



Estudos isotópicos da dieta Guarani e a cadeia trófica associada à bacia do rio Taquari, Rio Grande do Sul

Mirian Carbonera*, Fernanda Schneider**, Neli Teresinha Galarce Machado*** e Daniel Loponte****

* Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (Unochapecó). Chapecó, Brasil, mirianc@unochapeco.edu.br

** Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Universidade do Vale do Taquari (Univates). Lajeado, Brasil, fernandaschneider@universo.univates.br

*** Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Taquari (Univates). Lajeado, Brasil, ngalarce@univates.br

**** Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano. Buenos Aires, Argentina, daniel.loponete@inapl.gob.ar

Recibido el 7 de marzo de 2022, aceptado para su publicación el 14 de julio de 2022.

<https://www.doi.org/10.5281/zenodo.7232827>

Palavras-chave:

isótopos estáveis;
Guarani;
horticultores amazônicos;
dieta;
mobilidade.

Keywords:

stable isotopes;
Guarani;
Amazonian horticulturalists;
diet;
mobility.



Los trabajos publicados en esta revista están bajo la licencia Creative Commons Atribución - No Comercial 2.5 Argentina.

RESUMO

Neste trabalho são apresentados os valores de isótopos estáveis ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{18}\text{O}$) obtidos em 23 amostras de sepultamentos humanos e em diferentes espécies faunísticas recuperadas em sítios arqueológicos Guarani localizados na porção final da Depressão Central Gaúcha e início da borda sul do Planalto das Araucárias, estado do Rio Grande do Sul (Brasil). Os valores isotópicos obtidos na fauna refletem um padrão preponderantemente C_3 ou monoisotópico C_3 , tanto entre os herbívoros como para os onívoros terrestres, enquanto que, para os peixes se observa um padrão misto. Os valores de $\delta^{15}\text{N}$ e do espaçamento das fontes de carbono mostram valores esperados para cada guilda e diferenças tróficas entre eles. Os humanos apresentam uma dieta baseada em proteínas C_3 , produto em grande medida do consumo das espécies analisadas, uma menor proporção de proteínas C_4 e uma significativa ingestão de carboidratos C_4 que, dado o contexto arqueológico, deve corresponder ao consumo de milho. Os valores isotópicos da dieta obtidos nos humanos são equivalentes aos observados em indivíduos Guarani recuperados em outras regiões do Brasil, como também da Argentina e Paraguai. Os resultados obtidos no oxigênio-18 são esperáveis para a região à leste do rio Uruguai, influenciada tanto pelo vapor de água procedente da Zona de Convergência Intertropical como pela Zona de Convergência Sul Americana.

ABSTRACT

In this study we present the results of isotopic analysis ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{18}\text{O}$) of human and faunal bones recovered in Guarani archaeological sites located in the rainforest of the center of the state of Rio Grande do Sul (Brazil). The isotopic values obtained in prey reflect a predominantly C_3 or monoisotopic C_3 pattern, both among herbivores and terrestrial omnivores, while a mixed pattern is observed for fish. The values of the spacing of the carbon sources and the values of $\delta^{15}\text{N}$ reflect differences between each respective guild, which are within expected values. Humans have a diet based mostly based on C_3 proteins and minor contribution of C_4 proteins, with a significant intake of C_4 carbohydrates, which, given the archaeological context, must correspond to the consumption of maize. The isotopic values of the diet of humans are equivalent to those observed in other individuals recovered at sites of this archaeological unit, located in other regions of Brazil as well as in Argentina and Paraguay. The results obtained in oxygen-18 are those expected for the region east of the Uruguay River, whose surface water comes from the precipitation of the Intertropical Convergence Zone and the South Atlantic Convergence Zone.

1. Introdução

Neste trabalho analisamos os valores isotópicos das dietas de indivíduos sepultados em sítios Guarani localizados no estado do Rio Grande do Sul (Brasil) (Figura 1), e de diferentes espécies faunísticas que integram a dieta destes grupos. Para isso, foram obtidos os valores dos isótopos de nitrogênio-15 ($\delta^{15}\text{N}$) e do carbono-13 ($\delta^{13}\text{C}$), do colágeno ($\delta^{13}\text{C}_{\text{Coo}}$) e da apatita ($\delta^{13}\text{C}_{\text{Cap}}$). Também incluímos dados de oxigênio-18 ($\delta^{18}\text{O}$) tanto para humanos como para a fauna, visando contribuir com a construção de uma paisagem isotópica que nos permita avançar em questões relacionadas com a dieta e mobilidade dos grupos humanos na região.

Os estudos isotópicos das dietas dos grupos horticultores amazônicos englobados dentro da unidade arqueológica Guarani têm permitido determinar uma dieta mista (C_3/C_4) para os indivíduos recuperados em sítios continentais. O impacto foi observado tanto nos valores do colágeno como de apatita, além dos valores de nitrogênio relativamente altos, provavelmente influenciados pelo consumo de peixes fluviais. Estes últimos são recorrentes na maioria dos sítios Guarani, especialmente aqueles que se localizam nos vales dos grandes rios do sudeste da América do Sul. Os dados para o setor da costa Atlântica ainda são muito escassos, mas as poucas informações disponíveis indicam a exploração de recursos marinhos

associados com o consumo de alimentos continentais C_3 e C_4 . Em todos os casos, a fonte de carboidratos C_4 parece corresponder ao consumo de milho, cereal que foi central na economia Guarani, enquanto que as proteínas C_4 parecem corresponder tanto ao consumo de milho como de algumas espécies de peixes e roedores que apresentam sinais isotópicos mistos ou preponderantemente C_4 (Loponte et al., 2016; Loponte & Carbonera, 2021).

2. A área de estudo

Os sítios arqueológicos analisados se localizam na porção final da Depressão Central Gaúcha e no início da borda sul do Planalto das Araucárias, no centro-leste do estado do Rio Grande do Sul, onde se desenvolve a Mata Atlântica do Alto Paraná, uma das 15 ecorregiões em que a Mata Atlântica foi subdividida (Di Bitetti et al., 2003; Figura 1). Esta ecorregião se distribui abaixo dos 600/700 m.s.n.m, apresenta vegetação predominante de floresta subtropical semidecidual, selva chuvosa (1700-2400 mm anuais) e um dossel arbóreo que se desenvolve em diferentes estratos (entre 10 e 40 m de altura) e diminui sensivelmente a quantidade de luz que chega à superfície. A vegetação que está abaixo das árvores é composta por três camadas sucessivas de plantas e arbustos, enquanto que o solo é coberto por uma camada quase contínua de musgos (Di Bitetti

et al., 2003; Martínez Crovetto, 1963; Moscovich et al., 2010; Rodríguez et al., 2005). Os sítios em que foram recuperadas as amostras se localizam na porção sul da bacia do rio Taquari-Antas, cujas nascentes se encontram no extremo leste do Planalto das Araucárias, dentro da ecorregião da Mata de Araucárias. Todas as amostras analisadas foram recuperadas em sítios arqueológicos que se encontram abaixo dos 600 m.s.n.m., isto é, dentro do ambiente desta floresta subtropical semidecidual chuvosa.

3. Materiais e métodos

3.1. Procedência das amostras

Para este estudo foram analisados quatro indivíduos. Dois deles provêm do sítio RS-03, conhecido também como 'viúva Pedro Marobin', localizado na margem direita do rio Taquari-Antas, no município de Muçum. Foi descoberto e inicialmente pesquisado por Schmitz em 1965 (Goldmeier, 1983) e, a partir do ano de 2012, pela Universidade do Vale do Taquari (Univates). Durante estes trabalhos foram recuperadas duas urnas funerárias entre 50 e 90 cm de profundidade, escoradas entre si e emborcadas, um fato inusitado para o padrão de enterramento Guarani na região. Estas urnas continham dois sepultamentos secundários (indivíduos "1" e "2" da Tabela 1, códigos de laboratório EIL 03-20 e

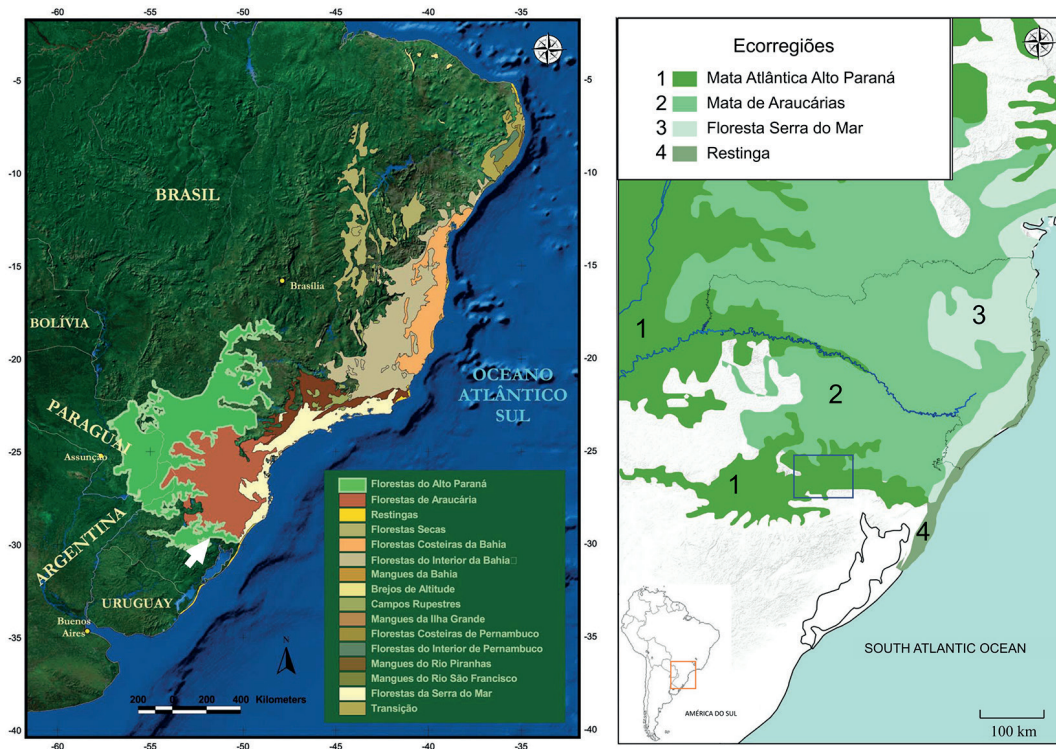


Figura 1. Mapa da área de estudo. No mapa da esquerda (retirado de Di Bitetti et al., 2003, p. 54), a seta indica a localização geral da área em que as amostras analisadas foram retiradas. No mapa da direita, um detalhe da localização da área de análise.



