



UEPB

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I - CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

RAISSA CAROLINE RODRIGUES MACIEL

**CORRELAÇÕES ENTRE A SELEÇÃO NATURAL E ADAPTAÇÕES RECENTES
NO HUMANO MODERNO:
UMA REVISÃO DE LITERATURA**

**CAMPINA GRANDE- PB
2023**

RAISSA CAROLINE RODRIGUES MACIEL

**CORRELAÇÕES ENTRE A SELEÇÃO NATURAL E ADAPTAÇÕES RECENTES
NO HUMANO MODERNO:
UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado ao Departamento de Biologia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Evolução humana

Orientadora: Profa. Dra. Aline dos Santos de Maman

Coorientador: Prof. Dr. Mathias Weller

**CAMPINA GRANDE - PB
2023**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

M152c Maciel, Raissa Caroline Rodrigues.
Correlações entre a seleção natural e adaptações recentes no humano moderno [manuscrito] : uma revisão de literatura / Raissa Caroline Rodrigues Maciel. - 2023.
27 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2023.

"Orientação : Profa. Dra. Aline dos Santos de Maman, Coordenação de Curso de Biologia - CCBS. "

"Coorientação: Prof. Dr. Mathias Weller , Coordenação de Curso de Biologia - CCBS."

1. Evolução humana. 2. Seleção natural. 3. Adaptação. 4. Humano moderno. I. Título

21. ed. CDD 570

RAISSA CAROLINE RODRIGUES MACIEL

CORRELAÇÕES ENTRE A SELEÇÃO NATURAL E ADAPTAÇÕES RECENTES NO
HUMANO MODERNO:
UMA REVISÃO DE LITERATURA

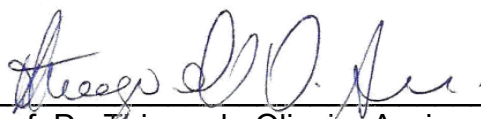
Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo)
apresentado ao Departamento de Biologia
da Universidade Estadual da Paraíba,
como requisito parcial à obtenção do título
de Bacharel em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Evolução Humana.

Aprovada em: 27/11/2023.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Aline dos Santos de Maman (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Thiago de Oliveira Assis
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Prof. Dr. Edmilson de Souza Ramos Neto
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Agradeço imensamente as pessoas que tornaram este trabalho possível.

A Deus, minha fonte de força e inspiração, que me capacitou e guiou em cada passo.

A meu pai Riuly Maciel, e minha mãe Vânia Rodrigues, por seu amor incondicional, e por sempre me encorajarem a seguir meus sonhos.

A minha irmã, Renata Kelly, por todo o seu apoio e incentivo constante.

A minha orientadora Aline de Maman, e coorientador Mathias Weller pela orientação e sabedoria.

A banca examinadora, por sua avaliação e contribuição.

E aos meus colegas de turma, Raysla Almeida e Rafael Nascimento, pela amizade e apoio ao longo desta jornada.

Muito obrigada por fazerem parte da minha história.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	METODOLOGIA	8
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
3.1	Adaptações relacionadas ao comportamento	11
3.2	Adaptações relacionadas à dieta e atividade física	13
3.3	Adaptações relacionadas ao clima e altitude	15
4	CONCLUSÃO	22
	REFERÊNCIAS	22

**CORRELAÇÕES ENTRE A SELEÇÃO NATURAL E ADAPTAÇÕES RECENTES
NO HUMANO MODERNO:
UMA REVISÃO DE LITERATURA**

**CORRELATIONS BETWEEN NATURAL SELECTION AND RECENT
ADAPTATIONS IN MODERN HUMANS:
A LITERATURE REVIEW**

Raissa Caroline Rodrigues Maciel¹

RESUMO

A primeira população humana surgiu no Continente Africano, há cerca de 2 milhões de anos, mas os humanos da espécie *Homo sapiens* surgiram apenas há cerca de 200 mil anos. Em torno de 50.000 a 100.000 anos atrás os humanos deixaram o Continente Africano e se dispersaram pelos outros continentes, quando foram expostos a novas condições ambientais e desenvolveram inovações culturais. Há evidências de adaptações dos sistemas orgânicos dos indivíduos de diferentes populações, em consequência da diversidade das condições ambientais e dos hábitos de vida. Portanto, o objetivo deste trabalho foi buscar evidências recentes da evolução através da seleção natural em humanos modernos. Para tanto, foi realizada uma revisão narrativa de literatura, desenvolvida entre os anos de 2021 e 2023, que utilizou como fonte de pesquisa as bases de dados de periódicos nacionais e internacionais. Foram consultados os artigos dos últimos 38 anos que abordam a evolução do humano moderno com suas adaptações morfológicas e fisiológicas, sendo selecionados 46 trabalhos, entre artigos, livros, dissertações e teses. A evolução humana ocorre desde o surgimento da espécie, através de mutações genéticas e pressões seletivas relacionadas aos fatores ambientais, como por exemplo: a dieta, o clima, a altitude e as práticas culturais. O corpo humano tem sofrido as consequências das recentes mudanças nos hábitos de vida e não houve tempo suficiente para que adaptações vantajosas do humano moderno, através da seleção natural, nos protejam das doenças decorrentes dessa mudança de hábitos. Entretanto, algumas adaptações vantajosas já se mostram significativas nas populações em geral, como fortalecimento dos laços afetivos e convívio entre familiares, aumentando o sucesso reprodutivo por dificultar a afeição entre familiares de forma romântica; produção prolongada da enzima lactase em consequência da ingestão de leite na idade adulta; redução da pigmentação da pele e redução da densidade de massa óssea em populações que vivem sob condições de baixa exposição à luz solar, aumentando a capacidade de absorção dos raios solares, ao mesmo tempo que reduz a quantidade necessária de vitamina D e cálcio para a mineralização dos ossos; alargamento ou estreitamento das narinas de acordo com o clima favorecendo adequada temperatura e umidade do ar inalado e, dessa forma, protegendo as vias aéreas durante a respiração; ajustes nos níveis de hemoglobina no sangue em populações que vivem em altas altitudes; aumento do tamanho do baço em populações cujo sustento depende da pesca por meio de mergulhos em apneia;

¹

¹ raissa.maciel@aluno.uepb.edu.br
<https://lattes.cnpq.br/9426491621793926>

maior quantidade de gordura localizada na pálpebra superior dos olhos dos povos do leste asiático diante do clima de ventanias e luz forte do sol; surgimento do epicantos devido ao ambiente de alto relevo .

Palavras-chave: evolução humana; humano moderno; seleção natural; adaptação; epigenética.

ABSTRACT

The first human population appeared in the African Continent, about 2 million years ago, but humans of the *Homo sapiens* species appeared only about 200,000 years ago. Around 50,000 to 100,000 years ago, humans left African Continent and dispersed across other continents, when they were exposed to new environmental conditions and developed cultural innovations. There is evidence of adaptations in the organic systems of individuals from different populations, as a result of the diversity of environmental conditions and life habits. Therefore, the aim of this work was to seek recent evidence of evolution through natural selection in modern humans. To this end, a narrative literature review was carried out, developed between the years 2021 and 2023, which used the databases of national and international journals as a research source. Articles from the last 38 years that address the evolution of modern humans with their morphological and physiological adaptations were consulted, and 46 works were selected, including articles, books, dissertations and theses. Human evolution occurs since the emergence of the species, through genetic mutations and selective pressures related to environmental factors, such as: diet, climate, altitude and cultural practices. The human body has suffered the consequences of recent changes in life habits and there has not been enough time for advantageous adaptations of modern humans, through natural selection, to protect us from the diseases resulting from this change in habits. However, some advantageous adaptations are already significant in populations in general, such as strengthening affective ties and interaction between family members, increasing reproductive success by making romantic affection between family members more difficult; prolonged production of the lactase enzyme as a result of milk ingestion in adulthood: reduced skin pigmentation and reduced bone mass density in populations living under conditions of low exposure to sunlight, increasing the ability to absorb sunlight, while at the same time that it reduces the necessary amount of vitamin D and calcium for the mineralization of the bones: widening or narrowing of the nostrils according to the climate favoring adequate temperature and humidity of the inhaled air and, in this way, protecting the airways during breathing: adjustments in blood hemoglobin levels in populations living at high altitudes: increase in spleen size in populations whose livelihoods depend on fishing through breath-hold diving.

Keywords: human evolution; modern human; natural selection; adaptation; epigenetic.

1 INTRODUÇÃO

A Evolução humana pode ser definida como alteração das frequências de alelos pertencentes ao conjunto gênico da população estudada. Essa alteração pode interferir na anatomia, na fisiologia ou no comportamento, podendo ser vantajosa para a adaptação dos indivíduos ao seu habitat. A alteração das frequências gênicas depende de diversos fatores

evolutivos, como mutações gênicas aleatórias, deriva genética, fluxos gênicos de populações migrantes ou seleção natural, definida por Darwin (1859) como sendo a preservação das variações favoráveis e a supressão das prejudiciais (DARWIN, 2003),(SOUZA; TONI; CORDEIRO, 2011).

