

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Faculdade de Medicina
Graduação em Nutrição

INÉS BEATRIZ FIRPO DIEFENTHAELER

Das árvores às panelas no fogo: como nos tornamos humanos

Porto Alegre
2013

INÉS BEATRIZ FIRPO DIEFENTHAELER

Das árvores às panelas no fogo: como nos tornamos humanos

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito parcial para a
obtenção do grau de Bacharel em Nutrição, à
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof^a Dr^a Vivian Cristine Luft

Porto Alegre
2013

INÉS BEATRIZ FIRPO DIEFENTHAELER

Das árvores às panelas no fogo: como nos tornamos humanos

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação
apresentado como requisito parcial para a
obtenção do grau de Bacharel em Nutrição, à
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 2013

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso “Das árvores às panelas no fogo: como nos tornamos humanos”, elaborado por Inés Beatriz Firpo Diefenthaler, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Nutrição.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a Dr^a Vivian Cristine Luft - Orientadora
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

Prof^a Dr^a Maria Eunice de Souza Maciel
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

Prof^a Dr^a Tatiana Roman
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu marido, Gustavo, pela cumplicidade de 45 anos de muito amor e pelo companheirismo e paciência, imprescindíveis para chegar às conquistas da minha vida; aos meus queridos filhos, Gustavo, Gretel, Gertrud e Gerhard, por todo o suporte e carinho; à minha cunhada Ana, pela amizade incondicional e pela impecável revisão textual, e ao meu cunhado Guiga e à minha querida sobrinha Letícia, por todo o carinho; à amada vó Lola, por ser essa pessoa tão incrível; às minhas amigas de vida Doralice e Gladys, por me incentivarem diariamente; à minha amiga e orientadora, Vivian Luft, que tanto admiro, pela disponibilidade e envolvimento com o trabalho, pela confiança e dedicação; às queridas professoras Maria Eunice Maciel, Tatiana Roman e Sílvia Guimarães Souza, que, sem sabê-lo, suas aulas e seu entusiasmo transmitido em cada slide foram a inspiração deste trabalho; e à melhor aquisição que a UFRGS me deu: minhas incríveis amigas Jéssica e Maria Luiza, pelo carinho e pela amizade tão especial.

EPÍGRAFE

Comer: nada más vital, nada más íntimo.
Lo que comemos se convierte en nosotros mismos.

Claude Fischler

O passado não reconhece o seu lugar; está sempre presente.

Mario Quintana

RESUMO

A forma de se alimentar do ser humano permitiu, dentre outros aspectos, a sobrevivência da espécie nas diversas regiões do planeta. Sob o ponto de vista evolutivo, na literatura ainda são esparsas as informações da influência da dieta no processo que nos tornou humanos, nos diferenciando dos demais primatas. Nesse sentido, o presente estudo tem por objetivo entender e reconhecer o papel da evolução da dieta no processo de hominização, com o intuito de identificar o ponto de viragem que os tornou humanos, recortada a partir da literatura brasileira e internacional sobre o assunto. A busca foi realizada nas bases de dados do PubMed, ScienceDirect, SciELO, Google Acadêmico, em revistas especializadas e livros, publicados em inglês, espanhol ou português. Verifica-se uma linha em comum entre hipóteses descritas: basicamente, somos o resultado da seleção natural, atuando para maximizar a qualidade dietética e a eficiência na obtenção de alimentos. Mudanças na oferta de alimentos parecem ter influenciado fortemente nossos ancestrais homínídeos. O principal elemento que diferencia o ser humano dos demais animais em relação à alimentação consiste no fato que somente o homem é capaz de controlar e usar o fogo para cozinhar. Ainda não se sabe qual o momento exato da virada, faltam evidências fósseis. Sabe-se, no entanto, que a fogueira não apenas transformou o alimento, deixando-o mais calórico e nutritivo, mas também nos tornou mais sociáveis, aprendendo a compartilhar e a nos comunicar. Não é possível designar a um único mecanismo evolutivo, dentre as características tipicamente humanas (bipedalismo, cérebro volumoso, tamanho dos dentes, cocção dos alimentos), a responsabilidade exclusiva da hominização. Tudo indica que esses processos atuaram em conjunto e, paulatinamente, foram nos afastando do nosso antecessor. Durante a evolução humana, a melhoria da qualidade da dieta (caracterizada por uma maior flexibilidade e variedade de nutrientes, oportunizada com a cocção dos alimentos), o trabalho de criação com a ajuda de alopares, os processos cognitivos, a socialização, a redução dos custos de locomoção, todos operaram simultaneamente, permitindo o crescimento extraordinário do cérebro e a origem da linguagem articulada, marca registrada da nossa linhagem. A quantidade extra de combustível exigida pelo cérebro (tecido custoso) foi originada de diversas fontes, como a ingestão de carnes e peixes, o melhor aproveitamento dos alimentos pelo cozimento, o andar ereto, dentre outras características adaptativas. Muitas perguntas ainda continuam à espera de respostas. A Biologia e a Antropologia caminham juntas no esforço de preencher as lacunas que permanecem na história da hominização e sua relação com a Nutrição. No entanto, os dados levantados apontam a mudança na alimentação como uma das grandes protagonistas da história, uma força propulsora que possibilitou a encefalização, o nascimento da cultura, a socialização.

Palavras-chave: Alimento e Cultura. Biologia Comparada. Bipedalismo. Comensalidade. Domínio do Fogo. Encefalização. Evolução Humana. Homínídeos.

ABSTRACT

The dietary shift allowed early human beings, among other things, to survive in different regions of the planet. From an evolutionary point of view, the literature still has sparse information of the influence of diet on the process that made us human beings, differentiating us from other primates. Hence, this study aims to understand and to recognize the role of diet evolution in the hominization process, in order to identify the turning point that made us human beings, reviewing national and international literature on this subject. The search was performed using online libraries such as PubMed, ScienceDirect, SciELO, Google Scholar, in addition to specialized magazines and books, published in English, Spanish or Portuguese. There is a common thread among the hypothesis described: basically, we are the result of natural selection acting to maximize dietary quality and efficiency in foraging food. Changes in food supply appear to have strongly influenced our hominid ancestors. The main element that distinguishes humans from other animals is the fact that only the former is able to control and use fire for cooking. It is unclear when the turning point happened, fossil evidence is still lacking. It is known, however, that the fire not only increases food efficiency making it more caloric and nutritious, but also made us more sociable, learning to share and communicate. It is impossible to assign to a single evolutionary process, among the typically human characteristics (bipedalism, large brains, teeth size, cooking), the sole responsibility of hominization. These processes acted together, and gradually moved us away from our predecessor. During human evolution, improved diet quality (characterized by greater flexibility and variety of nutrients, nurtured by cooking fire), alloparental provisioning of young, cognitive processes, socialization, reducing costs of locomotion, all operated simultaneously, allowing the extraordinary growth of the brain and the origin of articulate language, a trademark of our lineage. The extra amount of fuel required by the brain (expensive tissue) originated from various sources, such as the intake of meat and fish, the best utilization of food by cooking, walking upright, among other adaptive traits. Many questions are still waiting for answers. Biology and Anthropology walk together in an effort to fill the gaps that still remain in the timeline of human evolution and its relationship with Nutrition. However, the data collected indicates dietary shift as one of the great protagonists of the story, a driving force that enabled encephalization, the birth of culture, and socialization.

Keywords: Food and Culture. Comparative Biology. Bipedalism. Commensalism. Domain of Fire. Encephalization. Human Evolution. Hominids.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo simplificado de árvore filogenética para a espécie <i>Homo sapiens</i> e possíveis ancestrais mais próximos	16
Figura 2 - A linhagem dos humanos	18
Figura 3 - Tempo geológico	25
Figura 4 - Cladograma da superfamília Hominoidea, adaptado	27
Figura 5 - Comparação anatômica do <i>A.afarensis</i> e o <i>Homo erectus</i>	27
Figura 6 - Principais eventos da evolução humana	37
Figura 7 - Classificação das espécies de hominídeos em quatro categorias, conforme o tamanho do cérebro e dos dentes e do tipo de bipedalismo tendo como base o registro fóssil	39
Figura 8 - Mudança do centro de gravidade, acompanhada de adaptações anatômicas e fisiológicas	40
Figura 9 - Proposta de pressões seletivas na evolução do bipedalismo	45
Figura 10 - Comparação na forma de locomoção de <i>A.afarensis</i> , chimpanzé e humanos modernos	47
Figura 11 - Comparação do volume craniano de hominídeos	49
Figura 12 - Comparação do TGI entre herbívoros e carnívoros	51
Figura 13 - Comparação do TGI entre chimpanzé, orangotango e humano adulto	51
Figura 14 - Comparação do TGI entre orangotangos (O), gorilas (G), chimpanzés (CH) e humanos (H)	52
Figura 15 - Músculos da ATM, no humano moderno	54
Figura 16 - Mandíbula do <i>Australopithecus robustus</i> (presença de crista sagital com a inserção do músculo temporal) e comparação com o crânio humano (sem crista sagital)	55
Figura 17 - Diferenças morfológicas dos crânios de um chimpanzé, um australopiteco e um humano	56
Figura 18 - Estrutura de um fosfolípídeo	60
Figura 19 - Biossíntese dos ácidos graxos poliinsaturados	61
Figura 20 - Procedência e composição dos ácidos graxos $\omega 3$	62
Figura 21 - Encefalização progressiva na evolução dos hominídeos	65
Figura 22 - Massa observada e esperada dos cinco órgãos mais custosos do corpo de um humano de 65 kg	66
Figura 23 - Relação entre tamanho corporal e tamanho do cérebro ou volume endocranial (espécies extintas) de grandes símios e hominídeos	72
Figura 24 - Alocação da energia para o crescimento do cérebro	75
Figura 25 - Comparação do tamanho da cabeça do feto e da pélvis materna entre primatas superiores	80
Figura 26 - Classificação das ferramentas líticas segundo Grahame Clark (1969)	84
Figura 27 - Árvore da vida de Charles Darwin (1837)	86
Figura 28 - Mioceno, origem da linhagem humana	87
Figura 29 - Ecologia alimentar de humanos e outros primatas	88
Figura 30 - Anatomia comparada entre chimpanzés, <i>Ardipithecus</i> , <i>Australopithecus</i> , <i>H. erectus</i> e humanos	96
Figura 31 - Triângulo culinário de Claude Lévi-Strauss	102
Figura 32 - Esquema hipotético de ingestão de gorduras e antioxidantes	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais elementos radioativos utilizados na datação radiométrica	29
Tabela 2 - Idade geológica (Ma), tamanho do cérebro (cm ³), pesos estimados de machos e fêmeas (kg) e superfície do molar posterior (mm ²) de algumas espécies fósseis de homínídeos	58
Tabela 3 - Comparação da quantidade de energia, gordura, proteína, AA e DHA em fontes alimentares (amostras de 100g) disponíveis nas dietas dos homínídeos	63

SIGLAS

AA	Ácido araquidônico
AGE	Ácidos graxos essenciais
ALA	Ácido α -linolênico
ATM	Articulação têmporo-mandibular
DHA	Ácido docosaexaenoico
EPA	Ácido eicosapentaenoico
LA	Ácido linoleico
Ma	Milhões de anos
TGI	Trato gastrointestinal
TMB	Taxa metabólica basal

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVO	14
3	CONTEXTUALIZANDO A PESQUISA	15
3.1	UM CONSTANTE DESVENDAR DO PASSADO	15
3.2	HISTÓRIA ALIMENTAR	19
3.3	DOMÍNIO DO FOGO E EVOLUÇÃO	20
4	CONCEITUAÇÃO	23
4.1	PALEONTOLOGIA E ARQUEOLOGIA	23
4.2	HOMINÍDEOS	26
5	O QUE OS FÓSSEIS NOS INFORMAM	28
5.1	DATAÇÃO RADIOATIVA DOS FÓSSEIS	29
5.2	MORFOMETRIA GEOMÉTRICA	30
6	COMO DECIFRAR OS CARDÁPIOS ANCESTRAIS: EVIDÊNCIAS ANTROPOLÓGICAS	30
6.1	MÉTODOS INDIRETOS	31
6.2	MÉTODOS DIRETOS	32
6.2.1	Microestriação dentária	32
6.2.2	Razão de isótopos	33
7	MUDANÇAS-CHAVE QUE DIFERENCIARAM OS PRÉ-HUMANOS DO <i>HOMO SAPIENS</i>	35
7.1	BIPEDALISMO: PRIMEIROS PASSOS EM DIREÇÃO À HUMANIDADE.	37
7.1.1	Origens da locomoção bípede	38
7.1.2	Adaptação evolutiva ao bipedalismo	41
7.1.3	Vantagens e custos do bipedalismo	45
7.2	ENCEFALIZAÇÃO: UMA VANTAGEM EXTRAORDINÁRIA	48
7.2.1	Um pouco de anatomia comparada	50
7.2.1.1	Trato gastrointestinal	50
7.2.1.2	Aparelho mastigatório	53
7.2.2	Mudanças metabólicas correlacionadas com a evolução do cérebro nos hominídeos	56
7.2.2.1	O papel dos ácidos graxos na dieta	58
7.2.3	A hipótese do tecido custoso	64
7.2.4	O segredo para um cérebro maior	67
7.3	“COZINHANDO CÉREBROS MAIORES”	76
7.4	O GENE <i>SRGAP2</i> : SUA DUPLICAÇÃO NOS TORNOU “MAIS” HUMANOS?	78
7.5	DILEMA OBSTÉTRICO	80
7.6	USO DE FERRAMENTAS	83
8	INFLUÊNCIA DA DIETA NA HOMINIZAÇÃO	85

8.1	DIETA NAS FLORESTAS TROPICAIS	89
8.1.1	De quebra-nozes a herbívoro em pastoreio: <i>Paranthropus boisei</i>	90
8.2	DIETA NA SAVANA: AUSTRALOPITECOS, LUCY E FAMILIARES.....	91
8.3	CARNÍVOROS À FORÇA: ÁCIDOS GRAXOS ESSENCIAIS NA EVOLUÇÃO HUMANA	93
8.3.1	Cozinhando os alimentos: início da cultura alimentar?	97
8.4	NOVO PARAÍSO ALIMENTAR: A AGRICULTURA	103
8.5	O NOSSO NICHOS: ECOLÓGICO, COGNITIVO, CULTURAL?	105
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	107
	REFERÊNCIAS	113

1. INTRODUÇÃO

Os seres humanos, mamíferos da ordem Primates (= “primeira categoria”, Linnaeus, 1758) na escala zoológica, de postura erguida e cérebro volumoso, encontraram uma forma peculiar e única de se alimentar que lhes possibilitou habitar os mais diversos cantos do planeta (LEONARD, 2003a). O homem moderno não evoluiu de macacos, orangotangos, gorilas ou chimpanzés. Somos todos – humanos, macacos, gorilas, orangotangos e chimpanzés – espécies modernas que seguiram diferentes caminhos evolutivos, compartilhando um ancestral comum com alguns primatas, um concestral (termo adotado por Dawkins para designar o ancestral comum de dois grupos de seres vivos), com os símios africanos (DAWKINS, 2004). Cinco ou seis milhões de anos atrás, um ramo da família dos primatas dividiu-se em duas linhas com genomas bastante similares. Uma levou ao atual chimpanzé. A outra, a nós, o *Homo sapiens* (GRÜTER, 2013).

Desde a antiguidade, o ser humano se sentiu atraído por conhecer suas origens, procurando descobrir por que somos o que somos. Nesse sentido, a alimentação é alvo de grande interesse. O que nos tornou humanos e qual a influência da dieta no processo de hominização, a progressiva aquisição das características que terminaram diferenciando os homínídeos do resto dos primatas? O presente estudo surgiu a partir da necessidade de se conhecer como eram a vida e a alimentação dos nossos antecessores, através da análise das dietas que foram se sucedendo nesses milhares de anos, como uma das chaves para compreender o passado, o presente e o futuro da espécie humana. Qual o papel que a evolução da dieta dos homínídeos teve no processo de hominização? A necessidade de pesquisa sobre a nossa história alimentar se justifica na medida em que seus resultados e sua repercussão possibilitam conhecer como se formaram e como foram mudando nossos hábitos alimentares, enquanto evoluíamos na árvore filogenética, para reconhecer e questionar os atuais hábitos alimentares: será que a dieta do homem moderno não se afastou da programação evolutiva?

Entende-se que a pesquisa simultânea nas áreas da Biologia e da Antropologia é necessária para o entendimento da evolução alimentar, pois a alimentação humana, de fato, é tanto uma função biológica vital quanto uma função social essencial (FISCHLER, 1995). Segundo Claude Fischler, nós, humanos, “somos os únicos que comemos nutrientes e sentidos” (FISCHLER apud AGUIRRE, 2007), portanto, para compreender o que e por que comemos, devemos abordar simultaneamente aspectos biológicos e culturais. Somos

comensais, o evento alimentar é coletivo, se realiza em sociedade e, como todo evento social, é produto e produz relações sociais (AGUIRRE, 2001).

Uma das perguntas mais citadas pela ciência é: quando nos tornamos humanos? (MARTIN, 2008). Esse é um grande desafio, fazer uma extensa procura nas publicações mais recentes e tentar descobrir em que momento a nossa espécie começou a ficar tão particular e única. Qual a força que impulsionou essa diferença? Até que ponto a dieta influenciou de forma significativa o processo de adaptação ao rigor ou à opulência dos novos ambientes?

Diante desses questionamentos, optou-se por fazer uma revisão, tendo como parâmetro o período que vai da aparição dos homínídeos no berço africano até quando o *H. sapiens* se lançou à conquista da Europa e do resto do mundo. Trata-se de uma revisão dos mais recentes achados da evolução humana, com uma extensiva comparação das últimas descobertas dos tipos de dietas que caracterizaram as diferentes espécies de homínídeos. O foco foi dado aos pontos de viragem que possibilitaram a transição de um tipo de dieta para outra, destacando as vantagens e as mudanças adquiridas em cada etapa. A busca foi realizada nas bases de dados: PubMed, ScienceDirect, ScieLO, Google Acadêmico, revistas especializadas e livros, publicados em inglês, espanhol ou português.

Imbuído do espírito de Theodosius Dobzhansky (1900-1975), expresso na sua frase (uma das mais citadas nas Ciências Biológicas): “nada em Biologia faz sentido exceto à luz da evolução”, este trabalho apresenta um olhar da Nutrição à luz da evolução, pesquisando em que momento nos tornamos humanos e nos diferenciamos como espécie *H. sapiens* (DOBZHANSKY, 1973). Promover um olhar crítico sobre essa evolução e as mudanças adquiridas poderá, no futuro, permitir aplicar esses conhecimentos às características atuais da nossa dieta.

2. OBJETIVO

O objetivo deste estudo é entender e reconhecer o papel que a evolução da dieta dos homínídeos teve no processo de hominização, com o intuito de identificar o ponto de viragem que os tornou humanos, recortada a partir da literatura brasileira e internacional sobre o assunto.

3. CONTEXTUALIZANDO A PESQUISA

3.1 UM CONSTANTE DESVENDAR DO PASSADO

O gênero *Homo* foi se diferenciando do resto dos primatas de forma única. Segundo Leonard (2002), a mudança na dieta foi uma força motriz da evolução humana. Porém ainda não existe uma única hipótese que explique a nossa origem. Ainda há várias reticências na árvore evolutiva, à procura de antecessores comuns que evoluíram para diferentes espécies. Permanece a pergunta: o quê, no processo evolutivo, nos tornou humanos?

A linha do tempo da evolução humana é longa, controversa e ainda apresenta lacunas significativas. Os especialistas não chegaram a um acordo sobre a maioria dos pontos de início e fim de várias espécies. O quebra-cabeças continua inacabado. Durante muito tempo, tentou-se estudar a evolução humana numa perspectiva linear, gradual e progressiva. Porém, já se sabe que ela não foi linear e nem sempre obedeceu a um processo gradual, havendo longos períodos de ausência de mudanças, contrastando com outros nos quais as transformações se sucederam com grande rapidez.

A história da nossa evolução passou a ser montada numa árvore, com relações complexas entre os galhos que vão surgindo. Montar essa árvore filogenética não é uma tarefa tão simples, ainda mais quando contamos com um fator dificultador incontornável: o desaparecimento das espécies intermediárias que existiram entre o homem atual e o concestral. A matéria prima do estudo é formada por escassos fósseis, que, por vezes, encontram-se muito fragmentados.

Essa é uma tarefa que, graças aos avanços da Paleontologia, continua em voga. Ainda surgem novos achados fósseis de nossos ancestrais e, a cada descoberta, a evolução humana fundamenta-se em alicerces amplamente aceitos entre os estudiosos. Foi o que aconteceu em abril de 2008, quando uma nova espécie de homínido foi formalmente descrita para a comunidade científica: o *Australopithecus sediba* (*sediba* significa manancial na língua local africana), um possível elo de transição entre os gêneros *Australopithecus* e *Homo*, datado em 2 milhões de anos (Ma) (COSTA, 2010). O paleontólogo Lee Berger e o geólogo Paul Dirks utilizaram a ferramenta Google Earth para estudar as grutas de Malapa, a 45 quilômetros de Johannesburgo e, posteriormente, visitaram o local, descobrindo os restos deste homínido que foi nomeado cientificamente em 2010.

De acordo com Costa (2010), a equipe de cientistas acredita ter encontrado o mais antigo antepassado do gênero *Homo*, dentro da linhagem dos australopitecos. O esqueleto encontra-se exposto em um museu, em Johannesburgo e combina as características dos macacos e dos homens. O *Australopithecus sediba* teria sido a espécie de transição mais próxima dos humanos, papel que, até agora, era protagonizado pelo *H. erectus* (ex-*Pithecanthropus erectus*, homem-macaco erguido), o nosso mais antigo representante. A **Figura 1** apresenta um modelo simplificado da árvore filogenética da espécie *H. sapiens* com seus possíveis ancestrais mais próximos, proposta por Costa (2010), já incluindo a nova espécie descoberta.

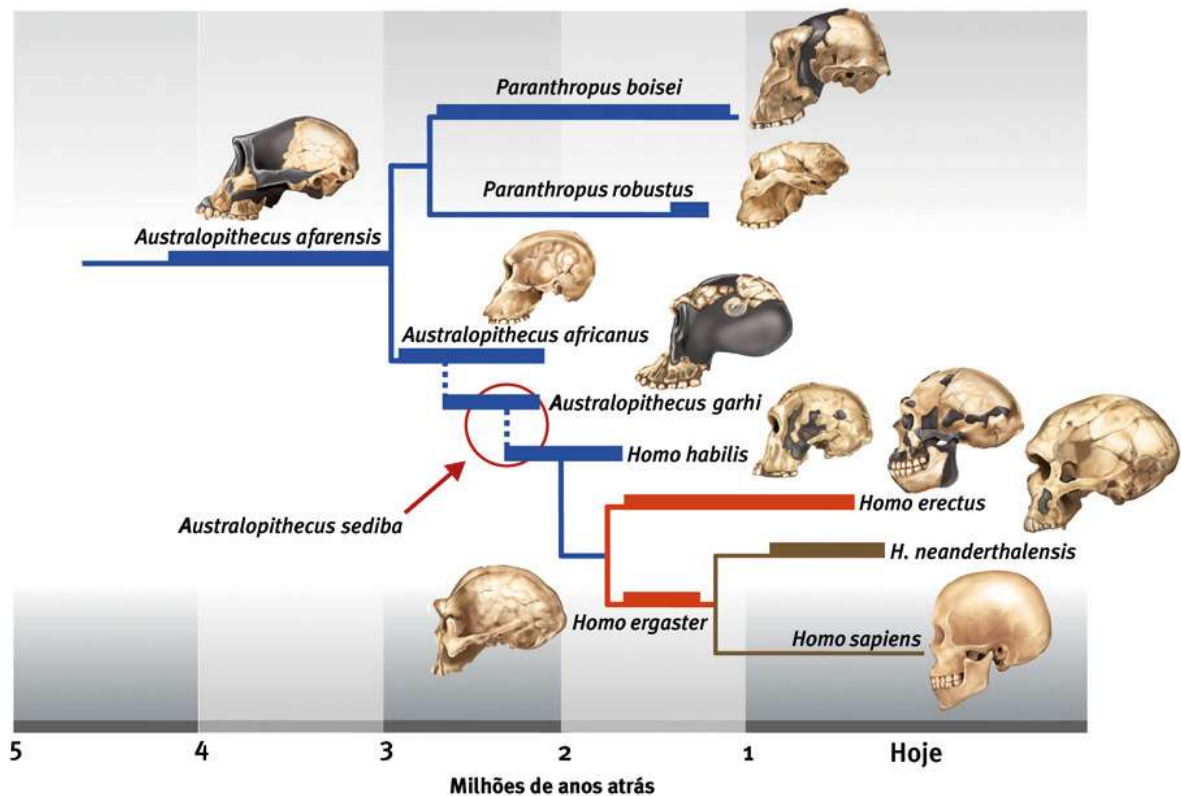


Figura 1 - Modelo simplificado de árvore filogenética para a espécie *Homo sapiens* e possíveis ancestrais mais próximos.

Fonte: COSTA, 2010

Recentemente, na Espanha, uma equipe hispano-americana publicou um estudo comparando o desenvolvimento facial do *H. antecessor*, o “Chico de la Gran Dolina”, com o do *H. ergaster*, o “Chico de Turkana”. O *H. antecessor* (*antecessor* significa colonizador, pioneiro, explorador), hominídeo extinto que surgiu há cerca de 1,2 milhão de anos e viveu até há cerca de 800.000 anos, no Pleistoceno Inferior, é considerado o hominídeo mais antigo da Europa. Essa espécie foi definida após o achado de mais de oitenta restos fósseis

descobertos, desde 1994, no sítio arqueológico de Gran Dolina, na Sierra de Atapuerca. As jazidas de Atapuerca (Espanha) são o complexo paleoantropológico mais importante da atualidade, registrando mais de 1,5 Ma de história da humanidade, uma autêntica “enciclopédia da evolução humana”. Lá se encontraram fósseis de três espécies humanas diferentes (*H. antecessor*, *H. heidelbergensis* e *H. sapiens*). Desde 2000, as jazidas de Atapuerca são declaradas Patrimônio da Humanidade pela UNESCO (LACRUZ, 2013).

A equipe encabeçada pelo paleoantropólogo da Universidade de Califórnia, Rodrigo Lacruz (2013), determinou que a morfometria facial do *H. antecessor* tem um desenvolvimento similar ao do humano moderno. O estudo se baseou nas marcas deixadas pela dinâmica de crescimento dos ossos fósseis de uma criança. Concluíram que se ela tivesse chegado à vida adulta, teria um rosto igual ao do *H. sapiens*. Graças a esse achado, a equipe do Dr. Lacruz afirma que o rosto moderno surgiu há um milhão de anos e, por enquanto, o *H. antecessor* é a espécie mais antiga com este traço (LACRUZ, 2013).

Segundo o médico alemão Thomas Grüter (2013), “existem quase tantas árvores genealógicas de *Homo sapiens* quanto paleoantropólogos”, porém a unanimidade é a de que a linhagem de humanos surgiu na África há 6-7 Ma. O intenso enfoque na África como o local provável da origem da espécie humana foi predito por Charles Darwin, já na segunda metade do século XIX. No seu livro “A descendência do homem e seleção em relação ao sexo” (1871), Darwin realizou uma comparação anatômica entre os antropóides (chimpanzés, orangotangos e gorilas) e os humanos, sugerindo que nossos ancestrais poderiam ser encontrados na África.

O gênero *Homo*, no qual se incluem pelo menos seis espécies conhecidas, surgiu há cerca de 2,4 Ma, em pleno Plioceno; e a família Hominidae, constituída por primatas de locomoção bípede quando no solo, tais como os australopitecos, separou-se há cerca de 6 Ma dos antepassados dos grandes antropóides africanos, nossos parentes atuais mais próximos, que abrangem hoje dois gêneros e pelo menos três espécies - bonobo (*Pan paniscus*), chimpanzé (*Pan troglodytes*) e gorila (*Gorilla*).

Várias espécies de australopitecos coexistiram no continente africano e foi a partir desse grupo que surgiu o gênero *Homo*. Um grupo avançou para a Ásia (*H. erectus*), outro para a Europa (*H. heidelbergensis*; *H. sapiens*). Na **Figura 2**, uma versão da evolução humana, mostrando também a possível dispersão das diferentes espécies nos três continentes.

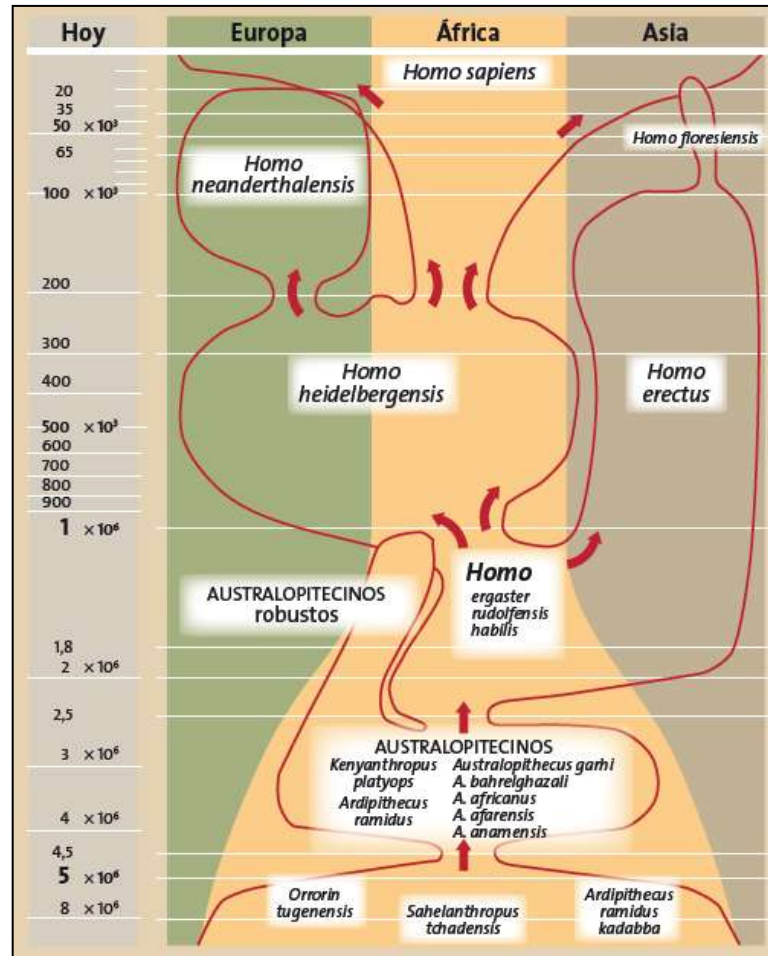


Figura 2 - A linhagem dos humanos

Fonte: GRÜTER, 2013

Para o paleoantropólogo britânico Ian Tattersall (2006), a evolução humana é hoje um dos principais temas dos debates científicos, com novas descobertas e modernas técnicas para analisar os dados. Há uma grande diversidade de material para analisar, destacando Tattersall que o problema futuro será integrar toda essa informação (TATTERSALL, 2006). Um par de décadas atrás, os pesquisadores nunca teriam imaginado que a ciência estaria em condições de reconstituir, por exemplo, a dieta dos nossos antepassados a partir de tártaro fossilizado na superfície dos dentes. O tártaro, por si só, se constitui em resto da comida ingerida, e estudar os fitólitos (cristais que formam os vegetais e são específicos de cada planta, cuja natureza química é preferentemente sílico-cálcica) presentes nele, pode revelar quais plantas o animal ingeriu (WONG, 2012).

Assim, graças às novas ferramentas, as lacunas vão se preenchendo e os dados ficam melhor integrados. Hoje somos a única espécie de hominídeos existente na Terra. No entanto, no passado, existiu uma grande diversidade de espécies de hominídeos, uma vasta galeria de

antepassados hoje extintos. Nesse contexto, cabe o estudo da importância da dieta em termos evolutivos.

3.2 HISTÓRIA ALIMENTAR

Em 1990, Claude Fischler apontara que a questão alimentar atual tem a ver com uma “crise de civilização” e com a forma como a nossa espécie se relacionou com o meio natural e cultural para conseguir sobreviver nos últimos 4 Ma. A situação é nova; o comensal, não. A espécie é a mesma, um onívoro cujas características biológicas, modeladas através da evolução pela penúria ou pela incerteza, não conseguiram modificar ainda as décadas de abundância de alimento (FISCHLER, 1995).

Pons (2005), adotando a perspectiva socioantropológica, sugere que sejam abordados os comportamentos e as experiências alimentares como meios de reconstituir os sistemas alimentares, expostos a um conjunto de transformações, num mundo globalizado e desigual quanto à distribuição da riqueza.

A obtenção de comida, seu consumo e sua utilização nos diversos processos biológicos são aspectos fundamentais de todo ser vivo. A dinâmica energética entre os organismos e seu entorno (em outras palavras, a energia gasta em relação à adquirida) comporta consequências adaptativas para a sobrevivência e a reprodução (LEONARD, 2003b).

A dieta variada e a diversidade cultural do *H. sapiens* são um reflexo das aquisições biológicas e comportamentais dos primeiros hominídeos, que foram se adaptando às mudanças ambientais que se sucederam no planeta ao longo de mais de 4 Ma. A história biológica, a expansão cerebral, as modificações dentárias e a evolução tecnológica e cultural são o resultado nas mudanças na dieta no decurso da nossa evolução.

Através da história, num período que abarca vários milhões de anos, observamos as mudanças e adaptações que sofreram os primeiros antecessores do gênero *Homo* até o homem atual. Conhecer como foram mudando nossos hábitos alimentares, compreender a causa e a consequência destas adaptações e conscientizar-se da importância da dieta, não apenas em termos biológicos, mas também culturais, são questões estreitamente relacionadas com a evolução do hominídeo. Através de uma dieta ajustada à espécie e apropriada às suas

características evolutivas, nos tornamos humanos, nos diferenciando dos ancestrais através de uma forma única de adaptação às mudanças dos ecossistemas.

O clima e a vegetação do momento em que as espécies vivem, condicionam o tipo de dieta possível para esse contexto. O homem atual apresenta uma dieta variada, ampla diversidade cultural, capacidade de habitar todos os cantos do planeta, reflexo das aquisições biológicas e comportamentais dos nossos antecessores mais longínquos. Uma longa adaptação de mais de 4 Ma que ainda continua em andamento. As rápidas mudanças da modernidade e do ambiente não acompanham o genoma paleolítico, que foi se modelando lentamente, sendo selecionado conforme uma melhor adaptação a cada mudança e (KUIPERS, 2010).

Porém, há uma conquista, nessa adaptação ao meio, que diferenciou o homem dos parentes primatas: o domínio do fogo e a cocção dos alimentos. Qual o papel do fogo na evolução do homem? Na mitologia de vários povos, a descoberta do fogo simboliza o início da cultura humana, da consciência humana. O fogo mudou a maneira de se relacionar, reuniam-se em torno dele para se aquecer. Segundo Wrangham (2010), foi a cozinha que deu o empurrão que faltava para nossa transformação em humanos.

Os aspectos evolutivos relacionados com hábitos alimentares, requerimentos nutricionais e habilidades desenvolvidas pelos nossos antecessores na obtenção e na preparação dos alimentos, foram afastando o homem do resto das espécies, chegando a desenvolver a habilidade de dominar o fogo, marca distintiva dos humanos. O fogo para iluminar, se aquecer, espantar os predadores e cozinhar.

3.3 DOMÍNIO DO FOGO E EVOLUÇÃO

Fonte de luz, fonte de calor, origem da vida, purificador de pecados, castigo dos deuses; o fogo sempre teve papel central nas cerimônias, liturgias e mitos de todas as culturas e religiões. Podemos exemplificar esse papel com o mito grego do Prometeu, que representa a transição entre o divino e o terrestre, a mudança do estado natural para o cultural. Apropriar-se do fogo equivalia a estabelecer-se como uma cultura essencialmente humana. Claude Lévi-Strauss, etnólogo francês, intitulou seu primeiro volume da obra *Mythologiques* com um tom culinário: O Cru e o Cozido. Trata da mitologia dos índios Bororos, comentando que, para eles, o mito fundador da raça humana era o fogo. Segundo o autor, o cru e o cozido são o

marco da distinção entre natureza e cultura, coleta e cozinha, alimentação animal ou cultural (LÈVI-STRAUSS, 1991; MINDLIN, 2002).

O fogo sempre existiu na natureza, todavia, dentre todas as espécies existentes e extintas, ele foi conquistado apenas pelos homínídeos, há mais de 500 mil anos. Naturalmente, a ignição origina-se de várias formas: com a queda de um raio, com atividade vulcânica, através de faíscas produzidas no desabamento de rochas, por combustão espontânea e, mais raramente, na queda de meteoritos (SCOTT, 2000). As duas formas encontradas para produzir o fogo foram: friccionando dois pedaços de madeira ou percutindo dois pedaços de pedra. Com o domínio do fogo, o homem foi aprimorando seu uso para benefício próprio.

No entanto, dominar o fogo não nos fez mais evoluídos. Dizer que somos mais “evoluídos” que o resto dos animais é um erro biológico. Cada espécie acompanha seu galho na árvore filogenética, distanciando-se das outras, para tornar-se um grupo único, com capacidade de reprodução entre si, originando descendentes férteis e com o mesmo quadro geral de caracteres e cariótipos idênticos. Portanto, é errado colocar o *H. sapiens* no ápice do processo evolutivo de todas as espécies. A humanidade é apenas um graveto em um dos galhos da evolução e não o último degrau de um processo evolutivo de excelência. De um ancestral comum, adaptaram-se de forma particular a seus respectivos ambientes todos os descendentes, enquanto outros foram extintos (STANFORD, 2004).

A palavra evolução (do latim: *evolutio*) significa desenrolar, porém, erroneamente, é associada à ideia de progresso; esse termo apenas envolve o sentido de mudança. A evolução biológica é a modificação sofrida pelas populações de organismos, através do tempo, ultrapassando o período de vida de uma geração (IANUZZI, SOARES, 2010). Ela acontece numa desmesurada dimensão temporal, ao longo do tempo geológico medido em milhões de anos. Nesse processo contínuo de tentativa e erro das mudanças herdadas via material genético, a força evolutiva vai modelando os corpos de cada espécie, maximizando a sobrevivência e o sucesso reprodutivo (FABIAN, 2012).

Merece destaque esclarecer que a evolução não maximiza a inteligência e, sim, aquela característica que deixar essa espécie com maior número de descendentes férteis. Portanto, a seleção natural determina o êxito adaptativo de uma espécie, não o tamanho do seu cérebro, definindo a seleção natural como o processo no qual os efeitos ambientais (falta de recursos, mudanças climáticas e geológicas, aparição de novas espécies etc.) conduzem a um grau variável de êxito reprodutivo, com características diferentes e herdáveis. A força condutora na teoria evolutiva prevê que, a cada geração, ligeiras variantes de cada característica de um

animal sejam selecionadas, ou não, para estar presentes na geração seguinte. Na seleção natural, não existem metas a cumprir (STANFORD, 2004).

No artigo intitulado “As mutações são a matéria prima da evolução”, Carlin (2011) descreve que as mutações genéticas acontecem sempre: a maioria pode ser danosa, outras têm efeitos pouco significativos e, às vezes, a mudança na sequência do DNA pode resultar em um benefício adaptativo para o organismo. Aquelas úteis para a sobrevivência do indivíduo ou da espécie são as que facilitarão a adaptação aos fatores ambientais como disponibilidade de comida, predadores e clima, junto com as pressões sociais. A evolução é uma questão de preencher nichos ecológicos e sociais, dos quais todos os seres vivos modernos ainda fazem parte, sendo que o nicho descreve como o organismo ou a população respondeu à distribuição de recursos e competidores.

A evolução cultural humana está estreitamente relacionada com as inovações tecnológicas. A evidência de fabricação e uso de ferramentas mais recentes data de 2,5 Ma, quando apareceram quase que simultaneamente os utensílios de pedra e o gênero *Homo*. Uma vez que esse limiar adaptativo fora conquistado, a evolução tecnológica foi acompanhada pelo aumento do cérebro, o aumento da população e a abrangência geográfica conquistada (AMBROSE, 2001).

O êxito adaptativo se consegue através da forma como o grupo vai se adaptando metabólica e fisiologicamente às mudanças do ambiente e como desenvolve habilidades de armazenamento, preparação e consumo dos alimentos. Assim como no gênero *Homo*, existem também espécies animais capazes de coletar e armazenar seus alimentos, outras aprendem e transmitem condutas para manutenção e aproveitamento dos alimentos obtidos, há aquelas com maior adaptação às mudanças do ambiente, mostrando extrema flexibilidade na dieta. Podemos citar o exemplo dos macacos da ilha japonesa de Koshima, que apresentavam uma prática considerada "pré-culinária" quando as fêmeas começaram a lavar as batatas-doces antes de comê-las, tirando-lhes a lama, generalizando-se esse comportamento através do exemplo para as próximas gerações (MACIEL, 2001).

No entanto, foi o cozinhar que permitiu ao homem tornar digerível e inócuo o que fora indigerível ou tóxico, além de melhorar o valor calórico e a biodisponibilidade dos nutrientes do alimento.

Hoje, a maioria dos arqueólogos e antropólogos concorda que os humanos modernos fizeram sua grande estreia cerca de 195 mil anos atrás. De que forma se alimentara essa linha de espécies parecidas com o ser humano, os hominídeos, que precederam e caracterizaram a

dieta do *H. sapiens*? Quando se iniciou a cocção dos alimentos e quais benefícios trouxe à espécie?