04-20 respectivamente). Este sítio possui uma datação radiocarbônica de 360 ± 30 anos ^{14}C AP (Schneider, 2019, p. 107). Os outros dois indivíduos foram recuperados no sítio RS-T-117, localizado no município de Cruzeiro do Sul, também na margem direita do rio Taquari-Antas. Foi identificado e escavado a partir do ano 2006 pela equipe da Univates. O sítio é constituído por três manchas de terra preta e um enterramento secundário em urna (indivíduo 29256, código de laboratório EIL 02-20). Os ossos estavam misturados ao solo e apresentavam alto grau de decomposição. Ao lado, foram evidenciadas duas tigelas de 20 cm de diâmetro sobrepostas, um adorno labial *tembetá* de quartzo e fragmentos de óxido de ferro configurando o anexo funerário. Ossos longos estavam colocados acima dessas tigelas, diretamente no solo. Em uma vasilha do tipo *yapepó* associada a esta urna, estavam depositados dentes altamente desgastados de um adulto (indivíduo 29255, código de laboratório EIL 01-20). Todos os restos humanos foram recuperados em estado fragmentário e bastante incompletos, situação que impediu a identificação do sexo dos indivíduos. Este sítio conta com uma datação radiocarbônica de 390 ± 30 anos ^{14}C AP (Schneider, 2019, p. 107).

Os restos faunísticos analisados neste estudo também são originários de níveis com sedimentos antropizados ou 'manchas pretas', geradas por ocupações Guarani que correspondem aos sítios RS-T-114, RS-T-101 e RS-T-132, todos localizados na margem direita do rio Forqueta, um importante afluente do rio Taquari-Antas. Os dois primeiros estão situados no município de Marques de Souza e o terceiro no município de Pouso Novo. Estes três sítios foram pesquisados pela equipe da Univates a partir do ano 2004. As datações radiocarbônicas disponíveis para o primeiro deles apresenta horizonte de ocupação entre 240 ± 30 e 560 ± 40 anos ^{14}C AP. Para o segundo sítio se obteve uma datação de 370 ± 30 e para o terceiro foram realizadas quatro datações que apontaram ocupação entre 100 ± 30 e 390 ± 30 anos ^{14}C AP (Schneider, 2019, p. 107). As coleções obtidas em todos os sítios mencionados incluem abundantes fragmentos de cerâmica, artefatos líticos, restos faunísticos e vegetais. Os detalhes dos contextos de cada sítio podem ser consultados em Fiegenbaum (2009), Kreutz (2008), Machado et al. (2008), Rosa et al. (2009), Schneider (2014, 2019) e Wolf et al. (2013). Todas as coleções citadas estão depositadas no Laboratório de Arqueologia da Universidade do Vale do Taquari (Univates, Rio Grande do Sul).

3.2. Seleção das amostras

Os restos humanos apresentam uma conservação que vai de ruim a regular, exibindo um estado geral de alta

fragilidade, fraturas em estado seco, branqueamento e textura porosa. Nos restos faunísticos nota-se, em geral, melhor conservação, mas como veremos, alguns dos ossos analisados apresentam processos de degradação e contaminação da estrutura óssea. Cabe assinalar que os problemas de diagênese nos ambientes tropicais como o que está estabelecido para a região se acentuam pela temperatura e umidade elevadas, uma vez que estes desencadeiam processos de hidrólises que levam a uma rápida deterioração do colágeno, especialmente em microambientes de deposição com pH ácidos (Kendall et al., 2018; Krigbaum, 2001; Baxter, 2004), que é frequente nos latossolos (oxisols) que predominam na região (Buol & Eswaran, 1999). Para evitar a maior quantidade de problemas relacionados com processos diagenéticos, foram selecionadas amostras ósseas de tecido cortical compacto procedentes dos fragmentos maiores, sendo ambas as propriedades (densidade do tecido ósseo e tamanho do fragmento) aquelas que possuem maior resistência à diagênese. A seleção de dentes em mamíferos foi evitada, já que estes retêm ou podem reter em algum grau os sinais isotópicos do amamentamento. Entretanto, para o caso de duas amostras humanas foram selecionados dentes devido a má conservação dos ossos. Para os dasipodídeos, foram selecionados ossos e osteodermos, considerando que estes últimos teriam menor probabilidade de diagênese devido a sua estrutura compacta. Como veremos, esta suposição foi confirmada pelos valores C/N obtidos. Dado que os restos ósseos faunísticos foram recuperados desarticulados, a amostra dos ossos dos exemplares de *O. beozarticus* dos sítios RS-T-132 e RS-T-114 foram guiadas pela premissa de se realizar a seleção de indivíduos com diferentes graus de amadurecimento ósseo, seguindo as sequências de fusão e tamanhos dos elementos ósseos disponíveis para esta espécie (Loponte et al., 2019).

3.3. Análises isotópicas

As análises isotópicas foram processadas no Departamento de Geociências da Universidade do Arizona¹. As amostras foram limpas mecanicamente, logo pulverizadas e acidificadas sucessivamente, e lavadas com água deionizada para remover a fração inorgânica. O resíduo passou por combustão utilizando um analisador elementar (Costech). Os valores isotópicos (^{15}N e ^{13}C) foram medidos com um espectrômetro de massa de fase gasosa Finnigan Delta PlusXL, utilizando os padrões IAEA-N-1 e IAEA-N-2 para o N e IAEA CH-7,

¹ As amostras foram enviadas para o exterior com autorização do IPHAN, processo 01512.000710/2021-65, despacho Nº 55/2022 COSOL/CNA/DEPAM.

NBS-22 e USGS-24 para o C. A precisão das medidas é $\pm 0,2$ para o $\delta^{15}\text{N}$ e $\pm 0,08$ para $\delta^{13}\text{C}$. Embora haja uma controvérsia não resolvida em termos analíticos sobre a razão molar C/N que as amostras devem possuir, em termos gerais é aceito um intervalo entre 2,9 e 3,6 (Ambrose, 1993; DeNiro, 1985; ver revisões em van Klinken, 1999 e Talamo et al., 2021). No entanto, há um crescente corpo de estudos que, sob certas condições, também incorporam amostras com rendimentos de colágeno $\leq 1\%$ (geralmente até 0,5%) e razões C/N entre 2,6 - 4,5 $\pm \epsilon$ (Coltrain et al., 2004; Harbeck & Grupe, 2009; Schoeninger et al., 1989; Schwarcz & Schoeninger, 1991; Willis & Oxenham, 2016). Os limites aceitos de recuperação do C e N no colágeno são de 3% e 1% respectivamente (Ambrose, 1993; Van Klinken, 1999). Neste estudo, analisaremos e discutiremos a utilidade destes parâmetros em função dos resultados isotópicos neste estudo.

Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ foram obtidos do CO_3 das amostras, as quais foram pré-tratadas de acordo com o protocolo proposto por Koch et al. (1997). Para a eliminação da matéria orgânica foi empregado NaOCl a 2%. Logo, as amostras foram mergulhadas em CH_3COOH 0,1 M em sucessivas etapas e submetidas a uma reação com H_3PO_4 a vácuo (70 °C) com uma lâmina de Ag. A medida foi efetuada com um dispositivo de preparação de carbonatos KIEL-III acoplado a um espectrômetro de massa gasosa (Finnigan MAT-252). Os padrões utilizados para a medida de C e O foram NBS-19 e NBS-18. O erro nas leituras (ϵ) é de $\pm 0,08$ ‰.

Em algumas pesquisas, a espectrometria FTIR ainda é usada para identificar processos diagenéticos em cristais de hidroxiapatita. No entanto, não há consenso unânime sobre este método (ver diferentes posições em France et al., 2020; Lee-Thorp, 2002; Lee-Thorp & Sponheimer, 2003; Surovell & Stiner, 2001; Trueman et al., 2008; Tatar et al., 2014, entre outros). Uma informação importante sobre a conservação da apatita é a qualidade da preservação do colágeno, pois sua estrutura parece impedir em grande medida a recristalização e a troca de carbonatos na fração inorgânica (Lee-Thorp, 2002; Person et al., 1995, 1996; Sillen & Sealy, 1995; Wright & Schwarcz, 1996). Para aquelas amostras que possuem uma relação de C/N entre 2,6 e 4,5 se assume uma boa preservação da apatita dada a boa conservação da rede estrutural do colágeno que o contém (Keenan, 2016; Kendall, 2018). Não obstante, observa-se também a distribuição dos resultados obtidos como uma medida de avaliação, descarte dos resultados se forem detectados valores erráticos ou atípicos. Outro indicador de boa preservação da apatita é a falta de correlação entre os valores isotópicos obtidos da fração inorgânica ($\delta^{13}\text{C}$ Cap e $\delta^{18}\text{O}$). Para o caso das amostras procedentes dos sítios RS-T-132, RS-T-114 e RS-T-101 não foram

observadas correlações estatisticamente significativas entre si (*Spearman* $r = -0,55$, $p = 0,15$; $r = 0,7$; $p = 0,07$ e $r = -0,8$, $p = 0,2$ respectivamente para cada sítio). Por outro lado, considerando todas as amostras da Tabela 1, os valores de $\delta^{18}\text{O}$ (excluindo o *outlier* extremo EIL 17-20, que se encontra fora da faixa 3IQR) se distribuem normalmente (Shapiro-Wilks, $p = 0,33$). Todos estes resultados indicam que as frações inorgânicas dos ossos analisados, em geral, não possuem um agregado exógeno de carbonatos, portanto, os valores representam, em sua maioria, valores da dieta (Wright & Schwarcz, 1996; Lambert et al., 2012). Discutiremos alguns destes aspectos durante as análises dos dados obtidos. Os valores isotópicos do ^{13}C e ^{18}O obtidos neste trabalho estão expressos em valores V-PDB ‰ (Coplen, 1988, 1994).