A primeira população humana surgiu no Continente Africano, há cerca de 2 milhões de anos, mas os humanos da espécie *Homo sapiens* surgiram no máximo há 200 mil anos. Através dos registros fósseis, foi possível construir narrativas sobre a evolução humana, levando em consideração os fatores responsáveis pela diferenciação dos humanos em comparação aos demais primatas, pois foram adquiridas características unicamente humanas, relacionadas à cultura, ao comportamento e à inteligência (VIEIRA e OLIVA, 2017). Há cerca de 50.000 a 100.000 anos, os humanos modernos deixaram a África subsaariana e começaram a ocupar rapidamente diversos ambientes (no Continente Africano e fora dele). Esses humanos foram expostos a novas condições ambientais e desenvolveram inovações culturais, o que impulsionou as adaptações locais (PRITCHARD et al., 2010; VOIGHT et al., 2007; REES et al., 2020; JEONG; DI RIENZO, 2014). Para Ilardo e Nilsen (2018), situações como estas são ótimas oportunidades para estudar as respostas fisiológicas às condições de vida em ambientes extremos, a fim de identificar as adaptações genéticas adquiridas.

Dentre as pressões seletivas, as que serão abordadas neste artigo são relacionadas às alterações no organismo humano decorrentes da cultura e atividades que o corpo desempenha, da dieta, do clima e da altitude. Essas pressões seletivas causam mudanças genéticas e, conseqüentemente, adaptações expressas em fenótipos. Todas as pressões seletivas geradas pelo fator ambiental causam alterações nos alelos do genótipo do indivíduo e, conseqüentemente, diferenças fenotípicas entre populações, pois a seleção natural atuará nas características adaptativas (PRITCHARD et al., 2010; REES et al., 2020; JEONG; DI RIENZO 2014).

Para Darwin, as variações fenotípicas entre populações existem por causa da seleção natural, que ocorre quando indivíduos em um determinado ambiente adquirem uma característica que lhes proporciona maior capacidade de sobrevivência, sendo essa característica passada de geração em geração (SILVA; SANTOS, 2015; VIEIRA e OLIVA, 2017).

Desta forma, com o passar das gerações, os indivíduos teriam características vantajosas que lhes garantiriam o sucesso na sobrevivência, e conseqüentemente o sucesso reprodutivo. Para Silva e Santos (2015), a seleção ocorre através de modificações de organismo para organismo, diante das condições em que o organismo vive e suporta. Assim, de forma gradual e acumulativa, os indivíduos se adaptam ao ambiente no qual são testados, para que ocorra a preservação de certas variedades dentro da população.

Novos métodos estão surgindo para que estudos originais sobre a evolução no humano moderno sejam feitos, a fim de elucidar ainda mais essas questões evolutivas, como o papel da seleção positiva que molda a variação humana, a combinação da genética e ambiente, assim como a evolução conjunta de populações que vivem em ambientes diferentes sob pressão seletiva semelhante (PRITCHARD et al., 2010; PICKRELL et al., 2009; REES et al., 2020).

Esse tema tem grande relevância em nossa atualidade para que possamos compreender as diferenças fenotípicas dos indivíduos que constituem populações de diferentes regiões, além de fornecer base para a identificação da origem de alterações genéticas que possam afetar a função, o fenótipo e a saúde dos indivíduos (REES et al., 2020).

No entanto, embora esse tema seja muito relevante em nosso cenário atual, são escassos os trabalhos que discutam esse ponto de vista teórico e contextual, compilando as informações mais importantes e atuais sobre ele. Faz-se necessária uma revisão de literatura sobre o tema,

reunindo as informações mais relevantes publicadas sobre esse assunto, a fim de discutir essa temática e preencher essa lacuna existente na literatura.

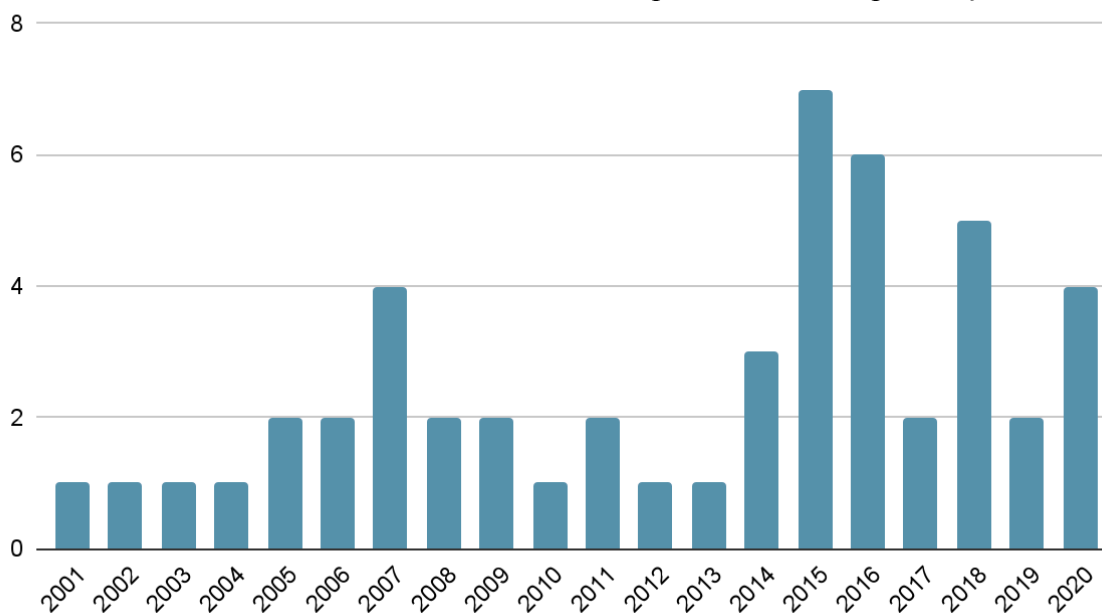
Portanto, o objetivo deste trabalho foi buscar evidências recentes da evolução através da seleção natural em humanos modernos. Para tanto, foi realizada uma revisão narrativa de literatura, desenvolvida entre os anos de 2021 e 2023, que utilizou como fonte de pesquisa as bases de dados de periódicos nacionais e internacionais. Foram consultados os artigos dos últimos 38 anos que abordam a evolução do humano moderno com suas adaptações, sendo selecionados 46 trabalhos, entre artigos, livros e teses.

2 METODOLOGIA

A referida pesquisa, desenvolvida entre os anos de 2021 e 2023, tem como proposta uma revisão narrativa de literatura, a partir das publicações científicas relacionadas às adaptações dos sistemas orgânicos do humano moderno de diferentes populações, em consequência da diversidade das condições ambientais e dos hábitos de vida, através da seleção natural, publicadas entre os anos de 2001 e 2020. Como fonte de pesquisa, foram consultadas as bases de dados eletrônicas Portal de periódicos da Capes, MEDLINE, LILACS e SciELO, via Biblioteca Virtual da Saúde. Para a busca nas bases de dados foram utilizadas, como palavras-chave, as seguintes expressões ou grupos de palavras: adaptação genética, evolução humana, humano moderno, seleção natural, epigenética, *genetic adaptation*, *human evolution*, *modern human*, *natural selection*, *epigenetic*. Foram excluídas as referências que não estavam dentro da temática proposta.

O número de estudos, relacionados às adaptações dos sistemas orgânicos do humano moderno em consequência da diversidade das condições ambientais e dos hábitos de vida, que foram incluídos nesta revisão, está exposto na Figura 1.

Figura 1- Quantidade de estudos selecionados, e os respectivos anos de publicação.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme evidências recentes que estão descritas a seguir, os sistemas orgânicos do humano moderno permanecem susceptíveis a adaptações morfológicas e / ou fisiológicas que garantam o sucesso na sobrevivência, de acordo com as características do ambiente em que vivem, atividades que desempenham e características culturais.

Na sociedade moderna, onde todos os dias somos expostos a situações e a tecnologias diferentes, será que é possível que os humanos modernos estejam em evolução, ou simplesmente não há mais espaço para a evolução na nossa espécie?

Há pouco tempo acreditava-se que a espécie humana não estava mais se adaptando, e que os processos de adaptação haviam encerrado cerca de 40.000-50.000 anos atrás. Mas nos últimos anos, inúmeras evidências vêm se acumulando, e sugerem que a seleção natural está atuando na espécie humana há milhares de anos (BEAUCHAMP, 2016).

O humano anatomicamente moderno surgiu na África há cerca de 100.000 a 200.000 anos (PREZEWORSKI; WALL, 2005), e iniciou a sua expansão para outras localidades da África, e para fora dela. Desta forma, eles foram expostos a outras pressões ambientais que fizeram com que o seus genótipos e fenótipos fossem mudados, garantindo vários estilos de vida e diferentes culturas (ILARDO; NILSEN, 2018).

A seleção natural acontece quando, diante das pressões seletivas que ocorrem num determinado ambiente, o indivíduo que possui uma característica vantajosa passa essa característica para as próximas gerações até que se torne uma característica fixa na população, ao mesmo tempo que as características desvantajosas se tornam cada vez menos comuns (HANCOCK; DI RIENZO, 2008).

Muitas das novas características adquiridas pelo humano moderno, surgiram logo após sua migração para fora da África, há cerca de 70.000 anos (ZHOU et al., 2015; VOIGHT et al., 2007) e pela introdução da agricultura e agropecuária há cerca de 10.000 anos (CORDAIN et al., 2005). Ao longo desse tempo surgiram tanto as adaptações vantajosas, como também aquelas em relação aos patógenos e outras exposições relacionadas com seus hábitos, pois com o advento da agricultura, houve um aumento da densidade populacional, e com isso ocorreu a disseminação de doenças infecciosas (VOIGHT et al., 2007).

Mudanças genéticas que tornam os indivíduos mais aptos para o seu ambiente, em comparação com outras populações da mesma espécie, são favorecidas pela seleção natural. Os alelos que são selecionados nesta adaptação podem ser mais benéficos em um ambiente do que em outro (REES et al., 2020).