4. CONCEITUAÇÃO

A seguir, são apresentados conceitos que serão mencionados ao longo deste trabalho, termos pouco abordados na Nutrição. Por se tratar de um tema que interessará a várias áreas de estudo (dentre elas podemos citar, além da Nutrição, a Antropologia, a Biologia, a História ou a Medicina), é pertinente definir e diferenciar as áreas de estudo e conceitos básicos necessários para o melhor entendimento do trabalho.

4.1 PALEONTOLOGIA E ARQUEOLOGIA

Os arqueólogos são ocasionalmente confundidos com os paleontólogos, cientistas que estudam a vida do passado da Terra, os restos de plantas e animais pré-históricos fossilizados, incluindo o estudo dos nossos ancestrais hominídeos. Simplificando, a Paleontologia (do grego: *palaios* = antigo, *ontos* = ser, *logos* = estudo) é a ciência que estuda os fósseis e, com base neles, busca conhecer a vida do passado geológico da Terra. A Paleontologia fundamenta-se em duas ciências: a Biologia e a Geologia - na Biologia se buscam os subsídios para estudar os fósseis (CASSAB, 2010).

Já a Arqueologia (do grego: *arque* = antigo e *logos* = discurso, ciência), uma ciência social, estuda as sociedades passadas, em seus diversos aspectos, com base nos restos materiais por elas deixados, ou seja, estuda o homem a partir da sua cultura material. Os arqueólogos exploram, mapeiam e organizam sítios de escavação e atuam como historiadores, formando um retrato mais claro do passado. As ferramentas dos arqueólogos incluem a datação das peças e a prospecção geofísica (NAJJAR, 2002). Goodenough (2002) definiu o objeto da Antropologia como a exploração de onde e como se encaixa a humanidade no mundo natural.

Cabe à Arqueologia levantar questões como a aparição dos seres humanos e a forma como evoluíram, a aparição da cultura e da linguagem e seu papel na evolução humana, a

história linguística, cultural e social entre outros temas (NADAL; CAPÓ; CELA-CONDE, 2006). Portanto, essa disciplina decifra as pistas culturais que surgem nas escavações, classificando seus vestígios históricos para explicar a origem e o desenvolvimento das civilizações.

Para facilitar a classificação, dividiu-se a Pré-história em Paleolítica (*palaiós* = antigo; *lithos* = pedra), a Idade da Pedra Lascada que vai de cerca de 2,5 milhões a.C., quando os antepassados do homem começaram a produzir os primeiros artefatos em pedra lascada, até cerca de 10.000 a.C.; e em Neolítica (*neo* = novo), a Idade da Pedra Polida, período que vai aproximadamente do décimo milênio a.C., com o início da sedentarização e surgimento da agricultura, ao terceiro milênio a.C., dando lugar à Idade dos Metais (CARVALHO, 2011).

No nosso contexto, a Paleontologia fornece os dados para conhecer a evolução biológica dos hominídeos através do tempo, estimando a datação das plantas e animais fósseis e reconstruindo o ambiente que os cercou e do qual o alimento era obtido.

Em relação à Arqueologia, como os ancestrais do *H. sapiens* viveram por milhares de anos antes da História da Humanidade ser rabiscada na pedra e no papel, antes do surgimento da escrita, a Pré-história é revelada por meio da pesquisa arqueológica, da descoberta e da interpretação de objetos materiais que nossos ancestrais deixaram para trás. Essa ciência estabelece uma linha do tempo humana e constrói a história de nossa espécie (CARVALHO, 2011).

Há de se apresentar, também, outros conceitos mais específicos dentro das grandes áreas da Arqueologia e da Paleontologia, que poderão facilitar o entendimento do estudo dos fósseis. A Paleoantropologia ou Paleontologia Humana é uma das vertentes da Antropologia Física e da Paleobiologia que estuda a evolução humana e seu registro fóssil, ou seja, seu objeto de estudo são os antigos hominídeos (CARVALHO, 2011).

A Paleomastozoologia, área da Paleontologia que estuda os mamíferos, registrou o primeiro fóssil mamífero no Período Triássico, produto de uma linhagem evolutiva que se iniciara na divisão com os répteis, no Carbonífero. Sua história é dividida em duas etapas: a Mesozóica e a Cenozóica, essa última conhecida como a Idade dos Mamíferos, com a ocupação dos nichos deixados disponíveis pelos répteis. O surgimento dos primeiros hominídeos aconteceu durante a era Cenozóica, no Plioceno, entre 5 a 2 Ma atrás (CARVALHO, 2011).

Na **Figura 3**, observemos a sequência das eras, dos períodos e das épocas geológicas citadas anteriormente (BERGQVIST et al., 2011).

elementos novos. No entanto, é na morfologia e estrutura do crânio, dentes e extremidades que se encontram as principais características diagnósticas dos fósseis.

4.2 HOMINÍDEOS

O ramo ancestral que daria origem a todos os primatas dividiu-se em duas linhagens: os prossímios e os símios; este último subdividiu-se em três grandes linhagens: os tásios, os macacos do Novo Mundo (ou platirrinos) e os macacos do Velho Mundo (catarrinos). Os primatas vivos mais intimamente relacionados aos seres humanos são os catarrinos, linhagem da qual surgem duas superfamílias: Cercopithecoidea e Hominoidea. A Hominoidea, por sua vez, é subdividida nos pequenos símios (gibões) e nos grandes símios ou antropoides. Este último inclui o gênero humano (*Homo*) e outros três gêneros de primatas vivos: *Gorilla*, *Pan* e *Pongo* (CORREIA, 2010; COSTA, 2011).

O termo hominídeo se refere aos membros da família Hominidae, formada por todas as espécies que surgiram a partir do último antecessor comum que separou a linhagem humana dos outros primatas, compreende o homem e seus ancestrais e cuja espécie sobrevivente é o *H. sapiens* (COSTA, 2010, 2011).

Com base nos restos fósseis do esqueleto reconstituído e conhecendo a inserção dos músculos de cada conjunto de peças (anatomia comparada entre o homem e outros primatas), extrapola-se a massa muscular e o revestimento de pele e pelagem e reconstitui-se um corpo, de dentro para fora. No entanto, são as feições da extremidade craniana que aportam a maior individualidade homem/hominídeo, aferindo a identidade do indivíduo (CORREIA, 2010).

É importante notar que, tanto macacos quanto humanos pertencem aos Primatas – e na sua linhagem, os humanos estão mais perto dos chimpanzés, mais longe dos gorilas e bem mais longe dos orangotangos. A linhagem humana separou-se da do chimpanzé há aproximadamente 6 ou 7 Ma (AYALA, 2012). Todos os hominídeos são antropoides, assim como todos os antropoides são primatas. A **Figura 4** apresenta o cladograma da superfamília Hominoidea.

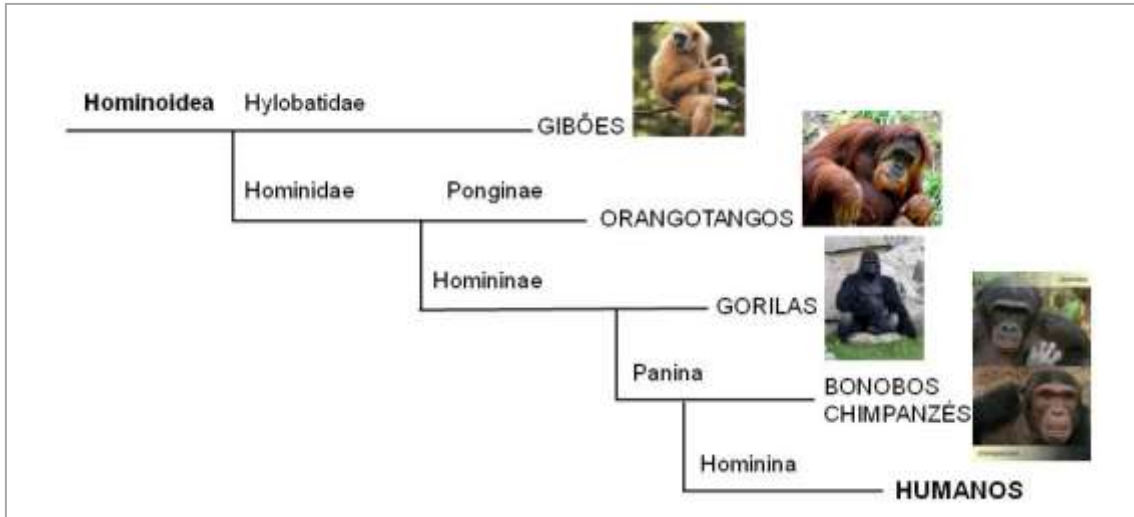


Figura 4 - Cladograma da superfamília Hominoidea, adaptado
 Fonte: HOMINOIDEAE. In: Wikipédia, 2006

Na ordem Primates, os hominíneos se separaram dos pongídeos (subfamília Ponginae, na **Figura 4**) há mais de 6 Ma, no final do Mioceno Superior, distinguindo-se daqueles pela encefalização e adaptações ao bipedalismo (perda do dedo oponível nos pés, alongamento das pernas e redução do comprimento dos braços, novo posicionamento da cabeça na região cervical) (BERGQVIST et al., 2011). Na **Figura 5**, são apresentadas algumas dessas diferenças anatômicas entre um *Australopithecus afarensis* e um *Homo erectus*.

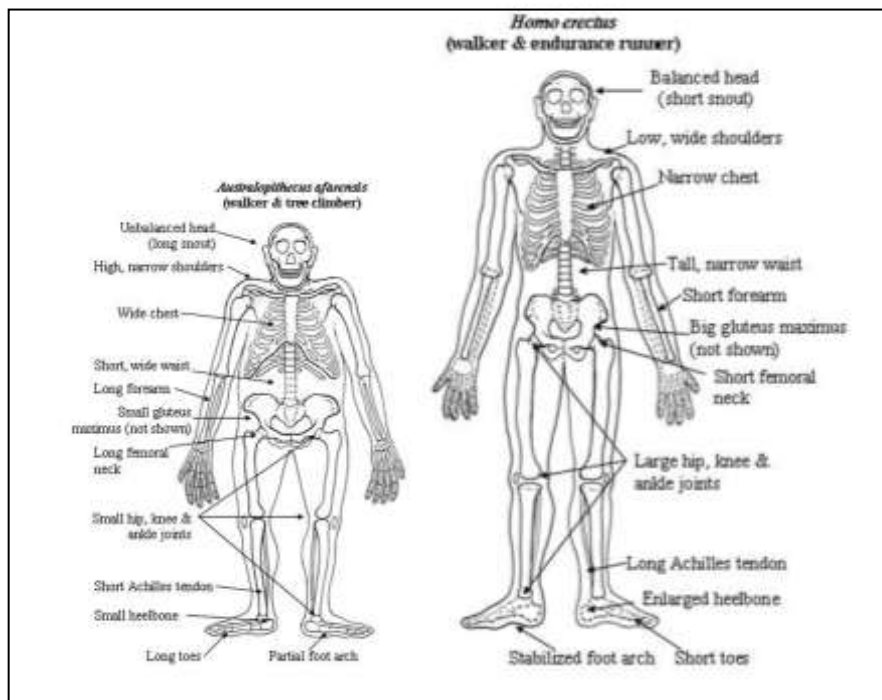


Figura 5 - Comparação anatômica do *Australopithecus afarensis* e o *Homo erectus*
 Fonte: MESZOLY, 2004.

Não é o escopo deste trabalho revisar o sistema taxonômico de Linnaeus, nem tratar de forma detida e aprofundada todas as espécies já classificadas e ordenadas na superfamília Hominoidea da ordem Primates. O narrar dos fatos terá um tratamento cronológico, o que permitirá ligar as causas passadas com os efeitos no presente ou no futuro. Buscar-se-á, nesta revisão, através dos representantes mais significativos em relação à mudança na dieta e no entorno, citar aqueles eventos que melhor ilustrarem determinada adaptação que seria relevante para a linha de raciocínio do objetivo deste trabalho.

5. O QUE OS FÓSSEIS NOS INFORMAM

As espécies intermediárias entre o ancestral pré-humano e o *H. sapiens* já não coexistem conosco e só é possível decifrar a história através da única matéria-prima disponível: restos fósseis. Estes são, então, comparados com as espécies modernas mais próximas evolutivamente: primatas e ser humano. Faz-se, assim, o estudo de uma época pré-histórica, pré-escrita, de antepassados extintos (SERRANO RAMOS, 2012).

Um fóssil (do latim *fossilis*, tirado da terra) é qualquer vestígio (parte do corpo, uma pegada e uma impressão corporal) de um ser vivo que habitou a Terra em tempos remotos. Seu estudo permite deduzir o tamanho e a forma dos organismos, possibilitando a reconstrução de uma imagem, possivelmente parecida, dos organismos quando vivos. Durante muitos anos, os fósseis também nos informaram, através da datação, a idade deles, além de todas as informações ecológicas e culturais possíveis de extrair dessa escavação.

Desde os anos 90, graças à tomografia computadorizada e à técnica de ressonância magnética, podem se construir moldes digitais tridimensionais sem sequer tocar no fóssil. Essa análise espacial denomina-se morfometria geométrica (união da biologia e da geometria, ferramenta desenvolvida para o estudo de estruturas fenotípicas).

Entretanto, há várias formas de conhecer o passado, não só através da observação dos fósseis. A reconstrução da evolução das espécies pode ser feita através de estudos de anatomia comparada (semelhanças embrionárias, órgão ou estruturas análogas ou homólogas, órgãos vestigiais etc.). A evolução molecular, área que emergiu nos anos 60, quando biólogos e geneticistas procuraram entender a evolução através das evidências moleculares, compara as moléculas de DNA de diferentes espécies, revelando o grau de semelhança de seus genes e seu parentesco evolutivo (o estudo de proteínas também reflete semelhanças e diferenças

genéticas). O avanço dessas técnicas permite reconstruir com maior precisão a história escrita, desde os vestígios das escavações até o nível molecular do DNA.

5.1 DATAÇÃO RADIOATIVA DOS FÓSSEIS

A idade dos fósseis é calculada com base em métodos de datação, utilizando-se isótopos (número de massa diferente de um mesmo elemento químico) de elementos. Como os isótopos se degradam em um ritmo conhecido, perdendo constantemente a radioatividade, é possível calcular sua idade a partir dos resíduos de radioatividade. Cada elemento químico possui uma idade. Nos fósseis de ossos, é usado o carbono-14 (C^{14}), isótopo radioativo natural do elemento carbono, com um alto grau de exatidão. Quanto mais recente for o fóssil, maior será a precisão de sua idade estimada. Conforme a **Tabela 1**, enquanto a análise pelo carbono permite medidas confiáveis de até 100 mil anos, os isótopos de elementos como potássio, por exemplo, possibilitam um grau de precisão que alcança muitos milhões de anos (ZAGATTO et al., 2000).

Tabela 1 - Principais elementos radioativos utilizados na datação radiométrica

Isótopo		Meia-vida do isótopo-pai (anos)	Intervalo de datação efetiva (anos)	Minerais e materiais que podem ser datados
Pai	Filho			
Urânio-238	Chumbo-206	4,5 bilhões	10 milhões-4,6 bilhões	Zircão Apatita
Urânio-235	Chumbo-207	0,7 bilhão	10 milhões-4,6 bilhões	Zircão Apatita
Potássio-40	Argônio-40	1,3 bilhão	50 mil-4,6 bilhões	Muscovita Biotita Hornblenda
Rubídio-87	Estrôncio-87	47 bilhões	10 milhões-4,6 bilhões	Muscovita Biotita Feldspato potássico
Carbono-14	Nitrogênio-14	5.730	100-70 mil	Madeira, carvão vegetal, turfa Ossos e tecidos Carbonato de cálcio de conchas e outros Água subterrânea, água do mar e gelo de geleira contendo CO_2 dissolvido

Fonte: Netxplica, 2005-2013

No caso dos fósseis, é utilizado o carbono-14 por apresentar a meia-vida de aproximadamente 5.730 anos. Ele é formado nas camadas superiores da atmosfera onde os átomos de nitrogênio-14 são bombardeados por nêutrons contidos nos raios cósmicos, reagindo com o oxigênio do ar, formando dióxido de carbono ($C^{14}O_2$) que é absorvido por vegetais e seres vivos e incorporados a seus tecidos. Portanto, medindo a radioatividade residual do fóssil, pode-se calcular sua idade, sabendo que a técnica se aplica, com boa margem de segurança, a objetos que tenham entre 100 e 40.000 anos de idade (FARIAS, 2002).

5.2 MORFOMETRIA GEOMÉTRICA

A Morfometria Geométrica é um conjunto de técnicas de análise de variação da forma de estruturas biológicas em que são utilizados marcos anatômicos - *landmarks* - ou contornos (ADAMS; ROHLF; SLICE, 2004). Os *landmarks* são os pontos nos quais as estruturas biológicas são amostradas e que permitem identificar as variações de forma entre estruturas morfológicas semelhantes nos diferentes exemplares em estudo (RODRIGUES, SANTOS, 2003).

Na Paleoneurologia Humana, ciência que estuda a evolução do sistema cerebral dos homínídeos, utiliza-se esta técnica para formar os moldes endocraniais das espécies fósseis, permitindo deduzir aspectos anatômicos do cérebro (lóbulos, circunvoluções ou irrigação vascular). Já que os tecidos moles não fossilizam, a reconstrução das estruturas cerebrais se faz a partir das “pegadas” que elas deixaram na cavidade cranial, elaborando um molde do endocrânio. Portanto, a identificação de padrões de estrutura e função em biologia evolutiva, atualmente, se embasa na análise espacial da Morfometria Geométrica (BRUNER, 2012).

6. COMO DECIFRAR OS CARDÁPIOS ANCESTRAIS: EVIDÊNCIAS ANTROPOLÓGICAS

As linhas de pesquisa para reconstruir a alimentação característica de espécies pré-históricas são numerosas. Os pesquisadores contam com ferramentas e metodologias bem

variadas que se complementam para poder analisar fósseis, restos de animais, plantas, coprólitos (fezes fossilizadas). Os primeiros trabalhos sobre a dieta no Paleolítico tiveram um foco fundamentalmente ecológico, de grande utilidade e que ainda prevalece. Os estudos paleoecológicos centraram seus resultados em investigações do meio ambiente, sua fauna associada e as possíveis relações presa-predador dentro da cadeia trófica: o entorno no qual habitaram os diferentes homínídeos começou a ser reconstruído no imaginário científico.

Nas últimas décadas, uma nova proposta metodológica surgiu a partir do estudo dos ciclos biogeoquímicos de isótopos, como o estrôncio e seus efeitos nos tecidos animais (BRITO, 2001). As pesquisas sobre os hábitos alimentares das espécies de homínídeos extintas também começaram a observar os dentes sob uma técnica de microanálise do desgaste dental, além de analisar os isótopos encontrados nos restos de esmalte.

6.1 MÉTODOS INDIRETOS

Nos métodos indiretos, analisam-se os restos de animais e plantas achados junto aos fósseis de homínídeos para poder reconstruir o habitat com as espécies que coabitaram com eles e conhecer que recursos comestíveis tiveram potencialmente à sua disposição. A partir da reconstituição do entorno, é possível identificar quais foram suas presas, que ferramentas líticas utilizaram ou até as formas de preparo de suas iguarias. Cada atividade desempenhada pelos predadores vai deixando marcas sobre os ossos fossilizados das presas.

Este fato foi reforçado por Leroi-Gourhan, em 1961, defendendo que toda a história não escrita da humanidade se encontra inserida nas folhas sobrepostas, umas às outras, do livro da terra e que a técnica das escavações tem como principal objetivo assegurar uma leitura correta das mesmas (LEROI-GOURHAN, 1961 apud RODRIGUES, 2009). Os achados paleontológicos possibilitam elucidar vários aspectos da dieta, conhecer os alimentos que costumavam ingerir e como eram obtidos. Por exemplo, se o grupo consumisse carne, se poderia deduzir se ela foi obtida a partir de carniçagem (alimentação de carcaças animais em decomposição), através da caça simples ou numa combinação das duas.

Através dos métodos indiretos, conhecemos o entorno, as possibilidades que rodearam o grupo, porém esses métodos não nos indicam diretamente quais alimentos eram de fato consumidos nem seus hábitos alimentares. Esta informação será o alicerce à evidência obtida por métodos diretos.

6.2 MÉTODOS DIRETOS

Nos métodos diretos, os estudos são realizados nos próprios fósseis humanos, revelando o tipo de alimentação através da compreensão da anatomia morfofuncional da mastigação, da forma e do tamanho dos dentes, da espessura do esmalte e das estruturas cranianas e mastigatórias, entre outros.

6.2.1 Microestriação dentária

Através do estudo da microestriação dental, que é o conjunto de marcas microscópicas que ficou registrado no esmalte dentário como resultado da atividade bucal, pode se caracterizar o tipo de dieta ingerida durante a existência deste indivíduo ou grupo em estudo. A atividade bucal inclui tanto o processo de mastigação dos alimentos quanto qualquer outra ação exercida sobre o aparelho mastigatório (LLORENTE, 2012).

Ainda Llorente (2012) defende que tudo o que é introduzido na cavidade bucal é suscetível de conter pequenas partículas que podem ser mais ou menos abrasivas. Essas partículas produzem marcas microscópicas no esmalte dentário, as microestrias; quanto mais abrasiva for a partícula, maior a marca deixada na superfície, maior o número de microestrias. A inferência da dieta se obtém mediante a comparação do padrão de estrias dos homínídeos fósseis com o padrão de estriação que apresentam populações atuais de humanos e de primatas das quais podemos comprovar o tipo de dieta.

Os alimentos que deixam maior número de estrias são os vegetais, pois eles contêm fitólitos, partículas de silício abrasivas, secretadas para dar consistência ao caule, às folhas e às raízes. Já a carne ou o pescado não contêm essas partículas e não deveriam deixar estrias desenhadas. As estrias que aparecem são ocasionadas pelos pedaços de ossos triturados que possam ser ingeridos pelos carnívoros ou por areia ou pó do solo (que também contêm partículas de silício) que possam ser ingeridos junto com a carne (LLORENTE, 2012).

Portanto, a análise do desgaste microscópico dos dentes fornece ao pesquisador valiosas informações sobre os alimentos ingeridos. As mudanças de dieta que aconteceram ao longo da evolução ficaram registradas na composição dos dentes e com esta técnica, novas

hipóteses vêm surgindo, questionando e redesenhando a história da alimentação humana (MATEOS, RODRÍGUEZ, 2010; UNGAR, SPONHEIMER, 2001).

6.2.2 Razão de isótopos

Determinar a razão de isótopos estáveis de carbono e nitrogênio, elementos presentes de forma abundante nos fósseis de vertebrados (ossos e dentes), constitui o método mais importante para se determinar dietas de espécies extintas e para fornecer informações sobre seus hábitos alimentares. A comida ingerida deixa uma assinatura química em nossos ossos. Exemplificando, altas quantidades de isótopos de carbono achadas no colágeno (proteína predominante dos ossos e da dentina) refletem o carbono presente nos aminoácidos da dieta. Já o carbono presente na hidroxiapatita (fosfato de cálcio cristalino - $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ - presente na parte inorgânica da matriz óssea, representa 65% da massa óssea, outorgando rigidez e resistência) revela aquele carbono que foi utilizado para obtenção de energia metabólica (BOCHERENS et al., 1994).

Em relação ao nitrogênio, seus isótopos estão mais presentes à medida que a espécie avança na cadeia trófica ou quando o meio aumenta a aridez. Uma elevada proporção do isótopo de nitrogênio (^{15}N) no osso indica que seu proprietário ingeria muitas proteínas de origem animal. Para a correta interpretação, faz-se necessária a comparação desses achados com as medidas feitas em ecossistemas modernos (BOCHERENS et al., 1994; CAMPILLO, 2013).

Outra razão de isótopos estudada é a proporção de isótopo de carbono presente no esmalte dentário, que revela o tipo de planta que o animal ingeriu na sua dieta. O método se baseia no tipo de carbono utilizado na fotossíntese (via metabólica para a fixação do carbono, C3, C4 ou CAM). As plantas que utilizam a via fotossintética C3 (árvores e suas folhas, frutos e nozes, gramíneas de estação fria e arbustos) preferem o C^{12} , enquanto as que utilizam a via C4/CAM (gramíneas tropicais, suculentas e ciperáceas - papiro) utilizam tanto o C^{12} quanto o mais pesado, o C^{13} (CAMPILLO, 2013; ZAGATTO et al., 2000).

Ungar e Sponheimer (2011) se especializaram nessa técnica de análise de isótopos estáveis de carbono presente no esmalte dos dentes de fósseis, determinando que tipo de plantas fez parte da dieta dos homens primitivos. Os sinais de carbono nos dentes são derivados das diferentes vias fotossintéticas que as plantas apresentam. As plantas C3 se

diferenciam das C4/CAM porque essas últimas incorporam maiores quantidades do isótopo de carbono 13 (C^{13}) em seus tecidos (UNGAR; GRINE; TEAFORD, 2006; UNGAR, SPONHEIMER, 2011).

Quando uma planta é consumida, os isótopos presentes nos tecidos vegetais se incorporam ao tecido do consumidor (inclusive no esmalte de dentes em crescimento), sendo que herbívoros que se alimentam de grama ou animais que se alimentam desses herbívoros têm mais C^{13} nos seus tecidos. Mesmo com o passar de milhões de anos, a radioatividade emitida pelo isótopo presente no esmalte pode ser medida, deduzindo a proporção de plantas C3 versus C4/CAM presentes na dieta da espécie em estudo (BEDASO, 2013; GARCÍA GARCÍA, 2009; UNGAR, SPONHEIMER, 2011).

Em relação ao estudo de elementos-traço, existe forte evidência de que alguns deles apresentam composições de isótopos estáveis e como se apresentam em diferentes proporções nas plantas e nos produtos de origem animal, seu estudo proporciona novos e potenciais marcadores para a reconstrução de dietas. Especificamente, a relação estrôncio/cálcio é outra técnica utilizada para a reconstrução dietética da pré-história (UNGAR, SPONHEIMER, 2011).

Há quase quatro décadas, quando se iniciara a pesquisa sobre elementos-traço como indicador da dieta paleolítica, Toots e Voorhies (1965) determinaram a cadeia alimentar do paleolítico baseando-se na razão estrôncio/cálcio (Sr/Ca) presente nos ossos fósseis de vertebrados. Nos organismos terrestres, essa razão Sr/Ca é controlada pelas características do solo e por fatores bióticos. Nas plantas, os fatores bióticos podem ser a absorção ou exclusão seletiva de estrôncio, enquanto que nos vertebrados terrestres, a exclusão do estrôncio é determinada por um fator praticamente constante durante a formação óssea. Essa relação Sr/Ca poderá ser determinada nos fósseis, sendo que nos herbívoros a relação é maior que nos carnívoros, indicando qual nível trófico ocuparam na teia alimentar (CAMPILLO, 2013). Sendo os ossos fósseis essencialmente monomineralizados (apatita = fosfato de cálcio), o conteúdo de cálcio apresenta pouca mudança. Portanto, a razão é essencialmente modificada pelas diferentes concentrações de estrôncio que estiveram presentes nas dietas desses organismos (TRANCHO, ROBLEDO, 1999).

Essa técnica foi aplicada longamente, chegando-se à dedução que os organismos absorvem o estrôncio em quantidades que variam de forma inversa à medida que se avança na cadeia trófica, do produtor ao consumidor final. Por exemplo, as plantas (base da cadeia, os produtores), que retiram o estrôncio diretamente do ambiente, apresentam maior concentração do mineral quando comparadas com os herbívoros, que o obtêm ao ingerir as plantas, porém

em menor quantidade. Os carnívoros, em consequência, assimilam ainda menor quantidade de estrôncio que os herbívoros; e os onívoros se encontram no meio de ambos extremos (TRANCH, ROBLEDO, 1999).

Na década de 80, outros elementos-traço encontrados nos ossos fósseis como bário (Ba), magnésio (Mg) e vanádio (V), biomarcadores de ingestão de vegetais, vêm se constituindo em importantes instrumentos para avaliar o tipo de dieta. O nível do Ba é diferente em cada nível trófico por ter menor absorção pelo tubo digestivo, sendo considerado um importante marcador (TRANCHO, ROBLEDO, 1999, 2003). Assim como elevadas concentrações de estrôncio e bário são associadas a dietas vegetarianas, a presença de cobre está associada ao consumo de frutas silvestres, enquanto os altos índices de zinco correspondem a uma dieta rica em carne (AGUIRRE, 2001; SZOSTEKA; GLAB; PUDLO, 2009).

7. MUDANÇAS-CHAVE QUE DIFERENCIARAM OS PRÉ-HUMANOS DO *HOMO SAPIENS*

Em qualquer espécie animal, as formas de locomoção e de alimentação têm a ver com a sobrevivência imediata e com as estratégias de adaptação ao ambiente e às suas variações. A forma de traslado determina como a espécie lida com o espaço que a circunda e com os predadores que coabitam nele. A maneira de se alimentar condiciona não apenas o intercâmbio físico-químico, mas, também, as relações interespecíficas e intraespecíficas (LEONARD; ROBERTSON; SNODGRASS, 2007b).

Define-se energia de manutenção como a energia necessária para sobreviver no dia a dia, enquanto a energia produtiva associa-se à geração e ao cuidado da prole; é a influência do meio ambiente que determina a forma como o indivíduo divide essas energias. A energia de manutenção aumenta à medida que as condições ambientais ficam mais hostis, porém o objetivo maior de todos os organismos será sempre o mesmo: garantir a reprodução, assegurando o êxito a longo prazo da espécie (LEONARD, 2003a, 2003b; LEONARD; ROBERTSON; SNODGRASS, 2007b).

Portanto, as diferentes etapas do desenvolvimento humano foram determinadas, principalmente, pelas mudanças climáticas que acometeram a Terra, que por sua vez foram modificando o entorno e a disponibilidade de alimentos. Em um período de 3.5 Ma, a

transição do homínido quadrúpede de vida arbórea e cérebro pequeno ao bípede onívoro de vida terrestre com cérebro cerca de quatro vezes maior foi acompanhada pela transição de uma dieta vegetariana a uma alimentação onívora-carnívora (VALENZUELA, 2007).

Várias estratégias evolutivas, resultando em pequenas mudanças acumuladas durante 10 Ma, nos diferenciaram dos outros primatas. Segundo Lovejoy (1981), cinco características separaram o homem moderno dos ancestrais:

- a) Encefalização: aumento do neocórtex e maior desenvolvimento intelectual;
- b) Bipedalismo: a posição ereta e o desenvolvimento do bipedalismo permitiram-lhe a liberação das mãos e a ampliação do campo de visão;
- c) Dentição anterior reduzida, com predomínio de molares: a diminuição da musculatura do aparelho mastigatório com a simultânea diminuição do tamanho da mandíbula e dos dentes;
- d) Cultura material;
- e) Reduzido dimorfismo sexual e estratégia reprodutiva diferenciada, na qual os machos competiam menos entre si e as fêmeas preferiam os menos agressivos, que ajudassem no cuidado da prole.

Podemos acrescentar a essa lista o movimento de rotação do polegar (maior precisão na manipulação de objetos e maior força no punho), a emergência da linguagem simbólica (a capacidade de expressar ideias por meio de sons e expressões faciais) e articulada, e as mudanças genéticas que poderiam explicar essa evolução. As estratégias evolutivas foram adquiridas pouco a pouco, como uma resposta à melhor adaptação às modificações do meio, sempre escoltadas por modificações na fisiologia e na bioquímica da nutrição (ALMÉCJA; ALBA; MOYÀ-SOLÀ, 2009; POLLICK, de WAAL, 2007; YOUNG, 2003).

Na **Figura 6**, aparecem os principais eventos que se sucederam na evolução humana, a maioria deles transcorridos na África, com as numerosas espécies intermediárias que foram desaparecendo devido à falta de adaptação às condições ambientais.

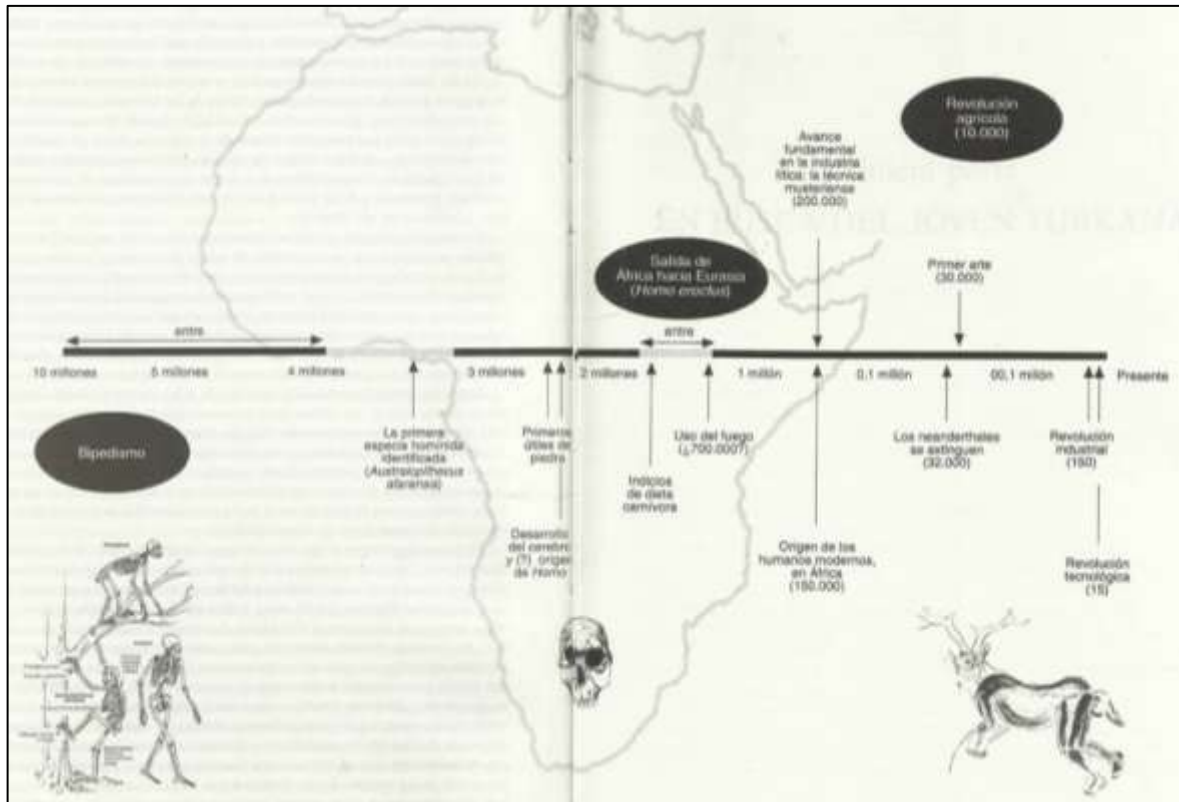


Figura 6 - Principais eventos da evolução humana

Fonte: LEAKEY & LEWIN, 1994, p.18

Dois pontos se destacam como extremamente relevantes no surgimento do gênero *Homo*: o desenvolvimento do bipedalismo e o rápido processo de encefalização. Essas mudanças foram acompanhadas, concomitantemente, com mudanças na alimentação, a conquista do fogo e o uso de ferramentas.

7.1 BIPEDALISMO: PRIMEIROS PASSOS EM DIREÇÃO À HUMANIDADE

Evolutivamente, antes de acontecer o aumento de tamanho do cérebro dos nossos ancestrais, os hominídeos já tinham evoluído para uma postura ereta e andavam sobre duas pernas (bipedalismo), a diferença dos outros primatas que continuaram utilizando os quatro membros para andar. O bipedalismo precedeu em 5 Ma o aumento do cérebro. No momento em que os proto-humanos começavam a se distinguir dos antropóides, os bípedes já existiam em uma variedade de formas. Porém, das mais de duzentas espécies de primatas hoje existentes na Terra, apenas uma é bípede: a nossa. Stanford (2004) sustenta que quando nos

tornamos bípedes, nos tornamos humanos; nesse momento, nascia a humanidade (STANFORD, 2004).

7.1.1 Origens da locomoção bípede

Há 7-8 Ma, o clima da Terra sofreu um esfriamento dramático que fez as temperaturas do solo e dos oceanos caírem abruptamente. Como resultado, aconteceu o crescimento da calota Antártica, com conseqüente aumento do nível do mar Mediterrâneo, limitando o acesso à água doce no continente africano e reduzindo a umidade e a extensão das florestas tropicais. Essa mudança para florestas menos densas e savanas intercaladas com bosques pode ter sido a força propulsora para a evolução do bipedalismo em um grupo de primatas. Estudos recentes determinaram que os pré-hominídeos viveram nessas condições, subindo nas árvores apenas à procura de alimento ou para escapar de predadores, adaptando-se a uma locomoção arbórea com longos braços e dedos curvados (KLEIN, 2009).

Não é incomum ver animais caminhando em duas pernas ou ficando na posição ereta. Somente uns poucos praticam o bipedalismo como meio de locomoção obrigatório; a maioria deles pratica-o de forma facultativa. Desta forma, o andar bípede vertical é um marco importante da condição humana, uma das características definidoras que nos tornou humanos (JABLONSKI, CHAPLIN, 1993; WOOD, 2002). Na **Figura 7**, acompanhamos o processo evolutivo do bipedalismo na linhagem humana, passando de facultativo para obrigatório. Mas a pergunta é: por que nos tornamos bípedes? O que fez os nossos antepassados darem os primeiros passos e qual foi o ímpeto evolutivo dessa nova postura?

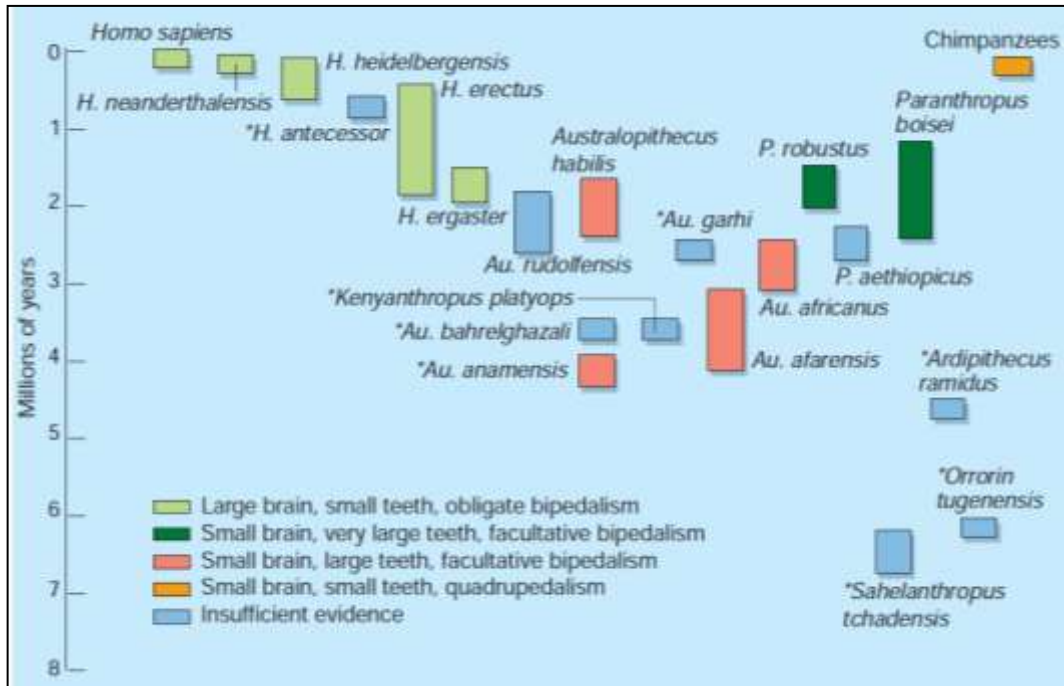


Figura 7 - Classificação das espécies de hominídeos em quatro categorias, conforme o tamanho do cérebro e dos dentes e do tipo de bipedalismo tendo como base o registro fóssil

Fonte: WOOD, 2002

Segundo Vaughan (2003), a locomoção é o traslado do centro de gravidade ao longo de um caminho requerendo o mínimo dispêndio de energia; portanto, os indivíduos selecionam a velocidade do andar – o produto do comprimento do passo pela taxa de passos –, com a intenção de minimizar a energia metabólica gasta por unidade de distância percorrida. A marcha humana é suave, com movimentos regulares e repetidos; é um andar econômico. Se comparado com o andar dos chimpanzés, economiza-se 75% de energia. Animais arborícolas têm um gasto energético maior na locomoção do que os que se deslocam no solo, pois precisam desafiar a gravidade ao escalar. De acordo com esta teoria, a energia economizada por andar ereto deu aos nossos ancestrais uma vantagem evolutiva em relação aos outros primatas, reduzindo os custos na procura de comida (LEONARD; ROBERTSON; SNODGRASS, 2007b; SOCKOL; RAICHLIN; PONTZER, 2007; STANFORD, 2004).

A mudança de quadrúpede para bípede exigiu uma alteração significativa no centro de gravidade, passando de uma localização na metade do torso, no quadrúpede, para um deslocamento simultâneo para cima e para trás, situando-se apenas duas vértebras acima do final da coluna vertebral nos humanos, permanecendo perfeitamente equilibrado. Essa posição resulta num dispêndio de 7% a mais de energia do que se estivesse deitado, sendo que um quadrúpede precisa de uma constante atuação dos músculos para garantir o equilíbrio quando fica em pé, pois suas pernas permanecem flexionadas (FRIEDMAN, 2006; GEA, 2004;

STANFORD, 2004). A **Figura 8** apresenta a mudança do centro de gravidade do quadrúpede para o bípede, que fora acompanhada de adaptações anatômicas e fisiológicas.

