios da cultura Natufian se localizam no Atual Oriente Médio, na região que compreende o Líbano, Israel e Palestina. Possuem dois períodos bem definidos que se diferenciam conforme o clima predominante, antes do Dryas Recente e durante este último glacial, que ocorreu de forma abrupta. A cultura Natufian Antiga, que se estendeu de 15 mil a 12,8 mil anos AP, e a cultura Natufian Tardia, datada de 12,8 mil a 11,5 mil anos AP (BAR-YOSEF, 1998, p.160, FIGURA 53).

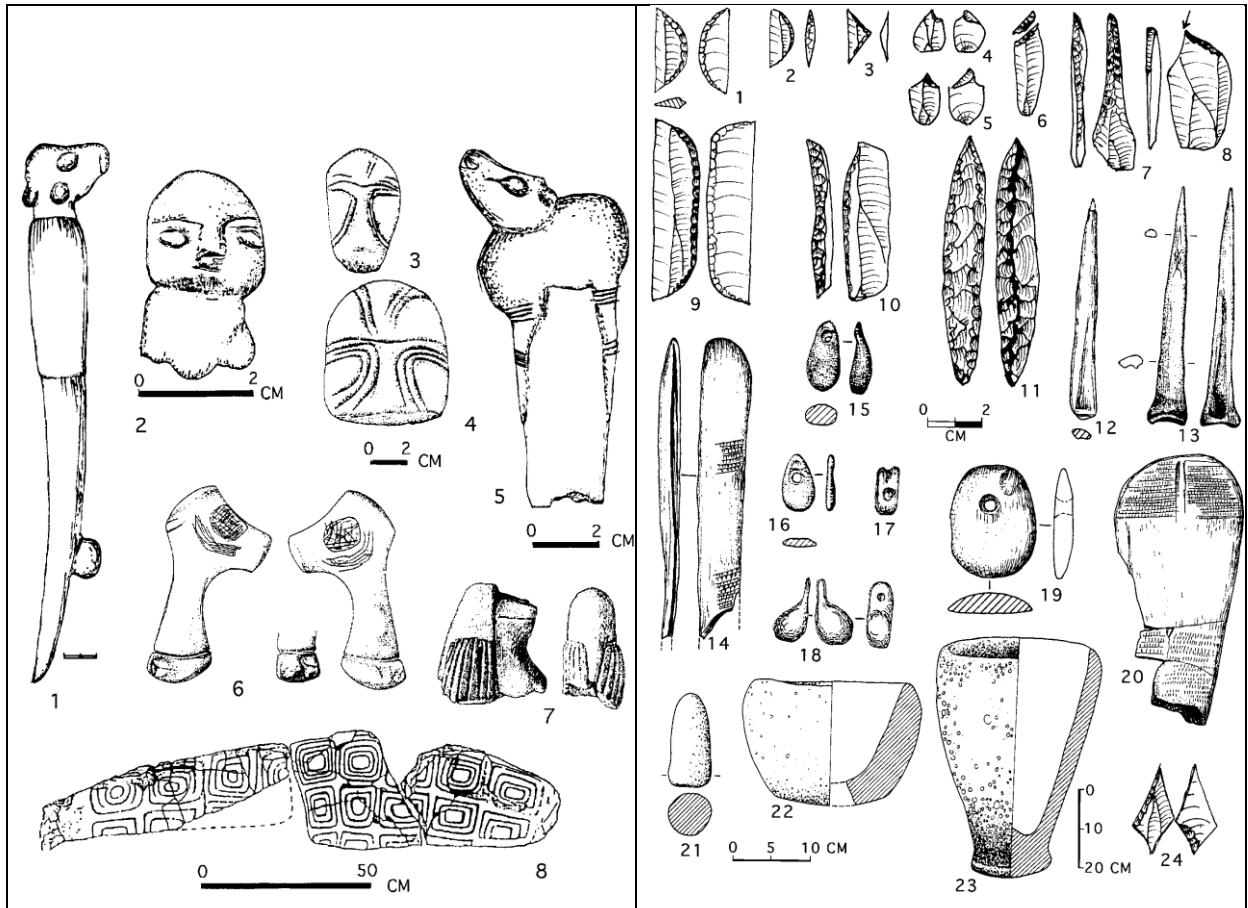


Fonte: Bar-Yosef, 1998, p.160.

Figura 53: Localização da cultura Natufian Antiga, entre 15 mil a 12,8 mil anos AP, e a cultura Natufian Tardia, entre 12,8 mil a 11,5 mil anos AP.

Na região da ocupação Natufian Antiga existiam florestas e não a paisagem árida atual. Havia recursos abundantes devido ao clima da época, que começara a se tornar mais quente e úmido com a elevação das temperaturas globais no final do glacial Würm, que favoreceu a diversidade ecológica na região, com mais de cem tipos de cereais selvagens, muitas frutas, e animais de pequeno porte. A partir desse ambiente favorável, os natufianos Antigos desenvolveram um modo de vida semi-sedentário. Sua base econômica continuou a ser a caça, a coleta e a pesca, como seus ancestrais.

Conforme Bar-Yosef (*op cit*), embora as sociedades da cultura Natufian Antiga tivessem utilizado a caça, a coleta e a pesca desenvolveram formas de explorar o ambiente, identificaram as espécies comestíveis e coletavam de forma sistemática cereais e frutas, amêndoas, pistaches, legumes, caçavam e pescavam com novas ferramentas de pedra, mais elaboradas; lâminas de foice de pedra para cortar caule de cereais, anzóis e arpões de osso, tigelas, arco e flecha (FIGURA 54). As ferramentas novas e as técnicas usadas sugerem que é possível que fizessem uma agricultura insipiente, mas a grande disponibilidade dos recursos não devia tornar a agricultura uma atividade de interesse. Nos sítios não há vestígios de indicação de domesticação de plantas. Contudo, foram encontradas as primeiras evidências da domesticação dos cães.



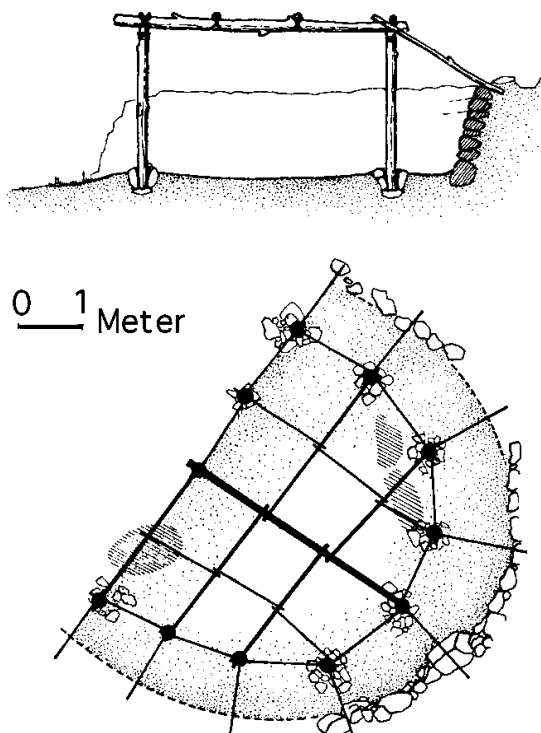
Fonte: Bar-Yosef, 1998, p.166-167.

Figura 54: Ferramentas e arte feitas com pedra, osso e barro da cultura Natufian. **A direita, ferramentas Natufian:** 1- Pederneira lítica bifacial lunar; 2- Pederneira lítica bifacial semilunar; 3- Triângulo; 4 e 5- Produtos com técnica especial de encaixe; 6- Micro lamina de pedra; 7- Broca; 8- Buril- instrumento para fazer gravura; 9-Lâmina de foice; 10- Lâmina de foice retocada; 11- Picareta; 12 e 13- Agulhas de ossos; 14- Foice decorada; 15-19- Pingentes de osso; 20- Espátula decorada de osso; 21- Pilão; 22- Almofariz (gral, receptáculo do pilão, ou moedor); 23- Almofariz profundo feito de basalto; 24- Ponta de flexa.

A esquerda, objetos de arte Natufian: 1- Empunhadura decocorada; 2- Cabeça humana; 3 e 4- Esquema de cabeça humana; 5- Foice decorada; 6- Estatuetas de pedra calcária com duas cabeças, um cachorro e uma coruja; 7- Cabeça de animal em pedra calcária, possivelmente um babuíno; 8- Placa de pedra calcária ornamentada.

Os natufianos viviam em casas semi-subterrâneas, muitas vezes com uma base de pedra, feito de galhos e matos (FIGURA 55). Viviam também em cavernas, pois muitos vestígios da cultura material são encontrados nessas formações. As casas eram redondas, com 3 e 6 metros de diâmetro. Recebiam uma lareira retangular no centro. Os grupamentos humanos eram maiores, e as “vilas” podiam chegar a 1000 m², e conter de 100 a 150 pessoas. Alguns sítios indicam que faziam reconstrução de vilas, talvez devido ao abandono temporário para deslocamentos periódicos. As casas com lareira interna, e pouco abaixo do

nível do solo indicam que os natufianos desenvolveram estratégias para manterem a temperatura das casas muito eficiente. A terra funciona como isolador térmico, e a lareira permitia manter a temperatura confortável durante períodos de frio.



Fonte: Bar-Yosef, 1998, p.163.

Figura 55: Desenho de uma casa grande Natufian, com lareira interna e corte no terreno. Estrutura superior abaixo. Provavelmente utilizada para atividades coletivas.

As estratégias adaptativas na construção de abrigos, ferramentas, arte e forrageamento (formas mais eficiente na obtenção do alimento) da cultura Natufian representa um processo cumulativo de saberes, passados de geração em geração. A cultura Natufian Antiga não era uma sociedade agricultora. Embora dominasse algumas técnicas de agricultura, está não existia tecnicamente, pois não havia nesse período indicativo de domesticação. Eram seminômades e exploravam recursos da mata, a coleta de forma seletiva e sistemática de frutas, cereais, a caça e a pesca. Sua organização social demonstra que não foi o advento da agricultura que conduziu a sociedade complexa, já que a agricultura inexistia ou era incipiente.

As evidências arqueológicas corroboram a hipótese desta tese, a qual sustenta que a primazia para a existência de sociedades complexas foi o desenvolvimento sociocultural e cognitivo. Os natufianos antigos portavam bases de saberes científicos herdados para elaborar

estratégias adaptativas, possuíam organização sociopolítica para gerir grupamentos maiores de pessoas, organizar e planejar atividades; arte e técnicas sofisticadas, elaboradas em material lítico, e também em ossos e madeira. Os sistemas complexos adaptativos estruturados no pós-grande salto há 40 mil anos atrás estavam entre os natufianos antigos, um diferencial para construir estratégias adaptativas, bem como maior complexificação sociocultural durante a travessia do Dryas Recente, a qual levaria a emergência da cultura Natufiana Tardia, a ser vista a seguir.

3.2.2. CULTURA NATUFIAN TARDIA NA TRAVESSIA DO DRYAS RECENTE

Os povos natufianos passaram a se fixar no território com a mudança do clima úmido para seco e frio. A mudança é verificada nos vestígios da cultura material, e os arqueólogos decidem atribuir a esse novo período de Cultura Natufian Tardia, que se inicia com o Dryas Recente, há 12,8 mil anos AP, e se estende até o final desse glacial abrupto, há 11,5 mil anos AP. Nessa época, muitos outros povos viviam na região do atual Oriente Médio, e os natufianos mantinham trocas de longas distâncias, de modo que a troca de sinergias no campo da inovação deve ter estimulado sua permanência.

No final do período Natufian Antigo começaram a aparecer sítios que indicam a fixação permanente. Para Bar-Yosef (1998, p. 168), esse aspecto é forte indicativo que as pessoas estavam tendo que planejar as atividades com mais rigor em função das mudanças ambientais que estavam ocorrendo junto às mudanças climáticas. Essas mudanças ambientais que se estabelecia no final do período natufiano Antigo corresponde a mudança climática abrupta do Dryas Recente, iniciada há 12,8 mil anos AP.

Com a chegada do clima frio e seco desse glacial abrupto do Dryas Recente, deterioraram-se as condições ecológicas, com impacto para as populações natufianas antigas. Reduziu tanto a produção natural de recursos quanto à distribuição geográfica. Os natufianos passaram a se fixar, e a planejarem mais suas atividades econômicas e sociais em função das mudanças que já estavam ocorrendo, e a desenvolver tecnologias de caça mais eficientes, construindo em casas com isolamento térmica e lareiras internas, tecnologias mais eficientes de caça e coleta, e planejando melhor suas atividades. Neste caso, não só foi necessário ter capacidade de resistir adversidade das mudanças e construir resiliências, mas igualmente a busca de um novo limiar adaptativo, com a contínua inovação em todos os campos da atividade social.

Bar-Yosef (1998, p. 168), descreve que duas opiniões dividem as interpretações acerca da passagem do semi-sedentarismo dos natufianos Antigos para o sedentarismo dos natufianos Tardios, sob o clima frio e seco do Dryas Recente. Uma interpretação sugere que os natufianos passaram a intensificar a exploração dos cereais para se manterem. A outra argumenta que os natufianos se sedentarizaram porque começaram a semear e a propagar eles mesmos os cereais lançados no campo.

Nos dois casos os natufianos demonstram que sabiam técnicas e saberes acerca dos cereais que poderiam levar à seleção e mais tarde ao cultivo. Juntamente com o sedentarismo e novas técnicas de exploração da coleta de cereais, os natufianos inovaram com produção de flechas mais precisas para caça, passando a caçar intensivamente animais de pequeno porte como gazelas, lebre, ibex e carneiro selvagem, além de coletar mariscos em regiões marinhas mais distantes, ampliando seu deslocamento até o Mar Vermelho. Nessas localidades de maior intensificação da caça, em menos de 300 anos a cultura Natufian Tardia desaparece, sendo apontada como uma estratégia de adaptação mal sucedida.

Outros grupos natufianos retornaram ao nomadismo como forma de se adaptarem as novas condições climáticas frias e áridas, com a exploração flexível de recurso, mas voltavam sempre às aldeias originais para enterrar seus mortos. Muitas populações fixas continuaram a desenvolver a exploração de cereais, e a fazerem coleta sistemática, experimentos de cultivo e/ou manejo ambiental. Nesse período do Dryas Recente começaram a surgir grandes aldeias, que chegaram a atingir até 2500 m².

Para Bar-Yosef, existe ampla evidência de que as populações que iniciaram a agricultura nessa região mais tarde, há cerca de 12 mil anos AP, na Revolução Neolítica, eram descendente dos natufianos. Existe uma continuidade nos registros, na ocupação dos sítios, na ampliação das vilas, a crescente sofisticação e diversificação das ferramentas, sugerindo que os grupos estavam socialmente organizados para as atividades diárias em grupos maiores, que alcançavam mais de mil pessoas. Isso indica que houve uma mudança no padrão dos esquemas adaptativos, na organização sociopolítica para gerir grupos maiores e formas mais eficazes de obter e tratar o alimento. Construir abrigos e ferramentas mais elaboradas passou a serem características socioculturais importantes para a fixação no território e preservar o grupo, sem a necessidade de ter que se deslocar grandes distâncias em busca de alimentos e nichos ecológicos favoráveis.

É importante observar que a organização sociopolítica para gerir grandes grupos, estruturada em sistema complexo adaptativo, a complexificação sociocultural e a sofisticação tecnológica ocorreram em grupos nômades e seminômades, que viviam de coleta, caça, pesca

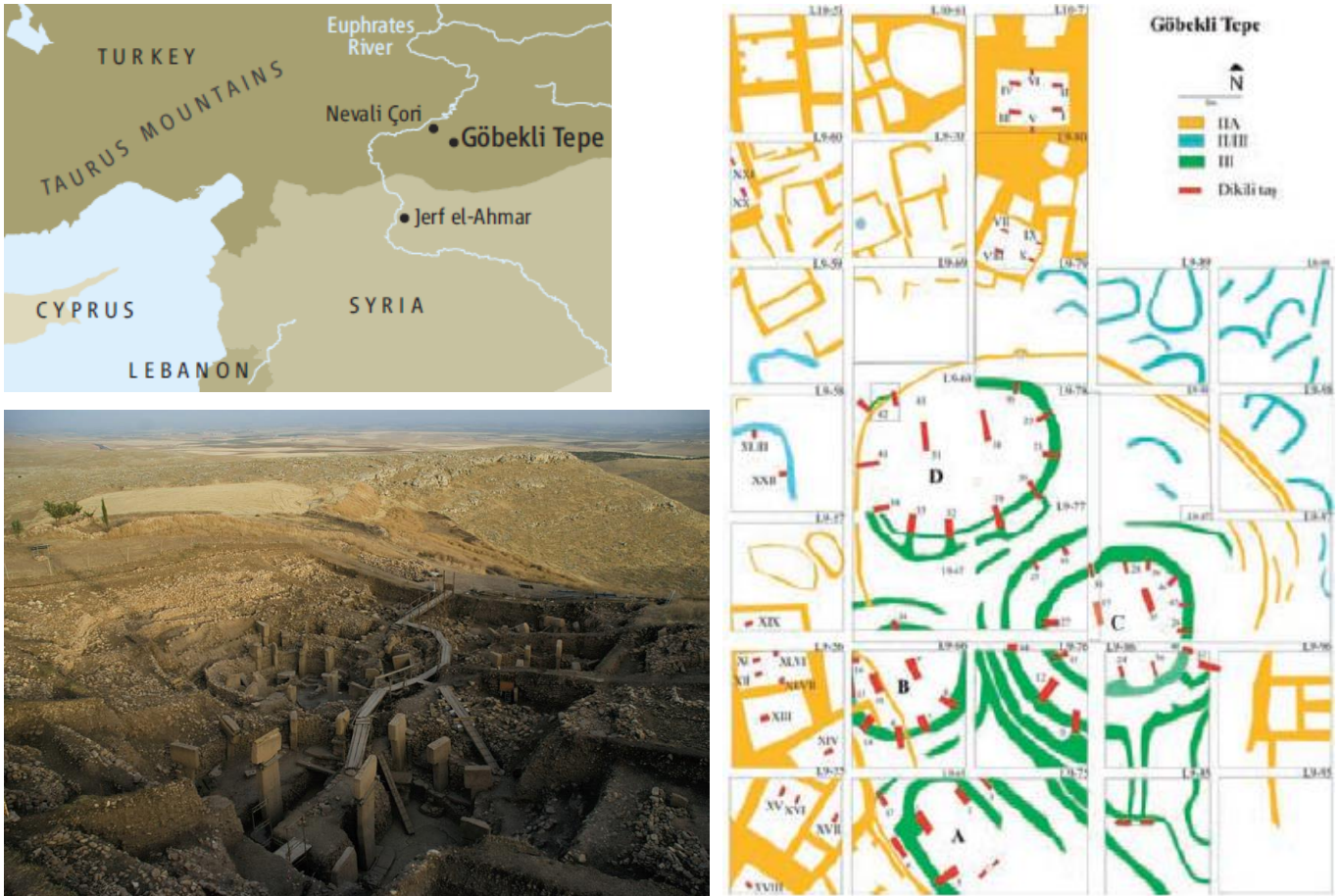
e trocas com grupos vizinhos, antes da revolução Neolítica da agricultura. O sítio de Göbekli Tepe a seguir é mais uma evidência nesse sentido.

3.3. PONTOS DE INFLEXÃO EM GÖBEKLI TEPE

As novas informações arqueológicas têm mudado a visão que se tinha de sociedades do passado, de que sociedades anteriores ao Neolítico, antes da agricultura, não haviam atingido níveis de complexidade elevada. Anteriormente imaginava-se que esses níveis só deveriam ocorrer após o advento da agricultura. Para continuar a jornada foram selecionadas evidências arqueológicas que modificam essa ideia, e a um só tempo sugerem que as comunidades produziam contínuas inovações e saberes sistematicamente, guardavam e transmitiam aos seus descendentes. Ao adentrar o Holoceno portavam sistemas cognitivos estruturados, diversificados e com elevado grau de complexidade e sofisticação.

Vimos que comunidades de coletores-caçadores, como os natufianos, faziam coleta sistemática de cereais e frutas, há 15 mil anos AP. Antes desse período, no sítio Ohalo II, na região dos assentamentos natufianos, há 23 mil anos AP, comunidades de caçadores-coletores já faziam coleta sistemática de cereais e sementes, no Último Máximo Glacial. Durante o Dryas Recente alguns grupos das sociedades natufianas abandonaram o semi-sedentarismo e se tornaram sedentárias, e continuaram com a coleta sistemática, aperfeiçoando ainda mais as ferramentas de coleta, e possivelmente iniciaram um processo de lançamento de grãos intencional, em determinados períodos do ano.

A sociedade complexa que veremos agora emergiu justamente após o Dryas Recente, quando as temperaturas começam a subir rapidamente e o clima do sudoeste asiático torna-se novamente mais úmido, e o meio ecológico se torna mais favorável aos assentamentos. Vestígios dessa sociedade antiga foram encontrados em Göbekli Tepe, localizado no centro sul da atual Turquia. A ocupação do sítio inicial é datada em ~11,5 mil anos AP, e perdurou até ~10 mil anos AP (SCHMIDT, 2000; FIGURA 56).



Fonte: Schmidt, 2010, p. 240.

Figura 56: Localização, planta e vista panorâmica do sítio arqueológico principal de Göbekli Tepe, na Turquia.

Contrariando as previsões teóricas deterministas, o sítio de Göbekli Tepe é uma construção megalítica, construída por sociedades de caçadores-coletores semi-nômades. Constituído por pilares retangulares esculpidos em pedra, pesos de 5 a 20 toneladas, distribuídos em formato circular, com diâmetro de 10 a 30 metros. No sítio existem quatro estruturas circulares sendo escavadas, e os estudos de radar indicam que existem mais 16 formações circulares abaixo do nível do solo. Os pilares retangulares são decorados com relevos esculpidos de animais e figuras abstratas. Os relevos representam leões, touros, raposas, gazelas, burros, serpentes e outros répteis, insetos, aranhas e pássaros, com abutres aparecendo em destaque (SCHMIDT, 2000, 2010; FIGURA 57). Após o desaparecimento das sociedades, o local foi deliberadamente preenchido por pedras calcárias, restos de animais mortos, encobrendo até o topo das estruturas.



Fonte: Schmidt, 2010, p. 240.

Figura 57: Fotos de estruturas megalíticas encontradas no sítio arqueológico principal em Göbekli Tepe, na Turquia, correspondentes às áreas C e D indicada na planta da figura anterior. Canto superior esquerdo: homens escavando os pilares centrais com 5,3 m de altura, na Área D; Canto inferior esquerdo: vista aérea com os dois pilares centrais da área C; Canto superior direito: pilar central leste da área D, com gravuras em alto relevo, de 5,4 m de altura; Canto inferior direito: cinto decorado do pilar 18 da área D.

Para Schmidt (*op cit*), Gobekli Tepe poderia ter sido um santuário de algum tipo de culto da idade da pedra, ser um centro de peregrinação, embora não fosse encontrados túmulos no local. O formato em T dos pilares, parecem fazer referencia aos ancestrais

humanos. No local foram encontrados ossos de animais sugerindo que poderiam ter sido cozidos e servidos em rituais, entre os animais aparecem veados, gazelas, porcos e gansos.

Análise de DNA recentes de trigo domesticado moderno em comparação com o trigo selvagem mostrou que seu DNA tem origem no trigo selvagem há 32 km de distância do local do sítio de Göbekli Tepe, sugerindo que este seria o lugar onde o trigo moderno foi domesticado pela primeira vez (MITHEN, 2004).

Schmidt e Mithen (*ops cits*) sugerem que, em função das frequentes mudanças no clima, os grupos móveis na região começaram a cooperar uns com os outros para proteger a grande concentração de cereais selvagens que havia no local. A coleta sistemática de cereais selvagens pode ter sido usado para o sustento das comunidades de forma mais intensa do que antes e talvez deliberadamente cultivada, como os povos natufianos provavelmente faziam.

Esse processo de cooperação teria levado à organização social precoce de vários grupos na área em Gobekli Tepe (SCHMIDT, *op cit*). A revolução Neolítica não teria começado em pequena escala, na forma de instâncias individuais de cultivo do jardim, mas se desenvolvido rapidamente na forma de uma organização social em grande escala. Observa-se que o uso sistemático de saberes, a sua inovação de modo generalizado e consciente ocorre em um tempo remoto, antes do início do Holoceno, em sociedades de caçadores-coletores, sobretudo em um período de mudanças ecológico-climáticas severas.

Göbekli Tepe é um ponto de inflexão, e não requer respostas simples. Descoberto na década de 1970, as pesquisas de campo iniciaram na década de 1990. Existem muitas pesquisas a serem feitas no local, e o cruzamento de informações com centenas de outros sítios próximos. Décadas de trabalho. Suas construções poderiam ser objeto de culto dos sistemas de crenças das sociedades vizinhas. Poderia ter sido usado para moradias coletivas, armazenamento de grãos, centro de reunião de líderes tribal, e múltiplas funções desconhecidas. O enterro deliberado e o abandono pelos povos que o ergueram fazem lembrar às sucessivas construções, soterramentos e reconstruções no Império romano, na tentativa de um imperador apagar os feitos do seu antecessor. No caso de Göbekli Tepe dificilmente será conhecido os motivos.

