RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese será disponibilizado somente a partir de 19/03/2022.

UNESP - Universidade Estadual Paulista

"Júlio de Mesquita Filho"

Faculdade de Odontologia de Araraquara

Lara Maria Herrera

Antropologia Forense e estimativa da origem geográfica: composição isotópica do esmalte dentário de indivíduos modernos residentes no estado de São Paulo

Araraquara

2020

UNESP - Universidade Estadual Paulista

"Júlio de Mesquita Filho"

Faculdade de Odontologia de Araraquara

Lara Maria Herrera

Antropologia Forense e estimativa da origem geográfica: composição isotópica do esmalte dentário de indivíduos modernos residentes no estado de São Paulo

Tese apresentada à Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia de Araraquara, para obtenção do título de Doutor em Odontologia, na Área de Ciências Forenses

Orientadora: Profa. Dra. Mônica da Costa Serra
Coorientador: Prof. Dr. Clemente Maia S. Fernandes

Araraquara

2020

Herrera, Lara Maria
Antropologia Forense e estimativa da origem geográfica: composição isotópica do esmalte dentário de indivíduos modernos residentes no estado de São Paulo / Lara Maria Herrera.-- Araraquara: [s.n.], 2020
83 f.; 30 cm.

Tese (Doutorado em Odontologia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia
Orientador: Prof. Dr. Mônica da Costa Serra
Coorientador: Prof. Dr. Clemente M. S. Fernandes

1. Odontologia legal 2. Isótopos 3. Localizações geográficas I. Título

.

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Marley C. Chiusoli Montagnoli, CRB/5646
Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia, Araraquara
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

Lara Maria Herrera

Antropologia Forense e estimativa da origem geográfica: composição isotópica do esmalte dentário de indivíduos modernos residentes no estado de São Paulo

Comissão julgadora

Tese para obtenção do grau de Doutor em Odontologia

Presidente e orientadora: Profa. Dra. Mônica da Costa Serra

2º examinador:

3º examinador:

4º examinador:

5º examinador:

Araraquara,19 de março de 2020.

DADOS CURRICULARES

Lara Maria Herrera

NASCIMENTO: 17 de março de 1987 – Sertãozinho – SP

FILIAÇÃO: Luciana Rosa Aparecida Catanante e Paulo Sérgio Herrera

2007 – 2011 Graduação em Odontologia pela Faculdade de Odontologia de Araraquara (FOAr) – UNESP

2012 – 2013 Especialização em Odontologia Legal pela Faculdade de Odontologia de São Paulo (FO) – USP

2014 – 2016 Mestrado em Ciências Odontológicas, Área de Concentração em Odontologia Forense, pela Faculdade de Odontologia de São Paulo (FO) – USP

Dedico este trabalho à minha mãe, ao meu irmão e ao meu marido,
a todas as pessoas que, fora do ambiente acadêmico, financiam a Ciência,
e a todas as vítimas que necessitam de identificação e às suas famílias.

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Mônica da Costa Serra e ao Prof. Dr. Clemente M. S. Fernandes pela oportunidade e confiança depositada para a realização deste trabalho,

Ao Prof. Dr. Gareth R. Davies e à Dra. Lisette M. Kootker pelas oportunidades, contribuições e zelo com a qualidade do trabalho,

Ao grupo de Geologia e Geoquímica da Faculdade de Ciências da Vrije Universiteit Amsterdam pela receptividade e ajuda na execução desta pesquisa,

À Profa. Dra. Lívia Nordi Dovigo pelos ensinamentos em Estatística, discussões sobre Integridade e todo suporte, inclusive extramuros,

Ao Prof. Dr. Didier Gastmans pela ajuda em questões de Geologia,

Ao Centro de Especialidades Odontológicas de Araraquara (CEO), à Associação Brasileira de Odontologia de Araraquara (ABO), à Clínica Odontológica do Sindicato dos Empregados no Comércio Hoteleiro de Campinas e Região, ao Hospital do Servidor Público Municipal de São Paulo, à Faculdade Facoph de Itapetininga, à Associação Paulista de Cirurgiões Dentistas – Regional de Presidente Prudente (APCD) e ao Centro de Especialidades Odontológicas de Piracicaba (CEO), pela autorização concedida para acesso aos pacientes, tornando possível a coleta de amostras,

Às cirurgiãs-dentistas Aline Cristina Senna Barbosa e Gabriela Eleutério Pulitano pela ajuda com a coleta de dados,

Aos participantes da pesquisa pelo fornecimento de suas informações e amostras,

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram de alguma forma para a realização deste trabalho.

À CAPES - O presente trabalho foi parcialmente realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001. Edital Ciências Forenses 25/2014 “Pró-Forenses”. Processo: PE 88881.311546/2018-01.

“Inteiramente errônea é a concepção popular de que a ciência engloba corpos de fatos estabelecidos. Nada na ciência está permanente estabelecido, coisa alguma, nela, é inalterável. Em verdade, a ciência está claramente em constante modificação – e esta modificação não se processa por simples acréscimo de novas certezas. Se agimos racionalmente, baseamos nossas decisões e expectativas no “que de melhor sabemos” ...”
Karl Popper [*]

[*] Magee EB. As idéias de Popper; tradução de Leônidas Hegenberg e Octanny Silveira da Mota. São Paulo: Editora Cultrix, Ed da Universidade de São Paulo, 1974.

Herrera LM. Antropologia Forense e estimativa da origem geográfica: composição isotópica do esmalte dentário de indivíduos modernos residentes no estado de São Paulo. [tese de doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2020.

