

APLICAÇÕES DE ISÓTOPOS ESTÁVEIS DE $^{18/16}\text{O}$, $^{13/12}\text{C}$ E $^{15/14}\text{N}$ EM ESTUDOS DE SAZONALIDADE, MOBILIDADE E DIETA DE POPULAÇÕES PRÉ-HISTÓRICAS NO SUL DO BRASIL

Marco Aurélio Nadal De Masi*

Resumo

Análises de isótopos estáveis de $^{18/16}\text{O}$ e $^{13/12}\text{C}$ das águas e conchas de *Anomacardina brasiliiana* da Lagoa Conceição foram utilizadas no estudo de sazonalidade das ocupações pré-históricas costeiras. A amostragem de dois anos (1996-1997 e 2002-2003) mostra que os valores de $^{18/16}\text{O}$ e $^{13/12}\text{C}$ são baixos quando temperatura e precipitação são elevadas no verão, onde predomina a cor cinza/opaca das conchas. No inverno predominam os valores altos de $^{18/16}\text{O}$ e $^{13/12}\text{C}$, quando precipitação e temperatura são baixos e a cor branca/translúcida é predominante. Os resultados das análises demonstraram que as bases residenciais eram ocupadas durante o ano todo. Já com a análise dos isótopos estáveis de $^{13/12}\text{C}$ e $^{15/14}\text{N}$ do colágeno de 82 esqueletos humanos provenientes de 15 sítios arqueológicos do litoral

* Doutor em Antropologia por Stanford University. Coordenador do Laboratório de Antropologia Cultural e Arqueologia da Unisul Business School, Universidade do Sul de Santa Catarina, Rua Trajano, 219. Florianópolis, Santa Catarina, 88010-010. nadademasi@hotmail.com.

de Santa Catarina, foi possível fazer uma inferência indireta sobre a evolução da dieta destas populações. Os dados indicam uma adaptação costeira com uma dieta essencialmente marinha nos sítios mais antigos, havendo um aumento dos componentes terrestres na dieta com o passar do tempo, mas a mesma continua predominantemente marinha, mesmo após a aquisição da tecnologia cerâmica^{Jê}. A presença de indivíduos de grupos caçadores coletores com uma dieta essencialmente terrestre é diagnosticada em alguns sítios com cerâmica Jê mais recentes. A mesma análise realizada em resíduos carbonizados de fundo de recipientes cerâmicos de uma estrutura subterrânea indica a utilização de plantas C₄ (milho) e plantas C₃ (legumes-feijão) por populações das Terras Altas do sul do Brasil ao redor de 320 a.C.. Estes dados são confirmados quando comparados com os resultados das análises de isótopos de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ de colágeno de indivíduos das Terras Altas os quais apresentam uso de plantas C₄ em suas dietas ao redor de 700 a.C..

Palavras chave: Isótopos $^{18/16}\text{O}$, $^{13/12}\text{C}$, $^{15/14}\text{N}$; sazonalidade; dieta.

Abstract

The stable isotopes analysis of $^{18/16}\text{O}$ and $^{13/12}\text{C}$ from waters and shells of *Anomalocardia brasiliiana* from Lagoa da Conceição were used to study seasonality of prehistoric coastal human occupations. Samples from two years (96-97 e 2002-2003) show low values of $^{18/16}\text{O}$, $^{13/12}\text{C}$ when temperature and precipitation are high during the summer season when the shells color is mainly gray. High values of $^{18/16}\text{O}$ and $^{13/12}\text{C}$ are predominant during the winter season when precipitation and temperature are low and the shells color is mainly white. The analysis results show

that residential bases were occupied during the entire year. The $^{13/12}\text{C}$ and $^{15/14}\text{N}$ analysis from human collagen of 82 skeletons, from 15 archaeological sites from Santa Catarina coast, made it possible to determine the diet evolution of this population. The data indicates a coastal adaptation with a diet based on marine resources in the ancient sites, with a trend towards more terrestrial diet through time, but still predominantly marine, even after the acquisition of Jê pottery. The occurrence of individuals with a terrestrial diet, typical of hunter-gatherers is determined in more recent sites with Jê pottery. The stable isotopes analysis of carbonized residue from pottery vessels is suggesting the use of C₄ plants (maize) and C₃ plants (legumes-beans) by the Southern Brazilian Highlands population at 320 B.C. These data are supported by the results of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ analysis from human collagen of individuals from the High lands which indicates the use of C₄ plants by 700 B.C.

Key words: stable isotopes of $^{18/16}\text{O}$, $^{13/12}\text{C}$, $^{15/14}\text{N}$; seasonality; diet.

O objetivo deste artigo é apresentar a utilização da análise de isótopos estáveis em arqueologia através de quatro aplicações, as quais foram publicadas anteriormente, e agora foram agrupadas. É importante salientar que o uso de isótopos estáveis ou qualquer outro tipo de técnica, deve ser aplicada para resolver um problema de pesquisa ou responder uma pergunta. A primeira aplicação de isótopos estáveis de $^{18/16}\text{O}$ e $^{13/12}\text{C}$ foi utilizada em estudos de mobilidade e sazonalidade de grupos costeiros na Ilha de Santa Catarina, Lagoa Conceição (De Masi, 1999). Mobilidade e sazonalidade foram inferidas determinando-se o tempo de coleta dos moluscos bivalvos pré-históricos usando uma cole-

ção de referência de dois anos de conchas modernas de *Anomalocardia brasiliiana*. Ao mesmo tempo, mobilidade é inferida utilizando-se a análise de cor das conchas, usando as mesmas amostras da coleção de referência e conchas provenientes dos níveis estratigráficos dos sítios arqueológicos pesquisados.

A segunda aplicação procura de forma indireta determinar o tipo de dieta das populações pré-históricas (terrestre x marinha) e o deslocamento destes grupos humanos entre o litoral e o planalto (mobilidade de populações). A análise dos isótopos estáveis de $^{13/12}\text{C}$ e $^{15/14}\text{N}$ foi feita a partir de colágeno de esqueletos humanos provenientes de sítios arqueológicos do litoral e do planalto (De Masi, 1999). Uma outra aplicação do mesmo tipo de análise isotópica foi utilizada para determinar a dieta das populações antigas que viviam nas diferentes regiões do litoral de Santa Catarina com o objetivo de compreender a evolução da dieta destas populações através do tempo de 4280 AP a 710 AP (De Masi, 2001). A quarta e última aplicação de análise isotópica de $^{13/12}\text{C}$ e $^{15/14}\text{N}$ teve como objetivo determinar os tipos de plantas utilizadas pelos grupos ancestrais dos Jê do planalto meridional, a partir de resíduos carbonizados dos fundos de recipientes cerâmicos provenientes do baixo vale do rio Canoas, Santa Catarina (De Masi, 2006).

Isótopos estáveis de Oxigênio e análise da cor da concha são complementares, uma vez que os princípios físico químicos básicos são os mesmos. A precipitação dos cristais de CaCO_3 ocorrem em equilíbrio com a composição química e temperatura da água (Epstein et al, 1953). Num sentido geral, temperatura é a variável principal na variação dos isótopos estáveis, bem como na cor dos incrementos de crescimento da concha. Certamente, outras variáveis têm um papel mais importante nas condições

ambientais nas quais as conchas crescem (salinidade, precipitação, marés, perturbação do substrato onde vivem, localização do habitat, poluição, etc). Para entender estas condições, os investigadores têm que definir e correlacionar o crescimento das conchas com estas e outras variáveis para descobrir qual delas tem um papel principal naquele contexto específico. Quanto maior a variação sazonal em temperatura, melhor é a área para ambas as análises. Inicialmente, esta suposição excluiu áreas tropicais e áreas estuarinas para a aplicação da técnica por arqueólogos (Deith, 1983). Mas hoje se sabe que a precipitação sazonal apaga o sinal contínuo da temperatura em tais áreas e permite que a sazonalidade seja medida usando as técnicas de isótopos estáveis e a cor da concha. Esta é a condição da área em estudo.

A análise de colágeno é um modo indireto para determinar dieta pré-histórica em arqueologia. O colágeno é a proteína principal formadora dos ossos e preserva a assinatura isotópica das fontes de carbono e nitrogênio dos recursos que o indivíduo consumiu, com uma reposição muito lenta de 30 anos (Stenhouse & Baxter, 1979). DeNiro (1987), baseado em estudos de laboratório com animais tratados com dietas específicas, sugeriu que as proporções de carbono nos tecidos animais são $\pm 2\text{‰}$ mais positivas que as proporções de sua dieta, e as proporções de nitrogênio são 2 a 4‰ mais positivas que as proporções de sua dieta. A análise do isótopo de carbono, por si só, não pode distinguir uma dieta marinha de uma dieta a base de plantas C_4 , porque uma dieta marinha apresenta às proporções de carbono iguais as proporções de carbono de uma dieta baseada em plantas C_4 . Somente a análise dos isótopos de nitrogênio pode diferenciar ambas as dietas. As proporções de nitrogênio para dietas marinhas

são altas e variam de 10‰ a 20‰; e dietas a base de plantas C_4 têm baixas proporções de nitrogênio que variam de 10‰ a 5‰. DeNiro & Epstein (1976) sugeriram a aplicação dos isótopos de carbono e nitrogênio para interpretar dietas marinhas versus dietas terrestres (Tauber, 1981; Chisholm et al, 1982; Lubell et al, 1994; Pate, 1995). Somente depois dos experimentos de laboratório de DeNiro & Epstein (1978, 1981), com ratos tratados com dietas diferentes, é que a combinação de carbono e nitrogênio na análise isotópica foi instituída. Depois, Schoeninger & DeNiro (1984) compararam as dietas terrestre e marinha, usando os isótopos de carbono e nitrogênio.

Os primeiros estudos isotópicos para identificar a utilização de plantas C_4 (milho) por grupos humanos, utilizavam apenas o isótopo de carbono (Vogel & Van der Merwe 1977~ Van der Merwe & Vogel 1978~ Bender et al. 1981~ et al. 1982). O problema de se analisar somente carbono é que dietas essencialmente marinhas apresentam um valor isotópico de carbono similar ao de dietas baseadas em plantas C_4 . A única forma de distinguir os dois tipos de dietas é utilizando-se conjuntamente a análise do isótopo de nitrogênio, o qual tem valor muito mais elevado em dietas marinhas (Schoeninger, DeNiro & Tauber, 1983~ Schoeninger & DeNiro, 1984). As primeiras análises de carbono e nitrogênio em plantas foram feitas com amostras do sítio de Tehuacan, na América Central, escavado por Macneish (1967). As amostras analisadas por DeNiro & Epstein (1981) providas de Tehuacan mostraram um alto valor de nitrogênio, o qual foi interpretado como modificações pós-deposicionais devido ao processo diagenético.