3.3.1. PRIMAZIA DA COMPLEXIFICAÇÃO SOCIOCULTURAL E DA REVOLUÇÃO COGNITIVA

No contexto das informações que dispomos pode-se observar claramente que as sociedades antes do Holoceno apresentavam organização social e política bastante elevadas. Muito antes de iniciar o Holoceno e a revolução neolítica agrícola, as sociedades estavam fazendo coleta sistemática de frutas e cereais, há mais de dez mil anos antes desse período, como mostram as informações do sítio Ohalo II, datado de 23 mil anos AP. As sociedades que emergiram no Holoceno foram beneficiadas pelo desenvolvimento crescente de saberes, acumulados e transferidos cuidadosamente de geração em geração. Conforme Elias (ELIAS, 1998, p.139), esses saberes se desenvolveram em tempos tão remotos que as sociedades que os recebem não notam que são imemoriais:

Se é mais fácil, para os homens das sociedades posteriores, aprender o mundo com conceitos decorrentes de um alto nível de síntese não é por eles serem mais inteligentes ou “melhores”, de algum modo, mas simplesmente por terem chegado mais tarde, por haverem nascido numa fase de sucessão das sociedades ao longo do qual o saber social aumentou, sem que ninguém houvesse planejado isso. (ELIAS, 1998, p.139)

Os períodos de expansão ocorreram em momento de grande cooperação entre grupos, com a formação de organizações sociais mais complexas. Porém, quando os grupos se dissolveram, não significa que as pessoas tenham perdido seus saberes, mas que aquela organização social específica deixou de existir. Os memes das informações culturais permanecem na mente de seus portadores. Se esses saberes não tivessem sido preservados na mente e não tivessem sido transferidos, sem os sistemas cognitivos básicos não haveria a revolução neolítica.

Mais que conhecimento, tecnologia, ou cultura material, foi o desenvolvimento e a transferência de sistemas cognitivos complexos, que se auto-organizam, autonomamente, a partir de sua estruturação, e continuam a se complexificar e se diversificar, em ordem crescente, numa mente cognitiva fluida pós-grande salto, que possibilitou a elaboração de diversas estratégias adaptativas.

Os porquês de a revolução neolítica da agricultura ter acontecido simultaneamente e independente em mais de dez lugares no planeta passam a ser melhores compreendidos quando se percebe que as sociedades portavam sistemas cognitivos ancestrais, como os sistemas de crenças, a arte, a ciência, e a linguagem falada e simbólica. Desenvolvidos

durantes longos períodos, sobretudo durante as mudanças climáticas D-O e H, há 40 mil anos AP, desde o pós-grande salto, esses sistemas já estavam estruturados e auto-organizados na mente cognitiva fluida, circulando entre os membros dos grupos. Muitos grupos tiveram êxito com a estruturação desses novos sistemas cognitivo. Cooperaram para estabelecer articulações sociopolíticas, a fim de e gerir a coesão social de grupamentos maiores. Estas articulações conduziram ao desenvolvimento de sistemas sociopolíticos, entendidos como sistemas complexos adaptativos, derivados da evolução dos sistemas cognitivos ancestrais pós-grande salto, ciência, arte e sistemas de crenças.

Verifica-se que as organizações sociopolíticas complexas emergiram antes da revolução neolítica da agricultura e das sociedades sedentárias, e teriam facilitado o surgimento da agricultura, e não o contrário. Ao menos nesse caso específico em Göbekli Tepe, como se observa no planejamento necessário para as atividades de construção megalítica, de coletas sistemáticas para manter grande contingente trabalhando, divisão e organização do trabalho e cooperação. Organização sociocultural complexa conduziu a organização sociopolítica para gerir grandes grupos, um novo sistema cognitivo complexo auto-organizado em sistema complexo adaptativo, o qual passou a ser usado como meio de adaptabilidade das sociedades as condições climáticas favoráveis e adversas.

De posse de sistemas complexos adaptativos como a ciência, as artes, o sistema de crenças, a linguagem falada e simbólica, e a organização sociopolítica para gerir grandes grupos, inúmeras estratégias adaptativas foram desenvolvidas, gerando a diferenciação holocênica, como a agricultura, a sofisticação na construção de abrigos e a arquitetura, agasalhos e a diversificação de saberes científicos. Corroborando a hipótese central da tese: ao adentrar o período do Holoceno os humanos modernos já dispunham de sistemas cognitivos complexos para resistir e mudar diante das adversidades ecológico-climáticas. Foi preciso recuar dezenas de milhares e anos antes do Holoceno para compreender o que se passou neste período.

No próximo Capítulo será abordada a ação desses sistemas cognitivos auto-organizados a serviço da diferenciação holocênica.

CAPÍTULO 4

DIFERENCIAÇÃO HOLOCÊNICA: SISTEMAS COMPLEXOS ADAPTATIVOS NA TRAVESSIA DAS INTEMPÉRIES

“A representação geral de uma Terra gravitando no espaço ao redor do Sol constitui uma síntese de alto nível relativamente elevado, [...] na escala da humanidade, a ascensão até esse nível representou um processo extremamente difícil, que durou milhares de anos.”²⁷

A história evolutiva dos humanos modernos foi marcada por períodos de mudanças glaciais abruptas, como os eventos D-O e H, e muita instabilidade climática global. Momentos de expansão na atividade cultural estiveram associados a esses processos e às condições ecológicas deles decorrentes, culminando no final do Pleistoceno Superior com o desenvolvimento dos sistemas complexos adaptativos no pós-grande salto, entre eles a ciência, os sistemas de crenças e a arte. Estes sistemas foram disseminados entre os grupos, cresceram em complexidade e diversidade, dando origem às novas formas de organização sociopolítica, na gestão de grupos maiores. Desse modo, os grupos que migraram para lugares distantes há dezenas de milhares de anos já portavam os sistemas cognitivos auto-organizados estruturados, que lhes permitiriam se estabelecer nos mais variados lugares.

Neste Capítulo será visto os sistemas complexos adaptativos sendo utilizados para elaborar variadas estratégias, atuando entre os principais fatores responsáveis pela diversificação holocênica: diversificação de sistemas sociopolíticos complexos, das ciências, dos sistemas de crenças, intensificação na inovação sociocultural, sofisticação tecnológica das sociedades e das linguagens. A portabilidade e a capacidade de aprender com a experiência desses sistemas, foi um recurso notável para que as sociedades elaborassem estratégias adaptativas eficazes às novas condições dos ritmos naturais, quase simultaneamente e independente em vários lugares, como ocorreu com as diferentes práticas agrícolas, que surgiram em pelo menos dez lugares diferentes.

Marcadores de tempo, observação astronômica e dos ciclos naturais; técnicas de construção de abrigo e arquitetura; sistemas agrícolas, saberes ecológicos, domesticação de plantas manejo ambiental; uso da energia e da água estão entre as mais variadas formas de estratégias adaptativas derivadas, e possibilitadas, aos portadores dos sistemas complexos

²⁷ ELIAS, Norbert. Sobre o tempo. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998, p.138-139.

adaptativos. Verificar a sua ação no espaço e no tempo permite aprender com o passado, compreender seus significados e elaborar novas possibilidades para seu uso.

4.1. CONDIÇÕES ECOLÓGICO-CLIMÁTICAS E ADAPTAÇÃO

Muitos fatores contribuíram para o relativo sucesso evolutivo das sociedades no Holoceno. Como vimos no Capítulo anterior, a evolução não é decorrente da interação em um só nível dimensional da natureza. Ela é fruto da articulação criatividade interativa de vários níveis de realidade.

Fatores ambientais favoráveis estiveram presentes na diferenciação holocênica, verificada nas sociedades desde há 11,5 mil anos atrás, entre eles: às condições ecológicas favoráveis, muito lugares com temperaturas amenas, elevação da umidade, chuvas regulares, aumento de CO² na atmosfera de 180 ppm para 280, favorecendo a produtividade vegetal, e a ampliação da diversidade e a produtividade das espécies. Contudo, esses fatores não foram preponderantes, pois já ocorreu um período interglacial similar ao Holoceno na história dos humanos modernos, o estágio Riss-Würm, entre 110 mil e 130 mil anos atrás.

A evolução cultural e cognitiva se retroalimentando recursiva e retroativamente, operando a partir de uma mente cognitiva fluida, possibilitou a estruturação de sistemas complexos adaptativos, como visto no Segundo Capítulo. O desenvolvimento desses sistemas a partir do acoplamento estrutural autopoietico, forneceu grande capacidade adaptativa às sociedades. As sociedades anteriores ao Holoceno não eram rudimentares como se imaginava. Elas emergiram do pós glacial já bastante organizadas e com recursos cognitivos sem igual em outro período anterior. Vejamos como foi o longo processo interativo clima-sociedade e a evolução da coleta de alimentos, seleção, domesticação e a estruturação dos sistemas agrícolas, no caso específico da região do atual Oriente Médio.

4.2. DA SELEÇÃO E DOMESTICAÇÃO À AGRICULTURA: REVOLUÇÃO LENTA

Vimos no Capítulo 3 os humanos modernos do Oriente Médio desenvolverem novos saberes sobre o meio ecológico a cada mudança climática. Eles identificavam espécies comestíveis e coletavam sistematicamente há mais de vinte mil anos atrás. Amostra de um processo longo que culminaria na agricultura, que envolve: identificar espécies, coleta

sistemática, lançamento deliberado de semente em épocas específicas do ano, calendário de coleta, até o plantio, a seleção de espécies, seleção de melhores espigas, seleção de sementes e domesticação, até cultivo agrícola efetivo.

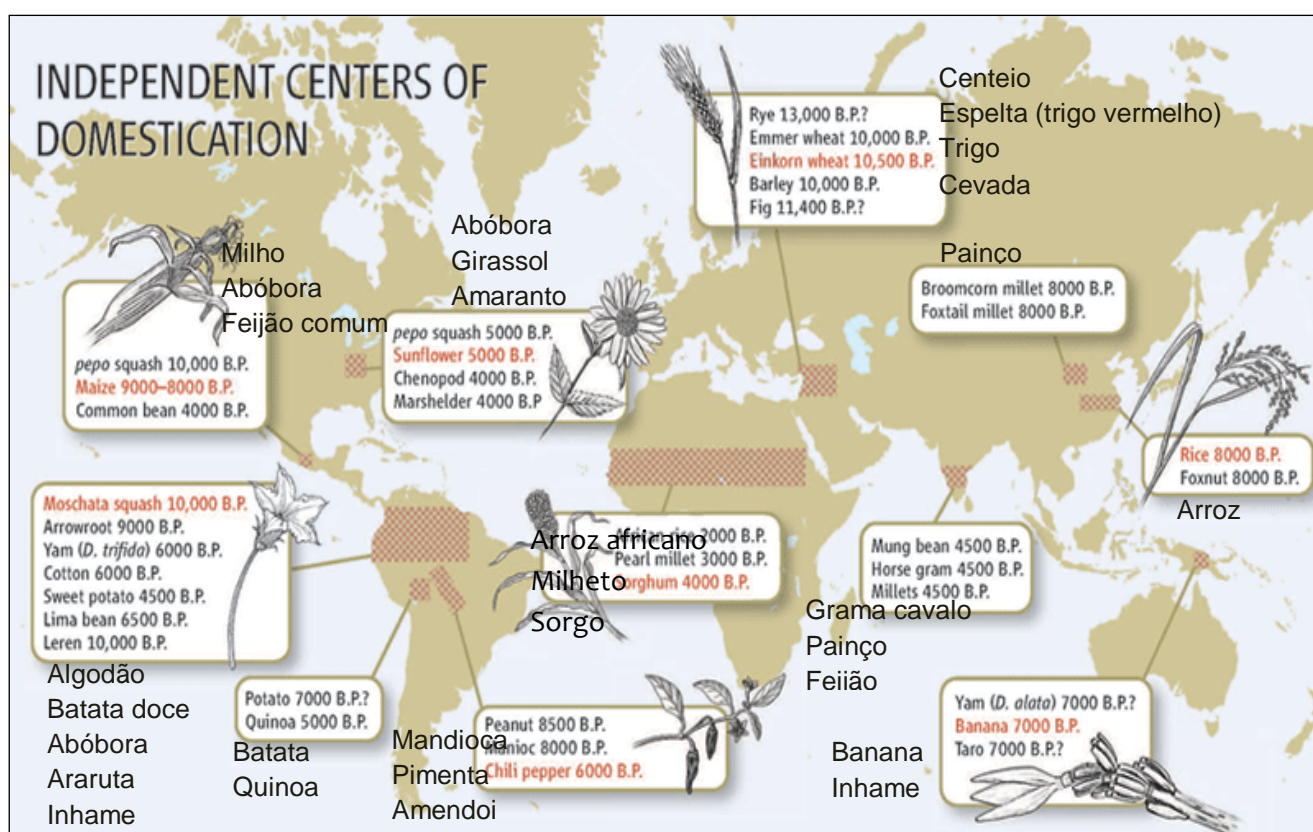
Contudo, vimos somente uma parte do conjunto evolutivo. A evolução das sociedades aconteceu de forma generalizada, pois os humanos modernos se tornaram cosmopolitas. Migraram para diferentes partes da Terra durante as variações climáticas abruptas dos eventos D-O e H e se estabeleceram em locais distantes do seu centro de origem, a África. Os humanos modernos já estavam nos continentes quando teve início o processo de cultivo e a agricultura. O que configurou um enigma para se saber como começou a agricultura, onde e por que somente no Holoceno ela teve início. A última questão é simples, conforme Diamond (2010), em evolução os caminhos evolutivos não são óbvios, são aleatórios, não seguem determinações. Seria como perguntar por que o império romano não fez espaçonaves para ir a Lua.

Um novo entendimento de como se deu esse processo para o surgimento da agricultura ganhou novos contornos nas últimas décadas com o cruzamento de evidências genéticas e arqueológicas. Essas informações fornecem bases consistentes que a agricultura teve início em pelo menos 10 lugares no globo, conhecidos até o presente (BALTER, 2007). Uma das características para se identificar a atividade agrícola é a domesticação de plantas.

Segundo Fuller *et al* (2010), atualmente a domesticação é definida como as mudanças físicas e fisiológicas determinadas geneticamente que uma planta sofreu para se adaptar ao comportamento humano de cultivo. A domesticação é um processo chave para a agricultura, e não foi rápido. Tanno & Willcox (2012), a partir de caracteres genéticos inferiram que a domesticação completa poderia ter levado mais de três mil anos, em vez de 200 anos como se supunha.

Conforme Balter (2007), até recentemente imaginava-se o advento da agricultura como uma quebra abrupta no estilo de vida de caça e coleta em que os humanos viviam. Pensava-se que as culturas domesticadas apareciam muito em breve depois que as pessoas começaram a cultivar os campos, e que teria surgido num único lugar, primeiro no Oriente Médio, a partir de 13.000 anos atrás, em seguida difundida para outras regiões. As evidências sugerem que o processo de mudança da coleta de plantas silvestres para cultivo, e posteriormente domesticação, foi longa, sinuosa, e gradual ao longo de muitos milênios. Antes se pensava que a revolução agrícola fosse uma mudança abrupta na evolução cultural humana, agora se sabe que levou muito tempo para chegar ao ponto de mudança para a produção agrícola.

As informações arqueológicas mostram que as plantas foram domesticadas de forma independente em muitas partes do mundo. Atualmente, há evidências consistentes de pelo menos 10 centros de origem, incluindo o norte da África, sul da Índia, Nova Guiné, Amazônia, América Central, América do Norte, Andes, Oriente Médio, Mediterrâneo e China (BALTER, 2007; FIGURA 58). Entre as plantas conhecidas domesticadas na América do Norte estão: abóbora, girassol e amaranto. Na América Central: milho, abóbora e feijão comum. Na América do Sul: algodão, morango, amendoim, caju, abacaxi, tomate, batata doce, araruta, abóbora, inhame, batata, quinoa, mandioca e pimenta. Na África: arroz africano, sorgo, milheto, mamona, agrião jardim, café, quiabo, mirra e índigo.



Fonte: Balter, 2007.

Figura 58: Centros de origens da agricultura. Em mais de 10 lugares diferentes as pessoas começaram a cultivar plantas, a domesticar e a fazer a agricultura, de forma independente.

No Oriente Médio e Próximo foram domesticados: centeio, espelta ou trigo vermelho, trigo, cevada, trigo mole, trigo duro, trigo oriental, trigo persa, duas linhas de cevada, centeio, aveia, lentilha, tremoço, alfafa, trevo-persa, fenacho, ervilhaca, ervilha, figo, romã, maçã, pêra, marmelo e cereja. No Mediterrâneo: trigo duro, emmer, trigo polonês, espelta, aveia do mediterrâneo, aveia areia, ervilha, tremoço, trevo, trevo branco, trevo carmesim, serradela,

linho, colza, mostarda preta, azeite, beterraba, repolho, nabo, alface, aspargo, aipo, chicória, cherivia, ruibarbo, alcaravia, anis, tomilho, hortelã, sálvia e lúpulo.

Na Ásia continental chinesa: painço, feijão, grama cavalo, cana-de-açúcar, papola, ginseng, cânfora, cânhamo, cevada, soja, feijão Adzuki, mucuna, inhame chinês, rabanete, repolho chinês, cebola, pepino, pêra, maçã chinesa, pêssego, damasco, cereja, noz e lichia. Na Ásia continental indiana: grão de bico, feijão-guandu, feijão caupi, berinjela, manga, laranja, tangerina, cidra, tamarindo, coqueiro, sésamo, cártamo, algodão árvore, bambu, sândalo e canela árvore.

Na Ásia Central: trigo mole, ervilha, lentilha, feijão cavalo, grão de bico, feijão mung, mostarda, linho, gergelim, cebola, alho, espinafre, cenoura, pistacio, pêra, amêndoa, uva, maçã. No Centro Indo-Malaio (Nova Guiné, Indonésia, Malásia e outros): banana, inhame, mangostão, pomelo, pimenta preta, cânhamo, cravo da Índia, fruta pão e noz moscada.

Para Piperno *et al* (2004), as pessoas começaram a cultivar primeiro, o que levou à domesticação, pois, ao cultivar plantas deliberadamente, determinadas características são selecionadas, independente de haver ou não seleção. Os processos que conduziram a domesticação e a agricultura não seguiram os mesmos critérios em todos os lugares, mas em geral a domesticação teve início em regiões de ecologia complexa e relevo montanhoso.

É possível que o domínio dos processos de identificação de espécies fosse uma atividade sistemática realizada pelos grupos de caçador-coletores assim que estabelecessem acampamentos de caça temporários em cada local. Com o passar do tempo, a escolha deliberada do melhor fruto conduziria a seleção de frutos com melhores sementes, e com a germinação localizadas de plantas selecionadas, ainda que não intencional. Desta forma, se os grupos migrassem periodicamente pelas mesmas rotas, acabariam por encontrar nichos ecológicos com espécies disseminadas e selecionadas por grupamentos que já haviam passado por esses nichos, e os alterados, promovendo uma seleção e disseminação de melhores espécies. Um processo em que o nicho ecológico passa a ser formado, por sucessivas migrações, como em geral ocorre com as aglomerações de espécies encontradas em florestas, como na Amazônia, denominadas de “paisagens culturais”.

Para Fuller *et al* (op cit), a domesticação em si seria uma inovação, que uma vez assimilada a sua técnica, é facilmente transferida. Essa inovação é um processo que, após longo período de cultivo, causa na planta a “síndrome da domesticação”. Uma indicação de que as plantas se adaptaram aos seres humanos. Em cereais como trigo e cevada, a síndrome inclui a tendência para espiguetas de permanecer na haste até serem colhidas, produção de

mais sementes grandes, revestimento mais fino que permite a germinação mais fácil, e até épocas de floração simultânea.

Um exemplo claro que a domesticação foi um longo processo é o sítio de Ohalo II, visto no Capítulo anterior. Localizado em Israel, datado de 23 mil anos AP, na Última Idade do Gelo. Neste sítio não há nenhum sinal de plantas domesticadas, que só ocorreria dez mil anos depois, mas há sinais claros de uma pré-domesticação. No sítio foram encontrados mais de 90 mil restos de plantas individuais, incluindo bolotas, pistache, azeitonas selvagens, e lotes de trigo selvagem e cevada (WEISS *et al.*, 2004).

Weiss (*op cit*) descreve que não há nenhuma evidência de domesticação, nem de que o povo de Ohalo II estava cultivando os cereais ao invés de apenas de coletar. A coleta, no entanto, era realizada de forma sistemática, e intensiva. Porém, foi encontrado trigo, cevada e um grande instrumento de pedra, indicando que os habitantes de Ohalo II tinham moído os grãos para fazer farinha e massa, e possivelmente, também cozimento em uma daslareiras.

Para Fuller (*op cit*) Ohalo II é importante para que se abandone de vez de que assim que as pessoas começaram a usar os cereais, eles começariam a cultivar e domesticá-los. O processo não foi rápido, tampouco linear. Em cada lugar a domesticação seguiu uma característica própria que envolveu a base de conhecimento ecológica das espécies locais, dos ritmos climáticos locais, é uma interação entre humanos e vegetais diferenciados. Esses sinais inequívocos de domesticação não apareceram até cerca de 10.500 anos atrás, em assentamentos maiores, com arquitetura diferente e uma organização social muito mais complexa.

Nossa jornada se concentrou em sítios localizados nas proximidades do atual Oriente Médio e sudoeste asiático justamente para se verificar que não houve linearidade, e que os processos são mais antigos do que se imaginava. As sociedades parecem ter inovado com a domesticação em locais próximos de modo autêntico, sugerindo que o modo de se relacionar com as plantas e os saberes acerca de como identificar plantas eram sofisticados, uma técnica aprimorada durante dezenas de milhares de anos. Na Figura 59 estão indicados os principais sítios arqueológicos com vestígios de origens da agricultura nessa região.



Fonte: Willcox, 2013, p. 39.

Figura 59: Evidências de como o desenvolvimento cultural e da agricultura diferem de um lugar para outro, numa mesma região.

Willcox (2013, p. 39) aponta que os desenvolvimentos culturais e agrícolas diferem de um lugar para outro, numa mesma região, cada um seguindo seu próprio caminho. Na Figura 56 estão alguns achados arqueológicos e datações mostrando o cultivo precoce de cereais na região. A Figura B mostra um pilão datado de 14 mil anos AP. A Figura C mostra três moedores de pedra alinhados, em um quarto com estrutura em pedra, datado de 11,3 mil anos AP; e a Figura D apresenta um grande moedor de pedra, datado de 11,3 mil anos AP.

Weiss (*op cit*) aponta que no Oriente Médio a domesticação aparece num período muito enérgico, quando as pessoas em toda a região estavam fazendo o cultivo de plantas silvestres. Uma vez que as plantas foram domesticadas, o cultivo da planta se torna mais eficiente e intensiva, estabelecendo-se a agricultura. Este modo de vida se estabeleceu rápido em toda região do atual Oriente Médio. Surgiram grandes vilas agrícolas, e as pessoas rapidamente ampliaram as redes de comércio e comunicação ao longo de toda a região.

Tanno & Willcox (2012) relatam que resultados de pesquisas a partir de espiguetas coletadas em quatro lugares, com diferentes datações na Síria e Turquia, apresentaram uma tendência a domesticação clara ao longo de quase 3000 anos: em sítios antigos haviam menos espiguetas domesticados e sítios posteriores tinha mais. Sítios de 10,5 mil anos AP tinham apenas cerca de 10% das espiguetas claramente domesticados, ao passo que 36% estavam domesticadas em 8,5 mil anos AP. Esse fato sugere que as variedades selvagens só foram substituídas gradualmente por outros domesticados.

Assim, a domesticação foi um longo processo em que as plantas foram cultivadas, mas ainda mantinham seus fenótipos selvagens. E a agricultura, é definida partir do momento que se cultiva plantas domesticadas. Conforme Mozoyer & Roudart (2010), a agricultura se configura num sistema complexo, o sistema agrário, que incorpora as interações entre o agricultor e sua família, os recursos naturais físicos e biológicos necessários à produção e as técnicas utilizadas para sua transformação, que envolve categorias agrônômicas, econômicas, sociais e ecológicas.

Agricultura foi revolucionária para a humanidade, permitindo produzir alimentos com menor dependência dos ritmos naturais e alimentar grandes contingentes populacionais e expandir as atividades humanas no Holoceno. Uma estratégia adaptativa derivada de sistemas cognitivos ancestrais, que permitiu a produção do alimento, em parceria com os ritmos naturais. Desde que adotada como principal sistema de produção de alimentos no Holoceno, seu uso intensivo muito precocemente deteriorou os solos, florestas e rios em todo o planeta (ELLIS *et al*, 2013). Mas ela não foi a única estratégia adaptativa bem sucedida na produção de alimento, e nem será a última. Outras estratégias de obtenção do alimento se mantiveram, como o manejo ambiental, a formação de nichos ecológicos, o uso de calendário para pesca caça e coleta. Voltaremos a falar sobre isso no quinto Capítulo.

No caminho até aqui foi argumentado que sistemas complexos adaptativos e sistemas auto-organizados subsidiaram todo processo da diferenciação holocênica, através de sua capacidade de aprender continuamente com a experiência, selecionando os melhores esquemas adaptativos. Esses sistemas estavam circulando nas mentes dos nossos ancestrais desde o pós-grande salto. Os grupos que migraram, levaram consigo as mesmas bases cognitivas dos sistemas complexos adaptativos ancestrais da ciência, dos sistemas de crenças, das artes, da organização sociopolítica, da linguagem falada e simbólica. Desde então desenvolveram e diversificaram essas bases ancestrais em novos sistemas cognitivos, gerando uma contínua diversificação e complexificação.

Esses sistemas complexos adaptativos ancestrais evoluíram numa relação de interdependência entre si, mas em lugares distantes e culturas independentes, a partir do estabelecimento de uma mente cognitiva fluida no pós-grande salto. Migraram na mente dos indivíduos e continuaram a ser desenvolvidos em diferentes partes do globo, a partir de suas características e propriedades conhecidas, descritas no item 2.3.1.

Esse aspecto fornece entendimento, de como foi possível o surgimento da agricultura no Holoceno e sua aparição, de modo independente, em vários lugares. Os grupos que migraram sabiam identificar os melhores alimentos e a época da frutificação, organizar coletas e partilhar com o grupo, escolher os melhores nichos ecológicos, desenvolver marcadores de tempo, sistemas de contagem, organizar e planejar atividades através da linguagem, e relatar aos demais as novidades observadas. Possuíam gosto pela contínua inovação, aprendendo com a experiência. Sabiam fazer abrigos e agasalhos. Dominavam variadas técnicas de fabrico de ferramentas de ossos, madeira e pedra, bem como as múltiplas formas de uso.