3.4. Métodos e apresentação estatística

Para avaliar a normalidade dos dados foi utilizado o teste de Shapiro-Wilks. A similaridade das séries de dados normais foi analisada com *t-Student* (para distribuições normais) e as correlações de pares de dados mediante *Spearman* (*rs*) ou *Pearson* (*rp*) segundo a normalidade das distribuições. Os *outliers* ou valores atípicos foram identificados mediante o uso de intervalos baseados na mediana e seu desvio ($\text{Md} \pm 2\text{MAD}$ ou 3MAD) e desvio interquartil (1,5IQR; 3IQR), enquanto algumas distribuições também foram caracterizadas usando intervalos de confiança. Para caracterizar os valores médios de algumas distribuições se utilizou a mediana antes que a média, pois esta influencia o resultado se forem incluídos valores pouco frequentes e *outliers*. Os intervalos de erro para alguns parâmetros analíticos são expressos com a letra ϵ . Os subscritos após a média ou mediana (e.g. \bar{x}_g , Md_g) indicam que a média ou mediana inclui oito amostras.

4. Resultados e discussão

4.1. Qualidade analítica das amostras

Na Tabela 1 se encontram as amostras analisadas e os resultados isotópicos obtidos. No geral, as amostras possuem uma baixa proporção de %C e %N (Tabela 1), que é frequente quando os rendimentos de colágeno são intermédios (0,5 – 2 %; cf. van Klinken, 1999), tal como sucede com as amostras que analisamos aqui. No entanto, tem-se observado que amostras com rendimento de colágeno $< 1\%$ podem reter os valores dietários da mesma maneira que aquelas com rendimentos maiores (Coltrain et al., 2004). Os valores de C/N não estão distribuídos normalmente ($p = 0,003$) porque existem dois *outliers* (EIL 04-20 e 17-20 com



valores de C/N de 8.0 e 9.1 respectivamente; ver Tabela 1). Se estes são eliminados, a distribuição é normal ($p = 0,2$), sem valores erráticos.

A distribuição dos valores C/N (excluindo *outliers*) é desenvolvida sobre a mediana $3,9 \pm 0,7$ (1MAD). Observa-se uma correlação estatística significativa entre os valores de %C e C/N (sem valores atípicos: $r_s -0,67$; $p = 0,002$; com valores atípicos $r_s = -0,52$; $p = 0,02$). Esta mesma correlação é observada entre %N e C/N (sem *outliers* $r_s = -0,78$, $p = 0,0001$; com *outliers* $r_s = -0,84$, $p < 0,0001$ (Figura 2). Concomitantemente, há uma diminuição proporcional em C e N ao longo da série, incluindo os *outliers* ($r_s = 0,95$; $p < 0,0001$). Tudo isso indica um processo de degradação do colágeno, ou seja, perda do material orgânico que não implica uma contaminação que comprometa a integridade isotópica *a priori* (van Klinken, 1999).

Este aumento da relação C/N a medida em que diminui os valores de %C e %N, além de compor um processo de degradação, também parece representar uma leve precipitação de C no ambiente produzindo dois efeitos. O primeiro, um pequeno aumento dos valores de %C que incrementou o quociente C/N; o segundo, uma ligeira diminuição dos valores de $\delta^{13}\text{C}_{\text{co}}$. De fato, observa-se uma relação negativa e estatisticamente significativa entre os valores de $\delta^{13}\text{C}_{\text{co}}$ e C/N (sem *outliers* $r_s = -0,67$; $p = 0,002$), mas não entre $\delta^{15}\text{N}$ e C/N (sem *outliers*, ambas séries com distribuição normal, $r_p = -0,25$; $p = 0,4$) (Figura 3). Este processo, que provavelmente reflete uma degradação variável de colágeno com precipitação de C ambiental, deve ser vista como uma tendência geral que não sucede com todas as amostras, problemática que iremos avaliando na medida em que os resultados são discutidos.

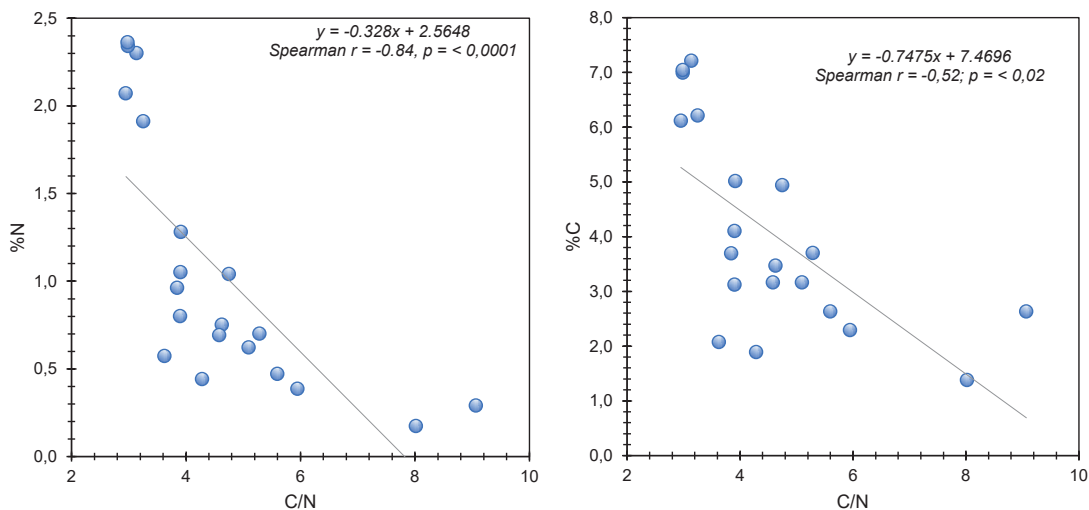


Figura 2. Relação entre %N e %C e a razão C/N das amostras da Tabela 1 (*outliers* incluídos).

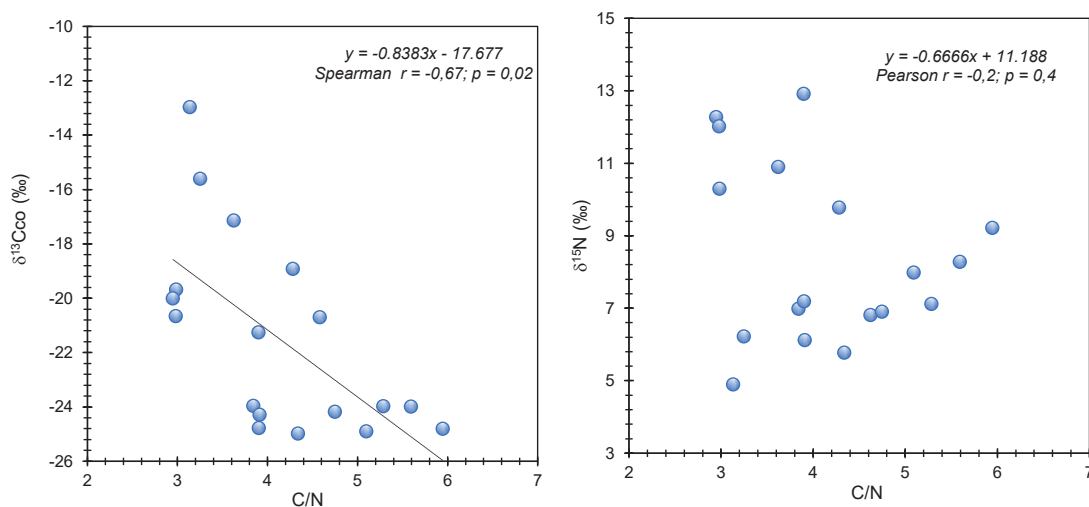


Figura 3. Diminuição dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ em relação ao aumento do quociente C/N. Os valores atípicos C/N (EIL 04-20 e 17-20) estão excluídos.

Sítio	Taxa	Inventário	Cod. Lab. EIL	C%	N%	C/N	$\delta^{13}\text{Cco}$ (‰)	$\delta^{13}\text{Cap}$ (‰)	$\Delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	Amostra
RS-T-117	<i>H. sapiens</i>	29255	01-20	≤1	≤1	SD	-	-7,0	-	-	-3,1	2° Molar Sup.
RS-T-117	<i>H. sapiens</i>	29256	02-20	2,07	0,57	3,63	-17,1	-10,2	6,9	10,9	-2,6	Mand. Inf.
RS-03	<i>H. sapiens</i>	1	03-20	1,89	0,44	4,28	-18,9	-10,8	8,2	9,8	-1,7	2° Pré-molar
RS-03	<i>H. sapiens</i>	2	04-20	1,38	0,17	8,02	-19,4	-10,1	9,2	13,0	-2,2	Ossso longo
RS-T-114	<i>T. terrestris</i>		05-20	≤1	≤1	SD	-	-15,4	-	-	-3,7	Pré-molar sup.
RS-T-132	<i>O. bezoarticus</i>		06-20	2,29	0,39	5,95	-24,8	-13,1	11,7	9,2	-2,2	Metapodio
RS-T-132	<i>O. bezoarticus</i>		07-20	3,69	0,96	3,84	-24,0	-13,4	10,6	7,0	-2,2	Mandíbula
RS-T-132	<i>O. bezoarticus</i>		08-20	2,63	0,47	5,60	-24,0	-13,3	10,7	8,3	-2,3	Metacarpo
RS-T-114	<i>O. bezoarticus</i>	7264	09-20	3,16	0,62	5,10	-24,9	-12,7	12,2	8,0	-2,1	Cúbito
RS-T-114	<i>O. bezoarticus</i>	2010	10-20	4,10	1,05	3,90	-24,8	-13,2	11,6	7,2	-1,9	1° Fal.
RS-T-132	<i>M. gouazoubira</i>		11-20	3,47	0,80	4,34	-25,0	-11,7	13,3	6,8	-1,9	Mandíbula
RS-T-101	<i>M. gouazoubira</i>	3390	12-20	5,01	1,28	3,91	-24,3	-12,5	11,8	6,1	-1,2	Astrágalo
RS-T-114	<i>M. coypus</i>	7092	13-20	3,70	0,70	5,29	-24,0	-12,9	11,1	7,1	-2,3	Maxilar
RS-T-114	<i>D. novemcinctus</i>	10034	14-20	7,04	2,36	2,98	-20,7	-14,9	5,8	12,0	-3,7	Osteodermo
RS-T-132	<i>D. novemcinctus</i>		15-20	6,99	2,34	2,99	-19,7	-14,9	4,8	10,3	-3,3	Osteodermo
RS-T-101	<i>D. novemcinctus</i>	3363	16-20	3,12	0,80	3,90	-21,3	-12,0	9,3	12,9	-2,6	Metapodio
RS-T-114	Dasipodidae sp.	3293	17-20	2,63	0,29	9,07	-24,2	-15,6	8,6	8,8	-8,6	Osteodermo
RS-T-132	<i>D. alvibentris</i>		18-20	6,11	2,07	2,95	-20,0	-14,9	5,1	12,3	-2,1	Mandíbula
RS-T-101	<i>L. crassicaudata</i>		19-20	3,08	-	-	-23,5	-12,1	11,3	-	-2,3	Maxilar
RS-T-101	<i>Tayassu</i> sp.	3415	20-20	4,94	1,04	4,75	-24,2	-12,7	11,4	6,9	-2,2	Maxilar
RS-T-132	Cheloniidae		21-20	3,16	0,69	4,58	-20,7	-9,1	11,6	5,8	-2,2	Osteodermo
RS-T-132	Siluriforme		22-20	7,21	2,30	3,14	-13,0	-8,3	4,6	4,9	-0,6	Rádio
RS-T-114	Siluriforme		23-20	6,21	1,91	3,25	-15,6	-9,6	6,0	6,2	-1,3	Rádio

Tabela 1. Amostras analisadas neste estudo e valores isotópicos associados. A identificação de *Propraopus* sp (amostra EIL 17-20) é provisória.