RESUMO

Em casos de necessidade do estabelecimento da identidade de uma pessoa, quando não há suspeição de quem possa ser o indivíduo, e não há registros ante-mortem para comparação, necessários para aplicação de método de identificação, pode ser realizada a estimativa do perfil biológico (sexo, idade à morte, estatura e ancestralidade). A estimativa da origem geográfica pode auxiliar, reduzindo as possibilidades da origem mais provável do indivíduo, e facilitando nas buscas por identidades. Essa estimativa pode ser feita por meio de análises isotópicas de tecidos biológicos. O esmalte dentário é o tecido mais rígido do corpo humano, e praticamente não sofre alterações quanto às razões isotópicas. O objetivo deste trabalho foi caracterizar a assinatura isotópica de esmalte dentário de indivíduos residentes no estado de São Paulo. Também foi objetivo fazê-lo por regiões ao longo do mencionado estado e por níveis socioeconômicos. Cento e quarenta e dois terceiros molares foram utilizados para extração de esmalte dentário. As amostras foram preparadas e analisadas para carbono e oxigênio em um espectrômetro de massas de razão isotópica (IRMS) acoplado a um analisador do tipo Gas Bench II; para estrôncio, em um espectrômetro de massas de ionização térmica Triton-plus Thermo Finnigan (TIMS). Os valores encontrados de $\delta^{18}O$, $\delta^{13}C$ e $^{87}Sr/^{86}Sr$ estimados para a população do estado de São Paulo foram respectivamente: -5,82‰ ± 0,09, -9,04‰ ± 0,16 e 0,712067 ± 0,000162. Diferenças foram observadas nos valores isotópicos entre as regiões g1 e g5. Diferenças nos valores isotópicos foram observadas entre indivíduos das classes socioeconômicas mais extremas para $\delta^{13}C$ e $^{87}Sr/^{86}Sr$. Esses achados reforçam a possibilidade de se estimar a origem geográfica. O presente estudo poderá servir de base de dados para auxiliar no processo da estimativa da origem geográfica em casos forenses futuros.

Palavras – chave: Odontologia Legal. Isótopos. Localizações Geográficas.

Herrera LM. Forensic Anthropology and the estimation of geographic origin: isotopic composition of enamel teeth from modern subjects living in São Paulo state. [tese de doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2020.

ABSTRACT

In cases of need to establish the identity of a person, when there is no suspicion of who the individual may be, and there are no ante-mortem records for comparison, necessary to apply the identification method, the biological profile can be estimated (sex, age at death, stature and ancestry). The estimate of the geographical origin can help by reducing the possibilities of the most likely origin of the individual and facilitating the search for identities. This estimative can be conducted through isotopic analysis of biological tissues. Dental enamel is the hardest tissue of the human body and does not undergo isotopic changes. The aim of the study was to characterize to characterize the dental enamel isotopic signature of subjects living in the state of São Paulo. It was also an aim to do it by regions along the aforementioned state and by socioeconomic status. One hundred and forty-two third molars were used for tooth enamel extraction. The samples were prepared and analyzed for carbon and oxygen on Isotopic Ratio Mass Spectrometer (IRMS) coupled with Gas Bench II analyzer and for strontium, on a Thermal Ionization Mass Spectrometer Triton-plus Thermo Finnigan (TIMS). The obtained values of $\delta^{18}O$, $\delta^{13}C$ and $^{87}Sr/^{86}Sr$ estimated for the population of the state of São Paulo were, respectively: -5.82‰ ± 0.09, -9.04‰ ± 0.16 and 0.712067 ± 0.000162. Differences regarding isotope values were observed mainly between the g1 and g5. Differences were also observed between individuals from the most extreme socioeconomic status ($\delta^{13}C$ and $^{87}Sr/^{86}Sr$). These findings corroborate to the possibility of estimating geographic origin. The present study can serve as a database to assist in the process of estimating geographic origin in future forensic cases.

Keywords: Forensic Dentistry. Isotopes. Geographic Locations.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13

2 PROPOSIÇÃO 16
2.1 Objetivo Geral 16
2.2 Objetivos Específicos 16

3 REVISÃO DA LITERATURA 17
3.1 Definições e Símbolos 17
3.1.1 Isótopos 17
3.1.2 Abundância isotópica 18
3.1.3 Razão isotópica 18
3.1.4 Fator de fracionamento 18
3.1.5 Enriquecimento isotópico 19
3.2 Aplicações 20
3.3 Isótopos de Maior Interesse na Esfera Forense 22
3.3.1 Carbono 22
3.3.2 Oxigênio 24
3.3.3 Nitrogênio 28
3.3.4 Estrôncio 28
3.3.5 Chumbo 29
3.3.6 Análise combinada 30
3.4 Tecidos Humanos Mais Utilizados na Análise Isotópica 32
3.4.1 Ossos 32
3.4.2 Dentes 34
3.4.3 Cabelos 39
3.4.4 Unhas 40
3.4.5 Pele 40
3.5 Problemas com Amostras e Análises 40
3.6 Pré-tratamentos 42
3.7 Isoscapes 46

SUMÁRIO

4 MATERIAL E MÉTODO 48
4.1 Material 49
4.2 Método 52
4.3 Análise Estatística 54

5 RESULTADO 55

6 DISCUSSÃO 62

7 CONCLUSÃO 70

REFERÊNCIAS 71

APÊNDICE A 81

ANEXO A 83

1 INTRODUÇÃO

O número de ocorrências de desaparecimentos de pessoas no Brasil é estimado em cerca de 80 mil por ano[1]. São cerca de 175 mortes violentas intencionais por dia no país e uma taxa de 30,8 mortes por 100 mil habitantes. Somente no estado de São Paulo, em 2018 este número foi estimado como 20 mil[2]. Tal número expressivo representa um problema social, por estar relacionado, direta ou indiretamente, à violência doméstica e homicídios entre outros.