Algo similar aconteceu com a comunicação simbólica e a linguagem falada. Os grupos falantes de uma determinada linguagem, ao se distanciaram, continuam a falar essa linguagem, mas mudam a estrutura de suas respectivas línguas com o tempo, e a diversificam, originando outras línguas. Mas a linguagem, mesmo alterada, continua a transmitir formas de descrever a realidade e relatar as experiências, uma espécie comestível, como fazer fogo e preparar uma tintura, planejar e organizar a caça em grupo, ensinar o preparo do alimento, qual material usar para fazer uma ferramenta, a ensinar essas habilidades aos mais jovens e a incorporar novos significados.

Não só a agricultura, mas todo conjunto de estratégias adaptativas tiveram sistemas complexos adaptativos subjacentes atuando nos processos criativos, os quais conduziram a geração de múltiplas possibilidades. O desenvolvimento da agricultura foi uma dessas possibilidades, realizada por mais de uma dezena de povos, quase simultaneamente, em lugares diferentes no planeta, a partir da domesticação de espécies específicas. Contudo, nem todos desenvolveram essa estratégia adaptativa. Ela não significou uma etapa evolutiva sucessiva e necessária. Outros povos desenvolveram diferentes técnicas, como manejo ambiental, outros desenvolveram calendários de coleta, pesca e caça.

Com eficiência da produção de alimento através da agricultura as populações cresceram e desenvolveram novas bases cognitivas, dedicadas à saúde, a construção de abrigos e arquitetura, sistemas de contagens, planejamento e contabilidade, marcação do

movimento celeste, que se diversificaram nas diferentes ciências desenvolvidas por vários povos, incluindo as bases da ciência moderna.

Veremos a seguir os sistemas complexos adaptativos sendo utilizados pelas sociedades no Holoceno, na diversificação de estratégias adaptativas diante das alterações climático-ecológicas, bem como os erros e acertos, as experiências bem sucedidas e fracassos.

4.3. RITMO CLIMÁTICO E ESTRATÉGIAS ADAPTATIVAS

Foi visto que uma característica da dinâmica climática é apresentar um padrão rítmico. As sociedades estão acopladas a esse padrão e buscam formas de lidar com essas características do clima desde a sua origem. Algumas tiveram relativo sucesso durante longo tempo. O caso dos Maia, de Roma Antiga e do Egito faraônico são bastante ilustrativos, e serão estudados a seguir.

4.3.1. VARIAÇÕES CLIMÁTICAS E ESTRATÉGIAS ADAPTATIVAS NO SAARA: A EMERGÊNCIA EGÍPCIA

O Egito Antigo fornece uma fonte importante para se verificar como uma sociedade perdurou por longo tempo elaborando estratégias variadas para utilizar os ritmos naturais a seu favor. Contudo, geralmente os estudos desconsideram as mudanças ambientais na trajetória de uma sociedade.

A incursão a ser feita pelo Egito Antigo pretende evidenciar dois aspectos. De um lado, os egípcios souberam construir ciência para entender a dinâmica climática da região e aproveitar esses rítmicos para produzir seus alimentos. De outro, nem sempre as regularidades se mantinham dentro de padrões normais de variabilidade, dificultando a gestão das atividades.

Constituído em torno de um poder faraônico central por volta de 3150 anos aC, a Civilização Egípcia se tornou um grande Império, com seu máximo por volta de 1500 aC. perdurando até o século I aC. O Egito representou uma aglutinação de dezenas de milhares de

anos de acumulação de saberes de muitos povos que viviam no vale do Rio Nilo, no nordeste africano. Ao longo de sua existência as ciências se tornaram altamente sofisticadas e diversificadas, no campo da saúde, da matemática, da economia e da contabilidade, da astronomia, da arquitetura e da agricultura. Desenvolveram uma escrita estruturada, com uso de símbolos hieróglifos e um complexo sistema sociopolítico e de crenças que se mesclavam para manter a organização social.

A base econômica de grandes impérios que duram longo tempo sempre se estendem além das fronteiras do território, e o Egito mantinha essas conexões comerciais e econômicas com povos que navegavam o mediterrâneo, o Mar Vermelho, que viviam no atual Oriente Médio, no sul da Europa e do interior do continente africano. Os egípcios mantinham sua comunicação com o mundo interior e exterior, sobretudo através da navegação. Exterior via marítima, interior através do Rio Nilo e seus afluentes. Além de ser um eixo central de transporte, o Nilo e suas margens se tornaram a base da economia agrária egípcia, para a atividade de pesca e a pecuária.

Esses povos desenvolveram um sistema de irrigação através de diques para controlar as vazantes e utilizar o humos que se depositava durante as cheias como fertilizante natural. As regularidades correlacionadas entre os períodos de chuvas e os de estiagem, com as de cheias e as vazantes do Rio Nilo, os movimentos celestes, juntamente com seu sistema sociopolítico eficiente deu aos egípcios um enorme poder para gerir as atividades econômicas, planejar, prevenir catástrofes e realizar a agricultura irrigada somente quando se sabia que as chuvas seriam regulares, ou que a estiagem se estabeleceria.

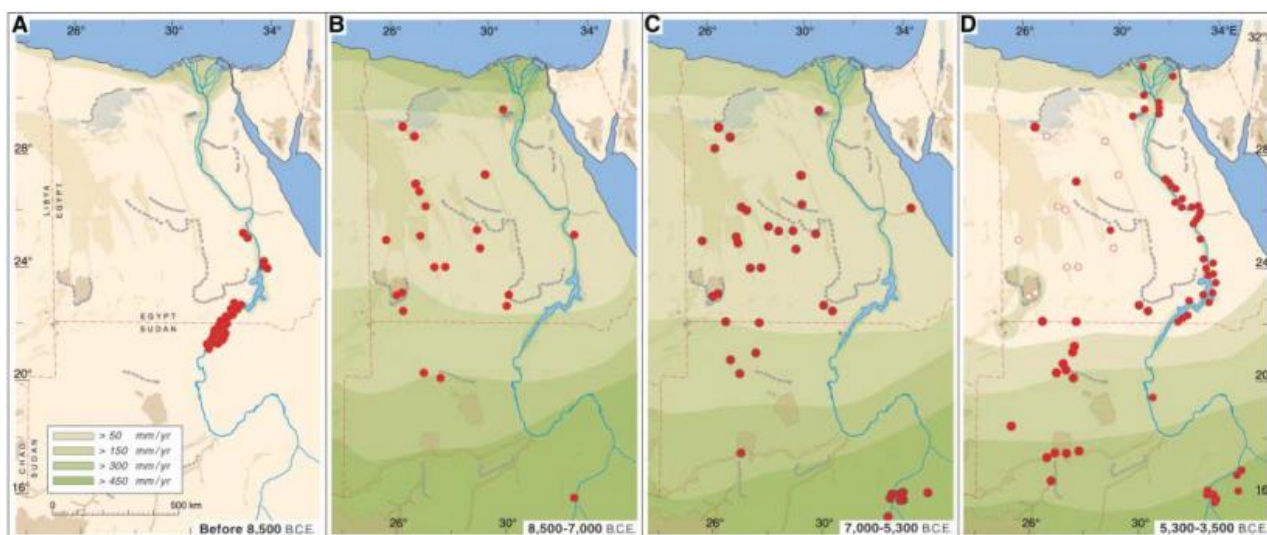
Apesar de o Egito ter se transformado numa “dádiva do Nilo”, no dito do historiador grego Heródoto, nem sempre o clima podia ser predito. Os egípcios sabiam que os ritmos naturais variavam, muitas vezes de forma irregular. Um de seus marcadores celestes envolvia a perfuração de uma grande pedra, através do qual observavam estrelas circumpolares, que descrevem trajetórias circulares no céu. Quando as estrelas se deslocavam do eixo do furo, sabia-se que provavelmente haveria ou não chuvas regulares de monções. Em geral, quando a predição não funcionava, associavam as alterações climáticas à revolta de deuses, a quem julgavam serem controladores dos movimentos celestiais e dos ritmos naturais.

Uma das soluções que os egípcios encontraram para gerir a escassez durante as épocas de clima desfavorável para a produção de alimentos foi a construção de uma rede de armazenamento de grãos, provisionando recurso para períodos de longas estiagens. Este aspecto denota que os egípcios sabiam de longa data das irregularidades climática, resultantes de acúmulos de saberes passados de geração em geração. Seus sistemas complexos

adaptativos, em especial a ciência, as artes, a organização sociopolítica e a linguagem continuaram a se diversificar e se tornarem mais sofisticados. Esses sistemas cognitivos, estruturados antes do Holoceno, desde o pós-grande salto dos humanos moderno, foram continuamente aperfeiçoados, e atuaram subjacentes na geração de inovações entre os egípcios, em sintonia com as regularidades nos ritmos celestiais, ambientais e socioculturais, facilitando o estabelecimento de estratégias adaptativas bem sucedidas na ocupação espacial do vale do Rio Nilo.

KUPER & KRÖPELIN (2006), revelaram ligações estreitas entre as variações climáticas e a ocupação pré-histórica durante os últimos 12.000 anos ao longo do Rio Nilo, a partir de análises rádio-carbônicas de 150 escavações arqueológicas, no atual deserto do Saara Oriental no Egito, Sudão, Líbia, Chade. A visão panorâmica ao longo do Holoceno demonstrou uma transição de assentamento no início desse período, de clima árido, com população concentrada nas margens do Rio Nilo, para uma população distribuída pelas terras do Saara, após o aparecimento súbito de condições úmidas há 10,5 mil anos AP, ou 8,5 mil anos B.C.E. (FIGURA 60).²⁸ Estas condições úmidas perduram até ~7,3 mil anos AP.. Com a desertificação gradual iniciada após esse período os povos deslocaram seus assentamentos para o sul do deserto e voltaram a se concentrar ao longo das margens do Rio Nilo, onde surgiria a civilização faraônica. A migração e a mudança no padrão climático ajudaram a difundir a pecuária em todo o continente, pois os pastores acompanharam os deslocamentos das áreas de pastagens em função do clima. Essas novas condições climáticas se mantiveram na África subsaariana até os dias atuais.

²⁸ BCE- Before Common Era. Antes da Era Comum, equivalente a Antes do ano domini, AD.



Fonte: KUPER & KRÖPELIN, 2006, p. 806.

Figura 60: Ocupação no Saara Oriental durante as principais fases climáticas do Holoceno. Pontos vermelhos indicam as principais áreas de ocupação; pontos brancos indicam assentamentos em refúgios ecológicos e episódios de transumância.

Na figura 60 podemos observar a dinâmica dos assentamentos durante as mudanças nos padrões do clima: **(A)** Durante o Último Máximo Glacial e o final do Pleistoceno, entre 22 mil e 10,5 mil anos AP, o deserto do Saara era desprovido de assentamentos humanos fora do vale do Rio Nilo. Esses assentamentos se concentraram a 400 km mais ao sul do que hoje no vale desse Rio. **(B)** Com a abrupta chegada de um regime de chuvas de monções a partir de 10,5 mil anos AP, o deserto foi substituído por ambientes savânicos, e habitados por colonos rapidamente.

Conforme Kuper & Kröpelin (2006), durante o Ótimo climático no Médio Holoceno, com a fase úmida predominante, o sul do Saara e o vale do Nilo aparentemente eram muito úmidos e perigosos, e pouco apreciados para ocupação. **(C)** Após 9 mil anos AP, os assentamentos foram estabelecidos em todo o Saara Oriental, que promoveram o desenvolvimento do gado pastoril (FIGURA anterior). **(D)** O recuo das chuvas de monções causou a desertificação do Saara egípcio após 5,3 mil anos AP, e os povos migraram para o vale do Nilo ou para refúgios ecológicos, e para a porção do Saara no Sudão, onde as chuvas e as águas superficiais ainda eram suficientes para suas atividades. Esse retorno das condições desérticas em todo o Egito por volta de 5,5 mil anos AP coincidiu com o início da civilização faraônica no vale do Nilo. As populações haviam crescido no período anterior, elaborado articulações para gerir grupos maiores, passaram a fazer o cultivo de cereais, domesticação e a

praticar uma agricultura intensiva, a partir do uso das novas condições ambientais e a verificação das regularidades dos ritmos climáticos.

A compilação de dados paleoambientais de 500 datações de rádio-carbono de Nicoll (2004) esclarece um pouco mais a transição da fase árida anterior a 9 mil anos AP para a fase de umidade mais elevada do Médio Holoceno, entre 7 mil anos à 6 mil anos AP, como indicada na Figura anterior. Conforme Nicoll (*op cit*), entre 9 mil e 6 mil anos AP. o clima de monções era influenciado pela continentalidade do interior do continente africano, criando chuvas convectivas suficientes para armazenamento ocasional de água de superfície. Com os terrenos encharcados que se formaram no início do Médio Holoceno, os povos do Neolítico desenvolveram várias estratégias de subsistência, incluindo a caça de pequenos animais, como gazela e lebres, coleta de alimentos, entre eles sorgo selvagem, milho, e legumes, e desenvolveram atividades de cultivo e pecuária. No Holoceno Médio e Tardio ocorreu um avanço da desertificação, e os povos se deslocam para o vale do Rio Nilo. Como estratégia de adaptação desenvolvem inovações tecnológicas para aprimorar o cultivo, caçar e pescar, que conduziu a um aumento da população, e ao desenvolvimento de sistemas sociopolíticos complexo para gerir a atividade das emergentes sociedades agrárias, complexas e sedentária do período faraônico.

Durante o período faraônico, houve um colapso das atividades na civilização egípcia, há ~4,2 mil anos AP. A pesquisa de Hassan (1997) demonstrou que esse colapso coincidiu com a redução das enchentes do Rio Nilo. Ocorreu a invasão do vale do Nilo por dunas de areia, e degradação da planície no delta desse Rio. Ao mesmo tempo os lagos apresentaram os níveis mais baixos do período faraônico, redução de vegetação arbórea. Condições climáticas mais frias se estabeleceram na África Equatorial, causando estiagens, que diminuíram severamente o abastecimento de água para os afluentes do Nilo. Hassan (*op cit*) descreve que um episódio severo de seca no Tibete Ocidental nesse período, influenciado pela redução das chuvas de monção há 4,3 mil anos AP, sugere que a redução da descarga de inundação do Rio Nilo foi devido a um evento climático global, o qual deslocou a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e alterou o regime de chuvas sobre a região.

As pesquisas de Kuper & Kröpelin (2006), Hassan (1997) e Nicoll (2004) descrevem uma estreita relação entre clima e estratégias adaptativa, incluindo deslocamentos para áreas de melhores condições ecológicas. Conforme Gell Mann (*op cit*), a adaptação envolve escolha de melhores nichos ecológicos para habitar e fazer deslocamentos. Durante as mudanças climáticas, sobretudo após um aumento populacional na fase mais úmida, no Médio Holoceno, ocorreu uma distribuição dos assentamentos. Quando retornaram as condições

mais áridas ao deserto, os povos, agora com demografia maior, voltam a ocupar os locais a beira do Rio, e ao Sul, onde predominava as condições mais úmidas.

Essas escolhas resultaram de suas estratégias adaptativas, que envolveu o desenvolvimento de inovações e tecnologias para produção de alimentos nos lugares próximo al vale do Nilo para as suas novas necessidades, culminado com domesticação de plantas locais, a agricultura e o florescimento do período faraônico. Os povos egípcios se organizaram em torno de organizações sociopolíticas mais complexas, reuniram e desenvolveram saberes acerca da relação entre movimento celeste, cheias do Nilo e clima, desenvolveram uma agricultura de regadio, regulando as cheias através de canais de inundação e com planejamento rigoroso das atividades sazonais. Expandiram e diversificaram a evolução cultural e cognitiva para novas áreas como medicina, arte, escrita, matemática e contabilidade.

Nessa região onde ocorreram variações abruptas e alternâncias nos ritmos climáticos, os humanos modernos desenvolveram uma agricultura autêntica, de modo autônomo. Mas não de forma instantânea, a revolução foi gradual, lenta, como agora se sabe que ocorreu em diferentes regiões do globo, com períodos de intensificação nas atividades, seguido por períodos de menor atividade. Os sistemas agrícolas egípcios resultaram de uma aprendizagem de milhares de anos sobre as espécies coletadas, a partir da observação de suas características sazonais, coleta sistemática, cultivo e a observação dos movimentos celestiais e ritmos climáticos para o planejamento. Cultivo, domesticação e agricultura, novamente parecem ter emergido em momentos de mudança climática, como estabelecimento de nichos ecológicos favoráveis, contudo, veio em momentos posteriores a complexificação sociocultural e a estruturação de sistemas complexos adaptativos. Estes aspectos a tornaram possível, contrariando as afirmativas teóricas clássicas de que a agricultura teria ocorrido primeiro para viabilizar sociedades complexas.

Dentro do período faraônico, a correlação entre colapso e condições áridas verificadas por Hassan (*op cit*) foi seguido por desestruturação da gestão interna dos recursos, e problemas sociopolíticos. Uma conjunção de fatores operou, mas a mudança climática foi severa e global, dificultando a cooperação entre povos para a manutenção do reino. Todos os esquemas adaptativos falharam diante dessa severa mudança climática abrupta. Outros aspectos operaram, como problemas sociopolíticos internos e com Reinos externos, econômicos e sociais. No declínio de uma grande civilização sempre operam uma conjunção de fatores, mas a influência das condições climáticas foi significativa no caso egípcio, não podendo ser negligenciadas.

Os apogeus e declínios da civilização Maia evidenciam igualmente a importância do aprendizado com a experiência e a seleção de melhores esquemas adaptativos frente às adversidades ecológico-climáticas, bem como os limites das estratégias adaptativas escolhidas. É o que será visto a seguir.

4.3.2. APOGEUS E DECLÍNIOS MAIA

Ao longo de sua existência, a sociedade Maia desenvolveu muitos recursos para lidar com as variações do clima. Tinham recursos variados como lagos subterrâneos para armazenar água, astronomia sofisticada, técnicas de irrigação eficientes, entre outros recursos. Utilizando-se de seus recursos tecnológicos e ecológicos, essa sociedade se expandiu e atingiu um grande Império por volta do século VIII, dentro do período considerado clássico, do século III ao X, ou do ano de 250 ao ano de 950.

Logo após atingir o máximo populacional, de cerca de 13 milhões por volta de 750, e nas atividades sociais e econômicas até aquele momento, a sociedade Maia entrou em declínio no século X, a ponto de se desagregar totalmente. Quando os espanhóis chegaram à América, essa sociedade não existia mais, a não ser seus descendentes espalhados pela atual América Central. Existem muitas mistérios e hipóteses acerca do declínio Maia. Entre elas figuram as guerras, crise econômica e de abastecimento, doenças, invasões externas, degradação ambiental e mudanças climáticas. Há indícios de que esses fatores operaram em conjunto, desestabilizando a sociedade por séculos até seu desaparecimento. Mas de grande interesse na atualidade e para essa pesquisa é saber qual o papel do clima no conjunto desses fatores, e como a sociedade atuou.

A pesquisa de Kennett *et al* (2012) fornece fortes correlação para novas interpretações entre a variabilidade paleoclimática e registros arqueológicos. Os autores obtiveram datações a partir de registros climáticos obtidos de uma estalagmite, de seis em seis meses, no período de 2050 anos, de 2006 a 40 aC, indicando períodos úmidos e secos com análise do isótopo radioativo O^{18} . O cruzamento com os registros arqueológico forneceu um gráfico de síntese (FIGURA 61). Essa correlação precisa foi possível porque no período clássico, entre 300-1000 dC, os Maia deixaram um registro histórico notável nos monumentos de pedra, que são bem datados. Guerras, casamentos e acessos de reis e rainhas foram indicados ao longo das datas e correlacionados com dias específicos no calendário cristão.

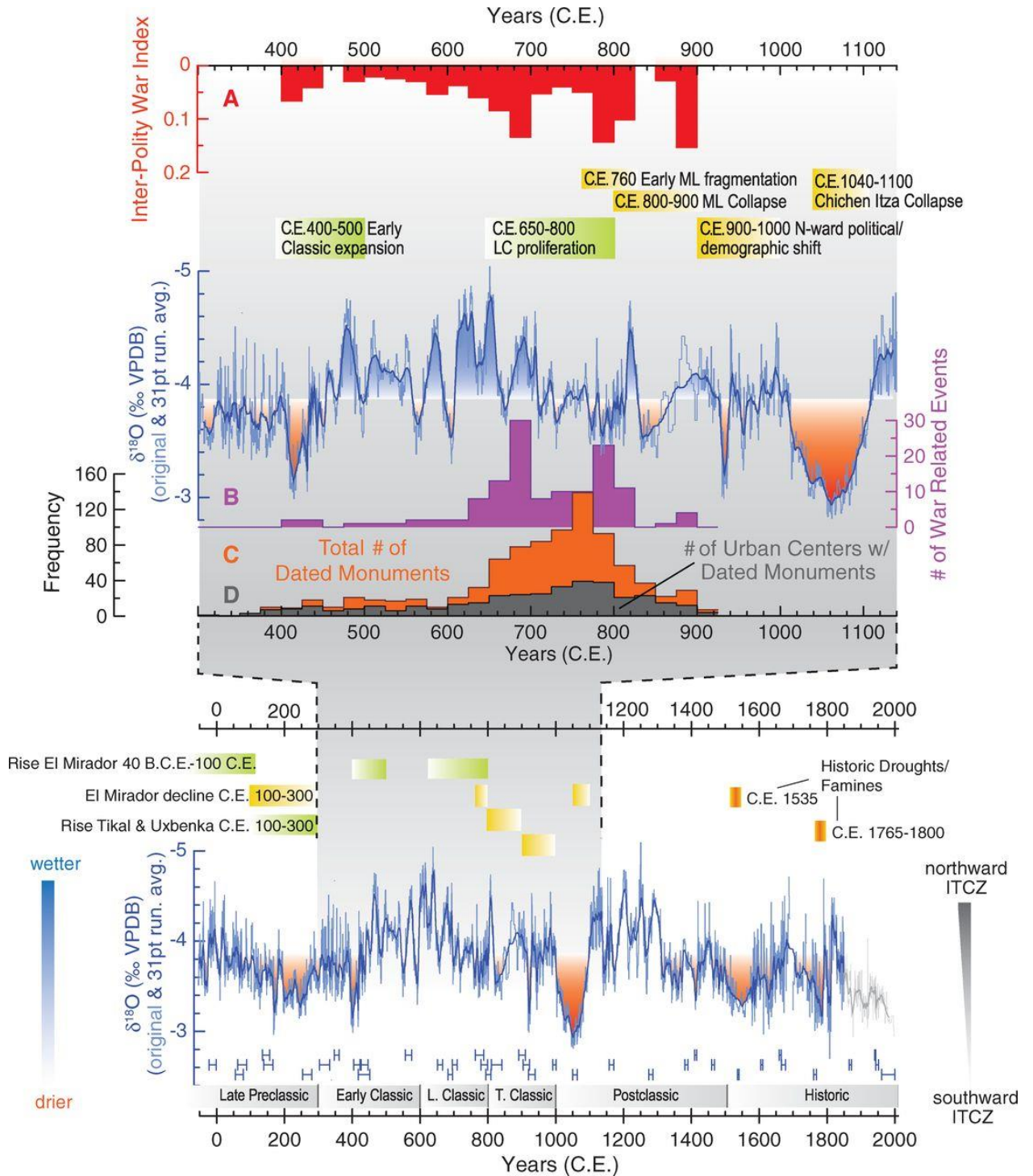


Figura 61: Correlação entre variação de umidade/chuvas, Acontecimentos históricos, Novos centros urbanos, Números de guerras e datações de registros arqueológicos, entre o ano 300 a 1100 dC.

No gráfico da Figura 61 estão representados: (Inferior) YOK-I Registro do clima através de O^{18} , abrangendo os últimos 2060 anos (40 aC a 2006 dC), mostrado em relação ao Maia cronologia e os principais eventos históricos. Barras azuis logo abaixo da curva do

isótopo de O^{18} indicam o pequeno erro para cada uma das 40 datas U-Th usados para restringir a cronologia do registro de O^{18} do clima. Condições mais secas do que a média durante esse intervalo são mostrados em laranja. Duas secas historicamente registradas no século 16 e no século 18 dC, bem com o registro YOK-I, a mais antiga e seca multidecadal no registro (200 a 300 dC) corresponde com o declínio do grande centro de El Mirador e uma das principais reorganizações sociopolíticas nas terras baixas-ML. (Topo) O registro YOK-I O^{18} do clima entre 300 e 1140 dC mostrado a relação com grandes eventos históricos, juntamente com: (A) Índice guerra internas com base no número de eventos relacionados com a guerra entre as cidades Maia ou governantes em relação ao número total de eventos registrados durante cada intervalo. (B) Número de eventos de guerra. (C) Distribuição de frequência de longa contagem monumentos datados nas terras baixas-ML. (D) Número total de centros urbanos com monumentos datados através do tempo como um *proxy* para o desenvolvimento e desintegração de sistemas políticos complexos nas terras baixas. Todos os dados hieroglíficos são do banco de dados hieroglífico Maia, em intervalos de 25 anos. A linha cinza claro denota incertezas no registro no século 20 para o O^{18} .