Cordain et al. (2005) afirmam que se as condições ambientais permanecerem constantes, as características genéticas vantajosas são mantidas pela seleção estabilizadora, mas se a condição ambiental muda permanentemente, a seleção estabilizadora é substituída pela seleção direcional, onde ocorrem novos ajustes. Quando a condição ambiental muda, pode ocorrer a discordância evolutiva, situação em que o genoma pode ser afetado e o fenótipo expresso em doenças, morbidade e mortalidade, com conseqüente redução no sucesso reprodutivo. Frequentemente as espécies experimentam eventos demográficos que aumentam a deriva genética e mudanças ambientais que interferem nas pressões seletivas (KEY et al., 2014).

Darwin e Wallace defendem que a seleção natural atua para que haja a variação biológica, e que assim, indivíduos se tornem aptos em seu ambiente, mas não desconsideram outros processos evolutivos. Lamarck defende que essas modificações são ações das condições de vida, entrecruzamento de formas existentes, desenvolvimento progressivo, uso e desuso, responsáveis pelas adaptações da natureza.

Silva e Santos (2015) afirmam que as variações adquiridas pelo indivíduo são determinadas pela disponibilidade de alimentos e nutrientes, pelo clima, pela distribuição geográfica da espécie e pelo isolamento geográfico. Características como a manutenção da produção da lactase, pigmentação da pele e adaptação a grandes altitudes evoluíram em paralelo em muitas populações humanas. De acordo com Ryan (2006), a epigenética estuda as mudanças hereditárias que são expressas pelos genes, sem que ocorra uma mudança na sequência de DNA. Para Darwin, a seleção natural é aplicada para todos os seres vivos, e na espécie *homo sapiens*, ela explica também a evolução das suas faculdades morais e intelectuais. As diferenças linguísticas entre populações diminuem a chance de troca entre elas, portanto, a linguagem pode influenciar os genes de forma significativa (BRENNNA; QUINTANA-MURCI, 2018).

O comportamento social pode ter impacto profundo na regulação do gene e fenótipos finais (BRENNNA; QUINTANA-MURCI, 2018). Inclusive, Peric e Murrieta (2015) consideram que o surgimento da internet e o realismo virtual também têm um papel na revolução de informações e pode ser o marco da passagem do holoceno para o antropoceno.

Muitos estresses sociais, ambientais e emocionais, experimentados durante a vida do indivíduo, podem causar modificações epigenéticas, alterando a expressão do gene sem alterar a sequência de DNA, essas variantes podem afetar a saúde física e mental (MULLIGAN, 2018). Casos de adaptações genéticas que levaram a mudanças de fenótipos em resposta à dieta, como a adaptação para o consumo de leite, adaptação a ambientes frios e adaptação a níveis mais baixos de luz solar (QUINTANA-MURCI, 2016).

Tabela 1- Adaptações no humano moderno evidenciadas nos estudos incluídos nesta revisão.

Tipos de adaptações	Adaptações dos sistemas orgânicos	Autores
Adaptações relacionadas ao comportamento	Comportamento sexual	ZIETSCH et al., 2015; PERIC; MURRIETA, 2015; POLIPPO et al., 2016; CARVALHO, 2008; VIEIRA e OLIVA, 2017; WALTER, 2009; SANTOS et al., 2013.
	Percepção do olhar	YORZINSKI E MILLER, 2020.
Adaptações relacionadas à dieta e atividades físicas	Resistência à insulina	CORDAIN et al., 2005; HANCOCK; DI RIENZO, 2008; PICKRELL et al., 2009.
	Suscetibilidade a Hipertensão	HUNTER YOUNG et al., 2017; CORDAIN et al., 2005; ANGELIS, 2001.

	Osteoporose	CORDAIN et al., 2005; RYAN; SHAW, 2015
	Resistência da lactase	JEONG; DI RIENZO, 2014; HANCOCK; DI RIENZO, 2008; ANGELIS, 2001;
Adaptações relacionadas ao clima e altitude	Pigmentação da pele	VOIGHT et al., 2007; PICKRELL et al., 2009; ZHOU et al., 2015; SABETI et al., 2007; HANCOCK; DI RIENZO, 2008; VIETH, 2020.
	Forma do Crânio	LEÓN et al., 2020; ROSEMAN, 2004; STREET et al., 2017; LAZARO et al., 2016.
	Hipóxia Hipobárica	FOLL et al., 2014 BEALL et al., 2002 WITT;HUERTA- SANCHEZ, 2019; ILARDO; NILSEN, 2018; ALKORTA-ARANBURU et al., 2012; BEALL, 2006; SIMONSON et al., 2015.
	Hipóxia de mergulho em apneia	ILARDO et al., 2018; VASCONCELOS, 2018; LEONARDI, 2022; ILARDO; NIELSEN, 2018;

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

3.1 Adaptações relacionadas ao comportamento

A psicologia evolucionista considera que a mente também é resultado do processo evolutivo, assim como o corpo. Ela integra os estudos do comportamento humano relacionados às adaptações psicológicas evoluídas em resposta a problemas recorrentes no ambiente de nossos ancestrais. Essas adaptações envolvem inclusive o comportamento sexual e são importantes para o sucesso reprodutivo (ZIETSCH et al., 2015; PERIC; MURRIETA, 2015; POLIPPO et al., 2016; CARVALHO, 2008). O comportamento do humano moderno tem sido moldado há milhões de anos, através das pressões evolutivas impostas pelos

ambientes primitivos sob nossos ancestrais, através da cultura, que atua sobre os mecanismos psicológicos universais e faz com que os comportamentos sejam diferenciados em cada indivíduo, de acordo com as circunstâncias ambientais; e através da seleção natural, que atua para a permanência das características mais importantes da mente humana (POLIPPO et al., 2016).

As estratégias comportamentais mais eficientes foram favorecidas e selecionadas pelo processo de seleção natural, aumentando em frequência na população. Em se tratando de reprodução, os desafios enfrentados no passado evolutivo foram e continuam sendo no presente: a escolha de parceiros, a competição pelo acesso aos melhores parceiros, a formação e manutenção dos relacionamentos, o investimento parental e a criação dos filhos (VIEIRA e OLIVA, 2017).

A seleção sexual parece ter influenciado a evolução de certas características humanas, pois as preferências fazem com que os indivíduos escolham parceiros com determinadas características que, conseqüentemente, serão passadas para sua prole. Isso se refere ao “Efeito Baldwin”, que consiste na manutenção de pressões durante as gerações, e, portanto, a evolução é modelada pelo comportamento sem a necessidade de que alguma pressão ambiental atue sobre esse processo (ZIETSCH et al., 2015; POLIPPO et al., 2016; CARVALHO, 2008).

Existem modelos de “bons genes” na seleção sexual, que são indicadores de indivíduo saudável, para que essa boa vitalidade seja passada adiante (ZIETSCH et al., 2015). Há diferenças sexuais em relação ao critério de escolha de parceiros. O humano moderno do sexo masculino demonstra preferência por mulheres mais jovens, com cintura fina, seios fartos, quadril largo, lábios salientes, pele lisa, bom tônus muscular e boa distribuição de gordura corporal. Essas características são indicativas de boa saúde, boa genética e maior fertilidade (POLIPPO et al., 2016; CARVALHO, 2008; WALTER, 2009). Já as mulheres preferem homens um pouco mais velhos ou de mesma idade, com a altura maior que a sua e com bom status social, pois essas características indicam fertilidade, capacidade de prover recursos e de cuidar da sua prole com eficiência e por mais tempo.

A infidelidade do homem, é uma das características menos atrativas para as mulheres, já que suas relações prolongadas são garantia de recursos materiais. O ciúmes é uma adaptação para estes casos de ameaça de traição sexual e serve para preservar a relação. Os homens sentem ciúmes a partir de evidências de traição de cunho sexual e incerteza de paternidade, já nas mulheres o ciúmes é originado pelas evidências de traições emocionais (POLIPPO et al., 2016).

Estudos evidenciam que os laços afetivos e convívio com familiares aumentam o sucesso reprodutivo, já que reforçam as relações de parentesco, dificultando a afeição entre familiares de forma romântica (PERIC; MURRIETA, 2015; POLIPPO et al., 2016), o que é importante para assegurar a variação genética e prevenir doenças genéticas tais como a Síndrome de Spooan, observada em descendentes de casais consanguíneos. De acordo com Santos et al. (2013), na população de Serrinha dos Pintos, no estado do Rio Grande do Norte-Brasil, um terço dos casais são consanguíneos e apresentam pelo menos um filho com deficiência (SANTOS et al., 2013).

Quanto aos padrões de beleza, utilizando como parâmetro o padrão de beleza universal, três populações isoladas foram observadas no Peru. A primeira população, totalmente isolada, apresentou preferências opostas ao padrão universal. A segunda população, que estava em processo de ocidentalização, também apresentou a preferência oposta, mesmo já conhecendo o padrão de beleza universal. Já a terceira população, que já havia sido globalizada, apresentou preferência pelo padrão universal, evidenciando que a globalização influencia nas escolhas dos indivíduos (PERIC; MURRIETA, 2015).

Há indícios da influência dos feromônios sobre o comportamento dos humanos. Os feromônios são substâncias químicas mensageiras secretadas por um indivíduo e capazes de serem detectadas por outro indivíduo. Além disso, há evidências de mulheres que demonstraram maior atração por homens cujos sistemas imunológicos eram diferentes dos seus, indicando que esse mecanismo atua no combate de doenças que poderiam acometer as próximas gerações (WALTER, 2009).