4.2. Valores isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) obtidos em humanos

A primeira amostra da Tabela 1 (EIL 01-20) apresenta mau estado de preservação, já que perdeu todo o colágeno. Além disso, dado os valores atípicos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ (ver Seção 4.4), a fração inorgânica parece estar contaminada. Pelo contrário, EIL 02-20 é a única dentre as amostras de humanos que tem uma razão C/N 2,9-3,6. Seu valor de $\delta^{13}\text{C}$ é $-17,1 \text{ ‰}$ (Tabela 1). Este resultado, segundo alguns autores, representaria uma ingestão aproximada de 25% de alimentos C_4 , podendo ser considerado um reflexo de uma dieta mista C_3/C_4 (cf. Coltrain & Leavit, 2002). Por outro lado, se encontra dentro dos valores já observados para amostras obtidas em humanos recuperados em sítios Guarani da Argentina e Brasil localizados em ambientes continentais (Loponte, 2020; Loponte et al., 2016; Loponte & Carbonera, 2021).

A terceira amostra humana, que corresponde a EIL 03-20, apresenta uma razão C/N de 4,3 %. O valor de $\delta^{13}\text{C}$ é $-18,9 \text{ ‰}$, que é mais negativo que a anterior, e fora da faixa observada de valores de colágeno para amostras com boa preservação procedentes de outros sítios desta unidade arqueológica. O mesmo acontece com a terceira amostra humana (EIL 04-20), que apresenta um valor ainda mais negativo ($-19,4 \text{ ‰}$) associado com uma razão C/N de 8. Estas duas amostras seguem a tendência assinalada na seção anterior, refletindo provavelmente um processo de degradação do colágeno e precipitação simultânea de C ambiental. Destas duas amostras foram obtidos menos de 2% de C. Por tudo o que foi assinalado, nenhuma das últimas duas amostras podem ser consideradas adequadas para discutir valores dietários.

Dispomos de quatro valores de apatita para humanos (Tabela 1). Pelas razões já expostas acima, descartamos a amostra EIL 01-20. As três restantes apresentam ainda algum grau de preservação da estrutura do colágeno, o que permite considerar que a apatita não foi afetada, ou foi em menor medida. Estas três amostras (EIL 02-20, 03-20 e 04-20) têm uma média de $-10,4 \pm 0,3 \text{ ‰}$, com uma faixa de dispersão muito pequena (CV = 2,9%), sem valores erráticos nem *outliers*. Por outro lado, estes resultados são idênticos aos registrados em amostras que possuem todos os parâmetros de qualidade adequados e que foram recuperadas em diferentes sítios Guarani (Loponte et al., 2016; Loponte & Carbonera, 2021). Assim, a escassa variabilidade e similaridade com o corpo de dados disponível a nível macrorregional não apenas sugere que as amostras riograndenses refletem valores dietários, mas também reforça as observações prévias a respeito da elevada regularidade no comportamento alimentar dos indivíduos agrupados nesta unidade arqueológica ao

longo de sua distribuição geográfica (Loponte et al., 2016).

Os resultados também têm relevância para compreender o estado de conservação das amostras locais. Nas amostras que ainda apresentam um resquício da estrutura de colágeno, os valores de apatita podem reter valores dietéticos ($\delta^{13}\text{C}$) e ambientais ($\delta^{18}\text{O}$). Quando nenhum resquício de colágeno é observado, a apatita parece afetada, como observado na EIL 01-20. Vamos avaliar este ponto com as sucessivas amostras que analisamos neste trabalho. Os problemas assinalados anteriormente em relação à preservação do colágeno nas amostras humanas nos impede de considerar os valores do espaçamento das fontes de C para discutir aspectos paleodietários, com exceção da amostra EIL 02-20, cuja qualidade de preservação, como destacamos, apresenta parâmetros adequados. O valor deste indivíduo é $\Delta^{13}\text{C}$ $6,9 \text{ ‰}$, que é similar a outros espaçamentos registrados para esta população em amostras de outras regiões do Brasil e Argentina, sendo um valor que pode ser interpretado em conformidade com o consumo de proteínas mistas (C_3/C_4) em uma alta proporção da dieta total e um importante componente de carboidratos C_4 . Para os valores de nitrogênio, também podemos considerar somente esta amostra, que alcançou $10,9 \text{ ‰}$, e cujo valor é idêntico ao obtido em indivíduos recuperados em outros sítios Guarani localizados em ambientes continentais e que não apresentam evidências de consumo de recursos marinhos (Loponte, 2020, p. 45).

4.3. $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ das presas

Dispomos de oito amostras de herbívoros estritos. Entre eles se encontram *Tapirus terrestris*, *Ozotoceros bezoarticus*, *Mazama gouazoubira* e *Myocastor coypus* (Tabela 1). Nenhuma amostra correspondente a estas espécies possui um valor de C/N entre 2,9 e 3,6. Somente quatro delas (EIL 07-20, 10-20, 11-20 e 12-20), que correspondem aos dois cervídeos anteriormente indicados apresentam um nível adequado de C ($\sim \geq 3 - \epsilon\%$) e de N ($\sim \geq 1 - \epsilon\%$), com uma faixa de C/N entre 3,84 e 4,34 (Tabela 1, ver Seção 3 a respeito da faixa ampliada de C/N). Os resultados de C do colágeno destas amostras apresentam uma variabilidade muito pequena, sem valores erráticos ou *outliers*, e concentrados sobre um promédio adequado para os herbívoros locais (\bar{x}_4 $\delta^{13}\text{C}$ $-24,5 \pm 0,5 \text{ ‰}$; CV = 2.0%). O resultado reflete uma dieta monoisotópica C_3 , provavelmente baseada no consumo de frutos e de folhas de arbustos e árvores da floresta. Valores ligeiramente mais elevados foram encontrados para *O. bezoarticus* da região pampeana ($-21,0 \pm 2 \text{ ‰}$; cf. Loponte & Corriale, 2019). Não se pode descartar que uma parte das diferenças com

as amostras pampeanas se relacione com alguma precipitação marginal de C ambiental, mas isso parece pouco provável pelas propriedades que mostram a distribuição dos valores obtidos. Pelo contrário, estas diferenças parecem mais relacionadas com mudanças na oferta de alimentos (*i.e.* planícies pampeanas com maior oferta de pastos, incluindo pastagens C₄, *versus* florestas fechadas com menor proporção de pastos e maior oferta de alimentos lenhosos, estes últimos todos C₃) (Powell et al., 2012). Ao mesmo tempo, não se pode descartar alguma influência da reciclagem de C pelo “*canopy effect*”, produto do dossel arbóreo para as amostras riograndenses (*cf.* Farquhar et al., 1982; Van der Merwe & Medina, 1991; Vogel, 1978). Como veremos mais abaixo, estas diferenças ligeiramente mais negativas são observadas em outras espécies quando comparadas com amostras procedentes do rio Paraná médio e inferior, incluindo aquelas que têm parâmetros de C/N entre 2,9 e 3,6. Assim, estas diferenças parecem apontar antes mudanças na oferta de alimentos e na reciclagem do C do que na precipitação de C ambiental.

Os três exemplares restantes de *O. bezoarticus* (EIL 06-20, 08-20 e 09-20, Tabela 1) apresentam níveis de %C e %N $\geq 2,3$ e 0,4% respectivamente. Portanto, encontram-se ligeiramente abaixo dos limites sugeridos como parâmetros aceitáveis (Ambrose, 1993). A razão C/N destas amostras está entre 5,10 e 5,95, ligeiramente fora da faixa C/N ampliada de $2,6 - 4,5 \pm \epsilon$ que foi considerada para este trabalho (ver Seção 3). Não obstante, estas três amostras apresentam valores individuais equivalentes entre si e em relação às quatro anteriores. Além disso, o promédio do colágeno ($\bar{x}_3 \delta^{13}\text{Cco} = -24,6 \pm 0,5 \text{ ‰}$) também é idêntico. Ambas séries de dados possuem distribuições normais e não apresentam diferenças estatísticas entre elas (*t-test*; $p = 0,9$). Tudo isso sugere que mesmo o colágeno estando degradado em algum grau, a deposição de C ambiental é pequena e, portanto, os resultados refletem majoritariamente valores dietários.

De uma forma similar, também podemos incluir a amostra de *M. coypus* (EIL 13-20), que apresenta uma relação C/N alta (5,29), com um valor de %C adequado (3,5%), enquanto que o N é 0,7%, muito próximo do aceitável para realizar inferências dietárias (*cf.* Ambrose, 1993). O valor desta amostra é $\delta^{13}\text{Cco} -24,0 \text{ ‰}$, isto é, idêntico ao resto dos herbívoros locais. De maneira similar ao observado nos cervídeos, este exemplar possui um valor mais negativo do que o registrado para indivíduos desta mesma espécie procedentes do rio Paraná médio e inferior, os quais tem um promédio $\bar{x}_8 = -20,2 \pm 1,5 \text{ ‰}$ (Ottalagano, 2019; Loponte, 2020, p. 63). Novamente aqui podemos considerar que essas diferenças resultam de uma pequena precipitação de C

ambiental ou, mais provavelmente, das particularidades ambientais assinaladas acima.