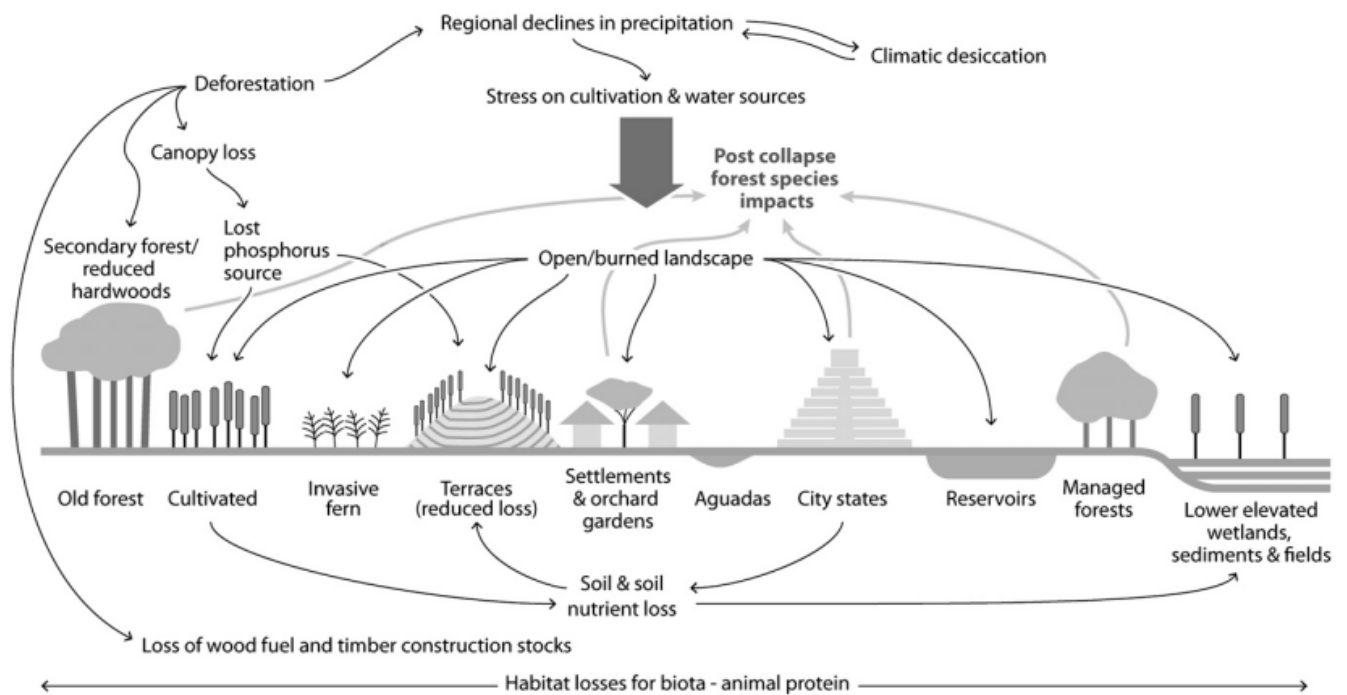
A partir da comparação dos registros climático com eventos históricos e datações, Kennett *et al* (2012, p. 788) sugerem que uma elevada pluviosidade favoreceu a expansão sem precedentes da população e a construção de novas cidades entre 440 e 660 dC. Após essa expansão o clima apresentou tendência de estiagens entre 660 e 1000 dC. O clima mais seco teria desencadeado a fragmentação de organizações políticas, o aumento da guerra, e a desintegração de organizações políticas, seguido pelo colapso da população no contexto de uma seca prolongada entre 1020 e 1100 dC.

Essa correlação entre clima e declínio Maia no final do período Clássico pode ser vista no gráfico. Para Kennett *et al* (2012, p. 791), o registro YOK-I é consistente com as hipóteses de que as secas podem ter contribuído para o colapso social nas terras baixas Maia nesse período. O gráfico mostra a ocorrência de uma seca multidecadal neste momento entre 820 e 870 dC, com redução de ~40% nas chuvas de verão durante o Período Clássico Terminal. A seca Multidécada entre 820 e 870 dC, de 50 anos, era parte de uma tendência de estiagem regional mais ampla que começou em 640 dC, culminando em 1020 dC com um período mais seco de um século, o maior no registro climático. Os estágios iniciais dessa tendência de estiagem correspondem ao aumento nas guerras políticas internas (FIGURA 61, A e B) e ampliação do número de centros políticos concorrentes, enumerados a partir de textos históricos datados (FIGURA 61, C e D). Eventos relacionados à guerra aumentaram durante um intervalo de seca de 20 anos, entre 640 e 660 dC, mas, em seguida, atingiram o pico

durante um intervalo mais úmido entre 660 e 700 dC. O clima seco após a seca de 640 dC pode ter agravado a degradação ambiental que ocorreu entre os séculos 6-5 dC juntamente com a expansão da população sob um regime climático mais úmido posterior. A estiagem teria limitado a produtividade agrícola, estimulado a guerra política interna, e promovido a competição política e a cisões que acabaram desestabilizando a sociedade Maia.

O interesse nessa correlação apresentada por Kennett *et al* (op cit) é verificar que os eventos históricos dos Maia tiveram associação diretamente com o ritmo climático, ambos tiveram um papel importante na desagregação da sociedade Maia. Porém, o clima não determinou o final dessa sociedade, os esquemas adaptativos não foram eficazes para manter a coesão social em período de crise. Os Maia continuaram a explorar seus recursos, não se preocupando em limitar seu crescimento e a exploração ecológica. Tiveram dificuldade em conter o conflito interno, que ao consumir seus recursos, minou suas resiliências para resistir às adversidades com novas estratégias adaptativas. Ou ainda, ter minado até sua compreensão de que não havia mais meios para manter sua civilização.

Turner & Sabloff (2012) desenvolveram um modelo ecológico explicativo de grande interessa para explicar o rápido abandono das terras baixas Maia (FIGURA 62). Por esse modelo os Maia teriam causado um *stress* ambiental, cuja degradação dos recursos não teria ofertado mais condições de administrar as secas sucessivas pós século VI. Nessas terras, por mais de 1500 mil anos os Maia usaram os recursos naturais intensivamente, sobretudo no uso do solo. Até o período Clássico Tardio, praticamente todas as florestas de terra firme haviam sido retiradas para o cultivo. Mantendo pequenas porções tampões próximo às cidades.



Fonte: Turner & Sabloff, 2012, p. 13911.

Figura 62: Interação sociedade ambiente nas terras baixas centrais Maia.

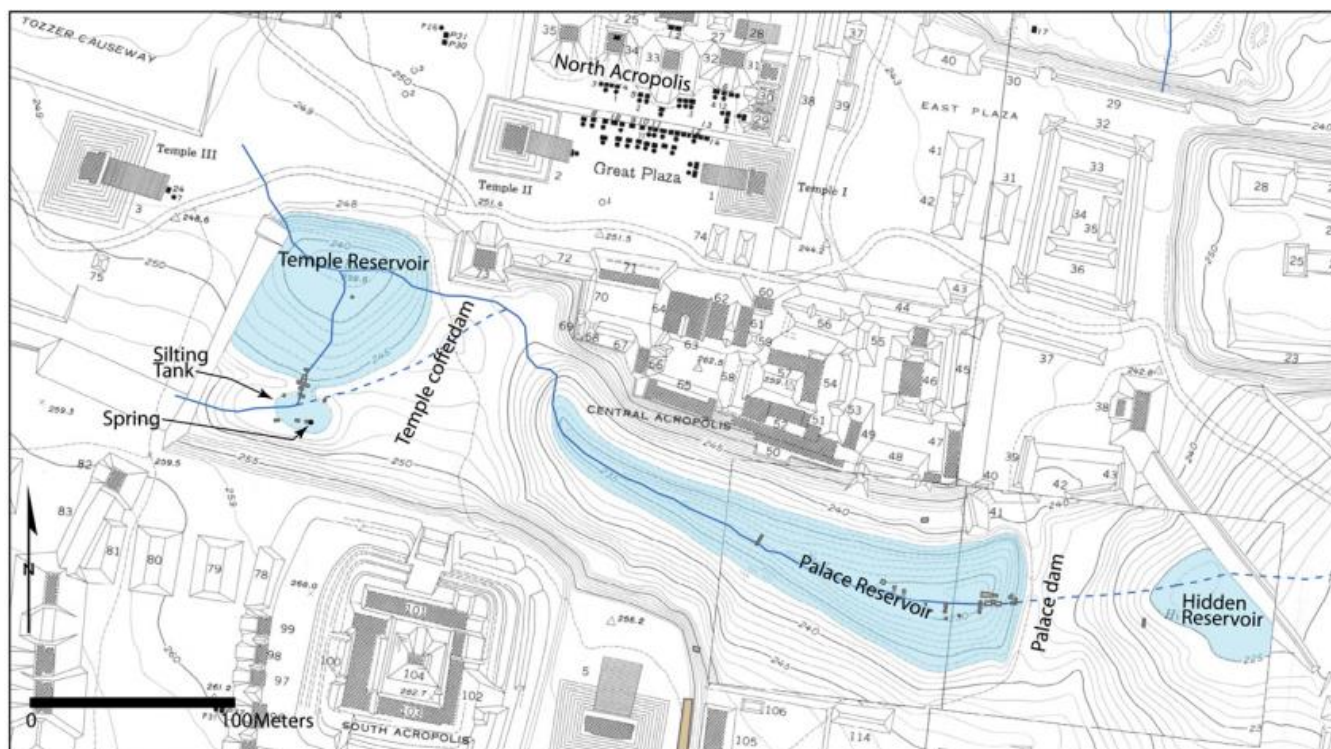
As terras desmatadas eram frequentemente queimadas para cultivo, o que favoreceu a invasão por samambaias. As áreas cultivadas aumentaram, impermeabilizando o solo, facilitando a perda do solo e a sedimentação nos rios. Principalmente das terras altas para as terras baixas e úmidas ribeirinhas. Nesses locais de sedimentação foi desenvolvida a agricultura em terras inundadas mais tarde. Com o desmatamento tornou-se difícil obter lenha e madeira para construção, e ocorreu a extinção da caça. Com poucos rios na região, para manter as cidades os Maia construíram grandes reservatórios para armazenar água da chuva, uma das estratégias adaptativa eficiente por um longo período.

Todo esse processo de *stress* ambiental tornou quase impeditivo obter insumos, incluindo mão de obra, palha e estrume. Condições que coincidiram com os períodos de seca prolongada, que eram amplificadas pela falta de vegetação, e a rápida evaporação. Essas condições retroalimentadas de deterioração ambiental poderia ter levado a elite política a tomar a decisão de abandonar a cidade, por não se justificar mais o esforço de permanecer. A capacidade de resistir, construindo resiliências às adversidades ecológico-climáticas utilizando os recursos que disponham foi reduzida ao extremo. O padrão de organização em cidades não podia mais ser mantido, e a alternativa teria sido a busca de um novo limiar adaptativo. Para se preservarem e sobreviverem os moradores abandonaram as cidades e

passaram a viver em pequenas aldeias, nas matas. A organização sociopolítica da civilização Maia clássica deixou de existir, mas os seus descendentes sobreviveram, e ainda vivem em vários países da América Central, em especial no estado de Chiapas, no México, e na Guatemala.

Uma conjunção de fatores convergiu para os diversos declínios Maia: aumento populacional, guerras e conflitos internos e externos, degradação ecológica e da terra, redução das chuvas por décadas e doenças. É preciso compreender além dos fracassos que levaram ao colapso e verificar os meios eficazes desenvolvidos para se gerir a escassez. Os Maia desenvolveram recursos variados, muitos dos quais podem ser apropriados e adaptados. Somente com as tecnologias recentes e a necessidade de reduzir as vulnerabilidades das sociedades atuais é que essas estratégias adaptativas antigas adquiriram relevância.

SCARBOROUGH *et al* (2012) através de mapeamento, estudos de sedimentação e escavação arqueológica revelaram uma forma eficiente dos Maia gerirem a água e o uso da terra em Tikal. Os Maia construíram mais de dez reservatórios de água em Tikal; a maior barragem antiga da América Central e um grande coletor de água para o reservatório. Canais de abastecimento para o reservatório; Filtro de areia para limpar a água entrante no reservatório; Uma estação de comutação para facilitar a alimentação e o esvaziamento sazonal do reservatório; e um canal profundo de ligação através das rochas (FIGURA 63). Essas obras de engenharia foram integradas em um único sistema, que sustentou o complexo urbano durante um longo tempo, e fornecem aprendizados para a construção e utilização de sistemas de gestão da água em ambientes de florestas tropicais.



Fonte: Scarborough *et al* , 2012, p. 12410.

Figura 63: Mapa topográfico indicando três grandes reservatórios de água construídos pelos Maia na cidade de Tikal, localizado na atual Guatemala. Da esquerda para a direita em azul: Reservatório do Templo, Reservatório do Palácio e o Reservatório Invisível.

Os reservatórios do Templo, com capacidade para 27140 m³, o reservatório do Palácio, com capacidade para 74631 m³ e o reservatório Invisível 57559 m³ estão indicados na Figura 63, com a localização das escavações, bem como o antigo canal de drenagem, o tanque de decantação e uma nascente. Canais de drenagem foram entalhados nas rochas para redirecionar as águas, a fim de alimentarem os reservatórios. Pois, o regime de chuvas na região de Tikal era sazonal, e o relevo cárstico não acumulava água, e os rios eram intermitentes, ou pouco perenes. A solução engenhosa dada pelos Maia foi construir grandes reservatórios para guardar água, dezenas deles em várias cidades e locais das terras baixas.

Esses canais, e todo sistema hidráulico, tiveram início de seu uso junto com a colonização inicial das terras baixas, entre 600 aC e 250 dC. Os Maia continuaram sua expansão quando a sociedade atingiu seu máximo entre 650 e 800 dC.. Nesse período, Tikal poderia ter população variando de 10 a 100 mil habitantes, dependendo da época do ano. Após o século IX os habitantes abandonaram a cidade. Entre as causas desse abandono, estiveram as mudanças climáticas, o uso intenso dos recursos, desequilíbrio ecológico, guerras internas, e até doenças, como visto.

Conforme Scarborough *et al* (op cit), os Maia foram capazes de construir formas eficazes de gerir a água, que duraram quase 1500 anos, numa época de forte instabilidade climática. Porém, as secas sistemáticas, sobretudo nos séculos IX e X, dificultaram a administração da sociedade complexa e grande em que se tornaram. Após terem crescido em população, tamanho e poder político as cidades passaram a se fragmentar, surgindo várias cidades pequenas, rivais e em conflito.

Outros aspectos relevantes são considerados no declínio da civilização Maia clássica, como no campo da saúde. Constantemente as águas eram poluídas com cinzas vulcânicas, vindas de erupções de vulcões da região, dejetos humanos e orgânicos da atividade cotidiana se acumulavam nos canais. Embora os filtros de areia fossem relativamente eficientes, não poderiam evitar a contaminação eventual por vírus ou bactéria.

Existem centenas de hipóteses acerca dos apogeu e declíneos Maia. Muitas dessas hipóteses são verificáveis, sob uma conjunção de fatores, como verificado nos resultados das pesquisas expostos. Três aspectos são importantes evidenciar a partir desses resultados.

Os Maia souberam identificar o padrão de variabilidade climática, desenvolveram ciências e técnicas específicas, como a astronomia e os marcadores precisos de tempo, associados aos ritmos naturais, e uma agricultura intensiva capaz de alimentar grande contingentes populacionais. Em segundo, essa capacidade adaptativa permitiu que elevassem o potencial de resiliência social, não levando em consideração o potencial de resiliência ecológico, tampouco a elevada imponderabilidade do clima, e as alterações ecológicas que resultariam dessas variações aleatórias imprevisíveis. Com isso, aumentaram a população, e exploraram seu entorno além da capacidade de recuperação, conduzindo a retirada das florestas, assoreamento dos rios, arenização, empobrecimento dos solos, promovendo grande degradação ambiental.

Em terceiro, se por um lado a construção de reservatórios possa ter sido um esquema adaptativo otimizado e eficaz, ela ocorreu num período em que os Maia já haviam desequilibrado o meio ecológico, e a elevada população urbana dependia de recursos de forma crescente. Geraram um círculo retroalimentado de desestabilização ecológica e social. Ainda é cedo para avaliar se eles tinham noção desse fato. Contudo, sua ciência falhou ao não encontrar formas de uso equilibrado e racional da exploração dos recursos. E a indiferença das elites minou as organizações sociopolíticas, que, ao invés de se dedicar a busca de soluções, promoveu disputas internas, tornando ainda mais vulnerável essa sociedade.

As evidências sugerem que os Maia tiveram escolha, mas suas escolhas conduziram a construção de esquemas mau adaptativos, ao subjungarem a natureza instável dos ritmos

climáticos, imaginando que tinham total domínio e previsibilidade desses ritmos, e ao desconsiderarem a importância dos fatores ecológicos à manutenção do ciclo das águas para o abastecimento necessário a manutenção de suas atividades. Os esquemas adaptativos que permitiram desenvolver sua sociedade, usados de forma intensiva fragilizaram essa mesma sociedade.

Na atualidade verifica-se uma crescente concentração da população em grandes metrópoles e centros urbanos, com crescente demanda por água, energia e recursos para manter o elevado consumo. A vulnerabilidade crescente dessa sociedade pautada num padrão de organização concentrado e voltada ao consumo encontra paralelo nos casos das cidades Maia. É preciso repensar o padrão de organização, tamanho, população e os hábitos de consumo das sociedades atuais e a economia, procurando dar ênfase ao uso de recursos renováveis, conservação da água e energia, a fim de reduzir as vulnerabilidades climático-ecológicas. Essas metrópoles têm poucas condições de suportarem longos períodos de estiagem, bem como tem promovido a exaustão dos mananciais.

Vulnerabilidades climáticas também estiveram presentes entre as cidades romanas da antiguidade. Na antiguidade o Império Romano se tornou grande e vulnerável às condições climáticas, as quais contribuíram significativamente para o seu declínio.

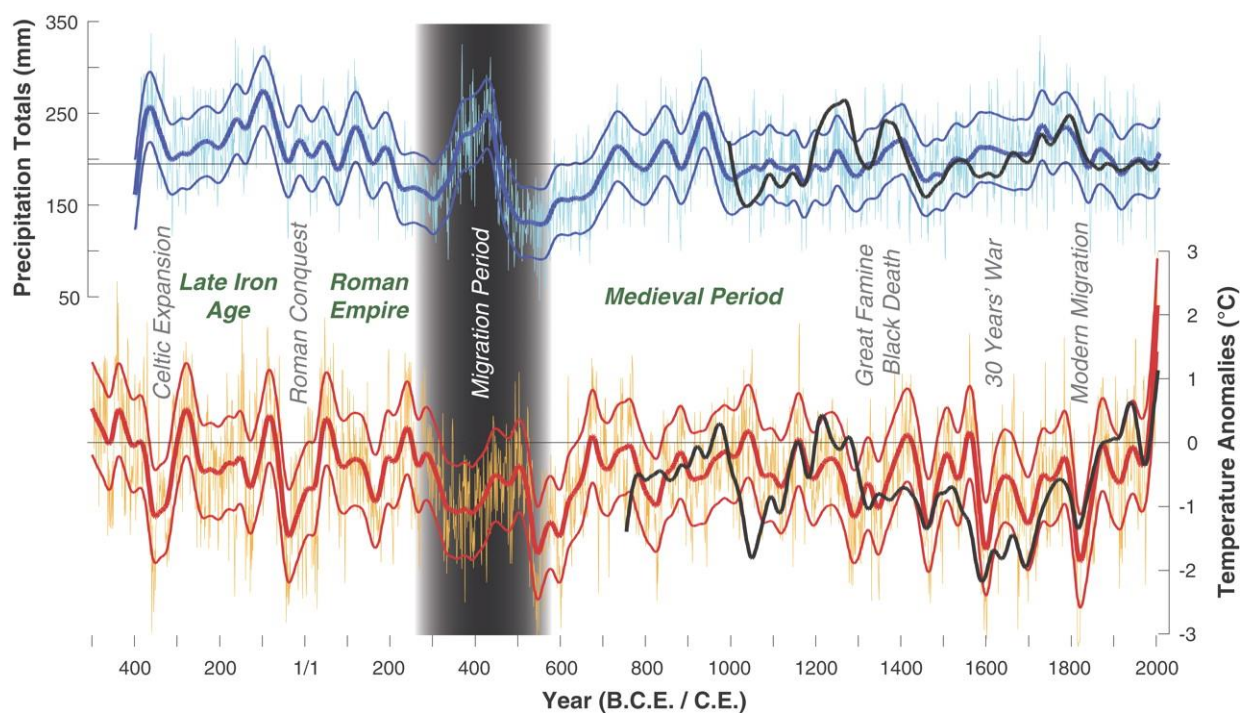
4.3.3. ROMA ANTIGA SOB INTEMPÉRIES

A ascensão do Império Romano geralmente é associada a agentes internos e externos no campo social e político. Pouca relevância se dava ao que havia ocorrido no ambiente. Recentemente essa visão tem mudado, e incluído as variáveis ambientais que independem da ação humana.

Se por um lado não se pode atribuir a ascensão e queda de grandes civilizações às mudanças climáticas, como no caso dos Maia e do Império Romano, existem correlações entre o contexto histórico e as variações climático-ecológicas, indicando que os processos naturais não podem ser deixados em segundo plano. Essa forte interação clima sociedade também ocorria no Império Romano.

Büntgen *et al* (2011) mostraram a correlação entre atividades econômicas, sociais e climáticas durante o Império Romano. Foram cruzadas informações de *proxies* climáticas associadas à precipitação e temperatura, obtidas a partir de anéis de árvores, para uma série

temporal de 2500 anos, correlacionadas com datações da cultura material, cronologias de eventos históricos, e medida do estado da atividade socioeconômica (FIGURA 64).



Fonte: Büntgen *et al*, 2011, p. 581.

Figura 64: Correlação entre temperatura, precipitação períodos históricos, e declínio do Império romano, nos séculos IV e V.

A Figura 64 fornece a correlação entre fases históricas, sobretudo o período do declínio do Império romano, nos séculos IV e V, com a redução das temperaturas e precipitação. A época considerada o auge do Império romano, por volta do ano 100, ocorre no período de estabilização das fronteiras da Pax Romana, entre os anos 27 a.C. e 180 d.C. Após o ano de 250 d.C., o clima assume tendência de resfriamento, com fortes períodos de estiagens, quedas das temperaturas médias de 2 °C, e redução média nas precipitações de 40 %.

O clima instável, com tendência a estiagens e frio na Europa de ~250 d.C. a 550 d.C. coincidiu com crises política, social e econômica durante o período da grande migração europeia. Nesse período, o Império Romano enfrentava invasões e revolta das províncias na Europa. A precipitação caiu acentuadamente na primeira metade do século VI, fazendo baixar os lagos na Europa e África. Uma explosão vulcânica no ano de 536 d.C. acentuou ainda mais a onda de frio que se estabeleceu. Uma pandemia ocorreu entre 542 e 543 d.C. Essas variações no clima, conflitos e epidemias enfraqueceram a produção global de alimentos, trouxe problemas inflacionário, forte migração e desestabilização política.

Simultaneamente o Império Romano tentava manter suas fronteiras, sofria com a desestruturação política interna, atravessava problemas de abastecimento e crises econômicas, que conduziram ao declínio no século V. As temperaturas começaram a aumentar a partir do fim do século VI dC. Verões mais úmidos e quentes se estabeleceram, no momento em que se consolidam novos reinos na Europa.

Análogo ao que ocorreu com a sociedade Maia, os romanos tinham a sua disposição recurso científicos, tecnológicos e socioeconômicos suficientes para construir soluções adaptativas às variações do clima. Uma conjunção de fatores atuou sobre seu declínio, e as atitudes e as decisões políticas negligenciaram as variáveis ambientais. Sociedades pré-industriais foram sensíveis à fome, doenças e guerra, muitas vezes decorrentes de estiagens prolongadas por anos, inundações, geadas ou incêndio devido às secas. Contudo, no caso romano seu sistema complexo adaptativo no campo da organização sociopolítica falhou.

Conforme Büntgen *et al* (2011) a elevação das temperaturas, das chuvas e a redução da instabilidade climática conduziram ao Aquecimento Medieval entre os séculos VIII e X, correspondem a um novo aumento demográfico, com o estabelecimento de colônias nórdicas na Islândia e Groelândia. Entre os séculos X e XII as temperaturas flutuaram menos, mantendo o período do “Aquecimento medieval”, coincidindo com esse crescimento econômico e demográfico na Europa (Figura anterior). Durante os séculos XIII e XIV o clima se tornou mais frio, dando início a “Pequena idade do gelo”, que ocorreu simultaneamente a fome generalizada na Europa. O clima frio desfavorável pode ter contribuído para desestabilização econômica que se instalou a partir da segunda pandemia de peste negra, e reduziu a população da Europa após o ano de 1347 dC. entre 40 % e 60 %. No início da Pequena idade do gelo as temperaturas caíram no Norte, as terras da Groelândia foram abandonadas rapidamente entre os séculos XVII e XIX. Nova queda das temperaturas no século XIX correspondeu a uma migração intensa no século XIX.

Esses eventos mostram que as populações não são imunes às variações climáticas. O clima tem o poder de ora desestabilizar, ora promover condições climático-ecológicas favoráveis. Contudo, verifica-se que a organização sociopolítica passou a ter crescente importância na construção de estratégias adaptativas. Falhas nos esquemas do sistema complexo adaptativo sociopolítico por negligência, conflitos e não criarem laços políticos internos e externos favoráveis, fizeram os romanos atribuírem menor importância ao clima e a sustentabilidade ecológica, o que tornou as cidades do Império Romano mais vulneráveis, e contribuiu para o seu declínio. O clima e a exaustão dos recursos ecológicos atuaram significativamente ao lado dos fatores internos e externos de ordem social e política.

Os casos de interações entre o ritmo ecológico-climático e a evolução das sociedades Maia, Romana e Egípcia demonstraram que os sistemas complexos adaptativos estruturados no pós-grande salto, há 40 mil anos atrás, continuaram a evoluir, derivando novos sistemas, explicando a diversificação holocênica de estratégias adaptativas; ou seja, como as sociedades foram capazes de desenvolver estratégias adaptativas similares, em lugares diferentes e distantes, de modo independente e quase simultâneo no Holoceno. Os processos de auto-organização e a evolução cognitiva e cultural deram suporte a evolução do imbricado de sistemas de objetos, ações e processos naturais e a contínua produção e evolução do espaço-tempo ambiental. De forma que, a abordagem geográfica se mostrou promissora para compreender a evolução das sociedades no espaço-tempo.