Mais tarde Hastorf e DeNiro (1985) analisaram plantas pré-históricas carbonizadas e não carbonizadas providas do Peru

e confirmaram que plantas pré-históricas não carbonizadas têm seus valores de nitrogênio alterados após sua deposição. Ao contrário as plantas carbonizadas mantêm seus valores fixos (DeNiro, 1987). Os experimentos realizados por Hastorf e DeNiro (1985) simulando processos pré-históricos nos quais plantas são carbonizadas em painéis de barro, demonstraram que os valores de carbono e nitrogênio não variam mais do que 2 a 3 partes por mil (‰) após carbonização. A ação de micróbios não afeta as plantas carbonizadas em contraste com as não carbonizadas, as quais apresentam modificações de valores isotópicos. Dessa forma, Hastorf e DeNiro demonstraram que é possível identificar três grupos de plantas em restos carbonizados presentes em fundos de painéis de barro: plantas C_3 (legumes e não legumes), plantas C_4 e CAM.

A maioria das plantas é dividida em três grupos, baseada no fracionamento do carbono durante o processo de fotossíntese. Primeiro, são as plantas C_3 , que formam um ácido com três carbonos (ribulose bifosfato carboxilase). Estas plantas apresentam uma proporção de ^{13}C variando de -33‰ a -22‰, com uma média de -27‰. Estas plantas incluem a maioria das espécies de floresta temperada e tropical e também o trigo, o qual é um dos representantes mais famosos deste grupo. Segundo, são as plantas C_4 , que produzem um ácido com quatro carbonos durante a fotossíntese (fosfenol piruvate carboxilase). Os valores da proporção de ^{13}C variam de -16‰ a -9‰, com uma média de -12,5‰. O milho é uma das plantas bem conhecidas neste grupo, o qual inclui gramas e alguns arbustos de savana subtropical, regiões áridas e pântanos salgados ao longo do oceano (Van Der Merwe, 1982). O terceiro grupo de plantas é chamado CAM (metabolismo ácido crassuléáceo), que exibe dois tipos de as-

sinatura isotópica, a qual depende do tipo de ambiente no qual elas crescem. Ambientes áridos produzem uma assinatura isotópica do tipo C_4 . Estas plantas podem produzir assinaturas isotópicas de plantas C_3 em certas condições, se necessário. O nitrogênio não é fracionado durante a fotossíntese como é o carbono; ao contrário, o nitrogênio presente nas plantas reflete as fontes que as plantas usam para sua retirada. O nitrogênio divide as plantas em dois grupos adicionais. Eles são os legumes (feijões, ervilhas, castanhas) e os não-legumes. O primeiro retira nitrogênio do ar e o segundo retira nitrogênio da terra. Legumes têm mais baixa proporção de nitrogênio do que não-legumes.

I. Metodologia

Isótopos Estáveis de Oxigênio e Análise da Cor das Conchas

No primeiro ano de pesquisas foram coletadas amostras de águas e conchas atuais ao término de cada mês, durante um ano inteiro (junho/1996-julho/1997), criando uma coleção de referência para a análise comparativa com conchas pré-históricas. O segundo ano de amostragem de conchas ocorreu entre junho/2002 e maio/2003. As águas somente foram amostradas no primeiro ano e sempre foram amostradas onde as conchas foram amostradas, mas as conchas nem sempre foram amostradas onde as águas o foram. Conchas foram amostradas em 17 pontos ao redor da lagoa, e águas em 32 pontos, 29 deles ao redor da lagoa e três em oceano aberto, próximos à praia. Amostras do oceano perto da praia foram coletadas para contrastar com amostras das águas da lagoa. Conchas de mar aberto não foram coletadas porque a espécie utilizada nesta pesquisa, *Anomalocardia brasiliiana*, não vive em águas do oceano com perturbação de ondas. A água sempre foi

amostrada onde havia entrada de água doce, proveniente das fontes ou rios, para se ter um registro durante o ano todo da entrada de água doce no sistema da lagoa. Foram coletadas quarenta conchas em cada local de amostragem, sendo trinta para análise de cor de concha e as restantes para análise de isótopos estáveis. Conchas de *Anomalocardia brasiliiana* foram desenterradas do seu hábitat na areia onde vivem a alguns centímetros abaixo do fundo da lagoa. Foram coletadas amostras de água em garrafas de plástico, e foram coletadas conchas em sacos plásticos. As amostras de água receberam aproximadamente 2g de HgCl para evitar produção de carbono extra por qualquer tipo de vida orgânica. As conchas foram postas em álcool (etanol) para matar os animais. Um dia depois, as conchas eram limpas e eram empacotadas em sacos plásticos e etiquetadas com mês e número do ponto de amostragem.

Foram coletadas amostras de conchas pré-históricas depois de as escavações serem completadas e os perfis estratigráficos realizados. Foram coletadas seis conchas em pontos verticais e horizontais diversos para cada nível estratigráfico. Foram coletadas seis amostras adicionais de cada nível estratigráfico em uma quadrícula adicional de 40 x 40 cm escavada ao lado das quadrículas. Estas quadrículas de 40 x 40 cm foram escavadas por níveis estratigráficos naturais (culturais), depois que as quadrículas de 1 m² foram escavadas e os perfis completados. Estas quadrículas de 40 x 40 cm também forneceram amostras para análise dos restos de alimentação (Claassen, 1991).

No laboratório, as amostras de água seguiram o procedimento normal para análise no equilibrador de água de $^{18/16}\text{O}$ que analisam 20 amostras cada vez. A extração de carbono inorgânico dissolvido (DIC) das águas seguiu o procedimento usado

pelo Lawrence Berkeley National Laboratory, baseado em Graber e Aharon (1991). Os tubos com carbono são selados hermeticamente e então conduzidos ao espectrômetro de massa "Prisma", onde são analisados juntamente com amostras de referência (padrão) de fenilalanina neste caso. As datações foram feitas inicialmente no Lawrence Berkeley National Laboratory e finalizadas no Lawrence Livermore National Laboratory, ambos laboratórios de pesquisa do Departamento de Energia do Governo dos Estados Unidos da América.

A composição aragonítica das conchas foi identificada em um difractograma de Raios X "Rigaku Geigerflex" (35 kW, 15 mÅ), no departamento de Ciências Ambientais e Geologia na Universidade de Stanford. Conchas pré-históricas com camadas externas de aragonita (superfície externa) foram diagnosticadas através de radiografia de raios X, para assegurar a preservação da estrutura mineral. Amostras para a análise de ^{18}O das conchas modernas e pré-históricas foram preparadas como segue. As amostras de conchas foram limpas usando um instrumento rotativo para raspar outros componentes orgânicos da superfície da concha; após, as conchas foram lavadas em água deionizada e secas em um forno a 85°C . Com o mesmo instrumento rotativo foi produzido pó das conchas, raspando a extremidade da concha (última linha de crescimento). Algumas amostras foram raspadas na superfície, seguindo as linhas de crescimento da extremidade para o bico da concha, para observar a variação isotópica da concha. Os pós obtidos foram analisados no sistema isocarb que só é usado para amostras relativamente puras (m 20% de carbonato) de carbonato reagente (calcita, aragonita). Todas as amostras que usaram o carrossel de carbonato do "Prisma" foram analisadas segundo o procedimento

de McCrea (1950), no qual se usam nove referências (padrão) de carbonato CM-1.

Todas as amostras foram analisadas em um duplo inlet espectrômetro de massa "Prisma" no Geochemistry Center for Isotopes Studies no Lawrence Berkeley National Laboratory. As proporções dos isótopos de carbonos dos carbonatos foram expressas em relação à referência (padrão) PDB (Peedee Belemnite) e para Oxigênio das amostras de águas as proporções foram expressas em relação à referência (padrão) VSMOW (Padrão Médio das Águas Oceânicas de Viena), usando a seguinte fórmula:

$$d^*X = \left\{ \left(\frac{^*X/X}{^*X/X} \right) \text{ amostra} / \left(\frac{^*X/X}{^*X/X} \right) \text{ padrão} \right\} - 1 \times 1000\text{‰}$$

onde para carbono $^*X/X$ é ^{13}C e para Oxigênio $^*X/X$ é ^{18}O .

A precisão das medidas dos isótopos registradas nestas análises é $\pm 0.1\text{‰}$.

Lâminas de conchas modernas foram primeiro analisadas para compreender a cor e a estrutura da concha. Cinco mil novecentas e oitenta e sete conchas modernas tiveram suas extremidades observadas macroscopicamente em uma lupa binocular Zeiss. Conchas pré-históricas para análise da cor primeiro foram colocadas em gesso para evitar a destruição da concha durante o corte. As conchas foram seccionadas em uma máquina Jem Saw 45 no Departamento de Ciências Ambientais e Geologia na Universidade de Stanford. Depois, as amostras foram analisadas em um microscópio binocular.

A espécie de bivalve usada nesta análise é a *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791), porque é o tipo mais comum de molusco presente nos montes de conchas na costa brasileira meridional, e também porque a maturidade sexual desta espécie acontece muito cedo em sua vida, nor-

malmente 138 dias depois de nascer, com um tamanho comum de 14 mm (Peso, 1980). A espécie ocorre desde as Índias Ocidentais até o Brasil (Warmke & Abade, 1961 apud Narchi, 1972). O hábitat da espécie se estende até o Uruguai (Rios, 1970). *Anomalocardia brasiliiana* vive em grupos ou isolada em águas calmas do mar sem perturbação das ondas, na zona intertidal, alguns centímetros abaixo da superfície em um substrato de areia ou lama (Narchi, 1972), em regiões estuarinas com salinidade que varia de 17% a 42,5% (Leonel, Magalhães & Lunetta, 1983). Narchi (1976 apud Rosa, 1989), depois de dois anos de amostragem *A. brasiliiana* na costa de São Paulo, concluiu que a maior parte da espécie tem dois períodos principais de gametogênese: um no outono (abril-junho) e outro na primavera (outubro-dezembro), mas alguns deles têm produção contínua de gametas, sem descanso sexual. Dada a importância da espécie como fonte de alimentação para populações litorâneas modernas, foram publicados vários estudos sobre sua fisiologia, ecologia, e distribuição geográfica (Rosa, 1989).