Muitas pessoas desaparecidas são encontradas mortas, e são enterradas sem identidade. Em situações em que somente remanescentes humanos são encontrados, é possível estimar o perfil biológico da vítima por meio de técnicas da Antropologia Física, como o sexo, a idade, estatura e a ancestralidade. A partir do perfil biológico, busca-se por suspeitos que possuam as características estimadas e, por comparação das informações médicas e odontológicas dos remanescentes humanos com as dos suspeitos elencados, um método de identificação humana é realizado e pode ter sucesso.

Porém, informações como sexo, idade, estatura e ancestralidade podem não ser suficientes para compor o perfil de um indivíduo. Nesse sentido, conhecer a origem geográfica – a qual não está, necessariamente, relacionada ao local onde o esqueleto foi encontrado – pode possibilitar o refinamento das buscas pela identidade.

Uma ferramenta com grande potencial para a estimativa da origem geográfica de indivíduos não identificados é a análise de isótopos encontrados em tecidos biológicos[3-8]. Os isótopos são elementos químicos que estão presentes na natureza e são incorporados ao corpo humano principalmente por meio da alimentação[9] e da água ingerida[10,11]. Dessa forma, se os padrões isotópicos do ambiente e dos alimentos forem conhecidos, considerando que estes alimentos sejam cultivados e consumidos localmente, por comparação aos tecidos humanos é possível estimar se um indivíduo está, de alguma forma, relacionado àquele ambiente, uma vez que o homem sofre influência dos padrões isotópicos do meio em que vive[12,13].

Para que tal comparação seja possível, os valores isotópicos dos tecidos humanos podem ser convertidos considerando a questão do ambiente. Para tanto, é necessário conhecer todos os recursos de água do local e considerar os períodos de chuva, estações do ano e temperatura do ambiente, de épocas específicas, além dos

erros associados às conversões de dados isotópicos dos tecidos para comparação com os dados do ambiente[14,15]. Além disso, não são conhecidos todos os fatores que podem influenciar a composição isotópica dos tecidos humanos. Hábitos como o fumo[9,16], metabolismo e doenças[17,18], práticas de preparo dos alimentos[19], globalização – e o consumo de alimentos industrializados e ultra processados – fertilizantes nas plantações podem ser responsáveis pela composição isotópica do organismo.

O nível socioeconômico[20] parece ser importante, uma vez que o padrão alimentar, hábitos e até mesmo as condições do ambiente podem estar relacionados à economia do local e aos seus aspectos culturais. A própria dieta do supermercado exige um nível socioeconômico mínimo. Dependendo do local, as condições socioeconômicas podem moldar os hábitos alimentares. Restrições de oferta de produtos em uma região podem ser reflexo da falta de influência política ou mobilidade geográfica das pessoas. Pessoas de classes sociais mais altas podem buscar melhores condições em outras regiões/áreas e, como consequência, podem levar a uma concentração de pessoas de menor nível socioeconômico em áreas mais remotas[21].

A composição isotópica encontra-se preservada para diferentes épocas da vida do indivíduo, e depende do tecido observado. Assim, o tipo de tecido pode ser considerado um outro fator, pois pode registrar diferentes assinaturas isotópicas para um mesmo individuo. Os dentes, mais particularmente o esmalte dentário, são as estruturas mais resistentes do corpo humano. Os minerais, na forma de cristalitos de hidroxiapatita – Ca_{10} $(PO_4)_6$ $(OH)_2$ – são responsáveis pela sua alta dureza[22]. O esmalte dentário apresenta cronologia de mineralização bem específica e quando formado, dificilmente sofre alterações isotópicas[23,24]. Por conta da sua dureza, os dentes são bem resistentes frente a diferentes condições, como altas temperaturas (em casos de mortes provocadas por incêndios), umidade (afogamentos), entre outras situações, e por isso são considerados bons materiais para análise no contexto forense.

Alguns autores[6,25] vêm sugerindo que a comparação isotópica seja feita com dados de tecidos humanos de origem conhecida para estimar a origem geográfica, ou ainda por meio da comparação com mapas construídos a partir de dados de amostras biológicas (e não dados provenientes diretamente do ambiente). Devido a processos migratórios, variações geográficas, culturais, clima e forma como as pessoas

interagem com o meio em que se encontram, as características das populações se manifestam de formas distintas, e por isso a importância do presente estudo. Alguns trabalhos[4,6,25-27] documentaram a variabilidade de isótopos em dentes de indivíduos modernos de diferentes regiões do mundo. Até o presente, não foi localizada nenhuma informação sobre a aplicação da análise isotópica em dentes de brasileiros modernos visando auxiliar peritos e outros profissionais em questões médico e odontolegais. Este fato motivou a busca de tais parâmetros para a nossa população.

Neste trabalho, incluímos em nossa amostra dentes terceiros molares de indivíduos vivos de origem conhecida, e construímos estimativas de valores isotópicos para diferentes regiões do estado de São Paulo. Aspectos geológicos, nutricionais e socioeconômicos são analisados neste estudo isotópico. Tal abordagem mais integrada é importante, considerando a complexidade dos isótopos em indivíduos modernos.