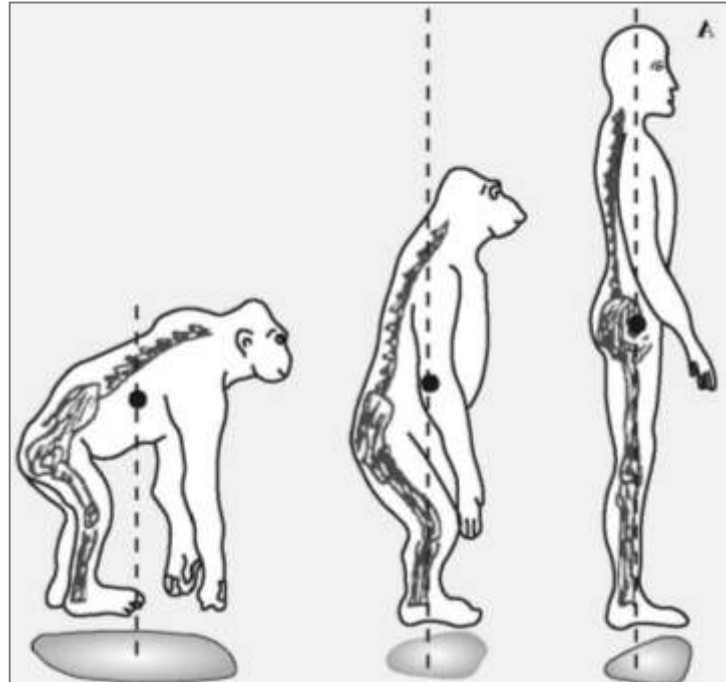


Figura 8 - Mudança do centro de gravidade, acompanhada de adaptações anatômicas e fisiológicas.

Fonte: GEA, 2004, p. 264

Inicialmente, a teoria mais aceita versava sobre ancestrais primatas passando de uma vida arbórea e quadrúpede, em florestas, para uma vida no solo e bípede em savanas, mas ainda persistem muitas dúvidas de como tudo ocorreu e por quê. De fato, os grandes primatas modernos são quadrúpedes e de hábito florestal, locomovendo-se por braquiação (gibões e orangotangos) e pelo caminhar-com-as-mãos (gorilas e chimpanzés) (KIVELL, SCHMITT, 2009; LEONARD, 2003b).

É importante observar que a evolução para o bipedalismo não necessariamente está relacionada com a transição das florestas à savana. Fortes evidências desse fato residem nos recentes achados fósseis de antropoides extintos, possivelmente precursores do gênero *Homo* e que, aparentemente, já eram bípedes ou estavam a caminho disso (STANFORD, 2004).

Em 2011, Carol Ward da Universidade de Missouri juntamente com William Kimbel e Donald Johanson da Universidade de Arizona, a partir de estudos realizados num fóssil do quarto metatarso do pé de um *Australopithecus afarensis* (espécie representada pela famosa Lucy), de 3,2 Ma de idade, demonstraram que a curvatura do pé dos australopitecos era semelhante à dos humanos modernos. Esse achado confirma que os *A. afarensis* já eram

bípedes, mesmo passando a maior parte do tempo nas árvores e sendo habilidosos escaladores. Esses homínídeos, porém, mantiveram algumas características dos macacos como pernas curtas, braços mais longos, dedos das mãos curvados, entre outros aspectos. No entanto, fortes evidências indicam que o bipedalismo pode ter evoluído há mais tempo, já no gênero *Ardipithecus* (4,4 Ma), *Orrorin* (6 Ma) ou *Sahelanthropus* (6 Ma). Durante milhões de anos houve uma profusão de criaturas que andavam eretas, cujos cérebros eram mais ou menos do tamanho do cérebro do chimpanzé, ou seja, macacos bípedes tiveram 4 Ma de sucesso (CHOI, 2012b; LEONARD, 2003a; WARD; KIMBEL; JOHANSON, 2011).

Um recurso interessante para reforçar esta descoberta é a utilização do índice braquial (comprimento do antebraço em relação ao braço) para a reconstrução dos hábitos de locomoção de homínídeos. Geralmente, as espécies de primatas saltadores têm membros posteriores longos e baixo índice braquial, sendo espécies quadrúpedes. O fato do índice braquial dos australopitecos ser elevado sugere que eles ainda poderiam ter utilizado habitats arbóreos, possivelmente para dormir, alimentar-se ou fugir de predadores (HARCOURT-SMITH, AIELLO, 2004).

Sendo assim, se os ancestrais homínídeos já eram bípedes enquanto viviam nas florestas úmidas, a transição para as savanas quentes e secas teve o papel de aperfeiçoar este modo de andar oriundo das florestas. Com o aumento da estatura corporal e do comprimento das pernas em relação aos braços, melhorou-se a capacidade de detecção de predadores e a facilidade de deslocamento rápido, seja para evitar a predação quanto para obter o alimento através da caça (CORDÓN, 2009).

7.1.2 Adaptação evolutiva ao bipedalismo

Ao longo do século XX, surgiram várias hipóteses tentando explicar o porquê do andar bípede obrigatório nos homínídeos, focando a explicação num único fator evolutivo determinante. Dentre elas, citamos: a hipótese da vigilância de Dart (1926), do macaco aquático de Hardy (1960), da termorregulação de Wheeler (1984), da eficiência energética de Rodman e McHenry (1980), do transporte de Lovejoy (1981), entre outras (FRIEDMAN, 2006; JABLONSKI, 2010).

Segundo a hipótese da vigilância de Raymond Dart, os primeiros homínídeos que ficaram em pé teriam se beneficiado, aumentando o campo de visão por sobre o mato alto da

savana podendo detectar a chegada dos predadores à distância ou até, intimidando-os com o seu tamanho. O contraponto a essa hipótese é que o resto dos animais não precisou desse artifício para ter um comportamento de vigilância e ainda carece de indícios para embasá-la (FRIEDMAN, 2006; STANFORD, 2004).

A tão contestada hipótese do macaco aquático (HMA), ainda veementemente defendida pela escritora galesa Elaine Morgan, foi formulada pelo zoólogo inglês Sir Alister Hardy, em 1960. Nela, propõe-se que os humanos, quando moraram no litoral, passaram por uma fase aquática na sua evolução, andando de forma ereta no meio pantanoso, com uma pele sem pelos e gordura subcutânea, característica típica de mamíferos cetáceos. Porém, ela foi desacreditada pela comunidade científica devido a três razões: não existe uma relação direta entre quantidade de pelo e ambiente onde mora o animal; os ambientes aquáticos daquela época estavam ocupados por perigosos crocodilos e hipopótamos; a complexidade de trocar de ambientes duas vezes é pouco provável (JABLONSKI, 2010; MORGAN, 2008).

Wheeler, autor da hipótese da termorregulação na década de 80, sugeriu que o homínideo bípede apresentava vantagens termorregulatórias sobre o pré-homínideo quadrúpede, devido à redução da incidência da radiação solar direta e indireta e ao aumento da eficiência do mecanismo de sudorese, facilitando a dissipação de calor sob o sol escaldante das savanas. A principal vantagem seria evitar o aquecimento excessivo pela radiação solar nas savanas abertas, diminuindo a superfície do corpo exposta ao sol. A atrofia dos pelos corporais (pele nua) e o desenvolvimento de um mecanismo de sudorese efetivo foram vistos mais tarde, pelo autor, como adaptações que tornaram vantajosa a posição ereta (WHEELER; 1992, 1994).

Friedman (2006) ainda acrescenta que o transporte da prole no colo das fêmeas teria favorecido a sobrevivência dos filhotes, e a permanência de pelos fortes e mais longos apenas na cabeça estaria correlacionada com a possibilidade dos filhotes se agarrarem ao cabelo das mães durante a caminhada, liberando as mãos maternas para a coleta de alimentos e outras atividades físicas (WHEELER, 1992).

Em 2011, dois cientistas britânicos, Graeme Ruxton e David Wilkinson, publicaram seu estudo colocando em xeque a hipótese de Wheeler. O cálculo utilizado por ele tinha sido feito de forma estática e, nesse trabalho, os cientistas adicionaram o movimento às equações. Em movimento e debaixo do sol, um homínideo peludo e bípede andaria, no máximo, uns 20 minutos antes de superaquecer. Por outro lado, com pelos corporais esparsos e glândulas sudoríparas abundantes, a possibilidade de dissipar o calor seria maior. Concluíram que essa

estratégia evolutiva exigiria o corpo relativamente pelado como pré-requisito, antes de se tornarem bípedes. (JABLONSKI, 2010; RUXTON, WILKINSON, 2011).

Segundo Jablonski, é difícil determinar o momento da aparição da pele desnuda, pois os registros fósseis não conservam restos de pele para datação. Uma forma de acompanhar em que momento aconteceu essa transformação pode ser estudando a evolução da pigmentação da pele humana. Em 2004, Alan Rogers, da Universidade de Utah, nas suas investigações genéticas da cor da pele, examinou as sequências do gene *MC1R*, um dos responsáveis pela pigmentação da pele, chegando ao ponto de origem da pigmentação escura na pele dos africanos. A mudança de uma pele rosácea coberta de pelos para uma pele pigmentada e escura que poderia proteger os hominídeos da radiação solar acontecera há apenas 1,2 Ma. A vida sedentária dos australopitecos (3,2 Ma), cercados de alimento e água à sombra das florestas, não exigia uma pele sem pelos nem um sistema de refrigeração sofisticado, mesmo andando de forma bípede. Portanto, esses achados sugerem que o bipedalismo surgiu uns 2 Ma antes da pele desnuda (JABLONSKI, 2010; ROGERS; ILTIS; WOODING, 2004).

Já a hipótese da eficiência energética proposta pelos antropólogos Rodman e McHenry, uma das mais convincentes, provavelmente, pela sua simplicidade, afirma que o bipedalismo mostrou-se vantajoso nesse contexto de mudança das condições ambientais. À medida que as florestas encolhiam, os recursos alimentares (árvores frutíferas) ficaram dispersos, e os braços livres lhes outorgou uma vantagem energética (LEONARD; ROBERTSON; SNODGRASS, 2007b; RODMAN, McHENRY, 1980).

De acordo com essa hipótese, os primeiros hominídeos bípedes modificaram, inicialmente, apenas o modo de locomoção, sendo que suas mãos, mandíbulas e dentes permaneceram similares aos dos macacos, tendo em conta que a sua dieta não mudara, apenas sua maneira de obtê-la. Para esses ancestrais hominídeos, ainda morando nas florestas, adotar uma postura ereta lhes facilitou também alcançar os galhos de difícil acesso, onde a ajuda dos braços e mãos livres auxiliaram no equilíbrio sobre o galho e na obtenção dos frutos (KAPLAN, 2007; KIVELL, SCHMITT, 2009).

A hipótese mais aceita da década de 80 talvez tenha sido a do anatomista americano Owen Lovejoy, especialista em mecânica e em “origem do bipedalismo”, cuja premissa básica é que “[...] os hominídeos se transformaram em bípedes por alguma razão biológica concreta [...]” (LEAKEY, LEWIN, 1994, p. 69-70). A razão biológica mais aceita seria que libertou as mãos. Lovejoy argumenta que não começou a andar em duas pernas para se deslocar melhor e uma das razões biológicas que selecionou o bipedalismo foi que desenvolveu esse andar para poder carregar coisas, agora que os braços estavam liberados.

Transformaram-se em bípedes para conseguir transportar a comida. Naquela época, as árvores frutíferas começaram a escassear e se viram obrigados a atravessar extensas áreas descampadas à procura de alimentos, desenvolvendo uma marcha bípede altamente competente. Na opinião do pesquisador, a reestruturação anatômica para transformar um quadrúpede em bípede é tão drástica, que por muito tempo seria um bípede incompleto, ineficaz, mas que traria igualmente uma vantagem reprodutiva ao longo desse período para poder sustentá-la. Essa vantagem foi a monogamia, a certeza de deixar descendentes, criando um vínculo com as fêmeas e ajudando na criação dos filhos. Também permitiu que os machos proporcionassem às companheiras e filhos alimentos de alta qualidade nutricional, carregando-os com os braços agora livres da locomoção, bem como para ajudar a protegê-los de todos os perigos iminentes (FRIEDMAN, 2006; LEAKEY, LEWIN, 1994; LOVEJOY, 1981, 1988; STANFORD, 2004).

Na atualidade, parece improvável que um único evento tivesse o poder catalisador de direcionar a evolução do bipedalismo humano. Estudos mais recentes como o do biólogo e antropólogo americano Craig Stanford (2004) atribuem o bipedalismo a múltiplos fatores, dentre eles, a ingestão de carne e a coleta de alimentos, propondo que a maioria dessas hipóteses que visam a explicar o surgimento do bipedalismo não são excludentes entre si. Stanford ainda cita em seu livro “Como nos tornamos humanos” a teoria de Jablonski e Chaplin, “[...] que afirma que a necessidade dos primeiros humanos de aplacar distúrbios coletivos obrigou-os a ficar em pé a fim de parecerem incisivamente convincentes [...]” (STANFORD, 2004, p. 135). No entanto, o próprio autor lembra que comportamentos dessa natureza não deixam vestígios no registro fóssil. Stanford afirma que a principal razão para ficar em pé e andar ereto deve estar intimamente associada à sobrevivência e à reprodução, pressões evolutivas crônicas (STANFORD, 2004).

Ainda não há um consenso sobre o surgimento do bipedalismo, as explicações divergentes têm se confrontado no campo científico. Todavia, todos convergem em uma afirmação: foi o andar bípede que definiu a linhagem dos hominídeos, graças às vantagens e apesar dos custos que essa aquisição evolutiva trouxe aos humanos.

7.1.3 Vantagens e custos do bipedalismo

As principais vantagens competitivas da postura ereta, resultado desse efeito dominó de permutações de longo alcance em outras partes do corpo, foram o custo energético menor para caminhar e a libertação dos braços, possibilitando o transporte de alimentos recoletados e a proteção dos filhos no colo. A procura do alimento e a comida em si foram, de fato, uma das grandes forças ambientais que moldaram a linhagem humana, talvez influenciando em momentos-chave, como quando os ancestrais começaram a caminhar na posição vertical, trilhando caminhos evolutivos complexos em resposta ao mundo que os rodeava (CHOI, 2012a).

A postura ereta também melhorou a capacidade para examinar os arredores, detectar perigos a uma distância maior e identificar oportunidades de alimentação, como observado nos exemplos da **Figura 9** (GEA, 2004).

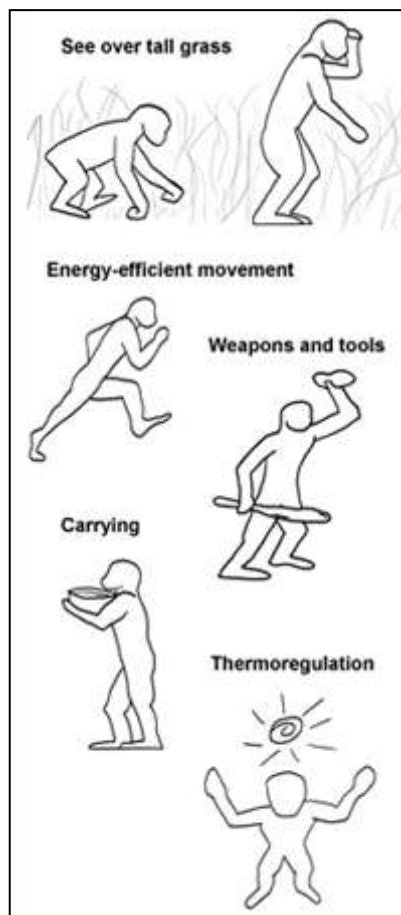


Figura 9 - Proposta de pressões seletivas na evolução do bipedalismo
 Fonte: Step by step, 2012, p. 3

Além da nova forma de marcha favorecer uma menor exposição da região do corpo ao sol, ajudando na manutenção da temperatura, os corpos se libertaram da necessidade de respirar em sincronia com o passo, desconectando a velocidade de corrida da respiração. Diferente dos quadrúpedes, que coordenam intimamente a ventilação de seus pulmões com suas passadas, os bípedes podem ajustar a respiração, modulando-a de forma mais sutil, o que provavelmente contribuiu para a evolução da fala. A faringe também passou por uma grande reestruturação, ficou maior, permitindo a fala. Stanford (2004), apoiado na premissa que todo biólogo evolucionista acredita que a mudança comportamental precede e precipita a mudança anatômica, ainda sugere se uma forma primitiva de linguagem e os benefícios reprodutivos auferidos por seus falantes não teriam precipitado essas mudanças na anatomia estrutural da faringe (LOVEJOY, 1988; RUXTON, WILKINSON, 2011; STANFORD, 2004).

Anatomicamente, a adaptação mais significativa foi a dos quadris, principalmente o íleo, formando uma pélvis em formato de sela, alargada e encurtada, côncava, para abrigar os órgãos do baixo abdome, marca registrada do andar ereto. Concomitantemente, houve uma alteração na proporção dos membros, com o encurtamento dos superiores, à medida que os inferiores encurtaram (DESILVA, 2009; LOVEJOY, 1988; STANFORD, 2004). Na **Figura 10**, observamos os esqueletos de um *A. afarensis*, um chimpanzé e um humano moderno, sugerindo que o primeiro já apresentava traços de um andar bípede enquanto se encontrava no solo, porém permanecendo com agilidade para subir nas árvores.

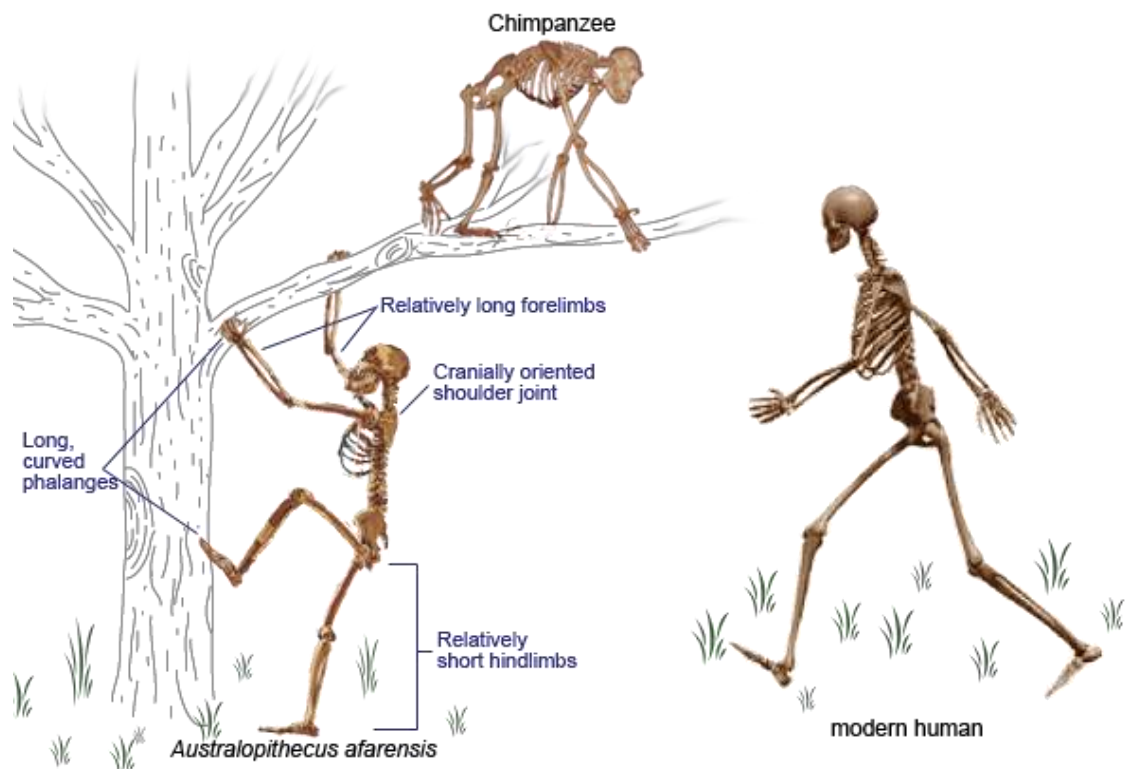


Figura 10 - Comparação na forma de locomoção de *A. afarensis*, chimpanzé e humanos modernos

Fonte: Step by step, 2012, p. 15

É importante mencionar que cada benefício que a seleção natural incorporou teve também consequências, criando para o novo organismo dilemas anatômicos e comportamentais. O bípede, ganhando estabilidade, perdeu potência; ganhando eficiência energética para caminhar, perdeu eficiência para escalar. A pélvis reformulada prejudicou a gravidez, estreitando o canal do nascimento com relação ao tamanho do crânio do recém-nascido, ocasionando sérias dificuldades obstétricas referidas, em 1960, pelo antropólogo americano Sherwood Washburn, como “o dilema obstétrico” (ROSENBERG, TREVATHAN, 2001). Segundo a paleoantropóloga Karen Rosenberg, houve a necessidade da prática do parto assistido pelas outras fêmeas; ou seja, a “parteira” pode ter surgido há 5 Ma com o advento do bipedalismo.

De acordo com o paleoantropólogo americano Donald Johanson, descobridor dos restos fósseis da Lucy (Etiópia, 1974), a seleção natural não consegue “criar” o bipedalismo, mas pode agir para selecioná-lo uma vez que tenha surgido. Certamente, alguns dos primeiros homínídeos se destacaram no andar ereto, comportamento que lhes permitiu forragear de forma ampla todo o seu entorno, trazendo com as próprias mãos, já livres da função de locomovê-lo, o alimento obtido para um local seguro (JOHANSON, WONG, 2009).

Vimos que a aquisição da posição ereta aconteceu na proteção das florestas, um ambiente familiar em que eles enfrentaram menos perigos. Agora estava armado com um novo tipo de locomoção, o bipedalismo, pré-adaptado para avançar para as savanas e expandir seu território. Na savana, essas vantagens adaptativas foram selecionadas: mãos livres, habilidade para andar por longas distâncias à procura de alimento, sistema de termorregulação que evita o superaquecimento, maior campo de visão, e assim por diante. A seleção de uma forma de movimento eficiente energeticamente favoreceu o deslocamento na savana, percorrendo distâncias maiores à procura do alimento, agora distribuído de forma dispersa e descontínua.

Até agora, demonstrou-se como o surgimento do bipedalismo é um dos mais fundamentais e controversos assuntos na evolução humana, característica primordial que separa os seres humanos de outros primatas. O bipedalismo favoreceu os primeiros homínídeos, ajudando-os a descobrir novas fontes de alimento, fugir de predadores, carregar a prole, entre outros. Portanto, a locomoção bípede pode ser considerada uma das primeiras estratégias na evolução da nutrição humana que maximizou a qualidade da alimentação e o rendimento na busca dos recursos.

Na evolução humana, essa mudança na postura foi seguida por uma mudança no tamanho, no formato e na proporção das diferentes regiões do cérebro (LEONARD, 2003b; LEONARD; ROBERTSON; SNODGRASS, 2007a; WAYMAN, 2013).

7.2 ENCEFALIZAÇÃO: UMA VANTAGEM EXTRAORDINÁRIA

O “cérebro egoísta”, assim nomeado por Peters e colaboradores (2004) ocupa uma posição hierárquica especial, regulando a energia metabólica de todo o organismo. Encontra-se fisicamente separado da circulação sanguínea por uma barreira hematológica, exige um altíssimo consumo energético de manutenção com uma baixa capacidade de reserva energética, utiliza apenas substratos energéticos específicos, e graças à sua plasticidade e habilidade de registro de informações, armazena informação de todos os órgãos periféricos e controla suas funções (PETERS et al., 2004).

O cérebro é o órgão mais peculiar da nossa espécie e conhecer os processos que o modelaram, ao longo da evolução, é de extrema importância para identificar as primeiras mudanças que nos colocaram no caminho da humanidade. Como visto anteriormente, uma

massa de tecido macio, como a do cérebro, não fossiliza, e as evidências que permitem uma aproximação no estudo da evolução do cérebro provêm da Paleoneurologia, analisando os moldes endocranianos (SERRANO RAMOS, 2012).

Na atualidade, significativos avanços foram registrados nessa área a partir do estudo da morfologia cerebral das espécies extintas. As técnicas digitais, que permitem reconstruir o molde da cavidade craniana de espécies fósseis, proporcionaram um novo olhar em relação à evolução do cérebro e sua relação com as mudanças cognitivas adquiridas (BRUNER, 2012).

Ao longo da evolução humana, o processo de encefalização (o aumento relativo do volume cerebral, calculado a partir da razão do tamanho atual do cérebro da espécie e o tamanho esperado de acordo com sua massa corporal) aconteceu em diferentes momentos, até em linhas evolutivas independentes. Enquanto o volume do cérebro dos australopitecos era em torno de 400-500 cm³, o dos primeiros humanos (*H. habilis* e *H. ergaster*) já alcançava um volume entre 600 e 800 cm³. Os primeiros estudos chegaram a marcar a capacidade cranial como o mínimo necessário para considerar humana a uma espécie; como explica o biólogo Emiliano Bruner, “[...] uma sorte de ‘rubrição cerebral’ que marcasse a fronteira do gênero *Homo* [...]” (BRUNER, 2012, p. 72), um limite preciso que a ciência busca estabelecer entre o cérebro do homem e o do macaco. Outras espécies, como o *H. erectus* e o *H. heidelbergensis*, chegam a uma capacidade craniana entre 1.000 e 1.200 cm³. Por último, os Neandertais e os humanos modernos apresentam os maiores valores do gênero, entre 1.300 e 1.500 cm³ (BRUNER, 2012). Na **Figura 11**, observamos o aumento gradual do volume craniano de algumas espécies de homínídeos e das mudanças morfológicas da cabeça que aconteceram ao longo da evolução dos homínídeos.

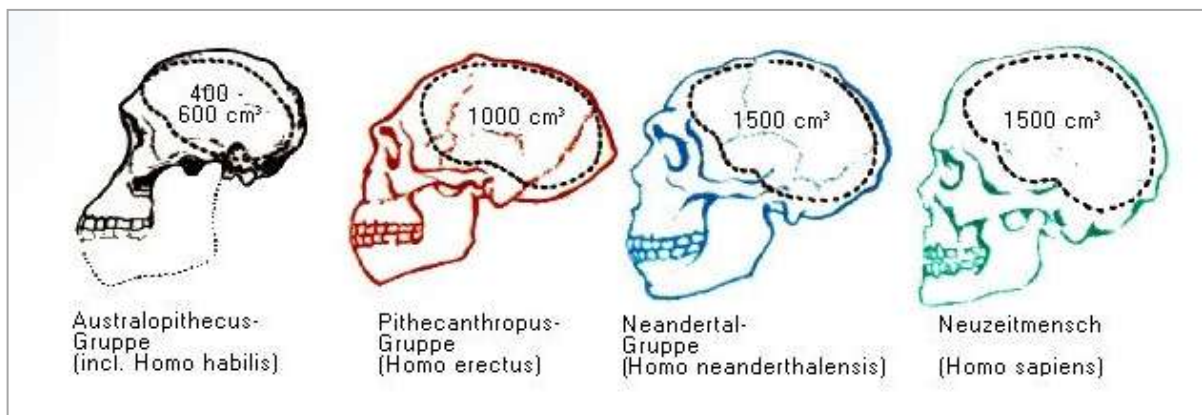


Figura 11 - Comparação do volume craniano de homínídeos

Fonte: HOMO. In: Wissen, 2000

7.2.1 Um pouco de anatomia comparada

Apresentado todo o caminho que levou ao desenvolvimento do bipedalismo e antes de iniciarmos com a descrição das inúmeras teorias que tentam justificar o processo de encefalização na evolução humana, surge a necessidade de fazer um parêntese e apontar mudanças anatômicas importantes que evoluíram paralelamente entre as diferentes espécies homínidas, comparando o tamanho, a estrutura e a proporção de alguns dos sistemas e dos órgãos dos primatas. Cabe lembrar que o grau de semelhança entre dois grupos de organismos indica o quão próximos eles são no parentesco evolucionário (RIBAS, 2006).

As semelhanças e diferenças na anatomia são consideradas como uma das evidências da evolução. Segundo Patricia Aguirre (2001), a forma como o indivíduo se alimenta e se locomove tem a ver com a sua estratégia de adaptação ao ambiente. O manejo do espaço e a capacidade de sobrevivência frente a espécies predadoras determinarão a maneira de se locomover e se alimentar, pois influenciam na oferta e na qualidade da dieta. Nossos ancestrais evoluíram de acordo com a disponibilidade alimentar. A passagem de vegetariano para onívoro, devido ao aumento da ingestão de carne, permitiu o aumento gradual do volume do cérebro humano e o encurtamento do intestino como foi observado nos estudos de anatomia comparada realizados em fósseis de homínidos (AGUIRRE, 2001; AIELLO, 1997; DONDICI, BARROSO, 2007). A seguir, falaremos das mudanças graduais que se sucederam no TGI (trato gastrointestinal) e no aparelho mastigatório desde os primórdios da humanidade.

7.2.1.1 Trato gastrointestinal

A ingestão de grande quantidade de vegetais nos herbívoros é compatível com um aparelho digestório comprido, tendo o cólon uma função mais destacada que o intestino delgado. Por outro lado, as espécies carnívoras apresentam maior proporção de intestino delgado. Dentre os herbívoros, os folívoros têm estômago, ceco e cólon dilatados e os frugívoros são morfologicamente intermediários entre carnívoros e folívoros (SNODGRASS; LEONARD, ROBERTSON, 2009). Como pode ser observado na **Figura 12**, mamíferos herbívoros (ruminante e não ruminante) e carnívoros apresentam diferentes comprimentos e proporções características dos órgãos do TGI.

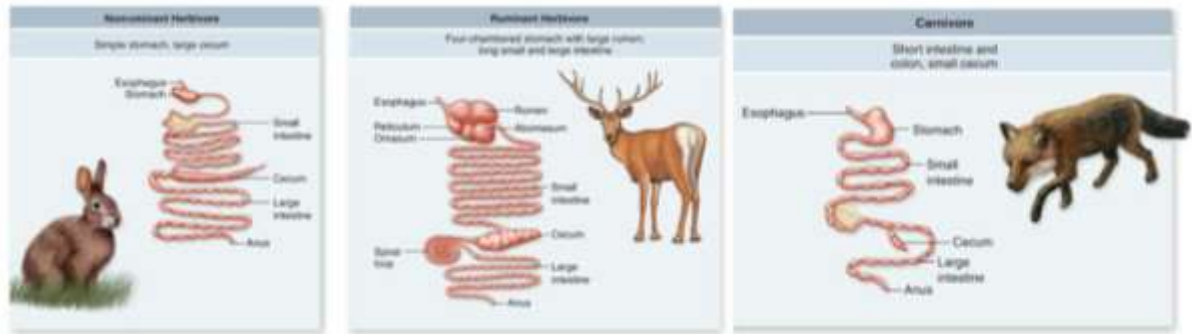


Figura 12 - Comparação do TGI entre herbívoros e carnívoros

Fonte: Omnivore vs. Herbivore, 2012

Essa anatomia típica dos herbívoros é observada no TGI de gorilas, orangotangos e chimpanzés, porém o intestino humano apresenta o duodeno bem maior que o cólon, indicando incapacidade de digerir grandes quantidades de vegetais, característica adquirida ao longo da evolução, ao introduzir carne no seu cardápio, tornando-se um onívoro. Na **Figura 13**, observamos que as proporções do intestino humano são diferentes das encontradas nos outros primatas (BILLINGS, 1999).

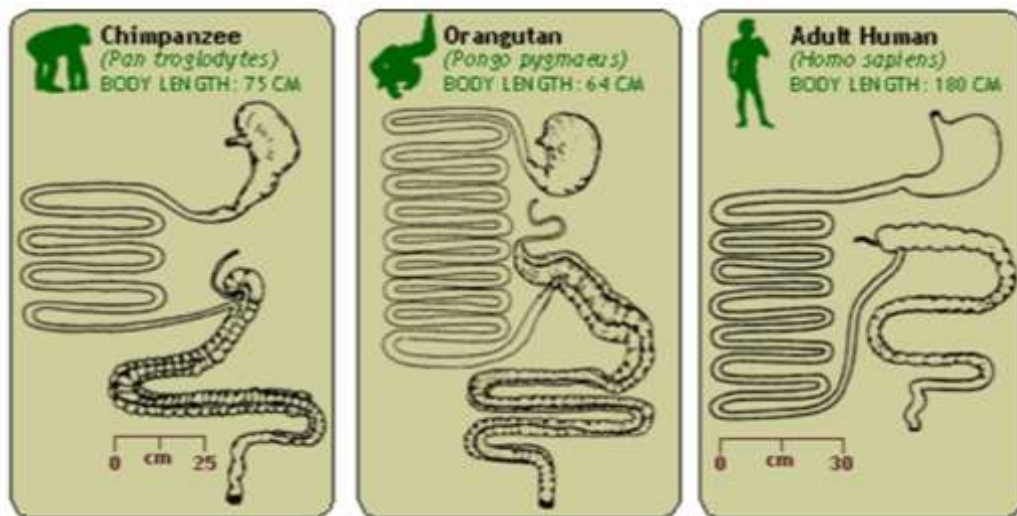


Figura 13 - Comparação do TGI entre chimpanzé, orangotango e humano adulto

Fonte: Adaptado de STEVENS, HUME, 1995.

O tamanho do intestino humano em relação à massa corporal é pequeno em comparação com outros antropóides. Milton (1987) trabalhou comparando os volumes relativos das diferentes partes do intestino para determinadas espécies hominídeas, mostrando que o estômago nos seres humanos representa 10-24% do volume total do intestino, enquanto que o dos orangotangos e chimpanzés é de 17-20%. Já o intestino delgado é 56-67% do volume total do intestino nos seres humanos e 23-28% em orangotangos e chimpanzés. Por

último, o cólon é 17-23% do volume total do intestino nos seres humanos e 52-54% em orangotangos e chimpanzés. Esses percentuais não estão escalados para as diferenças interespecíficas do tamanho do corpo. Apesar disso, os números são úteis para comparar padrões de proporções do intestino, sendo que o padrão geral é claro: os seres humanos têm duodenos grandes, enquanto que os chimpanzés e os orangotangos têm cólons grandes, adaptação necessária para a mudança do padrão alimentar que vinha acontecendo (MILTON, 1987).

Milton conclui que quando os alimentos vegetais começaram a escassear, há 3 Ma, nos convertemos em onívoros. À medida que a proporção de vegetais fibrosos diminuía do cardápio dos hominídeos, o cólon diminuía proporcionalmente, afastando-se da característica do TGI do resto dos primatas. Em compensação, aumentou o comprimento do intestino delgado, pois precisaram maior área de digestão e absorção dos nutrientes provindos da carne e da gordura (MILTON, 1987). Na **Figura 14**, compara-se o aparelho digestório humano com o de outros primatas, mostrando as proporções relativas do estômago, do intestino delgado e do intestino grosso, ilustrando a importante redução de tamanho que o cólon teve ao longo da evolução humana em detrimento do aumento do intestino delgado.

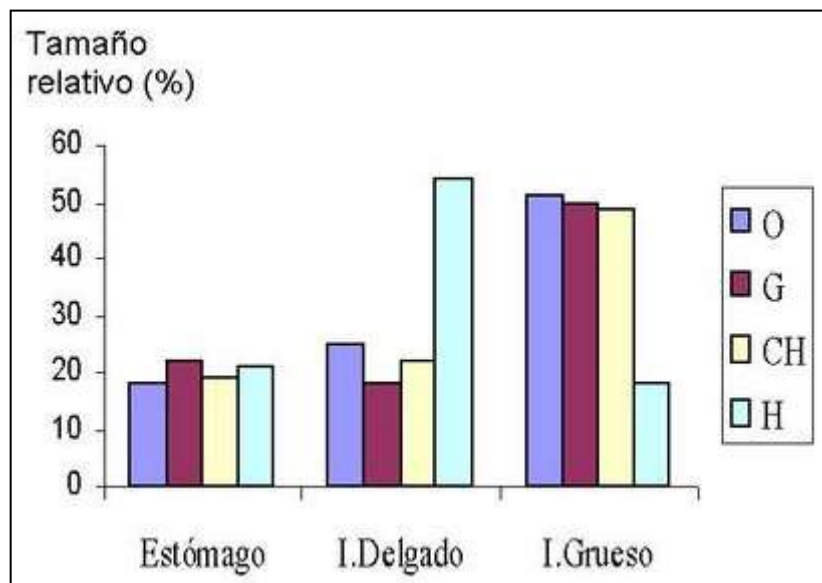


Figura 14 - Comparação do TGI entre orangotangos (O), gorilas (G), chimpanzés (CH) e humanos (H)

Fonte: CAMPILLO, 2013. p.79

7.2.1.2 Aparelho mastigatório

No processo de hominização, paralelamente à modificação do TGI, estava acontecendo uma mudança na dentadura e no aparelho mastigatório de nossos ancestrais. A mudança para uma dieta onívora significaria mandíbulas, dentes e músculos masséteres menores, desaparecendo a crista sagital e abrindo espaço para um cérebro maior, além de uma economia da energia metabólica menor, exigida pelo TGI mais curto (ANGULO, 2009).

Sabendo que a articulação têmporo-mandibular (ATM) é responsável pelos movimentos da mandíbula (fonação e mastigação), é importante entendermos como a sua anatomia foi se modificando à medida que a alimentação dos hominídeos foi mudando. A ATM do ser humano moderno é formada por quatro músculos: temporal, masseter, pterigóideo medial e pterigóideo lateral, executando a oclusão, protusão e retrusão da mandíbula, músculos que aparecem destacados na **Figura 15** (NETTER, 2000).

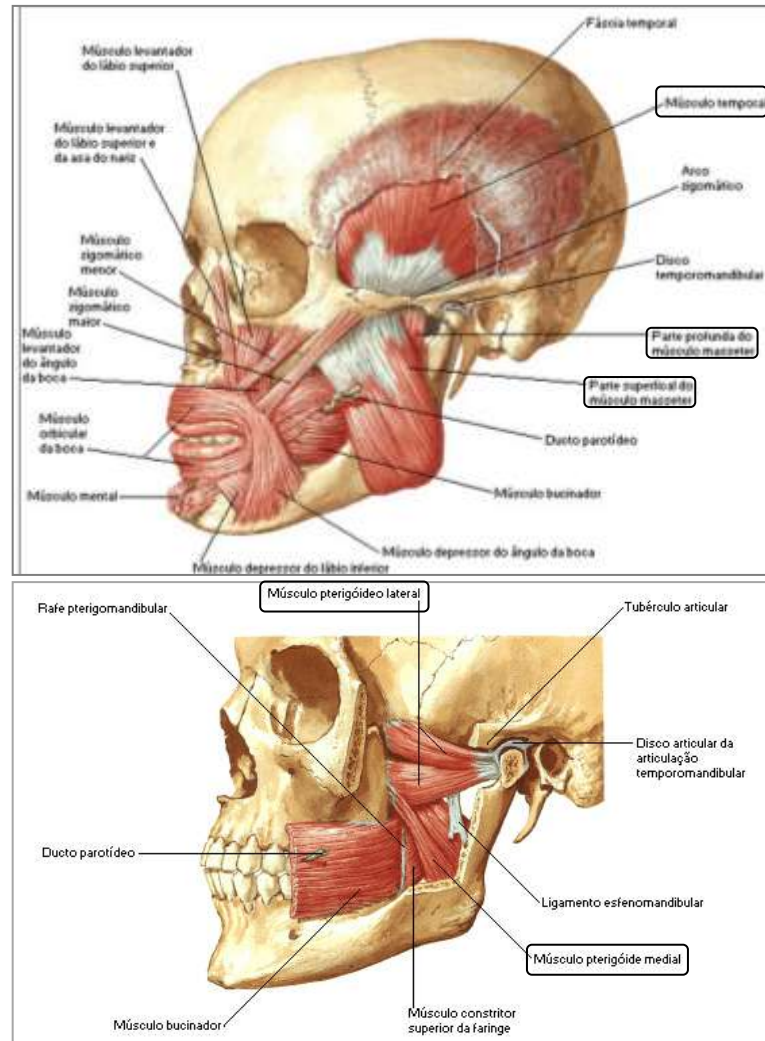


Figura 15 - Músculos da ATM no humano moderno

Fonte: NETTER, 2000, lâmina 48

A mastigação gera uma correlação entre as diferentes estruturas do aparelho mastigatório: músculos associados à mandíbula, tamanho relativo dos ossos cranianos onde se inserem esses músculos, forma e posição da articulação crânio-mandibular, estrutura dos dentes. Com base em princípios básicos de biomecânica e na análise comparada de crânios de diferentes tipos de mamíferos, pode se compreender os padrões de evolução e o funcionamento das maxilas. Os músculos estão coadaptados à morfologia dentária e aos movimentos da mandíbula para produzir padrões específicos de mastigação em função da qualidade da dieta (HERRING, 2007).

A forma da mandíbula e do crânio indica o desenvolvimento dos músculos mastigatórios que os unem uma ao outro. Caninos grandes, fortes e pontiagudos são característicos de carnívoros, que precisam deles para cortar e rasgar a carne crua, presa aos ossos do animal caçado. No entanto, molares curtos e largos, sem caninos proeminentes e

afiados, são próprios de herbívoros, que ficam grande parte do dia mastigando e triturando alimentos fibrosos de origem vegetal (ANGULO, 2009).