As sociedades evoluíram a partir de um acoplamento estrutural com o meio ecológico e as condições do ritmo do clima. As alterações climáticas funcionaram como pulsos catalizadores das inovações, e na diversificação dos sistemas cognitivos. Ao estruturarem sistemas cognitivos de elevada abstração os humanos modernos souberam identificar e construir meios para terem autonomia e resistirem diante das adversidades das intempéries. Desse modo, construir resiliências e/ou buscar novos limiares de adaptação é o fundamento a ser alcançado para elevar o grau de sustentabilidade, é o que se buscar dialogar no próximo Capítulo.

CAPÍTULO 5

FRONTEIRAS E POSSIBILIDADES: ESTRATÉGIAS ADAPTATIVAS ÀS VARIÇÕES CLIMÁTICAS E SEUS LIMITES

“O clima da Terra nunca foi estável. O clima tem variado em todas as escalas de tempo e continuará a variar no futuro, independente da intensidade com que as atividades humanas o afetarão.”²⁹

Neste Capítulo são apresentados resultados e reflexões acerca do significado da adaptação e a construção de resiliências, bem como os limites no uso intensivo de estratégias adaptativas especializadas, como a agricultura, uso e conservação da água, padrão de organização sociopolítica e espacial. A analogia entre as sociedades estudadas e as atuais revelou que as sociedades atuais atingiram patamares de vulnerabilidade elevados e crescentes. As sociedades atuais reduziram as resiliências sociais, ecológica e frente às adversidades climáticas, cuja manutenção da subsistência depende de grandes fluxos contínuos de energia, água e matérias primas para produzir alimentos e manter as atividades.

Nesse sentido, procura-se estabelecer uma dialógica acerca dos significados da adaptação e da resiliência, e apresentar alternativas para reduzir a vulnerabilidade climático-ecológica. Embora as sociedades atuais possuam sistemas complexos adaptativos capazes de prover soluções e estratégias adaptativas variadas frente às adversidades climático-ecológicas, a seleção de melhores esquemas adaptativos envolve escolhas políticas e capacidade de mudar padrões, atribuindo elevada incerteza acerca da sustentabilidade futura dessas escolhas. De modo que, adaptação e capacidade resiliente requerem ações contínuas e proativas a diversos cenários simultaneamente. Pois, com a pesquisa pôde-se constatar que o clima continuará a mudar em todas as escalas, como foi no passado, de forma rítmica e imponderável.

²⁹ MARKGRAF, Vera. *Interhemispheric climate linkages*. San Diego: Publisher Academic Press, 2001.

5.1. CONHECIMENTO *VERSUS* TECNOLOGIA *VERSUS* ESPECIALIZAÇÃO

Acerca do sucesso e do fracasso de muitas sociedades no passado é importante observar dois aspectos. Primeiro, de um lado, se o desenvolvimento e o uso de sistemas cognitivos auto-organizados de elevada abstração trouxeram maior possibilidade para se construir novas estratégias adaptativas aos ritmos dos sistemas naturais e sua instabilidade intrínseca, por outro, as sociedades ainda não experimentaram no Holoceno nenhuma glaciação abrupta do tipo D-O e H ocorridas durante o glacial Würm. O Holoceno tem sido um período de “regularidades”, um “longo verão”, se comparado à elevada instabilidade climática nos 2,5 milhões de anos do Pleistoceno.

As condições ecológico-climáticas tem sido favoráveis aos modos de exploração de recursos atuais, e ao incremento de população e produtividade das estratégias adaptativas hegemônicas. Essa “normalidade” encobre os riscos climáticos e as vulnerabilidades frente aos ritmos naturais verificados no passado distante, em especial as variações experimentadas desde o pós-grande salto pelos humanos modernos, há 40 mil anos atrás.

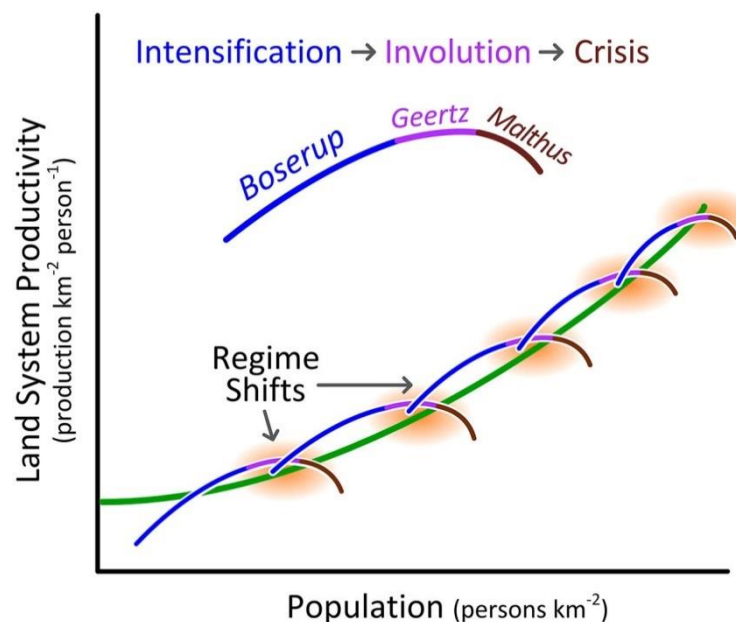
Foi visto nos capítulos anteriores que os humanos modernos entraram no Holoceno vivendo em grupamentos maiores, ainda na condição de caçadores-coletores, com cultura, sociedade e tecnologias mais adaptadas a organização sociopolítica mais complexa. Isso exigiu a intensificação do uso do solo e do meio ecológico antes da agricultura, incluído a ampliação da dieta, o uso do fogo para melhorar o forrageamento, a coleta sistemática e seletiva, processamento de alimento (secagem, moagem e armazenamento), construção de abrigos e a fixação em aldeias de maior contingente populacional.

Conforme Ellis *et al* (2013), apesar das estratégias adaptativas dos povos caçadores-coletores serem menos produtivos do que a agricultura, elas possibilitaram aos grupos crescerem além da capacidade de suporte dos ecossistemas. Com o aumento gradual da demografia foram adotadas práticas de uso mais intensivo do solo, como a agricultura, e/ou a migração para novas áreas.

Ellis *et al* (2013) apontaram que o uso intensivo dos recursos naturais e do solo pela agricultura ocorreram desde o início do Holoceno, com impactos severos sobre os ecossistemas, degradação dos solos, florestas, rios e, possivelmente, até alteração do clima local, e possivelmente regional. No passado distante as técnicas utilizadas necessitavam de grandes áreas desmatadas para produzir alimentos, degradando rapidamente os solos, os

ecossistemas e a biodiversidade se comparado com a área necessária para se produzir na atualidade.

Essa intensificação do uso do solo pode ser definida como uma resposta adaptativa das populações humanas a pressões demográficas, sociais e econômicas que conduziram a necessidade de ganhos de produtividade, sob um processo de três fases, envolvendo a disponibilidade de tecnologias e de terras, condições do meio ecológico e potencial do solo para suportar a intensificação (ELLIS *et al*, 2013). A primeira fase representa a tendência para o aumento da produtividade com a adoção de tecnologias mais avançadas, elevando a produtividade mais rápido do que o aumento populacional, como propunha a teoria de Ester Boserup. Na segunda fase a curva de produtividade encontraria seu limite, e passaria a se estabilizar com o esgotamento dos sistemas tecnológico empregados, conforme propôs Clifford Geertz. Na terceira fase pode ocorrer uma crise de produtividade, como sugeriu Thomas Malthus, quando se esgota a capacidade das tecnologias e do meio ecológico em manter o aumento da população (FIGURA 65).



Fonte: Ellis *et al* (2013).

Figura 65: Modelo de intensificação do uso da terra, com três fases: Intensificação de Boserup (azul); Involução de Geertz (violeta); e a fase de Crise de Malthus (marrom). A curva verde destaca tendência ao aumento da produtividade com o aumento da população.

Como consequência da intensificação e do aumento da população e do padrão de consumo atual, um segundo aspecto sobre o sucesso ou fracasso das sociedades conduz a

avaliação da hipótese de Jared Diamond sobre o uso de tecnologias sofisticadas para reduzir a vulnerabilidade climático-ecológica. O uso sistemático de tecnologias e ciências especializadas permitiu o aumento e expansão populacional e trouxe consigo a necessidade de maior intensificação no uso dos recursos naturais e dos sistemas agrícolas.

Embora a taxa per capita de uso da terra tem declinado com a intensificação da agricultura e a adoção de novas tecnologias (ELLIS *et al*, 2013), indicando que os processos adaptativos estão em curso na tentativa de aumentar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, a intensificação do uso de tecnologias sofisticadas necessitam de grandes acréscimos de insumos externos e energia, o que pode tornar as sociedades mais vulneráveis as intempéries e as alterações ecológicas.

Verifica-se assim que a hipótese de Diamond (2005) se sustenta, pois especialização e uso intensivo de tecnologias sofisticadas podem tornar uma sociedade mais vulnerável. Isso se verificou no passado, como no caso dos Maia, do império egípcio e romano e ocorre entre as sociedades modernas, com a notória degradação ambiental em todo planeta, uso intensivo da agricultura, e a dependência global dos atuais sistemas de energia, dependentes, sobretudo, de fontes externas e não renováveis, centradas no uso de hidrocarbonetos. Mais tecnologia para intensificar a produtividade dos sistemas agrícolas pode aumentar ainda mais o consumo de energia e a degradação do meio ecológico, tornando as sociedades mais vulneráveis.

Entre as alternativas para reduzir as vulnerabilidades surgem propostas para se produzir através da geração de sinergia com a natureza, cooperando com ela e respeitando seus limites. A agroecologia, proposta inicialmente por Basil Bensing na década de 1920, é uma alternativa para a produção de alimento em cooperação com as características de cada ecossistema, sem uso de químicos, usando um conjunto de espécies e técnicas para se produzir alimentos a partir de unidades produtivas pequenas, com baixa dependência externa de insumos. Análogo a agroecologia se apresentam outras alternativas como a agricultura biodinâmica, a permacultura e a ecologia política.

A permacultura envolve todo um conjunto de estratégias para se produzir em cooperação com o *design* da natureza, de estruturar habitats sob uma visão sistêmica, procurando formas mais equilibradas do ponto de vista social e ecológico. Sob a cultura da sustentabilidade busca a auto-produção mantendo permanentemente o equilíbrio ecológico, através de estilo de vida simples e integrado na construção de abrigos, uso de bioconstrução energia renovável, produção de alimentos orgânicos e em canteiros sucessionais, transporte, saúde, bem estar e educação.

O *design* da natureza é referência para a permacultura desde a produção de alimentos, às ciências, às tecnologias de materiais, produção de energias alternativas renováveis, a interações sociais até a construção de casas e fabricação de roupas. Na construção de casas a bioconstrução tem procurado construir com matéria prima local, próxima a construção, com materiais reciclados, de baixo custo e baixa dependência de insumos externos.

A ecologia política propõe formas de produção mais harmônicas entre as sociedades e os ecossistemas. No campo da ciência, a teoria do conhecimento transdisciplinar tem trazido ideias para encontrar formas mais abrangentes de conhecimento, para se compreender os processos sociais, físicos e biológicos ocorrendo integrados, conforme se apresentam os processos e os ritmos naturais, a fim de interagir com a natureza e se organizar a partir dessa compreensão abrangente. Na produção de energia atribui grande esforço no desenvolvimento de fontes renováveis, entre elas a eólica, a solar, das marés, geotérmica, da biomassa, bem como a energia do hidrogênio e a fusão nuclear.

A busca de alternativas com maior sustentabilidade em geral tem se dedicado a aprender mais sobre os processos naturais, a fim de encontrar equilíbrio entre o uso de novas tecnologias, a redução da dependência externa de recursos e a redução das vulnerabilidades climático-ecológicas. Observa-se esse esforço no transporte público com a adoção de ciclovias nas cidades para reduzir o uso do automóvel. Nesse processo de (re)aprendizagem, o uso de tecnologias simples e eficazes, e o conhecimento tradicional aliado aos saberes modernos podem ser mais eficazes para elaborar ações proativas, e a desenvolver formas menos impactantes de organização, produção e exploração de recursos, a fim de elevar as resiliências e reduzir a vulnerabilidades.

A mentalidade está mudando, lentamente, mas de forma continuada. Conforme Fagan (*op cit*), a sociedade como um todo tem um poder maior de operar mudanças, através do acúmulo intencional de saberes para que a mudança ocorra. Foi assim no passado, e está ocorrendo no presente com iniciativas ecológicas em cidades como Seattle nos EUA, Frankfurt na Alemanha, Estocolmo na Suécia e outros lugares. Em algum momento, com ou sem mudanças climáticas, as alterações podem se tornar efetivas, e promover um novo padrão de organização social, econômico e interações ecológicas com maior grau de sustentabilidade que os atuais.

“Não foi o impacto imediato de uma grande mudança, como uma grande seca, ou um ciclo de inundações, ou um El Nino que provocou mudanças políticas ou sociais. Mas as consequências sutis que se espalham pela sociedade fizeram diferença: novas estratégias para armazenamento da água;

plântio de cereais mais resistentes à seca; desenvolvimento de novas instituições, como as sociedades secretas que colhiam informações para prever as chuvas.” (FAGAN, 2009, p. 13)

5.2. SISTEMAS COMPLEXOS ADAPTATIVOS E SEUS LIMITES ATUAIS

As sociedades se mostraram eficazes em construir estratégias adaptativas para lidar com a variabilidade climática e a instabilidade dos ritmos naturais. A evolução cultural e cognitiva operaram em conjunto no desenvolvimento de sistemas complexos adaptativos que possibilitaram uma gama variada de meios para escolher os melhores lugares, construir abrigos e fazer arquitetura; selecionar, domesticar e produzir alimento com a agricultura; dominar diferentes formas de energia e o uso da água, entre outros.

Contudo, a complexificação e a diversificação elevada de sistemas adaptativos especializados tem conduzido a falta da ideia de conjunto, em especial a falta de clareza de que a sociedade evoluiu a partir de um acoplamento estrutural com o ambiente. Atualmente ocorre uma desconexão entre o que ocorre no ambiente e o que imagina a sociedade. Esses aspectos atingem todos os sistemas adaptativos contemporâneos, no plano político, nos sistemas de ensino, nos diferentes campos da ciência, nas artes.

Conforme apontara Mithen (*op cit*), atualmente, com a mudança para as grandes cidades, os mais jovens têm desenvolvido novos domínios cognitivos especializados, como os campos da lógica e da matemática, e perdido os domínios cognitivos acerca dos movimentos da natureza. Uma mente cognitiva fluida adquiriu elevado grau de liberdade para criar, mas pode se fechar sobre si mesmo na medida em que se reduz o aprendizado sobre o seu entorno. Isso dificulta a percepção das mudanças e impactos ambientais, e da crescente vulnerabilidade, bem como a necessidade de se elaborar novos esquemas adaptativos.

A própria ciência positiva, um sistema complexo adaptativo moderno, conduzida ao limite não parece fornecer bases para elevar o grau de sustentabilidade. Suas limitações epistemológicas não permitem construir, a partir do pensamento, a conexão entre diferentes níveis de percepção acerca das dimensões da realidade, a fim de lidar fenômenos compostos, que não podem ser compreendidos por suas partes constituintes. A emergência da ciência da complexidade fornece uma possibilidade de superar essas limitações. Conforme Prigogine (*op cit*),

A ciência, tornada laica, ficou sendo o anúncio profético de um mundo descrito tal como é contemplado de um ponto de vista divino, ou demoníaco: ciência de Newton, esse novo Moisés a quem a verdade do mundo se descobre, é uma ciência *revelada*, definitiva, alheia ao contexto social e histórico que a identifica como atividade de uma comunidade humana. (PRIGOGINE, 1997, p.60)

No campo da educação, o elevado poder de abstração ofertado aos mais jovens os leva a uma falsa ideia de que estão fora de um contexto ecológico, que os marcadores de tempo que utilizam têm referência aos ritmos naturais que todos os dias eles veem, mas não percebem como parte de seu mundo. A crítica de Prigogine refere-se a uma visão idealizada, de um ser onisciente fora do mundo, que imagina o mundo sem suas incertezas, flutuações, contexto social, cultural e sua relação com os ritmos naturais e sua instabilidade.

Um bom exemplo fornece Elias (*op cit*), ao lembrar que a representação da translação terrestre ao redor do Sol se constitui numa forma abstrata de representar esse movimento, a partir de muitas observações, acúmulo de saberes de milhares de anos, mas que os indivíduos não conseguem mais notar essa evolução cognitiva, a sua referência com o mundo real e importância nas suas vidas.

A representação geral de uma Terra gravitando no espaço ao redor do Sol constitui uma síntese de alto nível relativamente elevado, consequência de inúmeras observações pormenorizadas e de inúmeras sínteses de menor envergadura, que a precederam. Constitui também uma síntese comparativamente fiel ao real. [...] Os seres humanos que crescem manejando conceitos representativos dessa síntese realista de alto nível tomam-se facilmente por sua experiência do mundo. Mas, pelo fato de isso lhes ser tão fácil, eles podem esquecer, ou não querer saber, que, na escala da humanidade, a ascensão até esse nível representou um processo extremamente difícil, que durou milhares de anos. (ELIAS, 1998, p. 138-139)

O atual sistema de ensino volta-se ao conteúdo e esquece as experimentações. As sociedades do passado tinham mais contato com os marcadores dos ritmos naturais, como o movimento do Sol e da Lua, das marés, das cheias e vazantes dos rios. As sociedades tradicionais observam essas mudanças e constroem saberes em sintonia com esses ritmos. A percepção do mundo ao redor é fundamental para se compreender como foram elaborados esquemas adaptativos das sociedades do passado, a partir de que referenciais elas agiram, e verificar o acoplamento entre os sistemas vivos e esses ritmos, colocando-se como parte desse processo, para então desenvolver esquemas adaptativos com maior grau de sustentabilidade.

5.2.1. SUCESSOS E FRACASSOS DAS ESTRATÉGIAS E A INSTABILIDADE DOS RITMOS NATURAIS

A vulnerabilidade climático-ecológica se acentua à medida que desestruturamos os sistemas ecológicos e exploramos o potencial ecológico além do seu limiar de resiliência. No entanto, independente da interferência ou não da ação humana, a instabilidade, não-linearidade, não-equilíbrio e as mudanças abruptas são característica dos sistemas terrestres, que são abertos, e não podem ser considerados fechados, como alguns livros ainda sugerem.

A certeza da ocorrência futura de mudanças climáticas abruptas na escala global, similares as D-O e H ocorridas no passado, enseja a preparação para atravessarmos cenários de instabilidades climáticas e eventos severos. É recomendável reduzir o grau de vulnerabilidade climática das sociedades, elaborar medidas preventivas e preparar ações pró-ativas, a fim de se adaptar e mitigar impactos futuros, com planejamento em nível global, regional e local. Para tanto, importa conhecer as consequências das mudanças ocorridas no passado, sua extensão, quais estratégias adaptativas as sociedades elaboraram diante da incerteza na variabilidade do clima.

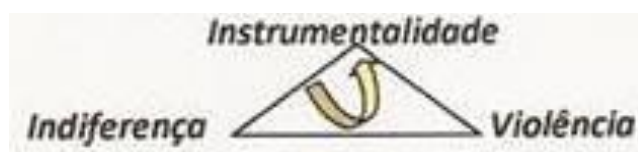
Como observara Jared Diamond, é possível aprender com sucessos e fracassos de sociedades no passado. Durante a pesquisa foi verificado que embora existam muitos estudos em diferentes áreas, estudos de síntese associando diferentes variáveis ambientais aos contextos históricos e socioeconômicos, numa perspectiva mais abrangente, são ainda incipientes. Em parte essa carência se deve ao fato da falta de dados sobre a dinâmica climática e alterações ecológicas locais e regionais com maior resolução, e sua articulação com a escala global, e do global para a escala regional e local.

Acerca do declínio de uma grande sociedade, geralmente ele é multicausal e raramente abrupto. Diamond (*op cit*) elaborou uma abordagem que identifica cinco fatores que atuam isolados e em conjunto no colapso de uma sociedade: mudanças climáticas, dano ambiental, vizinhança hostil, comércio exterior e respostas culturais. Esses fatores são acompanhados de indicadores que denotam o seu grau de influência. A teoria de Diamond é relevante, pois encontramos aspectos descritos por ela em muitos casos, como nos Maia, Império Romano e no Egito Antigo, visto anteriormente, e estimula a pensar formas de se reduzir a vulnerabilidade, e aumentar a resiliência sociocultural e ecológica, e o significado de adaptação.

Conforme a definição do Centro de Resiliência de Estocolmo (Stockholm Resilience Centre, 2011), resiliência é a capacidade de um sistema, seja um indivíduo, uma floresta, uma

cidade, uma economia, lidar com mudanças e continuar a se desenvolver. É a capacidade de utilizar os choques e distúrbios, como crise financeira ou mudança climática, para estimular a renovação. A resiliência seria uma capacidade de longo prazo, no caso de uma cidade envolve a habilidade de lidar com eventos, instabilidades políticas ou desastres naturais, de forma que mantenham a sustentabilidade no longo prazo (ALCÂNTARA, 2013). Baixa resiliência pode levar a mudanças não desejáveis no sistema.

Inspirado na abordagem de Diamond, Silva (2014) propôs uma pedagogia do colapso para se compreender mais facilmente como ocorreu a retroalimentação do processo de colapso nas sociedades para que as pessoas entendam e tomem novas atitudes antes que suas próprias sociedades se desestremem. A pedagogia do colapso de Silva funda-se num fractal cognitivo de três elementos: a indiferença, a violência e a instrumentalidade (FIGURA 66). O eixo da indiferença evidencia o vazio de emoções e racionalidades frente degradação ecológica, e os demais fatores apontados por Diamond. A violência nesse fractal atua de forma complementar a indiferença, referindo-se as práticas cotidianas na educação fundada no medo, intolerância, pré-conceitos e no fechamento cognitivo ao novo. E o eixo da instrumentalidade representa o senso humano sobre a trajetória do colapso: o que pensavam as pessoas, o que sentiam e o que intuía sobre o futuro que poderia ser pior que o presente.



Fonte: Silva, 2014.

Figura 66: Estrutura do fractal da pedagogia do colapso.

A partir da interação desse processo que conduziria a desestruturação e aumento da vulnerabilidade, Silva (2013) propõe três indicadores para se entender os dias atuais e às trajetórias irreversíveis que se instalaram no passado. Um indicador cultural apontaria o grau de indiferença para com a natureza e às futuras gerações, questionando o porquê de as pessoas terem vivido séculos degradando o meio ecológico sem se preocupar com mudanças. O segundo indicador aponta a cultura da convivência das elites com a trajetória do colapso, questionando por que as elites continuaram explorando de forma irresponsável os bens comuns mesmo sabendo do fim. E o terceiro indicador evidencia a cultura da resiliência

ecológica, social, religiosa e política dos sobreviventes, procurando identificar o que temos a aprender com os sobreviventes do colapso.

Construir resiliências é o foco dessa abordagem cognitiva fractal do colapso de Silva (*op cit*). Aprender com as estratégias adaptativas das sociedades do passado pode fornecer subsídios a essa abordagem. Contudo somente aumentar a capacidade de resistir de forma flexível às adversidades não conduz a efetiva transformação. Aparece então uma dialógica entre necessidade de aumentar resiliências, que de certa forma conserva os padrões que conduziriam ao colapso, e a necessidade de transformar a sociedade, e mudar efetivamente a trajetória rumo à desestruturação. Assim, capacidade de resiliência opera de forma complementar a necessidade de transformação.

Para Butzer (2011) uma análise histórica revela que somente elevar a resiliência não é suficiente, pois muitas sociedades entraram em colapso, independente da sua capacidade de resiliência. Há assim a necessidade de não somente reduzir vulnerabilidades, e construir resiliências, mas, simultaneamente dotar a sociedades de capacidade de se transformar, ou transformabilidade.

Nesse sentido, Person & Person (2012) propõem uma visão abrangente para compreender que resiliência não está em oposição à transformação (FIGURA 67). O aumento da resiliência é dirigida ao interior, centrípeta, buscando a manutenção da identidade de um sistema existente, retroalimentado (feedbacks), para manter as estrutura e funções. As nossas sociedades atuais, embora não sustentáveis, são resistentes. A transformação requer exterioridade acidental ou deliberada, um pensamento centrífuga, trajetórias em direção ao exterior, por exemplo, a mudança da economia para uma ecologia política, como propuseram Eric Wolf e Hans Magnus Enzensberger, a fim de buscar uma relação mais harmônica entre as sociedades e os ecossistemas.

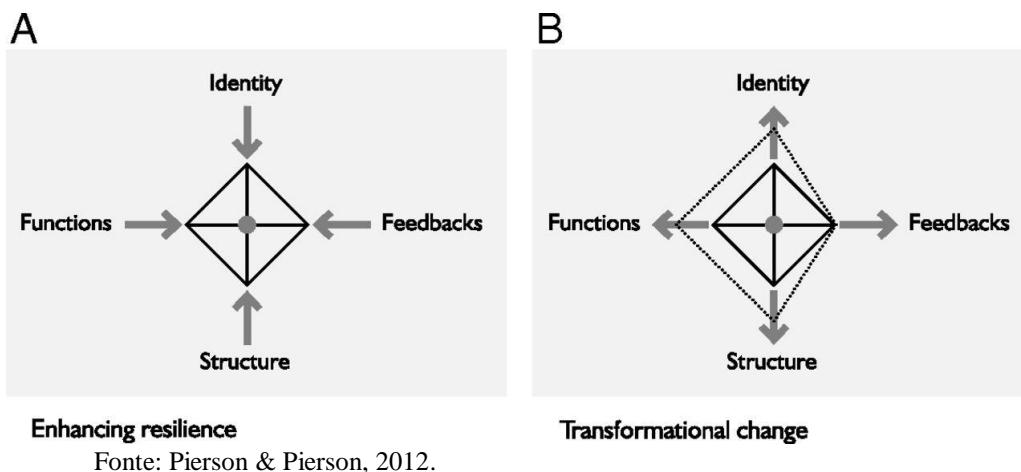


Figura 67: Representação conceitual de resiliência e transformação de um sistema ecológico social. (A) Representação de um sistema que aumenta a capacidade de resiliência. (B) Representação de um sistema em mudança transformacional.