O conceito de “indivíduo moderno” não é completamente esclarecido na literatura, uma vez que indivíduos de um mesmo tempo podem ser mais modernos do que outros, considerando a herança genética que carregam[28]. No entanto, para a área Forense, indivíduos modernos podem ser todos os seres humanos do presente (vivos ou mortos), sendo o contexto recente das evidências e o ambiente muito importantes e decisivos para indicação de equipes forenses.

Em situações em que é necessária a determinação da identificação humana, destaca-se a importância do odontolegista, inserido em uma equipe multidisciplinar. Além da responsabilidade que o cirurgião-dentista possui no que se refere ao exame odontológico e armazenamento de informações, o mesmo é o profissional que conhece melhor do que qualquer outro os aspectos morfológicos, estruturais e funcionais dos elementos dentários. A participação da Odontologia em análises antropológicas forenses em prol do auxílio à justiça é consagrada internacionalmente. No Brasil, a lei 12.030/2009 estabelece que são peritos de natureza criminal os peritos criminais, peritos médico-legistas e peritos odontolegistas[29].

7 CONCLUSÃO

As razões de $\delta^{18}O$, $\delta^{13}C$ e $^{87}Sr/^{86}Sr$ estimadas para a população do estado de São Paulo são respectivamente: -5,82‰ ± 0,09, -9,04‰ ± 0,16 e 0,712067 ± 0,000162.

Não foi possível estabelecer características isotópicas exclusivas para todas as regiões do estado de São Paulo analisadas neste trabalho. Porém, algumas regiões apresentaram valores isotópicos diferentes entre si, para os elementos estudados - $\delta^{18}O$, $^{87}Sr/^{86}Sr$ e $\delta^{13}C$. Em casos reais, a análise conjunta dos diferentes elementos isotópicos pode ser importante na busca da estimativa geográfica, considerando as diferentes regiões do estado. Os dados obtidos poderão também ser úteis na diferenciação de indivíduos residentes do estado de São Paulo dos de outras origens brasileiras ou mesmo de estrangeiros. Também foram verificadas diferenças para $^{87}Sr/^{86}Sr$, entre os níveis socioeconômicos mais extremos (classes A e D-E).

Vale reforçar a importância do estudo de isotopia forense em humanos para estimativa de origem geográfica considerando regiões geográficas de maiores extensões. Em casos de desastres em massa, onde haja pessoas de diferentes nacionalidades incluindo brasileiros crescidos (infância e adolescência) no estado de São Paulo, a estimativa da origem geográfica demonstra grande potencial de aplicação.

No contexto forense, dados do ambiente (isoscapes ambientais) são importantes na estimativa da origem geográfica, porém a comparação de valores isotópicos de tecidos biológicos de uma vítima com valores obtidos de humanos modernos de origens e perfis conhecidos, acaba sendo muito mais confiável para estabelecer qualquer conclusão. Nesse sentido, os dados desta pesquisa – pioneira no Brasil para a estimativa da origem geográfica de indivíduos modernos - poderão constituir a base de importante banco de dados, para auxiliar no processo da estimativa da origem geográfica em casos reais em que se busque a identificação de corpos e ossadas, contribuindo com as Ciências Forenses, a Justiça e a sociedade.

REFERÊNCIAS*

1. Fórum Brasileiro de Segurança Pública. Segurança pública em números 2018. [acesso 2020 jan 12]. Disponível em: http://www.forumseguranca.org.br/wp-content/uploads/2019/02/Infografico_an12_atualizado.pdf.

2. Ministério Público do Estado de São Paulo. Estatística de notícias desaparecimento e encontro de pessoa no Estado de São Paulo. [acesso 2020 jan 12]. Disponível em: http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/plid/estatisticas.

3. Meier-Augenstein W, Fraser I. Forensic isotope analysis leads to identification of a mutilated murder victim. Sci Justice. 2008; 48(3): 153-9.

4. Font L, van der Peijl G, van Leuwen C, van Wetten I, Davies GR. Identification of the geographical place of origin of an unidentified individual by multi-isotope analysis. Sci Justice. 2015; 55(1): 34-42.

5. Font L, Jonker G, van Aalderen PA, Schiltmans EF, Davies GR. Provenancing of unidentified World War II casualties: application of strontium and oxygen isotope analysis in tooth enamel. Sci Justice. 2015; 55(1): 10-7.

6. Keller AT, Regan LA, Lundstrom CC, Bower NW. Evaluation of the efficacy of spatiotemporal Pb isoscapes for provenancing of human remains. Forensic Sci Int. 2016; 261: 83-92.

7. Someda H, Gakuhari T, Akai J, Araki Y, Kodera T, Tsumatori G, et al. Trial application of oxygen and carbon isotope analysis in tooth enamel for identification of past-war victims for discriminating between Japanese and US soldiers. Forensic Sci Int. 2016;261: 166.e1-5.

8. Chesson LA, Tipple BJ, Ehleringer JR, Park T, Bartelink EJ. Forensic applications of isotope landscapes ("isoscapes"): a tool for predicting region-of-origin in forensic anthropology cases. In: Boyd Jr CC, Boyd DC. Forensic anthropology: theoretical framework and scientific basis. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.; 2018.

9. Grolmusova Z, Rapcanova A, Michalko J, Cech P, Veis P. Stable isotope composition of human fingernails from Slovakia. Sci Total Environ. 2014;496: 226-32.