Coleção de Referência

O carbono inorgânico dissolvido (DIC) nas águas da lagoa varia diferentemente

das águas do oceano. Os valores médios das águas do oceano oscilam entre 0,9‰ e -0,8‰, e os valores das águas da lagoa são negativos, entre -0,9‰ e -2,3‰, apresentando os valores mais altos em junho e julho (inverno), e os valores mais baixos em dezembro, fevereiro, março e abril (verão e outono). Os valores de DIC mais baixos da lagoa ocorrem durante o verão quando os picos de precipitação e temperaturas do ar são os mais altos. As águas do oceano têm os valores de DIC mais negativos, -2,1‰, no começo do inverno, em junho, quando a corrente marinha das Malvinas sobe em direção ao norte, e as temperaturas baixam. Durante o resto do ano as águas do oceano oscilam normalmente de 1,0‰ a -0,8‰. Os valores de $^{18/16}\text{O}$ das águas da lagoa e do oceano são diferentes durante o ano. As águas do oceano têm, em média, valores positivos a maior parte do tempo e oscilam entre 0,0‰ e 0,4‰, exceto setembro e julho, em que registra -0,2‰ e 0,0‰ respectivamente. As águas da lagoa têm os valores mais negativos em janeiro e fevereiro. Dezembro é uma exceção, com um valor de 0,3‰. A temperatura média mensal mais alta acontece no verão, quando os valores de precipitação são os mais altos e as águas da lagoa têm seus valores mais baixos de $^{18/16}\text{O}$ (figura 1).

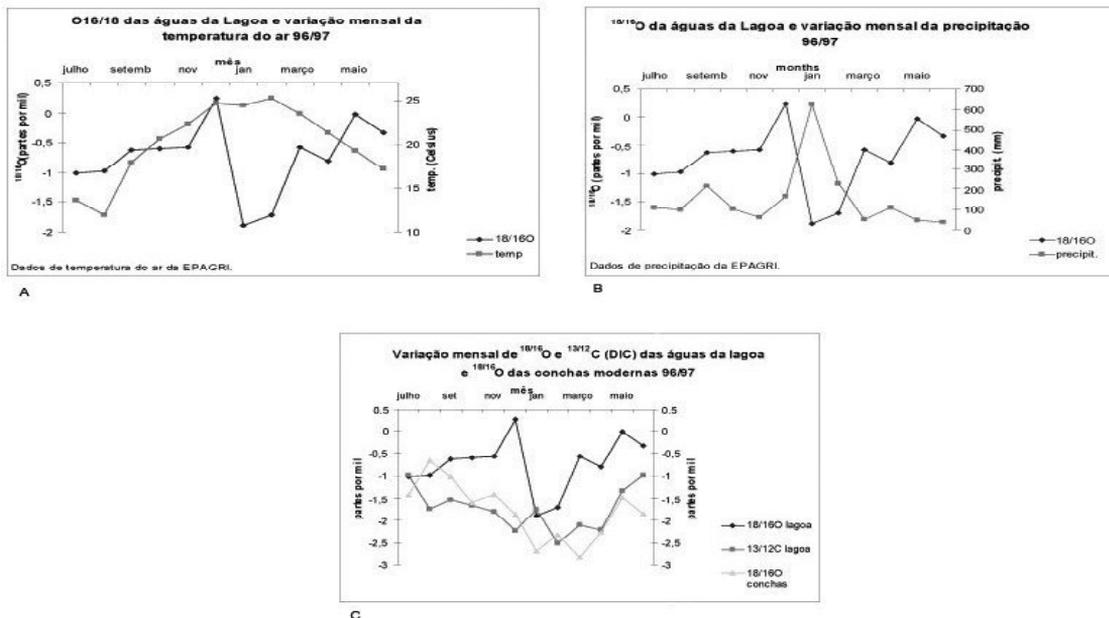


Figura 1 – Variação temperatura e ^{18/16}O das águas da lagoa (A); Variação precipitação e ^{18/16}O das águas da lagoa (B); Variação de ^{18/16}O e DIC (carbono inorgânico dissolvido) das águas da lagoa e variação de ^{18/16}O das conchas modernas (C).

O pressuposto básico desta análise é de que o CaCO₃ da concha precipita em equilíbrio físico químico com as condições das águas circunvizinhas, tornando possível reconstruir a temperatura e a salinidade dos ambientes passados, como foi mencionado anteriormente (Epstein et al, 1953; Craig, 1965; Mook & Vogel, 1968; Williams et al, 1982; Spero et al, 1977).

Os ^{18/16}O das conchas modernas têm a maioria de seus valores médios positivos em junho e julho, respectivamente, e os valores médios mais baixos em dezembro, fevereiro, março e abril. Os valores de outono seguem a média de verão com valo-

res mais baixos; os valores da primavera seguem a média de inverno com valores mais positivos. Altos valores de precipitação e temperatura média do ar acontecem no verão quando ^{18/16}O das conchas são os mais baixos. A variação ^{18/16}O da camada externa das conchas modernas tem seus valores mais baixos durante o verão, quando a temperatura média e a precipitação têm os valores mais altos. As águas da lagoa têm os valores mais baixos de DIC e ^{18/16}O durante o verão quando ^{18/16}O das conchas têm seus valores mais baixos (figura 2).

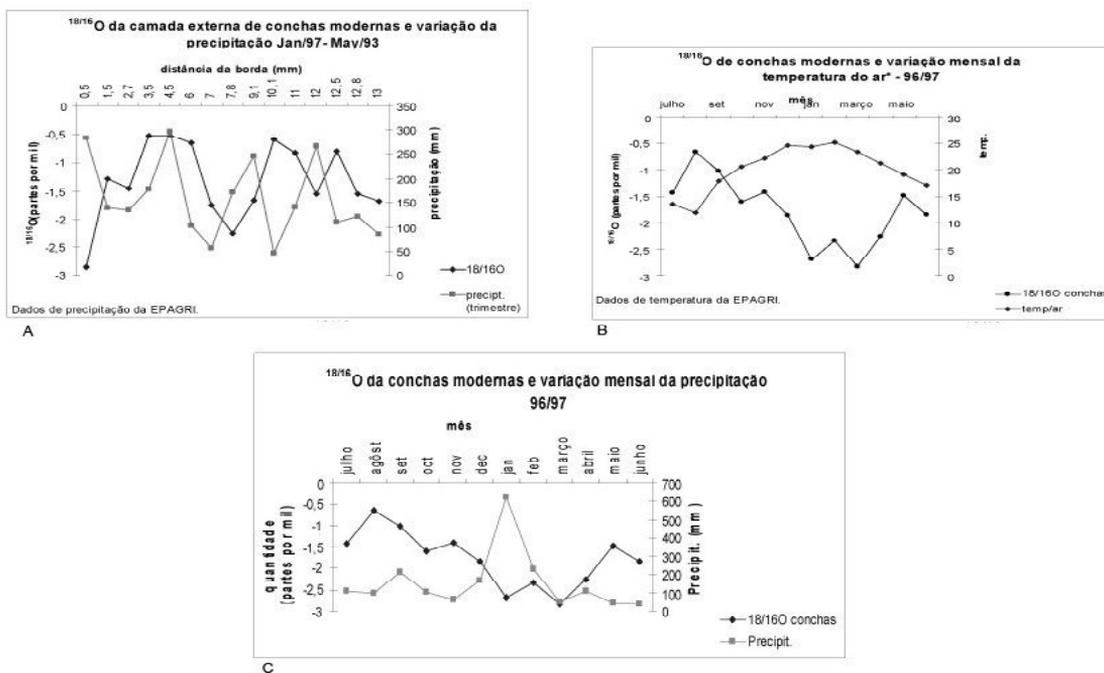


Figura 2 – Variação da precipitação e de $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ da superfície externa das conchas (A); Variação mensal de $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ das conchas e temperatura (B); Variação mensal de $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ das conchas e precipitação (C).

Há uma variação sazonal na temperatura do ar e na precipitação durante verão (dezembro, janeiro e fevereiro) e inverno (junho, julho e agosto). O verão é a estação chuvosa, com as temperaturas do ar mais altas, e o inverno é a estação mais seca, com as temperaturas de ar mais baixas. Tal variação sazonal na temperatura do ar e na precipitação causa variações sazonais no $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ e DIC das águas da lagoa e os valores de $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ das conchas. Os valores de $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ da primavera e outono se sobrepõem aos valores máximo e mínimo de inverno e verão, respectivamente. A precipitação é 50% mais alta durante o verão e outono juntos do que durante o inverno e primavera juntos. Estes dois períodos com esta diferença de 50% em precipitação foram aqui denominados de estação “úmida” (verão e outono) e estação “seca” (inverno e primavera). A variação isotópica sazonal registrada nas águas modernas e conchas de A.

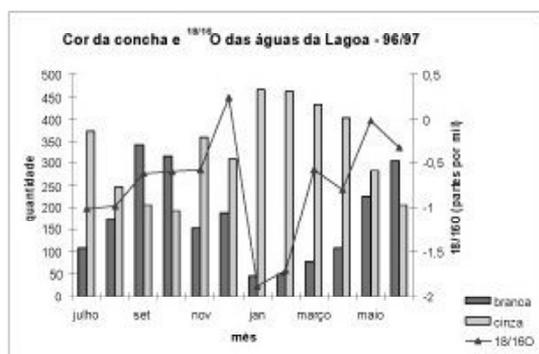
brasiliiana fornece uma excelente coleção de referência para testar variação sazonal “seca” e “úmida”, a partir de conchas pré-históricas de uma única espécie, permitindo determinar as estações de ocupação do sítio arqueológico com uma precisão de seis meses.