Para discutir os valores da apatita, incluiremos as oito amostras dos herbívoros desde EIL 06-20 até 13-20 (Tabela 1), dado que as mesmas ainda preservam parte da estrutura do colágeno. Isto sugere, como vimos anteriormente, que é possível que a apatita tenha uma adequada integridade para a análise dietária. Os resultados parecem sustentar esta hipótese, já que os valores obtidos nestas oito amostras apresentam uma distribuição normal com uma dispersão extremamente limitada ($\bar{x}_8 \delta^{13}\text{Cap} -12,9 \pm 0,6 \text{ ‰}$; CV = 4,4%), sem valores erráticos, isolados ou *outliers*. Além disso, nenhuma das amostras apresentam correlação entre os valores de $\delta^{13}\text{Cap}$ e $\delta^{18}\text{O}$ ($r_p = 0,5$; $p = 0,14$), mas se observa uma correlação entre os valores da $\delta^{13}\text{Cap}$ e $\delta^{13}\text{Cco}$, com um nível de significado próximo do valor α ($r_s = -0,64$; $p = 0,08$). Estes resultados não só validam os valores da apatita como reflexo aproximado dos valores dietários, mas também constituem um argumento lateral que reforça a utilidade dos valores do colágeno para aquelas amostras que possuem uma razão molar C/N entre 2,6 e 4,5, e que possuem parâmetros adequados no rendimento de colágeno e dos valores de %C e %N. Os valores isotópicos obtidos em ambas frações ósseas das espécies analisadas correspondem à dietas monoisotópicas C₃ ou preponderantemente C₃. Este resultado é importante para compreender o padrão fotossintético das proteínas incorporadas pelos humanos da região, já que estas espécies constituíram uma parte substancial da dieta continental Guaraní (ver um resumo em Acosta et al., 2019).

Considerando estas oito amostras, o espaçamento entre as fontes de carbono é $\bar{x}_8 \Delta^{13}\text{C} 11,6 \pm 0,9 \text{ ‰}$, representando um valor esperado para herbívoros estritos com dietas preponderantemente C₃ ou monoisotópicas C₃. Este resultado é outro argumento que reforça a utilidade, ao menos em termos exploratórios, daquelas amostras fora da faixa C/N 2,9 – 3,6. Para a região do rio Paraná médio e inferior, o valor para esta guilda é ligeiramente inferior, com um intervalo parcialmente sobreposto ($\sim 9,1 \pm 1,4 \text{ ‰}$; *cf.* Loponte, 2020, p. 29). Embora não se possa descartar alguma precipitação de C ambiental, estas diferenças parecem refletir mais a oferta de plantas com valores mais negativos das florestas semidecíduais da área de análise, que apresentam menor quantidade de pastagens e maior oferta de plantas lenhosas, ou mesmo no efeito simultâneo da reciclagem de C.

Para analisar os valores de $\delta^{15}\text{N}$ dos herbívoros, tomaremos inicialmente as quatro amostras de cervídeos que se situam dentro da faixa C/N estendida ($2,6 - 4,5 \pm \epsilon$) e que possuem os demais parâmetros de qualidade dentro dos padrões aceitáveis (%C ~



$\geq 3 - \epsilon$; $\%N \sim \geq 1 - \epsilon$). Os valores de nitrogênio destas quatro amostras têm uma distribuição normal e não apresentam correlação com $\%N$ ($r = -0,6$, $p = 0,4$). Desta maneira, podemos considerar que refletem o padrão dietário dos herbívoros ruminantes locais. O promédio obtido é $\bar{x}_4 \delta^{15}N$ $6,8 \pm 0,5$ ‰. Embora essa faixa seja um pouco maior do que a registrada para herbívoros do médio e baixo rio Paraná, ela se sobrepõe parcialmente a essas ($5,6 \pm 1,2$ ‰; Loponte, 2020, p. 24). As três amostras restantes de herbívoros ruminantes (*O. bezoarticus*, EIL 06-20, 08-20 e 09-20, Tabela 1) apresentam um promédio ligeiramente mais alto ($\bar{x}_3 \delta^{15}N$ $8,5 \pm 0,6$ ‰) e ambas as distribuições são diferentes (*t-Test*; $p = 0,008$). Dado que estas três amostras possuem valores de $\%N \leq 0,6$, e considerando os resultados obtidos nas anteriores, devem ser no momento descartadas.

A amostra de *M. coypus* (EIL 13-20) tem uma razão C/N alta, porém os outros parâmetros de qualidade são aceitáveis (Tabela 1). Seu valor de $\delta^{15}N$ é $7,1$ ‰, inserindo-se na faixa dos quatro herbívoros ruminantes descritos anteriormente ($6,8 \pm 0,5$ ‰). O herbívoro estrito restante da amostra corresponde a *T. terrestris* (EIL 05-20), mas os parâmetros de conservação desta amostra (ver Tabela 1) impedem que seja considerado para discutir valores dietários.

Entre os mamíferos onívoros analisados se encontram *Dasybus novemcinctus*, *Propraopus* sp., *Didelphis albiventris*, *Lutreolina crasicaudata* e *Tayassu* sp. Cada uma destas espécies apresenta na natureza uma importante variabilidade inter e intraespecífica enquanto proporção de ingestão de plantas e animais. Duas amostras deste grupo possuem parâmetros de qualidade inadequados para discutir valores dietários baseados na fração orgânica (EIL 17-20 e 19-20), por isso não serão consideradas para os indicadores isotópicos respectivos. Pelo contrário, as amostras EIL 14-20, 15-20 e 18-20 apresentam indicadores de qualidade adequados (Tabela 1). Outras duas amostras (EIL 16-20 e 20-20) possuem um intervalo de C/N entre 3,9 e 4,7, com os demais parâmetros de qualidade dentro dos intervalos aceitáveis (Tabela 1). Portanto, analisaremos estas últimas cinco amostras como um conjunto para os onívoros.

O promédio destas cinco amostras é $\delta^{13}C_{co}$ $-21,2 \pm 1,8$ ‰ (CV = 8,5 %). A amostra EIL 20-20 incluída neste promédio tem um valor de C/N de 4,75, isto é, com magnitude perto do limite máximo de 4,5 considerado para este trabalho (ver Seção 3). Simultaneamente, seu valor de $\delta^{13}C_{co}$ é algo mais negativo do que aquele das quatro restantes. Portanto, não se pode descartar que apresente alguma contaminação com C ambiental. Se esta amostra é eliminada, o promédio é ligeiramente mais elevado e menos variável ($\bar{x}_4 \delta^{13}C_{co}$ $-20,4 \pm 0,7$ ‰; CV = 3,5%). Os valores da apatita das

cinco amostras alcançam um promédio de $\delta^{13}C_{ap}$ $-13,9 \pm 1,4$ ‰ (CV = 10,1%). Desta maneira, tanto os valores do colágeno como da apatita são monoisotópicos C_3 . Estes resultados são semelhantes aos observados nos herbívoros, embora os valores da fração orgânica sejam um pouco mais altos, o que pode estar relacionado a uma pequena ingestão de proteínas C_4 entre estes onívoros. Não obstante, todos estes resultados revelam que as presas terrestres principais dos grupos humanos na região de análise possuíam um padrão fotossintético C_3 . O intervalo do espaçamento das fontes de C destas cinco amostras é $\bar{x}_5 \Delta^{13}C$ $7,3 \pm 2,9$, substancialmente mais baixo do que o observado entre os herbívoros estritos, e com uma distância esperável com respeito a estes. No entanto, dentro do intervalo observado há uma alta variabilidade (CV = 40,3 %). Isso ocorre porque alguns indivíduos têm intervalos típicos de herbívoros, como EIL 20-20, que corresponde a um porco-do-mato. Neste sentido, análises do conteúdo estomacal e das fezes desse mamífero tem revelado que sua dieta é entre ~70 a 98% de vegetais (Altrichter et al., 2000; Pérez-Cortez & Reyna-Hurtado, 2008), portanto, não reflete exatamente valores isotópicos dos onívoros. Se excluirmos esta amostra, o promédio é $\bar{x}_6 \Delta^{13}C$ $6,2 \pm 2,0$. Mesmo que a variabilidade se reduza (CV = 33,1%), segue sendo alta, o que também é esperável para esta guilda, que tem comportamentos dietários oportunistas.

O promédio de $\delta^{15}N$ das cinco amostras consideradas para este grupo é $-10,9 \pm 2,4$ ‰; CV = 22,3%). Este intervalo se ajusta adequadamente para dietas onívoras. *Tayassu* sp. apresenta o valor de nitrogênio mais baixo deste grupo (6,9 ‰), o que confirma uma dieta preponderantemente herbívora sugerida previamente pelo valor do espaçamento. Se a amostra do *Tayassu* sp. é excluída, o novo promédio é $\bar{x}_4 \delta^{15}N$ $11,9 \pm 1,1$ ‰; CV = 9,4%), o que mostra uma distância do promédio com respeito aos herbívoros locais de +5,1 ‰. Esta diferença parece refletir um alto componente animal dos onívoros considerados, já que se assemelha aos fracionamentos mais altos observados entre herbívoros e carnívoros (Bocherens & Drucker, 2003; Hedges & Reynard, 2007; Krajcarz et al., 2018). Este ponto, que é sumamente importante para a análise das cadeias tróficas locais, requer estudos com uma maior quantidade de amostras para uma adequada discussão, onde, além disso, deveriam ser incluídos carnívoros estritos.

Finalmente, incluímos dois peixes e um quelônio na análise. Os dois primeiros correspondem à ordem Siluriforme, sendo, portanto, peixes ósseos. Os parâmetros de qualidade de ambas amostras são adequadas para as análises paleodietárias (ver Tabela 1). Diferente dos mamíferos, as duas amostras de peixes apresentam uma dieta mista tanto no colágeno como na apatita ($\bar{x}_2 \delta^{13}C_{co}$ $-14,3 \pm 1,9$ ‰; $\bar{x}_2 \delta^{13}C_{ap}$ $-9,0 \pm 0,9$ ‰),

e um valor de $\delta^{15}\text{N}$ de $5,6 \pm 0,9 \text{ ‰}$, que reflete uma dieta preponderantemente herbívora. Valores similares para siluriformes, especialmente para *Pterodoras granulosus* y *Pimelodus* sp., têm sido obtidos no rio Paraná médio e inferior (Ottalagano, 2021; Loponte 2020) e rio Uruguai inferior (Loponte et al., 2022, neste volume). O valor do espaçamento destes dois peixes é $\Delta^{13}\text{C}$ $5,3 \pm 0,9 \text{ ‰}$, que é coerente com a dieta onívora reconhecida para esses táxons, que possuem ingestão significativa de proteínas e carboidratos C_4 . Estes resultados são também sumamente importantes porque permitem identificar algumas espécies de peixes consumidos por estes grupos, como fontes de proteínas mistas.