* De acordo com o Guia de Trabalhos Acadêmicos da FOAr, adaptado das Normas Vancouver. Disponível no site da Biblioteca: http://www.foar.unesp.br/Home/Biblioteca/guia-de-normalizacao-atualizado.pdf

10. Ehleringer JR, Bowen GJ, Chesson LA, West AG, Podlesak DW, Cerling TE. Hydrogen and oxygen isotope ratios in human hair are related to geography. PNAS. 2008;105(8): 2788-93.

11. Warner MM, Plemons AM, Herrmann NP, Regan LA. Refining stable oxygen and hydrogen isoscapes for the identification of human remains in Mississippi. J Forensic Sci. 2018;63(2): 395-402.

12. Jaouen K, Herrscher E, Balter V. Copper and zinc isotope ratios in human bone and enamel. Am J Phys Anthropol. 2017;162(3): 491-500.

13. Alkass K, Saitoh H, Buchholz BA, Bernard S, Holmlund G, Senn DR, et al. Analysis of radiocarbon, stable isotopes and DNA in teeth to facilitate identification of unknown decedents. PLoS One. 2013;8(7): e69597.

14. Pryor AJE, Stevens RE, O'Connell TC, Lister JR. Quantification and propagation of errors when converting vertebrate biomineral oxygen isotope data to temperature for palaeoclimate reconstruction. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2014;412: 99-107.

15. Pollard AM, Pellegrini M, Lee-Thorp JA. Technical note: some observations on the conversion of dental enamel δ18op values to δ18ow to determine human mobility. Am J Phys Anthropol. 2011;145(3): 499-504.

16. Badea M, Luzardo OP, Gonzalez-Antuna A, Zumbado M, Rogozea L, Floroian L, et al. Body burden of toxic metals and rare earth elements in non-smokers, cigarette smokers and electronic cigarette users. Environ Res. 2018;166: 269-75.

17. Petzke KJ, Feist T, Fleig WE, Metges CC. Nitrogen isotopic composition in hair protein is different in liver cirrhotic patients. Rapid Commun Mass Spectrom. 2006;20(19): 2973-8.

18. Taran K, Fraczek T, Sikora-Szubert A, Sitkiewicz A, Mlynarski W, Kobos J, et al. The first investigation of Wilms' tumour atomic structure-nitrogen and carbon isotopic composition as a novel biomarker for the most individual approach in cancer disease. Oncotarget. 2016;7(47): 76726-34.

19. Brettell R, Montgomery J, Evans J. Brewing and stewing: the effect of culturally mediated behaviour on the oxygen isotope composition of ingested fluids and the implications for human provenance studies. J Anal At Spectrom. 2012;27: 778-85.

20. Gragnani JG, Garavello ME, Silva RJ, Nardoto GB, Martinelli LA. Can stable isotope analysis reveal dietary differences among groups with distinct income levels in the city of Piracicaba (southeast region, Brazil)? J Hum Nutr Diet. 2014;27(3): 270-9.

21. Kamakura WA, Mazzon JA. Socioeconomic status and consumption in an emerging economy. Int J Mark. 2013; 30(1): 4-18.

22. Aranha F. Bioquímica do sistema dental. 2.ed. São Paulo: Sarvier; 2002.

23. Alkass K, Buchholz BA, Druid H, Spalding KL. Analysis of 14C and 13C in teeth provides precise birth dating and clues to geographical origin. Forensic Sci Int. 2011;209(1-3): 34-41.

24. Regan LA. Isotopic determination of region of origin in modern peoples: Applications for identification of U.S. war-dead from the Vietnam Conflict [tese de doutorado]. Gainesville: University of Florida; 2006. [acesso 2020 jan 12]. Disponível em: http://etd.fcla.edu/UF/UFE0015561/regan_l.pdf.

25. Kamenov GD, Curtis JH. Using carbon, oxygen, strontium, and lead isotopes in modern human teeth for forensic investigations: a critical overview based on data from Bulgaria. J Forensic Sci. 2017;62(6): 1452-9.

26. Juarez CA. Strontium and geolocation, the pathway to identification for deceased undocumented mexican border-crossers: a preliminary report. J Forensic Sci. 2008;53(1): 46-9.

27. Eck CJ, DiGangi EA, Bethard JD. Assessing the efficacy of isotopic provenancing of human remains in Colombia. Forensic Sci Int. 2019; 302: 109919.

28. Stringer C. What makes a modern human. Nature. 2012; 485(7396): 33-5.

29. Brasil. Código Civil Brasileiro. Lei nº 12030 de 17 de setembro de 2009. Dispõe sobre as perícias oficiais e dá outras providências. [acesso 2020 abril 15]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/L12030.htm.

30. Ducatti C. Isótopos estáveis ambientais [Apostila]. Botucatu: Centro de Isótopos Estáveis Ambientais do Departamento de Físíca e Biofísica da Unesp; 2007.

31. Delabarde T, Ludes B. Manuel pratique d'Anthropologie Médico-Légale. France: Eska; 2014.

32. Schuh C, Makarewicz CA. Tracing residential mobility during the Merovingian period: an isotopic analysis of human remains from the Upper Rhine Valley, Germany. Am J Phys Anthropol. 2016;161(1): 155-69.

33. McLean SJ, Ikegaya H, Saukko PJ, Zheng HY, Itoh K, Fushiki S. The utilization of stable isotope analysis for the estimation of the geographic origins of unidentified cadavers. Forensic Sci Int. 2014;245: 45-50.