Outra análise com o mesmo objetivo, de medir sazonalidade, é a análise da cor das conchas. Nesta pesquisa a análise da cor da concha será testada contra a análise de isótopos de Oxigênio para medir sua precisão em determinar ocupação sazonal. O padrão da cor das conchas em 5.987 amostras fornecem a base para a determinação da sazonalidade. O resultado da análise da cor das conchas mostra que durante o verão 89% das conchas são de cor cinza, comparado a 57% no inverno e primavera e 58% no outono. O teste do Chi quadrado indica que a frequência da cor cinza no verão é significativamente mais alta do que nas outras estações

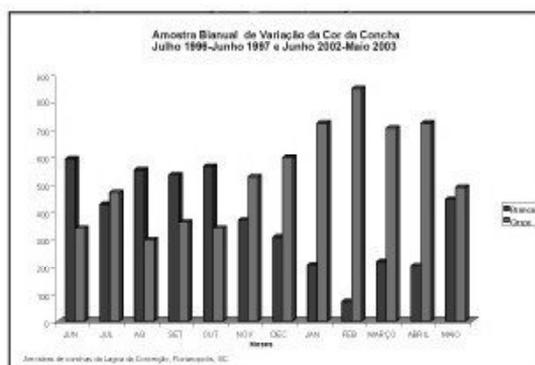
($p < 0,01$). Como esperado, os valores dos isótopos de Oxigênio das águas da lagoa nesta estação são os mais baixos, o que comprova os pressupostos básicos sobre a formação da cor das conchas, mencionados anteriormente. A chance de uma concha com cor cinza pertencer à estação de verão é de 9:1, enquanto a chance de a concha de cor cinza pertencer a outra estação é de 6:4, com uma proporção de chance (*odds rate*) igual a 6 ($5 < \text{ou} < 8$, intervalo com 95% de confiança). Isto significa que a chance de uma concha de cor cinza pertencer à estação de verão é mais alta que para outras estações. Isto permite, então, o uso da coleção de referência

de cor da concha para determinar a estação de ocupação dos sítios arqueológicos. O número das amostras dos sítios pré-históricos na análise da cor das conchas varia de uma a seis conchas e depende do estado de conservação de suas extremidades.

Comparando os dados de cor das conchas com as variações mensais de $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ (DIC), precipitação e temperatura do ar, é possível concluir que a cor cinza das conchas é maior durante o verão quando os valores de $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ e $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ são os mais baixos, e os valores da temperatura do ar e da precipitação são os mais altos (figura 3).



A



B

Figura 3 – Variação da cor das Conchas 1996/1997 e variação de $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ das águas da lagoa (A); Variação da cor das conchas 1996/1997 e 2002/2003 (B).

Determinação da Dieta e Movimento de População

Neste estudo, a análise do colágeno tem dois objetivos principais: primeiro, definir a dieta das populações pré-históricas do litoral e das terras altas; e, segundo, deduzir a mobilidade sazonal dos grupos do litoral e das terras altas.

A preparação e extração do colágeno seguiram os procedimentos de Ambrose (1990), com exceção dos seguintes passos. Colágeno para extração de carbono e nitrogênio foram feitos em tubos separados de 9 mm de diâmetro. Os tubos foram preenchidos com colágeno, Cu e CuO

para extração de carbono, e foi adicionado o CaO, quando para extração de nitrogênio. Amostras de referência de fenilalanina foram usadas nas análises isotópicas de carbono para testar o método, uma vez que as proporções de carbono da fenilalanina são conhecidas. As amostras de carbono e nitrogênio foram analisadas em um espectrômetro de massa de duplo inlet no Geochemistry Center for Isotopes Studies no Lawrence Berkeley National Laboratory. As proporções dos isótopos para carbono são expressadas em relação à referência padrão PDB (Peedee Belemnite) e para nitrogênio são expressadas em relação ao ar atmosférico que é

considerada a referência padrão de nitrogênio. Em ambas as análises a fórmula utilizada é a seguinte:

$$d^*X = \left[\left(\frac{(*X/X) \text{ amostra}}{(*X/X) \text{ referência padrão}} \right) - 1 \right] \times 1,000 \text{ ‰}$$

onde carbono $*X/X$ é $^{13/12}\text{C}$ e para nitrogênio $*X/X$ é $^{15/14}\text{N}$.

A precisão das medidas dos isótopos é de $\pm 0.2 \text{ ‰}$.

Tradicionalmente, são medidas as proporções de C/N para inferir a preservação do colágeno. De acordo com DeNiro (1985), amostras com proporções de C/N fora do intervalo -2.9 ‰ a -3.6 ‰ não são mais colágeno, mas algum outro componente orgânico alterado pela queima ou diajênese. De acordo com Schwarcz & Schoeninger (1991), as proporções de C/N dentro do limite de -2.9 ‰ a -3.6 ‰ também não asseguram a presença do colágeno. Para Schwarcz & Schoeninger, as proporções de C/N são supérfluas para medir a preservação do colágeno, quando pelo menos 5 % da matéria orgânica do peso total do osso original está presente. Schurr (comunicação pessoal) aceita 2 % do resíduo orgânico do peso total do osso original. Se há menos que 1 %, pode haver o enriquecimento de nitrogênio até 15 ‰ relativo ao colágeno original (Schwarcz & Schoeninger, 1991). Todo o colá-

geno amostrado nesta pesquisa teve mais que 2 % do peso total do osso original.

Foram analisadas amostras de recursos provenientes da área de pesquisa para estabelecer os valores médios dos recursos terrestres e marinhos locais. Dezenove amostras de plantas e ossos de animais pré-históricos e modernos foram coletadas e analisadas para este propósito. As proporções isotópicas médias para carbono nos recursos terrestres são $-25,5 \text{ ‰}$ e para os recursos marinhos são $-12,3 \text{ ‰}$. As amostras dos recursos terrestres são compostas por: porco selvagem (*Tayassu sp.*), anta (*Tapirus terrestris*), veado (*Mazama sp.*), capivara (*Hydrochaeris hydrochaeris*), duas plantas pré-históricas das quais uma espécie não foi identificada e a outra é o coquinho (Jerivá) de uma palmácea (*Arecastrum romanzoffianum*). As amostras de recursos marinhos modernos são: tartaruga, tubarão, peixes (*Peprilus paru*, *Pomatomus saltator*, *Mugil brasiliensis*, *Pomadosys corvina-formis*, *Micropogonias furnieri*), golfinhos (*Delphinus sp.*) e carne de molusco (*Anomalocardia brasiliensis*). As amostras de recursos marinhos pré-históricos são: outro tubarão, leões marinhos (*Arctocephalus tropicalis*, *Arctocephalus australis*), baleia (*Eubalaena australis*) e pingüim chamado localmente de Pingüim de Magalhães (tabela 1).

Tabela 1 – Recursos Terrestres e Marinhos

Recursos terrestres	Cronologia	¹³ C	¹⁵ N
Animais			
<i>Tayassu</i> sp. (porco do mato)	p ré-histórico	-21,52 ‰	3,64 ‰
<i>Mezoma</i> sp. (veado)	p ré-histórico	-18,72 ‰	4,73 ‰
<i>Taipus terrestris</i> (anta)	p ré-histórico	-21,86 ‰	2,36 ‰
<i>Hidrochaeris hidrochaeris</i> (capivara)	p ré-histórico	-14,98 ‰	
MÉDIA		-19,27 ‰	3,57 ‰
DESVIO PADRÃO		3,18 ‰	1,18 ‰
MAX		-14,98 ‰	4,73 ‰
MIN		-21,86 ‰	2,36 ‰
Plantas			
não-identificado	p ré-histórico	-29,50 ‰	2,08 ‰
<i>Arcastrum romanoffianum</i> (palmácea)	p ré-histórico	-25,57 ‰	
phenilalanina		-31,17 ‰	
MÉDIA		-25,57 ‰	
Recursos Marinhos			
tafaruga	moderno	-13,21 ‰	8,65 ‰
tubarão	p ré-histórico	-9,82 ‰	15,96 ‰
tubarão	moderno	-9,50 ‰	15,96 ‰
<i>Peprilus paru</i> (gordinho)	moderno	-11,77 ‰	8,65 ‰
<i>Pandalus setiferus</i> (enxova)	moderno	-11,39 ‰	13,32 ‰
<i>Mugil brasiliensis</i> (taíinha)	moderno	-10,37 ‰	10,44 ‰
<i>Pomadasys commersonnii</i> (corcoroca)	moderno	-11,86 ‰	?
<i>Microgobius gulosus</i> (covina)	p ré-histórico	-9,729 ‰	
<i>Actinopterygii tropicalis</i> (leão marinho)	p ré-histórico	-10,95 ‰	16,03 ‰
<i>Actinopterygii australis</i> (leão marinho)	p ré-histórico	-11,4 ‰	16,42 ‰
<i>Delphinus</i> sp. (golfinho)	p ré-histórico	-17,28 ‰	
eucaerina (baleia)	p ré-histórico	-15,23 ‰	6,85 ‰
pinguim de magalhães	p ré-histórico	-11,22 ‰	14,47 ‰
<i>Ammodramus brasiliensis</i> (carne)	moderno	-20,23 ‰	5,66 ‰
phenilalanina		-30,81 ‰	
MÉDIA		-12,36 ‰	12,38 ‰
DESVIO PADRÃO		3,23 ‰	4,134 ‰
MAX.		-9,50 ‰	16,42 ‰
MIN.		-20,23 ‰	5,66 ‰

Uma amostra de um indivíduo do sítio da Armação do Sul da Ilha de Santa Catarina foi adicionada aos dezoito indivíduos amostrados nos sítios escavados na área da Lagoa da Conceição (tabela 2).

Amostras de oito indivíduos das terras altas foram analisadas, provenientes de quatro distritos. Eles são: quatro amostras de São Joaquim (1.182 AP, CAMS - 51673 e 1.290 AP, CAMS - 53143), uma de Ribeirão da Herta (1.290 AP, CAMS - 53114), uma de Alfredo Wagner (1.610 AP, CAMS - 53916) e uma de Urubici (1.735 AP, CAMS - 53915) As datações foram realizadas no Center for Accelerator Mass Spectrometry (CAMS) do Lawrence Livermore National Laboratory, Departamento Nacional de Energia Administração e Segurança Nuclear, Califórnia, USA (tabela 3).