A Figura 67 é uma representação conceitual do aumento da resiliência e da transformação de um sistema ecológico-social. Um sistema pode aumentar a capacidade de resiliência, reforçando características atuais de identidade, através de retroalimentação (feedbacks), fortalecendo suas estruturas e funções, com as ações e esquemas adaptativos orientados ao interior do sistema, a fim de conservá-lo. Já em um sistema em transformação, os esquemas adaptativos orientam as ações para fora do sistema, a fim de transformá-lo.

A partir dessa perspectiva, considera-se que a resiliência e a capacidade de se transformar assumem uma complementaridade dialógica. Embora operem em instâncias aparentemente opostas e independentes, uma é necessária a outra para elevar a capacidade adaptativas das sociedades. Adaptar significa resistir e ser capaz de mudar. Pata tanto é preciso estar ciente da importância do acoplamento estrutural cognitivo autopoietico com o entorno, resgatar valores ecológicos, apreendendo como fazer esta (re)aproximação, sobretudo, com as sociedades tradicionais, que mantêm em suas mente domínios cognitivos naturais.

Desta forma, a construção de estratégias adaptativas precisa ser transversal a todas as instâncias sociais e domínios cognitivos na busca de elevar a capacidade de resistir às mudanças, aprendendo com a experiência, e, simultaneamente verificar as possibilidades de agir para a transformação do sistema como um todo. No geral, as sociedades Maia, Egípcia e Romana falharam por desconsiderarem a interação complexa ambiental, político e sociocultural e superestimar a sua real capacidade de manter sua forma de organização social

diante das condições ecológicas e das características dos ritmos climáticos, suas variações abruptas e o elevado grau de incerteza.

É possível aprender com os erros e acertos dessas sociedades no passado, verificando atitudes que conduziram aos erros e a seleção dos esquemas bem sucedidos, mas não é adequado adotar diretamente ideias antigas aos problemas contemporâneos. O contexto e o que está ocorrendo em determinados momentos diferem e requerem adequações autênticas, a cada instante. Não há uma solução final. As soluções precisam ser construídas de acordo com as possibilidades de cada época, lugar, condições ecológico-climáticas e sociedade.

5.3. COMO LIDAR COM A IMPONDERABILIDADE DO RITMO CLIMÁTICO?

Visto que a dinâmica paleoclimática se apresentou instável, sugerindo a imponderabilidade climática: mudanças abruptas (considerando a escala global, como as mudanças D-O e H), aleatórias, severas não podem ser previstas. Houve momentos em que ocorreram transições climáticas de glaciais para inter-glacial em poucas décadas, ou até meses. Como o caso do Dryas Recente, entre 12,8 mil e 11,5 mil anos atrás. Ou que longas estiagens e ondas de frio intenso tenham se estabelecido numa região por décadas, sem o que o clima global tenha mudado. A partir destas constatações foi elaborada durante a pesquisa uma proposta para desenvolver estratégias adaptativas reunidas e difundidas por um Painel da Sustentabilidade Adaptativa, composto por membros das sociedades modernas e tradicionais, pesquisadores, representantes corporativos e institucionais (LOIOLA, 2012).

Esse Painel seria estruturado a partir de três planos simultâneos para as sociedades lidarem com as alterações climático-ecológicas atuais e futuras, na escala global, regional e local e a um só tempo, aprenderem com as experiências mutuas para se modificarem da melhor forma que encontrarem. Os planos seriam centrados na busca da adaptação pró-ativa, ou da sustentabilidade adaptativa, a três tipos de cenários: Plano A, voltado ao aquecimento global; Plano B, dedicado ao resfriamento global; e Plano C, para casos de instabilidade climática. Entre as medidas pode-se sugerir iniciativas promissoras que já estão sendo testadas:

- Estabelecer associação internacional entre ONGs, Institutos de pesquisas, Sociedades, empresas para gerir um *Painel da Sustentabilidade Adaptativa* internacional, organizados localmente;
- Adoção de tecnologias simples e flexíveis, de baixo custo, fácil assimilação, construídas com materiais locais;
- Desestimular o consumo, e estímulo às trocas e à prestação de serviços;
- Estimular a passagem para a sociedade da informação;
- Criar um grande banco de dados para dar maior visibilidade às iniciativas eficazes já adotadas. Um programa abrangente poderia incluir;
- Implantação e intercambio entre centros de pesquisa voltados ao desenvolvimento de estratégias aos cenários de resfriamento, aquecimento e instabilidades, sobretudo durante mudanças climático-ecológicas abruptas e severas;
- Pesquisa e ensino das mudanças climáticas ocorridas no passado e as estratégias adaptativas;
- Pesquisa e inovação tecnológica verde e social, com alto grau de sustentabilidade a diversos cenários da variabilidade climática e condições ecológicas.
- Uso de Energias alternativas de baixo custo, baixa manutenção e impacto ambiental: eólica, geotérmica, solar, marés e biogás;
- Estimular arquitetura ecológica, isolamento térmica de casas e a adoção do conceito de cidades inteligentes;
- Adoção de sistemas agroecológicos, produção orgânica, agricultura biodinâmica, permaculturas, agroflorestas sucessionais e a autossuficiência alimentar local.
- Retorno de sementes crioulas aos pequenos agricultores, redução da dependência de insumos externos e busca da autossuficiência alimentar;
- Investir em segurança alimentar, logística simplificada, com baixo uso de energia.
- Adoção do plantio de tubérculos, indicado pela FAO–ONU.
- Produção local de alimentos, com uso de hortas em escolas, presídios e parques públicos a fim de disseminar uma cultura de autossuficiência e integração ambiental na população.

Ostrom, Vanwey & Moretsky (2009) demonstraram que muitas comunidades tradicionais, em diversas partes do globo, incluindo povos ribeirinhos na Amazônia, possuem formas de gerir os bens comuns mais eficientes que as empresas e as instituições. Como vimos, esses saberes tradicionais são resultados de acúmulos de aprendizados ao longo de

milhares de anos. Os esquemas adaptativos desses povos, e a forma que encontraram para difundir esses esquemas às futuras gerações, são fontes valiosas para se elevar o grau de sustentabilidade das sociedades modernas e outros povos, sobretudo para elevar os potenciais de resiliência social e ecológica, bem como o aprendizado para a mudança.

A difusão de esquemas bem sucedidos precisa atingir toda a sociedade, para efetivamente torná-la menos vulnerável. Pois, a experiência das sociedades Egípcia, Romana e Maia sugere ser insuficiente uma sociedade se pautar somente em grandes organizações sociopolíticas, na sofisticada capacidade tecnológica e no poder de transacionar a grandes distâncias, para manter o abastecimento em períodos climáticos desfavoráveis.

A cooperação na troca de experiências bem sucedidas, e também das dificuldades, permite a seleção dos melhores esquemas a partir de maior variedade, a fim de se construir resiliências em diversos campos simultaneamente: sociocultural, ecológico, tecnológico e econômico, e se tornarem capazes de transformar a si mesmas, proativamente, antecipando-se aos cenários adversos, ainda que sejam imponderáveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Investigar as interações entre sociedade e as alterações climáticas no passado sob perspectivas evolutivas e cognitivas revelou ser uma das maiores contribuições desta pesquisa, pois a construção de estratégias adaptativas só podem ser compreendidas através de sua evolução no espaço e no tempo. Além de se diferenciarem de um lugar a outro, as sociedades se modificam com o tempo, constroem novos saberes, interagem com seu entorno, constroem relações internas e externas, encontram novas formas de obter alimento, de produzir e alteram o meio ecológico; fazem abrigos e arquitetura, com imaginação e criatividade elaboram a cultura e o espaço social de vivência. Descrevem suas trajetórias no espaço-tempo ambiental em co-evolução com a natureza.

Ao se referir à evolução é preciso ter em mente que evoluir não significa sempre melhorar, como entendido no senso comum. Evoluir significa modificar com o tempo, mudar e se diferenciar, como fizeram as sociedades no passado, ora obtendo sucessos, ora fracassos. Aspectos válidos tanto para a evolução biológica quanto para a sociocultural. No conceito de evolução não há motivo para supor linearidade nos passos evolutivos das espécies, tampouco afirmar “tendências” evolutivas a partir das trajetórias dos passos evolutivos dos fósseis.

Afirmar a existência de tendência é inconsistente e incoerente diante das incertezas e instabilidades preponderante nos processos, sistemas e ritmos naturais, sejam eles físicos, biológicos ou socioculturais. Evolução não segue etapas necessárias e sucessivas determinísticas. Evolução é um processo de construção, no acoplamento estrutural entre seres vivos e seu entorno, sem garantias de sucesso.

Foco da pesquisa, a evolução cultural e cognitiva das sociedades adquiriu novos significados com o aporte teórico da Teia da Vida. Essa teoria evidencia como se dá o acoplamento estrutural autopoietico físico, biológico e cultural para compreender os seres vivos, tanto em seus sistemas internos quanto ao meio externo, a partir da articulação de três teorias inovadoras e seus conceitos chaves de padrão, processo vital e estrutura. Através da Autopoiese de Maturana e Varela, o padrão das relações entre os seres vivos é a rede autopoietica auto-organizada, com capacidade de reproduzir a si mesma. O processo vital dessa rede autopoietica é a cognição, percebida não somente pelo cérebro, mas por toda estrutura do organismo. Acoplados estruturalmente ao seu entorno através da cognição, os seres apreendem e aprendem acerca das variações dos ritmos naturais, sem o qual não seria possível à auto-organização autopoietica.

Em terceiro, sob a ótica da teoria física do não-equilíbrio, da teoria do caos e das estruturas dissipativas evidenciadas por Ylia Prigogine, o ser vivo apresenta-se como uma estrutura dissipativa, aberta, coerente, retroalimentada, não-linear, em crescente complexificação e diferenciação, necessitando de energia constantemente para a manutenção de seus processos. Viver é aprender, em rede auto-organizada, consumindo energia, afastado do equilíbrio acoplados estruturalmente ao seu entorno. O equilíbrio assemelha-se a morte.

Essas teorias forneceram suporte para a compreensão do processo evolutivo integrado a partir de um acoplamento estrutural, fundamentando a *abordagem geográfica complexa*, apresentada no primeiro Capítulo, com o objetivo de fornecer uma abordagem para a geografia que permita integrar tempo e espaço, sociedade e ambiente de modo integrado, sob princípios de complexidade. Tal abordagem se apresentou adequada para investigar a evolução das sociedades no espaço-tempo ambiental. Permitiu verificar a coerência e a complexidade irreduzível da evolução cultural e cognitiva e sua resistência a formulações simples, frente ao predomínio da instabilidade nos ritmos naturais, e o acoplamento estrutural entre fenômenos físicos, biológicos e socioculturais, a fim de se compreender a evolução das sociedades humanas nos processos dos quais elas são integrantes.

As teorias do caos, auto-organização, da evolução dos sistemas cognitivos, teia da vida, da autopoiese, da evolução, dos sistemas complexos adaptativos, das estruturas dissipativas e da física do não-equilíbrio contribuíram para conceber visões mais abrangentes acerca da natureza da natureza da produção do espaço de vivência sob perspectiva complexa. Um dado concreto e relevante é que se encontra a disposição todo um arcabouço teórico para se promover um salto qualitativo coerente nas ciências rumo a abordagens integradoras de fenômenos complexos.

Na pesquisa foi possível destacar quatro grandes escolas consolidadas de estudos da complexidade, os quais são referência para aqueles que desejam aprofundar nessa linha, cada uma focada em suas especificidades. A escola de Bruxelas, evidenciada nesta pesquisa por Ilya Prigogine, a escola de Santiago, por Humberto Maturana e Francisco Varela; a escola Estadunidense, por Murray Gell-Mann e a escola Europeia, por Basarab Nicolescu e Edgard Morin. Essas escolas possuem grande influência, produção, número de pensadores e pesquisadores focados na complexidade.

A cognição autopoietica da escola de Santiago forneceu as bases para compreender o acoplamento interno e externo das sociedades e dos indivíduos na abordagem geográfica complexa. Internamente a cognição autopoietica permite esclarecer a associação entre os campos responsáveis pela cognição, criatividade, memória e emoção e outros. Externamente

fornece entendimento de como os sistemas internos interagem com o entorno, e criam organização para articularem formas de se adaptar às condições ecológicas, climáticas e socioculturais; bem como a sua interação com os seres vivos, sistemas externos ao planeta, como o sistema Terra-Sol-Lua, a dinâmica da atmosfera, o meio ecológico e os demais sistemas de superfície.

As perspectivas da complexidade permitiram compreender que tanto os sistemas físicos e biológicos quanto sistemas socioculturais são regidos pelas “leis do caos”, de não-equilíbrio e imprevisibilidade. Os seres vivos evoluíram acoplados ao padrão observado na variabilidade paleoclimática terrestre, instáveis e imponderáveis em seu ritmo.

O paleoclima global apresentou o padrão rítmico dos sistemas instáveis, ora com períodos glaciais, intercalados com interglaciais, frequentes mudanças globais abruptas D-O e H. Embora posteriormente se possa explicar variações implicadas numa determinada alteração no passado, não é possível descrever a dinâmica climática do passado num sistema de equações determinísticas coerentes, a fim de prever o futuro. É a partir do seu acomplamento estrutural com esses sistemas de elevada instabilidade e padrão rítmico que a evolução dos seres vivos, do gênero *Homo* e dos humanos modernos deve ser pensada.

O clima na Terra nos últimos 700 milhões de anos apresentou quatro grandes eras glaciais, com duração de dezenas de milhões de anos cada, ~30-40 milhões de anos, e quatro eras de climas quentes, com níveis dos oceanos muito elevados. Estranhamente, as eras glaciais ocorreram numa fase em que a Terra apresentava ainda temperaturas mais elevadas originadas na sua formação. As eras glaciais ocorreram há ~700 milhões de anos, há ~450 milhões de anos, há 330 milhões de anos, e a há 150 milhões de anos. Essas eras glaciais foram tão severas que a Terra deveria se assemelhar a uma bola de neve (teoria da snowball), dado o acúmulo de gelo nos glaciares, nos polos, reduzida evaporação dos oceanos e baixa precipitação, quase interrompendo o ciclo da água. A ocorrência dessas eras glaciais e eras de grande aquecimento seguiram ritmos não passíveis de determinação.

Desde o início do Paleoceno, ~66 milhões de anos, o clima na Terra tem apresentado crescente instabilidade e redução da temperatura global, acentuando essa trajetória nos últimos 10 milhões de anos. Justamente a partir deste período o arbusto do clado *Hominina* se diversificou e se diferenciou. No Pleistoceno, ~2,6 milhões de anos AP, a instabilidade climática global se acentuou, as glaciações se tornaram frequentes e mais longas, períodos da ordem de dez vezes maiores que os intervalos interglaciais. De modo que, pode-se afirmar que o gênero *Homo* é filho da instabilidade climática e do predomínio de longos períodos glaciais, embora o seu nicho ecológico originário fosse o de floresta, na África.

Do final do Pleistoceno Médio ao final do Pleistoceno Superior, ~780 mil anos a 11500 anos AP, ocorreram quatro grandes períodos glaciais que duraram ~100 mil anos cada, intercalados de períodos interglaciais de ~10 mil anos. Dentro desse período O *Homo sapiens* se diferenciou enquanto espécie, há ~200 mil anos AP, sob forte instabilidade do clima e predomínio de glaciações. Estas glaciações nada tiveram de homogêneas. Foram marcadas por mudanças climáticas globais abruptas, com transição “rápidas” para uma mudança global, de glacial para interglacial em poucos séculos e até décadas. Durante o último período Glacial, o Würm, ocorreram 26 eventos abruptos Dansgaard-Oeschger (D-O), de transição rápida, poucas décadas para interglacial, e 6 eventos Heinrich (H), de transição um pouco mais lenta, de séculos, para estágios glaciais.

O glacial Würm se apresentou extremamente instável, no entanto, a evolução dos humanos modernos nesse período foi marcada pela inovação em todos os campos de atividade, sofisticação tecnológica, complexificação sociocultural, aumento demográfico e expansão pelo globo. Em especial, impulsionados pelo fenômeno denominado de “Bomba do Sahara”, dada a correlação entre intensificação da evolução cultural e migração/expansão humana para fora da África com variações climáticas abruptas D-O e H, e as decorrentes alterações ecológicas, induzindo os deslocamentos em buscas de nichos favoráveis.

Uma das corolários acerca da natureza instável e imponderável sobre a dinâmica climática no passado, é que não há motivo para se pensar que cenários futuros efetivamente ocorram como esboçados. Tal constatação informa que as sociedades são ainda mais vulneráveis às variações climático-ecológicas do que tem sido exposto nos relatórios do IPCC e na grande maioria das pesquisas sobre o clima global. Há nesse campo uma incerteza sombria, pouco revelada e considerada. Uma das alternativas seria a busca de adaptação proativa, como as propostas apresentadas no quinto Capítulo, a ser dialogadas adiante, antecipando-se a cenários de resfriamento, instabilidade e aquecimento global, simultaneamente.

As variações e a imponderabilidade paleoclimática não são estranhas aos humanos. Ao contrário, no Pleistoceno Superior, período de grande instabilidade climática na Terra, com sucessivos estágios glaciais e interglaciais, nossos ancestrais emergiram e encontraram formas de lidar com a instabilidade desses fenômenos. Atuaram acoplados estruturalmente aos sistemas vivos, sistemas terrestres de superfície e sistemas externos (astronômicos), em especial entre o “oceano aéreo” da atmosfera e a biosfera, dinâmica no tempo e espaço. Parafraseando Prigogine: Os humanos modernos não geraram o caos nos ritmos naturais no passado, ao contrário, são seus filhos. A ordem emerge e flutua num mar de instabilidade, e

isso foi igualmente válido para o desenvolvimento de sistemas cognitivos auto-organizados de elevada abstração entre os humanos modernos, para lidarem com as adversidades, entre eles a ciência, os sistemas de crenças, a comunicação falada e simbólica, a organização sociopolítica para gerir grandes grupos e a arte.

Durante o glacial Würm, sob severas variações climáticas abruptas dos eventos Dansgaard-Oeschger e Heinrich (D-O e H), a evolução cultural experimentou forte aceleração a partir de 40 mil anos, iniciando o “grande salto” dado pelos humanos modernos, evidenciado na profusão de registros arqueológicos indicativos de aceleração das inovações, de forte expressão simbólica e artística, saberes refinados sobre ritmos naturais, marcadores de tempo, sistemas de contagem, sistema de crenças e contínua inovação e sofisticação das tecnologias, de forma “Pulsada”, em sincronia com as mudanças climáticas D-O e H. De modo que o clima funcionou como um “gatilho” impulsionador da inovação em todos os campos da atividade humana, como visto no terceiro Capítulo.

A pesquisa evidenciou esse acoplamento estrutural das sociedades com as variações do clima e as alterações ecológicas, as condições ambientais e as interações intra e extra grupo. A partir desse acoplamento as sociedades elaboraram estratégias adaptativas às adversidades das intempéries, procurando entender as regularidades dos ritmos naturais, fazer escolhas, migrar ou se estabelecer, quando possível. O acúmulo de saberes acerca desses ritmos naturais por sucessivas gerações conduziram ao desenvolvimento de sistemas cognitivos ancestrais, como a linguagem falada e simbólica, entendida como sistemas complexo adaptativo, os quais evoluíram e se diversificaram em novos sistemas derivados.

O desenvolvimento e diversificação dos sistemas complexos adaptativos antes do Holoceno puderam ser evidenciados através de suas características, com base em Informações arqueológicas, sobretudo no pós-grande salto, há 40 mil anos atrás. Entre as principais características observadas nesses sistemas estão a auto-organização, a tendência a crescente complexificação, aprendizado com a experiência, diversificação, a criatividade, busca contínua pela inovação e a máxima produtividade no limiar do caos.

Essas evidências corroboraram a hipótese central da tese de que os humanos modernos estavam organizados em grupos maiores e eram portadores de sistemas cognitivos auto-organizados ancestrais de elevada abstração antes do início do Holoceno e da revolução Neolítica da agricultura. Tais sistemas lhes deram capacidade de inovar com uma profusão estratégias adaptativas aos mais diversos ambientes sobre o globo, de forma similar, em diferentes lugares, quase simultaneamente e de modo independente.

Após o grande salto na evolução cultural e cognitiva há 40 mil anos atrás entre os humanos modernos, as evidências arqueológicas sugerem que a linguagem falada e simbólica, a ciência, o sistema de crenças, a arte e a organização sociopolítica para gerir grandes grupos estavam bastante estruturados antes do início do Holoceno, há 11500 mil anos. Em especial as informações que corroboram essa hipótese foram provenientes dos sítios Ohalo II, da cultura Natufian Antiga e Tardia e Glöblekli Tepe, no atual Oriente Médio, e sítios no sudeste da África e na Europa. Tal fato indicou claramente que a complexificação sociocultural e política, sofisticação tecnológica e sedentarização antecederam a agricultura em milhares de anos, contribuindo para que ela se tornasse possível, e não o contrário, como previam os modelos teóricos. Sob processos evolutivos que nada tiveram de linear e rápido, envolvendo expansão e retração das atividades humanas, significativamente correlacionadas com as alterações no clima.

Apresenta-se assim a necessidade de elaborar novos olhares sobre como nossos antepassados estavam organizados muito além do que as teorias supunham, subsidiados pelas novas informações arqueológicas e das ciências cognitivas, entre elas a arqueologia cognitiva.

Tão importante, ou mais, que as alterações genéticas e morfológicas para a diferenciação dos humanos modernos há pouco mais de 200 mil anos atrás, foram às atitudes comportamentais, a acelerada inovação cultural e expansão da capacidade cognitiva no processo evolutivo. Características que distinguiram os humanos modernos dos demais parentes do arbusto *Hominina*, vivos na época, e de seus antecessores. A cultura material dos humanos modernos era mais elaborada, na forma de fabricar ferramentas e armas de ossos, pedras e madeira para a caça, pesca e coleta, laminas e ferramentas compostas e, principalmente, na inventividade e domínio de saberes para utilizar esses objetos de modos infundáveis, sem precedentes nem comparações com os grupos parentes.

Nesse processo interativo, coerente e retroalimentado, a linguagem falada foi um dos mais importantes sistemas cognitivos desenvolvidos pelos humanos modernos, e somente ocorreu nesse grupo. Os aparelhos que permitem a fala começaram a se destacar após 150 mil anos, e desde então essa característica se propagou e foi aprimorada. A linguagem falada e simbólica, provavelmente desenvolvida ao longo de dezenas de milhares de anos, foi uma poderosa ferramenta cognitiva, permitindo atuar em conjunto, transmitir saberes, comunicar intenções e articular o grupo para defesa, caça, obter água, localizar nichos e estratégias de forrageamento.

O grande salto evolutivo cultural e cognitivo pós 40 mil anos atrás apresenta evidências marcantes em diversos lugares na Europa, nos artefatos mais elaborados,

ornamentação, estatuetas, pinturas rupestres, elevada ornamentação nos sepultamentos, correlacionados com pensamento abstrato e linguagem simbólica. A evolução cultural, que desde a origem foi um diferenciador dos humanos modernos, de forma não linear, intensificou-se de modo extraordinário.

Assim, a evolução cultural e a evolução cognitiva estiveram associadas, e responderam pela complexificação sociopolítica e sofisticação tecnológica, e estavam bastante amadurecidas dezenas de milhares de anos antes do Holoceno, sobretudo a partir do grande salto pós 40 mil anos AP. Nesse processo evolutivo, a elaboração de estratégias adaptativas quase simultâneas, similares no Holoceno, foi devido, em grande parte, aos humanos terem estruturado, aprimorado e portarem variados sistemas complexos adaptativos, os quais foram transferidos por trocas culturais, que migraram junto com os povos, conferindo grande diferencial aos seus portadores na identificação de espécies comestíveis, seleção e domesticação para cultivo, na marcação do tempo e dos ciclos naturais, no uso da água e da energia, organização sociopolítica, plantas terapêuticas e saúde, construção de abrigo e agasalhos, identificação de lugares e condições favoráveis para se estabelecer.

No Holoceno, o incremento da temperatura, umidade, chuvas, CO² na atmosfera de 180 ppm para 280 ppm, ampliação da diversidade, a produtividade das espécies e a formação de novos nichos favoreceram em menor grau o sucesso relativo dos humanos modernos nesse período, pois eles já haviam experimentado condições semelhantes entre 110 mil e 130 mil anos atrás, sem que houvesse uma intensificação da evolução cultural como a verificada no Holoceno. A diferença do Holoceno foi a evolução cultural e cognitiva já em curso, herdada do desenvolvimento de sistemas cognitivos de elevada abstração, estruturados desde 40 mil anos atrás, supracitados. Esses sistemas possibilitaram ambientar *habitats* as suas necessidades, e vontades, e construir grande variedade de estratégias adaptativas em condições adversas, aqui denominada de diferenciação holocênica.