34. Jaouen K, Beasley M, Schoeninger M, Hublin J-J, Richards MP. Zinc isotope ratios of bones and teeth as new dietary indicators: results from a modern food web (Koobi Fora, Kenya). Scientific Reports. 2016;6(1): 26281.

35. Grimmeisen F, Lehmann MF, Liesch T, Goeppert N, Klinger J, Zopfi J et al. Isotopic constraints on water source mixing, network leakage and contamination in an urban groundwater system. Sci Total Environ. 2017;583: 202-13.

36. Zhao X, Yan X, Xie Y, Wang S, Xing G, Zhu Z. Use of nitrogen isotope to determine fertilizer- and soil-derived ammonia volatilization in a rice/wheat rotation system. J Agric Food Chem. 2016;64(15): 3017-24.

37. Laffoon JE, Hoogland MLP, Davies GR, Hofman CL. A multi-isotope investigation of human and dog mobility and diet in the Pre-Colonial Antilles. Environmental Archaeology. 2017;24(2): 132-48.

38. Müldner G, Chenery C, Eckardt H. The 'Headless Romans': multi-isotope investigations of an unusual burial ground from Roman Britain. J Arch Sci. 2011;38(2): 280-90.

39. Dunne J, Rebay-Salisbury K, Salisbury RB, Frisch A, Walton-Doyle C, Evershed RP. Milk of ruminants in ceramic baby bottles from prehistoric child graves. Nature. 2019;574(7777): 246-8.

40. Som S, De A, Banik GD, Maity A, Ghosh C, Pal M, et al. Mechanisms linking metabolism of Helicobacter pylori to 18O and 13C-isotopes of human breath CO2. Scientific Reports. 2015;5(1): 10936.

41. Hynson NA. The carbon and nitrogen ecophysiologies of two endemic tropical orchids mirrors those of their temperate relatives and the local environment. R Soc Open Sci.3(11): 160427.

42. Linnebjerg JF, Hobson KA, Fort J, Nielsen TG, Møller P, Wieland K et al. Deciphering the structure of the West Greenland marine food web using stable isotopes (δ13C, δ15N). Mar Biol. 2016;163: 230-45.

43. Sun S, Guo B, Wei Y. Origin assignment by multi-element stable isotopes of lamb tissues. Food Chem. 2016;213: 675-81.

44. Vinciguerra V, Stevenson R, Pedneault K, Poirier A, Helie JF, Widory D. Strontium isotope characterization of wines from Quebec, Canada. Food Chem. 2016;210: 121-8.

45. Kawashima H, Suto M, Suto N. Stable carbon isotope ratios for organic acids in commercial honey samples. Food Chem. 2019;289: 49-55.

46. Bizjak Bat K, Eler K, Mazej D, Mozetič Vodopivec B, Mulič I, Kump P et al. Isotopic and elemental characterisation of Slovenian apple juice according to geographical origin: preliminary results. Food Chem. 2016;203: 86-94.

47. Phillips SA, Doyle S, Philp L, Coleman M. Network developing forensic applications of stable isotope ratio mass spectrometry conference 2002. Sci Justice. 2003;43(3): 153-60.

48. Reidy LJ, Meier-Augenstein W, Kalin RM. 13C-Isotope ratio mass spectrometry as a potential tool for the forensic analysis of white architectural paint: a preliminary study. Rapid Commun Mass Spectrom. 2005;19(13): 1899-905.

49. Bartelink EJ, Berg GE, Chesson LA, Tipple BJ, Beasley MM, Prince-Buitenhuys JR et al. Applications of stable isotope forensics for geolocating unidentified human remains from past conflict situations and large-scale humanitarian efforts. In: Latham KE, Bartelink EJ, Finnegan M. New perspectives in forensic human skeletal identification. Cambridge: Academic Press; 2018. p. 175-84.

50. Fraser I, Meier-Augenstein W, Kalin RM. The role of stable isotopes in human identification: a longitudinal study into the variability of isotopic signals in human hair and nails. Rapid Commun Mass Spectrom. 2006;20(7): 1109-16.

51. Muccio Z, Jackson GP. Isotope ratio mass spectrometry. Analyst. 2009;134(2): 213-22.

52. Schwarcz HP, White CD, Longstaffe FJ. Stable and radiogenic isotopes in biological Archaeology: some applications. In: West JB, Bowen GJ, Dawson TE, Tu KP. Isoscapes: understanding movement, pattern, and process on earth through isotope mapping. Dordrecht: Springer; 2010.p.335-56.

53. Bryant JD, Koch PL, Froelich PN, Showers WJ, Genna BJ. Oxygen isotope partitioning between phosphate and carbonate in mammalian apatite. Geochim Cosmochim Acta. 1996;60(24): 5145-8.

54. Chenery CA, Pashley V, Lamb AL, Sloane HJ, Evans JA. The oxygen isotope relationship between the phosphate and structural carbonate fractions of human bioapatite. Rapid Commun Mass Spectrom. 2012;26(3): 309-19.

55. Gat JR. Comments on the stable isotope method in regional groundwater investigations. Water Resour Res. 1971;7(4): 980-93.

56. Bowen GJ. Isoscapes: spatial pattern in isotopic biogeochemistry. Annual Review of Earth and Planetary Sciences. 2010;38(1): 161-87.

57. Lin GP, Rau YH, Chen YF, Chou CC, Fu WG. Measurements of δD and δ18O stable isotope ratios in milk. Journal of Food Science. 2003;68(7): 2192-5.