Tabela 2 – População do Litoral

SEPULTAMENTO	Sexo/idade	rec. °C	CAMS	¹³ C	¹⁵ N
RIO VERMELHO I					
S1-1	adulto	4070 AP	48543	-1 037 ‰	16,37 ‰
CANFO DA LAGOA					
CL-1	f/adulto	1300 AP	48866	-1 252 ‰	16,53 ‰
RIO VERMELHO II					
S2-1	m/adulto			-1 154 ‰	15,84 ‰
S2-2	criança			-1 273 ‰	17,13 ‰
S2-3	adulto			-1 296 ‰	15,76 ‰
S2-4	adulto	1590 AP	48544	-1 255 ‰	17,70 ‰
S2-5	m/adulto			-1 182 ‰	17,06 ‰
S2-6	criança			-1 262 ‰	16,39 ‰
S2-7	m/adulto			-1 108 ‰	18,47 ‰
S2-8	m/adulto			-1 251 ‰	15,48 ‰
S2-9	f/adulto			-1 172 ‰	16,23 ‰
S2-10	f/adulto			-1 130 ‰	16,80 ‰
S2-11	criança			-1 334 ‰	17,45 ‰
S2-12	adulto			-1 082 ‰	13,33 ‰
S2-13	adulto			-1 304 ‰	
S2-14	criança			-1 193 ‰	12,39 ‰
S2-15	adulto			-1 141 ‰	13,34 ‰
S2-16	adulto			-9,28 ‰	13,64 ‰
ARMAÇÃO					
ARM-M3*		2770 AP		-1 208 ‰	15,48 ‰
ARM-M2*				-1 206 ‰	15,48 ‰
* mesmo indivíduo					
phenilalanina				-3 081 ‰	
phenilalanina				-3 088 ‰	
MEDIA				-1 186 ‰	15,75 ‰
DESVIO PADRÃO				1,04 ‰	1,71 ‰
MAX.				-9,28 ‰	18,47 ‰
MIN.				-1 334 ‰	12,39 ‰

Tabela 3 – População das Terras Altas

SEPULTAMENTO	Sexo/idade	rec. °C	CAMS	^{13}C	^{15}N
ALFRED O WAGNER					
AW-01		16 10 AP	53 91 6	-17,99‰	7,63‰
RIBEIRÃO DA HERTA					
SC-VI-16		12 90 AP	53 11 4	-18,68‰	9,54‰
SÃO JOAQUIM					
RA-01		11 82 AP	51 67 3	-15,14‰	10,37‰
RA-03		12 80 AP	54 14 2	-18,11‰	8,14‰
SJ-04				-20,63‰	8,68‰
RA-05		12 90 AP	51 67 4	-10,76‰	7,66‰
RA-06		12 70 AP	54 14 3	-17,25‰	8,24‰
UR UBICI					
U R-01		17 35 AP	53 91 5	-17,06‰	8,93‰
MÉDIA				-16,95‰	8,65‰
DESVIO PADRÃO				2,94‰	0,94‰
MAX				-10,76‰	10,37‰
MIN				-20,63‰	7,63‰
phenilalanina				-29,72	

A Dieta da População do Litoral

A metodologia segue os mesmos procedimentos utilizados na análise de colágeno, mencionados anteriormente. A amostra é composta por um total de 82 in-

divíduos de 15 sítios arqueológicos da costa de Santa Catarina e alguns indivíduos da Amazônia da coleção do Museu Universitário Oswaldo Cabral da Universidade Federal de Santa Catarina (tabela 4 e figura 4). As amostras foram preparadas para análise no Earth Sciences Laboratory na Universidade de Stanford, USA, e as análises isotópicas foram realizadas no Lawrence Berkeley National Laboratory na Universidade da Califórnia em Berkeley, USA. Do sul do estado foram amostrados os sítios Sambaqui da Caieira (10), Sambaqui da Carniça (7), Sambaqui Congonhas (9), Sambaqui da Vila Nova (1), Sambaqui da Garopaba (1), Imaruí (1). Da região central, Sítio da Armação do Sul (1), Sambaqui da Ponta das Almas (15), Sítio da Tapera (2) e Sambaqui do Rio Lessa (4). Da região norte Sambaqui de Porto Belo (1), Sambaqui de Laranjeiras (1), Sambaqui Morro do Ouro (5), Sambaqui da Enseada (17) e Sambaqui do Espinheiro (4). Para contrastar foram utilizadas amostras da Amazônia da coleção Tom Wild (3).

Tabela 4 – Análise de Colágeno - ¹³/12 C e ¹⁵/14 N para as Populações do Litoral

Amostras	rec. ¹⁴ C	¹³ /12 C	¹⁵ /14 N	CAMS
CAIEIRA				
Caieira 01		-12.11 ‰	11.66 ‰	
Caieira 02			13.87 ‰	
Caieira IIIA		-10.40 ‰		
Caieira 07 (child)		-10.74 ‰	11.32 ‰	
Caieira 08		-10.87 ‰	13.89 ‰	
Caieira 4 (patella)		-11.28 ‰	17.13 ‰	
Caieira 5 (MAO 51)		-10.45 ‰	15.74 ‰	
Caieira 5 (Talus)		-9.80 ‰	14.79 ‰	
Caieira X		-10.93 ‰	12.64 ‰	
Caieira XIII		-11.54 ‰	11.91 ‰	
MEDIA		-9.50 ‰	13.66 ‰	
CARNIÇA				
Carniça 01		-9.88 ‰	10.86 ‰	
Carniça 01 (4b)			15.60 ‰	
Carniça 01 S01		-9.83 ‰	12.36 ‰	
Carniça 04		-11.60 ‰	17.53 ‰	
Carniça 05		-9.96 ‰	17.02 ‰	
Carniça 06			14.55 ‰	
Carniça 07		-10.83 ‰	7.83 ‰	
MEDIA		-10.42 ‰	13.73 ‰	
CONGONHAS				
Congonhas 04		-10.26 ‰	12.51 ‰	
Congonhas 06		-10.71 ‰	13.32 ‰	
Congonhas 11		-11.39 ‰	11.39 ‰	
Congonhas 11		-10.83 ‰	12.36 ‰	
Congonhas 12		-10.76 ‰	12.40 ‰	
Congonhas 13		-10.84 ‰	12.36 ‰	
Congonhas I		-11.46 ‰	15.21 ‰	
Congonhas II		-10.62 ‰	10.48 ‰	
Congonhas S2		-11.45 ‰	13.25 ‰	
MEDIA		-10.92 ‰	12.52 ‰	
VILA NOVA - IMBITUBA				
Vila Nova (imbituba)		-12.65 ‰	7.57 ‰	
GAROPABA				
Garopaba		-13.70 ‰	11.08 ‰	
IMARUÍ				
Imaruí		-12.08 ‰		
ARMAÇÃO DO SUL				
Amação (Araújo)		-11.86 ‰	10.64 ‰	
PONTA DAS ALMAS				
Ponta das Almas 1 (Araújo)		-12.69 ‰	8.23 ‰	
Ponta das Almas 1 (Piazza)		-12.80 ‰	13.02 ‰	
Ponta das Almas 1A		-13.04 ‰	13.72 ‰	
Ponta das Almas 1B		-9.21 ‰	10.47 ‰	
Ponta das Almas 2B		-12.56 ‰	13.46 ‰	
Ponta das Almas 3		-10.37 ‰	8.10 ‰	
Ponta das Almas 3 (Beck)		-14.69 ‰	13.82 ‰	
Ponta das Almas 3 (Piazza)		-10.26 ‰	14.52 ‰	
Ponta das Almas 3 (Piazza)		-13.11 ‰	9.15 ‰	
Ponta das Almas 66-3		-10.74 ‰	11.05 ‰	
Ponta das Almas I2		-11.80 ‰	12.62 ‰	
Ponta das Almas IV		-10.75 ‰	14.92 ‰	
Ponta das Almas s/n		-14.42 ‰	7.99 ‰	

Amostras	rec. ¹⁴ C	¹³ /12 C	¹⁵ /14 N	CAMS
Ponta das Almas S4		-10.74 ‰	9.14 ‰	
Ponta das Almas SIL2		-10.93 ‰	8.72 ‰	
MEDIA		-11.87 ‰	10.64 ‰	
TAPERA				
Tapera		-10.36 ‰	10.82 ‰	
Tapera 1			10.63 ‰	
MEDIA		-10.36 ‰	10.72 ‰	
RIO LESSA				
Rio Lessa 1		-14.92 ‰	10.00 ‰	
Rio Lessa 3	1000+40	-11.03 ‰	14.36 ‰	?
Rio Lessa 4		-11.01 ‰	10.03 ‰	
Rio Lessa 6		-11.23 ‰	10.08 ‰	
MEDIA		-12.04 ‰	11.08 ‰	
PORTO BELO				
Porto Belo(Praia do Embrulho)		-10.82 ‰	16.07 ‰	
LANJEIRAS				
Lanjeiras (Samb.)		-10.89 ‰	14.04 ‰	
MORRO DO OURO				
Morro do Ouro 2B			11.51 ‰	
Morro do Ouro 6		-15.08 ‰	8.11 ‰	
Morro do Ouro 7		-13.21 ‰	12.00 ‰	
Morro do Ouro II		-14.93 ‰	11.48 ‰	
Morro do Ouro III		-14.00 ‰	7.95 ‰	
MEDIA		-14.30 ‰	10.21 ‰	
ENSEADA				
Enseada 10		-12.88 ‰	14.36 ‰	
Enseada 10 (pé)		-13.60 ‰		
Enseada 14		-10.48 ‰	11.24 ‰	
Enseada 16		-10.07 ‰	13.48 ‰	
Enseada 17 (Assoc. 17)		-19.13 ‰	9.79 ‰	
Enseada 18	3920+40	-10.50 ‰	9.82 ‰	?
Enseada 25 5B		-10.94 ‰	11.80 ‰	
Enseada 4		-12.80 ‰	12.99 ‰	
Enseada 5		-10.76 ‰	12.07 ‰	
Enseada 7		-16.82 ‰	9.75 ‰	
Enseada 8*		-13.76 ‰	7.66 ‰	
Enseada 8B		-13.28 ‰	14.04 ‰	
Enseada I	1390+40	-13.60 ‰	11.78 ‰	?
Enseada I sep II		-12.89 ‰	10.69 ‰	
Enseada I5		-10.15 ‰	12.74 ‰	
Enseada IX		-9.21 ‰	13.13 ‰	
Enseada SII		-12.81 ‰	11.24 ‰	
MEDIA		-12.50 ‰	11.66 ‰	
ESPINHEIRO				
Espinheiro 4		-12.58 ‰	7.71 ‰	
Espinheiro 7			9.68 ‰	
Espinheiro 2		-13.11 ‰		
Espinheiro 1		-12.72 ‰		
MEDIA		-12.80 ‰	8.69 ‰	
AMAZÔNIA				
Tom Wild 04 (Amazônia)		-17.98 ‰	6.62 ‰	
Tom Wild (Amazônia)		-15.65 ‰	8.18 ‰	
Tom Wild 01 (Amazonia)		-18.95 ‰		
MEDIA		-17.52 ‰	7.37 ‰	