A percepção do olhar é fundamental para as relações humanas, pois auxilia na comunicação visual, na coleta de informações sobre o ambiente e sobre os estados emocionais e intencionais dos outros indivíduos, principalmente para saber para onde estão direcionando a sua atenção. Yorzinski e Miller (2020), fizeram um estudo experimental para investigar se a cor da esclera humana tem alguma relação com a percepção do olhar. Foram mostradas imagens de faces com esclera branca (natural) e esclera pigmentada (clara e escura) e solicitado às pessoas respostas sobre as percepções dos olhares. Outras características das imagens são: Olhar direcionado e olhar desviado; rostos grandes e retos, pequenos e retos ou grandes e invertidos. Os rostos pequenos são referentes à percepção do olhar em longa distância, os grandes em pequena distância e os invertidos são imagens dos rostos de cabeça para baixo. Os resultados sugerem que os olhos com morfologia conspícua evoluíram para facilitar a percepção do olhar, já os olhos de morfologia camuflada evoluíram para ocultar a percepção do olhar. O contraste entre a cor da esclera e a cor da íris é um diferencial durante interações distantes, como por exemplo em uma caçada, onde a comunicação silenciosa garante o sucesso da caça.

3.2 Adaptações relacionadas à dieta e atividade física

Após a dispersão dos humanos do Continente Africano para os demais continentes, em torno de 70 mil anos atrás, as populações se instalaram em ambientes diversos com relação a clima, temperatura, altitude, tipo de solo e disponibilidade dos alimentos, gerando diferentes adaptações nas populações humanas, através de mecanismos genéticos e não genéticos (JEONG; DI RIENZO, 2014). De acordo com Prezeworski e Wall (2005), o *Homo sapiens* chegou à Austrália há cerca de 50.000 mil anos e às Américas apenas há cerca de 20.000 anos. Com o advento da agricultura e pecuária há cerca de 10.000 anos, a dieta ficou menos diversificada, a rotina tornou-se mais sedentária, a população aumentou e foi submetida a esforços repetitivos aos quais o corpo humano não estava adaptado, favorecendo as doenças ortopédicas e a transmissão de doenças virais (PREZEWSKI; WALL, 2005; CORDAIN et al., 2005; ZHOU et al., 2015).

Com o início da industrialização dos alimentos, algumas características nutricionais foram alteradas, e essas mudanças podem ser a base de diversas doenças crônicas da civilização ocidental. A obesidade é uma doença crônica que tem aumentado e se revelado como um dos fenômenos clínicos e epidemiológicos da atualidade. Nos Estados Unidos da América (EUA), 65% da população adulta apresenta sobrepeso ou está obeso, mais de 64 milhões de pessoas apresentam doenças cardiovasculares, 50 milhões são hipertensos, 11 milhões são diabéticos e 37 milhões apresentam colesterol alto. A obesidade promove diversas alterações endócrino-metabólicas, musculares e cardiovasculares (CORDAIN et al., 2005).

As doenças cardiovasculares e o câncer constituem as causas mais frequentes de morte no humano moderno, comumente relacionadas à dieta e qualidade de vida. Produtos lácteos, grãos, açúcares e óleos refinados, alimentos processados como biscoitos, bolos, pães, salgadinhos, refrigerantes, bebidas alcoólicas e doces contribuem pouco ou sequer contribuem

com a obtenção de energia na alimentação, mesmo assim representam 72,1% dos alimentos consumidos diariamente. Esses alimentos geram grande carga glicêmica e aumentam a concentração de insulina no sangue, provocando alterações hormonais e fisiológicas que promovem a resistência à insulina. Essas condições favorecem o surgimento de uma série de doenças, como hipertensão arterial, hipercolesterolemia e diabetes tipo 2, que podem levar a outras condições crônicas tais como doenças coronarianas, neuropatias ou câncer. A resistência à insulina é mais rara em pessoas que vivem de caça e coleta em sociedades menos ocidentalizadas (CORDAIN et al., 2005). A diabetes tipo 2 pode ter sido favorecida pela pressão seletiva nas populações ancestrais, que passavam por ciclos sazonais de fartura e fome, e por isso o armazenamento de gordura e carboidratos foi uma característica benéfica para eles. Mas na sociedade atual, com a disponibilidade permanente de alimentos, essa característica se tornou prejudicial, causando obesidade e diabetes (HANCOCK; DI RIENZO, 2008). Inclusive, o risco de diabetes tipo 2 pode ser um alvo da seleção natural devido ao efeito da doença no metabolismo e na produção de energia, tendo mais impacto em europeus do que na África e no Leste Asiático (PICKRELL et al., 2009).

Com a migração da espécie para outros ambientes a exposição a diferentes pressões, fez com que a suscetibilidade à hipertensão se diferenciasse entre as populações. Estudos mostram que a pressão arterial média da população muda conforme a migração das pessoas para países desenvolvidos, por causa do aumento da ingestão de alimentos industrializados e maior ingestão de sal, e por causa da obesidade. Tudo isso sugere que a epidemia de hipertensão se deve a forma de dieta interagindo com a suscetibilidade que já possuímos desde o início da evolução da espécie humana.

Os alelos melhoram a sobrevivência em ambientes caracterizados pela escassez de sal, dietas de baixa caloria e atividade física regular. No ambiente atual de excesso de sal e calorias e atividade física pouco frequente, esses alelos podem ser prejudiciais, levando a obesidade, diabetes tipo 2 e hipertensão (HUNTER YOUNG et al., 2017).

De acordo com Angelis (2001), muitas doenças podem ser evitadas com a inclusão de frutas e verduras na dieta. A maioria das doenças que são conhecidas na atualidade são multifatoriais e quase sempre estão relacionadas ao tipo de alimentação dos indivíduos, agentes ambientais e suscetibilidade genética (CORDAIN et al., 2005). A diversidade de nutrientes na dieta é importante para o crescimento e desenvolvimento normal do indivíduo, bem como para protegê-lo de agressões genéticas e ambientais, portanto, os maus hábitos alimentares dos humanos modernos nos tornam mais suscetíveis a mutações e doenças (ANGELIS, 2001).

A osteoporose também tem aumentado sua incidência na população humana. Pesquisas mostram que ao longo dos milhares de anos de evolução humana nossos esqueletos tornaram-se mais leves e mais frágeis, sendo mais susceptíveis a fraturas. Essas alterações no esqueleto humano são atribuídas ao surgimento da agricultura, que nos trouxe um estilo de vida mais sedentário. Está comprovado que humanos modernos possuem mais baixa densidade óssea, tanto em membros inferiores quanto em membros superiores, em comparação aos caçadores coletores de milhares de anos atrás, cujos ossos apresentavam resistência comparável aos ossos dos orangotangos modernos. A massa óssea em populações de caçadores-coletores era cerca de 20% maior que a massa óssea do humano moderno, diferença equivalente ao que se perde após três meses de ausência de gravidade no espaço. Os pesquisadores excluíram as diferenças de dieta e mudanças no tamanho do corpo como possíveis causas, concluindo que a redução da atividade física é a principal causa da degradação óssea humana através de milênios. Essa é uma tendência que está chegando a níveis perigosos, mas acredita-se que o exercício, ao invés da dieta, seja a chave para prevenir o elevado risco de fraturas e a osteoporose em idades avançadas. Constatou-se que não há qualquer razão anatômica que impeça uma pessoa nascida hoje de alcançar a densidade óssea

de um orangotango, mas entre os humanos modernos, mesmo as pessoas mais ativas fisicamente não atingem a frequência e intensidade de estresse ósseo de um caçador-coletor. O homem atual vive em um ambiente cultural e tecnológico incompatível com as nossas adaptações evolutivas. São sete milhões de anos de evolução dos hominídeos voltados à ação e atividade física para a sobrevivência, contra apenas os últimos 50 a 100 anos de extremo sedentarismo (CORDAIN et al., 2005; RYAN; SHAW, 2015).

A persistência da lactase foi observada em regiões onde a população vive da pecuária e mantém o hábito de consumir leite e seus derivados mesmo quando adultos, como por exemplo na Europa, África Oriental e parte da Ásia, com diversas variantes genéticas associadas a persistência da lactase, que se refere a uma expressão contínua da lactase-florizina hidrolase (LPH), codificada pelo gene LCT (lactase) (JEONG; DI RIENZO, 2014; HANCOCK; DI RIENZO, 2008). A enzima lactase decompõe a lactose do açúcar do leite em glicose e galactose, para ser digerida no intestino. Os alelos que levam a persistência da lactase são vantajosos para as populações que adotaram a pecuária leiteira e adaptaram sua dieta com leite (HANCOCK; DI RIENZO, 2008). Nenhum alimento é proibido na dieta humana, mas são recomendados os alimentos com propriedades funcionais benéficas para o organismo (ANGELIS, 2001). Acredita-se que a persistência da lactase seja vantajosa pelo fato de o consumo de leite fresco e outros produtos lácteos permitirem uma ingestão calórica eficiente, boa assimilação de cálcio e aumento da absorção da água do leite em ambientes áridos. Múltiplas variantes genéticas associadas à persistência da lactase foram encontradas em diferentes populações e elas abrigam assinaturas recentes de seleção positiva (JEONG; DI RIENZO, 2014).

3.3 Adaptações relacionadas ao clima e altitude

O clima é uma variante importante quando se fala em evolução humana, pois em todos os ambientes, a pressão seletiva do clima está presente, atuando constantemente nas populações distintas, garantindo adaptações importantes para a perpetuação da espécie nos ambientes.