Uma característica em comum entre os mamíferos é o tamanho e a complexidade dos músculos da mastigação. As espécies cujo aparelho mastigador é dominado pelo músculo temporal são espécies generalistas e carnívoros especializados. Aqueles que enfatizam o masseter e pterigóideo medial são onívoros, como os primatas, ou herbívoros, e apresentam mobilidade ântero-posterior da ATM (HERRING, 2007).

A anatomia da ATM dos primeiros hominídeos era bem diferente da do homem moderno. O gênero *Paranthropus* e a espécie *A. robustus* (**Figura 16**), por exemplo, apresentavam uma crista sagital no crânio que facilitava a inserção de fortes músculos mastigatórios, distinguindo-se dos outros macacos. A mandíbula e o crânio formavam uma poderosa máquina de triturar alimentos duros (ANGULO, 2009; MATEOS, RODRÍGUEZ, 2010).

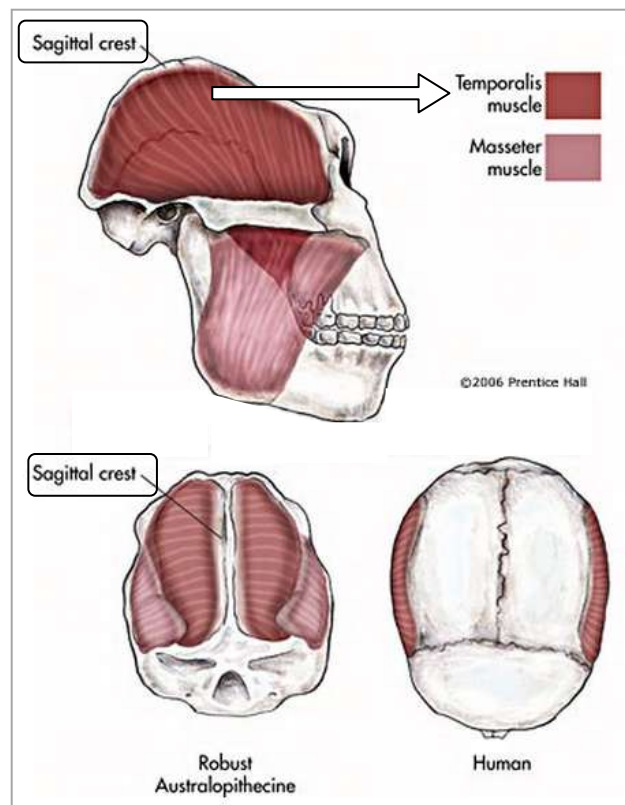


Figura 16 - Mandíbula do *Australopithecus robustus* (presença de crista sagital com a inserção do músculo temporal) e comparação com o crânio humano (sem crista sagital)

Fonte: GAIL, 2006.

O tamanho da crista sagital depende do tamanho do aparelho mastigatório e do cérebro e se encontra presente quando a mastigação é muito forte. Sua função é fornecer uma área de fixação para o músculo temporal, que tem forma de leque e sua ação principal é a elevação e a

retração da mandíbula (HERRING, 2007). Na **Figura 17**, vemos em detalhe a diferença morfológica dos crânios de um chimpanzé, um australopiteco e um humano. À medida que o aparelho mastigatório diminui e a inserção do músculo temporal já deixa de ser na crista sagital (inexistente nos humanos), a capacidade craniana aumenta na mesma proporção, como pode ser observado no crânio humano.

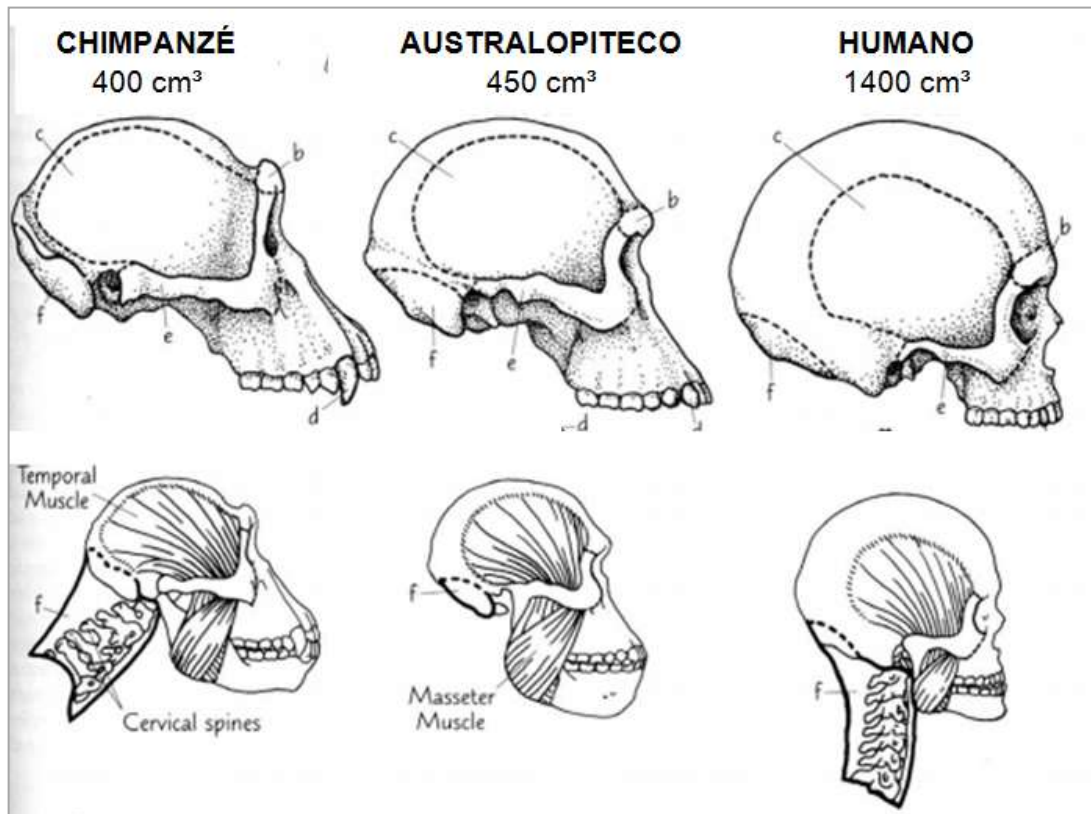


Figura 17 - Diferenças morfológicas dos crânios de um chimpanzé, um australopiteco e um humano (c = músculo temporal)

Fonte: Australopithecines: cranial and facial comparisons (Adaptado)

7.2.2 Mudanças metabólicas correlacionadas com a evolução do cérebro nos hominídeos

Apesar de os humanos apresentarem cérebros maiores que os dos outros primatas (três vezes maior que o esperado), a taxa metabólica basal (TMB) do corpo humano não é maior que a de qualquer outro mamífero do mesmo porte (LEONARD, 2003a). Com o aumento do tamanho do cérebro humano, houve importantes consequências metabólicas, como um gasto proporcionalmente maior da TMB para sua manutenção quando comparado com os outros

primatas. O cérebro humano tornou-se um órgão extremamente caro, pois ocupando apenas 2% da massa corporal, precisa de mais de um quinto da energia do corpo para cumprir todas as suas funções vitais. Esse gasto maior é sustentado pela melhora na qualidade das dietas, mais ricas em energia, proteínas e gorduras (HERCULANO-HOUZEL, 2012; LEONARD et al., 2003).

Entre os primatas, há uma correlação direta entre a quantidade de energia da TMB utilizada para a manutenção do cérebro (diretamente relacionado com o tamanho do cérebro) e a qualidade da dieta. Os humanos são um exemplo extremo dessa correlação: uma dieta de boa qualidade e variada e um maior tamanho relativo do cérebro, porém essa encefalização maior trouxe alterações na composição corporal. Os humanos encontram-se abaixo do esperado na quantidade de massa muscular esquelética quando comparados com primatas de porte similar (HERCULANO-HOUZEL, 2012; LEONARD, 2003a; LEONARD et al., 2003).

Leonard (2003) demonstra que existem duas formas principais que permitiram aos homínídeos a adaptação para suprir essa demanda metabólica maior do cérebro: melhorar a qualidade da dieta e mudar a composição corporal. As mudanças na qualidade da dieta se referem à sua densidade calórica e nutricional. A qualidade da dieta muda não só pela sua composição, mas, também, pelas diferentes formas que pode ser modificada (preparo, cocção, manipulação genética). Em relação à composição corporal, refere-se à mudança da proporção tecido adiposo / tecido muscular esquelético que pode acomodar as maiores exigências da demanda metabólica (LEONARD et al., 2003; LEONARD; STOCK; VALEGGIA, 2010).

Os fósseis indicam que a melhoria na qualidade dietética acompanhou o crescimento evolutivo do cérebro. Com os dados compilados na **Tabela 2**, observamos que as mudanças anatômicas que se sucederam durante a evolução humana (no esqueleto e no aparelho mastigatório) indicam que as espécies de homínídeos estavam consumindo diferentes tipos de alimentos. A gradual redução do tamanho dos molares fora acompanhada pela gradual diminuição da robustez mandibular, permitindo o aumento da caixa craniana. Já o tamanho corporal foi aumentando e ficando cada vez com formato mais humanoide. Juntando essas características, Leonard (2003) concluiu que o *H. erectus* estava consumindo uma dieta mais rica, de maior densidade calórica, com menor quantidade de alimentos de origem vegetal duros e de baixa qualidade, e incorporando alimentos de origem animal (LEONARD, 2003a).

Tabela 2 - Idade geológica (Ma), tamanho do cérebro (cm³), pesos estimados de machos e fêmeas (kg) e superfície do molar posterior (mm²) de algumas espécies fósseis de homínídeos

Espécie	Idade geológica (Ma)	Tamanho do cérebro (cm ³)	Massa corporal		Superfície do molar posterior (mm ²)
			Macho (kg)	Fêmea (kg)	
<i>Australopithecus afarensis</i>	3,9-3,0	438	45	29	460
<i>A. africanus</i>	3,0-2,4	452	41	30	516
<i>A. boisei</i>	2,3-1,4	521	49	34	756
<i>A. robustus</i>	1,9-1,4	530	40	32	588
<i>Homo habilis</i>	1,9-1,6	612	37	32	478
<i>H. erectus</i> (primitivo)	1,8-1,5	863	66	54	377
<i>H. erectus</i>	0,5-0,3	980	60	55	390
<i>H. sapiens</i>	0,4-0,0	1350	58	49	334

Fonte: adaptado de LEONARD et al., 2003, p. 8.

Nenhum antecessor do gênero *Homo* teve um cérebro dessas proporções. O que impulsionou essa vantagem? Tornando-se mais inteligente, inclusive com habilidades cognitivas superiores às dos mamíferos de cérebros maiores (massa do cérebro de elefantes \approx 4,5 kg; baleias \approx 9 kg; humanos \approx 1,2 kg a 1,5 kg), ficou mais hábil para criar ferramentas e para interagir socialmente com seu grupo? Ou foram as mudanças radicais do ambiente o ponto de mutação evolucionário que exigiu dele maior habilidade para sobreviver nesse mundo desafiador? Com o propósito de tornar mais clara essa etapa e de possibilitar um maior entendimento do processo de encefalização, nos próximos capítulos, serão apresentadas diferentes teorias que buscam compreender por que o cérebro tomou essas proporções na nossa espécie, e tentaremos conhecer quais as estratégias adotadas pela natureza que permitiram a seleção desse órgão tão complexo e qual o papel da alimentação nessa mudança (HERCULANO-HOUZEL, 2013).

7.2.2.1 O papel dos ácidos graxos na dieta

Várias das diferenças conhecidas entre os humanos e o resto dos primatas (acumulação de gordura subcutânea, expansão dos seios e das nádegas, crescimento do cérebro e da conectividade dos neurônios) envolvem o metabolismo lipídico, no entanto, como a gordura não deixa vestígios fósseis, os lipídios são mencionados com menor frequência que o devido nas discussões sobre a evolução humana (HORROBIN, 1999).

A ingestão de lipídeos na dieta é importante tanto para reserva energética quanto para formação de componentes estruturais, sendo que são, quantitativamente, a unidade estrutural mais importante no cérebro (60%) e no sistema nervoso e a segunda mais importante nos outros tecidos moles (CRAWFORD, 1992). Horrobin (1999) nos diz que o crescimento do cérebro humano durante a evolução é a história do crescimento de um órgão riquíssimo em lipídeos, mesmo nunca tendo sido classificado como um órgão gorduroso.

A gordura estrutural é formada a partir dos ácidos graxos essenciais (AGEs) que se apresentam na natureza em várias formas e compõem as membranas plasmáticas, formadas por colesterol e fosfoglicerídeos, esses formados por dois ácidos graxos, geralmente poliinsaturados ($\omega 6$ e $\omega 3$), principalmente ácido araquidônico (AA) e ácido docosahexaenóico (DHA). Por serem gorduras “essenciais”, os AGEs só podem ser obtidos através da dieta, e a sua disponibilidade no ambiente seria um fator limitante para o crescimento do cérebro (CRAWFORD, 1992). Segundo Crawford (2010), o DHA é a molécula primordial para carregar os impulsos elétricos; portanto, indispensável na bioquímica cerebral e extremamente importante nas demandas da retina e do tecido nervoso. O consumo de peixes e outros produtos alimentares de origem aquática são a fonte principal de $\omega 3$, sobretudo peixes e algas marinhas.

Na **Figura 18**, observamos a estrutura espacial de um fosfolipídeo (componente de membranas plasmáticas) formado por duas cadeias, uma saturada e uma insaturada. Várias combinações de ácidos podem estar presentes e essa diferença na configuração espacial é dada pela presença e pelo número de ligações duplas dos ácidos graxos que compõe o lipídeo. O AA encontra-se nas membranas e representa entre 5-15% dos ácidos graxos dos fosfolipídeos. Esse ácido não pode ser sintetizado *de novo* no corpo, sendo seu principal precursor da dieta o ácido linoleico (LA), presente em óleos vegetais. O DHA, sintetizado a partir do ácido α -linolênico (ALA), está presente em plantas verdes (é associado à fotossíntese), e também pode ser obtido diretamente de óleo de peixes; encontra-se em altas concentrações na retina (fotorreceptores que convertem a luz em impulso elétrico) e no córtex cerebral (CRAWFORD, 1992; SMITH, 2007).

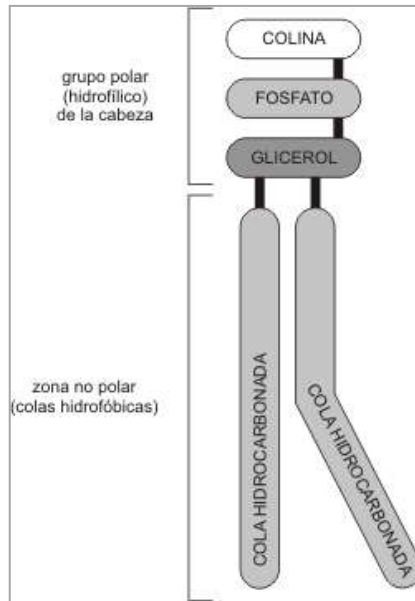


Figura 18 - Estrutura de um fosfolípido

Fonte: ROMER, 2005.

O surgimento dos mamíferos, com a nova necessidade de aquisição de AA devido ao sistema placentário, coincide com o aparecimento das Angiospermas (“plantas com sementes protegidas”) que, pela primeira vez na evolução, são capazes de produzir sementes protegidas contendo fontes concentradas de ácidos graxos, como LA e ALA. Esses ácidos de origem vegetal, por biossíntese, serão alongados e dessaturados no organismo após a sua ingestão, transformando-se em ácidos de cadeias maiores, com maior número de saturações, como observamos na **Figura 19** (CRAWFORD, 1992).

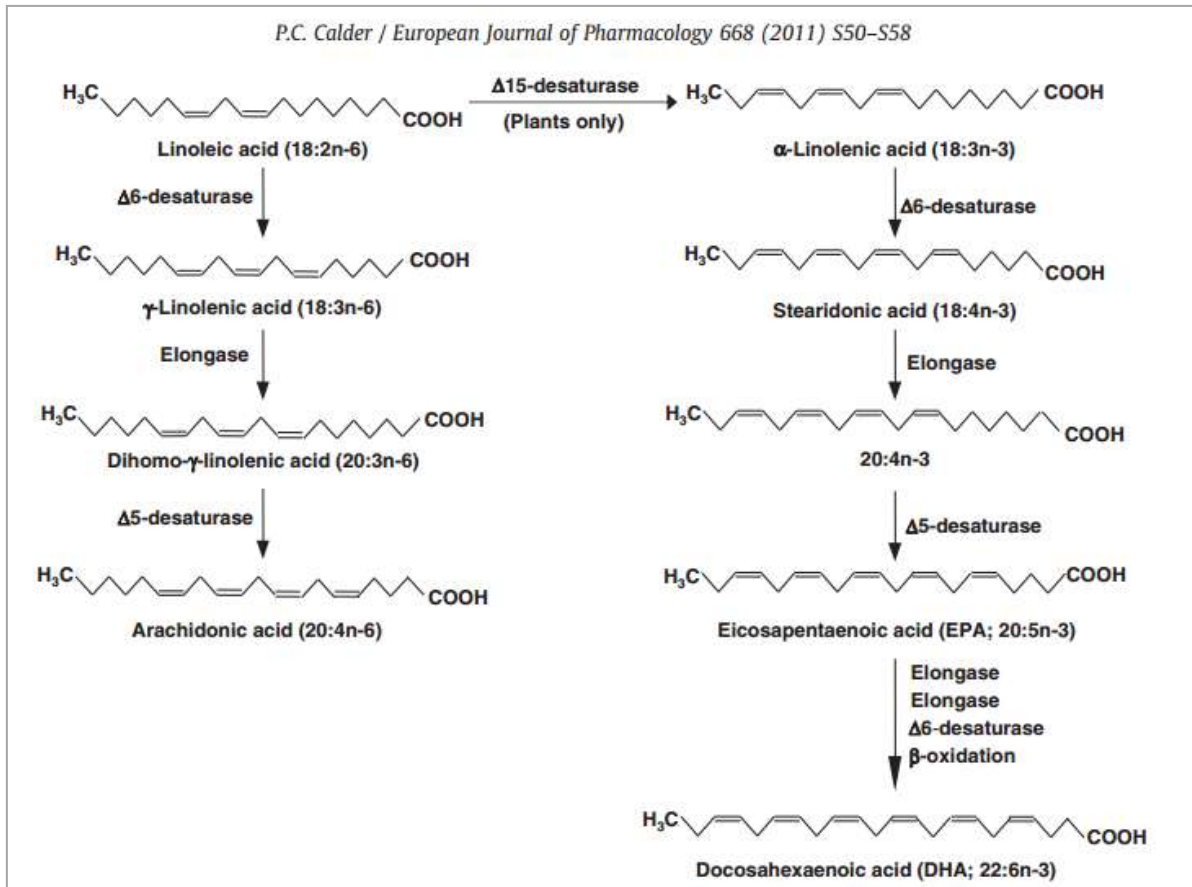


Figura 19 - Biossíntese dos ácidos graxos poliinsaturados

Fonte: CALDER, 2011, p. S52

Enquanto a conversão do LA a AA é muito eficiente, a conversão de ALA a eicosapentaenoico (EPA) e DHA é muito baixa, em torno de 10%. Há duas causas para essa diferença de conversão: competição pelos mesmos grupos enzimáticos ou ingestão de uma dieta mais rica em LA. Observa-se, na **Figura 20**, a procedência e composição desses AGEs.

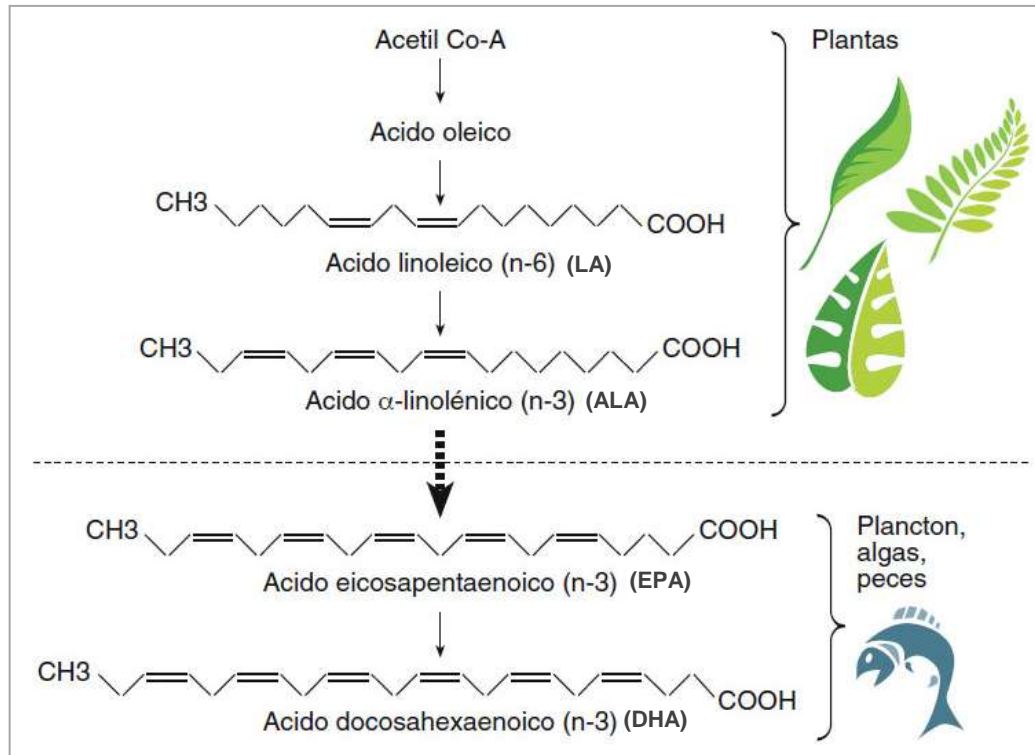


Figura 20 - Procedência e composição dos ácidos graxos ω3

Fonte: ÁCIDOS graxos omega 3 en la perspectiva de la salud cardiovascular, 2011

Segundo Crawford, a proteína é importante para o crescimento do corpo e os minerais, para o crescimento esquelético; mas será que a disponibilidade de lipídeos pode determinar o limite de crescimento do cérebro? (CRAWFORD, 1992). A composição cerebral, dentre as espécies animais, difere pouco, apesar de seu desenvolvimento cerebral ser tão diferente. O lipídeo cerebral é composto por colesterol e fosfoglicerídeos, ricos em AA e DHA. Os AGEs formam cerca de 20% da massa seca do cérebro e, dentre eles, três quartos é composta de AA e DHA, o que sugere que esta composição é uma exigência absoluta para o funcionamento básico normal do tecido cerebral dos mamíferos. Isto é, os ácidos AA e DHA são a chave para compreender a estrutura do cérebro e sua função. Crawford (1992) sugere que as limitações de crescimento do cérebro estariam relacionadas com a disponibilidade de AA e/ou DHA (CORDAIN; WATKINS; MANN, 2001; HORROBIN, 1999).

A dieta dos mamíferos herbívoros não contém AA nem DHA, portanto, esses animais devem biossintetizar todo o AA ou o DHA que precisam a partir do LA e do ALA provindo da dieta. Crawford argumentou que a formação de AA e de DHA fica comprometida e esta restrição na disponibilidade desses ácidos poderia ser um fator limitante no tamanho do cérebro, um gargalo evolutivo impedindo o processo de encefalização nos mamíferos herbívoros. Já os cérebros dos mamíferos carnívoros e marinhos são consideravelmente maiores quando comparados com o dos herbívoros de tamanho corporal semelhante, sendo

que a dieta dos não-herbívoros é relativamente rica em AA e DHA (CORDAIN; WATKINS; MANN, 2001).

Ao longo da evolução, os mamíferos carnívoros sempre mantiveram um tamanho proporcionalmente maior do cérebro em relação ao tamanho do corpo quando comparados com suas presas herbívoras. A disponibilidade alimentar de AA e DHA é exclusiva para carnívoros ou onívoros, uma vez que esses ácidos graxos não estão presentes ou encontram-se em pequenas quantidades nos alimentos de fontes vegetais (CORDAIN; WATKINS; MANN, 2001).

No entanto, ainda é importante ressaltar que eles inicialmente não eram bons caçadores e se alimentaram de pequenas presas e, sobretudo, de carniça, selecionando tecidos ricos em calorias e gorduras como a medula, o cérebro e o fígado. Consumiam carne crua, até em estado de putrefação, restos deixados pelos animais caçadores e ainda disputavam essas carcaças com outros animais oportunistas (AGUIRRE, 2001). A ingestão dos cérebros e da medula dos longos ossos provavelmente proporcionou fontes concentradas de energia e de DHA e de AA, necessárias para a evolução de um cérebro cada vez maior e metabolicamente bem mais ativo (CORDAIN; WATKINS; MANN, 2001). A **Tabela 3** apresenta as estimativas de valores absolutos (amostras de 100 gramas) dos AA e DHA presentes em alimentos que podem ter estado disponíveis para os primeiros hominídeos.

Tabela 3 - Comparação da quantidade de energia, gordura, proteína, AA e DHA em fontes alimentares (amostras de 100g) disponíveis nas dietas dos hominídeos (n.d.= não detectável)

Alimento	Energia (kcal)	Gordura (g)	Proteína (g)	AA (mg)	DHA (mg)
Cérebro de ruminante africano	126	9,3	9,8	533	861
Peixe de água doce africano	119	4,5	18,8	270	549
Fígado de ruminante africano	159	7,1	22,6	192	41
Músculo de ruminante africano	113	2,1	22,7	152	10
Tutano de ruminante	488	51,0	7,0	n.d.	n.d.
Gordura subcutânea de ruminante africano	745	82,3	1,0	20-180	traços
Tubérculos/raízes silvestres	96	0,5	2,0	n.d.	n.d.
Nozes silvestres	306	29,0	13,0	n.d.	n.d.
Mix de vegetais silvestres comestíveis	129	2,8	4,1	n.d.	n.d.

Fonte: Adaptado de CORDAIN; WATKINS; MANN, 2001, p. 152

Os alimentos vegetais são geralmente de baixa densidade energética e contêm pouco ou nenhum DHA e AA. Os únicos alimentos de origem vegetal que poderiam aumentar a qualidade da dieta são as sementes oleaginosas, no entanto, como mostrado na **Tabela 2**, esses alimentos não contêm quantidades perceptíveis de AA ou DHA, não permitindo o processo de encefalização. As análises demonstraram que o tecido muscular teria sido uma fonte relativamente boa de AA, mas não de DHA nem de energia. Provavelmente, a medula teria sido a fonte de energia concentrada, obtida com maior frequência entre os primeiros homínídeos, mas ela é destituída de DHA ou AA. A gordura subcutânea continha vestígios de DHA e quantidades moderadas de AA, mas é uma gordura que é pouco provável que tenha sido encontrada com frequência. Já o tecido cerebral dos ruminantes, obtido quebrando os crânios das presas através de ferramentas líticas, teria proporcionado uma fonte de energia moderada, não obstante, uma rica fonte de DHA e AA. Ainda há pouca evidência sobre o consumo de peixes no início da hominização; ele teria proporcionado uma rica fonte de DHA e AA, mas não de energia (CORDAIN; WATKINS; MANN, 2001; WRANGHAM, 2010).

O aumento do consumo de carne na dieta do homínídeo, especialmente daqueles tecidos ricos em AGEs, proporcionou os componentes estruturais necessários para o desenvolvimento de um cérebro maior. Essa nova fonte alimentar de AA e DHA, presentes na carne, pode ter aberto a "janela" evolutiva para a encefalização. Sem a inclusão de alimentos de origem animal energeticamente densos, carregados de AA e DHA, nas dietas de nossos ancestrais, teria sido improvável o aumento do cérebro.

Kuipers e colaboradores comprovaram que houve um aumento na ingestão de LA, AA e EPA/DHA com a diminuição de consumo de plantas, com a consequente ingestão de ALA também diminuída (KUIPERS et al., 2010). A encefalização coincide com o aparecimento de ferramentas líticas que possibilitou a caça e o aumento na qualidade da dieta, combinando alimentos que preencheram as exigências desse tecido custoso que não parava de crescer (CORDAIN; WATKINS; MANN, 2001; CRAWFORD, 1992).

7.2.3 A hipótese do tecido custoso

Na década de 70, o neurobiólogo americano Harry Jerison fez uma distinção entre a parcela de cérebro necessária para atender e controlar as necessidades físicas do corpo e a quantidade de cérebro ainda disponível para exercer outras funções de natureza mais

complexa, por exemplo, funções cognitivas. Jerison, criador de uma medida chamada "quociente de encefalização", fez uma relação comparando o tamanho real do cérebro com aquele que seria esperado para um animal daquele porte (DUNBAR, SHULTZ, 2007). Se o quociente entre o valor esperado e o real fosse igual a um, o tamanho do encéfalo corresponderia ao esperado para seu tamanho corporal; se fosse superior a um, seria maior ao esperado (CORDAIN; WATKINS; MANN, 2001). Os australopitecos vegetarianos tinham um quociente de encefalização estimado entre 1,23 e 1,92; já o gênero *Homo* apresenta um quociente entre 1,41 e 4,26; diferença claramente ilustrada na **Figura 21**.

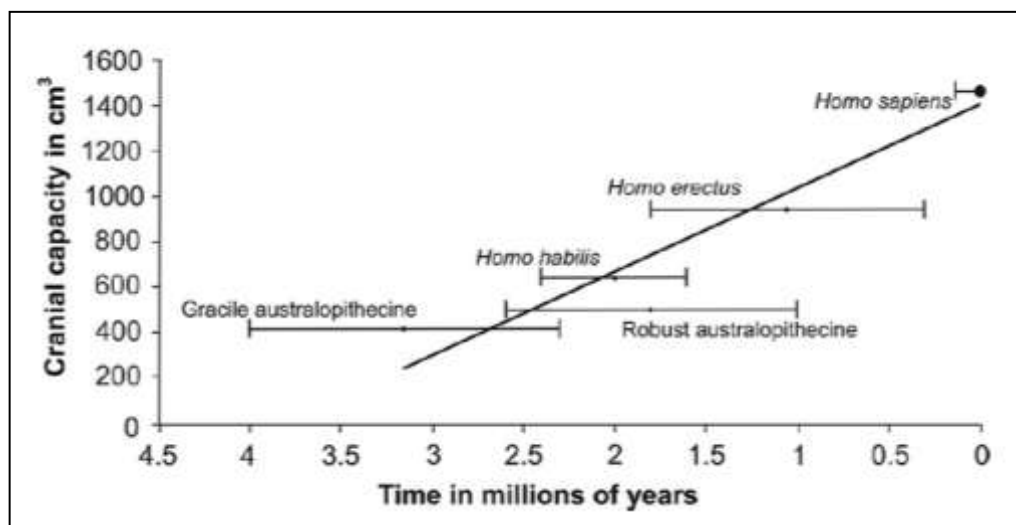


Figura 21 - Encefalização progressiva na evolução dos hominídeos

Fonte: WITTMAN, WALL, 2007, p. 743

Aiello e colaboradores (1995) demonstraram que o tecido nervoso impõe demandas metabólicas severas ao organismo de um indivíduo, sendo, em média, 22 vezes mais “caro” metabolicamente do que uma quantidade igual de tecido muscular. Como os australopitecos abandonaram as florestas, acredita-se que a savana aberta lhes permitiu introduzir uma alimentação com densidade calórica maior, vinda de alimentos de origem animal. A maior densidade calórica e a melhor qualidade da dieta podem ter possibilitado o aumento do tamanho cerebral, provendo as necessidades calóricas exigidas pelo cérebro (AIELLO, WHEELER, 1995; AIELLO, 1997; KUIPERS et al., 2010).

A partir de seus estudos, Leslie Aiello (paleoantropóloga) e Peter Wheeler (engenheiro químico) propuseram, há quase 20 anos, a Hipótese do Tecido Custoso (*The Expensive Tissue Hypothesis*), descrevendo as possíveis forças evolutivas que estavam envolvidas no aumento do tamanho do cérebro humano. Essa hipótese tentou explicar como o processo de encefalização dos primatas conseguiu formar cérebros relativamente grandes, sem o

correspondente aumento da TMB. Analisaram as necessidades metabólicas de vários órgãos, demonstrando que os cérebros são órgãos metabolicamente muito caros, em que a expansão requer um sistema termorregulador mais específico e maiores necessidades nutricionais e energéticas. A expansão do cérebro, órgão extremamente seletivo em relação às necessidades nutricionais, precisou não apenas de maior quantidade de energia, mas também da disponibilidade de nutrientes seletivos para o cérebro: “tijolos de construção” chamados AA e DHA, ou seja, incorporar AGEs à dieta até agora basicamente vegetariana (AIELLO, 1997; AIELLO, WHEELER, 1995; KUIPERS et al., 2010; WRANGHAM, 2010, p. 88-92).

Aiello e Wheeler correlacionaram a mudança para uma dieta de alta qualidade nutricional com a correspondente adaptação do TGI. Em seus estudos, constataram que dos outros órgãos “caros” metabolicamente do corpo humano (coração, rins, fígado e TGI), apenas o TGI poderia modificar seu gasto basal, já que seu gasto não está apenas em função de sua massa, mas também da qualidade da dieta ingerida. Existe uma correlação entre a massa de cada órgão com a massa corpórea total. Na **Figura 22**, o gráfico compara a massa observada de cada um dos cinco órgãos com a esperada para um homem de 65 kg, concluindo que o cérebro ganhou massa às custas do TGI, como consequência da qualidade da dieta (AIELLO, 1997).

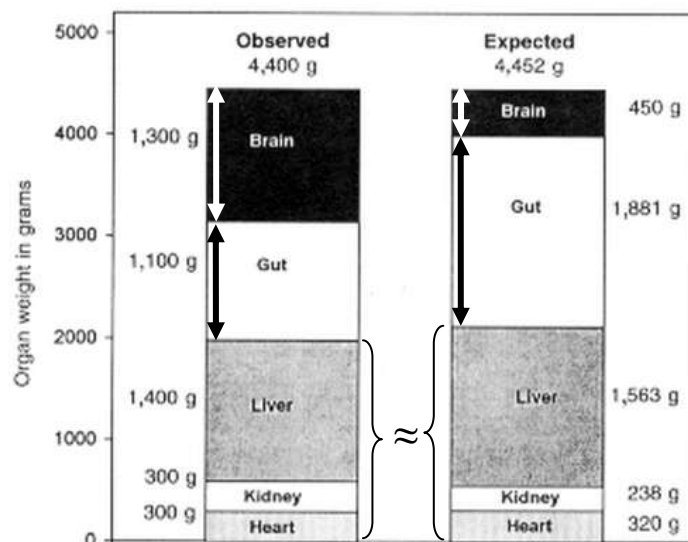


Figura 22 - Massa observada e esperada dos cinco órgãos mais caros do corpo de um humano de 65 kg

Fonte: AIELLO, 1997 (Adaptado)

À medida que a incorporação de alimentos de origem animal foi melhorando a qualidade da dieta, a massa intestinal foi diminuindo, e a energia economizada na manutenção desse órgão dava condições para prover maior energia, compensando o aumento do custo

energético de um cérebro maior. Conseguiram explicar a aparente relação entre a encefalização nos primeiros hominídeos e a incorporação de grande quantidade de alimento de origem animal na dieta. Alimentos de baixa digestibilidade requerem intestinos maiores com elaboradas câmaras de fermentação bacteriana, enquanto que alimentos de alta digestibilidade (frutos doces e maduros, proteína e sementes ricas em óleo) requerem TGI mais simples. Ao introduzir os alimentos animais à dieta, a digestão no trânsito colônico dos vegetais fibrosos já não era tão necessária, havendo, assim, uma redução da massa intestinal e dos custos energéticos de manutenção desse órgão, disponibilizando a energia economizada para a manutenção de um cérebro maior e mais dispendioso (AIELLO, 1997; HLADIK; CHIVERS; PASQUET, 1999).

Resumindo, essa hipótese sustenta que nossos ancestrais tiveram seus cérebros evoluídos graças ao aumento do consumo de alimentos calóricos, somente possibilitado por uma dieta baseada em carnes ricas em gordura, o que fez com que o intestino e outros órgãos se tornaram mais eficientes para metabolizar esses alimentos, disponíveis naquele ambiente. O estômago teve que adaptar-se a alimentos caloricamente mais densos e a eficiência na digestão ficou refletida no encurtamento do intestino (FLEURY, 2012, p. 27).

7.2.4 O segredo para um cérebro maior

Vimos até agora que, pela teoria do tecido custoso, os humanos não teriam desenvolvido um cérebro tão grande se não tivessem adotado uma dieta de alta qualidade que permitisse a redução relativa do TGI (AIELLO, 1997); “[...] um *byproduct* do uso eficiente de energia pelo resto do corpo que permitia que mais energia fosse dedicada ao crescimento do cérebro.” (PIPA, 2011, p.113). Por outro lado, sabendo que o custo de manutenção de um cérebro maior é tão alto, mesmo quando as condições ambientais e a qualidade da dieta o permitirem, a sua evolução só seria provável quando algum fator de seleção fosse o suficientemente favorável como para compensar o custo desproporcional. A evolução é um processo econômico e a seleção só favoreceria um dispêndio maior de energia de manutenção se a característica adquirida aumentasse o sucesso reprodutivo (DUNBAR, 1993, 1998; van SCHAIK; ISLER; BURKART, 2012). Tendo em vista esse cenário, cabe perguntar-se não apenas como o nosso cérebro chegou a esse tamanho, mas por quê.

O cérebro humano é três vezes maior que o dos australopitecos e o dobro do tamanho que o do *H. habilis*; no entanto, seu crescimento foi caracterizado por períodos de baixo aumento de volume alternados com períodos de expressivas mudanças de tamanho. A evolução do tamanho do cérebro humano teve implicações importantes para a biologia nutricional da nossa espécie. Como já fora citado anteriormente, grandes cérebros são energeticamente caros e uma maior proporção da energia metabólica foi direcionada para a sua manutenção, se comparado com os outros primatas (LEONARD; ROBERTSON; SNODGRASS, 2007).

Várias correntes de pensamento procuram explicar como e por que aconteceu o processo de encefalização. Na revisão sobre a Hipótese do Cérebro Social, realizada pelo antropólogo britânico Robin Dunbar (1998), encontram-se sintetizadas várias hipóteses que tentam interpretar esse processo, que foram agrupadas pelo autor em quatro categorias:

- a) Hipótese Epifenomenal: cérebros (ou partes dele) grandes como consequência inevitável de corpos também maiores;
- b) Hipótese Ecológica;
 - frugivorismo impõe demandas de maior conhecimento que o folivorismo,
 - o tamanho do cérebro como limitador do tamanho do mapa cerebral, tanto do espaço vital (território) quanto das rotas de navegação (translado diário percorrido),
 - Hipótese do Forrageamento Extrativo,
- c) Hipótese Social: o tamanho do cérebro como limitador da rede social, do tamanho do grupo, tanto limitando a capacidade de memória para lembrar os relacionamentos quanto para adquirir habilidades para gerenciar esses relacionamentos;
- d) Hipótese do Desenvolvimento: a energia nutricional materna como limitante para determinar a quantidade de energia à disposição para a formação do cérebro no feto (DUNBAR, 1998).

Observamos que para explicar o processo de encefalização, uma corrente enfatiza o papel do cérebro para melhorar a competência sensorial ou técnica (habilidades de forrageamento, invenções e formas de procura de alimento; tamanho do território). Para citar um exemplo, segundo Milton, nas espécies frutívoras de florestas tropicais, a variedade e a distribuição espacial e temporal (sazonalidade) dos frutos atuam como a força seletiva principal no desenvolvimento da complexidade cerebral em grupos de primatas, obrigando-os a memorizar os locais de obtenção de alimento distribuídos num vasto território (MILTON, 1981).

Por outro lado, na atualidade, as evidências favorecem a sugestão de que foram as demandas operacionais de viver em grandes sociedades complexas que seletivamente beneficiaram o crescimento do cérebro. Ou seja, os primatas têm grandes cérebros porque vivem em grupos formando sociedades complexas (DUNBAR, SHULTZ, 2007).

Reader e Laland propõem que o comportamento inovador, a aprendizagem social e o uso de ferramentas e sua transmissão cultural foram características centrais na evolução do cérebro, encontrando correlação positiva entre seu tamanho e esses três comportamentos (READER, LALAND, 2002; WYLES; KUNKEL; WILSON, 1983). Seyfarth e Cheney acrescentam que o aprendizado social facilita a aquisição de alimentos, enquanto que as ferramentas, além de trazer benefícios ecológicos, também têm uma função social (SEYFARTH, CHENEY, 2002).

Em estudo realizado por Dunbar, em 1992, ao correlacionar o volume neocortical de primatas e de comunidades humanas e o tamanho do seu grupo social, o pesquisador observou que o tamanho do neocórtex de uma espécie é proporcional ao tamanho do grupo em que se organiza. Portanto, o tamanho do neocórtex do cérebro representa um limitante biológico sobre o tamanho da rede social à qual o indivíduo pertence. O esforço mental para manter relações de cooperação cresce com o aumento do grupo e o tamanho máximo de uma população se correlaciona com a capacidade cognitiva de seus integrantes. Entre os seres humanos, Dunbar determinou que o número de indivíduos com os quais é possível manter relações interpessoais estáveis é entre 100 e 200 indivíduos, o chamado “número de Dunbar” (DUNBAR, 1992, 1998, 2003; GRÜTER, 2013).