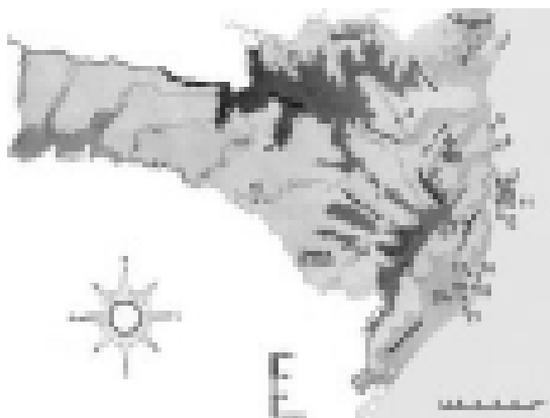


Figura 4 – Localização dos sítios arqueológicos amostrados: 1) Sambaqui Enseada; 2) Sambaqui Morro do Ouro; 3) Sambaqui do Espinheiro; 4) Ribeirão da Herta; 5) Sambaqui Laranjeiras; 6) Sambaqui Porto Belo; 7) Sambaqui Porto do rio Vermelho I e II; 8) Sambaqui Ponta das Almas; 9) Canto da Lagoa; 10) Sambaqui do Rio Lessa; 11) Tapera; 12) Armação do Sul; 13) Alfredo Wagner; 14) São Joaquim; 15) SC-AG-93: Abdon Batista; 16) Sambaqui da Vila Nova; 17) Sambaqui de Imaruí; 18) Sambaqui da Caieira; 19) Sambaqui da Carniça; 20) Sambaqui da Congonha; 21) Sambaqui da Garopoba; 22) Urubici.

O Uso de Plantas C_4 nas Terras Altas do Sul do Brasil

As amostras para análise foram colhidas de fragmentos de recipientes cerâmicos provenientes de uma estrutura subterrânea e um fragmento ósseo de um sepultamento cremado proveniente de um cemitério (de um montículo em um aterro circular). Estes dois tipos de sítios arqueológicos são algumas das categorias funcionais que integram o sistema cultural em estudo. Portanto, juntamente com as amostras de resíduos carbonizados de alimentos, foi enviada uma amostra de osso humano carbonizado para análise de isótopos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ a partir de colágeno humano. A amostra, por estar completamente carbonizada, não produziu colágeno e, portanto, não foi possível obter informações sobre a dieta a partir dos restos humanos cremados, apenas $^{13/12}\text{C}$ para datação. As amostras foram enviadas para

análise dos isótopos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ no Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory, Miami, Florida, USA. As amostras enviadas foram identificadas pelo laboratório como Beta 208239, Beta 208240, Beta 208241, Beta 208242.

Para caracterizar o grupo de plantas a que pertencem as amostras de resíduos carbonizados foram utilizados os dados de Hastorf e DeNiro (1985) que através de experimentos com plantas atuais criaram áreas limites de valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ para plantas C_3 (legumes e não legumes) e plantas C_4 (milho). Outros dados de De Masi (1999) sobre as populações pré-históricas de outras regiões do planalto foram adicionados aos resíduos carbonizados do baixo vale do rio Canoas para ampliar a discussão sobre a dieta das populações das terras altas do sul do Brasil. Os dados de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ de indivíduos das terras altas de Santa Catarina são cinco amostras de São Joaquim (1.182 AP e 1.290 AP), uma de Ribeirão da Herta (1.290 AP), uma de Alfredo Wagner (1.610 AP) e uma de Urubici (1.735 AP).

II. Resultados

Isótopos Estáveis de Oxigênio e Análise da Cor das Conchas

As condições ambientais com variação sazonal de precipitação e temperatura do ar tornam a Ilha de Santa Catarina ideal para um estudo de sazonalidade utilizando isótopos estáveis de Oxigênio, uma vez que a diferença sazonal de temperatura do ar é 10°C , e a da precipitação é de 400 mm. Dados atuais dos isótopos estáveis de Oxigênio e carbono das águas e conchas forneceram uma excelente coleção de referência para estudos sazonais do passado, oferecendo uma precisão de seis meses. Os dados variam entre estações “úmidas” e “secas” de acordo com a variação anual de temperatura do ar e precipi-

tação, como esperado.

Conchas pré-históricas se mostraram próprias para a análise de isótopos estáveis, considerando que o difratograma de raio x mostrou que os cristais de aragonita das conchas não sofreram recristalização depois de depositadas no sítio. Os valores de isótopos estáveis de Oxigênio da camada externa da concha pré-histórica têm uma variação de -0,8‰ e -1,6‰ entre valores extremos, indicando variação sazonal. Conchas atuais similarmente apresentam valores isotópicos indicando a variação sazonal, com uma variação de -2,3‰ a -1,0‰, variação esta mais ampla que nas conchas pré-históricas. É importante notar que existe uma variação isotópica que pode ser usada para inferir sazonalidade. Os parâmetros que controlam o nível de variação entre os valores isotópicos são relacionados com a quantidade de águas do oceano ou de água doce (chuvas) presentes na área da lagoa, a

qual mudou sua configuração através do tempo, como visto anteriormente.

Os resultados mostram uma oscilação entre dois valores médios para as estações “seca” e “úmida”, indicando ocupações durante o ano todo nos dois sítios residenciais SC-PRV-01 e SC-PRV-02, localizados no subsistema norte da lagoa. A localização do sítio SC-CL-01, no subsistema sul, com menor redundância ocupacional, apresenta a oscilação dos isótopos estáveis de Oxigênio acima dos valores mínimos da estação “úmida” (figura 5). A análise da cor das conchas foi usada para confirmar os resultados da análise isotópica, o que ocorreu em 64% dos casos. Como mencionado anteriormente, em casos em que a cor das conchas não confirma os valores isotópicos, estes não podem ser considerados errados, mas um indicativo de outra estação se considerado como um dado independente dos dados isotópicos.

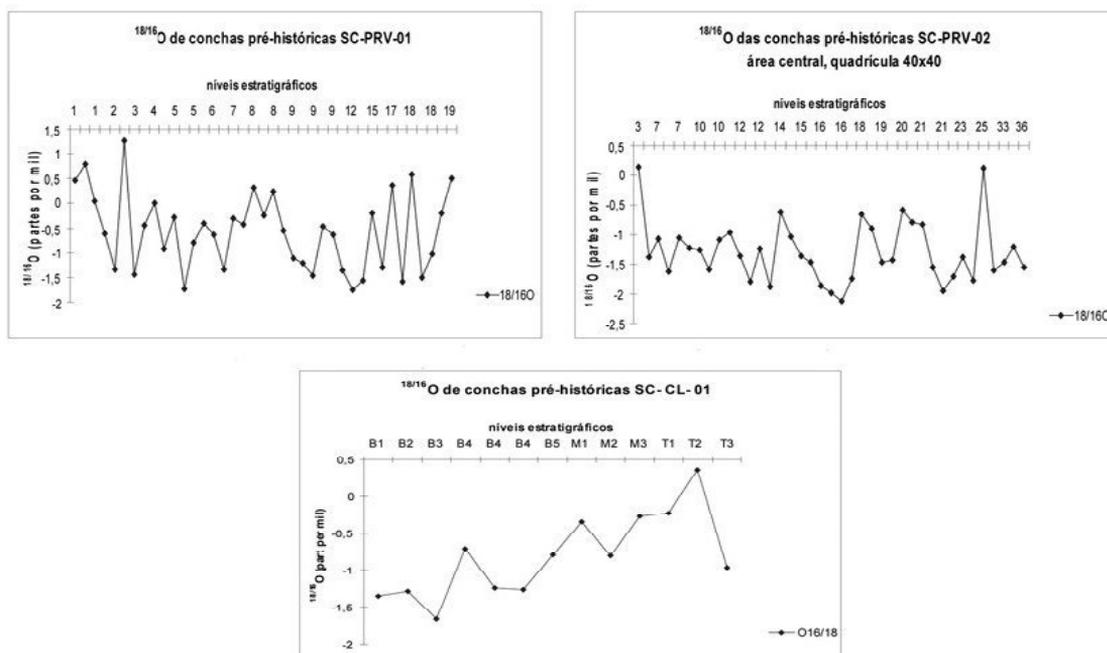


Figura 5 – Variação de $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ em conchas pré-históricas – bases residenciais (A,B); acampamentos (C).

Determinação da Dieta e Movimento de População

Dados básicos dos recursos gerados para análise do colágeno dos recursos locais são os primeiros passos para uma definição da variação dos valores isotópicos de $^{13/12}\text{C}$ e $^{15/14}\text{N}$ dos recursos. Estes dados básicos fornecem os parâmetros para inferir o uso de recursos terrestres ou marinhos locais. Nesta pesquisa, os dados básicos são bem definidos para os recursos terrestres e marinhos, similares aos resultados produzidos para recursos terrestres e marinhos do hemisfério norte, na América do Norte (DeNiro & Epstein 1978, 1981; Schoeninger, DeNiro & Tauber, 1983; Schoeninger & DeNiro, 1984)

Um resultado contrastante entre costa e terras altas é mostrado quando se comparam ambas as adaptações ambientais, uma exclusivamente marinha ($-11,8\text{‰}$) e a outra exclusivamente terrestre ($-16,9\text{‰}$), com a presença de planta C_4 (possível milho) na dieta de um indivíduo. Um de cinco indivíduos é rico em uma dieta com planta C_4 , sugerindo a possibilidade do começo do cultivo de milho nas terras altas por 1.182 AP. Desde 4.070 AP as populações costeiras estão adaptadas a recursos marinhos, tendo o peixe como o componente principal de suas dietas. Populações adaptadas à pesca permaneceram por muito tempo na área da Lagoa da Conceição, até 1.069 AP. Ao contrário, populações das terras altas foram caracterizadas como caçadores coletores de recursos terrestres, os quais não migraram para a costa como tradicionalmente foi pensado (figura 6).

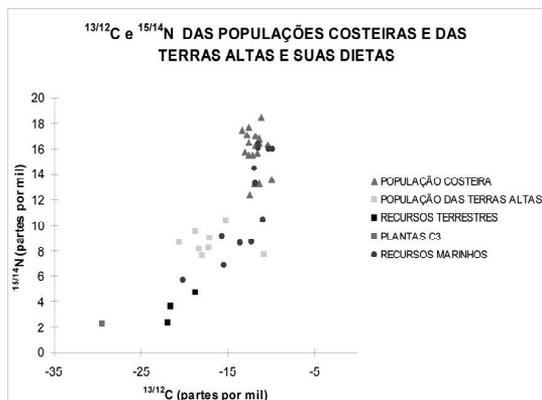


Figura 6 – Valores isotópicos de $^{13/12}\text{C}$ e $^{15/14}\text{N}$ população costeira, das terras altas e recursos marinhos e terrestres.