Essa diversificação de estratégias adaptativas é um grande legado de que dispõe os humanos. Através de seu resgate pode-se aprender com os erros e acertos das sociedades do passado. No entanto, ao longo do tempo, as sociedades se alteraram, passaram a ter outras demandas e problemas. Técnicas e saberes do passado nem sempre poderão ser aplicadas no presente. Além disso, o uso intensivo dos sistemas complexos adaptativos herdados têm conduzido a super-exploração ecológica. De forma que alguns esquemas se tornaram mal adaptativos, deteriorando o potencial de resiliência ecológico quanto o sociocultural. Os sistemas agrícolas encontraram seu limite de exploração do meio ecológico, bem como os sistemas de energia, de água e saneamento, a arquitetura e a construção de casas/moradias, o

padrão de assentamento adensado, e a própria sociedade moderna, pautada no consumo, produção e descarte.

A própria evolução cultural parece caminhar num descompasso com a evolução genética. Crescem os saberes, informações e atividades, mas o indivíduo não tem mais sintonia com os ritmos naturais, dada a elevada abstração da representação simbólica, o modo de vida, ao tipo de educação e ao convívio em grandes cidades. Vive-se distanciado da produção de alimento, da produção de energia, do estado e fluxos dos rios, dos referenciais dos marcadores de tempo do sistema Sol-Terra-Lua. Sem perceber os ritmos naturais, a vulnerabilidade cresce em todas as direções. Perde-se a noção de que estamos acoplados estruturalmente ao ambiente.

A constatação dessa vulnerabilidade, dos limites dos atuais sistemas complexos adaptativos e dos significados da variabilidade e imponderabilidade sobre os ritmos ecológicos-climáticos tem se fortalecido entre os Estados nacionais, organismos internacionais, pesquisadores e agentes sociais. A partir destas constatações, dois grupos definidos de atitudes emergiram. Um busca construir resiliências para manter o padrão atual de consumo, sem a intenção de mudar e construir novos limiares de adaptação. Para tanto, investiga formas de produzir mais, com menos energia, produzir mais energia e alimento de forma intensiva, pretende buscar trítio até na Lua para usinas nucleares, promove o reuso de resíduos sem reduzir o consumo efetivamente. Essas ações postergam a pressão ecológica e a vulnerabilidade para as futuras gerações.

O outro grupo, a partir da constatação da inadequabilidade e limites dos atuais padrões de vida, dedica-se a construção de resiliências e, simultaneamente, a novos limiares de adaptação. Entende que é necessário resistir e mudar para estar em harmonia com as condições e ritmos ecológico-climáticos. Usa estratégias de ecologia política, produzindo junto à natureza e seus ritmos, usando o mínimo de insumos, mais informação e saberes. Propõe a substituição da agricultura por agroecologia e permacultura, arquitetura e construção de abrigos imitando o *design* da natureza, com biônica e biomimética, bioconstrução, remodelando as formas modernas de organização social e política ao bem estar e qualidade de viver.

Para qual direção seria adequado caminhar a humanidade? É prudente dialogar com as duas formas de pensar, trocando sinergia. O que não faz mais sentido é nutrir pensamentos deterministas, imaginar que os sistemas complexos da natureza são estáveis, previsíveis, e podem ser adaptados aos interesses sociais, e não o contrário.

Pois, como visto, a vulnerabilidade não é necessariamente um atributo acerca do uso de mais ou menos tecnologias sofisticadas. A dependência de tecnologias sofisticadas em si pode ser um dos maiores pontos de fragilidade de uma sociedade, junto com a alta especialização e a instabilidade de sistemas produtivos, logística, engenharia e organização social. É necessário construir resiliências e buscar permanentemente novas formas de adaptação.

A partir destas perspectivas é que se propôs a elaboração de um *painel da sustentabilidade adaptativa*, constituído por organismos internacionais, terceiro setor, sociedade civil e pesquisadores, com o intuito de gerar resiliências, diminuir a exploração de recursos, minimizar impactos sobre o meio ecológico, com a troca de experiências, a fim de estimular iniciativas que reduzam o grau de vulnerabilidade. O Painel seria estruturado em três planos simultâneos para as sociedades lidarem com as alterações futuras do clima e as mudanças ecológicas, apoiado numa abordagem evolutiva e na imponderabilidade climática. Esses planos encontram-se centrados na *adaptação proativa* a três conjuntos de cenários: Plano A, voltado ao aquecimento global; Plano B, dedicado ao resfriamento global; e Plano C, para casos de instabilidade climática.

Para as medidas iniciais proativas seria prudente adotar tecnologias simples e flexíveis; estimular a passagem para a sociedade da informação e dar maior visibilidade às iniciativas eficazes já adotadas; substituir a agricultura convencional pela agroecologia e a permacultura na produção de alimentos, casas e no desenvolvimento de novas formas de produção e organização sociopolítica; produção de energia descentralizada e local; uso de energia eólica, solar, das marés e outras; arquitetura ecológica, bioconstrução e *ecodesign* biodinâmico.

É recomendável voltar-se para formas de organização e padrão de distribuição espacial menos concentrada em grandes cidades, corrigir o foco para a qualidade de viver e a conservação dos bens comuns, e não ao acúmulo e ao consumo. Inserir em todos os níveis da educação e disciplinas conteúdos práticos sobre os ritmos naturais e sua natureza, ensinamentos aplicados, como hortas na escola, trabalho de campo, hortas urbanas, uso de inovações verdes e sociais, e transmitir valores de convivência harmônica, conservação e uso racional da biodiversidade ecológica e cultura, e dos recursos.

A sociedade já iniciou esse processo, é preciso dar continuidade, entre as novas práticas que possibilitam estabelecer a dialógica complementar resiliência-transformação estão a agroecologia, bioconstrução, agricultura biodinâmica, agricultura orgânica, permacultura, ecologia política, energias alternativas renováveis sustentáveis, cidade

inteligente, ciclovias, isolamento térmica de casas e edifícios, sociedade e economia da informação e a economia solidária, o estabelecimento de redes de prevenção e gestão de riscos, a mitigação a cenários prováveis de risco climáticos e, sobretudo, a adaptação proativa às variações climático-ecológicas.

Em especial é necessário dar um salto qualitativo no sistema complexo adaptativo da ciência. Alterar o padrão positivo-cartesiano da ciência se apresenta como um dos fundamentos para reduzir as vulnerabilidades climático-ecológicas. A própria ciência é um sistema complexo adaptativo, e o padrão atual expõe seu limite. O padrão de ciência positivo cartesiano é inapropriado à geração de saberes complexos, a percepção e a compreensão integrada dos diferentes níveis de realidade em que interagem com a sociedade, os seres vivos, os ritmos climático-ecológicos e os processos físicos.

Por um lado, a separação positiva entre ciências oferecem fronteiras mentais que dificultam compreender e interpretar os significados da relação do *complexus* da teia de relações dos sistemas naturais, seus ritmos, o lugar dos humanos nesse contexto e a necessária atuação conjunta, desde a formação. Por outro, a superação dos limites epistemológicos da ciência positiva encontram suporte em teorias e formas de pensar mais abrangentes a disposição, coerentes com as observações.

Entre as propostas de construção de um novo paradigma científico, a teoria do conhecimento transdisciplinar se apresenta estruturada para possibilitar um salto qualitativo, para compreender uma realidade relacional, dinâmica e governada pelas “leis do caos”, a partir de três pilares: Complexidade, Diferentes Níveis de Realidade e a Lógica do Terceiro Incluído. O conhecimento transdisciplinar propõe reaproximar ciências estabelecendo diálogos formais, linguagens comuns, com maior abertura à novidade teórica, as pluriépistemologias, as etnociências e aos saberes tradicionais. Reconhece que não existiu no passado e nem há no presente um critério único de pensar, conhecer, compreender e conceber a realidade.

Como visto evolução não segue caminhos preestabelecidos, não significa melhorar sempre. É nesse sentido que é preciso reconhecer os limites dos sistemas cognitivos da ciência positiva. Esse é o primeiro passo para desenvolver novos sistemas complexos adaptativos na ciência, como a ciência transdisciplinar, a fim de subsidiar a construção e escolha de melhores esquemas e estratégias adaptativas às condições ecológico-climática de cada local e período.

A partir das perspectivas transdisciplinares e da complexidade, das hipóteses e propostas apresentadas, das estratégias adaptativas sob perspectivas cognitiva e evolutiva espera-se poder subsidiar não só a construção de resiliências socioculturais, ecológicas,

tecnológicas e a elaboração de meios para minimizar os riscos e a vulnerabilidades ecológico-climática, mas, sobretudo, a elaboração de esquemas e ações dedicadas à adaptação, a mudanças nos padrões socioculturais na forma de interagir com o ambiente.

Em especial os saberes acerca da adaptação e das características evolutivas dos sistemas complexos adaptativos aplicam-se em inúmeras áreas, entre elas a atualização livros didáticos; a educação ambiental aplicada; a área de inovação tecnológica verde e social; a epistemologia da ciência e da geografia; Planejamento ambiental e econômico; a segurança alimentar e produção de alimentos; a área de educação, aos pesquisadores e desenvolvedores da agroecologia e da permacultura; ao ensino de biologia, ecologia, geografia, história ambiental, sociologia e ecologia, a pesquisa e ao desenvolvimento voltado à prevenção, mitigação e adaptação aos riscos, desastres e catástrofes climático-ecológicas.

O uso desses saberes para adaptação depende mais da percepção e da vontade do que dos meios disponíveis para se promover mudanças. No campo da percepção a hipótese Gaia, a maior hipótese já produzida pela ciência, trouxe muitos corolários acerca das interações adaptativas entre os seres vivos e seu entrono, os quais começam a adquirir significado operacional.

Acerca desta hipótese James Lovelock ao refletir sobre as consequências da deterioração contínua dos sistemas naturais pelas sociedades indagou: Será que Gaia possui mecanismo para se defender de seus ofensores? Se Gaia se comporta como um grande organismo e apresenta limiares para expulsar ofensores ainda é cedo para afirmar.

Contudo, a pesquisa evidenciou a importância de compreender a evolução das sociedades a partir de seu acoplamento estrutural integrado com os meios físicos e bióticos no espaço-tempo. De forma que na Terra, sistemas físicos, bióticos, socioculturais e astronômicos interagem, produzindo ritmos naturais instáveis, os quais ora estabelecem condições adversas aos seres vivos, ora fornecem condições favoráveis a eles, ainda que não intencional. Sociedades do passado experimentaram esses ritmos instáveis, construindo resiliências de sucesso e fracasso, histórias de adaptação ao meio ecológico e às alterações climáticas. Ainda há tempo de aprender com o sucesso e o fracasso delas.

FONTES DE PESQUISA CONSULTADAS

Relatórios de pesquisas, dissertações, teses, livros e artigos de temas paleoclimáticos e paleoambientais, informações e dados da arqueologia, história, etnoclimatologia, etnobotânica, etnoastronomia, etnomatemática, geofísica, palinologia, paleontologia, física da atmosfera etc.

As fontes paleoclimáticas e paleoambientais provem, sobretudo, de dados disponíveis em livros, agências e artigos recentes em Revistas como a PNAS, Science, Nature e outras.

APDRC – Asian Pacific Data Reserch Center. Modelos paleoclimáticos da APDRC

CDC – CIRES - Climate Diagnostics Center – Cooperative Institute for Research for Environmental Science

CPTEC-INPE— Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. ENOS. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>> Acessado: Agosto de 2012

CPTEC-INPE - Grupo de pesquisa em Mudanças Climáticas (GPMC). Disponível em: <<http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/>>

ESRL - PSD – NOAA. Earth System Research Laboratory - Physical Sciences Division Multivariate ENSO Index (MEI). Disponível em: <<http://www.esrl.noaa.gov/psd/people/klaus.wolter/MEI/#comparison>> Acessado: Outubro de 2012.

GISS – NASA – Goddard for Spaces Studies - National Agency Space American

GSW - GeoScienceWorld – <<http://www.geoscienceworld.org>> Base de dados de geociências

INMET – Instituto Nacional de meteorologia

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/>>

JISAO (Joint Institute For de Study of the Atmosphere e Clime). Monthly values for PDO Index: 1900 - September 2011. Disponível em: <<http://jisao.washington.edu/pdo/>> Acessado: Julho de 2012.

NCDC – NOAA. National Climatic Data Center. National Oceanic Atmospheric Administration.

NOAA Paleoclimatology. Modelos paleoclimáticos NOAA paleocliamtology

PANGAEA - Publishing Network for Geoscientific & Environmental Data.

SWPC-NOAA. Solar Cycle Progression: Solar Cycle 24 prediction. In: Space Weather Prediction Center, NOAA. Disponível em <<http://www.swpc.noaa.gov/SolarCycle/>>

WDC-NOAA: World Data Center for Paleoclimatology. <<http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/>>

UNESCO. História Geral da África. Oito vols. São Paulo: Ática, 1991.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, Aziz Nacib. Um conceito de geomorfologia a serviço do Quaternário. *Geomorfologia*, v. 18, São Paulo, 1969, p. 1-23.
- ADAMS, Jonathan *et al.* Sudden climate transitions during the Quaternary. *Progress in Physical Geography*. n. 23, p. 1-36. 1999.
- AFONSO, Germano. Mitos e estações no céu tupi-guarani. In: *Scientific American*. Edição especial: Etnoastronomia, n. 14, p. 46-55. 2006. s/d.
- ALBUQUERQUE, Velela Lucena. *Participação da geografia na interpretação arqueológica*. 217 f. Dissertação (Mestrado em geografia) - Faculdade de Ciências da Terra. Universidade Federal de Pernambuco, 1989.
- ALCÂNTARA, Edinéa e, CAVALCANTI, Edneida Rabêlo. Resiliência e capacidade adaptativa: recursos para a sustentabilidade de cidades e comunidades. *Anais: Encontros Nacionais da ANPUR*, v. 15, 2013.
- ALMEIDA, Antônio Carlos Aido de. *Estudo das correlações entre a atividade solar e processos atmosféricos*. 89 f. Dissertação (Mestrado em Física). Instituto de Física, Departamento de Raios Cósmicos (DRCC), Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 2001.
- ALLEY, Richard B. The Younger Dryas cold interval as viewed from central Greenland. *Quaternary Science Reviews*. v. 19, n. 1-5, p. 213-226, Jan 2000.
- AMBRIZZI, Tércio *et al.* South America present climate. In: Environmental changes in South America in the last 10k years: Atlantic and Pacific controls and biogeophysical effects. Final Scientific Report, 2006.
- AYOADE, J. O. *Introdução à climatologia para os trópicos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- BALTER, Michael. Seeking agriculture's ancient roots. *Science*, v. 316, n. 5833, p. 1830-1835, 2007.
- BAR-YOSEF, Ofer. The Natufian culture in the Levant, threshold to the origins of agriculture. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, v. 6, n. 5, p. 159-177, 1998.
- BENAVIDES, O. Hugo. Returning to the source: social archaeology as Latin American philosophy. *Latin American Antiquity*, New York, v. 12, n. 4, p. 355-370, 2001.
- BERQUE, Augustin. Paisagem marca, paisagem matriz: elementos da problemática para uma geografia cultural. 2. In: ROSENDAHL, Zeni; CORRÊA, Roberto Lobato (Orgs.). *Paisagem, tempo e cultura*. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2004, p. 84-91.
- BOHM, David. *A totalidade e a ordem implicada: uma nova percepção da realidade*. São Paulo: Cultrix, 1998.

- BOHRER, C. B. de A. UMBELINO, L. F. A biogeografia brasileira na passagem para o século XXI. In: XIII ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFOS, João Pessoa, 2002: CD: ISSN 0103-0884.
- BOND, G. C. & LOTTI, R. Iceberg discharges into the North Atlantic on millennial time scales during the last glaciation. *Science*, n. 267, p. 1005-1010. 1995.
- BORGES, Luiz Carlos. Evolução do registro de tempo. In: *Scientific American*. Edição especial: Etnoastronomia, n. 14, p. 38-45. 2006. s/d.
- BOSI, Alfredo. O tempo e os tempos. In: NOVAES, Adalto (Org.). *Tempo e História*. São Paulo: Companhia das Letras, 1992. p. 19-32.
- _____. *Dialética da colonização*. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.
- BOSI, Eclêa. *Memória e Sociedade: lembranças de velhos*. São Paulo: T.A. Queiroz: Ed. da Universidade de São Paulo, 1987.
- BÜNTGEN, Ulf *et al.* 2500 years of European climate variability and human susceptibility. *Science*, v. 331, n. 6017, p. 578-582, 2011.
- BUTZER, Karl W. Collapse, environment, and society. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 109, n. 10, p. 3632-3639, 2012.
- CAMPBELL, Joseph. O voo do pássaro selvagem: ensaios sobre a universalidade dos mitos. Rio de Janeiro: Record: Rosa dos Tempos. 1997.
- CANALI, Naldy Emerson. Geografia ambiental: desafios epistemológicos. In: MENDONÇA, Francisco e KOZEL, Salete (Org.). *Elementos de epistemologia da geografia contemporânea*. Editora da UFPR, Curitiba, 2002. p.165-186.
- CAPRA, Fritjof. *A teia da vida*. São Paulo: Cultrix, 2004.
- _____. *O ponto de mutação*. São Paulo: Cultrix, 2012.
- CARVALHO, Marcos Bernardino de. Geografia e complexidade. *Scripta Nova*. Revista Eletrônica de Geografia y Ciencias Sociales, 1999.
- CASG. Complex Adaptive Systems Group. Disponível em: < <http://www.cas-group.net/>> 2013 Acessado em: ago. 2013.
- CASTRO, Iná E. O problema da escala. In: CASTRO, Iná E.; GOMES, Paulo César da C.; CORRÊA, Roberto L. (Org.). *Geografia: conceitos e temas*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p. 117-140.
- CATLING, David. The story of O². *Science*, v. 308, p. 1730-1732, 2005.
- CAVALLI-SFORZA, Luigi Luca. *Genes, povos e línguas*. Editora Companhia das Letras, 2003.
- CHAMBERS, F. M. (Org.). *Climate change and human impact on the landscape: studies in paleoecology and environmental archeology*. Londres: Chapman and Hall, 1994.
- CHAVEIRO, Eguimar; LOIOLA, Sérgio Almeida; OLIVEIRA, Sandra de Fátima. Insurgências: abordagens transdisciplinares na geografia brasileira. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TRANSDIPLINARIDADE, 2., 2005, Vitória. Anais. Cd-Rom.

CLAVAL, Paul. As abordagens da geografia cultural. In: CASTRO, Iná E. de; GOMES, P. C. da C.; CORREA, R. Lobato (Org.). *Explorações Geográficas: percursos no fim do século*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997. p. 89-118.

CORRÊA, Roberto Lobato. Espaço: Um conceito chave da Geografia. In: CASTRO, Iná Elias; GOMES, Paulo César da Costa; CORRÊA, Roberto Lobato (Org.). *Geografia: conceitos e temas*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p. 15-47.

COSGROVE, Denis. A geografia está em toda parte: Cultura e simbolismo nas paisagens humanas. In: CORRÊA, Roberto Lobato & ROZENDAHL, Zeny (Orgs.). *Tempo e Cultura*. Rio de Janeiro: EDUERJ, 1998, p.92-123.

CRONON, William. The Trouble with Wilderness; or, Getting Back to the Wrong Nature. *Environmental History*, n. 1, jan., p. 7-28, 1996.

CROWE, Sean A. *et al.* Atmospheric oxygenation three billion years ago. *Nature*, v. 501, n. 7468, p. 535-538, 2013.

CROWLEY, Thomas J. & NORTH, Gerald R. *Paleoclimatology*. Nova York: Ed. Universidade de Oxford, 1991.

DAWKINS, Richard. *A grande história da Evolução: na trilha dos nossos ancestrais*. São Paulo: Companhia das letras, 2009.

_____. *O Gene egoísta*. Belo Horizonte: Ed. Itatiaia, 2001.

DANSGAARD, WILLI *et al.* Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record. *Nature*, v. 364, n. 6434, p.218–220, 1993.

D'AMBROSIO, Ubiratan. *Etnomatemática: elo entre as tradições e a modernidade*. Belo Horizonte: Autêntica, 2002.

DEWES, Cândida de Freitas. *Análise da Variabilidade Climática de um Modelo do clima da América do Sul no presente e em 6 Ka AP*. 104 f. Dissertação (Mestrado Ciências atmosféricas) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas - Departamento de Ciências Atmosféricas – USP, 2007.

DIAMOND, Jared. *Colapso: Como as sociedades escolhem o fracasso ou o sucesso*. Rio de Janeiro: Ed. Record, 2005.

_____. *O terceiro chimpanzé. A evolução e o futuro do ser humano*. Rio de Janeiro: Ed. Record, 2010.

DOSSE, François. *O império do sentido: a humanização das ciências humanas*. Bauru: SP: EDUSC, 2003.

DRUMOND, José Augusto. A História Ambiental: temas, fontes e linhas de pesquisa. In: *Estudos Históricos*, v. 4, n. 8, , p. 177-197, 1991.

DUCH, Wlodzislaw. A solution to fundamental problems of cognitive sciences. Department of Computer Methods, Nicholas Copernicus University. Torún, Poland, 1994. Disponível em: < class1.phys.uni.torun.pl, file /pub/papers/kmk/m-blong.tex> Acessado em: Junho de 2011.

DUNBAR, Robin. *The trouble with science*. Harvard University Press, 1996.

ELIAS, Norbert. *Sobre o tempo*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998.

ELY, Deise Fabiana. A Climatologia produzida no interior da ciência geográfica brasileira: Uma análise de teses e dissertações defendidas em programas de pós-graduação em Geografia. *TERRA LIVRE. A Geografia no tempo de Novos Conhecimentos do Espaço*. AGB, Ano 23, v.2, n.29, p. 247-264, ago./dez. 2007.

ELLIS, Erle C. *et al.* Used planet: A global history. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 110, n. 20, p. 7978-7985, 2013.

ENGELS, Frederico. Sobre o papel do trabalho na transformação do macaco em homem. In: *Obras Escolhidas*, Vol.1. São Paulo: Ed.Sociais.1975.

FABIAN, Stephen M. Astrônomos do Cerrado. In: *Scientific American*. Edição especial: Etnoastronomia, n. 14, p. 56-61. 2006. s/d.

FAGAN, Brian. *O aquecimento global: A influência do clima no apogeu e declínio das civilizações*. São Paulo: Larousse do Brasil, 2009.

FERREIRA, A. de Brum. Variabilidade climática e dinâmica geomorfológica. *Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos*, Vol. 1, APGeom, Lisboa, p.7-15. 2002.

FERRO, Gaetano. *Sociedade humana e ambiente no tempo: temas e problemas de geografia histórica*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1979.

FREITAS, Inês Aguiar. História Ambiental e Geografia cultural: natureza e cultura com chaves para o entendimento do nosso tempo. In: Encontro da Comissão sobre o enfoque cultural na Geografia - UNIÃO GEOGRÁFICA INTERNACIONAL. Anais... Rio de Janeiro, UERJ, 2003. 1 CD ROM.

FULLER, Dorian Q.; ALLABY, Robin G.; STEVENS, Chris. Domestication as innovation: the entanglement of techniques, technology and chance in the domestication of cereal crops. *World Archaeology*, v. 42, n. 1, p. 13-28, 2010.

FUNARI, Pedro Paulo Abreu e NOELLI, Francisco S. *Pré-História do Brasil*. São Paulo: Contexto, 2002.

_____. A importância da teoria arqueológica internacional para a arqueologia sul-americana: o caso brasileiro. In: _____. *Teoria arqueológica na América do Sul*. Campinas: Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, 1998. Coleção Primeira Versão. 22 p.

FUTUYMA, D. J. *Biologia evolutiva*. Ribeirão Preto: Funpec, 2009.

GELL-MANN, Murray. Complex adaptive systems. *Complexity: Metaphors, models and reality*, p. 17-45, 1994.

_____. *O quark e o jaguar: aventuras no simples e no complexo*. Rio de Janeiro: Rocco, 1996.

GONÇALVES, Carlos Walter P. *Os (des) caminhos do meio ambiente*. São Paulo: Contexto, 2002.

- GONÇALVES, Agostinho. O que é conhecer? In: Ensaios em Ciências Cognitivas. Disponível em: <<http://cienciascognitivas.no.sapo.pt/ensaio1agostinho.htm>> Acessado em: 09/2013
- GOMES, Paulo César da Costa. Racionalismo e legitimidade científica: o caso dos determinismos. In: _____. *Geografia e modernidade*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996, p.175-191.
- _____. Identidade e exílio: fundamentos para a compreensão da cultura. _____. *Espaço e cultura*, Rio de Janeiro, nº 5, p. 31-41, jun./jul. 1998.
- GOSWAMI, Amit. *O universo autoconsciente: como a consciência cria o mundo material*. Tradução: Ruy Jungmann. Rio de Janeiro: Rosa dos Tempos, 2001.
- GRACIANO, Miriam Monteiro de Castro. A teoria biológica de Humberto Maturana e sua repercussão filosófica. 205 f. Dissertação (Mestrado em filosofia). Departamento de Filosofia da Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, UFMG – Belo Horizonte, 1997.
- GRANGER, Gilles-Gaston *et al.* *A Ciência e as Ciências*. São Paulo: UNESP, 1994.
- GRILLO, Antônio Carlos Dutra. De/para arquitetura: A ciência da complexidade. *Cadernos de Arquitetura e Urbanismo*, v.15, n.16, jun., p. 127-143, 2008.
- GROOTES, P. M. *et al.* Comparison of oxygen isotope records from the GISP2 and GRIP Greenland ice cores. *Nature*, n. 366, p. 552-554, 1993.
- GUTIÉRREZ, Jorge Luís. O conceito de caos no mundo antigo. *Primus Vitam*. Revista de Ciências e Humanidades, p.1-12, n.2, 2011.
- HANSEN, James *et al.* Climate change and trace gases. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, v. 365, n. 1856, p. 1925-1954, 2007.
- HASSAN, Fekri A. Nile floods and political disorder in early Egypt. In: *Third millennium BC climate change and old world collapse*. Springer Berlin Heidelberg, 1997. p. 1-23.
- HAWKING, Stephen William. *Uma breve história do tempo*. Do Big Bang aos buracos negros. Rio de Janeiro: Rocco, 1988.
- HISSA, Cássio Eduardo Viana. *A mobilidade das fronteiras: inserções da geografia na crise da modernidade*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2002.
- HILLMAN, G. C. *et al.* Plant food economy during the Epipalaeolithic period at Tell Abu Hureya, Syria: dietary diversity, seasonality and modes of exploitation. In: HARRIS, D. R. & HILLMAN, G. C. (Ed.). *Foraging and Forming: The Evolution of Plant Exploitation*. London: Unwin Hyman, 1989. p.240-268.
- HODDER, I. La búsqueda de significados simbólicos en la arqueología y la geografía”. In Claude Cortez (Org.), *Geografía Histórica*. Cidade do México: Instituto Mora, 1991, pp. 134-150.
- HOLLAND, Jhon Henry. *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. University of Michigan Press, 1975.
- _____. *Hidden order: how adaptation builds complexity*. Addison Wesley, Inc, 1995.