Essa é a base da hipótese do cérebro social, também chamada de hipótese da inteligência maquiavélica, postulada pelos primatologistas escoceses Richard Byrne e Andrew Whiten. Segundo ela, o cérebro humano chegou ao atual estágio baseado na necessidade de resolver problemas sociais muito complexos em grupos cada vez maiores. Nessa situação, cérebros com mais conexões teriam uma vantagem enorme (WHITEN; van SCHAIK, 2007).

A hipótese do cérebro social argumenta que o cérebro maior nos primatas surgiu a partir do processamento de informação que seu sistema social mais complexo demandou. Quando uma espécie adquire cérebros maiores, seria para se adaptar às exigências de uma vida social complexa, e a formação de grupos estáveis apresenta um gasto energético muito alto, tendo que evoluir capacidades cognitivas para manter a cooperação estável. Essa teoria aplica-se tanto a aspectos competitivos da vida social quanto a aspectos cooperativos, como aprendizagem cooperativa, habilidade social e coordenação. Portanto, existe uma correlação entre o tamanho relativo do cérebro e diversos índices de complexidade social, incluindo o

tamanho do grupo social, o número de mulheres no grupo, estratégias de acasalamento dos machos, prevalência de jogos sociais, frequência de aprendizagem social, dentre outros. Nesse contexto, a linguagem evoluiu como mecanismo de fortalecimento dos laços sociais, permitindo que o tempo fosse usado de forma mais eficiente (DUNBAR, SHULTZ, 2007; PIPA, 2011).

Em contrapartida, outro grupo de pesquisadores tenta desvendar o segredo do cérebro maior sob o ponto de vista fisiológico e dietético. Para o bioquímico britânico Michael Crawford (1992), cujo interesse de pesquisa é o papel que os lipídios e ácidos graxos desempenham na interação com o sistema de sinalização celular, o desenvolvimento de padrões complexos de interpretação ou comportamento pode não depender tanto do tamanho do cérebro, mas da densidade de neurônios e do número de sinapses envolvidas no processo (CRAWFORD, 1992; van SCHAIK; ISLER; BURKART, 2012).

Crawford (1992) explica que o tamanho do cérebro humano agora pode ser explicado pelo aumento do fluxo de nutrientes específicos utilizados pelo sistema nervoso, especialmente AA e DHA. Os AGEs são “essenciais” não só porque devem ser retirados da alimentação, mas porque alicerçam as novas características evolutivas: o novo sistema placentário dos mamíferos; o período de gestação e lactação mais prolongado em relação aos outros primatas, permitindo maior aporte de AGEs durante o desenvolvimento embrionário do cérebro; a taxa de crescimento mais lenta, tendo uma infância mais demorada e dependente; e, por último, a necessidade de morar num hábitat de interface com o marinho, com a possibilidade de adquirir alimentos marinhos ricos em DHA. Ele reforça que o alimento, particularmente os lipídeos, é a força motora na evolução das espécies animais (CRAWFORD, 1992).

O professor Crawford explica que a cadeia alimentar marinha é muito rica em ácidos graxos $\omega 3$, enquanto que a rede alimentar terrestre é dominada por ácidos graxos $\omega 6$. O cérebro utiliza uma proporção $\omega 6:\omega 3$ entre 1:1 e 2:1, sendo que o surgimento de sementes ricas em $\omega 6$ no período Cretáceo teve um papel destacado na evolução do crescimento cerebral. O ecossistema de savana africano, um habitat cercado de terra associado à baixa oferta de DHA a partir da cadeia alimentar, não teria suportado o crescimento acelerado do cérebro, já que sua expansão precisa de uma fonte abundante de DHA. Com acesso ilimitado à teia alimentar rica em DHA no meio marinho, os mamíferos marinhos apresentam uma relação cérebro/massa corporal mais adequada quando comparada com os mamíferos terrestres. Crawford argumenta que o cérebro do golfinho é muito maior que o da zebra, ainda que os dois animais tenham corpos de tamanho similar, devido à dieta rica em DHA. Dessa

forma, ele defende que a simbiose entre habitats terrestres e habitats marinhos e costeiros criaram as condições ideais para o crescimento do cérebro humano: um nicho ecológico num ambiente litorâneo, rico em DHA e iodo (CRAWFORD, 2000, 2008).

O gênero *Homo* está associado a ambientes lacustres, ao longo do Vale do Rift (África), diferente dos australopitecos que estão associados a áreas florestais. A evidência para o desenvolvimento cultural precoce do *H. sapiens* se limita exclusivamente a ambientes lacustres e costeiros marinhos. A ingestão de peixes e mariscos de água doce tropical, com altos índices de AA e DHA, pode ter fornecido as condições para o início e a manutenção do crescimento cerebral sem o proporcional crescimento do corpo. Uma ingestão modesta de peixe e marisco (6-12% da energia total da dieta) fornece mais AA e, sobretudo, mais DHA que uma dieta em habitat exclusivamente terrestre (BROADHURST; CUNNANE; CRAWFORD, 1998; CRAWFORD, 2008).

Continuando com as pesquisas nessa área, em 2003, Cunnane e Crawford propuseram que o cérebro humano moderno foi um produto que teve início com a evolução de bebês com maior percentual de gordura corporal. O cérebro e a gordura corporal dos bebês humanos contribuem com 11% e 14% do peso corporal, respectivamente, situação aparentemente única entre os animais terrestres. Essa gordura corporal oferece três formas de assegurar energia para o desenvolvimento do cérebro. Ela fornece uma reserva de energia extra na forma de ácidos graxos nos triglicerídeos; proporciona os precursores dos corpos cetônicos, substrato-chave para fornecer energia ao cérebro na falta de glicose; e forma a reserva de ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa, particularmente o DHA, indispensável para o desenvolvimento normal do cérebro (CUNNANE, CRAWFORD, 2003).

Segundo a primatóloga americana Sarah Hrdy, comparando com os bebês primatas, os recém-nascidos da nossa espécie apresentam uma reserva de gordura corporal entre quatro e oito vezes maior, correspondente a mais de 15% do peso total do bebê (HRDY, 2001). Ainda, o cérebro do recém-nascido humano apresenta uma peculiaridade: tem o tamanho do cérebro de um chimpanzé adulto e ele dobra de tamanho durante o primeiro ano de vida, tendo um crescimento rápido inicialmente, em contraste com a maturação lenta que se estende até a adolescência. Ou seja, uma reserva de lipídeos se torna extremamente necessária durante esse período (ZOLLIKOFER, PONCE DE LEÓN, 2013).

Estudos recentes buscam novas explicações para compreender por que o tamanho do cérebro humano tomou essas proporções. Apesar da tendência geral entre os mamíferos, de que quanto maiores em tamanho, maiores seus cérebros, os seres humanos são os primatas com maior cérebro, maior número de neurônios, porém não tem a maior massa corporal.

Animais maiores necessitam de mais energia para sustentar sua fisiologia e quanto maior a necessidade calórica, maior será o tempo despendido em alimentação, dependendo ainda da disponibilidade de alimentos. Portanto, o desenvolvimento de um corpo maior e de um cérebro maior foram estratégias mutuamente excludentes, provavelmente por motivos metabólicos (FONSECA-AZEVEDO, HERCULANO-HOUZEL, 2012; WATTS, 1988).

A **Figura 23** mostra a relação entre tamanho corporal e tamanho do cérebro ou volume endocranial de grandes símios (triângulo azul), australopitecos (quadrado vermelho: *A. africanus*, *A. robustus*, *A. boisei*) e hominídeos (círculo verde: *H. habilis*, *H. erectus*, *H. sapiens*, *H. neanderthalensis*). Observa-se que nos grandes símios e nos australopitecos, o volume cranial é baixo em relação ao tamanho corporal; já nos hominídeos, houve um crescimento abrupto, culminando no extinto *H. neanderthalensis*.

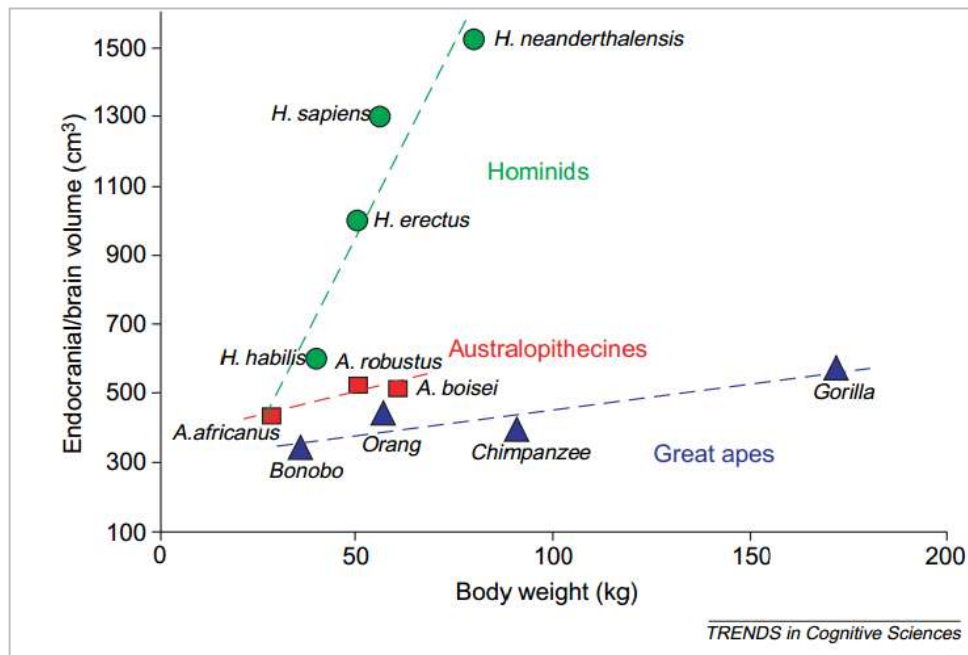


Figura 23 - Relação entre tamanho corporal e tamanho do cérebro ou volume endocranial (espécies extintas) de grandes símios e hominídeos

Fonte: ROTH, DICKE, 2005, p. 253.

Então, por que o nosso cérebro não ficou do tamanho necessário apenas para dar conta das funções meramente vegetativas do corpo? Por que ficou com um “sobrante” de córtex cerebral para funções cognitivas não ligadas à sobrevivência? O que lhe permitiu obter combustível energético de forma rápida e fácil?

Em relação ao consumo de glicose do neurônio, estudos demonstram que o consumo é constante. Em 2011, a neurocientista brasileira Suzana Herculano-Houzel verificou que o uso estimado de glicose pelo neurônio é relativamente constante e que a estimativa de utilização

média de glicose por neurônio não se correlaciona com a densidade neuronal de toda a estrutura, sugerindo que o balanço energético do cérebro por neurônio é constante nas espécies. Cérebros humanos, de macacos, babuínos e roedores têm gasto energético semelhante: uma média de 6 kcal/bilhão de neurônios. Esses resultados indicam que a utilização aparentemente notável nos seres humanos de 20% do total da taxa metabólica basal pelo cérebro é explicada simplesmente pelo grande número de neurônios (HERCULANO-HOUZEL, 2011).

Sendo o consumo energético dos neurônios uma constante, o próximo passo da pesquisa de Herculano-Houzel foi rever a informação do canadense David Huber, que recebeu o Nobel de Fisiologia/Medicina em 1981. Ele afirmara que no cérebro humano havia 100 bilhões de neurônios e 1 trilhão de células da glia (ZORZETTO, 2012). Na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), o médico Roberto Lent, junto com Herculano-Houzel e colaboradores criaram um fracionador celular automático para descobrir o número de neurônios que compõe os cérebros de diferentes espécies e poder comparar cérebros de tamanhos semelhantes e suas respectivas proporções de neurônios por volume de tecido cerebral. Para obter o número de neurônios, os cérebros são dissolvidos num detergente que destrói as membranas celulares, liberando os núcleos intactos numa “sopa de cérebro”. A partir de uma amostra desse homogenato, estima-se o total de neurônios que compunha esse cérebro. A proporção de neurônios é determinada por detecção do antígeno imunocitoquímico neuronal nuclear (NeuN), expresso em todos os núcleos da maioria dos tipos de células neuronais, mas não nas células não-neuronais; e o número de células não-neuronais obtém-se por diferença (HERCULANO-HOUZEL, 2011, 2013; HERCULANO-HOUZEL, LENT, 2005; ZORZETTO, 2012).

A pesquisadora Herculano-Houzel encontrou que no cérebro humano há uma média de 86 bilhões de neurônios (14% menor que o estimado por Huber), acompanhados por 85 bilhões de células da glia, números diferentes aos anunciados na década de oitenta. Esse achado fez o pesquisador Lent alterar o título da segunda edição do seu livro publicado em 2010 para “Cem bilhões de neurônios?”, com um ponto de interrogação no final (ZORZETTO, 2012).

A pesquisa ainda constatou que foi o córtex cerebral a parte do cérebro que mais se agigantou ao longo da evolução. Dos 86 bilhões de neurônios, 16 bilhões compõem o córtex cerebral, ou seja, tem menos neurônios que o cerebelo (69 bilhões), mas quase quatro vezes mais de outros tipos celulares (células da glia), o que Herculano-Houzel acredita ser essa a explicação mais simples para nossa capacidade cognitiva notável. O suporte físico dessas

células para os neurônios é extremamente importante: auxiliam na transmissão dos impulsos, nutrem os neurônios, defendem o sistema nervoso e ocupam espaço (HERCULANO-HOUZEL, LENT, 2005; ZORZETTO, 2012).

Vários achados surgiram a partir desses trabalhos, sendo um deles as diferentes estratégias que a natureza adotou para “construir” cérebros. Lent e sua equipe constataram que o padrão de desenvolvimento encefálico dos roedores e dos primatas é diferente. Nos roedores, quanto maior seu tamanho corporal, proporcionalmente há menos neurônios. Já nos primatas, o aumento é linear, permitindo que agrupassem mais neurônios num volume menor e, conseqüentemente, acumular mais células que os roedores. Demonstraram que na composição cerebral dos seres humanos, considerando a razão número de células neuronais e não-neuronais, o crescimento do cérebro humano acompanhou uma relação linear isométrica dentre os primatas e que o cérebro humano não foge ao padrão dos primatas. Recentemente, a mesma equipe concluiu que, entre os primatas, o tamanho das células da glia permaneceu constante durante a evolução, enquanto o dos neurônios variou até 250 vezes (AZEVEDO et al., 2009; ZORZETTO, 2012).

Portanto, temos um cérebro de primata aumentado em relação à composição celular e aos custos metabólicos, com um neocórtex relativamente maior, que não apresenta um número relativamente maior de neurônios, no entanto, notável na capacidade cognitiva e no metabolismo, simplesmente, pelo número extremamente grande de neurônios (HERCULANO-HOUZEL, 2012). Dentro dessa linha de pesquisa, vários conceitos de neurociência precisam ser repensados e repercutem na trajetória até agora desenhada da evolução humana, preenchendo lacunas sem resposta ainda ou mudando o raciocínio que vinha sendo seguido.

Ainda querendo encontrar a resposta para o processo de encefalização, o estudo do tecido adiposo começou a ter um olhar diferenciado também. Ana Navarrete e colaboradores (2011) estudaram o armazenamento de gordura em relação ao índice de massa corporal (IMC) de alguns mamíferos. Mesmo não sendo um tecido metabolicamente caro, o tecido tem seu custo energético pelo peso adicional que deve ser carregado. Porém, traz a vantagem de amortizar períodos de fome, atuando como um verdadeiro tampão fisiológico contra a falta de comida. Já o cérebro maior foi proposto como um tampão cognitivo. Ele facilitaria a construção de respostas comportamentais para desafios socioambientais incomuns, novos ou complexos. O efeito tampão poderia aumentar as taxas de sobrevivência, favorecendo uma vida reprodutiva mais longa. Essa habilidade ajudaria a lidar com os novos desafios ecológicos com maior sucesso, apoiado na hipótese do tampão cognitivo que um cérebro

maior representa (NAVARRETE; van SCHAIK; ISLER, 2011). Nesse trabalho, as autoras resumiram em um quadro os caminhos possíveis que direcionam a energia para poder explicar o aumento do tamanho relativo do cérebro. Na **Figura 24**, entre parênteses, é apresentado como essas mudanças aconteceram nos humanos, na tentativa de reunir o exposto até o momento.

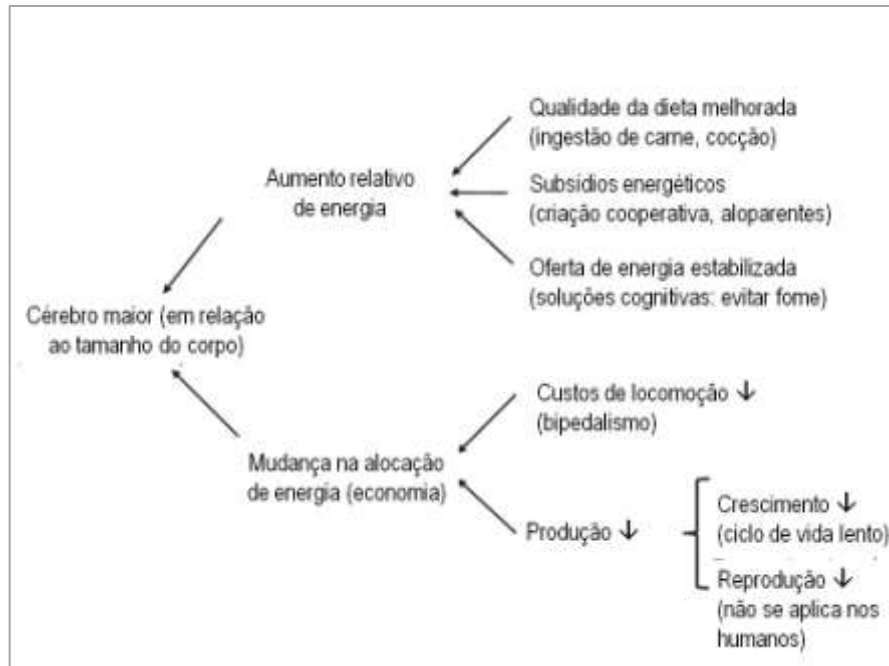


Figura 24 - Alocação da energia para o crescimento do cérebro
 Fonte: NAVARRETE; van SCHAIK; ISLER, 2011, p. 92 (adaptado)

Observamos que foram desenvolvidas, ao longo de décadas, inúmeras hipóteses, visando explicar a particularidade do cérebro maior. Cada característica que diferenciou os humanos do resto dos primatas é resultado de seleção natural, atuando para maximizar a qualidade dietética e a eficiência na obtenção de alimentos. Ao longo da história da evolução, mudanças na oferta de alimentos influenciaram fortemente os ancestrais hominídeos. E o mais surpreendente é que o que comemos e a forma como preparamos as refeições é ainda outro motivo de diferenciação com os nossos parentes primatas (LEONARD, 2003). O principal elemento de diversidade é o fato do homem, e apenas ele, é capaz de acender, controlar e usar o fogo, permitindo, entre outras coisas, cozinhar seus alimentos. Cozinhar é uma atividade humana por excelência. No meio científico, este assunto tomou uma dimensão considerável na última década, o que merece destaque.

7.3 “COZINHANDO CÉREBROS MAIORES”

Tomando emprestado o título da matéria da *Scientific American* (dez. 2007), *Cooking up bigger brains*, o título deste capítulo deixa bem destacado o ponto de viragem que pode ter possibilitado a encefalização máxima no *H. erectus*. Herculano-Houzel argumenta que para manter esse tamanho cerebral, ou seja, para atingir as calorias necessárias de manutenção, os humanos deveriam passar mais de nove horas por dia comendo uns 6 quilos de plantas cruas e uns 3 quilos de frutas e carnes. A única alternativa para diminuir esse tempo de ingestão seria extrair mais calorias das mesmas porções de alimento. E isso aconteceu quando o fogo foi dominado: com o surgimento da cozinha (HERCULANO-HOUZEL, 2013).

Richard Wrangham (2010), antropólogo de Harvard, afirma que "somos humanos porque cozinhamos nossos alimentos" (WRANGHAM apud PRADO, 2010, p. 80). Entre 1971 e 1973, estudou o comportamento alimentar dos chimpanzés no Parque Nacional de Gombe, na Tanzânia, ficando na companhia deles o dia todo na floresta e comendo o que eles comiam, porém sempre ficava faminto; nada o satisfazia. A experiência lhe deu a certeza de que somos incapazes de viver com uma dieta de alimentos crus. No seu livro “Pegando Fogo - Por que cozinhar nos tornou humanos”, ele defende que começamos a cozinhar bem antes de nos tornarmos humanos: nos tornamos humanos justamente por cozinhar os alimentos (WRANGHAM, 2010).

Wrangham defende que o que desencadeou o desenvolvimento de um cérebro grande e ávido por calorias foi o cozimento dos alimentos. Nossos ancestrais hominídeos nunca poderiam ter comido o suficiente de alimento cru que conseguisse alimentar enormes cérebros famintos por calorias. Ele afirma que o segredo para a nossa evolução foi cozinhar; foi o domínio do fogo que transformou o ancestral comum em um humano. O *H.sapiens* é o único animal que cozinha o que come e essa invenção, essa estratégia evolutiva, para quem apoia essa hipótese, foi o que nos tornou humanos (HERCULANO-HOUZEL, 2013; WRANGHAM, 2010).

Cozinhar é uma forma de pré-digerir o que se come; facilita a mastigação e a deglutição, diminuindo o tempo de ingestão dos alimentos. Na palestra ministrada na 2ª Semana Internacional de Neurociências da UFMG, na opinião da palestrante Herculano-Houzel, o que o homem teria de notável não seria especificamente o número de neurônios, mas a estratégia que tornou isso possível: uma vez que aprendeu a técnica de cozinhar, não

precisou mais de 9 horas diárias para se alimentar e permitiu que se tornasse o mais inteligente dos animais (COTTA, 2012).

Angulo (2009) nos explica como era a técnica de cocção. As escavações revelam várias formas de cocção dos alimentos. Alguns cavavam um buraco no solo, que era revestido por uma bolsa de couro, provavelmente um estômago de uma presa. Do lado, mantinha-se acesa uma fogueira, na qual as pedras eram esquentadas diretamente sobre as brasas. Escolhiam pedras como o basalto, que não estouravam com o calor. A bolsa de couro era preenchida com água e nela jogavam as pedras incandescentes, renovadas até que a água fervesse. Os alimentos eram depois fervidos nessa água. Também há indícios de que as carnes eram assadas sobre o fogo, graças aos vestígios encontrados junto à fogueira – o fogo deixa sinais sobre os ossos de animais consumidos, passando por vários estágios de carbonização (ANGULO, 2009, p. 47; MATEOS, RODRÍGUEZ, 2010).

O cozimento dos alimentos pode ter desempenhado um papel importante na evolução humana, ao fornecer um aumento no ganho líquido de energia. No caso da carne, a cocção compromete a integridade estrutural do tecido ao gelatinizar o colágeno. Ao mesmo tempo, a digestibilidade da proteína animal aumenta com a cocção devido à desnaturação das proteínas, facilitando o acesso das enzimas proteolíticas durante a digestão. Em relação aos carboidratos, com o calor os grânulos de amido dos vegetais gelatinizam, acontece uma “pré-digestão externa” dos carboidratos, tornando o processo digestivo mais eficiente, menos dispendioso (a absorção no intestino delgado aumenta de 50% para 95%). A cocção também inativa antinutrientes potencialmente tóxicos de alguns tubérculos e raízes (ex. glicosídeos cianogênicos) (WRANGHAM, 2010).

A equipe de Wrangham testou a digestibilidade da carne cozida e da carne moída. Os testes foram realizados utilizando cobras píton (*Python molurus*) que foram alimentados com uma das quatro dietas experimentais: carne crua em pedaços, carne cozida em pedaços, carne crua moída e carne cozida moída. Mediram o efeito térmico do alimento como parâmetro para registrar o aumento da taxa metabólica durante o processo digestivo. Alimentos crus ou em pedaços mostraram maior resposta metabólica pós-prandial do que as refeições moídas ou cozidas; ainda, a combinação dos dois tem um efeito aditivo, diminuindo o efeito térmico em 23,4%. Portanto, comprovou-se que o consumo de carne cozida constitui uma vantagem energética (BOBACK et al., 2007).

O maior problema da teoria de Wrangham é que ainda não há consenso de quando iniciara a cozinha na humanidade. Encontraram vestígios de lareiras em vários sítios arqueológicos no sul da Europa que datam de 250 mil anos. Na Alemanha, França e Hungria

encontraram ossos carbonizados, cinzas e carvão de 300 a 500 mil anos, e os vestígios de lareiras encontrados nas escavações em Gesher Benot Ya`aqov, Israel, datam de 790 mil anos. As evidências mais antigas de controle do fogo foram apresentadas pelo paleoantropólogo Jack Harris (de New Jersey), datam 1,5 Ma e ficam na Tanzânia e em Quênia, sendo que fósseis de *H. erectus* foram achados nos dois sítios. Considerando que desde 1,9 Ma até 200.000 anos atrás foi o período de expansão espetacular do cérebro, triplicando de tamanho entre as diferentes espécies do gênero *Homo*, a confirmação desse dado daria o embasamento que está faltando para a teoria de Wrangham. Nesse sentido, segundo Ann Gibbons, “[...] onde há fumaça, não necessariamente há fogo para cocção [...]” (GIBBONS, 2007, p. 1560).

Wrangham vê no advento do cozimento algo que teve um grande impacto na qualidade da dieta, o alimento se tornou mais macio, mais fácil de comer, com uma densidade mais elevada de calorias. A encefalização aconteceu graças à mudança na qualidade da dieta incorporando maior quantidade de carne, alimentos cozidos e tubérculos, gradualmente permitindo intestinos menores (WRANGHAM, 2010). Portanto, como os humanos conseguiram calorias extras para expandir e manter cérebros dispendiosos já que consomem a mesma quantidade de calorias que mamíferos de tamanho similar? Certamente, “cozinhando seus alimentos” é uma das respostas. A cocção alimentou o cérebro.

7.4 O GENE *SRGAP2*: SUA DUPLICAÇÃO NOS TORNOU “MAIS” HUMANOS?

Faz muitos anos que os pesquisadores tentam encontrar diferenças no genoma de primatas não-humanos em relação ao genoma humano que permitam compreender o que nos diferenciou. Até agora, a principal forma de realizar essas comparações estava centrada na busca de mudanças na sequência dos nucleotídeos, à procura de mutações pontuais. Recentemente, os trabalhos começaram a focar a aparição de duplicações parciais ou completas de genes, já que a duplicação de um gene é uma fonte importante de mudança fenotípica e de evolução adaptativa (DENNIS et al., 2012).

Até o momento, encontraram-se 23 genes que estão duplicados em humanos, mas não nos outros primatas. Um deles, o gene *SRGAP2*, se expressa no cérebro e sua função está relacionada com o desenvolvimento do neocórtex, sendo um dos genes que se duplicou no genoma humano durante o processo de diferenciação da nossa espécie. Segundo pesquisas publicadas na revista *Cell* (2012), as duplicações nesse gene aconteceram em diferentes

momentos da evolução dos hominídeos e poderiam estar relacionadas com a capacidade do cérebro humano de gerar maior número de conexões neuronais e, portanto, de alcançar uma maior complexidade anatômica e fisiológica, que quiçá lhe permitisse adquirir maiores capacidades cognitivas (CHARRIER, 2012; DENNIS et al., 2012; TYLER-SMITH, XUEL, 2012).

O primeiro trabalho foi de Evan Eichler, especialista na análise de duplicações genômicas da Universidade de Washington, cujo resultado indicou que o gene *SRGAP2* teria se duplicado 3 vezes durante a evolução humana. Essa duplicação aconteceu há aproximadamente 3,4 Ma, coincidindo com a transição de *Australopithecus* a *Homo* e com o início da expansão do neocórtex cerebral, propiciando o aumento das conexões neuronais no cérebro (CHARRIER, 2012).

Em estudo realizado por Franck Polleux e colaboradores, do Instituto de Investigação Scripps (Califórnia), se analisou o mecanismo pelo qual o gene *SRGAP2C* (gene parálogo do *SRGAP2*, ou seja, uma sequência homóloga separada por uma duplicação) poderia ter ajudado a aumentar a potencialidade do cérebro humano. Em análises realizadas com ratos, descobriram que esse gene tem um papel chave no desenvolvimento cerebral porque deforma as membranas no exterior dos neurônios jovens, forçando nelas o crescimento de apêndices neuronais, os filópodes, precursores das espinhas dendríticas que possibilitam a comunicação entre os neurônios. Constataram que apenas uma das versões do gene original, *SRGAP2C*, estava biologicamente ativa, apresentando um alto nível de expressão. Esta cópia inibe as funções normais da proteína do *SRGAP2*, fazendo com que os neurônios do córtex afetados pelo *SRGAP2C* humano migrem mais rapidamente e demorem mais para produzir espinhas dendríticas. Essa demora na produção de espinhas provoca uma produção maior de espinhas no final do desenvolvimento. Em outras palavras, propicia a produção de maior número de conexões entre os neurônios (DENNIS et al., 2012).

Demonstraram que a mudança trazida pelo aumento da expressão desse gene aconteceu nos neurônios que apresentaram maior número de espinhas dendríticas, que além de forçar as conexões com os neurônios vizinhos, permitem estabelecer redes cerebrais mais densas. Também constataram que com o aumento da expressão do gene, aumentava a velocidade de migração dos neurônios no cérebro durante o desenvolvimento embrionário. Afirma o pesquisador Polleux que o *SRGAP2C* foi muito importante para uma de nossas mudanças evolutivas chave, uma vantagem evolutiva ímpar. No entanto, cerca de 30 genes codificadores de proteínas sofreram duplicação na evolução do genoma hominídeo para o genoma humano, sendo o ineditismo do cérebro humano fruto de uma co-evolução das

mudanças genômicas com as demais mudanças já descritas (DENNIS et al., 2012; TYLER-SMITH, XUEL, 2012). Esses achados são um importante exemplo de inovação genômica e contribuem para decifrar os vazios que ainda existem na história da evolução humana.

7.5 DILEMA OBSTÉTRICO

Quando os ancestrais humanos viraram bípedes, o quadril precisou ganhar uma configuração especial para que o andar em duas pernas funcionasse. A dimensão dos quadris da mãe diminuiu e o tamanho do canal vaginal acabou ficando limitado, estreitando a passagem do feto na hora do nascimento. A locomoção bípedal e a encefalização impuseram demandas conflitantes na pélvis. Foi o preço que se pagou pelo aumento do cérebro: bebês humanos com cabeças excepcionalmente maiores em relação ao corpo (ROSENBERG, TREVATHAN, 2001). Em 1960, Sherwood Washburn nomeou essa dificuldade de “dilema obstétrico” (SHERWOOD, 1960 apud WITTMAN, LEWIS, 2007, p. 739). Na **Figura 25**, encontramos uma comparação do tamanho da cabeça do feto com o da pélvis materna entre os gêneros *Pongo* (orangotango), *Pan* (chimpanzé), *Gorilla* (gorila) e nos humanos.

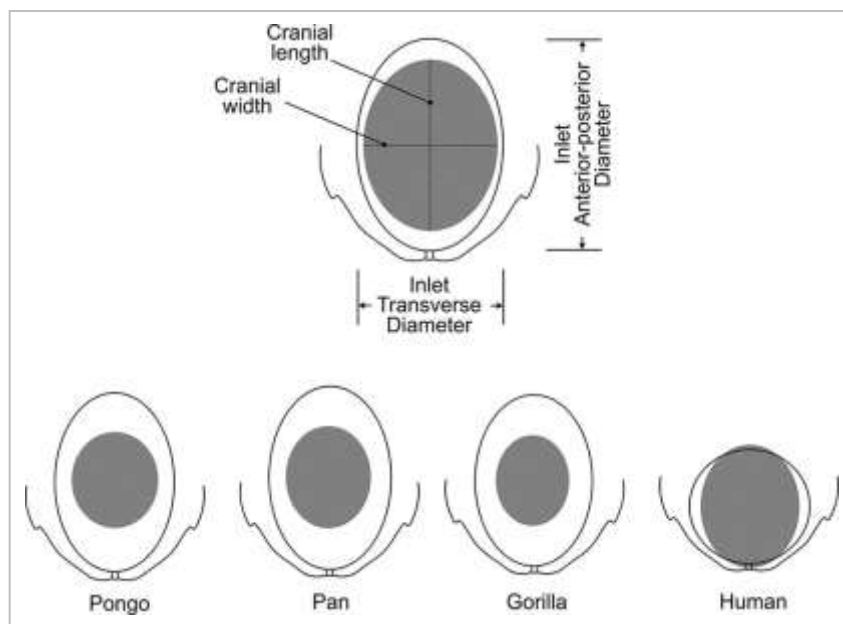


Figura 25 - Comparação do tamanho da cabeça do feto e da pélvis materna entre primatas superiores

Fonte: WITTMAN; LEWIS, 2007, p. 740.

Mas à medida que os cérebros foram crescendo, também aconteceram mudanças na arquitetura pélvica. A abertura do canal vaginal acompanhou a expansão cerebral em algumas fêmeas, suas pélvis ficaram mais espaçosas, e essas duas características foram selecionadas evolutivamente (ROSENBERG, TREVATHAN, 2001).

Outra compensação evolutiva para esse desafio foi a maleabilidade da cabeça do feto humano (moleira de longa duração) e a dependência do recém-nascido com a genitora, precisando de um longo período “extra-útero” para amadurecer. O bebê humano tornou-se um neonato extremamente dependente (WITTMAN, WALL, 2007).

Por outro lado, o volume do cérebro de um recém-nascido humano tem pouco menos de 30% do tamanho máximo que o órgão adquire ao longo do desenvolvimento fora do útero, já que existiam limitações da pélvis materna para nascer com um cérebro que o deixasse apto para ser independente. Na hora do nascimento, eles são neurológica e comportamentalmente altriciais, ou seja, nascem "incompletos", com o cérebro ainda imaturo, extremamente dependentes de cuidados parentais, com pouca capacidade motora, passando por uma expansão das mais dramáticas após o nascimento (SAKAI et al., 2012; WITTMAN, WALL, 2007).

Pistas fósseis indicam que a dificuldade na hora do parto levou as parturientes a buscar ajuda na hora do nascimento. Observou-se que os humanos são os únicos primatas que procuram assistência na hora do trabalho de parto (ROSENBERG, TREVATHAN, 1996 apud STANFORD, 2004, p.74). Dor, medo e ansiedade impulsionaram sua busca por ajuda, na necessidade de assistência física e psicológica. A “parteira” pode ter aparecido junto com o advento do bipedalismo como uma resposta social ao trabalho de parto relativamente mais complicado dentre os primatas (ROSENBERG, TREVATHAN, 2001).

Portanto, a encefalização também trouxe importantes consequências obstétricas, limitando o crescimento intrauterino do cérebro e obrigando o neonato a continuar num crescimento acelerado do cérebro fora do útero. O crescimento pós-natal do cérebro foi a forma selecionada para driblar as restrições de tamanho do canal de nascimento (WITTMAN, WALL, 2007).

E o crescimento pós-natal do cérebro se correlaciona com a modificação da duração dos ciclos de vida: gestações mais compridas, juventude mais longa e amadurecimento tardio, aumento da longevidade. Explica-se pelo fato que cérebros maiores demoram mais tempo para crescer (custo de desenvolvimento) e porque aumentam a chance de sobrevivência e a expectativa de vida (benefícios cognitivos). Há também uma correlação entre a taxa de crescimento cerebral fetal com o *turnover* energético da mãe (BARTON, CAPELLINI, 2011).

Segundo Kaplan e colaboradores, o período da juventude se prolongou, transformando-se numa fase de maior aprendizado, adquirindo conhecimento e habilidade do grupo, com produtividade baixa, mas que seria compensada com uma produtividade maior quando adulto. Essa estratégia resultou numa longevidade maior e na diminuição da taxa de mortalidade no período juvenil. O grupo social também promoveu o alimento compartilhado para os jovens e assegurou a proteção e o cuidado dos idosos e dos feridos e doentes. O aumento da capacidade cerebral está associado a esses atributos psicológicos, pois possibilitou maior processamento e armazenamento de informação e o fluxo de informação intergeracional (KAPLAN et al., 2000).

Foi preciso um alto nível de investimento parental para viabilizar a sobrevivência de uma prole tão dependente por tanto tempo, sendo necessário um forte vínculo mãe-bebê, o desenvolvimento do apego, e a formação da família assim como a participação de alopais (HRDY, 2001; LEITÃO, CASTELO-BRANCO, 2010). O longo período de dependência e imaturidade do recém-nascido é um aspecto importante do desenvolvimento humano. Quando comparado com os outros primatas, a quantidade de tempo necessário para atingir a maturidade reprodutiva fica desproporcional. É a única espécie que continua a cuidar da alimentação dos filhos até a adolescência. No entanto, há um benefício associado a este alto custo físico e psicológico dos cuidadores: adaptar a criança a seu ambiente atual, preparando o caminho para a juventude. Hrdy ressalta que o cuidado dos filhos não é exclusivamente da mãe. Existe a criação cooperativa, ou seja, a criação dos filhos é dividida com os alopais (potenciais cuidadores das crianças, que ajudam as mães na obtenção de provisões e na criação dos filhos), e os filhos jovens ajudam na criação dos irmãos mais novos, um comportamento altruísta que aumenta o índice de sobrevivência dos jovens (HRDY, 2001).

A criação cooperativa é incomum em mamíferos, contudo, é bem desenvolvida em algumas espécies (lobos, elefantes, cachorros-do-mato, saguis e seres humanos). Trata-se de uma estratégia que permitiu o cuidado de crianças de amadurecimento lento e, ao compartilhar a criação com o grupo social, o intervalo intergestacional ficou mais curto, aumentando o número de filhos por família (HRDY, 2001).

Pinker (2010) acredita que as infâncias prolongadas na nossa espécie podem servir como um aprendizado, maximizando o tempo investido para dominar a cultura local e a tecnologia. No seu trabalho, o autor ilustra esse aprendizado com o exemplo da caça. Sendo a caça uma habilidade dependente de conhecimento, a infância e adolescência prolongadas são um período de investimento que será retribuído ao longo da vida. “Alguns seres humanos foram capazes de inventar os diversos componentes do conhecimento moderno e todos são

capazes de aprendê-los” (PINKER, 2010, p. 13). A infância prolongada está no núcleo da evolução humana e provavelmente está relacionada ao tamanho do cérebro, que precisou continuar crescendo após o nascimento.

7.6 USO DE FERRAMENTAS

Observamos que a mudança dietética foi alcançada graças ao avanço paralelo do desenvolvimento de ferramentas feitas de pedras lascadas, pontiagudas e afiadas que permitiram o acesso a um mundo mais nutritivo, controlando o mundo que o rodeava como nunca ninguém no reino animal conseguiu dominar. Um chimpanzé consegue utilizar uma pedra com a função de um martelo, mas é incapaz de utilizar pedras para obter deliberadamente uma lasca de outra pedra; fraturar por percussão de tal forma, na falha da pedra, conseguindo fragmentos pontiagudos, com bordas cortantes (LEAKEY, LEWIN, 1994). A arte de lascas pedras acompanhou os hominídeos desde a primeira vez que foi inventada, e sua fabricação precisaria de um mínimo de troca de informação entre os integrantes do grupo. Só seria possível transmitir esse ofício, segundo Glynn Isaac (1978), graças à principal mudança no caminho da hominização: a linguagem (ISAAC, 1978).

As primeiras ferramentas apareceram em Gona (Etiópia) há 2,7 Ma, evidenciando que eram utilizadas para extrair a carne dos ossos e o tutano do seu interior (GIBBONS, 2007). A análise da indústria lítica se baseia no esquema proposto por Grahame Clark, em 1969, no qual se diferenciam cinco técnicas ou “modos” segundo o tipo e tratamento dos núcleos (núcleo é a pedra base da qual se extraem as lascas para depois formar as ferramentas), conforme ilustrado na **Figura 26**. Acredita-se que as diferentes técnicas de exploração dos núcleos estão em função do entorno e da matéria prima disponível.