A análise da dieta, usando isótopos estáveis, pode identificar movimentos de populações, estabelecendo comportamento migratório (Sealey & Merwe, 1985, 1986). Esta análise também oferece a possibilidade de saber quando o cultivo ou uso intensivo de plantas C_4 teve início (Vogel & Van der Merwe, 1977, Van der Merwe & Vogel, 1978; Bender et al, 1981). As populações da costa sul-brasileira possuíam uma dieta baseada em recursos marinhos, principalmente peixe, definindo grupos de pescadores-coletores com valores isotópicos de carbono e nitrogênio semelhantes a pescadores-coletores do Meso-lítico da Dinamarca (Tauber, 1981; Schoeninger, DeNiro & Tauber, 1983; DeNiro, 1987), e a culturas pré-históricas dos Muwu na Califórnia meridional (DeNiro, 1987), a costa noroeste da América Norte (Chisholm, Nelson & Schwarcz, 1983), a costa da Nova Inglaterra (Bourque & Krueger, 1994), bem como a costa da Geórgia (Larsen et al, 1992). Os pescadores-coletores do Brasil meridional seguem uma tendência isotópica de carbono e nitrogênio similar, também, às adaptações litorâneas, como os esquimós históricos, os Haida e Tlingit (DeNiro, 1987).

A Dieta da População do Litoral

Durante o período que vai de 4280 AP até 1000 AP a dieta das populações costeiras dos sítios arqueológicos analisados indicam uma composição essencialmente marinha, caracterizados por altos valores isotópicos de nitrogênio ao redor de 14‰ e carbono 12,80‰. Havendo alguns indivíduos com dietas essencialmente terrestre em sítios como Enseada (sep. 17) onde os valores de nitrogênio são mais baixos, 7,73‰, assim como os valores de carbono também são mais baixos -17,52‰. A partir de 1000 AP em sítios cerâmicos e não cerâmicos a dieta continua essencialmente marinha com valores elevados de nitrogênio e carbono como no período anterior. Alguns grupos baixam seus valores de nitrogênio, mantendo o valor de carbono ao redor de 12‰, os valores de nitrogênio baixam ao redor de 10‰, caracterizando ainda uma dieta predominantemente marinha (limite). Outros grupos como Morro do Ouro apresentam dietas com uma tendência mais terrestre do qualquer outro grupo litorâneo da amostragem analisada, exceto pelos dois indivíduos de Enseada mencionados anteriormente, os quais são muito parecidos com o grupo amazônico analisado (tabela 4).

Isto nos permite inferir diferenças entre os grupos humanos adaptados a região costeira, os quais produzem resíduos culturais muito semelhantes, embora possuam hábitos culturais distintos, diagnosticados em suas dietas. Grupos com diferentes hábitos alimentares parecem conviver ao mesmo tempo e partilhar o mesmo espaço ao nível de grupo, e possivelmente ao nível de unidades domésticas. A princípio dois grupos bem distintos são caracterizados. Os grupos com dietas essencialmente marinhos, e os grupos com dieta essencialmente terrestre. Os primeiros localizados na costa e o segundo provavelmente proveniente das encostas da Serra

onde este tipo de dieta já foi identificado anteriormente em alguns sítios arqueológicos (De Masi, 1999). Alguns grupos costeiros apresentam um aumento de componentes terrestres em sua dieta indicado pela diminuição dos valores de carbono de -12‰ para -14‰, com valores de nitrogênio ao redor de 10‰ (limite inferior de dietas marinhas).

Outros grupos costeiros parecem apresentar variações nos valores de nitrogênio, indicando a entrada de um componente alimentar diferente o qual mantém valores similares de carbono, mas relativamente baixos de nitrogênio. Poderíamos pensar em cultivo de plantas C_4 , mas como os valores de $^{15}/^{14}N$ estão apenas no limite, muito próximos de 10‰, esta hipótese torna-se difícil de ser comprovada, porque os valores de $^{15}/^{14}N$ deveriam ser menores do que 10‰ para valores entre 10‰ e 5‰. A introdução de cultivos deve ser melhor averiguada com amostras maiores de sítios com tecnologia cerâmica (figura 7).

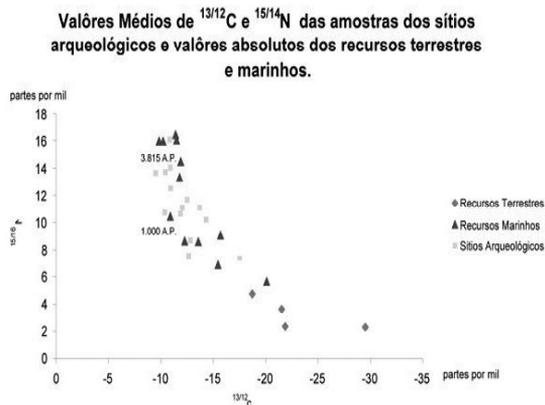


Figura 7 – Valores isotópicos de $^{13}/^{12}C$ e $^{15}/^{14}N$ populações do litoral e recursos marinhos e terrestres.

O Uso de Plantas C_4 nas Terras Altas do Sul do Brasil

Antes de interpretar os dados obtidos, é importante lembrar que plantas carbonizadas em painéis de barro apresentam variação dos valores de carbono e nitro-

gênio não superiores a 2‰ ou 3‰ dos valores originais (Hastorf & DeNiro, 1985). E que o valor de carbono do tecido de um animal é aproximadamente 2‰ mais positivo que o próprio alimento e o valor de nitrogênio varia de 2‰ a 4‰ mais positivo que a dieta (DeNiro, 1987).

Os resultados das amostras analisadas podem ser divididos em dois grupos considerando os resultados dos isótopos de $\delta^{13}\text{C}$. O primeiro grupo, com valores variando de -18,0‰ (430-620 AD Cal.) a 18,5‰ (2310-2230 AP Cal.), e o segundo grupo caracterizado por uma amostra com o valor de -25,8‰ (1440-1640 AD Cal.). Os valores de $\delta^{15}\text{N}$ são baixos de um modo geral variando entre +7‰ e +4‰. Para a amostra de ossos humanos cremados o valor direto de $\delta^{13}\text{C}$ é de -24,4‰, não havendo valores para nitrogênio.

A interpretação dos dados obtidos para os resíduos carbonizados é facilitada quando os resultados são plotados em um gráfico onde há os limites dos valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ para plantas C_3 (legumes e não legumes) e plantas C_4 (milho). O primeiro grupo de resíduos tem valores que indicam o consumo de plantas C_4 (milho) a partir de 2310 AP. deve levar em consideração que antes da queima os valores originais das plantas estariam ao redor de 15,0‰. Os valores do segundo grupo de resíduos mostram um consumo de plantas C_3 , provavelmente legumes, para o período de 1440 A.D.. Os dados obtidos com os restos humanos cremados não podem ser usados para inferir o tipo de dieta uma vez que a cremação altera os resultados.

Comparando os resultados dos resíduos carbonizados com os dados sobre as populações das terras altas, produzidos por De Masi (1999), é possível observar que alguns indivíduos (RA-01 e RA-05) estão claramente consumindo plantas C_4

(milho). Os outros indivíduos também apresentam em menor proporção, plantas C_4 (milho) como um componente importante de sua dieta (figura 8).

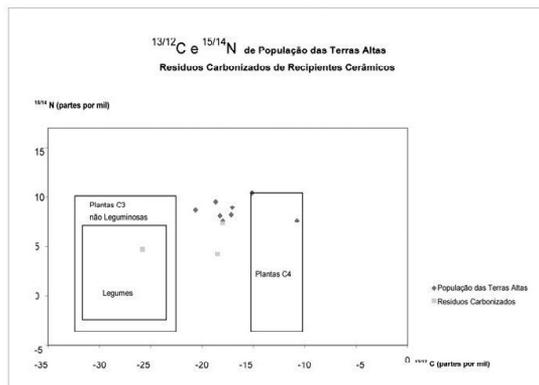


Figura 8 – Comparação dos valores de $^{13/12}\text{C}$ e $^{15/14}\text{N}$ de indivíduos das Terras Altas e os resíduos carbonizados de recipientes cerâmicos e a áreas de abrangência de legumes, não legumes e plantas C_4 , animais terrestres e plantas C_3 .

III. Conclusão

O uso de técnicas analíticas não fazem sentido por si mesmas, mas adquirem relevância na medida em que são utilizadas para resolver problemas de pesquisa. Isótopos estáveis tem uma ampla aplicação, com foco nos estudos ambientais. Em arqueologia os isótopos estáveis de C e N tem sido usados na determinação indireta de dietas, quer seja a partir de colágeno humano ou resíduos carbonizados e estudos de sazonalidade ($^{18/16}\text{O}$). As aplicações apresentadas neste artigo estão relacionadas a inferências sobre grau de mobilidade de grupos humanos adaptados a ambientes marinhos, sazonalidade das ocupações, migração de populações, o tipo de dieta destas populações costeiras, e o uso de plantas C_4 nas terras altas.

Os resultados permitem inferir que alguns grupos litorâneos apresentam baixa mobilidade, ocupando determinadas regiões durante um ciclo anual por volta de 1280 A.D. com uma dieta essencialmente marinha baseada em peixes e não molus-

cos. Para o mesmo período de tempo, 1280 A.D., alguns grupos que vivem na encosta da serra apresentam uma dieta essencialmente terrestre com alguns indivíduos consumindo plantas C_4 , provavelmente milho. Nas terras altas para o mesmo período de cronológico há grupos que constroem estruturas subterrâneas que estão processando plantas C_4 , provavelmente milho, deixando resíduos em seus utensílios domésticos. Com os dados obtidos não foi possível detectar migrações de populações costeiras para o Serra ou vice-versa no período de tempo estudado. Contudo é possível observar que grupos da encosta da Serra com dieta essencialmente terrestre são absorvidos por alguns grupos adaptados a região costeira com dieta essencialmente marinha.