A pigmentação da pele humana mostra uma forte correlação com a latitude e com o nível de radiação UV. Considerando uma pigmentação mais escura como o fenótipo ancestral, os estudos genéticos se concentraram na evolução e na base genética da pigmentação mais clara da pele em europeus e asiáticos orientais, que compartilham baixas exposições à radiação UV. Estudos revelaram variantes associadas à pigmentação da pele em muitos genes envolvidos na melanogênese. Muitas dessas variantes são específicas para europeus ou asiáticos orientais, apoiando fortemente a evolução independente da pigmentação da pele clara nessas populações. Por exemplo, determinada mutação em um gene é praticamente fixa em europeus, mas ausente em asiáticos orientais ou africanos, já uma outra variante atinge alta frequência em asiáticos orientais, mas está ausente em europeus ou africanos.

Na biologia evolutiva, o ancestral do *Homo sapiens* possui pelos por toda a pele, sendo assim não se tinha a necessidade da melanina como proteção dos raios ultravioletas. Mas, com a evolução da nossa espécie, perdemos muito destes pelos, e o que possuímos, tornaram-se mais finos. Com o início da vida de forrageadores, a pele necessitava da proteção da melanina, assim, os indivíduos aptos ao sol da África conseguiram perpetuar seus genes às gerações posteriores, garantindo o sucesso reprodutivo e adaptativo destes.

Com a saída do *Homo sapiens* da África, indo em direção a Europa e Ásia, foi necessário uma readaptação da pigmentação da pele, isso porque a melanina servia como

proteção dos raios UVA que poderiam causar doenças na pele com a longa exposição ao sol, conforme distanciaram-se da linha do equador, a intensidade solar diminuía, e desta forma, toda a proteção da melanina não seria necessária, pois já não era uma característica vantajosa na nova realidade ambiental e climática, sendo assim os indivíduos que estavam se adaptando conseguiam sobreviver e perpetuar a espécie com as novas características adaptadas ao ambiente.

A pigmentação da pele está correlacionada com a latitude e o nível de radiação UV, logo a reflectância da pele é resultado da síntese da vitamina D induzida pelos raios UV, e pela proteção contra danos por forte radiação UV. A cor da pele é responsabilidade da eumelanina marrom/preta e Feo melanina vermelha e da distribuição de melanossomas (VOIGHT et al., 2007).

A diminuição da melanina proporcionou aos indivíduos uma maior capacidade de absorção dos raios solares e assim conseguiam produzir a vitamina D, que é importante e está intimamente ligada com a produção de células ósseas.

Vários genes estão envolvidos na pigmentação da pele e foram encontrados em estudos recentes sinais de pressão seletiva em vários genes, como *MC1R*, *MATP*, *TYR*, *DCT*, *OCA2*, *KITLG*, *SLC24A5* e *SLC45A2*, que desempenham um papel importante no clareamento na pigmentação da pele em europeus, e provavelmente, foram introduzidos nos antigos europeus com a transição agrícola (PICKRELL et al., 2009; ZHOU et al., 2015; SABETI et al., 2007).

Sabeti et al. (2007) diz que houve uma substituição de *L374F* em *SLC45A2* que encontra-se em 100% de frequência na amostra europeia, mas não nas amostras asiáticas e africanas.

A variação no locus *MC1R* influencia na cor da pele e do cabelo. As pesquisas mostram que há maiores variantes não africanas do que africanas. As variações levam o *OCA2* a ter uma pigmentação mais clara na Europa e Ásia, e *ASIP* no mundo todo. Já *SLC24A5*, *MATP* e *TYR* são selecionados apenas em Europeus (HANCOCK; DI RIENZO, 2008).

Esta pigmentação mais clara na pele dos europeus é adequada para a sua reprodução em ambientes mais restritos a luz UV. Sem a melanina a absorção da luz UV é facilitada, e consequentemente a produção de vitamina D também, que atua na absorção de cálcio na dieta, sem ela ocorre a limitação de sintetizar o hormônio 1,25-dihidroxitamina D (1,25(OH)₂D) que aumenta a absorção de cálcio dos alimentos, e melhora a microarquitetura esquelética do osso, independente da absorção intestinal de cálcio. Na adolescência a vitamina D está associada a densidade mineral óssea na pelve e na coluna vertebral.

Nos ambientes com baixa radiação UV, a seleção natural atuou através do raquitismo, para selecionar a cor de pele mais clara que seria vantajoso para estes ambientes, se não fosse assim, toda a população teria a pele profundamente pigmentada.

O raquitismo não tornou o parto normal possível em mulheres de pele preta, então a cada gestação a pelve se deformava cada vez mais, assim como também na lactação, devido às demandas minerais do feto e do bebê em crescimento. Nos EUA, dados epidemiológicos indicam que mulheres negras desenvolvem riscos progressivamente maiores de cesariana a cada gravidez.

Vieth (2020), afirma que nos negros os ossos são mais espessos, porém durante o seu crescimento sua rigidez pode ser diminuída se a quantidade de cálcio absorvida na dieta for insuficiente para mineralizar os osteóides. Já nos brancos os ossos são mais finos, sendo necessário menos cálcio para a mineralização dos osteóides. Essa aptidão dos brancos a ambientes com menor exposição à luz solar, necessitando de menos raios ultravioleta para a síntese de vitamina D e menos cálcio para mineralização do tecido ósseo, tem o custo de maior risco de osteoporose com o avanço da idade.

Uma outra característica física que foi preservada por causa da seleção natural, foram os olhos "puxados" dos asiáticos. De acordo com Seiff e Seiff (2007) a pálpebra Oriental, se difere da caucasiana. Na sobrancelha estão os músculos frontal, orbicularis oculi, corrugador do supercílio e o procerus. A gálea aponeurótica se funde e se divide envolvendo a camada de gordura retroorbicular dos olhos e testa, possuindo uma extensão gordurosa, chamada de camada fibroadiposa submuscular, ou almofada de gordura pré-septal, que ocupa o espaço pré septal, podendo se estender até a borda superior do tarso e causar a aparência mais cheia ou espessada à pálpebra superior dos asiáticos. O septo orbital se torna difuso na parte inferior, além da borda superior do tarso, tornando a inserção menos definida, o que impede que seja produzida a prega palpebral. Logo, a pele fica mais caída e os cílios ficam escondidos e retos sob o tecido mole chamado epibléfaro, quanto mais os tecidos nas pálpebras se inclinam, menores e mais inchados os olhos parecem ser.

Nos asiáticos existe uma característica normal para a etnia, chamada de epicanto, que é uma dobra vertical de pele no canto interno do olho, que se apresenta em graus variados de pessoa para pessoa, e juntamente com o epibléfaro, desempenham propositalmente a função de proteção ocular. O epicanto é um fenótipo que surgiu pela adaptação evolutiva a ambiente de alto relevo (Kwon, Nguyen 2015). Pearce e Dunbar (2012) citam que o nível de luz influencia no tamanho do sistema visual dos humanos, assim como nos animais. Sendo ela mais baixa em altas altitudes, os seres humanos que ali habitam precisam de olhos maiores, então foi aumentado o tamanho do globo ocular e do córtex cerebral para aumentar a sensibilidade e manter a acuidade visual, que possui o mesmo nível em todas as latitudes, independente da quantidade e tempo de luz.

O homo sapiens foi a única espécie humana a chegar no extremo norte da Sibéria, e se adaptaram ao ambiente extremo, onde a temperatura cai até -50°C e o sol não aparece nas épocas de inverno. (HARIRI, 2015) A Sibéria Oriental é caracterizada por olarias avançadas, com louça fina, muito polida, acinzentada ou preta, e possuem sinais de que foram fabricadas com roda, cultura esta que cresceu na idade do bronze por volta de 1.800 a.c. Esses vestígios foram encontrados também por baixo dos Shang, na província de Henan, na China. (BUENO, 2012)

Os povos nômades do norte, como eram chamados os mongóis, conquistaram a China em busca de poder e riqueza. Antes considerados bárbaros, conseguiram integrar-se à cultura imperial chinesa, e tornaram-se chineses Han (206 a.C a 220). (MACEDO, 2016; UNZER, 2019)

Macedo (2016) e Unzer (2019) citam que houveram invasões mongólicas advindas do norte em 1231-1270 na Era Joseon, na Coreia. Em 1281 ocorreu a invasão no Japão pelo exército de Kublai Khan, que era composto por diversos povos, mongóis, chineses, coreanos e até europeus. (HARIRI, 2015)

Sugere-se que essas características adaptativas do epicanto e da maior quantidade de gordura localizada na pálpebra dos povos do leste asiático, permaneceram através da seleção natural, como herança para a proteção do frio, do vento e da luz, devido a origem desses povos que vieram da Sibéria e Mongólia.

Existem algumas mudanças na forma do crânio em que a seleção natural atuou. As populações apresentam características diferentes, causadas pelas forças neutras da evolução, e adaptações na forma do crânio foram encontradas na população siberiana, onde tiveram que se adaptar ao frio extremo. As características adaptativas em relação ao crânio que desviam das expectativas neutras são os comprimentos glabella-occipital e nasio-occipital, que não variam muito entre as regiões, mas que foram vistos como consistentes na seleção natural e capacidade termorreguladora em ambientes mais frios, que resultam na braquicefalização.

De acordo com León et al. (2020), com o aumento da latitude e consequentemente menor radiação solar, as pressões seletivas geram mudanças ontogenéticas e morfológicas nas

populações. Tanto a temperatura como a umidade têm a capacidade de influenciar no fenótipo. Além da narina modificada, o tamanho da estrutura nasal, a sua passagem e a quantidade de mucosa, são sujeitas a variar diante da umidade do ambiente.