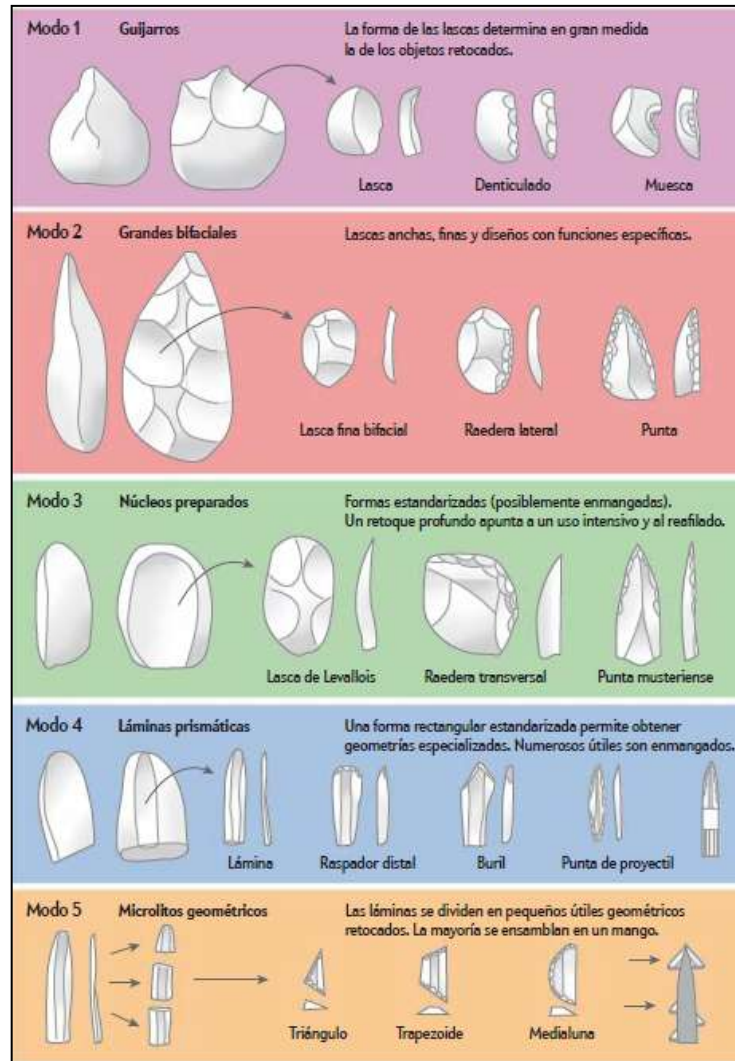


Figura 26: Classificação das ferramentas líticas segundo Grahame Clark (1969)

Fonte: SHEA, 2011, p. 76

O modo 1 explora os seixos rolados e as lascas são obtidas de forma oportunista a partir dos cascalhos. Os grandes núcleos bifacetados pertencem ao modo 2, com bordas afiadas que permitiam talhar madeira e desossar as presas. Os núcleos preparados pelo método de Levallois pertencem ao modo 3 e as lascas eram largas e afiadas. As lascas prismáticas pertencem ao modo 4 e as lâminas largas e retangulares são obtidas a partir de um núcleo cônico. Essas lâminas facilitam sua união com um cabo, aumentando o braço da alavanca e melhorando a eficácia mecânica da ferramenta. Por último, os microlitos formam o modo 5, obtidos mediante a fratura de lâminas ou lascas. A diferença entre as técnicas revelam diferentes formas de adaptação. Para fabricação das ferramentas, era necessário reconhecer falhas nas pedras, tomar decisões, entender as propriedades das diferentes rochas, pensar com antecedência, planejar as consequências das ações. John Shea (2011) afirma que está na hora de deixar de olhar os artefatos líticos como expressões de fases evolutivas e

começar a compreendê-los como produtos de estratégias de comportamento, da variabilidade de condutas (SHEA, 2011).

A fabricação de ferramentas de pedra representou um marco na nossa história porque a partir do momento que tiveram ferramentas nas mãos, toda a comida do ambiente ficou à disposição para nossos ancestrais.

8. INFLUÊNCIA DA DIETA NA HOMINIZAÇÃO

O grande *insight* que o naturalista britânico Charles Darwin teve ao apresentar a Teoria da Evolução na primeira metade do século XIX foi de que todas as espécies são aparentadas numa grande árvore da vida. Um dos principais pilares da teoria, a árvore desenhada pelo naturalista, em julho de 1837, no caderno de notas secreto (caderno B) repleto de monólogos e reflexões (**Figura 27**), tem como base um ancestral comum, de onde toda a vida que existiu ou ainda existe no planeta teria derivado. Isto vai de encontro ao já exposto anteriormente, que seres humanos, chimpanzés e bonobos compartilharam um único ancestral comum, há uns 6 Ma (CELERI; JACINTHO; DALGALARRONDO, 2010; PRÜFER et al., 2012).

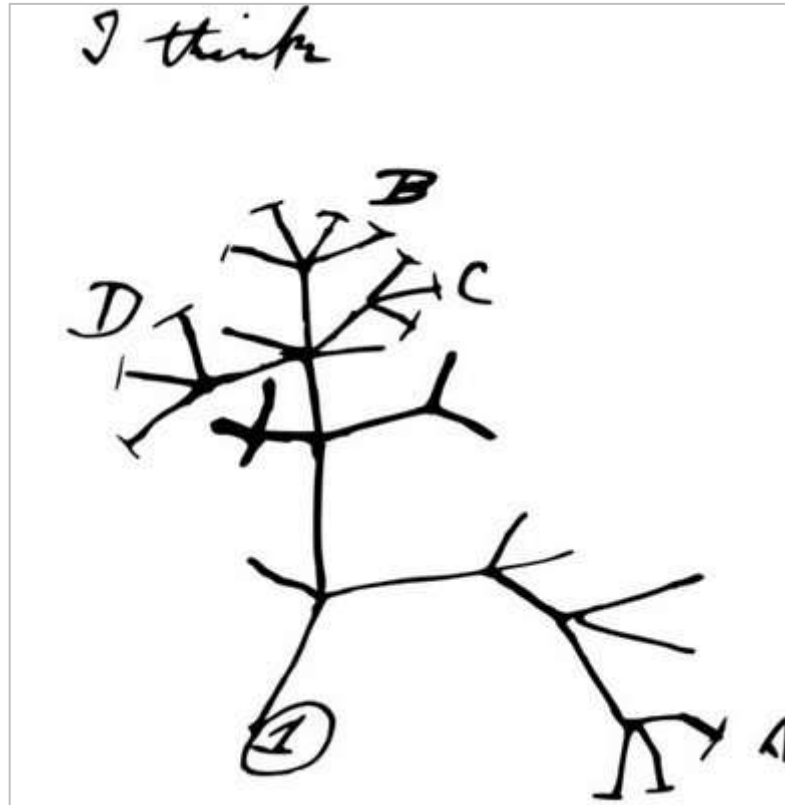


Figura 27 - Árvore da vida de Charles Darwin (1837)

Fonte: BENTO, 2009

A origem africana única já é apoiada por dados genéticos, através de estudos do DNA mitocondrial e do cromossomo Y. O DNA mitocondrial, inerente apenas da mãe, permite traçar a linhagem materna de um indivíduo. Em 2003, Cann e colaboradores estudaram o DNA mitocondrial de pessoas de vários lugares do mundo, demonstrando que os humanos podem ter herdado suas mitocôndrias de uma única mulher que viveu na África há 170.000 anos. Uma ancestral comum e hipotética chamada de Eva, significando que apenas uma mulher teve uma série ininterrupta de filhas ao longo de várias gerações desde então (CANN; STONEKING; WILSON, 1987). Um procedimento similar é usado com o DNA do cromossomo Y, passado de pai para filho, porém é mais difícil de estudar do que o DNA mitocondrial. Uma análise de 2.600 pares de base do cromossomo Y indica que todos os machos humanos são descendentes de um único indivíduo (JOBILING, TYLER-SMITH, 2003).

Em um estudo recente, o geneticista Kay Prüfer e seus colaboradores, do Instituto Max Planck (Alemanha) mapearam o DNA do último grande símio que faltava analisar: o bonobo. Concluíram que bonobos e humanos compartilham 98,7% do mesmo mapa genético, o mesmo percentual compartilhado pelos humanos com os chimpanzés, de acordo com o

mesmo estudo (PRÜFER, 2012). A **Figura 28** mostra o momento da divergência entre os homínídeos e o restante dos primatas.

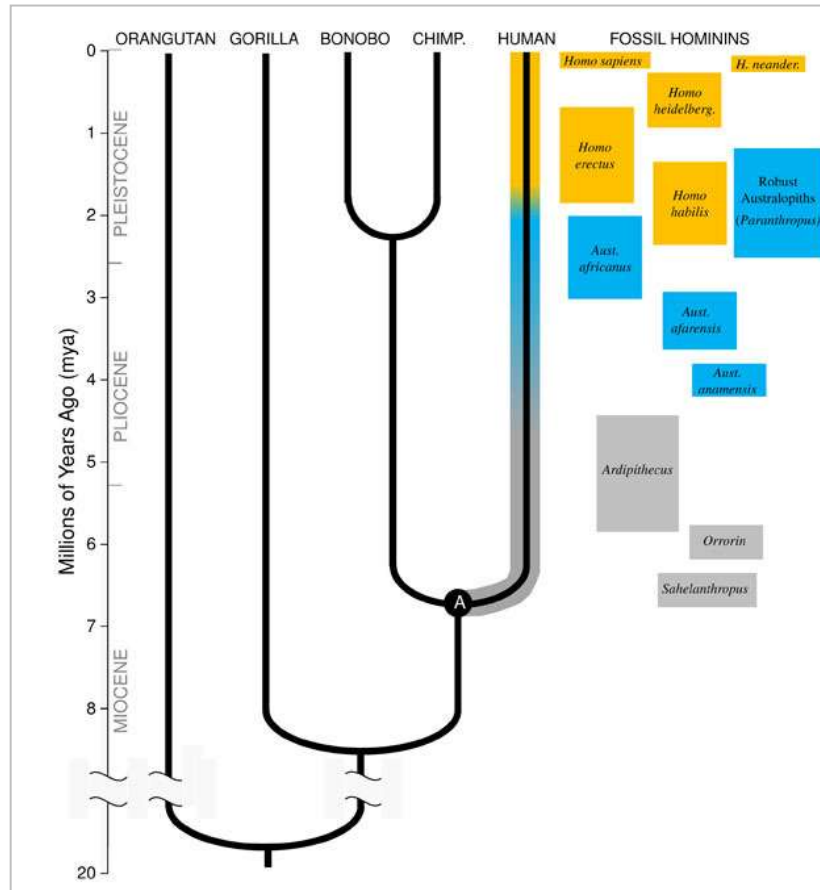


Figura 28 - Mioceno, origem da linhagem humana

Fonte: PRÜFER, 2012, p. 2

Mas para acompanhar a influência da dieta ao longo da evolução, primeiro deveríamos saber que características tinha aquele último ancestral comum entre os humanos e os chimpanzés (marcado “A” na **Figura 28**), o HC-LCA (*Human-Chimpanzee Last Common Ancestor*). Pode se pensar que seriam do tamanho dos atuais símios, com braços e dedos compridos e pés preênses, caninos grandes e afiados com dimorfismo sexual, quadrúpedes, cuja dieta provavelmente consistiria de alimentos de origem vegetal (frutos e folhas) (PONTZER, 2012). Muitas características dos primatas modernos e da nossa espécie iniciaram do comportamento alimentar desses antepassados remotos, que cujo hábitat era as copas das árvores da floresta tropical. As estratégias adotadas pelos primatas primitivos para enfrentar as dificuldades alimentares do ambiente arbóreo, influenciaram significativamente a trajetória evolutiva da ordem *Primates*, particularmente a linhagem dos antropóides (MILTON, 1993).

Hillard Kaplan e colaboradores ilustraram com dois triângulos a proporção dos diferentes alimentos que são consumidos na dieta de primatas não humanos e dos primeiros humanos. Observa-se na **Figura 29**, que a dieta dos primatas não humanos (o triângulo invertido) é composta por alimentos de baixa qualidade, de fácil aquisição e alta diversidade. Já a dieta dos primeiros humanos priorizava a caça de grandes presas, portanto, especializados numa dieta de alta densidade e difícil aquisição. Essas diferenças na densidade dos nutrientes ingeridos se refletem na morfologia e no tempo de passagem do alimento pelo TGI (KAPLAN et al., 2000).

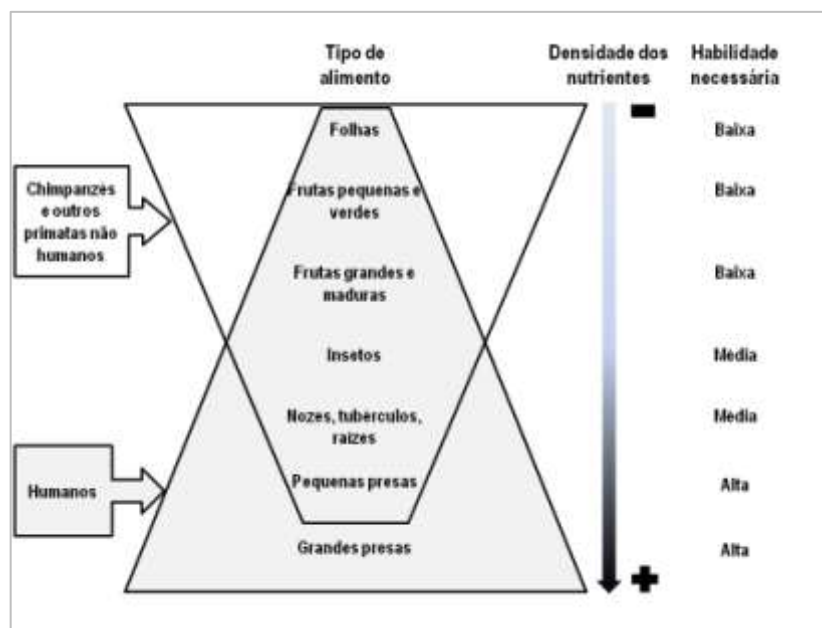


Figura 29: Ecologia alimentar de humanos e outros primatas
Fonte: KAPLAN et al., 2000, p. 164 (adaptado)

Existem várias teorias que buscam explicar a variabilidade da nossa dieta, sendo uma delas em relação aos processos de seleção natural que procuraram maximizar a qualidade da alimentação e a melhora no rendimento da busca de alimentos. Até agora foram apresentadas várias evidências apontando que a força fundamental que conduziu a evolução da espécie humana foi a qualidade e a disponibilidade de alimentos que abundaram ou escassearam na história evolutiva (CAMPILLO, 2013; FERNÁNDEZ, 2012).

O biólogo Eduardo Angulo (2009), autor do livro “El animal que cocina”, cita o autor Andrew Sillen levando-nos à reflexão que precisaremos de muita imaginação para saber um dia o que exatamente nossos antepassados comiam (ANGULO, 2009, p. 15). Porém, Angulo ressalta que partindo dos restos vegetais e animais que acompanham os fósseis de hominídeos nos sítios arqueológicos poderemos obter uma informação preciosa; é como se o pesquisador

“[...] deduzisse a lista de compras a partir do conteúdo da lixeira [...]” (ANGULO, 2009, p. 16).

No Mioceno tardio, quando acontecera a divergência das linhagens de homínídeos e de símios, esses homínídeos já introduziram pequenas quantidades de carne em suas dietas. Há 4 Ma, a grande seca e desertificação que assolou a África aumentou a dificuldade para achar alimentos vegetais e data dessa época o surgimento da pequena Lucy, o *Australopithecus afarensis* (FERNÁNDEZ, 2012).

Há 2 Ma, o *H. habilis*, habilidoso com a construção de utensílios de pedra e marco do início do Paleolítico; e o seu sucessor, o *H. erectus* (1,8-1,6 Ma), ambos introduziram grandes quantidades de carne na sua dieta. Estima-se que metade da dieta do *H. erectus* e do *H. sapiens* primitivo era baseada em plantas e a outra metade era de origem animal (FERNÁNDEZ, 2012).

Campillo (2013), autos do livro “El mono obeso”, divide a nossa evolução em quatro etapas nutricionais, bem diferenciadas, que correspondem a períodos nos quais as circunstâncias geológicas e climáticas impuseram mudanças na flora e na fauna e nas condições de vida dos ancestrais humanos, condicionando a sua evolução e adquirindo novos padrões alimentares. O autor as chamou de o Paraíso Terrestre, a Expulsão do Paraíso, Carnívoros à Força e o Retorno ao Éden Alimentar. O autor propõe que, de uma perspectiva evolutiva, “somos o que comeram os nossos ancestrais”. Seguindo uma divisão cronológica similar, as características dessa sequência são apresentadas a seguir.

8.1 DIETA NAS FLORESTAS TROPICAIS

Vários fósseis deste período pré-homínídeos continuam sendo descobertos e, a cada achado, acredita-se que o representante do "elo perdido" que separou a linhagem humana da linhagem dos chimpanzés está a um passo de ser descoberto. Entre 2000 e 2001, quando foram descobertos fósseis do Homem de Toumaï (*Sahelanthropus tchadensis*, descoberto por Michel Brunet, com idade de 7 Ma, no deserto do Chade) e do *Orrorin tugenensis* (*orrorin* significa “homem original” na linguagem da região de Tugen, onde foi achado, com idade de 6 Ma), mudou-se o conceito de que a evolução humana iniciara com a descoberta, em 1925, do *Australopithecus africanus*: o "homem-macaco". Independente de quem foi o “elo perdido”, essa espécie concestral, como já visto, provavelmente, era bídepe, passando grande

parte do dia nas copas das árvores para se alimentar e refugiar (CAMPILLO, 2013; SENUT et al., 2001).

Nesse contexto de intermináveis florestas equatoriais e tropicais, caracterizado pela vegetação exuberante e pela abundância permanente de alimentos, na sua maioria de origem vegetal, definitivamente iniciou-se o caminho sem retorno para a hominização (CAMPILLO, 2013).

Tomando como modelo desta etapa o macaco antropomorfo *Ardipithecus ramidus* (4,4 Ma), observamos que assim como os outros macacos, ele estava totalmente adaptado à condição de alimento em abundância e temperatura alta e constante ao longo de todo o ano. Com escassa capacidade cerebral (400cm³) e torpe marcha bamboleante, sua preferência alimentar eram os doces frutos maduros das árvores. Mesmo com o início das mudanças climáticas operando na seleção natural, o *Ardipithecus* nunca abandonara as florestas. Campillo (2013) aponta que a grande vantagem dessa espécie foi a mastigação eficaz para processar alimentos mais secos e duros, à medida que as frutíferas desapareciam e as florestas clareavam. Por estarem bem nutridos, sobreviveram e se multiplicaram com maior eficácia, transmitindo essas vantagens a seus descendentes (CAMPILLO, 2013; GIBBONS, 2009).

8.1.1 De quebra-nozes a herbívoro em pastoreio: *Paranthropus boisei*

Durante muitas décadas, um parente próximo dos ancestrais humanos que viveu entre 2,3 e 1,2 Ma atrás, um australopiteco robusto, o *Paranthropus boisei* (também chamado *Australopithecus boisei*), foi conhecido como “homem quebra-nozes”, afirmando-se que sua alimentação era baseada em nozes, permitido pelo grande tamanho e pelo formato achatado dos molares e da mandíbula forte e grande.

Um estudo publicado por Cerling e seus colaboradores (2011), da Universidade de Utah, demonstrou que a dieta deles era definitivamente diferente do que se sustentava. Analisaram o esmalte de 24 dentes de 22 indivíduos da espécie, medindo os isótopos de carbono presentes nos dentes para inferir sua dieta que mostrou ser, em média, 77% composta de gramíneas (CERLING, 2011). Um estudo anterior com base nas marcas encontradas nos dentes de “homens quebra-nozes” já havia identificado que ele comia frutas macias e gramas (CHOI, 2009). O estudo demonstrou que o *P. boisei* não se alimentava de nozes nem de outras plantas C3, mas mastigava densas relvas tropicais, uma dieta dominada por plantas da

classe C4, competindo com outros pastadores como os ancestrais dos javalis, das zebras e dos hipopótamos (CHOI, 2011).

Essa descoberta fará com que as dietas já estipuladas para cada espécie sejam repensadas e revistas, pois o trabalho prévio a este tipo de investigação se baseava apenas no formato e no tamanho dos dentes e na análise morfológica do esmalte, sem considerar a composição dele. A frase “somos o que comemos” também se aplicaria há 10 Ma, pois as dietas ficaram gravadas nos isótopos de carbono presentes no esmalte de seus dentes agora fossilizados. Peter Ungar (2011) defende que a morfologia nos fala sobre possíveis alimentos que o hominídeo pode ter comido, mas não nos revela, necessariamente, qual alimento ele estava de fato comendo. Enquanto Ungar dedica seus estudos à camada de esmalte (microestrias e ranhuras), seu colega Sponheimer estuda a proporção dos isótopos de carbono presente nos dentes (UNGAR, SPONHEIMER, 2011).

Novas avaliações dos pesquisadores, utilizando as mais recentes ferramentas de alta tecnologia para estudar as dietas dos hominídeos estão desafiando os consensos de longa data sobre o que os nossos antepassados comiam. Segundo Cerling (2011), os dentes das outras espécies da linhagem humana devem ser testados pelo método dos isótopos e, provavelmente, provocará uma importante mudança na forma como as dietas dos hominídeos vinham sendo interpretadas.

8.2 DIETA NA SAVANA: AUSTRALOPITECOS, LUCY E FAMILIARES

Segundo Campillo (2013), esta etapa coincide com a “expulsão” dos hominídeos das florestas úmidas, há 5 Ma, quando as mudanças climáticas e as convulsões geológicas isolaram as espécies hominídeas, evoluindo no meio de uma alimentação escassa e pobre em nutrientes. O clima da África começou a secar gradativamente durante o período de existência dos australopitecos, sendo que os ambientes florestais foram substituídos pela savana. No lugar de frutos suculentos e ternas folhas, eles contentaram-se com raízes e vegetais menos nutritivos.

Sob um ponto de vista mais genérico, White (2004) aponta como características comuns aos australopitecos a anatomia adaptada à locomoção bipedal, o índice braquial alto em relação aos hominídeos, o dimorfismo sexual, uma altura de 1,2 a 1,5 metros com massa corporal de 30 a 55 quilos, a capacidade cranial de 350 a 600 cm³, dentição pós-caninos

relativamente grande, esmalte mais grosso que o homem moderno, caninos e incisivos pequenos (baixo dimorfismo sexual na dentadura). Da cintura para baixo, Lucy e sua espécie tinham anatomia humana, eram bípedes; da cintura para cima, a sua anatomia era similar ao dos macacos, ficando com habilidade para escalar e balancear nos galhos.

Em 2012, um estudo liderado pelo anatomista David Green (Illinois) sugere que o processo de evolução que levou os hominídeos a abandonarem as copas das árvores foi mais lento do que se imaginava. Através da análise do esqueleto incrivelmente completo de Selam, uma jovem *A. afarensis* de 3 anos de idade encontrada em Dikika (Etiópia), pela primeira vez se estudou a escápula dessa espécie, pois a falta de fósseis bem preservados dos braços de Lucy deixava essa informação em branco. A cavidade da escápula onde o braço se encaixa estava virada para cima, sinal que esta espécie ainda estava bem adaptada para escalar árvores, defendendo com este achado que o *A. afarensis* ainda estava adaptado à vida nas árvores, provavelmente para se defender de predadores, alimentar-se de frutas e descansar à noite. No *H. sapiens*, essa cavidade da escápula fica de lado (GREEN, ALEMSEGED, 2012).

Dentre os australopitecos, distinguem-se dois grupos: os "gráceis" (*Australopithecus africanus* e *A. afarensis*) e os tipo "robustos" (*A. robustus* e *A. boisei*). As espécies gráceis antecederam às robustas, embora elas se sobrepusessem durante 2,5 Ma. Tiveram diferentes dietas, diferindo paralelamente a forma e a função dos seus dentes e maxilares. As espécies robustas tinham dentes e aparelho mastigatório maiores, sendo que os machos do *A. africanus*, mesmo sendo do tipo grácil, apresentava uma cresta sagital assim como os robustos para a inserção dos poderosos músculos da mastigação (ANGULO, 2009; WITTMAN, WALL, 2007).

O padrão das microestriações do esmalte dentário do *A. africanus* indica que eles tinham uma alimentação onívora de base vegetariana. Habitantes do leste e do sul africanos, consumiam folhas, frutos maduros, tubérculos, raízes, invertebrados e vertebrados de pequeno porte, ou seja, uma dieta similar aos atuais primatas, rica em carboidratos, provinda de bosques ribeirinhos e de florestas úmidas e cálidas, adaptando-a aos recursos disponíveis (MATEOS; RODRÍGUEZ, 2010).

Junto aos fósseis de *A. garhi*, morador do leste africano, foram achados restos fósseis de herbívoros que apresentaram em sua superfície marcas de cortes realizadas com lascas de pedras, evidenciando a retirada da carne e do tutano no interior dos ossos com o uso de ferramentas líticas. A grande diferença, em relação aos outros ancestrais até então conhecidos, é sua capacidade de usar ferramentas para matar e desmanchar animais. A dieta à base de carne, mais rica em proteínas e gorduras, pode ter resultado num salto evolutivo considerável,

dando a esse ancestral novas habilidades e um cérebro maior e mais poderoso. Seus restos foram encontrados entre os fósseis de oito homínídeos por uma equipe internacional de pesquisadores no Deserto de Afar, no nordeste da Etiópia. Portanto, esta tarefa atribuída até agora como própria do gênero *Homo*, já era praticada por esse grupo de homínídeos (ANGULO, 2009; ASFAW et al., 1999).

Há 3 Ma, quando os australopitecos enfrentaram a seca e as florestas foram lentamente desaparecendo, pela primeira vez tiveram que sobreviver em um ambiente de alternância cíclica abundância-escassez de alimentos. A Teoria do Gene Econômico ou Genótipo Frugal (*thrifty gen*), desenvolvida pelo geneticista americano James Neel e colaboradores, em 1962, procura explicar a necessidade que existiu de desenvolver mecanismos fisiológicos adequados que lhes permitissem acumular a energia dos períodos de abundância em forma de tecido adiposo. O mecanismo era uma rápida e massiva liberação de insulina depois de uma refeição abundante, minimizando a hiperglicemia e a glicosúria, permitindo um maior depósito de energia. Aqueles indivíduos que tivessem a capacidade de estocar gordura na região do abdome, protegendo o corpo contra a fome em tempos de escassez, sobreviveriam por mais tempo ao período de escassez alimentar posterior, transmitindo de geração para geração essa vantagem adaptativa através dos genótipos melhor adaptados (AGUIRRE, 2001; CAMPILLO, 2013).

8.3 CARNÍVOROS À FORÇA: ÁCIDOS GRAXOS ESSENCIAIS NA EVOLUÇÃO HUMANA

Enquanto os *Paranthropus* solucionaram a adaptação ao novo ambiente convertendo-se em especialistas na ingestão de alimentos vegetais duros do tipo C4, outro grupo de homínídeos achou uma solução bem diferente. Carnívoros à força, a escassez de alimentos de origem vegetal, os obrigou a incorporar carne de animais terrestres e aquáticos à sua dieta, o que proporcionou as condições de um crescimento surpreendente do cérebro. Estamos falando do gênero *Homo*, aquele que iniciara a colonização do mundo (MATEOS, RODRÍGUEZ, 2010).

Quando um grupo deles se aventurou das florestas em direção à savana, encontrou uma variedade maior de alimentos - tubérculos, sementes, nozes, carniça, porém essas iguarias encontravam-se espalhadas. Aqueles forrageadores agora precisavam buscar seu

alimento percorrendo longas distâncias num espaço amplo e aberto, sob o sol escaldante da savana africana. Um novo nicho ecológico agora começava a ser explorado (READER, 1999). O membro mais antigo desse grupo foi o *H. habilis*, encontrado no leste da África. Já seu descendente, o *H. erectus*, espalhou-se de forma exitosa por toda a África e a Eurásia (PONTZER, 2012).

O consumo de carnes nesse período pode ser dividido em três momentos: há 5 Ma, inicia um consumo oportunista de carniça e pequenos animais; há 2 Ma, inicia a caça propriamente dita, primeiro de forma solitária, depois em grupos; há 10.000 anos, o passo decisivo para a domesticação e a criação de gado. Os caçadores tinham elaborada técnica de caça de rebanhos inteiros, preferencialmente de espécies de grandes herbívoros, pois seu comportamento gregário tornava-os presas fáceis (ANGULO, 2009).

Nossos ancestrais eram predadores, mas não contavam com a força motriz nem a rapidez que deveria caracterizá-los. Eram lentos, sem presas nem garras, presa fácil de predadores famintos. Apenas tinham um cérebro grande e a habilidade de corrida por longos trechos. Provavelmente a estratégia de caça fora simples: localizar a presa e correr até a exaustão sob o sol escaldante do meio-dia da savana: a caça persistente levando a presa à hipertermia. Segundo Lieberman e colaboradores (2011), essa técnica foi possível graças à capacidade de refrescar-se, suando por toda a superfície corporal; o corpo esfriava à medida que o suor evaporava, tornando-os um dos melhores corredores de longa distância do reino animal (RAICHLIN; ARMSTRONG; LIEBERMAN, 2011).

No entanto, ser caçador traria uma mudança nas dimensões do seu território. Cabe recordar que a composição da dieta de um animal (o nicho que ocupa na cadeia trófica) determina a extensão do território necessário para a sua sobrevivência. Animais carnívoros requerem espaços maiores que herbívoros, pelo simples fato de disporem menos calorias de alimento por unidade de área. O que um animal come é o que define a área que ele demanda para sobreviver. A necessidade de espaço maior à procura de alimento de origem animal explica a rápida expansão que aconteceu com o surgimento do gênero *Homo* (LEONARD, 2003a, 2003b).

Os primeiros *Homo* apresentavam volume encefálico maior, desenvolvendo comportamentos adaptáveis ao entorno mais hostil e imprevisível. E foi justamente a manutenção desse cérebro que exigiu não apenas uma dieta mais calórica: a qualidade da dieta foi fundamental para o desenvolvimento cerebral. Os AGEs, essenciais para as funções neuronais, foram encontrados em oleaginosas (disponibilidade sazonal) e, especialmente, na

gordura de origem animal, fonte abundante e contínua durante todo o ano (MATEOS, RODRÍGUEZ, 2010).

É nesse período, enquanto o caminho evolutivo levava os australopitecos à extinção, que inicia o Paleolítico com o surgimento do gênero *Homo*. Perto dos ossos fósseis das jazidas desses homínídeos, encontram-se numerosas ferramentas de pedra. Olduvai (Tanzânia) é a principal jazida estudada, associando o *H. habilis* à fabricação de ferramentas de pedra da indústria olduvaiense (Modo 1). As ferramentas eram utilizadas para destrinchar a presa e para fraturar os ossos à procura do tutano, rico em lipídeos. Também eram utilizadas para desenterrar raízes e tubérculos e para cortar madeira e vegetais. No entanto, conseguir carne não era fácil, careciam das armas naturais de um predador: velocidade, força, garras e caninos. Tornou-se um bom oportunista, caçando animais pequenos e roubando a carniça dos grandes predadores, antes dos abutres chegarem (ANGULO, 2009; MATEOS, RODRÍGUEZ, 2010).

Com o *H. erectus* aumenta a caça coletiva graças ao aperfeiçoamento das ferramentas líticas, agora bifacetadas, aptas para lançar, rasgar e cortar. Os caçadores foram melhorando suas técnicas, a indústria acheulense (Modo 2) lhes permitiu desenvolver novas táticas de caça a média distância, mostrando um melhor controle do território e maior capacidade de planejar suas caçadas. Nesse período, ainda não dominavam o fogo; a carne era ingerida crua ou era conservada ao sol (carne seca) (ANGULO, 2009).

A partir do momento em que a caça em grupo para a obtenção de carne ficou estabelecida, houve a necessidade de cooperação para obter o alimento. A alimentação agora adota uma nova modalidade: a comensalidade, o hábito de fazer as refeições em comum. Quando o homem começa a usar diariamente o fogo para cozinhar seus alimentos num fogo coletivo, favoreceu seu consumo em comum, iniciando a função social da refeição e o desenvolvimento da comensalidade (FLANDRIN; MONTANARI, 1998, p. 34). O grupo obtém e reparte coletivamente seu alimento. Nossa espécie passa de presa para predadora e sua localização na cadeia trófica muda a pressão seletiva. Agora a pressão não é mais dos predadores, mas da quantidade de alimento que se extrai do ambiente (AGUIRRE, 2001).

Resumindo esses três momentos até agora descritos, acompanhando as características mais significativas do processo de hominização, podemos observar a sequência delas numa comparação anatômica entre chimpanzés, *Ardipithecus*, *Australopithecus*, *H. erectus* e humanos na **Figura 30**. O *Ardipithecus* inicia um andar bípede e seus caninos diminuem gradualmente; o *Australopithecus* começa a abandonar a vida arbórea e seus caninos diminuem ainda mais, enquanto os molares ficam maiores, com esmalte mais grosso, e inicia

o processo de encefalização; o cérebro do *H. erectus* dobra de tamanho e os dentes já apresentam o mesmo tamanho do homem moderno; é o nascimento do primeiro ancestral que pode ser considerado humano de fato.

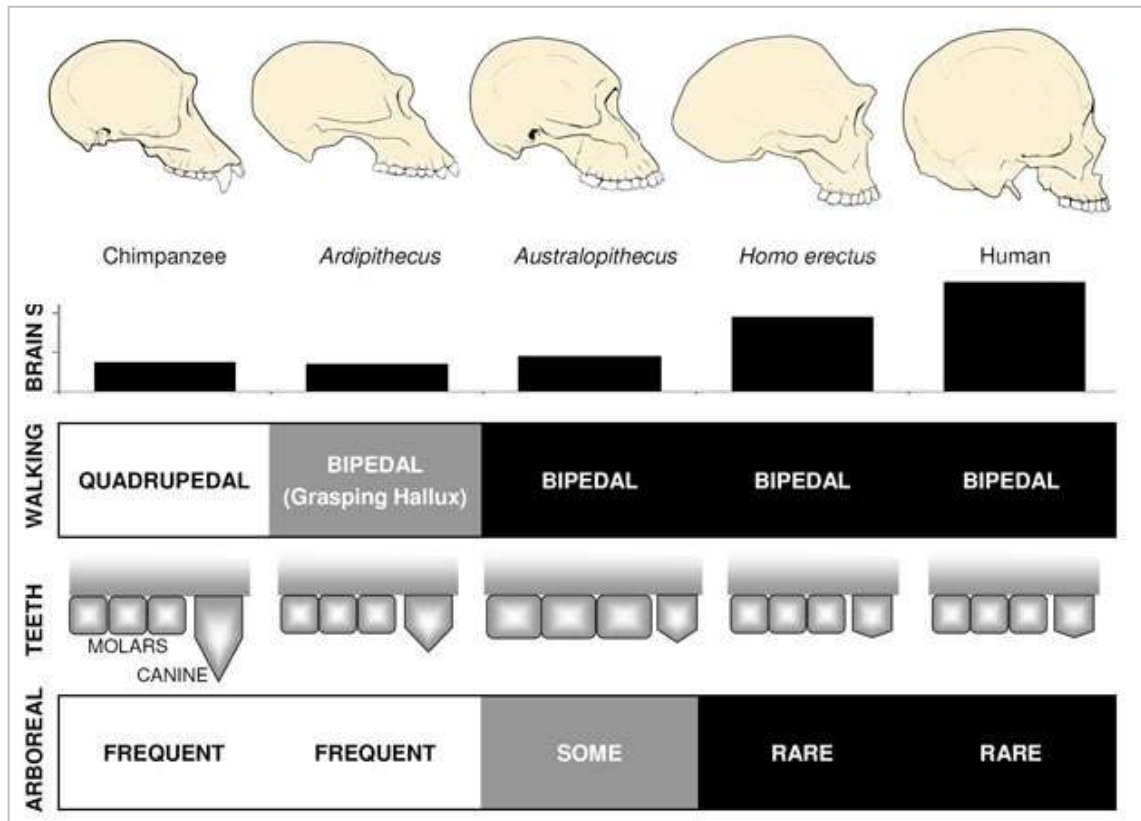


Figura 30 - Anatomia comparada entre chimpanzés, *Ardipithecus*, *Australopithecus*, *H. erectus* e humanos

Fonte: PONTZER, 2012, p. 4

Acompanhando essas mudanças morfológicas, observamos que os hominídeos gradualmente foram trocando a dieta quase exclusivamente vegetariana por outra com maior quantidade de proteínas e gordura, de origem animal. Provavelmente, aproveitavam o máximo a carne da presa caçada, ingerindo até o conteúdo gástrico pré-digerido da mesma (ANGULO, 2009 p. 57). Iniciou-se um processo de incremento do tamanho cerebral; havia necessidade de uma inteligência cada vez mais complexa para obter maior quantidade de proteína e gordura. Agora o hominídeo já se transformara num onívoro. O TGI não precisava fermentar tanto alimento de origem vegetal, e a mudança na dieta trouxe o reacondicionamento do sistema digestório (MATEOS, RODRÍGUEZ, 2010).

8.3.1 Cozinhando os alimentos: início da cultura alimentar?

Há 200 mil anos, novamente no Vale Rift, a última espécie humana evoluiu. O *H. sapiens*, enfrentando uma das mais longas e frias eras glaciais registrada, grandes secas, que tornaram boa parte do continente africano um deserto – e o número da população diminuiu. Aconteceu um efeito gargalo, a diversidade genética passou pelo gargalo com a queda da população e somente algumas linhagens sobreviveram. As condições inabitáveis do meio obrigou a se refugiar nas montanhas e no litoral, aumentando a diversidade de sua dieta. Dados genéticos confirmam que um pequeno grupo de humanos modernos abandonou a África há 70-50 mil anos e foi substituindo espécies mais antigas, como os Neandertais (ANGULO, 2009; SHREEVE, 2006).

O homem começou a preparar seus alimentos de uma forma simples e rápida, abrindo conchas, alcançando o interior comestível com ferramentas (gravetos, pedras) ou escolhendo partes concretas da carniça ou da presa (tutano, cérebro, fígado). Estava fundada a culinária sem sabê-lo e sem prever que teria uma cultura alimentar própria, uma forma peculiar de se relacionar com o mundo. Segundo Angulo (2009), a prática culinária é a soma dos alimentos disponíveis conforme o entorno e dos métodos para prepará-los conforme a tradição (ANGULO, 2009, p. 19). A gastronomia nasceu quando o homem começou a escolher e combinar os ingredientes da comida. Não precisava necessariamente passar pelo fogo. Ela nasceu quando o homem passou a alimentar-se sem o interesse de saciar a fome, mas quando projetou o quê, quando, como, onde e com quem comer (ANGULO, 2009).

Ainda existem controvérsias sobre o momento em que iniciara a cocção dos alimentos, no entanto, cada vez mais pesquisadores têm apoiado que a combinação do aumento de ingestão de produtos animais com o uso do fogo teria possibilitado o nascimento da humanidade. O gosto pela carne cozida é comum a praticamente todos os carnívoros e é procurada por eles depois de incêndios naturais, mas isso não sugere que os carnívoros prefiram o cru ao cozido (FLANDRIN, MONTANARI, 1998). Por outro lado, a alimentação crua, pouco rentável energeticamente quando comparada a alimentos cozidos, acaba por requisitar maior quantidade de alimentos para suprir sua baixa qualidade calórica e, conseqüentemente, muito tempo é gasto nessa atividade (WRANGHAM, 2010).

A nutricionista alemã Corinna Koebnick e sua equipe (1999) realizaram um estudo transversal com 216 homens e 297 mulheres que comiam de 70% a 100% de sua dieta crua. Aplicaram um questionário e observaram que à medida que a proporção de alimentos cozidos

crus aumentava, o IMC caía. A média de perda de peso quando passaram de uma dieta cozida para uma dieta crua (antes de iniciar o estudo) foi 12kg para as mulheres e 9,9kg para os homens, concluindo que uma dieta estritamente crua não garante o fornecimento adequado de energia (KOEBNICK et al., 1999). Wrangham e Conklin-Brittain (2003), após realizarem uma revisão na literatura sobre sociedades de caçadores-coletores, não acharam exemplos atuais ou históricos de grupos de indivíduos que passassem mais do que alguns dias sem ter acesso à comida cozida. Isso quer dizer que os humanos estão evolutivamente “forçados” a ingerir alimentos de fácil mastigação e digestão, condição que a cocção do alimento outorga (WRANGHAM, CONKLIN-BRITTAİN, 2003).

O gênero *Homo* pode ter resolvido esse problema assim que aprendera a utilizar o fogo para cozinhar os alimentos, base da teoria de Wrangham, que aponta que o período de evolução entre o *H. habilis* e o *H. erectus* foi marcado com a utilização do fogo para cozinhar os alimentos. O autor até sugere que cozinhar pode ter se tornado obrigatório para os humanos (WRANGHAM, CONKLIN-BRITTAİN, 2003; CARMODY, WRANGHAM, 2009). Do ponto de vista fisiológico, cozinhar os alimentos pode ser descrito como “[...] a forma tecnológica de exteriorizar parte do processo digestivo [...]” (CARMODY, WRANGHAM, 2009, p. 379).

Carlos Roberto Antunes dos Santos descreve a cozinha como um microcosmo da sociedade e uma fonte inesgotável de história. O alimento passa a ser “[...] ao mesmo tempo um sistema de comunicação, um corpo de imagens, um protocolo de usos, de situações e de condutas, (...) uma arte descompromissada de normas [...]” (SANTOS, 2010, p. 8), pois é na cozinha que prevalece a arte de elaborar os alimentos e de lhes dar sabor e sentido. Com a mesma inspiração, o espanhol Angulo expressa que “[...] se alimentar-se é fisiológico, cozinhar é uma das Belas Artes. Poucos inventos feitos pelo homem são mais importantes que a arte de cozinhar [...]” (ANGULO, 2009, p. 21).

O antropólogo Carleton Coon também apontou que a introdução da cozinha pode ter sido o fator decisivo que elevou a existência do homem de um nível essencialmente animal a outro mais humano (COLBIN, 1986, p. 197). Segundo Faustino Cordón, “cozinhar fez o homem”, obrigando-o a planejar, a comunicar-se, elaborando um projeto comum de ação e, em definitiva, o fez integrar-se no meio social. É na tranquilidade do fogão que aparece a linguagem alinhavando palavras em uma sintaxe apoiada nos processos culinários: planejar, realizar, avaliar e modificar (CORDÓN apud ANGULO, 2009, p. 21).

O autor do livro “De caçadores a gourmets”, o sociólogo brasileiro Ariovaldo Franco, defende a ideia de que quando o homem aprendeu a cozinhar os alimentos, surgiu uma

profunda diferença entre ele e os outros animais. A cocção lhe permitiu restaurar o calor natural da caça, acrescentar sabores e tornar os alimentos mais digeríveis. Acrescenta ainda que as temperaturas altas ajudam a liberar sabores e odores e retardam a decomposição dos alimentos, prolongando o tempo em que podiam ser consumidos (FRANCO, 2004). Esse ponto de vista é extremamente importante de ser abordado para entendermos a seleção natural de forma mais abrangente: o cozinhar como vantagem seletiva na evolução humana, nos tornando humanos.