A amostra de Cheiloniidae possui um valor de C/N dentro do limite de intervalo ampliado a 4,5, associado com valores aceitáveis para %C e %N, o último

dentro do limite inferior. O valor do C do colágeno é monoisotópico e preponderantemente C_3 (-20,7 ‰), enquanto que a apatita tem valor misto (-9,1 ‰), o que leva a um espaçamento alto (11,6 ‰). Seu valor de nitrogênio (5,8 ‰) assinala uma dieta essencialmente herbívora.

Com os resultados obtidos, dispomos de um acúmulo de valores isotópicos da cadeia trófica local na qual estão incluídos os humanos analisados, sendo as espécies incorporadas neste estudo parte do nicho efetivo das populações pré-coloniais da região. Portanto, podemos começar a reconstruir uma parte do nicho ecológico e cultural dos Guarani do centro-leste do Rio Grande do Sul, tal como se observa nas Figuras 4 e 5, sobre o qual voltaremos na Seção 5 deste estudo.

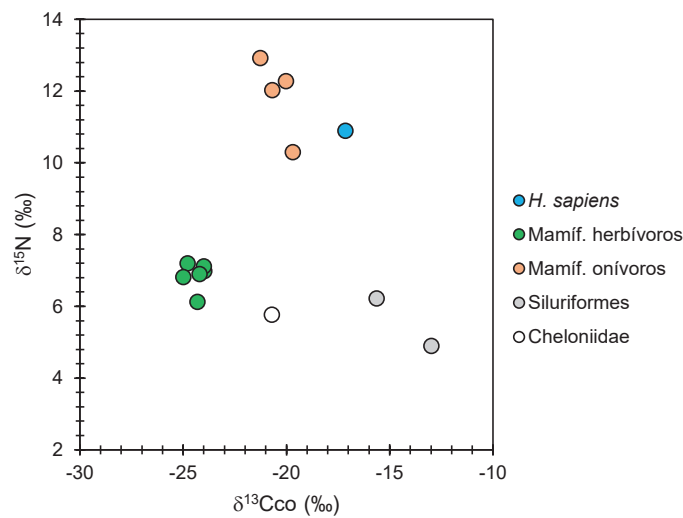


Figura 4. Biplot dos valores de $\delta^{13}\text{C}_{\text{co}}$ e $\delta^{15}\text{N}$ baseados na Tabela 1 e selecionados segundo sua qualidade analítica (ver texto acima).

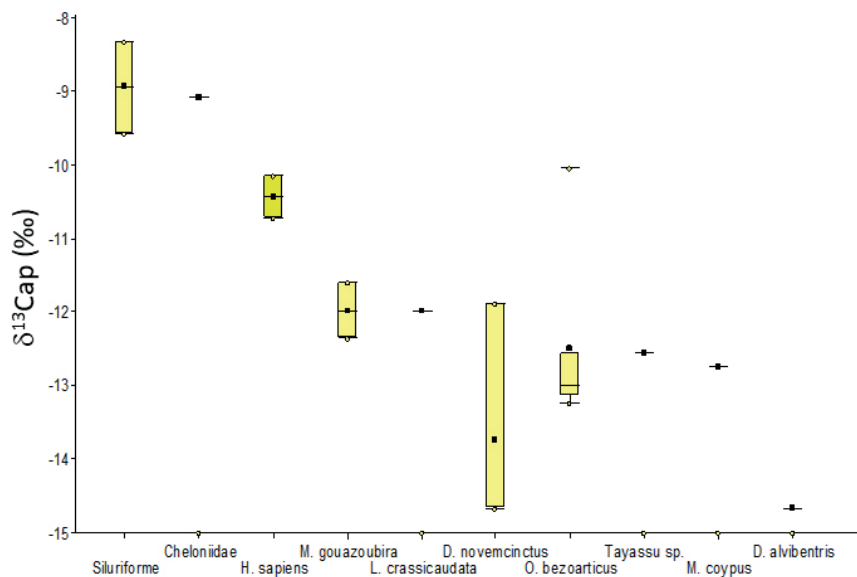


Figura 5. Valores de $\delta^{13}\text{Cap}$ (‰) baseados na Tabela 1 e selecionados segundo sua qualidade analítica (ver texto acima).



4.4. Valores de $\delta^{18}\text{O}$

Para analisar os valores do oxigênio-18 vamos descartar as amostras EIL 01-20, 05-20 e 19-20, dado que perderam parte da estrutura do colágeno. Também será eliminada a amostra 17-20, que já vimos que além de uma relação C/N atípica, seu valor de $\delta^{18}\text{O}$ se comporta como um *outlier* extremo (fora do intervalo 3IQR; cf. Tukey, 1977).

Os valores dos mamíferos da Tabela 1, incluindo os humanos e excluindo as amostras descritas acima, somam 16. Todas as amostras correspondem a organismos homeotérmicos para os quais a Md_{16} é $-2,20 \pm 0,2 \text{ ‰}$. O promédio desta série é muito similar a mediana porque não há valores extremos (\bar{x}_{16} $-2,3 \pm 0,6 \text{ ‰}$). Os valores centrais ficam dentro do esperado para a área que se desenvolve a partir do rio Uruguai em direção a leste (Loponte et al., 2016; Loponte & Ottalagano, 2022), aspecto que discutiremos logo mais abaixo.

Dentro deste conjunto de 16 amostras, existem dois valores atípicos que são identificados com qualquer um dos critérios habituais de detecção (2MAD e 3MAD e 1,5 IQR; cf. Tukey, 1977; Leys, 2013). Estes *outliers* correspondem aos dois osteodermos de *D. novemcinctus* (EIL 14-20 e 15-20). Esta associação não parece se dever a uma variação específica dos dasipodídeos, dado que a amostra EIL 16-20 (que corresponde a esta mesma espécie) apresenta um valor próximo ao resto da série das outras espécies. Chama a atenção que os dois valores atípicos foram obtidos nos osteodermos, enquanto que a amostra em osso desta espécie forneceu os mesmos valores das espécies restantes. Também se deve assinalar o valor atípico obtido no terceiro osteoderma analisado neste estudo, que corresponde a amostra EIL 17-20 (*Propraopus* sp.), e que foi excluída justamente por também se comportar como um *outlier* extremo (ver início desta seção). Assim, não se pode descartar alguma incidência metabólica particular sobre os valores do oxigênio dos osteodermos destes indivíduos.

Se excluirmos estes dois osteodermos de *D. novemcinctus*, a série restante de 14 amostras alcança valores centrais similares, mas com menor dispersão (Md_{14} $-2,2 \pm 0,10 \text{ ‰}$; \bar{x}_{14} $-2,1 \pm 0,4 \text{ ‰}$), e com intervalos de confiança bastante estreitos ($-2,31$ e $-1,90 \text{ ‰}$).

Neste trabalho prévio e de caráter exploratório, considerou-se que a área a leste do rio Uruguai constitui uma ecozona de oxigênio-18 particular, sujeita tanto a uma influência da Zona de Convergência Inter Tropical como da atividade ciclônica direta do mar, com valores promédio de $\delta^{18}\text{O}$ $-1,5 \pm 0,3 \text{ ‰}$ na apatita óssea dos organismos que desenvolvem seu ciclo de vida nesta região. Este intervalo logo foi ampliado para $-2,5 | -0,5 \text{ ‰}$, baseando-se em análises estatísticas mais amplas

(Loponte & Ottalagano, 2022). Todas as amostras incluídas neste estudo (excluindo os *outliers*) ficam, precisamente, dentro deste intervalo. Os valores dos siluriformes (EIL 22-20: $-0,6 \text{ ‰}$ e EIL 23-20: $-1,3 \text{ ‰}$) também alcançam resultados situados dentro do esperado para esta ecozona, mas se comportam como *outliers* quando comparados com a estreita distribuição observada na amostra dos mamíferos (Figura 6). Isso acontece porque os peixes são organismos ectotérmicos que se diferenciam dos mamíferos, mas não constituem valores atípicos para a região (Figura 6).

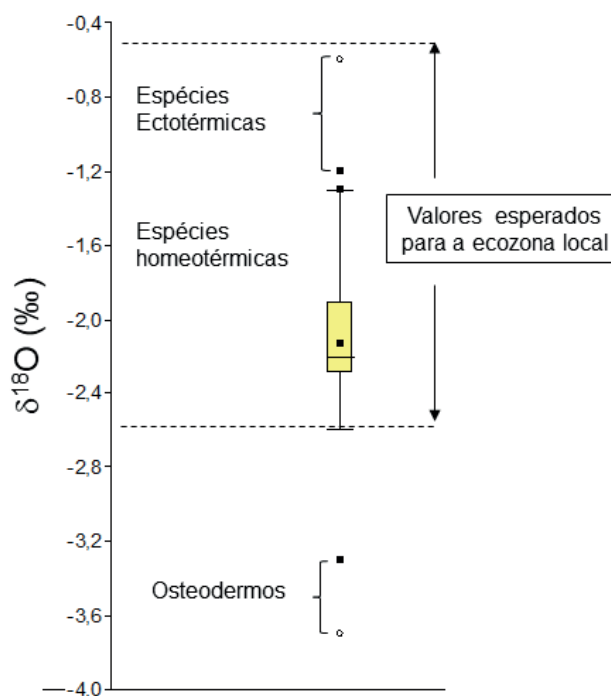


Figura 6. Distribuição dos valores de $\delta^{18}\text{O}$ (Q3+xx; Q1-xx) incluídos na Tabela 1 e de acordo aos critérios de seleção discutidos no texto, segundo a qualidade analítica das amostras.