58. Daux V, Lecuyer C, Heran MA, Amiot R, Simon L, Fourel F et al. Oxygen isotope fractionation between human phosphate and water revisited. J Hum Evol. 2008;55(6): 1138-47.

59. Widory D. Oxygen and nitrogen isotopic fractionations during human respiration. C R Biol. 2004;327(8): 729-34.

60. Lightfoot E, O'Connell TC. On the use of biomineral oxygen isotope data to identify human migrants in the archaeological record: intra-sample variation, statistical methods and geographical considerations. PLoS One. 2016;11(4): e0153850.

61. Coplen TB. Normalization of oxygen and hydrogen isotope data. Chemical Geology: Isotope Geoscience section. 1988;72(4): 293-7.

62. Beaumont J, Montgomery J. The great Irish famine: identifying starvation in the tissues of victims using stable isotope analysis of bone and incremental dentine collagen. PLoS One. 2016;11(8): e0160065.

63. Gueguen F, Stille P, Lahd Geagea M, Perrone T, Chabaux F. Atmospheric pollution in an urban environment by tree bark biomonitoring - part II: Sr, Nd and Pb isotopic tracing. Chemosphere. 2012;86(6): 641-7.

64. Melnyk LJ, Donohue MJ, Pham M, Donohue J. Absorption of strontium by foods prepared in drinking water. J Trace Elem Med Biol. 2019;53: 22-6.

65. Dahl SG, Allain P, Marie PJ, Mauras Y, Boivin G, Ammann P, et al. Incorporation and distribution of strontium in bone. Bone. 2001;28(4): 446-53.

66. Gulson BL, Gillings BR. Lead exchange in teeth and bone - a pilot study using stable lead isotopes. Environmental health perspectives. 1997;105(8): 820-4.

67. McLean SJ, Ikegaya H, Saukko PJ, Zheng HY, Akutsu T, Miyamori D et al. A trial of the utilization of stable isotope analysis for the estimation of the geographic origins of unidentified cadavers. Forensic Sci Int. 2013;232(1-3): 237.e1-5.

68. Katchburian E, Arana VEC. Histologia e embriologia oral: texto, atlas, correlações clínicas. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan; 2012.

69. Reid DJ, Dean MC. Variation in modern human enamel formation times. J Hum Evol. 2006;50(3): 329-46.

70. Snoeck C, Pellegrini M. Comparing bioapatite carbonate pre-treatments for isotopic measurements: part 1—Impact on structure and chemical composition. Chemical Geology. 2015;417: 394-403.

71. LeGeros RZ. Apatites in biological systems. Prog Crystal Growth Charact. 1981;4(1): 1-45.

72. Reade H, Stevens RE, Barker G, O'Connell TC. Tooth enamel sampling strategies for stable isotope analysis: potential problems in cross-method data comparisons. Chemical Geology. 2015;404: 126-35.

73. AlQahtani SJ, Hector MP, Liversidge HM. The London atlas of human tooth development and eruption. Am J Phys Anthropol. 2010;142(3): 481-90.

74. Vautour G, Poirier A, Widory D. Tracking mobility using human hair: what can we learn from lead and strontium isotopes? Sci Justice. 2015;55(1): 63-71.

75. Geagea ML, Stille P, Gauthier-Lafaye F, Millet M. Tracing of industrial aerosol sources in an urban environment using Pb, Sr, and Nd isotopes. Environ Sci Technol. 2008;42(3): 692-8.

76. Böhlke JK, Horan M. Strontium isotope geochemistry of groundwaters and streams affected by agriculture, Locust Grove, MD. Applied Geochemistry. 2000;15(5): 599-609.

77. Grimes V, Pellegrini M. A comparison of pretreatment methods for the analysis of phosphate oxygen isotope ratios in bioapatite. Rapid Commun Mass Spectrom. 2013;27(3): 375-90.

78. Koch PL, Tuross N, Fogel ML. The effects of sample treatment and diagenesis on the isotopic integrity of carbonate in biogenic hydroxylapatite. J Archa Sci. 1997;24(5): 417-29.

79. Pellegrini M, Lee-Thorp JA, Donahue RE. Exploring the variation of the δ18Op and δ18Oc relationship in enamel increments. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2011;310(1): 71-83.

80. Jeffrey A, Denys C, Stoetzel E, Lee-Thorp JA. Influences on the stable oxygen and carbon isotopes in gerbillid rodent teeth in semi-arid and arid environments: implications for past climate and environmental reconstruction. Earth Planet Sci Lett. 2015;428: 84-96.

81. Pellegrini M, Snoeck C. Comparing bioapatite carbonate pre-treaments for isotopic measurements: part 2 – impact on carbon and oxygen isotope compositions. Chemical geology. 2016;420: 8.

82. Wunder MB. Using isoscapes to model probability surfaces for determining geographic origins. In: West JB, Bowen GJ, Dawson TE, Tu KP. Isoscapes: understanding movement, pattern, and process on earth through isotope mapping. Dordrecht: Springer; 2010.p.251-72.

83. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [homepage na Internet]. Brasil: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2018-2019 [acesso 2020 fev 7]. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp.html

84. Garcia MDGM, Brilha J, Lima FF, Vargas JC, Pérez-Aguilar A, Alves A, et al.The inventory of geological heritage of the state of São Paulo, Brazil: methodological Basis, results and perspectives. Geoheritage. 2018; 10: 239-58.