Desde o surgimento da teoria da evolução pela seleção natural, existem tentativas de compreender a cultura através de um paradigma evolutivo. A seleção natural é a que define o destino da mutação em função da consequência que ela possa trazer ao indivíduo, preservando aqueles melhor adaptados ao ambiente. Se for uma característica vantajosa que o tornará mais propenso a procriar originando prole fértil sob as condições de um determinado ambiente, essa vantagem estará presente nos descendentes. É importante destacar que a pressão seletiva envolve todo o contexto ecológico: ambiente físico, biológico ou social (CORDÓN, 2009).

Essa concepção tradicional da evolução humana por seleção natural já está sendo desafiada pelos estudos antropológicos recentes que mostram que as práticas culturais humanas têm modificado as condições ambientais, provocando alterações nas frequências alélicas (LALAND; ODLING-SMEE; MYLES, 2010).

De acordo com um estudo inédito publicado em 2012, que reuniu biólogos e antropólogos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em parceria com instituições internacionais, análises morfológicas e genéticas foram comparadas em populações indígenas brasileiras, identificando uma evolução acelerada entre os xavantes. Constatou-se que mudanças na estrutura social e nas práticas culturais dos índios brasileiros xavantes e caiapós tiveram uma influência muito forte nas suas diferenças morfológicas, provocando um isolamento cultural da etnia e a diferenciação entre povos. Segundo Tábita Hünemeier, doutora em Genética e Biologia Molecular da UFRGS e uma das coordenadoras da pesquisa, a única barreira identificada foi a barreira cultural, que promoveu combinações incomuns de frequência de alelos, levando à manutenção ou ao surgimento de novas variáveis genéticas e fenotípicas ao longo da evolução do grupo (HÜNEMEIER et al., 2012). Extrapolando esses resultados a toda espécie humana, as mudanças morfológicas já não são mais apenas explicadas por barreiras geográficas ou climáticas, e deve ser considerado também o fator cultural como fator de pressão seletiva. Assim, a cultura, de forma análoga a uma mudança climática, poderia também definir o sucesso reprodutivo de indivíduos, “selecionando” aquela vantagem cultural adaptativa.

Um assunto controverso, que ainda não se constituiu como uma ciência e vem sofrendo pesadas críticas é a memética. Ela trata de um assunto vigente que merece menção nesta linha de pensamento que está sendo abordada, numa “[...] tentativa de naturalizar a cultura [...], de levar o darwinismo para dentro do estudo do homem e da cultura [...]” (TOLEDO, 2009, p. 192). Em 1976, o etólogo inglês Richard Dawkins, autor do livro “O gene egoísta”, criou o conceito de memes como um análogo cultural dos genes. O pesquisador acredita que deveria ser possível estudar a cultura através do processo de evolução por seleção natural de memes, ou seja, de comportamentos, ideias e conceitos (DAWKINS, 2007).

Toledo (2009) explica que um meme seria o conjunto de ideias, conceitos e comportamentos que passaria de pessoa para pessoa através da imitação e de outras formas de aprendizado social. Uma unidade de cultura, um comportamento ou uma ideia passada de pessoa para pessoa pela imitação; aqueles comportamentos não-geneticamente transmitidos que uma pessoa poderia imitar ou aprender com outra pessoa. O autor ressalta que “[...] o principal ‘ambiente’ dos memes seriam as mentes, em particular a mente dos seres humanos, pois poucos animais são capazes de aprendizado cultural [...]” (TOLEDO, 2009, p. 15). Portanto, considerando o embasamento da teoria de Dawkins, tanto a transmissão cultural quanto a herança simbólica poderiam ser tipicamente tratadas dentro da memética. Mas ainda há muito para pesquisar e muitas perguntas a responder: falta conhecimento do que seria de fato um meme, de que ele seria feito, qual seria a sua ontologia. Mas enquanto a cultura, os comportamentos sociais, as ideias e teorias, tudo aquilo que uma pessoa pode imitar ou aprender com outra pessoa não está cientificamente comprovado ser um meme, continuemos estudando a evolução a partir da transmissão pela cultura.

A partir do Paleolítico, as escolhas alimentares se diversificaram e muitos alimentos permitiam atender às necessidades dietéticas do homem. Provavelmente, desde essa época, as preferências culturais (gostos transmitidos de geração em geração) começaram a se manifestar. O alimento torna-se, progressivamente, expressão de opções culturais, reflexo de uma ideologia (FLANDRIN, MONTANARI, 1998, p. 51).

Estamos perante um ancestral onívoro que virou predador e caçador, cozinha seus alimentos, forma grupos sociais cooperativos e organizados, pronto para enfrentar situações ecológicas de forma ilimitada. O onivorismo lhe permitiu uma variedade ilimitada de nutrientes e a possibilidade de escolha e de adaptação às flutuações dos recursos alimentares.

O poder cognitivo superior do *H. sapiens* fez com que tivesse um estilo particular de adaptação ao meio, sobretudo nas escolhas alimentares. O sociólogo francês Claude Fischler explica que no ser humano, o biologicamente comível não é determinado pelo metabolismo,

mas é peneirado pelo pensamento e pelas representações sociais, portanto, nem tudo o que é comível é culturalmente comestível. A escolha do cardápio é feita em função dos sistemas culturais alimentares – crenças, representações e práticas compartilhadas pelos indivíduos que formam parte de uma cultura, sendo que cada cultura possui sua própria “cozinha” (FISCHLER, 1995, p. 33-34).

Em 1992, Fischler escreveu sobre o paradoxo do onívoro, apontando que existe nele uma contradição na hora da escolha do alimento. Precisa procurar fontes alimentares novas e, ao mesmo tempo, deve temer os perigos que esses alimentos podem trazer, oscilando entre os dois polos: a neofilia e a neofobia. O alimento novo é a chave para conquistar novos ambientes e situações, mas também acarreta um novo problema: nem tudo o que parece alimento é comestível e até pode ser potencialmente letal. O homem onívoro ganha autonomia, liberdade, poder de adaptação, ou seja, se ajusta às mudanças do entorno, pode viajar, até trocar de ecossistema. A desvantagem é que precisa de variedade na dieta, não consegue extrair todos os nutrientes essenciais de um único alimento. Precisa diversificar, inovar e explorar sendo prudente e desconfiado, pois todo alimento novo é um perigo em potencial (FISCHLER, 1995, p. 62).

O homem onívoro solucionou esse paradoxo sendo social: observando o que os outros do grupo comiam, aprendendo com seus próximos. Aprende com facilidade que aquilo que o outro ingeriu era um alimento seguro e a alimentação em grupo ou com o apoio dele foi crucial nesse processo, integrando esse alimento num sistema social que determinará o que é seguro para o grupo, tanto no sentido fisiológico quanto no social. Esse alimento não será venenoso e o integrará no sistema social que garantirá sua identidade no grupo (CASINELLI, 2012).

Para o antropólogo belga Claude Lévi-Strauss (1991), a cocção implica uma transformação consciente, o natural passa a ser elaborado, trabalhado, precisa de organização. No triângulo culinário elaborado por ele (**Figura 31**), as formas naturais e culturais de tratar os alimentos se opõem. Considera os três tipos de estados do alimento - cru, cozido, podre - como formas de simbolizar as transformações da natureza e da cultura sobre o alimento. O cru representa a condição de não-transformação do alimento, o natural; o cozido, a transformação cultural; o podre, a volta à natureza (JULIÁN GIL, 2004; LÉVI-STRAUSS, 1991).

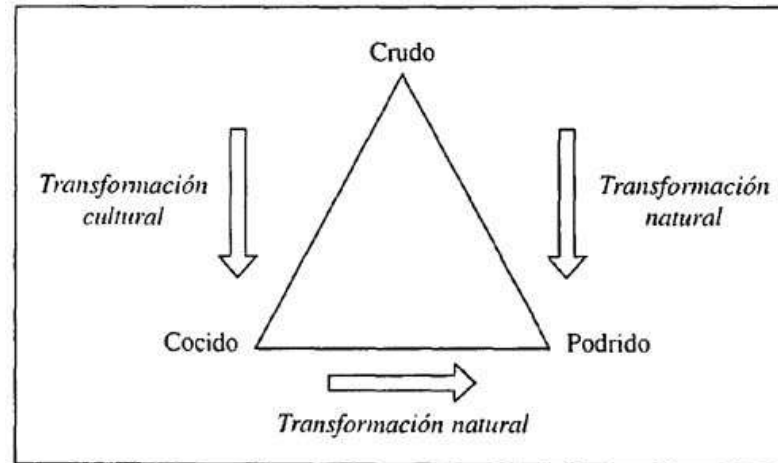


Figura 31: Triângulo culinário de Claude Lévi-Strauss

Fonte: JULIÁN GIL, 2004, p. 23

Partindo do cru, o alimento pode sofrer duas transformações: uma cultural (cozido) e outra natural (podre). A transformação cultural pode ser pelo fogo (assado), pelo ar (defumado) ou por meio da água (fervido). Ele aponta que cada sociedade, cada cultura desenvolve suas próprias técnicas culinárias, sendo o fogo o elemento que transforma o cru em cozido. Para Lévi-Strauss, a cozinha é aquela atividade que converte a natureza em cultura; através do fogo submete a natureza e a transforma em cultura (HEGARTY, O'MAHONY, 2001; JULIÁN GIL, 2004; LÉVI-STRAUSS, 1991).

Enquanto a cocção do alimento possibilitou uma dieta humana flexível, também o obrigou a adaptar-se a dietas de maior densidade calórica, dependentes do uso do fogo e das relações sociais que se fizeram necessárias. Cozinhar pode ser cultural, mas essas evidências sugerem que tiveram um efeito de feedback sobre a nossa biologia, criando restrições que modelaram e definiram nossa biologia evolutiva (WRANGHAM, CONKLIN-BRITTAIN, 2003).

Para finalizar este capítulo, mas não as inúmeras possibilidades de análise que esse tema merece, uma abordagem que sintetiza a relação existente entre o cozinhar e a hominização. Na página inicial do site “Diálogos de Cocina”, um projeto bianual multidisciplinar espanhol sobre gastronomia, o texto inicial descreve de forma brilhante o que seria o ato de cozinhar: “[...] é de certa forma a transformação de animais, vegetais e minerais em pensamentos [...]”. Essa alquimia outorgou ao homem a sua essência. A metamorfose do alimento através do fogo e das técnicas culinárias, a socialização do comer e a própria arte de cozinhar seriam o rosto da nossa existência (Diálogos de Cocina, 2013).

Com a ajuda do fogo, os *Homo* estavam aptos para abandonar a África. Em direção ao sul, não havia nada novo para conquistar; mas quando saíram para o norte, um enorme continente chamado Eurásia esperava por eles. Um lugar mais frio, com estações definidas e adaptações mais rigorosas (ANGULO, 2009, 52).

8.4 NOVO PARAÍSO ALIMENTAR: A AGRICULTURA

No seu livro “Nossas Origens”, Leakey e Lewin citam a tese de Bob Martin (apud LEAKEY, LEWIN, 1994, p. 115-116) afirmando que para ter a capacidade de custear um grande cérebro, uma espécie deve encontrar-se em um meio ambiente estável e rico desde o ponto de vista nutricional. Não se trata apenas de garantir a obtenção de alimentos, mas que sejam suficientemente nutritivos, com a necessidade de incorporar carne à dieta. Esse foi o grande triunfo do gênero *Homo*, que se desenvolveu num meio estável e com poder nutritivo, incorporando maiores concentrações de calorias, gordura e proteínas à dieta. Essa mudança dietética impulsionou também a mudança no desenvolvimento dentário e facial do novo gênero que estava surgindo (LEAKEY, LEWIN, 1994).

O *H. sapiens* saiu da África para conquistar novos espaços, há 200 mil anos, deslocando e eliminando os outros hominídeos que habitavam esses espaços, até que há 100 mil anos colonizaram a Europa e a Ásia, sobrevivendo o longo período de glaciações, alimentando-se exclusivamente da caça e da pesca.

Um dos maiores êxitos evolutivos do *H. sapiens* tem sido a versatilidade e a amplitude de dietas. Conhecedor de que os ciclos naturais têm seus próprios ritmos e que animais e plantas devem se adaptar a eles, a nossa espécie desenvolveu formas únicas de sobrevivência. Conheciam as rotas de migração de cada época do ano, vigiavam as manadas e planificavam de forma sofisticada suas táticas de caça (MATEOS, RODRÍGUEZ, 2010).

Só após a última glaciação (há 15 mil anos) que iniciou a agricultura, a pecuária e a civilização, organizando o sistema alimentar de uma forma única dentre todas as espécies que habitam a Terra (CAMPILLO, 2010). O homem do Neolítico iniciou uma “revolução econômica” como necessidade de intensificar a produtividade das principais espécies consumidas. A domesticação de plantas e animais supôs uma verdadeira revolução de subsistência humana, dispondo de maior quantidade de alimentos permitindo ao homem controlar a sua produção (MATEOS, RODRÍGUEZ, 2010).

Mas antes de domesticar espécies, especializou-se na caça. Segundo Jacques Cauvin (1994 apud FLANDRIN, MONTANARI, 1998, p. 49), “[...] a revolução neolítica não foi uma resposta às dificuldades econômicas, mas a expressão de uma mudança social e ideológica que acarretou modificações na relação profunda entre o homem e o meio”. O homem, além de consumir recursos disponíveis na natureza, aprende a produzi-los através da agricultura e da pecuária (MONTANARI, 2004, p. 31).

O consumo de alimentos neolíticos, pós-agricultura, em larga escala e o desenvolvimento da indústria de alimentos processados resultaram em diversos males à saúde humana. E o grande dilema que a população humana enfrenta na atualidade é: será que o *H. sapiens* está geneticamente adaptado ao consumo desses alimentos? (FLEURY, 2012. P. 10-11). As principais mudanças que aconteceram na dieta humana nos últimos 10 mil anos, desde o início da revolução agrícola, não tiveram tempo de ser acompanhadas por mudanças genéticas. A taxa de mutação espontânea do DNA nuclear é estimada em 0,5% por milhão de anos, ou seja, a mudança genética seria em torno de 0,005%. Os genes humanos atuais são bem similares aos genes dos ancestrais humanos na era Paleolítica, há 40 mil anos, o tempo no qual o genoma humano foi estabelecido. Geneticamente falando, o meio alimentar que circunda o humano moderno difere do meio que modulou nosso genoma (SIMOPOULOS, 2001). A **Figura 32**, claramente ilustra os milhares de anos de estabilidade na ingestão de lipídeos em relação à mudança drástica acontecida com a industrialização: aumento da ingestão total de gorduras, diminuição da ingestão de vitaminas C e E (antioxidantes), a incorporação das gorduras trans na dieta e a mudança na proporção $\omega 6:\omega 3$.

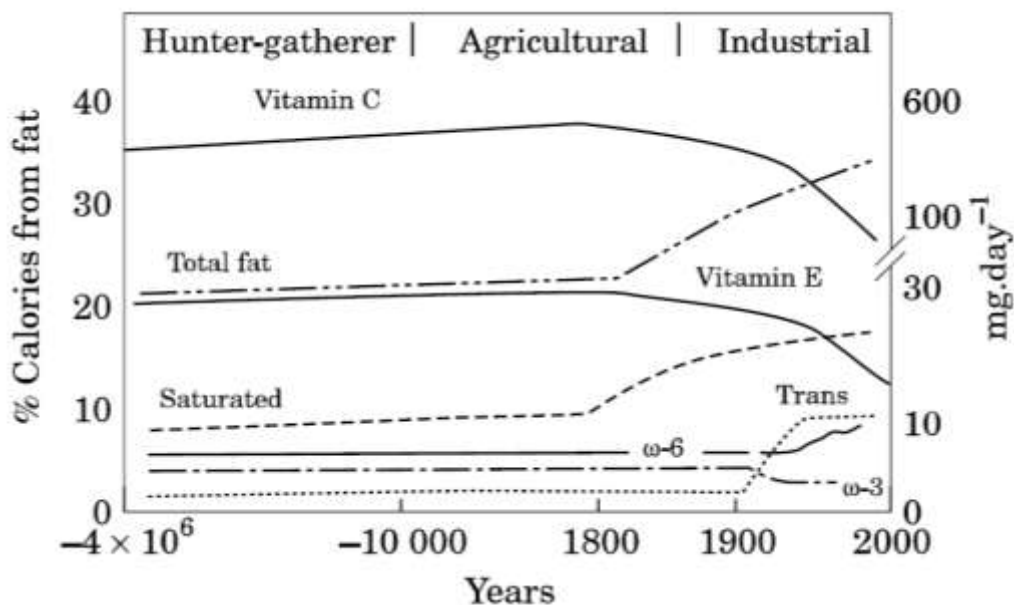


Figura 32: Esquema hipotético de ingestão de gorduras e antioxidantes na evolução humana

Fonte: SIMOPOULOS, 2001, p. D9

“E o homem criou suas plantas e seus animais”, o título do livro de Edward Hyams (1973, 490 p.), citado por Massimo Montanari (2004), é bastante sugestivo. O homem agora passou a “[...] construir a própria comida [...]” (MONTANARI, 2004, p. 11), passando de uma economia depredadora a uma economia de produção, mudando a relação homem-território. E foi só quando, no Neolítico, convivendo em aldeias e cidades com população mais numerosa, que emergiram as vantagens proporcionadas pela capacidade mental, o aprendizado por imitação, a divisão do trabalho e a excepcional estrutura social (GRÜTER, 2013).

8.5 O NOSSO NICHOS: ECOLÓGICO, COGNITIVO, CULTURAL?

Segundo o codiretor das jazidas de Atapuerca, Juan Luis Arsuaga, a gastronomia tem a ver com o nosso “nicho ecológico”, pois a alimentação nos oferece uma importante informação sobre os grupos sociais e evolutivos. Cada espécie ocupa um lugar na natureza, seu nicho ecológico, onde a nutrição e a obtenção de calorias são elementos concretos que foram se combinando ao longo da evolução humana (PALEONTÓLOGOS, 2012).

O ato de cozinhar, o uso de ferramentas, a saída das florestas, entre outros, foram forças seletivas que colocaram o onívoro humano num novo tipo de nicho ecológico que os antropólogos colocaram o rótulo de “nicho cognitivo”. A impressão do autor do livro “O dilema do onívoro”, Michael Pollan (2006), é que “o termo parece calculado para fazer desaparecer a linha que separa biologia e cultura [...]” (POLLAN, 2007, p. 314).

Em relação ao nicho, cabe se perguntar: como esses hominídeos conseguiram caçar grandes mamíferos, sem possuir adaptações anatômicas especiais para a caça e ainda competindo no mesmo nicho ecológico com experientes carnívoros? Whiten e Erdal (2012) apresentaram evidências de como alcançaram seu sucesso: graças à elaboração de um novo “nicho cognitivo” alicerçado não apenas na inteligência e na tecnologia, mas cujos principais componentes foram formas de cooperação, igualitarismo, *mindreading* (“teoria da mente”: capacidade de interpretar ou inferir estados mentais de outras pessoas através de conhecimentos prévios, e depois poder elaborar comportamentos respondentes), linguagem e transmissão cultural. Com esse complexo cognitivo e comportamental, a banda de caçadores-coletores passou a funcionar como um único e enorme superorganismo predador, altamente competitivo (ROTH, DICKE, 2005; WHITEN, ERDAL, 2012). Os vários recursos que

desenvolveram para superar as defesas das outras espécies, tanto no arsenal de instrumentos e talentos usados na caça e na coleta quanto nas técnicas adotadas para preparação dos alimentos, representam adaptações bioculturais que ficam à parte da seleção natural (POLLAN, 2007).

O termo “nicho cognitivo” foi proposto por John Tooby e Irvan De Vore em 1987, para explicar aqueles traços zoológicamente tão incomuns dos humanos; ou seja, o conceito de nicho não apenas como “o papel que um organismo ocupa em um ecossistema” - definição clássica -, mas fazendo uma extensão dele. Explicam que os organismos evoluem às custas de outros organismos e desenvolvem defesas para se proteger (camuflagem, velocidade, couraças, venenos, sabor amargo etc.), que Steven Pinker chama de “uma corrida armamentista coevolutiva” (PINKER, 2010, p. 7).

Os hominídeos entraram no nicho cognitivo no Plioceno, desenvolvendo a cognição, a linguagem e a sociabilidade sofisticadas. Eles conseguiram extrair recursos de outros organismos ultrapassando sua defesa fixa pelo raciocínio de causa e efeito e pela ação cooperativa e pela invenção de ferramentas, armadilhas e armas, numa ação coordenada e estratégias planejadas (PINKER, 2010).

Pinker (2010) sugere que existem características que são universais em todas as culturas humanas, sendo que três delas fizeram com que a nossa espécie se sobressaísse: *know-how* tecnológico (fabricação de ferramentas adquiridas por descobertas individuais e pelo aprendizado com os outros); cooperação entre não aparentados (barganhar bens, lealdade, agir cooperativamente na criação de filhos, colheita, caça e defesa) e linguagem gramatical. E é justamente a linguagem, segundo Pinker, a característica decisiva que permite uma comunicação diferenciada para alcançar uma cooperação sistemática. Transmitir a habilidade de fabricação de ferramentas seria impossível sem uma linguagem que permitisse a transmissão do processo de fabricação de geração em geração (GRÜTER, 2013).

Mas esse conceito de nicho cognitivo foi refutado pelo antropólogo Robert Boyd (2011), da Universidade de Califórnia. Nos últimos 60.000 anos, os seres humanos se expandiram por todo o mundo, e o êxito da espécie humana nas mais variadas regiões e zonas climáticas se deve à capacidade que teve de aprender com os outros. Individualmente, nenhum ser humano suficientemente inteligente poderia adquirir todas as informações necessárias para sobreviver em um único habitat. As pessoas dependem de ferramentas, de uma grande bagagem de conhecimento, de complexos arranjos sociais, acumulando o conhecimento através das gerações; uma pessoa sozinha seria incapaz de dominar por si só todas as técnicas transmitidas através da cultura. Boyd defende que deveríamos falar num

“nicho cultural” em lugar de um nicho cognitivo, considerando uma característica distintivamente humana, a capacidade de acumular cultura. Um dos primeiros exemplos ao longo da história evolutiva humana de acumular cultura foi a produção de ferramentas. No entanto, um conjunto de variáveis cognitivas e sociais específicas é necessário para a acumulação cultural: a capacidade de ensino por instrução verbal, de imitação e de prossocialidade (BOYD, 2011).

O homem mudou de nicho ecológico quando se tornou onívoro e conquistou o mundo. O nicho cognitivo se caracterizou pela manipulação do ambiente através do raciocínio e da cooperação social. Mas para Boyd, pelo fato de acumular cultura, esse nicho deveria ser chamado de nicho cultural. O que diferenciou os humanos dentre os primatas foi o trabalho de forma cooperativa, a construção de uma cultura desde as experiências de gerações anteriores, com o fim de lograr um objetivo. Aguirre (2001) reforça essa ideia afirmando que a cultura se instalou sobre a biologia como uma “segunda natureza”, pois sobre os mecanismos biológicos instalados evolutivamente, as gastronomias (os saberes culturais da alimentação), regram as pressões do como comer, com quem comer, quando deixar de comer (AGUIRRE, 2001).

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um simples osso pode deslindar detalhes importantes da vida. A cada descoberta arqueológica, desenterramos um pedaço da história ainda por completar, mudando a maneira como a evolução humana é vista. Aos poucos, com os avanços tecnológicos, a fronteira dos milhões de anos de evolução humana está sendo trazida à superfície, ficando bem perto do começo. Há muitas perguntas, inúmeras hipóteses e um longo caminho a percorrer.

Boa parte das respostas ainda está escondida em ossos fossilizados dos homínídeos. Há trechos da história com falta de registros fósseis e só através deles serão preenchidas as lacunas que persistem. Não há, por exemplo, fósseis descobertos entre 2,5 e 3 Ma, período em que evoluímos de *Australopithecus* a *Homo*. Ian Tattersall afirma que a história da evolução humana é a história de ajustes da natureza de experiências evolutivas repetidas. “A nossa espécie, longe de ser o ápice da árvore evolutiva dos homínídeos, é simplesmente mais um de seus muitos ramos terminais” (TATTERSALL, 2000, p. 61).

“Desde que o símio desceu da árvore ou, melhor, evolutivamente caiu e não pode voltar a subir, passaram uns 7 Ma. Na realidade, nem caiu nem desceu por vontade própria da emblemática árvore, mas se viu obrigado a fazê-lo porque a árvore na qual repousava desapareceu. O clima ficou temperado; as árvores, primeiro começaram a escassear e depois quase desapareceram, e nosso símio teve que começar a andar e internar-se nas savanas. Nunca mais voltaria a subir numa árvore, apenas voltaria a subir para roubar ameixas [...]”. (ANGULO, 2009, contracapa)

Revisitando o processo evolutivo dos primatas, este trabalho procurou analisar o ser humano sob as mesmas regras da evolução dos demais seres vivos. O objetivo primeiro foi o de olhar a Nutrição à luz da evolução e pesquisar em que momento nos tornamos humanos e nos diferenciamos como espécie *H. sapiens*. O que nos colocou no caminho da humanidade? Ao longo do trabalho, se correlacionou as mudanças na dieta com as características que nos diferenciaram na transição primatas - hominídeos - humanos.

Muitas aquisições foram respostas coevolutivas às mudanças para uma dieta de alta qualidade, alta densidade e difícil aquisição. Há mais de 6 Ma, demos o primeiro passo para nos separar dos macacos, mas se passaram milhares de anos até nos tornarmos humanos. Existiram mais de vinte espécies hominídeas, mas somente algumas delas conduziram o caminho da hominização, outras entraram em becos evolutivos sem saída. Apenas uma sobreviveu: o *Homo sapiens*.

A comunidade científica vem desenvolvendo todo tipo de hipóteses, na tentativa de explicar cada uma das particularidades humanas. Um conjunto de evidências, porém, indica que essas idiosincrasias mistas de humanidade têm, na realidade, uma linha em comum: elas são, basicamente, o resultado da seleção natural, atuando para maximizar a qualidade dietética e a eficiência na obtenção de alimentos. Mudanças na oferta de alimentos parecem ter influenciado fortemente nossos ancestrais hominídeos. Assim, também em um sentido evolutivo, somos o que comemos (LEONARD, 2003a).

Nenhuma outra espécie animal, exceto dos hominídeos e seus sucessores – nós, seres humanos – tem desenvolvido a habilidade de preparar e cozinhar seus alimentos. Massimo Montanari pontua isso: o principal elemento de diversidade consiste no fato de que somente o homem é capaz de controlar e usar o fogo para cozinhar. Portanto, cozinhar é uma atividade humana por excelência, “[...] é o gesto que transforma o produto ‘da natureza’ em algo profundamente diverso [...]”, com modificações químicas e combinação de ingredientes (MONTANARI, 2004, p. 31). Para o autor, a conquista do fogo representa, simbólica e tecnicamente, o momento constitutivo e fundador da civilização humana.

Cordón (2009) ressalta que o descobrimento da cocção dos alimentos marca a fronteira entre o animal heterótrofo e o único animal “autótrofo”, o homem, também capaz de preparar seu próprio alimento assim como os vegetais. Explica que seria considerado autótrofo por poder transformar quimicamente, pela sua própria atividade, a matéria prima da natureza em um alimento novo. No entanto, a energia utilizada para a transformação química não seria a solar (fotossíntese), mas a energia do calor irradiado pelo fogo (CORDÓN, 2009)

Ao longo do trabalho, buscou-se encontrar aquele ponto na evolução, o momento que representasse o limiar em que deixamos de ser macacos para nos transformar em humanos. Ainda não se sabe qual o momento exato da virada, faltam evidências fósseis. Tampouco há consenso sobre quando o fogo foi dominado – a capacidade não apenas de acendê-lo, mas de conservá-lo e controlá-lo (ANGULO, 2009, p. 45). Quando se encontrarem as evidências desse momento, estaremos falando da transição do cru para o cozido, marco importante que, segundo Wrangham (2010), nos tornou humanos. Se as evidências indicarem que o controle do fogo aconteceu na era Paleolítica Inferior, Wrangham terá encontrado o alicerce que falta para corroborar sua hipótese: foi a cocção dos alimentos uma das principais forças motoras que impulsionou a hominização. A fogueira não apenas transformou o alimento deixando-o mais calórico e nutritivo, também nos tornou mais sociais, aprendendo a compartilhar e a nos comunicar, sentados em volta do fogo, aguardando a comida cozinhar e mantendo o fogo aceso.

Para o pai da Lucy, Donald Johanson, nos tornamos humanos quando recebemos a linguagem, começamos a viver num mundo simbólico e desenvolvemos uma cultura. E ele afirma que a partir de agora, nós não evolucionaremos mais num corpo diferente porque temos a cultura. As pressões seletivas terão como via de adaptação as respostas da própria cultura (JOHANSON, 2013).

Este estudo possibilitou que certas indagações surgissem para, de alguma forma, auxiliar posteriores trabalhos como, por exemplo, investigar se os padrões alimentares atuais estão muito afastados do nosso desenho genético. O *H. sapiens* da atualidade não estará apresentando sérios desajustes entre o desenho evolutivo de seu organismo e as novas mudanças nutricionais? (MATEOS; RODRÍGUEZ, 2010). Sabemos, agora, que os humanos evoluíram não para subsistir com uma dieta paleolítica única, mas para desfrutar de um padrão alimentar diversificado (LEONARD, 2003a).

Este estudo ainda poderia ser ampliado, a fim de fornecer mais material em relação às escolhas do comensal moderno. A maior angústia do comensal moderno, assim como também provavelmente tivesse sido a do primata ancestral, resulta, em definitivo, da incerteza ligada à

escolha alimentar. A alimentação é tanto uma função biológica vital quanto uma função social essencial: a função biológica se estende do biológico ao cultural, da função nutritiva à simbólica, enquanto que a função social vai do individual ao coletivo, do psicológico ao social. A fisiologia e o imaginário estão estreita e misteriosamente misturados no ato alimentar (FISCHLER, 1995).

Fischler (1995) atribui à cozinha uma virtude “identificadora”, pois através da prática culinária o alimento recebe um selo, uma etiqueta imbuída de regras culturais identificadoras. O alimento identificado culturalmente deixa de representar um perigo, através da transformação culinária do alimento “in natura”, ele fica reconhecível, aceito, inofensivo. Agora pode ser “incorporado” (do latim, dentro + corpo) com segurança, pode transpor o umbral do exterior com o interior e se converter em nós mesmos (FISCHLER, 1995).

Outra questão evidenciada é a de que os avanços da genética têm elucidado muitas perguntas ao longo da evolução humana. O genoma de cada espécie é o produto de milhões de anos de evolução, havendo uma lenta adaptação a cada nova realidade ambiental que lhe assegure o sucesso reprodutivo sob essa pressão seletiva imposta a cada espécie (EATON; KONNER, 1985). As adaptações genéticas são muito lentas se comparadas com a rápida mudança ambiental que o homem moderno vem sofrendo. Segundo a Medicina Evolutiva, muitas das doenças degenerativas resultam da pressão cultural (estilo de vida, dieta industrializada, estresse, sedentarismo) que, à luz da evolução, são extremamente rápidas dificultando a adequada adaptação de nosso genoma (KUIPERS, 2010).

A dieta do Paleolítico e seu ambiente representam a pressão seletiva sob a qual o nosso genoma evoluiu (KUIPERS, 2010). Desde o ponto de vista anatômico, os seres humanos modernos nada mudaram em relação a seus antepassados, o que poderia nos levar a pensar que a nossa alimentação deveria seguir os padrões da alimentação da pré-história (ZUCOLOTO, 2008, p. 41). Loren Cordain, cientista americano especializado em Nutrição e Fisiologia do Exercício, é um defensor da “dieta paleolítica” (*The Paleo Diet*), que é baseada em alimentos saudáveis e contemporâneas aos nossos ancestrais caçadores-coletores, há 10.000 anos. Esses alimentos incluem carnes frescas, peixes, frutos do mar, frutas frescas, vegetais, sementes, nozes e óleos saudáveis (oliva, coco, abacate, macadâmia, nozes e semente de linhaça). Já os produtos lácteos, cereais, legumes, açúcares refinados e alimentos processados não faziam parte do nosso cardápio ancestral (CORDAIN; WATKINS; MANN, 2001; ZELMAN, 2010).

Nessa longa viagem evolutiva, os humanos transformaram uma necessidade biológica, nutrir-se, em uma arte: a gastronomia. Por isso, alguns autores imaginaram uma nomenclatura

científica, falando de um *Homo gastronomus*, já que a gastronomia é intrinsecamente própria dos humanos (MATEOS; RODRÍGUEZ, 2010).

Mas, se a passagem do cru para o cozido foi um marco importante para alguns autores, o fato é que estamos perante uma pré-história que ainda guarda muitos segredos e novas hipóteses continuam surgindo para completar, corroborar ou derrubar as antigas. E uma tendência recente que vem sendo estudada por um grupo de pesquisadores é a de colocar a mudança climática brusca como catalisadora da nossa evolução: explicar as relações causais entre o clima, o ambiente e a evolução dos mamíferos (incluindo os primatas). Através da análise de amostras do solo de lagos tropicais quenianos, Trauth e colaboradores (2010) afirmam que mais do que a transição para o ambiente seco da savana, a instabilidade do clima pressionou as espécies e apenas sobreviveram aquelas que puderam se adaptar à alternância de secas com tormentas e monções (TRAUTH et al, 2010).

O processo da evolução humana foi complexo, com sucessões ramificadas e galhos sem saída. Dentre as características tipicamente humanas: bipedalismo, cérebro grande, tamanho dos dentes, cocção dos alimentos; qual surgiu primeiro e quais forças seletivas propiciaram seu êxito? Resumindo, não é possível designar a um único processo evolutivo a responsabilidade exclusiva da hominização. Todos os processos atuaram em conjunto e, paulatinamente, foram nos afastando do nosso antecessor. Durante a evolução humana, a melhoria da qualidade da dieta (flexibilidade e variedade de nutrientes, cocção dos alimentos), o trabalho de criação com a ajuda de aloparentes, os processos cognitivos, a socialização, a redução dos custos de locomoção, todos operaram simultaneamente, permitindo o crescimento extraordinário do cérebro e a origem da linguagem articulada, marcas registradas da nossa linhagem (NAVARRETE; van SCHAIK; ISLER, 2011).

Como Aiello observou, o cérebro maior foi o golpe de sorte de vários fatores convergentes que acentuaram os outros num processo de retroalimentação. A quantidade extra de combustível exigida pelo cérebro (tecido custoso) veio de diversas fontes: ingestão de carnes e peixes, redução do tamanho dos intestinos, cozinhar os alimentos, andar ereto e habilidade para correr. A ordem em que estas estratégias de obtenção e economia de energia foram adotadas pelos antecessores ainda encontra-se em acirrado debate, sendo, por enquanto, o item do advento da cozinha, o mais difícil de testar. Aiello afirma que “tudo está começando a se unir” (GIBBONS, 2007, p. 1560).

As provas apresentadas até agora apontam para uma mesma direção: as peculiaridades humanas resultaram de processos de seleção natural e cultural que procuraram maximizar a qualidade da alimentação e o rendimento na busca dos recursos. A dieta foi uma das

diferenças que nos separou dos primatas, mesmo não estando claro ainda o ponto de flexão entre nossos antepassados e o resto dos primatas. E com este levantamento de dados surge um novo questionamento: até que ponto nos afastamos das pautas alimentares ancestrais?

A Medicina Darwiniana ou Evolucionista estuda os aspectos relacionados com a doença no contexto da evolução biológica. Propõe olhar para a doença desde outra perspectiva mudando o foco das causas da própria doença, sua prevenção e seu tratamento (CAMPILLO, 2010, p. 37; WICK, 2003). A proposta é estudar a etiologia das doenças na qual o componente evolutivo é determinante, como se nos perguntássemos: por que a seleção natural deixou o nosso corpo vulnerável para essa doença? (NESSE, 2006). Mas não se trata de um pensamento novo nem moderno. Já em 1916, o professor espanhol de Patologia Geral, Roberto Novoa Santos, definiu a doença como “um fenômeno evolutivo de adaptação ou desadaptação ao meio” (GALIANA, 2012).

Somos, portanto, sob o viés da chamada Medicina Darwiniana, o resultado de milhões de anos de evolução biológica. Nossos genes evoluíram adaptando nosso organismo às diferentes formas de alimentação e condições de vida, que as mudanças no ambiente impuseram aos ancestrais humanos. O desenho metabólico humano é o resultado da adaptação contínua a essas mudanças, sendo tão eficiente que permitiu a evolução da nossa espécie até os dias atuais, após superar milhões de anos de pressão ambiental. Atualmente, o ambiente e a alimentação submetem nosso desenho evolutivo ao uso inadequado e o organismo responde a essa pressão com a doença (CAMPILLO, 2010, p. 15).

Compreender quando nos tornamos *H. sapiens* significa conhecer a informação genética que nos modelou como humanos e, a partir desse desenho evolutivo, como alimentar o nosso organismo conforme seu desígnio genético. Campillo propõe olhar para a doença desde outra perspectiva, no contexto da evolução biológica, mudando o foco das causas da própria doença, sua prevenção e seu tratamento (CAMPILLO, 2010, p. 37; WICK, 2003).

O tema não foi esgotado, muitas perguntas continuam à espera de respostas, a Biologia e a Antropologia caminham juntas no esforço de preencher as lacunas que ainda permanecem na história da hominização. No entanto, os dados levantados apontam a mudança na alimentação como uma das grandes protagonistas da história, uma força propulsora que possibilitou a encefalização, o nascimento da cultura e da linguagem, a socialização. Em suma, novos estudos e novos olhares são necessários para uma melhor compreensão desse momento tão significativo que nos diferenciou como humanos.

Que possamos apreender a história daquele que nos antecedeu, que enfrentou as mudanças ecológicas, adaptando-se ao meio e aos recursos disponíveis com destreza,

deixando descendentes férteis que carregaram em seu genoma e em sua cultura as habilidades adaptativas adquiridas, para podermos respeitar o potencial de espécie bem adaptada.

REFERÊNCIAS

ÁCIDOS grasos omega 3 en la perspectiva de la salud cardiovascular. **Epax Compendium 2011** (Omega-3). Laboratorios Vivax, p. 4, may. 2011. Disponível em: <<http://www.slideshare.net/labvivax/epax-compedium-2011>>. Acesso em: 21 set. 2013.

ADAMS, Dean C.; ROHLF, F. James; SLICE, Dennis E. Geometric morphometrics: ten years of progress following the ‘revolution’. **Ital. J. Zool.**, v. 71, p. 5-16, 2004.

AGUIRRE, Patricia. Del gramillón al aspartame: las transiciones alimentarias de la especie. **Boletín Informativo Techint**, n. 306, p. 93-120, abr./jun. 2001. Disponível em: <<http://www.boletintechint.com/boin/OpenFile.asp?file=pdf\AR19.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2012.

_____. **Dra. Patricia Aguirre sobre Antropología de la alimentación.** Entrevista, 26 abr. 2011. Disponível em: <<http://nutricion-futuro.blogspot.com.br/2011/04/dra-patricia-aguirre-sobre-antropologia.html>>. Acesso em: 27 abr. 2012.

_____. **No se concibe la vida sin identidad culinaria.** Entrevista, 4 oct. 2007. Encuentro Comer, IntraMed. Disponível em: <<http://www.nutriguia.com.uy/index.php?seccion=articulos&articulo=123>>. Acesso em: 27 abr. 2012.

AIELLO, Leslie C. Brains and guts in human evolution: The Expensive Tissue Hypothesis. **Braz. J. Genet.**, v. 20, n. 1, mar. 1997. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-84551997000100023&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 27 dec. 2012.

AIELLO, Leslie C.; WHEELER, Peter. The Expensive-tissue Hypothesis: the brain and the digestive system in human and primate evolution. **Current Anthropology**, v. 36, n. 2, p. 199-221, apr. 1995.

ALMÉCJA, Sergio; ALBA, David M.; MOYÀ-SOLÀ, Salvador. *Pierolapithecus* and the functional morphology of Miocene ape hand phalanges: paleobiological and evolutionary implications. **Journal of Human Evolution**, v. 57, n. 3, p. 284-297, sep. 2009.

AMBROSE, Stanley. Paleolithic technology and human evolution. **Science**, v. 291, n. 5509, p. 1748-1753, mar. 2001.

ANGULO, Eduardo. **El animal que cocina: gastronomía para homínidos**. Madrid: 451Editores, 2009. 134p.

ASFAW, Berhane et al. *Australopithecus garhi*: a new species of early Hominid from Ethiopia. **Science**, v. 23, n. 284, p. 629-635, apr.1999.

AUSTRALOPITHECINES: cranial and facial comparisons. Goethe-Universität Frankfurt am Main. 2004. Disponível em: <http://www.uni-frankfurt.de/fb/fb15/institute/inst-1-oeko-evo-div/AK-Schrenk/downloads/8-Australopithecus_Schaedel.pdf>. Acesso em: 7 set. 2013.

AYALA, Francisco J. Tres preguntas claves sobre la evolución del hombre. **eVOLUCIÓN**, v. 7, n. 2, p. 11-32, 2012.

AZEVEDO, Frederico A.C. et al. Equal numbers of neuronal and nonneuronal cells make the human brain an isometrically scaled-up primate brain. **J. Comp. Neurol.**, v. 513, n. 5, p. 532-541, 2009.