A dieta das populações adaptadas ao ambiente costeiro parece mudar lentamente através do tempo. Esta mudança está relacionada as mudanças de nível do mar. O recuo das águas a partir de 5.000 AP possibilitou a formação de manguezais e lagoas, onde as quantidades de N nos componentes da dieta podem ser menores. A variação de C e N depende da região onde se obtém os recursos, em alto

mar ou em manguezais. O consumo de moluscos por estas populações deve ter sido em quantidades mínimas, pois a assinatura isotópica dos mesmos não é reconhecida nas análises realizadas. Dessa forma, o pouco consumo de moluscos permite inferir que os sambaquis são apenas uma categoria de sítio arqueológico dentro de um sistema cultural mais complexo nos quais se incluem os sítios rasos (bases residenciais) e os acampamentos nas proximidades dos mesmos, sendo os sambaquis locais de processamento de recursos, festas e atividades ritualísticas ocasionais durante um ciclo anual. O baixo N e a manutenção dos valores de C podem estar também associados a aquisição de práticas agrícolas por grupos costeiros em períodos mais recentes, embora a aquisição de tecnologia cerâmica não está associada a práticas agrícolas no litoral de acordo com os dados obtidos. Hipóteses devem ser testadas empiricamente através de métodos e técnicas bem estabelecidos.

Recebido para publicação em janeiro de 2009.

Referências Bibliográficas

- AMBROSE, S. H. 1990. Preparation and characterization of bone and tooth collagen isotopic analysis. *Journal of Archaeological Science*, 17:431-451.
- BENDER, M. M.; BAERRIS, D. A. & STEVENTON, R. L. 1981. Further light on carbon isotopes and Hopewell agriculture. *American Antiquity*, 46(2):346-353.
- BOURQUE, B. J. & KRUEGER, H. W. 1994. Dietary reconstruction from human bones isotopes for five coastal New England populations. In: SOBOLIK, K. D. (ed.). *Paleonutrition: The Diet and Health of Prehistoric Americans*. Center for Archaeological Investigations, Occasional Paper 22, Southern Illinois University, pp. 195-209.
- CHISHOLM, B. S., NELSON, D. E. & SCHWARCZ, H. P. 1982. Stable-carbon isotope ratios as a measure of marine versus terrestrial protein in ancient diets. *Science*, 216:1131- 1132.
- CHISHOLM, B. S., NELSON, D. E. & SCHWARCZ, H. P. 1983. Marine and terrestrial protein in prehistoric diets on the British Columbia Coast. *Current Anthropology*, 24(3):396-398.

Aplicações de isótopos estáveis de $^{18/16}\text{O}$, $^{13/12}\text{C}$ e $^{15/14}\text{N}$ em estudos de sazonalidade, mobilidade e dieta de populações pré-históricas no sul do Brasil

- CLAASSEN, C. 1991. Normative thinking and shell bearing sites. In: SCHIFFER, M. (ed.). *Archaeological Method and Theory – Vol. 3*. Tucson, University of Arizona Press, pp. 249-298.
- CRAIG, H. 1965. The measurements of oxygen isotope paleotemperatures. In: TONGIORGI, E. (ed.). *Stable Isotopes in Oceanographic Studies and Paleotemperatures*. Pisa, Consiglio Nazionale Delle Ricerche/Laboratorio di Geologia Nucleare, pp. 161-182.
- DEITH, M. 1983 Seasonality of shell collecting determined by oxygen isotope analysis of marine shells from Asturians sites in Cantabria. In: Grigson, C. & Clutton-Brock, J. (eds.). *Animals and Archaeology - vol. 2: Shell Middens, Fishes and Birds*. Oxford, BAR International Series (S183), pp.67-76.
- DE MASI, M.A.N. 1999. *Prehistoric Hunter-gatherers Mobility in the Southern Brazilian Coast. Santa Catarina Island*. Tese de doutorado. San Francisco, Departamento de Antropologia, Stanford University.
- DE MASI, M.A.N. 2001. Pescadores Coletores da Costa Sul do Brasil. *Pesquisas, Antropologia*, São Leopoldo, 57: 1-136.
- DE MASI, M.A.N. 2006. Análise de isótopos estáveis de $^{13/12}\text{C}$ e $^{15/14}\text{N}$ em resíduos de incrustações carbonizadas de fundo de recipientes cerâmicos das terras altas do sul do Brasil. Comunicação apresentada na *IV Reunião do Núcleo Regional Sul da Sociedade de Arqueologia Brasileira (SAB/SUL)*, Rio Grande.
- DENIRO, M. J. 1985. Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to paleodietary reconstruction. *Nature*, 317:806-809.
- DENIRO, M. J. 1987. Stable isotope and archaeology. *American Scientist*, 75:182-191.
- DENIRO, M. J. & EPSTEIN, S. 1976. You are what you eat (plus a few ‰); The carbon isotope cycle in food chains. *Geological Society of America Abstracts Program*, 8:834-835.
- DENIRO, M. J. & EPSTEIN, S. 1978. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42:495-506. DENIRO, M. J. & EPSTEIN, S. 1981. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 45:341-351. 1981.
- EPSTEIN, S., BUSCHSBAUM, R., LOWESTAM, H. A. & UREY, H. C. 1953. Revised carbonate water isotopic temperature scale. *Bulletin of the Geological Society of America*, 64:1315-1326.
- GRABER, E. R. & AHARON, P. 1991. An improved microextraction technique for measuring dissolved inorganic carbon (DIC), $\delta^{13}\text{C}$ DIC and $\delta^{18}\text{O}$ H₂O from milliliter-size water samples. *Chemical Geology*, 94:137-144.
- HASTORF, C. A. & DENIRO, M. J. 1985. New Isotopic method used to reconstruct prehistoric plant production and cooking practices. *Nature*, 322:822-23.
- LARSEN, C. S., SCHOENINGER, M. J., VAN DER MERWE, N. J., MOORE, K. M. & LEE-THORP, J. 1992. Carbon and Nitrogen stable isotopic signature of human dietary change in the Georgia Bight. *American Journal of Physical Anthropology*, 89:197-214.
- LEONEL, R. M. V.; MAGALHÃES, A.R.M. & LUNETTA, J.E. 1983. Sobrevivência de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791)(mollusca:Bivalvia), em diferentes salinidades. *Boletim de. Fisiologia Animal*, São Paulo, 7:63-72.
- LUBELL, D., JACKES, M., SCHWARCZ, H., KNYF, M. & MEIKLEJOHN, C. 1994. The Mesolithic-Neolithic transition in Portugal: isotopic and dental evidence of diet. *Journal of Archaeological Science*, 21:201-216.
- MCCREA, J. M. 1950. On the isotopic chemistry of carbonates and a paleotemperature scale. *Journal of Chemical. Physics*, 18:849-857.
- MCNEISH, R. S. 1967. Summary of the subsistence. In: BYERS, D.S. (Ed.). *The Prehistory of Tehuacan Valley - Vol. 1*. Austin, The University of Texas Press, pp.290-309.
- MOOK, W. G. & VOGEL, J. C. 1968. Isotopic equilibrium between shells and their environment. *Science*, 159:874 -875.
- NARCHI, W. 1972. Comparative study of the functional morphology of *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin,

1791) and *Tivela mactroides* (Born, 1778) (Bivalvia, Veneridae). *Bulletin of Marine Science*, 22(3):643-670.

NARCHI, W. 1974. Aspectos ecológicos e adaptativos de alguns bivalves do litoral Paulista. *Papéis avulsos de Zoologia*, São Paulo, 27(19):235-262.

PATE, F. D. 1995. Stable carbon isotope assessment of hunter-gatherer mobility in prehistoric south Australia. *Journal of Archaeological Science*, 22:81-87.

PESO, M. C. 1980. *Bivalves comestíveis da Baía de Todos os Santos. Estudo quantitativo com especial referência à Anomalocardia brasiliiana (Gmelin, 1791) (Bivalvia-Veneridae)*. Dissertação de mestrado. Curitiba, Universidade Federal do Paraná.

RIOS, E. C. 1970. *Coastal Brazilian Shells*. Rio Grande, FURG/Museu Oceanográfico.

ROSA, G. J. H. 1989. *Distribuição e densidade do berbigão Anomalocardia brasiliiana (Gmelin, 1791) (Mollusca, Bivalvia) na Lagoa Conceição, Florianópolis, SC*. Tese de livre-docência. Florianópolis, Departamento de Biologia/Universidade Federal de Santa Catarina.

SCHOENINGER, M. J. & DENIRO, M. J. 1984. Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen from marine and terrestrial animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48:625-639.

SCHOENINGER, M. J., DENIRO, M. J. & TAUBER, H. 1983. Stable nitrogen isotope ratios of bone collagen reflect marine and terrestrial components of prehistoric human diet. *Science*, 220:1381-1383.

SCHWARCZ, H. P. & SCHOENINGER, M. J. 1991. Stable isotope analysis in human nutritional ecology. *Yearbook of Physical Anthropology*, 34:283-321.

SEALY, J. C. & VAN DER MERWE, N. J. 1985. Isotope assessment of Holocene human diets in the southwestern Cape, South Africa. *Nature*, 315:138-140.

SEALY, J. C. & VAN DER MERWE, N. J. 1986. Isotope assessment and the seasonal mobility hypothesis in the southwestern Cape of South Africa. *Current Anthropology*, 27:135-150.

SPERO, H. J.; WILLIAMS, D.; FVER, M. & POLACH, 1977. Discussion: Reporting of ¹⁴C data. *Radiocarbon*, 19 (3):355-363. STENHOUSE, M. J. & BAXTER, M. S. 1979. The uptake of bomb ¹⁴C in humans. In: BERGER, R. & SUESS, H. (eds). *Radiocarbon Dating*. Berkeley, University of California Press, pp. 324-341.

TAUBER, H. 1981. ¹³C evidence of dietary habits of prehistoric man in Denmark. *Nature*, 292:332-333.

VAN DER MERWE, N. J. 1982. Carbon isotopes, photosynthesis, and archaeology. *American Scientist*, 70:597-607.

VAN DER MERWE, N. J. & VOGEL, J. C. 1978. ¹³C content of human collagen as a measure of prehistoric diet in woodland North America. *Nature*, 276:815-816.

VOGEL, J. C. & VAN DER MERWE, N. J. 1977. Isotopic evidence for early maize cultivation in New York state. *American Antiquity*, 42(2):238-242.

WILLIAMS, D. F.; ARTHUR, M. A.; JONES, D. S. & WILLIAMS, N. H. 1982. Seasonality and mean annual sea surface temperatures from isotopic and sclerochronologic records. *Nature*, 296(5856):432-434.