85. São Paulo (Estado). Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. Universidade Estadual Paulista. Águas subterrâneas no astado de São Paulo. Diretrizes de utilização e proteção. Departamento de Águas e Energia Elétrica, Instituto Geociências e Ciências Exatas. Laboratório de Estudo de Bacias. São Paulo: DAEE/LEBAC; 2013. [acesso 2020 fev 7]. Disponível em: http://www.daee.sp.gov.br/acervoepesquisa/Atlas%20-%20Águas%20Subterrâneas%20(DAEE-LEBAC).pdf

86. Mapa de águas subterrâneas do estado de São Paulo: escala 1:1.000.000: nota explicativa. São Paulo: DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica: IG-Instituto Geológico : IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo: CPRM- Serviço Geológico do Brasil; 2005. [acesso 2020 fev 7]. Disponível em: https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/233/2012/03/Nota%20Explicativa%20Mapa%20Aguas%20Subterraneas.pdf

87. Torres HG, Ferreira MP, Dini NP. Indicadores sociais. Por que construir novos indicadores como IPRS. São Paulo em Perspectiva. 2003; 17(3-4): 80-90.

88. IPRS – Índice Paulista de Responsabilidade Social [homepage na internet]; 2006-2008 [acesso em 2020 fev 7]. Disponível em: https://iprs.seade.gov.br/#

89. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [homepage na Internet]. Pesquisa de orçamentos familiares; 2018-2019 [acesso 2020 fev 7]. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101670.pdf

90. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [homepage na Internet]. Pesquisa de orçamentos familiares; 2002-2003 [acesso 2020 fev 7]. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81847.pdf

91. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [homepage na Internet]. Pesquisa de orçamentos familiares; 2008-2009 [acesso 2020 fev 7]. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv47307.pdf

92. Demirjian A, Goldstein H, Tanner JM. A new system of dental age assessment. Hum Biol. 1973;45(2): 211-27.

93. AlQahtani SJ. Atlas of human tooth development and eruption [figure]. London: Queen Mary University of London; 2009. [acesso 2020 jan 12]. Disponível em: https://www.qmul.ac.uk/dentistry/media/dentistry/images/atlas/atlas_of_tooth_development_in_English.pdf.

94. Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa. Critério de Classificação Econômica Brasil; 2015. [acesso 2017 set 10]. Disponível em: http://www.abep.org/criterio-brasil.

95. Santos MA, Bernardes-de-Oliveira MEC, Sant'anna LG. Evidências paleoclimáticas e paleoecológicas, segundo dados paleobotânicos e mineralógicos, dos argilitos neógenos de Jaguariúna (SP), correlatos à formação Rio Claro (2007). Revista UnG. 2007; 6(1): 80-106. Disponível em: http://revistas.ung.br/index.php/geociencias/article/view/136

96. IPRS – Índice Paulista de Responsabilidade Social [homepage na internet]; 2010-2012 [acesso 2020 fev 7]. Disponível em: https://iprs.seade.gov.br/#

97. Kootker LM, Mbeki L, Morris AG, Kars H, Davies GR. Dynamics of Indian ocean slavery revealed through isotopic data from the Colonial Era Cobern Street Burial Site, Cape Town, South Africa (1750-1827). Plos One. 2016; 11(6): e0157750.

98. Arango H. Bioestatística teórica e computacional. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2009.

99. Ehleringer JR, Thompson AH, Podlesak D, Bowen GJ, Chesson LA, Cerling TE et al. A framework for the incorporation of isotopes and isoscapes in geospatial forensic investigations. In: West JB, Bowen GJ, Dawson TE, Tu KP. Isoscapes: understanding movement, pattern, and process on earth through isotope mapping. Dordrecht: Springer; 2010.p.357-88.

100. Kennedy CD, Bowen GJ, Ehleringer JR. Temporal variation of oxygen isotope ratios (delta18O) in drinking water: implications for specifying location of origin with human scalp hair. Forensic Sci Int. 2011; 208 (1-3): 156-66.

101. Bowen GJ, Ehleringer JR, Chesson LA, Stange E, Cerling TE. Stable isotope ratios of tap water in the contiguous United States. Water Resources Research. 2007; 43(3): 1-12.

102. Nardoto GB, Ribeiro JF, Sena-Souza JP, Guaraldo AC, Saquetti CH. Rastreamento Forense: uso dos isótopos estáveis no combate ao crime. In: Costa FJV, Ferreira JM, Monteiro KRG, Mayrink RR. Ciência contra o tráfico - avanços no combate ao comércio ilegal de animais silvestres. João Pessoa: Imprel Editora; 2017.p.51-78.

103. Mero F, Gilboa Y. A methodology for the rapid evaluation of groundwater resources, Sao Paulo State, Brazil. Hydrological Sciences Bulletin; 1974. 19(3): 347-58.

104. Rocha-Júnior ERV, Marques LS, Babinski M, Nardy AJR, Figueiredo AMG, Machado FB. Sr–Nd–Pb isotopic constraints on the nature of the mantle sources involved in the genesis of the high-Ti tholeiites from northern Paraná Continental Flood Basalts (Brazil). J S Am Earth Sci. 2013; 46: 9-25.

105. Elliot T, Bonotto DM. Hydrogeochemical and isotopic indicators of vulnerability and sustainability in the GAS aquifer, São Paulo State, Brazil. Journal of Hydrology: Regional Studies. 2017; 14: 130-149.

106. Hoegh-Guldberg O, Northrop E, Lubchenco J. The ocean is key to achieving climate and societal goals. Science. 2019; 365(6460): 1372-4.