BARTON, Robert A.; CAPELLINI, Isabella. Maternal investment, life histories, and the costs of brain growth in mammals. **PNAS**, v. 108, n. 15, p. 6169-6174, apr. 2011.

BEDASO, Zelalem K. et al. Dietary and paleoenvironmental reconstruction using stable isotopes of herbivore tooth enamel from middle Pliocene Dikika, Ethiopia: Implication for *Australopithecus afarensis* habitat and food resources. **Journal of Human Evolution**, v. 64, p. 21-38, 2013.

BENTO, Luiz. Lenhadores da árvore da vida. 27 jan. 2009. **ScienceBlogs: Ciência, Cultura e Política**. Disponível em: <<http://scienceblogs.com.br/discutindoecologia/2009/01/lenhadores-da-arvore-da-vida/>>. Acesso em: 29 set. 2013

BERGQVIST, Lilian P. et al. In: CARVALHO, Ismar de Souza. **Paleontologia: paleovertebrados, paleobotânica**, v. 3, 3ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 448p.

BILLINGS, Thomas E. **Comparative anatomy and physiology brought up to date: are humans natural frugivores/vegetarians or omnivores/ faunivores?** 1999. Disponível em: <<http://www.beyondveg.com/billings-t/comp-anat/comp-anat-1a.shtml>>. Acesso em: 24 jul. 2013.

BOBACK, Scott M. et al. Cooking and grinding reduces the cost of meat digestion. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 148, Part A, p. 651-656, 2007.

BOCHERENS, Hervé et al. Diet, physiology and ecology of fossil mammals as inferred from stable carbon and nitrogen isotope biogeochemistry: implications for Pleistocene bears. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 107, p. 213-225, 1994.

BOYD, Robert; RICHERSON, Peter J.; HENRICH, Joseph. The cultural niche: Why social learning is essential for human adaptation. **PNAS**, v. 108, Supplement 2, p. 10918-10925, jun. 2011.

BRITO, Eva L.B. Investigaciones de paleodieta a través del análisis químico en restos óseos. Trayectoria y perspectivas. **Dimensión Antropológica**, v. 22, may./ago. 2001. 31p. Disponível em: <<http://www.dimensionantropologica.inah.gob.mx/?p=627>>. Acesso em: 6 ago. 2013.

BROADHURST, C. Leigh; CUNNANE, Stephen C.; CRAWFORD, Michael A. Rift Valley lake fish and shellfish provided brain-specific nutrition for early *Homo*. **British Journal of Nutrition**, v. 79, n. 1, p. 3-12, jan. 1998.

BRUNER, Emiliano. Paleoneurología: La evolución cerebral de los homínidos. **Investigación y Ciencia**, v. 425, p. 68-76, 2012.

CALDER, Philip C. Fatty acids and inflammation: the cutting edge between food and pharma. **European Journal of Pharmacology**, v. 668, p. S50-S58, sep. 2011.

CAMPILLO, José E.C. **El mono obeso**. La evolución humana y las enfermedades de la opulencia: obesidad, diabetes, hipertensión, dislipemia y aterosclerosis. Barcelona: Planeta, 2013. 255 p.

CANN, Rebecca L.; STONEKING, Mark; WILSON, Allan C. Mitochondrial DNA and human evolution. **Nature**, v. 325, p. 31-36, jan. 1987.

CARLIN, Joel L. Mutations are the raw materials of evolution. **Nature Education Knowledge**, v. 3, n. 10, p. 10-11, 2011. Disponível em: <http://web.iitd.ac.in/~amittal/SBL101_Evolution.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2013.

CARMODY, Rachel N.; WRANGHAM, Richard W. The energetic significance of cooking. **Journal of Human Evolution**, v. 57, n. 4, p. 379-391, oct. 2009.

CARVALHO, Ismar de Souza. **Paleontologia**: paleovertebrados, paleobotânica, v. 3, 3ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 448p.

CASINELLI, Laura. The solution to the omnivore paradox: eat with other humans. 2012. Disponível em: <<http://socialfoods.net/2012/03/the-solution-to-the-omnivore-paradox-eat-with-other-humans/>>. Acesso em: 28 nov. 2013.

CASSAB, Rita de Cassia T.C. Objetivos e princípios. In: CARVALHO, Ismar de Souza. **Paleontologia**: conceitos e métodos. v. 1, 3ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 756p.

CELERI, Eloisa H. R. V.; JACINTHO, Antonio C. A.; DALGALARRONDO, Paulo. Charles Darwin: um observador do desenvolvimento humano. **Rev. Latinoam. Psicopatol. Fundam.** v.13, n.4, p. 558-576, dec. 2010.

CERLING, Thure E. et al. Diet of *Paranthropus boisei* in the early Pleistocene of East Africa. Proceedings of the National Academy of Science, **PNAS**, v. 1071, n. 10, p. 1-5, mar. 2011.

CHARRIER, Cécile. Inhibition of *SRGAP2* function by its human-specific paralogs induces neoteny during spine maturation. **Cell**, v. 149, p. 923-935, may 2012.

CHOI, Charles Q. Human origins: our crazy family tree. **LiveScience**, nov. 2009. Disponível em: <<http://www.livescience.com/7948-human-origins-crazy-family-tree.html>>. Acesso em: 6 ago. 2013.

_____. 'Nutcracker Man' ate like a cow (or pig). **LiveScience**, may 2011. Disponível em: <<http://www.livescience.com/13979-nutcracker-man-early-human-diet.html>>. Acesso em: 6 ago. 2013.

_____. Humanity may have originated in the woods. **LiveScience**, jun. 2012. Disponível em: <<http://www.livescience.com/21218-humanity-origins-woodlands.html>>. Acesso em: 6 ago. 2013.

_____. Early human 'Lucy' swung from the trees. **LiveScience**, oct. 2012. Disponível em: <<http://www.livescience.com/24297-early-human-lucy-swung-from-trees.html>>. Acesso em: 6 ago. 2013.

COLBIN, Annemarie. **Food and Healing**: How what we eat determines your health, your well-being, and the quality of your life. NY: Ballantine Books, 384 p. 1986. Disponível em: <<http://www.books.google.com.br>>. Acesso em: 8 nov. 2013.

CORDAIN, Loren; WATKINS, Bruce A.; MANN, Neil J. Fatty acid composition and energy density of foods available to African hominids. Evolutionary implications for human brain development. **World Rev Nutr Diet.**, v. 90, p. 144-161, 2001.

CORDÓN, Faustino. **Cocinar hizo al hombre**. 7ed. Barcelona: Tusquets, 2009. 274p.

CORREIA, Fernando. Ilustração paleontológica: existências riscadas. In: CARVALHO, Ismar de Souza. **Paleontologia: conceitos e métodos**, v. 1, 3ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 756p.

COSTA, Felipe A.P.L. Mais um ramo em nossa árvore evolutiva. **Ciência Hoje**, v. 275, n. 46, p. 70-72, out. 2010.

_____. Primatas, antropoides ou hominídeos? **Observatório da Imprensa: Ciência Hoje** online, n. 649, jul. 2011. Disponível em:

<<http://www.observatoriodaimprensa.com.br/news/view/primatas-antropoides-ou-hominideos>>. Acesso em: 2 nov. 2013.

COTTA, Carolina. Cozinho, logo evoluo. **Correio Braziliense**, Brasília. 26/09/2012.

Disponível em:

<<http://www.jornalbb.com.mitologica.info/?book=variedades.html&link=Cozinhologoevoluo.html>>. Acesso em: 21 nov. 2013.

CRAWFORD, Michael A. The role of dietary fatty acids in biology: their place in the evolution of human brain. **Nutrition Reviews**, v. 50, n. 4, p. 3-11, 1992.

_____. The role of docosaehaenoic and the marine food web as determinants of evolution and hominid brain development. The challenge for human sustainability. **PEMSEA, Manuscript Series**, 2010. 17 p.

CRAWFORD, Michael A. et al. Evidence for the unique function of docosaehaenoic acid (DHA) during the evolution of the modern hominid brain. **Lipids**, Supplement 1, v. 34, p. S39-S47, 2000.

_____. The role of docosaehaenoic and arachidonic acids as determinants of evolution and hominid brain development, p. 57-76. In: K. Tsukamoto, T. Kawamura, T. Takeuchi, T. D. Beard, Jr. and M. J. Kaiser, eds. **Fisheries for global welfare and environment**: Memorial book of the 5th World Fisheries Congress 2008, Tokyo: TerraPub, 2008. 470 p.

CUNNANE, Stephen C.; CRAWFORD, Michael A. Survival of the fattest: fat babies were the key to evolution of the large human brain. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Part A, v. 136, p. 17-26, feb. 2003.

DAWKINS, Richard. **O gene egoísta**. São Paulo: Companhia das Letras, 2007. 540p.

_____. **The Ancestor's Tale: a pilgrimage to the dawn of life**. London: Weidenfeld & Nicolson, 2004. 525 p.

DENNIS, Megan Y. et al. Evolution of human-specific neural *SRGAP2* genes by incomplete segmental duplication. **Cell**, v. 149, p. 912-922, may 2012.

DESILVA, Jeremy M. Functional morphology of the ankle and the likelihood of climbing in early hominins. **PNAS**, v. 106, n. 16, p. 6567-6572, apr. 2009.

“**Diálogos de Cocina**” (2013). Disponível em:
<<http://www.dialogosdecocina.com/2013/index.php/inicio>>. Acesso em: 28 set. 2013

DOBZHANSKY, Theodosius. Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. **The American Biology Teacher**, v. 35, p. 125-129, mar. 1973.

DONDICI F°, José; BARROSO, Camille M. Dieta e dislipidemia: visão antropológica e recomendações atuais. **HU Rev**, Juiz de Fora, v. 33, n. 3, p. 81-98, jul./set. 2007.

DUNBAR, Robin I.M. Neocortex size as a constraint on group size in primates. **Journal of Human Evolution**, v. 22, n. 6, p. 469-493, jun. 1992.

_____. Coevolution of neocortical size, group size and language in humans. **Behavioral and Brain Sciences**, v. 16, n. 4, p. 681-735, 1993.

_____. The Social Brain Hypothesis. **Evolutionary Anthropology**, v. 6, n. 5, p. 178-190, 1998.

_____. The social brain: mind, language, and society in evolutionary perspective. **Annu. Rev. Anthropol.**, v. 32, p. 163-181, 2003

DUNBAR, Robin I.M.; SHULTZ, Susanne. Evolution in the social brain. **Science**, v. 317, n. 5843, p. 1344-1347, sep. 2007.

EATON, Boyd; KONNER, Melvin. Paleolithic nutrition: a consideration of its nature and current implications. **The New England Journal of Medicine**. v.3, n. 312, p. 283-289, jan. 1985.

FABIAN, Daniel; FLATT, Thomas. Life History Evolution. **Nature Education Knowledge**, v. 3, n. 10:24, p. 1-12, 2012.

FARIAS, Robison F. A química do tempo: carbono 14. **Qnesc**, v. 16, p. 6-8, nov. 2002.

FERNANDEZ, Isabel O. Introducción a los aspectos evolucionistas de la alimentación. Incidencia de la dieta en la hominización. In: DASCHNER, Álvaro (Org.). **Medicina evolucionista: aportaciones pluridisciplinares**. v. 1, p. 34-41, Madrid: MedEvo, 2012. 198p.

FISCHLER, Claude. **El (h)omnívoro: el gusto, la cocina y el cuerpo**. Barcelona: Anagrama, 1995. 421p.

FLANDRIN, Jean-Louis; MONTANARI, Massimo. **História da alimentação I: dos primórdios à Idade Média**. São Paulo: Estação Liberdade, 1998. 360 p.

FLEURY, Caio A. **A dieta dos nossos ancestrais: guia nutricional para perda de peso e manutenção da saúde**. São Paulo: Matrix, 2012. 229p.

FONSECA-AZEVEDO, Karina; HERCULANO-HOUZEL, Suzana. Metabolic constraint imposes tradeoff between body size and number of brain neurons in human evolution. **PNAS**, v. 109, n. 45, p. 18571-18576, nov. 2012.

FRANCO, Ariovaldo. **De caçador a gourmet: uma história da gastronomia**. 3ed. São Paulo: Senac, 2004. 270 p.

FRIEDMAN, Michael J. **The evolution of hominid bipedalism**. Illinois Wesleyan University, Honors Projects, Paper 16, apr. 2006. 27p. Disponível em: <http://digitalcommons.iwu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1013&context=socanth_honpro> . Acesso em: 7 ago. 2013.

GAIL, Guth. **Jaw muscles of *Australopithecus robustus***. Prentice Hall, 2006. Disponível em: <<http://www.science-art.com/image/?id=1599&m=45#.UithJMb37is>>. Acesso em: 7 set. 2013.

GALIANA, Adrián. Medicina y evolución. La enfermedad desde el punto de vista Darwiniano. **Apuntes de Ciencia**, p. 1-4, set, 2012. Disponível em: <<http://apuntes.hgu.cr.es/2012/09/12/medicina-y-evolucion-la-enfermedad-desde-el-punto-de-vista-darwiniano/>>. Acesso: 13 out. 2013

GARCÍA GARCÍA, Nuria et al. Isotopic analysis of the ecology of herbivores and carnivores from the Middle Pleistocene deposits of the Sierra de Atapuerca, northern Spain. **Journal of Archaeological Science**, v. 36, n. 5, p. 1142-1151, 2009.

GEA, Joaquim. The evolution of the human species: a long journey for the respiratory system. **Arch Bronconeumol.**, v. 44, n. 5, p. 263-270, 2008.

GIBBONS, Ann. A new kind of ancestor: *Ardipithecus* unveiled. **Science**, v. 326, n. 5949, p. 36-40, oct. 2009.

_____. Food for thought: did the first cooked meals help fuel the dramatic evolutionary expansion of the human brain? **Science**, v. 316, n. 5831, p. 1558-1560, jun. 2007.

GOODENOUGH, Ward H. Anthropology in the 20th century and beyond. **Am. Anthropol.** v. 104, p. 423-440, 2002.

GREEN, David J.; ALEMSEGED, Zeresenay. *Australopithecus afarensis* scapular ontogeny, function, and the role of climbing in human evolution. **Science**, v. 338, n. 6106, p. 514-517, oct. 2012.

GRÜTER, Thomas. De primitivos a humanos. **Investigación y Ciencia: Mente y Cerebro**, v. 60, p. 14-21, mai./jun. 2013.

HARCOURT-SMITH, William E.H.; AIELLO, Leslie C. Fossils, feet and the evolution of human bipedal locomotion. **J. Anat.**, v. 204, p. 403-416, 2004.

HEGARTY, Joseph A.; O'MAHONY, G. Barry. Gastronomy: a phenomenon of cultural expression and an aesthetic for living. **Hospitality Management**, v. 20, p. 3-13, 2001.

HERCULANO-HOUZEL Suzana. Cozinho, logo existo. **Folha de São Paulo**, Suplemento Ilustríssima, 21 jul. 2013. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/ilustrissima/2013/07/1313540-cozinho-logo-existo.shtml>>. Acesso em: 21 jul. 2013

_____. Scaling of brain metabolism with a fixed energy budget per neuron: implications for neuronal activity, plasticity and evolution. **PLoS ONE**, v. 6, n. 3 (e17514), p. 1-9, mar. 2011.

_____. The remarkable, yet not extraordinary, human brain as a scaled-up primate brain and its associated cost. **PNAS**, v. 109, n. 1, p. 10661-10668, jun. 2012.

HERCULANO-HOUZEL, Suzana; LENT, Roberto. Isotropic fractionator: a simple, rapid method for the quantification of total cell and neuron numbers in the brain. **The Journal of Neuroscience**, v. 25, n. 10, p. 2518-2521, mar. 2005.

HERRING, Susan W. Masticatory muscles and the skull: a comparative perspective. **Arch Oral Biol**, v. 52, n. 4, p. 296-299, apr. 2007.

HLADIK, Claude M.; CHIVERS, David J.; PASQUET, Patrick. On diet and gut size in non-human primates and humans: is there a relationship to brain size? **Current Anthropology**, v. 40, p. 695-697, 1999.

HOMINOIDEA. In: **Wikipédia**: a enciclopédia livre. Florida: Wikimedia, 2006. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Hominoidea>>. Acesso em: 16 jun. 2013.

HOMO. In: **Wissen.de**. München, Wissenmedia in der inmediaONE, 2000. Disponível em: <<http://www.wissen.de/lexikon/homo-biologie>>. Acesso em: 7 set. 2013.

HORROBIN, David F. Lipid metabolism, human evolution and schizophrenia. **PLEFA**, v. 60, n. 5-6, p. 431-437, may/jun. 1999.

HRDY, Sarah B. **The past, present, and future of the human family**. Utah: University of Utah, 27/28 feb. 2001. Palestra no The Tanner Lectures on Human Values. Disponível em: <http://tannerlectures.utah.edu/_documents/a-to-z/h/Hrdy_02.pdf>. Acesso em: 5 out. 2013

HÜNEMEIER, Tábita et al. Cultural diversification promotes rapid phenotypic evolution in Xavante Indians. **PNAS**, v. 109, n. 1, p.73-77, jan. 2012.

IANUZZI, Roberto; SOARES, Marina B. Teorias evolutivas. In: CARVALHO, Ismar de Souza. **Paleontologia**: conceitos e métodos. v. 1, 3ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 756p.

ISAAC, Glynn. The food-sharing behavior of protohuman hominids. Chapter 11, p. 111-123. In: ISAAC, Glynn; LEAKEY, Richard E.F. **Human ancestors**. Scientific American. New York: W. H. Freeman & Co Ltd, 1979. 130 p.

JABLONSKI, Nina G. Origen de la piel desnuda. **Investigación y Ciencia**, v. 403, p. 22-29, abr. 2010.

JABLONSKI, Nina G.; CHAPLIN, George. Origin of habitual terrestrial bipedalismo in the ancestor of the Hominidae. **Journal of Human Evolution**, v. 24, p. 259-280, 1993.

JOBLING, Mark A; TYLER-SMITH, Chris. The human Y chromosome: an evolutionary marker comes of age. **Nature Reviews Genetics**, v. 4, p. 598-612, aug. 2003.

JOHANSON, Donald. Donald Johanson “gracias a otro hallazgo, el próximo año pondremos cara a Lucy”: depoimento. [7 de outubro, 2013]. Burgos: **ABC**. Entrevista concedida a Judith de Jorge.

JOHANSON, Donald; WONG, Kate. **Lucy's legacy: the quest for human origins**. New York: Harmony Books, 2009. 309 p. p. 280. Disponível em: <<http://www.kilibro.com/en/book/preview/1048177/lucys-legacy>>. Acesso em: 13 ago. 2013.

JULIÁN GIL, Gastón. Fútbol y ritos de comensalidad: El chori como referente de identidades masculinas en la Argentina. **Anthropologica**, Lima, v. 22, n. 22, 2004.

KAPLAN, Hillard et al. A theory of human life history evolution: diet, intelligence, and longevity. **Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews**, v. 9, n. 4, p. 156-185, 2000.

KAPLAN, Matt. Upright orangutans point way to walking: tree-dwellers can benefit from standing on two legs. **Nature**, may. 2007. Disponível em: <<http://www.nature.com/news/2007/070531/full/news070528-8.html>>. Acesso em: 27 jul. 2013.

KIVELL, Tracy L.; SCHMITT, Daniel. Independent evolution of knuckle-walking in African apes shows that humans did not evolve from a knuckle-walking ancestor. **PNAS**, v. 106, n. 34, p. 14241-14246, aug. 2009.

KLEIN, Richard G. **The human career: human biological and cultural origins**. 2009. In: Website eFossil. Disponível em: <<http://www.efossils.org/page/phylogeny#>>. Acesso em: 3 ago. 2013.

KOEBNICK, Corinna et al. Consequences of a long-term raw food diet on body weight and menstruation: results of a questionnaire survey. **Ann. Nutr. Metab.**, v. 43, p. 69-79, 1999.

KUIPERS, Remko S. et al. Estimated macronutrient and fatty acid intakes from the East African Paleolithic diet. **British Journal of Nutrition**, v. 104, p. 1666-1687, 2010.

LACRUZ, Rodrigo S. et al. Facial Morphogenesis of the Earliest Europeans. **PLoS ONE**, v. 8, n. 6 (e65199), p. 1-7, jun. 2013.

LALAND, Kevin N.; ODLING-SMEE, John; MYLES, Sean. How culture shaped the human genome: bringing genetics and the human sciences together. **Nature Reviews Genetics**, v. 11, p. 137-148, feb. 2010.

LEAKEY, Richard; LEWIN, Roger. **Nuestros orígenes: en busca de lo que nos hace humanos**. Barcelona: Crítica, 1994. 301p.

LEITÃO, Monique; CASTELO-BRANCO, Rochele. Bebês: o irresistível poder da graça. Um estudo sobre o significado evolutivo dos traços infantis. **Estudos de Psicologia**, v. 15, n. 1, p. 71-78, jan./abr. 2010.

LEONARD, William R. Food for thought: nutrition & human evolution. **Scientific American**, v. 287, n. 6, p. 106-115, dec. 2002.

_____. Alimentos e a evolução humana: mudança alimentar foi a força básica para sofisticação física e social. **Scientific American Brasil**, Ed. Especial 8, p. 74-80, jan. 2003.

_____. Incidencia de la dieta en la hominización. **Investigación y Ciencia**, v. 317, p. 48-57, feb. 2003.

LEONARD, William R. et al. Metabolic correlates of hominid brain evolution. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Part A, v. 136, p. 5-15, 2003.

LEONARD, William R.; ROBERTSON, Marcia L.; SNODGRASS, Josh J. Effects of brain evolution on human nutrition and metabolism. **Annu. Rev. Nutr.**, v. 27, p. 311-327, 2007.

_____. Energetic models of human nutrition evolution. In: UNGAR, Peter S. **The known, the unknown, and the unknowable**. Oxford: OUP, 2007, p. 344-359, 409p.

LEONARD, William R; STOCK, Jay T.; VALEGGIA, Claudia R. Evolutionary perspectives on human diet and nutrition. **Evolutionary Anthropology**, v. 19, p. 85-86, 2010.

LÉVI-STRAUSS, Claude. **O cru e o cozido**. In: *Mitológicas*, v.1. São Paulo: Brasiliense, 1991. 376p.

LLORENTE, Carolina **¿Qué comían nuestros antepasados?** *Biología on-line*: v. 1, n. 1, feb. 2012. 23p.

LOVEJOY, Claude Owen. The origin of man. **Science Mag.**, v. 211, n. 4480, p. 341-350, jan. 1981.

_____. Evolution of human walking. **Scientific American**, v. 259, p. 82-89, nov. 1988.

MACIEL, Maria Eunice. Cultura e alimentação ou o que têm a ver os macaquinhos de Koshima com Brillat-Savarin? **Horizontes Antropológicos**, v. 7, n. 16, p. 145-156, 2001.

MARTIN, Robert. ¿Cuándo los humanos nos convertimos en humanos? 20 de agosto de 2008. Disponível em: <<http://concienciangela.blogspot.com.br/2008/08/en-qu-momento-nos-convertimos-en.html>>. Acesso em: 28 out. 2013.

MATEOS, Ana; RODRÍGUEZ, Jesús. **La dieta que nos hizo humanos**. Exposición temporal del Museo de la Evolución Humana, dic./abr. 2010/2011. Burgos, 2010. 64p.

MESZOLY, Laszlo. In: How running made us human: endurance running let us evolve to look the way we do. **Science Daily**, nov. 2004 Disponível em: <<http://www.sciencedaily.com/releases/2004/11/041123163757.htm>>. Acesso em: 16 jun. 2013

MILTON, Katharine. Distribution patterns of tropical plant foods as an evolutionary stimulus to primate mental development. **American Anthropologist**, v. 83, n. 3, p. 534-548, sep. 1981.

_____. Primate diets and gut morphology: implications for hominid evolution. In: **Food and Evolution: toward a theory of food habits**, eds. Harris M, Ross EB; Temple University Press, Philadelphia, p. 93-115, 1987. Disponível em: <<http://www.beyondveg.com/billings-t/comp-anat/comp-anat-6c.shtml>>. Acesso em: 24 jul. 2013.

_____. Dieta y evolución de los primates. . **Investigación y Ciencia**, v. 205, p. 56-63, 1993.

MINDLIN, Betty. O fogo e as chamas dos mitos. **Estudos Avançados**, v. 16, n. 44, p. 149, 2002.

MONTANARI, Massimo. **La comida como cultura**. Gijón: Ediciones Trea, 2004. 126 p.

MORGAN, Elaine. The naked Darwinist: questions about human evolution. Eastbourne: Eildon Press, 2008. 93p.

NADAL, Marcos; CAPÓ, Miguel A.; CELA-CONDE, Camilo J. El papel de la teoría evolutiva en la antropología. **Evolución**, v. 1, n. 1, p. 43-46, 2006.

NAJJAR, Rosana; DUARTE, Maria Cristina C. **Manual de arqueología histórica em projetos de restauração**. Brasília: IPHAN, 2002. 57p.

NAVARRETE, Ana; van SCHAIK, Carel P.; ISLER, Karin. Energetics and the evolution of human brain size. **Nature**, v. 480, n. 7375, p. 91-93, dec. 2011.

NESSE, Randolph M. Darwinian medicine and mental disorders. **International Congress Series**, v. 1296, p. 83-94, jun. 2006.

NETTER, Frank H. **Atlas de Anatomia Humana**. 2ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. 525 p.

NETXPLICA, 2005-2013. Disponível em:
<http://www.netxplica.com/figuras_netxplica/verifica/isotopos.png>. Acesso em: 23 jun. 2013

OMNIVORE vs. Herbivore, dec. 2012. Disponível em:
<<http://www.lucemquaero.com/2012/12/omnivore-vs-herbivore.html>>. Acesso em: 24 jul. 2013.

PALEONTÓLOGOS y cocineros vinculan la gastronomía con la evolución. **La Nueva España-es**, Burgos. Oct. 2012. Disponível em: <<http://www.lne.es/sociedad-cultura/2012/10/28/paleontologos-cocineros-vinculan-gastronomia-evolucion/1318389.html>>. Acesso em: 28 jul. 2013.

PETERS, Achim et al. The selfish brain: competition for energy resources. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 28, p. 143-180, 2004.

PINKER, Steven. O nicho ecológico: coevolução de inteligência, sociabilidade e linguagem. **Letras de Hoje**, v. 45, n. 3, p. 6-17, jul./set. 2010.

PIPA, Francisco. **A evolução cultural da cooperação**, Lisboa. 2011. 135 f. Tese (Mestrado em Ciência Cognitiva), Faculdades de Ciências, Letras, Medicina e Psicologia, Universidade de Lisboa, Lisboa. 2011.

POLLAN, Michael. **O dilema do onívoro**: uma história natural de quatro refeições. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2007. 449 p.

POLLICK, Amy S.; de WAAL, Frans B.M. Ape gestures and language evolution. **PNAS**, v. 104, n. 19, p. 8184-8189, may 2007.

PONS, Silvia C. Pontos de partida teórico-metodológicos para o estudo sociocultural da alimentação em um contexto de transformação. In: CANESQUI, Ana Maria (org.). **Antropologia e nutrição: um diálogo possível**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2005. 305p. p. 101-126.

PONTZER, Herman. Overview of hominin evolution. **Nature Education Knowledge**, v. 3, n. 10, p. 1-8, 2012.

PRADO, Ana Carolina. Da panela viemos. **Superinteressante**, São Paulo: Abril, v. 24, n. 285, p. 80-85, dez. 2010.

PRÜFER, Kay et al. The bonobo genome compared with the chimpanzee and human genomes. **Nature**, v. 486, p. 527-531, jun. 2012.

RAICHLEN, David A.; ARMSTRONG, Hunter; LIEBERMAN, Daniel E. Calcaneus length determines running economy: Implications for endurance running performance in modern humans and Neandertals. **Journal of Human Evolution**, v. 60, p. 299-308, 2011.

READER, John. **Africa, a biography of the continent**, Cap.9: Cool systems (tradução LC Azenha). New York: Vintage Book, 1999, p. 83-90. Disponível em: <<http://www.viomundo.com.br/humor/da-necessidade-de-manter-a-cabeca-fria.html>>. Acesso em: 27 jul. 2013.

READER, Simon M.; LALAND, Kevin N. Social intelligence, innovation, and enhanced brain size in primates. **PNAS**, v. 99, n. 7, p. 4436-4441, apr. 2002.

RIBAS, Guilherme C. Considerações sobre a evolução filogenética do sistema nervoso, o comportamento e a emergência da consciência. **Rev Bras Psiquiatr**, v. 28, n. 4, p. 326-338, 2006.

RODMAN, Peter S.; McHENRY, Henry M. Bioenergetics and the origin of hominid bipedalismo. **Am.Jour.Phys.Anthr.** , v. 52, p. 103-106, 1980.

RODRIGUES, Luis A.; SANTOS, Vanda F. Morfometria geométrica: aplicações em paleobiologia de dinossauros. **Ciências da Terra (UNL)**, v. 5 (Especial), p. A141-A145, 2003. Disponível em:

<http://www.researchgate.net/publication/40664194_Morfometria_geomtrica_aplicaes_em_paleobiologia_de_dinossurios_>. Acesso em: 6 ago. 2013.

RODRIGUES, Regina O. Brasil Paleoíndio. mar, 2009. Disponível em:

<<http://gehetec.blogspot.com.br/2009/03/brasil-paleoindio-por-regina-oliveira.html>>. Acesso em: 6 ago. 2013.

ROGERS, Alan R.; ILTIS, David; WOODING, Stephen. Genetic variation at the *MC1R* locus and the time since loss of human body hair. **Current Anthropology**, v. 45, p. 105-108, 2004.

ROMER, Ingrid et al. **Membrana plasmática**. 2005. Disponível em:

<<http://genomasur.com/lecturas/Guia04.htm>>. Acesso em: 21 set. 2013.

ROSENBERG, Karen; TREVATHAN, Wenda R. The evolution of human birth. **Scientific American**, v. 285, n. 5, p. 72-77, nov. 2001.

ROTH, Gerhard; DICKE, Ursula. Evolution of the brain and intelligence. **TRENDS in Cognitive Sciences**, v. 9, n.5, may 2005.

RUXTON, Graeme D.; WILKINSONB, David M. Avoidance of overheating and selection for both hair loss and bipedality in hominins. **PNAS**, v. 108, n. 52, p. 20965-20969, dec. 2011.

SAKAI, Tomoko et al. Fetal brain development in chimpanzees versus humans. **Current Biology**, v. 22, n. 18, p. R791-R792, sep. 2012.

SANTOS, Carlos R. A. Saber e sabor: as dimensões do gosto. Texto apresentado no Seminário da Linha de Pesquisa Intersubjetividade e Pluralidade do Programa de Pós-graduação em História da Universidade Federal do Paraná (PGHIS-UFPR), 2010, p. 2. Disponível em:

<<http://xa.yimg.com/kq/groups/25162162/1568209749/name/Saber+e+sabor+as+dimens%C3%B5es+do+gosto.doc>>. Acesso em: 29 set. 2013.

SCOTT, Andrew C. The Pre-Quaternary history of fire **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 164, p. 297-345, 2000.

SENUT, Brigitte et al. First hominid from the Miocene (Lukeino Formation, Kenya). **Sciences de la Terre et des planètes/Earth and Planetary Sciences**, v. 332, p. 137-144, 2001.

SERRANO RAMOS, Alexia. Patrones y tendencias en la encefalización del género *Homo*. **@rqueología y Territorio**, v. 9, p. 1-17, 2012.

SEYFARTH, Robert M.; CHENEY, Dorothy L. What are big brains for? **PNAS**, v. 99, n. 7, p. 4141-4142, apr. 2002.

SHEA, John J. El mito de nuestro origen. **Investigación y Ciencia**, v. 418, p. 70-77, 2011.

SHREEVE, James. The greatest journey. **National Geographic**, p. 60-73, mar. 2006.
Disponível em: <<http://race.voices.wooster.edu/files/2012/05/The-Greatest-Journey.pdf>>.
Acesso em: 12 out. 2013.

SILVA, Caio S.F. **Tempo geológico e evolução**. 2009. Disponível em:
<<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=581>>. Acesso em: 11 jun. 2013.

SIMOPOULOS, Artemis P. Evolutionary aspects of diet, essential fatty acids and cardiovascular disease. **European Heart Journal Supplements**, v. 3, Suppl. D, p. D8-D21, 2001.

SMITH, Colleen. **Bioquímica Médica Básica de Marks: uma abordagem clínica**, 2ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. 980 p. p. 594-667.

SNODGRASS, Josh J.; LEONARD, William R.; ROBERTSON, Marcia L. The energetics of encephalization in early hominids. In: HUBLIN, Jean-Jacques & RICHARDS, Michael P. **Evolution of hominids diets: Integrating approaches to the study of Palaeolithic subsistence**. Dordrecht, Springer, p. 15-29, 2009.

SOCKOL, Michael D.; RAICHLIN, David A.; PONTZER, Herman. Chimpanzee locomotor energetics and the origin of human bipedalism. **PNAS**, v. 104, n. 30, p. 12265-12269, jul. 2007.

STANFORD, Craig. **Como nos tornamos humanos: um estudo da evolução da espécie humana**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. 228p.

STEP BY STEP: the evolution of bipedalism. Lesson Overview, University of Texas. eFOSSIL, jan. 2012. 27p. Disponível em: <http://efossils.org/sites/efossils.org/files/Step%20by%20Step-Bipedalism%20Evolution_1.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2013.

STEVENS, C. Edward; HUME, Ian D., 1995. In: BILLINGS, Tom. **Overview of gut** (digestive system): morphology in Primates and humans, 1999. Disponível em: <<http://www.beyondveg.com/billings-t/comp-anat/comp-anat-6c.shtml>>. Acesso em: 7 set. 2013.

SZOSTEKA, Krzysztof; GLAB, Henryk; PUDLO, Aleksandra. The use of strontium and barium analyses for the reconstruction of the diet of the early medieval coastal population of Gdan'sk (Poland): a preliminary study. **HOMO**, Journal of Comparative Human Biology, v. 60, p. 359-372, 2009.

TATTERSALL, Ian. O fim da evolução humana: depoimento. [v. 51, ago, 2006]. Scientific American Brasil. Entrevista concedida a Giovanni Spataro. Disponível em: <http://www2.uol.com.br/sciam/artigos/o_fim_da_evolucao_humana_imprimir.html>. Acesso em: 18 jun. 2013.

_____. Once we were not alone. **Scientific American**, v. 282, n. 1, p.56-62, jan. 2000.

TOLEDO, Gustavo L. **Controvérsias meméticas: a ciência dos memes e o darwinismo universal em Dawkins, Dennett e Blackmore**. 2009. 467 f. Tese (Doutorado em Filosofia), Departamento de Filosofia do Centro de Teologia e Ciências Humanas, PUC-Rio, Rio de Janeiro. 2009.

TOOBY, John; DeVORE, Irven. The reconstruction of hominid behavioral evolution through strategic modeling. p. 183-237. In: **The evolution of human behavior: primate models**. New York, NY: SUNY Press, 1987. 299 p.

TOOTS, Heinrich; VOORHIES, Michael R. Strontium in fossil bones and the reconstruction of food chains. **Science**, v. 149, p. 854-855, 1965.

TRANCHO, Gonzalo J.; ROBLEDO, Beatriz. **Paleodieta: estudio del patrón alimenticio en El Cerro de la Cabeza (Ávila)**. Junta de Castilla y León. Universidad Complutense Madrid, ISBN: 84-922875-4-5, 1999.

_____. Human skeletal remains from the Mesolithic site of Sheikh Mustafa (Central Sudan). An anthropometric and palaeodietary analysis. **Complutum**, v. 14, p. 401-408, 2003.

TRAUTH, Martin H. et al. Human evolution in a variable environment: the amplifier lakes of Eastern Africa. **Quaternary Science Reviews**, v. 29, n. 23-24, p. 2981-2988, nov. 2010.

TYLER-SMITH, Chris; XUEL, Yali. Sibling rivalry among paralogs promotes evolution of the human brain. **Cell**, v. 149, p. 937-939, may 2012.

UNGAR, Peter S.; GRINE, Frederick K.; TEAFORD, Mark F. Diet in early *Homo*: a review of the evidence and a new model of adaptive versatility. **Annu. Rev. Anthropol.**, v. 35, p. 209-228, 2006.

UNGAR, Peter S.; SPONHEIMER, Matt. The diets of early hominids. **Science**, v. 334, n. 6053, p. 190-193, oct. 2011.

VALENZUELA, Alfonso. Evolución bioquímica de la nutrición: del mono desnudo al mono obeso. **Revista Chilena de Nutrición**, v. 34, n. 4, p. 282-290, 2007.
van SCHAIK, Carel P.; ISLER, Karin; BURKART, Judith M. Explaining brain size variation: from social to cultural brain. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 16, n. 5, p. 277-284, apr. 2012.

VAUGHAN, Christopher L. Theories of bipedal walking: an odyssey. **Journal of Biomechanics**, v. 36, n. 4, p. 513-523, abr. 2003.

WARD, Carol; KIMBEL, William; JOHANSON, Donald C. Complete Fourth Metatarsal and Arches in the Foot of *Australopithecus afarensis*. **Science**, v. 331, n. 6018, p. 750-753, feb. 2011.

WATTS, David P. Environmental influences on Mountain Gorilla time budgets. **American Journal of Primatology**, v. 15, p. 195-211, 1988.

WAYMAN, Erin. Human ancestors scrambled to their feet, a new explanation for bipedalism asserts. **Science News**, v. 3, n. 25, p.1-2, jul. 2013. Disponível em:
<http://www.sciencenews.org/view/generic/id/351339/description/Human_ancestors_scrambled_to_their_feet_a_new_explanation_for_bipedalism_asserts>. Acesso em: 26 ago. 2013.

WHEELER, Peter E. The influence of the loss of functional body hair on the water budgets of early hominids. **Journal of Human Evolution**, v. 23, p. 379-388, 1992.

_____. The thermoregulatory advantages of heat storage and shade-seeking behavior to hominids foraging in equatorial savannah environments. **Journal of Human Evolution**, v. 26, p. 339-350, 1994.

WHITE, Tim D. Earliest hominids. In: HARTWIG, Walter C. **The Primate Fossil Record**. Cambridge: Cambridge Press, 2004. 523 p. p. 407-717. Disponível em: <books.google.com>. Acesso em: 16 jul. 2013.

WHITEN, Andrew; ERDAL, David. The human socio-cognitive niche and its evolutionary origins. **Phil. Trans. R. Soc. B**, v. 367, p. 2119-2129, 2012.

WHITEN, Andrew; van SCHAIK, Carel P. The evolution of animal 'cultures' and social intelligence. **Phil. Trans. R. Soc.** v. 362, p. 603-620, jan. 2007.

WICK, Georg et al. A Darwinian-evolutionary concept of age-related diseases. **Experimental Gerontology**, v. 38, n. 1-2, p. 13-25, jan./feb. 2003.

WITTMAN, Anna B.; WALL, L. Lewis. The evolutionary origins of obstructed labor: bipedalism, encephalization, and the human obstetric dilemma. **Obstetrical and Gynecological Survey**. CME Review Article 32, v. 62, n. 11, 739-748, 2007.

WONG, Kate. El origen del género *Homo*. **Investigación y Ciencia**, v. 429, p. 17-25, jun. 2012.

WOOD, Bernard. Palaeoanthropology: Hominid revelations from Chad. **Nature**, v. 418, p. 133-135, jul. 2002.

WRANGHAM, Richard. **Pegando fogo: por que cozinhar nos tornou humanos**. Rio de Janeiro: Zahar, 2010. 226 p.

WRANGHAM, Richard; CONKLIN-BRITTAIN, NancyLou. Cooking as a biological trait. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Part A, v. 136, p. 35-46, jan. 2003.

WYLES, Jeff S.; KUNKEL, Joseph G.; WILSON, Allan C. Birds, behavior, and anatomical evolution: rates of evolution/nongenetic propagation of new habits/brain size. **Proc. Natl. Acad. Sci.**, v. 80, p. 4394-4397, jul. 1983.

YOUNG, Richard W. Evolution of human hand: the role of throwing and clubbing. **J. Anat.**, v. 202, p. 165-174, 2003.

ZAGATTO, Elias et al. Isótopos de carbono em estudos ambientais. **FAN II**, 2000. 15 p.

Disponível em:

<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CD0QFjAC&url=http%3A%2F%2Fapostilas.cena.usp.br%2FZagatto%2FFAN2-CarbonoAmbiente.doc&ei=sg92UoL-BcfK4APn0YGwBw&usg=AFQjCNFXoC8M9a_QNndW8xApOImidPxA2w&sig2=w_m7gdfnmRU0jtsH7Lvtfg&bvm=bv.55819444,d.dmg>. Acesso em 3 nov. 2013.

ZELMAN, Kathleen M. Diet Review: The Caveman (Paleo) Diet. **WebMD**, aug. 2010.

Disponível em: <<http://www.webmd.com/diet/features/the-cookie-diet>>. Acesso em: 12 dec. 2013.

ZOLLIKOFER, Christoph P. E.; PONCE DE LEÓN, Marcia S. Pandora's growing box: inferring the evolution and development of hominin brains from endocasts. **Evolutionary Anthropology**, v. 22, n. 1, p. 20-33, feb. 2013.

ZORZETTO, Ricardo. Números em revisão: recontagem de neurônios põe em xeque ideias da neurociência. **Pesquisa FAPESP**, v. 192, p. 18-23, fev. 2012.

ZUCOLOTO, Fernando **Por que comemos o que comemos?** Rio de Janeiro: Mauad X, 2008. 127 p.