As medidas de altura nasal corroboram com a respiração termorreguladora. Estudos indicaram que os narizes altos, com estreitamento das narinas e aumento da secreção de muco, são resultados de adaptações a ecossistemas de frio extremo, pois reduzem o fluxo de ar através das narinas, favorecendo o aquecimento do ar. Narizes largos e curtos, com alargamento das narinas, são vistos no calor extremo, favorecendo a umidificação do ar e a redução da sua temperatura (LEÓN et al., 2020; ROSEMAN, 2004).

Nos estudos feitos por León et al. (2020), foi visto que as populações de ambientes frios possuem maior capacidade craniana, com morfologia braquicefalizada, ou seja, os crânios em climas continentais são maiores do que em climas tropicais e temperados, enquanto em climas desérticos as populações apresentam um alto índice nasal. Outras pressões atuam na morfologia craniana, que podem causar diferenças, e por isso a influência do clima na capacidade craniana não havia sido definitivamente demonstrada. Nos climas quentes, a capacidade craniana é menor, talvez para reduzir a captação de calor. Logo o tamanho da cabeça aumenta à medida que as temperaturas diminuem, essa adaptação em relação ao clima ocorreu mesmo com um grande custo energético, pois a perda de energia por causa da termorregulação seria ainda maior.

Neste estudo houve algumas discrepâncias, talvez porque não foram levadas em consideração algumas variáveis consideradas importantes para este tipo de trabalho, mas que posteriormente em outros estudos, podem ser usadas e assim clarificar ainda mais a influência do clima na morfologia do crânio no *Homo sapiens* moderno (LEÓN et al., 2020).

Para Street et al. (2017), a evolução do encéfalo em humanos aumenta a capacidade cognitiva, possibilitando diversas características comportamentais, que garantem uma vida longa útil, complexibilidade social, cognição e capacidades culturais. Nas análises comparativas feitas, foi visto que a expectativa de vida dos mamíferos aumenta conforme o tamanho do encéfalo. O aumento do encéfalo acontece devido ao grande investimento durante o longo período neonatal e pós-natal, para que o indivíduo possua uma vida útil mais longa. O conhecimento que é adquirido culturalmente, promove o crescimento e a sobrevivência dos mais jovens, estendendo a expectativa de vida, e adaptando a ambientes desafiadores. Além da sociabilidade, existem outros fatores que impulsionaram a expansão do encéfalo como fatores dietéticos, ecológicos, história de vida e comportamentais. Os altos níveis de conhecimentos adquiridos, habilidades, coordenação e força são necessários para explorar uma melhor qualidade de recursos com difícil acesso, como recursos alimentares com nutrientes, para que “pague” pelo crescimento do encéfalo, garantindo longevidade para adquirir ainda mais habilidades de forrageamento complexas e difíceis de dominar (que garantirá também, uma melhor condição física mais tarde na vida), com uso de ferramentas complexas, sendo compensadas na idade adulta, desde que haja uma boa nutrição e a passagem dos conhecimentos do velho ao indivíduo jovem.

Nos estudos de G. Rangel de Lazaro et al. (2016), foram feitas análises em fósseis, com tomografias computadorizadas, analisando variações e padrões humanos e neandertais, e viram que os neandertais e humanos desenvolveram abaulamentos diferentes no lobo parietal, que estão associados a um estágio morfogenético pós-natal precoce, tornando diferente a forma de dissipação de calor em humanos e neandertais. A estrutura diplóica dos ossos do crânio pode ser alterada por anemia, defeitos ou infecções, alterações nos hormônios relacionados à idade, atividade física ou variação da pressão cerebral, que também podem alterar a espessura da camada óssea. A anatomia comparada da vascularização da cabeça dos *Homo sapiens* e *Homo neandertais* pode fornecer esclarecimentos sobre a termorregulação dos hominídeos.

No início do Mioceno, o ambiente era úmido, mas na evolução dos homínídeos, o ambiente começou a ficar árido, logo a espécie dissipava o calor através da transpiração, perdendo volumes de água e sal. O gênero *Homo* começou a se adaptar a estas condições mais secas das savanas, além de iniciarem uma dieta de herbívoros migratórios, mudando de plantas para animais. O corpo do *Homo* é significativamente maior do que o *H. Australopithecus*, e com isso o gênero *Homo* garantiu uma vantagem termodinâmica com o aumento do armazenamento de calor, que seria importante para seu aquecimento durante as noites frias da savana e desvantagem termodinâmica com aumento de produção de calor, que durante o dia foi mitigada, distribuindo maior massa corporal, criando relação área-volume necessária para a dissipação de calor.

Outra situação em que o clima atua é em relação a hipertensão, no qual as populações que vivem nos ambientes quentes são mais suscetíveis à hipertensão do que as populações de clima frio. Foram vistas algumas mutações nas frequências alélicas do gene *TRPM8*, que codifica um receptor envolvido na detecção e reação ao frio, através da regulação fisiológica, que parecem aumentar ao longo da inclinação latitudinal. Este alelo fornece benefício, pois diminui as respostas fisiológicas a temperaturas baixas, sendo uma mutação benéfica para estes indivíduos que vivem em ambientes de frio extremo (HUNTER YOUNG et al., 2017).

A hipertensão é uma doença que é causada pela má dieta do indivíduo, além da ingestão de alimentos industrializados que são bem comuns na atualidade, 90% dos homens e mulheres de meia idade, nos estados unidos, tornar-se-ão hipertensos. A origem da hipertensão está presente desde a origem da espécie, na África, onde o ambiente era quente e úmido há cerca de 15 milhões de anos atrás, e os primatas que lá habitavam, estavam adaptados a este clima, por tanto a propensão de reter sal, e líquido pode ter surgido como adaptação desse ambiente.

Os Chimpanzés compartilham alelos de suscetibilidade a hipertensão com os humanos, que afetam a expressão ou a função gênica em estudos experimentais, e estão associados à pressão arterial. Algumas das doenças podem ter origem ancestrais, que foram adquiridas pelas adaptações aos ambientes.

Há muitos estudos relacionados à hipóxia hipobárica em altas altitudes, nas populações da Etiópia, Tibete, e na América dos Andes, viver em ambientes hipóxicos é um dos desafios mais difíceis para os humanos, no decorrer da evolução humana, do qual houve-se a necessidade de desenvolverem adaptações específicas (FOLL et al., 2014).

A dificuldade de adaptação a alta altitude existe, pois à medida que aumenta a elevação acima do nível do mar, ocorre a diminuição na pressão barométrica que resulta em baixos níveis de oxigênio nestes ambientes (BEALL et al., 2002), que diminuem a pressão, e desencadeiam uma resposta fisiológica por hipóxia, induzindo o aumento da produção de eritropoietina, que promove a produção de glóbulos vermelhos, que por sua vez garante a vantagem de distribuição eficaz de oxigênio para os tecidos. A exposição a longo prazo pode causar hipertensão pulmonar, aumentar a viscosidade do sangue, que sobrecarrega o sistema circulatório e que pode complicar a gravidez, incluindo pré-eclâmpsia que pode ser fatal. (WITT; HUERTA-SANCHEZ, 2019; ILARDO; NILSEN, 2018; ALKORTA-ARANBURU et al., 2012).

Os andinos vivem a uma altitude de 2.500-4.500 m, vivendo em altitudes parecidas com os tibetanos, mas que se adaptaram de diferentes maneiras. Apresentam ventilação normal de repouso em comparação com as populações a nível do mar, com saturação de oxigênio ligeiramente diminuída, aumento da concentração de hemoglobina e maior teor de oxigênio arterial. Contrastando com as populações tibetanas que só apresentam elevação da hemoglobina a 4.000 m (WITT; HUERTA-SANCHEZ, 2019).

Os andinos não possuem a mesma sinalização de resposta a hipóxia, relacionados a produção de glóbulos vermelhos, isso porque a seleção natural atuou em outros genes como o

FAM214A, que está associado ao estresse oxidativo, e *NOS2* que é regulado pelo *HIF-1*, e desempenha um papel importante na resposta a hipóxia a jusante, e está envolvido com fenótipos como a redução da pressão arterial, fenótipos cardíacos, incluindo suscetibilidade ou proteção contra fibrilação atrial. Isso sugere que os andinos adquiriram adaptações para mitigar os efeitos deletérios de uma resposta a hipóxia cronicamente aumentada, ao invés de adaptar-se para produzir mais glóbulos vermelhos (ILARDO; NILSEN, 2018).

A quantidade de hematócrito e hemoglobina dos andinos aumentou progressivamente em resposta a altitude, que foi vantajosa para o ambiente em que vivem, pois, quanto maior a quantidade de moléculas transportadoras de hemoglobinas no sangue, mais oxigênio seria transportado, compensando a menor quantidade de moléculas de oxigênio no ar desse ambiente (BEALL, 2006; BEALL et al., 2002).

Devido ao foco apenas em uma região geográfica, muito precisa ser esclarecido sobre as respostas evolutivas diferentes em cada região, e por possuir poucas evidências da evolução convergente para altitude, em populações diferentes. Essa evolução convergente pode ser chamada de evolução paralela, e significa que populações diferentes que sofrem sob a mesma pressão seletiva, podem sofrer mutações nos mesmos genes, ou nas mesmas vias biológicas (FOLL et al., 2014). Witt e Huerta-Sanchez (2019), afirmam que tanto humanos como os animais domesticados nestes ambientes de altas altitudes, adquiriram adaptações semelhantes, seja em genes específicos, ou em vias biológicas.