5. Considerações finais

Do ponto de vista da conservação das amostras, observam-se diferentes problemas vinculados com a degradação e contaminação do colágeno, e em menor medida da fração inorgânica. Estes impactos são de diferentes classes e intensidades, por isso cada nova série de dados desta região necessitará de uma análise cuidadosa do grau de preservação. Será importante desenvolver estudos específicos discutindo o grau de diagênese a nível regional e incorporando sistematicamente valores de apatita para reconstrução dietética, não somente porque reflete na dieta total dos indivíduos, mas também porque parece apresentar uma maior integridade química. Somente assim será possível entender a similaridade com as amostras de

outras regiões, o escasso intervalo de variação dos valores dietários ($\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$) e ambientais (^{18}O) obtidos, as distribuições normais, a ausência de valores atípicos e a falta de correlação entre os valores de $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$ e $\delta^{18}\text{O}$.

Independentemente destes problemas, foi possível avançar na reconstrução da cadeia trófica dos grupos humanos que viveram na região de análise no final do Holoceno Tardio. As espécies de animais analisadas são típicas da floresta subtropical, semidecidual e chuvosa da região, e constituem uma fração importante da fauna consumida pelos horticultores amazônicos. Todas elas apresentam um padrão fotossintético C_3 , tanto nas proteínas como nos lipídios e carboidratos, com exceção dos siluriformes, que possuem valores mistos. Os valores do espaçamento e do nitrogênio observados na fauna analisada são típicos para cada guilda respectiva, observando-se uma distância considerável entre os valores de $\Delta^{13}\text{C}$ dos herbívoros estritos e dos onívoros, provavelmente influenciada pelo fato de que os onívoros incluídos neste estudo possuem nicho mais carnívoro.

Os valores humanos comparados com a cadeia trófica local refletem o consumo de proteínas C_3 e C_4 , com uma significativa ingestão de carboidratos C_4 . Considerando o contexto das amostras, deve corresponder ao consumo de milho. Essa inferência pode ser feita com segurança porque a importância do milho tem sido constatada tanto em amostras arqueobotânicas recuperadas em contextos arqueológicos Guarani (*i.e.* cariopses carbonizadas; *cf.* Schneider, 2019, p. 277; grãos de amido; *cf.* Schneider et al. 2016, p. 1003), como nos relatos históricos escritos nos primeiros séculos de colonização (*i.e.* Noelli et al., 2021; Pereira et al. 2016). Se durante o período colonial o milho era utilizado para fazer comidas e bebidas fermentadas (Tempass, 2012), incluindo bebidas alcoólicas como o cauim utilizado em festejos (Almeida, 2015), a etnografia segue apontando que os Guarani e outros povos amazônicos são profundamente marcados pela cultura deste cultivo, cuja ligação econômica e simbólica está expressa tanto no uso doméstico como cerimonial (Chamorro, 2008; Schaden, 1962).

As proteínas C_4 , por sua vez, parecem corresponder até certo ponto à ingestão de peixes, que estão presentes nos registros arqueofaunísticos, e de maneira simultânea e com um impacto menor nesta fração orgânica, à ingestão de milho, cujos grãos tem entre 8 e 11% de proteínas (Blake, 2015).

De maneira notável, os valores da apatita, para os quais não há dúvidas com respeito a sua qualidade analítica, apresentaram resultados equivalentes aos observados para outros contextos Guarani de regiões distantes (como alto vale do rio Uruguai em Santa Catarina, o vale do rio Paraná em Misiones e o Delta do Paraná).

Finalmente, os valores de $\delta^{18}\text{O}$ são consistentes com a ecozona a leste do vale do rio Uruguai. Não foram detectados *outliers* para a ecozona, exceto os valores atípicos dos osteodermos dos dasipodídeos, para os quais não podemos descartar alguma incidência metabólica desses taxa ou relacionado ao uso de osteodermos como amostras.

Os resultados obtidos deixaram em aberto novas perguntas, muitas delas específicas e relacionadas com outros campos da ecologia isotópica. Deixaram também uma evidente necessidade de se ampliar as amostras analisadas, a fim de se avançar na reconstrução tanto das dietas humanas como das cadeias tróficas nas quais as sociedades estavam incluídas. Futuramente será possível integrar os resultados locais ao panorama geral de resultados do comportamento dietário dos Guarani ao longo de sua distribuição geográfica, bem como será possível obter um melhor entendimento da ecologia isotópica das áreas tropicais do sudeste da América do Sul.

Agradecimentos

A Luciano De Santis, Mariela Castro e Leonardo Avilla pelas informações relacionadas à identificação das placas dos dasipodídeos. Os autores agradecem também ao Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) pelos recursos destinados com o "Termo de Ajustamento de Conduta IPHAN/SC SEI 0462925".

Bibliografia

- Acosta, A., Carbonera, M. & Loponte, D. (2019). Archaeological hunting patterns of Amazonian horticulturists: the guarani example. *International Journal of Osteoarchaeology*. doi:10.1002/oa.2813.
- Almeida, F. A. (2015). A arqueologia dos fermentados: a etílica história dos Tupi-Guarani. *Estudos Avançados*, 29 (83), 87-118.
- Altrichter, M., Sáenz, J., Carrillo, E. & Fuller, T. (2000). Dieta estacional del Tayassu pecari (*Artiodactyla*: Tayassuidae) en el Parque Nacional Corcovado, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 48, 689-702.
- Ambrose, S. H. (1993). Isotopic analysis of paleodiets: Methodological and interpretive considerations. *En* M. K. Sandford (Ed.), *Investigations of ancient human tissue: Chemical analysis in anthropology* (pp. 59–129). Langhorne, PA: Gordon and Breach Science Publishers.
- Baxter, K. (2004). Extrinsic factors that affect the preservation of bone Paper 62. *Nebraska Anthropologist*, 19, 38-45.
- Blake, M. (2015). *Maize for the Gods: Unearthing the*



- 9,000-Year History of Corn. Los Angeles: Universidad de California.
- Bocherens, H. & Drucker, D. (2003). Trophic Level Isotopic Enrichment of Carbon and Nitrogen in Bone Collagen: Case Studies from Recent and Ancient Terrestrial Ecosystems. *International Journal of Osteoarchaeology*, 13(1-2), 46-53. doi:10.1002/oa.662
- Buol, S. W. & Eswaran, H. (1999). Oxisols. *Advances in Agronomy*, 68, 151-195.
- Chamorro, G. (2008). *Terra Madura, Yvy Araguayje: fundamentos da palavra Guarani*. Dourados: Editora UFGD.
- Coltrain, J. B. & Leavitt, S. (2002). Climate and diet in Fremont prehistory: economic variability and abandonment of maize agriculture in the Great Salt Lake basin. *Am. Antiq.*, 67, 453-485.
- Coltrain, J. B., Harris, J. M., Cerling, T. E., Ehleringer, J. R., Dearing, M., Ward, J. & Allen, J. (2004). Rancho La Brea stable isotope biogeochemistry and its implications for the palaeoecology of late Pleistocene coastal California. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 205, 199-219.
- Coplen, T. B. (1988). Normalization of oxygen and hydrogen isotope data. *Chemical Geology*, 72, 293-297.
- Coplen, T. B. (1994). Reporting of stable hydrogen, carbon, and oxygen isotopic abundances. *Pure and Applied Chemistry*, 66, 273-276.
- DeNiro, M. J. (1985). Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to paleodietary reconstruction. *Nature*, 317, 806-809.
- Di Bitetti, M., Placci, G. & Dietz, L. (2003). *A Biodiversity Vision for the Upper Paraná Atlantic Forest Ecoregion: Designing a Biodiversity Conservation Landscape and Setting Priorities for Conservation Action*. Washington, D.C.: World Wildlife Fund.
- Farquhar, G. D., O'Leary, M. H. & Berry, J. A. (1982). On the Relationship Between Carbon Isotope Discrimination and the Intercellular Carbon Dioxide Concentration in Leaves. *Australian Journal of Plant Physiology*, 9, 121-137.
- Fiegenbaum, J. (2009). *Um Assentamento Tupiguarani no Vale do Taquari/RS*. (Dissertação de Mestrado em História inédita), Programa de Pós-Graduação em História, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, Brasil.
- France, C. A. M., Sugiyama, N. & Aguayo, E. (2020). Establishing a preservation index for bone, dentin, and enamel bioapatite mineral using ATR-FTIR. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 33, 102551.
- Goldmeier, V. A. (1983). *Sítios Arqueológicos do Rio Grande do Sul: fichas de registro existentes no Instituto Anchieta de Pesquisas*. São Leopoldo: Unisinos.
- Harbeck, M. & Grupe, G. (2009). Experimental Chemical Degradation Compared to Natural Diagenetic Alteration of Collagen: Implications for Collagen Quality Indicators for Stable Isotope Analysis. *Archaeological and Anthropological Science*, 1, 43-57.
- Hedges, R. E. & Reynard, L. (2007). Nitrogen isotopes and the trophic level of humans in archaeology. *J. Archaeol. Sci.*, 34, 1240-1251.
- Keenan, S. (2016). From bone to fossil: A review of the diagenesis of bioapatite. *American Mineralogist*, 101, 1943-1951.
- Kendall, C. et al. (2018). Diagenesis of archaeological bone and tooth. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 491, 21-37.
- Koch, P. L., Tuross, N. & Fogel, M. L. (1997). The effects of sample treatment and diagenesis on the isotopic integrity of carbonate in biogenic hydroxylapatite. *Journal of Archaeological Science*, 24, 417-429.
- Krajcarz, M. T., Krajcarz, M. & Bocherens, H. (2018). Collagen-to-collagen prey-predator isotopic enrichment ($\Delta^{13}C$, $\Delta^{15}N$) in terrestrial mammals – A case study of a subfossil red fox den. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 490, 563-570.
- Kreutz, M. R. (2008). O Contexto Ambiental e as primeiras ocupações humanas no Vale do Taquari. 2008. (Dissertação em Ambiente e Desenvolvimento inédita), Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, Brasil.
- Krigbaum, J. (2001). Human paleodiet in tropical Southeast Asia: Isotopic evidence from Niah Cave and Gua Cha. PhD Thesis, New York University, New York.
- Lambert, P. M., Celeste M. G., Brian R. B., Katzenberg, M. A., Carcelén, J. & Tykot, R. H. (2012). "Bone chemistry at Cerro Oreja: a stable isotope perspective on the development of a regional economy in the moche valley, Peru during the early intermediate period." *Latin American Antiquity*, 23(2), 144-66.
- Lee-Thorp, J. (2002). Two decades of progress towards understanding fossilization processes and isotopic signals in calcified tissue minerals. *Archeometry*, 44(3), 435-446.
- Lee-Thorp, J. A. & Sponheimer, M. (2003). Three case studies used to reassess the reliability of fossil bone and enamel isotope signals for paleodietary studies. *Journal of Anthropological Archaeology*, 22, 208-216.
- Leys, C., Ley, C., Klein, O., Bernard P. & Licata, L. (2013). Detecting Outliers: Do not use Standard Deviation Around the Mean, use Absolute Deviation Around the Median. *Journal of Experimental Social Psychology*, 49(4), 764-766.
- Loponte, D. (2020). La agricultura prehistórica en el nordeste argentino Analizada a través de los isótopos estables. *Anuario de Arqueología*, 12, 25-64.