HUYLEBROUCK, Dirk. África, berço da matemática. In: *Scientific American*. Edição especial: Etnomatemática. p. 56-61. 2006. s/d.

JACOBS, Zenobia *et al.* Ages for the Middle Stone Age of southern Africa: implications for human behavior and dispersal. *Science*, v. 322, n. 5902, p. 733-735, 2008.

JARDIM, Wilson F. A Evolução da Atmosfera Terrestre. In: *Caderno Temático de Química Nova na Escola*, n. 1, ed. Especial, , p.5-8, mai, 2001.

JOUZEL, J. *et al.* Orbital and Millennial Antarctic Climate Variability over the Past 800.000 Years. *Science*, v. 317, n. 5839, p.793-797, Ago 2007.

KAMBARTEL, Friedrich. Orientação sobre a gênese e o estado atual da discussão acerca da filosofia da ciência. In: HESSER, Reinhard (Org.). *Por uma filosofia crítica da ciência*. Goiânia: Ed. da UFG, 1987. p. 19-28.

KASHIMOTO, Emília Mariko. Geoarqueologia no baixo paranapanema : uma perspectiva geográfica de estabelecimentos humanos pre-historicos. 274 f. Dissertação (Mestrado em arqueologia) – Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

KENNETT, Douglas J. *et al.* Development and disintegration of Maya political systems in response to climate change. *Science*, v. 338, n. 6108, p. 788-791, 2012.

KIPNIS, Renato & SCHEEL-YBERT, Rita. Arqueologia e paleoambientes. In: SOUZA, Célia Regina de G. OLIVEIRA, Antonio M.; SUGUIO, Kenitiro; OLIVEIRA, Paulo E. de (Orgs.). *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: Holos, 2005, p. 343-362.

KITCHING, Ian; FOREY, Peter; HUMPHRIES, Christopher and WILLIAMS, David. *Cladistics: Theory and Practice of Parsimony Analysis*. New York: Oxford University Press Inc., 1998.

KUPER, Rudolph; KRÖPELIN, Stefan. Climate-controlled Holocene occupation in the Sahara: motor of Africa's evolution. *Science*, v. 313, n. 5788, p. 803-807, 2006.

LAMBERT, Jean-Marie. *História da África Negra*. Goiânia: Kelps, 2001.

LECOINTRE, Guillaume; LE GUYADER, Hervé. *The tree of life: a phylogenetic classification*. Harvard University Press, 2006.

LEVI, Giovanni. Comportamentos, recursos, processos: antes da “revolução” do consumo. In: REVEL, Jacques (Org.). *Jogos de escalas: a experiência da microanálise*. Tradução: Dora Rocha. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1998. p. 204-224.

LEWIN, Roger. *Evolução humana*. Sao Paulo: Atheneu, 1999.

LOIOLA, Sérgio A. Do espaço e tempo ao espaço-tempo: dimensões e marcas. Geografia – Associação de Geografia Teorética - AGETEO), v. 35, n. 1, jan –abr, 2010a, p 5 – 35.

_____. Objetos, ações e processos naturais: de marcadores espaço-temporais a memórias socioambientais. *Revista do Departamento de Geografia da USP – USP*, Vol. 21, 2011, p.66-90.

_____. Por uma geografia do passado distante. Marcas pretéritas na paisagem como memória socioespacial das sociedades autóctones. TERRA LIVRE. A Geografia no tempo de

Novos Conhecimentos do Espaço. AGB, Ano 23, v.2, n.29, p. 265-296, ago./dez. 2007b.

_____. Por uma geografia do passado distante. Marcas pretéritas na paisagem como memória espacial das sociedades autóctones. 180 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio Ambientais, Universidade Federal de Goiás, 2007a.

LOIOLA, Sérgio Almeida. Adaptação aos cenários imponderáveis da variabilidade climática. - DOI: 10.5216/teri. v2i1. 20472. *Revista Terceiro Incluído*, v. 2, n. 1, p. 86-110, 2012.

_____. Para além do presente: da invisibilidade socioambiental moderna à abordagem geográfica complexa. In: RATTTS, Alex & PAULA, Marise Vicente de (Orgs.). *Geografia e diferença, diferentes geografias: espacialidades e identidades étnicas, raciais e de gênero*. Goiânia: Editora UCG, 20013 (no prelo).

LONGAIR, Malcolm. *As origens de nosso Universo*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1994.

LORAUX, Nicole. Elogio do anacronismo. In: NOVAES, Adauto (Org.). *Tempo e história*. São Paulo: Companhia das Letras, 1992. p. 57-70.

LORENZ, Konrad. *A demolição do Homem: Crítica a falsa religião do progresso*. 2 ed. Tradução Horst Wertig. São Paulo, Brasiliense, 1986.

LOWE, J.J. & WALKER, M.J.C. *Reconstructing Quaternary environments*. London: Longmans, 1997.

MANABE, S. Carbon dioxide and climate change. *Advances in Geophysics*. Academic Press, v.25, p.39-82.

MAREAN, Curtis W. *et al.* Early human use of marine resources and pigment in South Africa during the Middle Pleistocene. *Nature*, v. 449, n. 7164, p. 905-908, 2007.

_____. Pinnacle Point Cave 13B (Western Cape Province, South Africa) in context: the Cape floral kingdom, shellfish, and modern human origins. *Journal of Human Evolution*, v. 59, n. 3, p. 425-443, 2010.

MARSHALCK, Alexander. The Tai plaque and calendrical notation in the Upper Palaeolithic. *Cambridge Archaeological Journal*, v.1, p.25-61, 1991.

_____. A Middle Paleolithic symbolic composition from the Golan Heights: The earliest known depictive image. *Current Anthropology*, v. 37, n. 2, p. 357-365, 1996.

MARGULIS, Lynn e SAGAN, Dorion. *Microcosmos. Quatro bilhões de anos de evolução microbiana*. São Paulo: Cultrix, 2004.

MARKGRAF, Vera. *Interhemispheric climate linkages*. San Diego: Publisher Academic Press, 2001.

MASSEY, Doreen. Space-Time, 'Science' and the Relationship between Physical Geography and Human Geography. *Transactions of the Institute of British Geographers*, v. 24, n. 3, p. 261-276, 1999.

MATURANA, Humberto. *Cognição, ciência e vida cotidiana*. Belo Horizonte: Ed. da UFMG,

2001.

MATURANA, Humberto & VARELA, Francisco J.. *Autopoiesi e cognizione: la realizzazione del vivente*. Venezia: Ed. Marsilio, 1992.

_____. *A árvore do conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana*. São Paulo: Palas Athena, 2005.

MAZOYER, Marcel & ROUDART, Laurence. *História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea*. São Paulo: Ed. da Unesp, 2010.

PASSOS, Messias Modesto. O índice de vegetação (NDVI) e a pirâmide de vegetação - Abordagens complementares aplicadas ao estudo do cerrado brasileiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 6., Goiânia, 2004, Anais Setenta anos da AGB: as transformações do espaço e a geografia do século XXI.

MALDODATO, Mauro. Metamorfoses do tempo. In: MALDODATO, Mauro. *A subversão do ser*. Identidade, mundo, tempo, espaço: fenomenologia de uma mutação. São Paulo: Peirópolis, 2001. cap. 3, p.111-155.

MENDONÇA, Francisco. *Geografia física: ciência humana?* São Paulo: ed. Contexto, 2001.

_____. Geografia socioambiental. In: MENDONÇA, F. e KOZEL, Salette (Org.). *Elementos de epistemologia da geografia contemporânea*. Ed. da UFPR, Curitiba, 2002. p.121-144.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês M. *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MITHEN, Steven *Creativity in human evolution and prehistory*. New York: Routledge, 1998.

_____. *A pré-história da mente: Uma busca das origens da arte, da religião e da ciência*. São Paulo: Ed. da Unesp, 2002.

_____. *After the ice: a global human history, 20.000-5.000 BC*. Cambridge: ed. Harvard University, 2006.

MOBERG, Anders *et al.* Highly variable Northern Hemisphere temperatures reconstructed from low- and high-resolution proxy data. *Nature*, v. 433, n. 7026, p. 613 - 617, 2005.

MONTEIRO, Carlos A. de F. *Teoria e clima urbano*. Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1976. (Série teses e monografias, 25)

_____. Clima e Excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1991.

_____. De tempos e ritmos: entre o cronológico e o meteorológico para a compreensão geográfica dos climas. *Geografia*, v. 26, n. 3, p. 131-154, dez., 2001.

_____. A questão ambiental na geografia do Brasil: a propósito da “validade”, espacialização e “pesquisa universitária”. *Cadernos Geográficos*, n. 5, p. 7-48, maio, 2003.

MORAES, Antônio Carlos Robert de. *Meio Ambiente e ciências humanas*. São Paulo: Hucitec, 1994.

MOREIRA, Ruy. Assim se passaram dez anos (A renovação da geografia no Brasil. 1970-1988). *Geographia*, ano 2, n.3, p. 27-49, 2000.

MOREIRA, Ruy. *Pensar e ser em geografia*. São Paulo: Contexto, 2007.

MORIN, Edgard. *O Método IV*. As ideias: a sua natureza, vida, habitat e organização. Portugal: Publicações Europa-América, 1991.

_____. e MOIGNE, Jean-Lois Le. *A inteligência da complexidade*. São Paulo: Petrópolis, 2000.

_____. *A cabeça bem feita*. Rio de Janeiro, 2004.

_____. *Ciência com consciência*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005a.

_____. *Introdução ao Pensamento Complexo*. Lisboa: Instituto Piaget, 2006.

NADEL, Dani *et al.* Stone Age hut in Israel yields world's oldest evidence of bedding. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 101, n. 17, p. 6821-6826, 2004.

NICOLESCU, Basarab. Um novo tipo de conhecimento – Transdisciplinaridade. In: NICOLESCU, Basarab; GASTON, P.; HUMBERTO, M.; MICHAEL, R. & PAUL, T. *Educação e Transdisciplinaridade*. Brasília: UNESCO, 2000. p.13-29.

_____. *Educação e transdisciplinaridade*. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, Representação no Brasil, 2001.

_____. *Transdisciplinaridade*. Porto Alegre:PPGA/EA/UFRGS, 2003. Disponível em: http://www.ea.ufrgs.br/sobreaescola/professores/mariaschuler_transdisciplin.asp

NICOLL, Kathleen. Recent environmental change and prehistoric human activity in Egypt and Northern Sudan. *Quaternary Science Reviews*, v. 23, n. 5, p. 561-580, 2004.

NOGUEIRA, Salvador. De olho no céu. In: *Scientific American*. Edição especial: Etnoastronomia. p. 6-8, 2006. s/d.

NOVELLO, Mario. Do Big Bang ao universo eterno. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2010.

OGASHAWARA, Igor. ANÁLISE RÍTMICA EA CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA BRASILEIRA. *Revista Geoaraguaia*, v. 2, n. 2, p. 57-72, 2012.

OLIVEIRA, G S. *O El Niño e Você* - o fenômeno climático. São José dos Campos: Transtec, 1999.

OLIVEIRA, Paulo E. *et al.* Paleovegetação e paleoclimas do quaternário do Brasil. In: SOUZA, Célia Regina de G.; OLIVEIRA, Antonio M.; SUGUIO, Kenitiro; OLIVEIRA, Paulo E. de (Orgs.). *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: Holos, 2005, p. 52-74.

OLIVEIRA, Sandra de Fátima. Educação Ambiental: aspectos históricos e perspectivas. *Boletim Goiano de Geografia*, Universidade Federal de Goiás, v. 26, n. 1, p. 151-166, 2006.

OSTROM, Elinor, VANWEY, Leah K. & MORETSKY, Vicky. Teorias subjacentes ao estudo de interação homem-ambiente In: OSTROM, Elinor & MORAN, Emilio F. (Orgs.). *Ecossistemas florestais: interações homem-ambiente*. São Paulo: Editora SENAC: Edusp, 2009, p. 41-85.

O'SULLIVAN, David. Complexity science and human geography. *Transactions of the Institute of British Geographers*, v. 29, n. 3, p. 282-295, 2004.

OVERPECK, J.T. & COLE, J.E. Abrupt change in Earth's climate system. *Annual Review of Environment and Resources*. n.31, 2006, p. 1-31.

PASSOS, Messias Modesto. O índice de vegetação (NDVI) e a pirâmide de vegetação: Abordagens complementares aplicadas ao estudo do cerrado brasileiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 6., Goiânia, 2004, *Anais*: Setenta anos da AGB: as transformações do espaço e a geografia do século XXI.

PALAZZO, Luiz Antônio Moro. Complexidade, Caos e Auto-organização. Universidade Católica de Pelotas: Escola de Informática, 2001. Disponível em: <http://algol.dcc.ufla.br/~monserrat/isc/Complexidade_caos_autoorganizacao.html> Acessado em: jul. 2013.

PEARSON, Leonie J.; PEARSON, Craig J. Societal collapse or transformation, and resilience. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 109, n. 30, p. 2030-2031, 2012.

PEEL, M. C., FINLAYSON, B. L. & MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrological Earth System Science*, n. 11, p. 1633-1644, 2007.

PIMENTA, José Ramiro. *Geografia e Arqueologia: uma epistemologia comparada*. Porto: Figueirinhas, 1996.

PRIGOGINE, Ilya. *O fim das certezas: tempo, caos e leis da natureza*. São Paulo: UNESP, 1996.

_____. & STENGERS, Isabelle. *A nova aliança: metamorfose da ciência*. Brasília: Editora da UNB, 1997.

_____. *As leis do caos*. São Paulo: UNESP, 2002.

PROUS, André. *O Brasil antes dos brasileiros: a pré-história de nosso país*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2006.

PIAGET, Jean *Biologia e Conhecimento: Ensaio sobre a relação entre as regulações orgânicas e os processos cognoscitivos*. Petrópolis: Vozes, 2003.

PIPERNO, Dolores R. *et al.* Processing of wild cereal grains in the Upper Palaeolithic revealed by starch grain analysis. *Nature*, v. 430, n. 7000, p. 670-673, 2004.

POUGH, F. Harvey; JANIS, Christine M.; HEISER, John B. *A vida dos vertebrados*. São Paulo: Atheneu Editora, 2008.

POWEL, Adam; SHENNAN, Stephen; THOMAS, Mark G. Late Pleistocene demography and the appearance of modern human behavior. *Science*, v. 324, n. 5932, p. 1298-1301, 2009.

PROUS, André. *Arqueologia brasileira*. Brasília: Editora da UnB, 1992.

_____. Definição e histórico da arqueologia. In: TENÓRIO, Maria Cristina (Org.). *Pré-história da terra brasilis*. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 1999. p. 19 - 34.

_____. *O Brasil antes dos brasileiros: a pré-história de nosso país*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2006.

PRÜFER, Kay *et al.*. The complete genome sequence of a Neanderthal from the Altai Mountains. *Nature*, v. 505, n.7481, p.43–49, dez, 2013.

RAHMSTORF, Stefan. Ocean circulation and climate during the past 120000 years. *Nature*, n. 419, 2002, p. 207-214.

REICHHOLF, Josef H. *Breve história da Natureza no último milênio*. São Paulo : Ed. SENAC, 2008.

REIS, José Alberione. Prolegômenos sobre teoria na arqueologia. *Diálogos*, v. 3, n. 6, 2002. 8 p. Disponível em: <http://www.dhi.uem.br/publicacoesdhi/dialogos/volume01/vol6_atg6.htm> Acesso em: mar. 2005.

RETAILLE, Denis. Ethnogeographie: naturalisation des formes socio-spatiales. In: CLAVAL, Paul (Org.). *Etnogeographies*. Paris: L'Harmattan, 1995, p.17-26.

SABOIA, João Paulo Jankowski. Variabilidade interdecadal de precipitação na América do Sul: características, impactos e mecanismos. 128 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia de Recursos hídricos e Ambiental), Setor de Tecnologia-UFPR, 2010.

SALGADO-LABOURIAU, Maria Léa. *História ecológica da Terra*. São Paulo: Edgard Blücher, 1994.

_____. *Critérios e técnicas e técnicas para o Quaternário*. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

SANT'ANA NETO, João L. & NERY, Jonas T. Variabilidade e mudanças climáticas no Brasil e seus impactos regionais. In: SOUZA, C. R. de G.; OLIVEIRA, A. M.; SUGUIO, Kenitiro; OLIVEIRA, Paulo E. de (Orgs.). *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: Holos, 2005.

SANTOS, Milton. Sociedade e Espaço: a formação social como teoria e método. In: SANTOS, Milton. *Espaço e sociedade*. Petrópolis: Vozes, 1979.

_____. *A natureza do espaço: Técnica e tempo. Razão e Emoção*. São Paulo: Hucitec, 1996.

_____. *Metamorfose do espaço habitado*. São Paulo: Hucitec, 1997.

_____. Da sociedade à paisagem: O significado do espaço do homem. In: SANTOS, Milton. *Pensando o espaço do homem*. São Paulo: EDUSP, 2004, p.53-62.

SANTOS, Boaventura de Sousa. Para Além do Pensamento Abissal: das linhas globais a uma ecologia dos saberes. In: SANTOS, Boaventura de Sousa; Meneses, Maria. *Epistemologia do Sul*. Editora Almedina, Coleção CES: 2009. p. 31-83.

SAUER, Carl O. A morfologia da paisagem. In CORRÊA, Roberto Lobato e ROSENDAHL, Zeny (Orgs.). *Paisagem, tempo e cultura*. Rio de Janeiro: EDUERJ, 1998, p. 12-74.

SCARBOROUGH, Vernon L. *et al.* Water and sustainable land use at the ancient tropical city of Tikal, Guatemala. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 109, n. 31, p. 12408-12413, 2012.

SCHMIDT, Klaus. Göbekli Tepe, southeastern Turkey: A preliminary report on the 1995-1999 excavations. *Paléorient*, p. 45-54, 2000.

_____. Göbekli Tepe—the Stone Age Sanctuaries. New results of ongoing excavations with a special focus on sculptures and high reliefs. *Documenta Praehistorica*, v. 37, p. 239-256, 2010.

SEEMANN, Jörn. Mapeando culturas e espaços: uma revisão para a geografia cultural no Brasil. In: ALMEIDA, Maria G; RATTTS, Alecsandro José Prudêncio (Org.). *Geografia: leituras culturais*. Goiânia: Alternativa, 2003. p. 261-284.

SILVA, Daniel José da. O paradigma transdisciplinar: uma perspectiva metodológica para a pesquisa ambiental. WORKSHOP SOBRE INTERDISCIPLINARIDADE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: São José dos Campos, 1999.

_____. A pedagogia do colapso. In: 3º Workshop Internacional de História do ambiente. História do ambiente e educação ambiental. Florianópolis, 26-29, nov. 2013. Disponível em: <<http://www.gthidro.ufsc.br/pedagogia-do-colapso/resumo-da-palestra-sobre-pedagogia-do-colapso-fpolis-29-nov-2013>> Acessado em dez. 2013.

SILVA, Armando Corrêa da. As categorias como fundamentos do conhecimento geográfico. In: SANTOS, Milton, SOUZA, Maria Adélia A (Org.). de. *O espaço interdisciplinar*. São Paulo: Nobel, 1986. p. 25-37. (Coleção espaços)

SILVA, Maria E. Siqueira; SILVA, Carlos Batista. Variabilidade Climática - processos físicos e dinâmicos nos oceanos e atmosfera. In: RDG-Revista do Departamento de Geografia da USP. São Paulo, Volume especial 30 anos, 2012, p. 372-406.

SOUZA, João M. A. Correia de. A influência da atividade de meso-escala sobre o balanço termodinâmico do oceano austral. 159 f. Tese (Doutorado em Engenharia Oceânica), COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

SOUZA, Célia Regina de G.; OLIVEIRA, Antônio M.; SUGUIO, Kenitiro; OLIVEIRA, Paulo E. de (Orgs.). *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: Holos, 2005.

SOUZA, Marcelo Lopes de. A expulsão do paraíso. O “paradigma da complexidade” e o desenvolvimento sócio-espacial. In: CASTRO, Iná Elias; GOMES, Paulo César da Costa; CORREA, Roberto Lobato (Org.). *Explorações Geográficas: percursos no fim do século*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997, p.43-87.

SPOSITO, Eliseu Savério. *Geografia e Filosofia*. Contribuição para o ensino do pensamento geográfico. São Paulo: Editora UNESP, 2004.

STANFORD, Craig Britton. *Como nos tornamos humanos: um estudo da evolução da espécie humana*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

STOTT, Peter A.; JONES, Gareth S. and MITCHELL, John F. B.. "Do Models Underestimate the Solar Contribution to Recent Climate Change". *Journal of Climate*, n. 16, 15 Dec. 2003, p.

4079-4093. Disponível em: < <http://climate.envsci.rutgers.edu/pdf/StottEtAl.pdf>> Acesso: Março de 2009.

STRINGER, Chris. *Lone survivors: How we came to be the only humans on earth*. Macmillan, 2012.

SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes. Geografia Física (?) Geografia ambiental (?) ou geografia e ambiente (?). In: MENDONÇA, Francisco e KOZEL, Salete (Org.). *Elementos de epistemologia da geografia contemporânea*. Curitiba: Ed. da UFPR, 2002. p.111-144.

SUGUIO, Kenitiro *et al* (Orgs). Paleoníveis do mar e paleolinhas de costa. In: SOUZA, Célia R. de G.; OLIVEIRA, A. M.; SUGUIO, Kenitiro; OLIVEIRA, Paulo E. de (Orgs.). *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: Holos, 2005, p. 114-129.

TANNO, Ken-ichi; WILLCOX, George. Distinguishing wild and domestic wheat and barley spikelets from early Holocene sites in the Near East. *Vegetation history and archaeobotany*, v. 21, n. 2, p. 107-115, 2012.

TEIXEIRA, João de Fernandes. *Mente, Cérebro e Cognição*. Petrópolis: Vozes, 2008.

TIMONEN, M et al. Climate patters in Northern Fennoscandia during the Last Millennium. XVII INQUA Congress. Cairns, Austrália, ago., 2007. Disponível em: <http://lustiag.pp.fi/holocene_trends1000_INQUA.pdf> Acessado em out. 2013.

TURNER, Billie L.; SABLOFF, Jeremy A. Classic Period collapse of the Central Maya Lowlands: Insights about human–environment relationships for sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 109, n. 35, p. 13908-13914, 2012.

URIARTE, Antón. Historia del clima de la Tierra. 2010. Livro. Disponível em: <http://www.herbogeminis.com/IMG/pdf/historia_del_clima_de_la_tierra_anton_uriarte.pdf> Acessado em: janeiro de 2012.

VALVA, Fabrízio D'Ayala & DINIZ FILHO, José Alexandre Felizola. A trajetória humana. *Revista Canindé*, n. 3, dez, 2003. (Versão atualizado pelo autor, 2011)

VALLADAS, Hélène; CLOTTE, Jean & e GENESTE, Jean-Michel. A caverna onde a arte nasceu. In: *Scientific American*, n.31, dez., 2004.

WADLEY, Lyn *et al*. Middle Stone Age bedding construction and settlement patterns at Sibudu, South Africa. *Science*, v. 334, n. 6061, p. 1388-1391, 2011.

WAGSTAFF, J. M. (Org.). *Landscape and culture: Geographical and archeological perspectives*. Oxford: Basil Blackwell, 1987.

_____. Nueva arqueología y nueva geografía”. In Claude Cortez (Org.). *Geografía Histórica*. Cidade do México: Instituto Mora, 1991, p. 117-133.

WATERS, Michael R. *The principles of geoarchaeology: A north american perspective*. EUA, Tucson: Ed. da Universidade do Arizona, 1992.

WEISS, Ehud *et al*. The broad spectrum revisited: evidence from plant remains. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 101, n. 26, p. 9551-9555, 2004.

WHITE, Randall. Technological and Social Dimensions of 11 Aurignacian-Age" Body Ornaments across Europe. In: KNECHT, H.; PIKE-TAY, A; WHITE, R. (Ed.). *Before Lascaux: The Complex Record of the Early Upper Paleolithic*. Boca Raton: Ed. CRC, 1993. p. 279-299.

WILLCOX, George. The Roots of Cultivation in Southwestern Asia. *Science*, v. 341, n. 6141, p. 39-40, 2013.

WILSON, Edward O. *A unidade do conhecimento: consiliência*. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

WORSTER, Donald. Para fazer história ambiental. In: *Estudos Históricos*. Rio de Janeiro, vol. 4, n.8, 1991, p. 198-215.

WÜST, Irmhild. As aldeias dos agricultores ceramistas do Centro-Oeste brasileiro. In: TENÓRIO, Maria Cristina (Org.). *Pré-história da Terra brasílica*. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 1999. p. 321-337.

ZAVATTINI, João Afonso. *Estudos do clima no Brasil*. Campinas: Editora Alínea, 2004.

ZIEGLER, Martin *et al.* Development of Middle Stone Age innovation linked to rapid climate change. *Nature communications*, v. 4, p. 1905, mai., 2013.