Alguns estudos feitos chegaram à conclusão de que a elevação na quantidade de hemoglobinas em resposta a altitudes de 4.000 m era variada. Sendo assim, essa resposta não é universal, pois em tibetanos a concentração de hemoglobina aumenta a 4.000m, e em andinos isso ocorre a 1.600m, ambos com saturação de oxigênio mais baixas que 97-98% encontrados ao nível do mar. E na população etíope a 3.530 m a saturação está na mesma faixa que no nível do mar, oxigênio suficiente é transferido para o sangue arterial, evitando a hipoxemia, mesmo com a hipóxia no ambiente (BEALL, 2006; BEALL et al., 2002). Isso sugere que a adaptação fornece métodos alternativos para responder a hipóxia (ILARDO; NILSEN, 2018).

Sendo assim, nos etíopes, não ocorrem alterações em relação à saturação de oxigênio em alta altitude em comparação com as do nível do mar; os andinos de alta altitude são hipóxicos e os tibetanos ainda mais hipóxicos (BEALL, 2006; BEALL et al., 2002).

Geralmente, os genes sob seleção são os que desempenha papéis importantes na detecção e resposta atuando nas respostas no corpo à hipóxia aguda, crônica e intermitente, fazem parte do fator induzível por hipóxia (HIF) (WITT; HUERTA-SANCHEZ, 2019, SIMONSON et al., 2015).

Além das condições de hipóxia hipobárica, nas altas altitudes, existem algumas outras condições como clima árido, alta radiação solar e baixa qualidade do solo, e através da cultura e do comportamento dos nativos, alguns desses estresses podem ser atenuados (FOLL et al., 2014).

Além da hipóxia a ambientes de alta altitude, existe a hipóxia em mergulhos de apneia, que foi visto numa população de nômades do mar, chamados de Bajaus, que vivem sempre mudando de lugar quando acham necessário pelos mares do sudeste Asiático (Filipinas, Malásia e Indonésia) e vivem da caça e coleta de peixes que torna possível sua alimentação e trocas por outros recursos do que conseguem do mar, por outros utensílios que são necessários para viverem (ILARDO et al., 2018).

Um humano normal, ao mergulhar passa por todo um processo chamado de resposta de mergulho, onde ocorre uma série de efeitos fisiológicos que inclui a bradicardia em que a frequência cardíaca diminui, sendo consumido assim, menos oxigênio, a vasoconstrição periférica, que faz o oxigênio ser distribuído em órgãos que são mais sensíveis à hipóxia, e a contração do baço, para injetar os glóbulos vermelhos oxigenados no sistema circulatório.

O que chama a atenção nos Bajaus, é a quantidade de tempo que conseguem permanecer submersos nas águas do mar, e a profundidade que conseguem chegar sem nenhum dano a sua saúde. As pessoas que não possuem nenhuma adaptação a atividades de mergulho em apneia por muito tempo e a altas profundidades, ao tentá-las, podem sofrer de doença da descompressão, como foi visto no trabalho de estudo de caso de Vasconcelos (2018), em que um indivíduo de 38 anos do sexo masculino sofreu um quadro neurológico agudo após vários mergulhos em apneia, cada um de 2 a 2,5 minutos, a uma profundidade de 29 a 32 metros, totalizando 5 horas de mergulho.

A doença consiste na formação de bolhas de gases pela diminuição de pressão hidrostática durante o mergulho. Existem duas situações clínicas: a doença da descompressão, que as bolhas se formam *in situ*, logo após a supersaturação do tecido com os gases inertes dissolvidos; e a embolia gasosa arterial, onde ocorre a entrada de gás no pulmão e passa para a circulação arterial. Ambas as situações devem ser evitadas pois podem ser fatais.

Isso acontece porque vivemos com a pressão atmosférica de 1,033 Kg/cm², ou 1 atm, e a cada 10 metros de profundidade na água a pressão aumenta mais 1 atm. Diante disto podem ocorrer efeitos diretos que são causados mecanicamente por causa da pressão nos órgãos do indivíduo, e indiretos que são as alterações na fisiologia, causadas pelos gases que foram absorvidos pelo organismo (VASCONCELOS, 2018). Assim como também os olhos podem perder cerca de $\frac{2}{3}$ do seu poder de refração (ILARDO; NIELSEN, 2018). Foi observado em Moken, um grupo de Nômades do Mar na Tailândia, uma visão subaquática superior, mas que este foi o resultado de repetidas atividades de treinamento subaquático (ILARDO; NIELSEN, 2018).

Nos Bajaus, nenhum dano a seu corpo ocorre, eles conseguem mergulhar até 70 m de profundidade apenas com óculos de madeira, e um conjunto de pesos, e passam 60% do seu trabalho diário em mergulhos (ILARDO et al., 2018).

Eles possuem essa capacidade por causa da seleção natural, devido a seu estilo de vida a séculos, os seus corpos se adaptaram a estas situações, para pescarem seus alimentos, já que não vivem fixos na terra. Em Ilardo et al. (2018) e Ilardo e Nielsen (2018), foi mostrado uma mutação de DNA que aumentou o baço dos indivíduos dos bajaus, que confere uma vantagem genética aos mergulhos, e se trata de um exemplo raro da seleção natural em humanos modernos.

O gene *PDE10A* que é o gene responsável pelo tamanho do baço, pois este gene regula o hormônio da tireoide que consequentemente regula o tamanho do baço. Ilardo e Nilsen (2018), afirmam que outro gene com relevância para o mergulho inclui o *BDKRB2*, que é um gene que pode influenciar na vasoconstrição periférica induzida pelo mergulho.

Esta mutação genética somada às técnicas de mergulho permite a eles essa vantagem de mergulhos prolongados e a alta profundidade que foi adquirida pelos treinamentos regulares.

Neste estudo também é mostrado alguns genes candidatos a adaptação associados a importância no mergulho, são eles:

FAM178B, que codifica uma proteína enzimática responsável por manter o equilíbrio de dióxido de carbono, mantendo o pH do sangue, prevenindo o acúmulo de dióxido de carbono. O *CACNA1A*, que tá envolvido na regulação da liberação do neurotransmissor excitatório glutamato e a resposta a condições hipóxicas; e o *PDE10A*, uma fosfodiesterase de nucleotídeo cíclico envolvido na regulação da contração do músculo liso, como o músculo que envolve o baço (ILARDO et al., 2018). Os estudos sobre as variantes que permitem que os Bajaus resistam a frequentes períodos de hipóxia aguda, podem ajudar os pesquisadores a entender como fazer um indivíduo resistir a hipóxia aguda durante uma condição patológica como lesão cerebral traumática (ILARDO; NIELSEN, 2018).

4 CONCLUSÃO

Apesar da comprovada susceptibilidade dos sistemas orgânicos do humano moderno para adaptações morfológicas e / ou fisiológicas que garantam o sucesso na sobrevivência, ainda não houve tempo hábil para as adaptações que previnam doenças decorrentes das mudanças de hábitos sofridas pelos humanos modernos.

Durante muitos anos os seres vivos, procariotas e eucariotas, vêm sofrendo mutações sob a pressão da seleção natural, sendo mais rápido esse evento em procariotas, enquanto nos eucariotas, tais como os humanos, essas evidências são vistas de forma mais lenta. Porém, o presente trabalho mostra estudos que evidenciam adaptações recentes do humano moderno em decorrência dos seus hábitos e das condições do ambiente.

Embora a produção prolongada da enzima lactase e o grau de pigmentação da pele sejam exemplos de convergência fenotípica adaptativa em resposta a um determinado hábito ou ambiente, diferentes fenótipos são observados em populações que vivem em altitudes de 2.500 m acima do nível do mar, devido a grande quantidade de variantes genéticas que tem grande efeito nos fenótipos individuais. (JEONG; DI RIENZO, 2014).

As adaptações vantajosas no humano moderno mais significativas que estão identificadas no presente estudo são: fortalecimento dos laços afetivos e convívio entre familiares, aumentando o sucesso reprodutivo por dificultar a afeição entre familiares de forma romântica; produção prolongada da enzima lactase em consequência da ingestão de leite na idade adulta; redução da pigmentação da pele e redução da densidade de massa óssea em populações que vivem sob condições de baixa exposição à luz solar, aumentando a capacidade de absorção dos raios solares, ao mesmo tempo que reduz a quantidade necessária de vitamina D e cálcio para a mineralização dos ossos; alargamento ou estreitamento das narinas de acordo com o clima favorecendo adequada temperatura e umidade do ar inalado e, dessa forma, protegendo as vias aéreas durante a respiração; ajustes nos níveis de hemoglobina no sangue em populações que vivem em altas altitudes; aumento do tamanho do baço em populações cujo sustento depende da pesca por meio de mergulhos em apneia.

Diante disto, conclui-se que, os humanos modernos estão em constante evolução, mesmo que não consigamos ver de forma imediata, e que ela ocorre de forma co-evolutiva, onde nossas práticas, costumes e pressões ambientais influenciam no nosso genótipo, que consequentemente é expresso em nosso fenótipo.

As características que são consideradas vantajosas em determinado momento e condição ambiental, serão mantidas pela seleção estabilizadora, mas se as condições mudam novas adaptações ocorrem, e caso ocorra algum dano no genoma, a seleção natural trata disso, fazendo com que o indivíduo tenha menores chances de reprodução, impedindo que esses genes danificados sejam passados adiante, garantindo o sucesso da espécie e evitando a sua extinção.

Há necessidade de mais estudos para que as narrativas sobre a influência da cultura e do ambiente na evolução humana avancem.

Pouco se sabe sobre quais tipos de genes ou quais processos biológicos estão envolvidos nas adaptações humanas, além disso, poucos foram os eventos seletivos registrados geograficamente. Comumente as seleções recentes em humanos modernos são descobertas por estudos de genes candidatos previamente selecionados. Novos estudos com foco em analisar uma mesma característica em diferentes populações que estejam expostas a uma mesma pressão seletiva serão de grande valia.