- Loponte, D. & Carbonera, M. (2021). From the Atlantic coast to the lowland forests: Stable isotope analysis of the diet of forager-horticulturists in southern Brazil. *International Journal of Osteoarchaeology*, 31(6), 1237-1246.
- Loponte, D. & Corriale, M. (2019). Patterns of resource use and isotopic niche overlap among guanaco (*Lama guanicoe*), pampas deer (*Ozotoceros bezoarticus*) and marsh deer (*Blastocerus dichotomus*) in the Pampas. Ecological, Paleoenvironmental and Archaeological Implications. *Environmental Archaeology*, 25(4), 411-444.
- Loponte, D. & Ottalagano, F. (2022). Hunter-gatherer Mobility Analysed Through $\delta^{18}\text{O}$ in the Patchy Environment of the Paraná Valley, South American Lowlands. *Environmental Archaeology*. <https://doi.org/10.1080/14614103.2022.2037324>. En prensa.
- Loponte, D., Carbonera, M., Corriale, M. J. & Acosta, A. (2016). Horticulturists and oxygen ecozones in the tropical and subtropical forests of Southeast South America. *Environmental Archaeology*, 22(3), 247-267.
- Loponte, D., Corriale, J., Mucciolo, L. & Acosta, A. (2019). Sex and age-biased exploitation and metric characterization of medium sized deer in the Lower Paraná wetland, South America. *International Journal of Osteoarchaeology*, 29(6), 889-907.
- Loponte, D., Gascue, A., Bortolotto, N., Carbonera, M., Ferrari, A. & Acosta, A. (2022). Nuevos datos isotópicos para el estudio de la subsistencia y la movilidad de los grupos cazadores-recolectores prehispánicos del tramo inferior del Río Uruguay. *Revista de Antropología del Museo de Entre Ríos*. En prensa.
- Machado, N. T. G., Schneider, P. & Schneider, F. (2008). Análise parcial sobre a cerâmica arqueológica do Vale do Taquari, Rio Grande do Sul. *Revista Cerâmica*, 54, 103-109.
- Martínez Crovetto, R. (1963). Esquema Fitogeográfico de la Provincia de Misiones. *Bonplandia*, 1(3), 171-223.
- Moscovich, F., Dummel, C., Pinazo, M., Knebel, O. & Alcaraz, R. (2010). Caracterización fitosociológica de una porción de bosque nativo misionero secundario, con intervención antrópica. *Quebracho*, 18 (1-2), 24-36.
- Noelli, F. S., Votre, G. C., Santos, M. C. P. Pavei, D. D. & Campos, J. B. (2021). Ñande reko: the fundamentals of Guaraní traditional environmental knowledge in southern Brazil. *Vegetation History and Archaeobotany*, 31, 187-203.
- Ottalagano, F. (2019). Valores de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ y microrrestos vegetales presentes en residuos de alimentos adheridos en vasijas arqueológicas del sitio La Palmera 2 (noroeste de Entre Ríos, Argentina). Comechingonia. *Revista de Arqueología*, 23(1), 349-364.
- Ottalagano, F. V. (2021). Isotopic values of faunal resources exploited by the complex hunter-gatherer groups in the Paraná River ecosystem (South America) during the Late Holocene. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 35, 102680. doi:10.1016/j.jasrep.2020.102680.
- Person, A., Bocherens, H., Saliège, J.-F., Paris, F., Zeitoun, V. & Gérard, M. (1995). Early diagenetic evolution of bone phosphate: An x-ray diffractometry analysis. *Journal of Archaeological Science*, 22, 211-221.
- Person, A., Bocherens, H., Mariotti, A. & Renard, M. (1996). Diagenetic evolution and experimental heating of bone phosphate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 126, 135-149.
- Pereira, G. S., Noelli, F. S., Campos, J. B., Santos, M. P. & Zocche, J. J. (2016). Ecologia Histórica Guarani: as Plantas Utilizadas no Bioma Mata Atlântica do Litoral Sul de Santa Catarina, Brasil (Parte 1). *Cadernos do LEPAARQ*, 13(26), 198-246.
- Pérez-Cortez, S. & Reyna-Hurtado, R. (2008). La dieta de los pecaríes (*Pecari tajacu* y *Tayassu pecari*) en la región de Calakmul, Campeche, México. *Revista Mexicana De Mastozoología (Nueva Época)*, 12(1), 17-42.
- Powell, R. L., Yoo, E. H. & Still, C. J. (2012). "Vegetation and Soil Carbon-13 Isoscapes for South America: Integrating Remote Sensing and Ecosystem Isotope Measurements." *Ecosphere* (Washington, DC), 3(11), 109. doi:10.1890/ES12-00162.1.
- Rosa, A. O., Machado, N. T. G. & Fiegenbaum, J. (2009). Aspectos da Subsistência Guarani com Enfoque ao Estudo Zooarqueológico de uma Ocupação no Vale do Taquari, Rio Grande do Sul. *Arqueologia do Rio Grande do Sul, Brasil. Documentos*, 11, 135-148.
- Rodríguez, M. E., Cardozo, A., Ruiz Díaz, M. & Prado, D. E. (2005). Los Bosques Nativos Misioneros: estado actual de su conocimiento y perspectivas. En Arturi, M. F., Frangi, J. L. & Goya, J. L. (Eds.), *Ecología y Manejo de los Bosques de Argentina*. La Plata: EDULP.
- Schaden, E. (1962). *Aspectos fundamentais da cultura Guarani*. São Paulo: Difusão européia do livro.
- Schneider, F. (2019). *Poder, transformação e permanência: a dinâmica de ocupação Guarani na Bacia do Taquari-Antas, Rio Grande do Sul, Brasil*. (Tese de Doutorado inédita), Doutorado em Ciências, Universidade do Vale do Taquari, Brasil.
- Schneider, F. (2014). *Interpretação do Espaço Guarani: um estudo de caso no sul da Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta, Rio Grande do Sul, Brasil*. (Dissertação de mestrado inédita). Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Taquari, Brasil.
- Schneider, F., Corteletti, R., Machado, N. G. & Stülp, S. (2016). Arqueobotânica Guarani: a presença de grãos



- de amido, fitólitos e endocarpos carbonizados no sítio RS-T-114, Bacia do Rio Forqueta, Rio Grande do Sul, Brasil. *En Anais do XIX Congresso Nacional de Arqueologia*. San Miguel de Tucumán, Argentina: Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo de la Universidad Nacional de Tucumán.
- Schoeninger, M. J., Moore, K. M., Murray, M. L. & Kingston, J. D. (1989). Detection of bone preservation in archaeological and fossil samples. *Journal of Applied Geochemistry*, 4, 281–292.
- Schwarcz, H. & Schoeninger, M. (1991). Stable Isotope Analyses in Human Nutritional Ecology. *Yearbook of Physical Anthropology*, 34, 283-321.
- Sillen, A. & Sealy, J. C. (1995). Diagenesis of strontium in fossil bone: A reconsideration of Nelson et al. (1986). *Journal of Archaeological Science*, 22, 313-320.
- Surovell, T. A. & Stiner, M. C. (2001). Standardizing infra-red measures of bone mineral crystallinity: An experimental approach. *Journal of Archaeological Science*, 28, 633-642.
- Talamo, S., Fewlass, H., Maria, R. & Jaouen, K. (2021). "Here we go again": the inspection of collagen extraction protocols for 14C dating and palaeodietary analysis. *Science and technology of archaeological research*, 7(1), 62-77.
- Táatar, A-S., O. Ponta & B. Kelemen (2014). Bone diagenesis and ftir indices: a correlation. *Studia Universitatis Babeş-bolyai Biologia*, LIX, 1, 101-113.
- Tempass, M. C. (2012). *A doce cosmologia Mbyá-Guarani: uma etnografia de saberes e sabores*. Curitiba: Appris.
- Trueman, C. N., Privat, K. & Field, J. (2008). Why do crystallinity values fail to predict the extent of diagenetic alteration of bone mineral? Beyond documenting diagenesis: The fifth international bone diagenesis workshop. *Palaeogeography, Paleoclimatology, Palaeoecology*, 266(3-4), 160-167.
- Tukey, J. W. (1977). *Exploratory Data Analysis*. Massachusetts: Addison-Wesely Publishing Company.
- Van der Merwe, N. J. & Medina, E. (1991). "The Canopy Effect, Carbon Isotope Ratios and Foodwebs in Amazonia." *Journal of Archaeological Science*, 18, 249-259.
- Van Klinken, G. J. (1999). "Bone Collagen Quality Indicators for Paleodietary and Radiocarbon Measurements." *Journal of Archaeological Science*, 26, 687-695.
- Vogel, J. C. (1978). "Recycling of CO₂ in a Forest Environment." *Oecologia Plantarum*, 13, 89-94.
- Willis, A. & Oxenham, M. (2016). 'Reconstructing diet at An son and Hoa Diem: Implications for understanding Southeast Asian subsistence patterns'. In Oxenham, M. & Buckley, H. R. (Ed.), *The Routledge Handbook of Bioarchaeology in Southeast Asia and the Pacific Islands* (pp. 137-157). London and New York: Routledge Taylor & Francis Group.
- Wolf, S., Machado, N. T. G., Laroque, L. F. S. & Jasper, A. (2013). Arqueologia especial e o Guarani no Vale do Taquari, Rio Grande do Sul. *Cadernos do LEPAARQ*, 10(19), 59-88.
- Wright, L. E. & Schwarcz, H. P. (1996). Infrared and isotopic evidence for diagenesis of bone apatite at Dos Pilas, Guatemala: palaeodietary implications. *J. Archaeol. Sci.*, 23, 933-944.