REFERÊNCIAS

ANGELIS, Rebeca Carlota de. Novos conceitos em nutrição: reflexões a respeito do elo dieta e saúde. **Arquivos de Gastroenterologia**, v. 38, n. 4, p. 269-271, 2001.

BEALL, Andean C. M. Tibetan, and Ethiopian patterns of adaptation to high-altitude hypoxia. **Integr Comp Biol**, v.46, n.1, p.18-24, 2006.

BEALL, Cynthia M. et al. An Ethiopian pattern of human adaptation to high-altitude hypoxia. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 99, n. 26, p. 17215-17218, 2002.

BEAUCHAMP, Jonathan P. Genetic evidence for natural selection in humans in the contemporary United States. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 28, p. 7774-7779, 2016.

BRENNA, M. Henn; QUINTANA-MURCI, Lluís. Editorial overview: The history, geography and adaptation of human genes: A tribute to L. Luca Cavalli-Sforza. **Current Opinion in Genetics & Development**, v.53, p. 3-5, 2018.

CARVALHO, Fernando Orphão de. Psicologia evolucionista e a seleção sexual: o caso da linguagem. **Psicologia, Teoria e Pesquisa**, v.24, n.1, p. 77-85. 2008.

CORDAIN, S Boyd Eaton Loren et al. Origens e evolução da dieta ocidental: implicações de saúde para o século 21. **The American Journal of Nutrição Clínica**, v. 81, n. 2, p. 341–354, 2005.

DARWIN, Charles. **A Origem das Espécies, no meio da seleção natural ou a luta pela existência na natureza**, 1 vol., tradução do doutor Mesquita Paul. LELLO & IRMÃO – EDITORES: Porto, 2003.

FOLL, Matthieu et al. Widespread signals of convergent adaptation to high altitude in Asia and America. **The American Journal of Human Genetics**, v. 95, n. 4, p. 394-407, 2014.

GORKA, Alkorta-Aranburu et al. The Genetic Architecture of Adaptations to High Altitude in Ethiopia. **PLOS Genetic**, 2012.

HANCOCK, Angela M.; DI RIENZO, Anna. Detecting the genetic signature of natural selection in human populations: models, methods, and data. **Annual review of anthropology**, v. 37, p. 197-217, 2008.

HARIRI, Yuval Noah. **Sapiens: Uma breve história da humanidade**. Tradução: Janaina Marcoantonio.- 1.ed.- Porto Alegre, RS: **L&PM**, 2015.

ILARDO, Melissa A. et al. Physiological and genetic adaptations to diving in sea nomads. **Cell**, v. 173, n. 3, p. 569-580. e15, 2018.

ILARDO, Melissa; NIELSEN; Rasmus. Human adaptation to extreme environmental conditions. **Current opinion in genetics & development**, v. 53, p. 77-82, 2018.

JEONG, Choongwon; DI RIENZO, Anna. Adaptations to local environments in modern human populations. **Current opinion in genetics & development**, v. 29, p. 1-8, 2014.

KEY, Felix M. et al. Advantageous diversity maintained by balancing selection in humans. **Current opinion in genetics & development**, v. 29, p. 45-51, 2014.

KWON, Bongisik, NGUYEN, Anh. Reconsideration of the Epicanthus: Evolution of the Eyelid and the Devolutional Concept os Asian Blepharoplasty. **Seminars in Plastic Surgery**, v.29, n. 3, p. 171-183, 2016.

LAZARO, G. Rangel de et al. Vasos diplóicos e tomografia computadorizada: Segmentação e comparação em humanos modernos e homínídeos fósseis. **Journal of Physical Anthropology**, n.159, p. 313-324, 2016.

LEÓN, Miguel Muñoz de; CAZORLA, Alba María García; GARCÍA, Pablo Colmenarejo. Influencia del clima en la capacidad y la forma del cráneo en Homo sapiens. **Antropo**, n. 43, p. 39-49, 2020.

MACEDO, Emiliano Unzer. História da Ásia: Uma introdução à sua história moderna e contemporânea.- Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, Secretaria de Ensino a distância, 2016.

MULLIGAN, Connie J. Insights from epigenetic studies on human health and evolution. **Current Opinion in Genetics & Development**, v. 53, p. 36-42, 2018.

PEARCE, Eiluned; DUNBAR, Robin. Latitudinal variation in light levels drives human visual system size. **Biol. Lett.** v.8, p.90-93, 2011.

PERIC, Mikael; MURRIETA, Rui Sérgio Sereni. A evolução do comportamento cultural humano: apontamentos sobre darwinismo e complexidade. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 22, p. 1715-1733, 2015.

PICKRELL, Joseph K. et al. Signals of recent positive selection in a worldwide sample of human populations. **Genome research**, v. 19, n. 5, p. 826-837, 2009.

POLIPPO, Pablo Mantovani; FERREIRA, Vinícius Renato Thomé; WAGNER, Márcia Fortes. Produção científica brasileira sobre psicologia evolucionista. **Gerais: Revista Interinstitucional de Psicologia**, v. 9, n. 2, p. 277-289, 2016.

PREZEWORSKI, M.; COOP, G.; WALL, J.D. A assinatura da seleção positiva na variação genética permanente. **Evolution**, v. 59, p. 2312-2323, 2005.

PRITCHARD, Jonathan K.; PICKRELL, Joseph K.; COOP, Graham. The genetics of human adaptation: hard sweeps, soft sweeps, and polygenic adaptation. **Current biology**, v. 20, n. 4, p. 208-215, 2010.

QUINTANA-MURCI, Lluís. Genetic and epigenetic variation of human populations: An adaptive tale. **Comptes Rendus Biologies**, v. 339, n. 7-8, p. 278-283, 2016.

REES, Jasmin S.; CASTELLANO, Sergi; ANDRÉS, Aida M. The genomics of human local adaptation. **Trends in Genetics**, v. 36, n. 6, p. 415-428, 2020.

ROSEMAN, Charles C. Detecting interregionally diversifying natural selection on modern human cranial form by using matched molecular and morphometric data. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 101, n. 35, p. 12824-12829, 2004.

RYAN, Frank P. Genomic creativity and natural selection: a modern synthesis. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 88, n. 4, p. 655-672, 2006.

RYAN, Timothy M.; SHAW, Colin N. Gracility of the modern Homo sapiens skeleton is the result of decreased biomechanical loading. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 2, p. 372-377, 2015.

SABETI, Pardis C. et al. Genome-wide detection and characterization of positive selection in human populations. **Nature**, v. 449, n. 7164, p. 913-918, 2007.

SANTOS, Silvana Cristina dos Santos et al. A endogamia explicaria a elevada prevalência de deficiências em populações do Nordeste brasileiro?. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 18, n. 4, 2013.

SEIFF, Stuart R.; SEIFF, Bryan D. Anatomia da pálpebra asiática. **Facial Plast Surg Clin North Am**, v. 15, n. 3, p. 309-314, 2007.

SILVA, Mariane Tavares; SANTOS, Charles Morphy D. Uma análise histórica sobre a seleção natural: de Darwin-Wallace à Síntese Estendida da Evolução. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 11, n. 22, p. 46-61, 2015.

SIMONSON, T. S. et al. Adaptive genetic changes related to hemoglobin concentration in native high-altitude Tibetans. **Exp Physiol**, v. 100, n.11, 2015.

SOUZA, Toni, Cordeiro. **Genética evolutiva**. Santa Catarina: UFSC/Ministério da Educação, 2011.

STREET, S. E. et al. Coevolution of Cultural Intelligence, Extended Life History, Sociality, and Brain Size in Primates. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.114, p.7908-7914, 2017.

UNZER, Emiliano. História da Ásia. **Columbia & San Bernardino**, EUA, Amazon, 2019.

VASCONCELOS, Inês Caldeira Valverde de Azevedo. **Doença da Descompressão no Mergulho em Apneia**: Estudo de caso. 2018. Dissertação (Mestrado em Medicina) - Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2018.

VIEIRA e OLIVA. **Evolução, Cultura e Comportamento Humano**. Edições do Bosque, Florianópolis, 2017.

VIEIRA, Mauro Luis; OLIVA, Angela Donato. **Evolução, cultura e comportamento humano**. Florianópolis: Edições do Bosque/CFH/UFSC, 2017.

VIETH, R. Weaker bones and white skin as adaptations to improve anthropological “fitness” for northern environments. **Osteoporos**, v. 31, p. 617–624, 2020.

VOIGHT, B. F. et al. Correção: Um Mapa da Seleção Positiva Recente no Genoma Humano. **Biologia PLOS**, v. 5, n. 6, 2007.

WALTER, Chip. **Polegares e Lágrimas e outras peculiaridades que nos tornam humanos**, 2009, Capítulo 10, P.231-236.

WITT, K.E.; HUERTA-SANCHEZ, E. Convergent evolution in human and domesticate adaptation to high-altitude environments. **Phil. Trans. R. Soc**, v.374, 2019.

YORZINSKI, J. L.; MILLER, J. Sclera color enhances gaze perception in humans. **PLoS ONE**, v. 15, n.2, p.1-14, 2020.

YOUNG, J. Hunter, MD, MHS. **Evolution of Blood Pressure Regulation in humans. Pathogenesis of hypertension**, v. 9, p.13–18, 2007.

ZHOU, Hang et al. A chronological atlas of natural selection in the human genome during the past half-million years. **BioRxiv**, p. 018929, 2015.

ZIETSCH, B.P.; CANDIA, T.R. de; KELLER, M.C. Evolutionary behavioral genetics. **Curr Opin Behav Sci**, v. 2, p.73-80, 2015.

