

REVISTA DE ARQUEOLOGIA

Volume 32 No. 2 2019

Edição Especial: Museu Nacional (Volume 1)

ARTIGO

CALIBRAÇÃO DE DATAS RADIOCARBÔNICAS EM SÍTIOS COSTEIROS

Rita Scheel-Ybert*

RESUMO

Sambaquis são provavelmente os sítios arqueológicos mais intensamente estudados e mais datados no Brasil, no entanto, muitas incertezas ainda subsistem na interpretação das cronologias estabelecidas. Datações realizadas sobre conchas, carvões e ossos humanos não são diretamente comparáveis. Por isso, é fundamental que os resultados das datações realizadas sejam adequadamente calibrados, considerando-se as curvas de calibração apropriadas e dados de efeito reservatório locais, quando aplicável. Ressalta-se que ossos humanos também são sujeitos a efeito reservatório e que, em consequência, os resultados da calibração das datas deles oriundas podem ter uma incerteza maior do que no caso de conchas e carvões.

Palavras-chave: Sambaqui; Sítio Costeiro; Cronologia; Radiocarbono.

* Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Antropologia, Programa de Pós-Graduação em Arqueologia. E-mail scheelybert@mn.ufrj.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9428-9348>.

CALIBRATION OF RADIOCARBON AGES IN COASTAL SITES

ABSTRACT

Sambaquis are probably the most intensely studied and most well-dated archaeological sites in Brazil. However, uncertainties subsist regarding the interpretation of established chronologies. Radiocarbon ages obtained from shells, charcoal, and human bones are not directly comparable. Therefore, it is key that the radiocarbon results be properly calibrated, considering the appropriate calibration curve and local reservoir data, when applicable. Human bones are also subject to reservoir effect, and therefore calibrated ages from human bones may have higher uncertainty than measurements on shells and charcoal.

Keywords: Shellmound; Coastal Site; Chronology; Radiocarbon.

CALIBRACIÓN DE FECHAS RADIOCARBÓNICAS EN SÍTIOS COSTEROS

RESUMEN

Sambaquis son probablemente los sitios arqueológicos más intensamente estudiados y más datados en Brasil. Sin embargo, subsisten aún incertidumbres referentes a la interpretación de las cronologías establecidas. Las fechas realizadas sobre conchas, carbones y huesos humanos no son directamente comparables. Por lo tanto, es fundamental que los resultados de las fechas realizadas sean adecuadamente calibrados, considerando las curvas de calibración apropiadas y los datos de efecto reservatorio locales, cuando sea aplicable. Se resalta que los huesos humanos también están sujetos a efecto reservatorio, y que en consecuencia los resultados de la calibración de las fechas de ellos oriundas pueden tener mayor incertidumbre que en el caso de conchas y carbones.

Palabras clave: Conchero; Sítio Costeiro; Cronología; Radiocarbono.

INTRODUÇÃO

Sambaquis são provavelmente os sítios arqueológicos mais intensamente estudados no Brasil, tanto no âmbito da Arqueologia como por pesquisadores de outras disciplinas interessados em temas diversos, como variações do nível do mar (e.g. MARTIN *et al.*, 1984), radiocronologia (e.g. MENDONÇA & GODOY, 2004; ANGULO *et al.*, 2007; MACARIO & ALVES, 2018), biodiversidade da fauna e da flora (e.g. RODRIGUES *et al.*, 2016; COE *et al.*, 2017), geoquímica (e.g. BERTUCCI *et al.*, 2018), musealização (e.g. TAGLIOLATTO *et al.*, 2015), entre outros. Questões relativas à cronologia dos sítios se revestem da maior importância para a contextualização desses estudos e para a compreensão de povos que ocuparam o litoral desse território desde pelo menos cerca de 8000 até cerca de 1000 anos antes do presente (GASPAR, 1996; LIMA *et al.*, 2002).

Por um lado, a complexa e imbricada estratigrafia desses sítios é um fator importante a considerar para a interpretação de suas cronologias (cf. GASPAR *et al.*, 2013). Por outro, é relevante considerar o material que está sendo datado. A virtual ubiquidade de conchas, carvões e ossos humanos em sambaquis e em outros sítios costeiros resultou no fato de que datações vêm sendo feitas sobre esses elementos indistintamente, sendo que frequentemente os resultados são diretamente comparados entre si sem nenhuma correção. Muitas vezes, inclusive, as datas são publicadas sem menção ao material datado, o que dificulta seriamente a interpretação dos dados. No entanto a comparabilidade entre datas diferentes depende da calibração, e para isso é imprescindível conhecer o material datado.

Se a importância de calibrar as datas radiocarbono decerto já é largamente reconhecida, ainda assim muitas dúvidas e incertezas relativas à prática da calibração subsistem no seio da comunidade arqueológica. A presente nota se propõe a discutir sucintamente aspectos relacionados à calibração de datas em sambaquis e sítios litorâneos, a partir de algumas considerações teóricas e de um estudo de caso considerando um conjunto de datações do sambaqui de Cabeçuda (Laguna, SC).

DATAÇÃO RADIOCARBONO E CALIBRAÇÃO

Desde o seu aparecimento, no final da década de 1940 (LIBBY *et al.*, 1949), a datação por radiocarbono se firmou como o principal método para o estabelecimento de cronologias arqueológicas. Ao longo das décadas, foram identificados diversos fatores de distorção envolvendo a técnica de datação e suas premissas originais, mas também se desenvolveram fatores de correção e aprimoramentos que fazem com que esse método permaneça sendo reconhecido como um dos mais úteis e confiáveis existente (cf. SCHEEL-YBERT, 1999; MACARIO & ALVES, 2018). Detalhes sobre os fundamentos do método e seu histórico, que não cabem aqui, podem ser encontrados na literatura especializada (cf. STUIVER & BRAZIUNAS, 1993; BRADLEY, 1999; WALKER & WALKER, 2005; RAMSEY *et al.*, 2006; MACARIO & ALVES, 2018).

Uma datação radiocarbono, seja ela obtida pelo método convencional ou por AMS, representa o resultado estatístico da medida da quantidade de carbono-14 residual da amostra, já corrigida pelo fracionamento isotópico (SCHEEL-YBERT, 1999). As idades de radiocarbono convencionais (as fornecidas pelos laboratórios) muitas vezes se aproximam dos valores reais de idade das amostras, mas diversos fatores contribuem para que possa haver uma discrepância entre ambas (MACARIO & ALVES, 2018) – desde a variação temporal na taxa de produção de carbono 14 na alta atmosfera até as diferenças de concentração de carbono 14 nos diferentes reservatórios (atmosfera, biosfera, hidrosfera, geosfera). Por isso, a calibração é fundamental.

Calibrar uma data consiste em transformar a informação estatística (medida do carbono-14 residual) em um dado cronológico o mais confiável possível. Para isso, basta

a simples interceptação da informação de data fornecida pelo laboratório com a curva de calibração adequada, o que gera um intervalo de tempo com um dado grau de confiabilidade (MACARIO & ALVES, 2018). Naturalmente, dado o enorme volume de dados e a complexidade das curvas com que se tem que lidar, esse processo é feito com muito mais eficiência em ambiente computacional – sendo os principais programas disponíveis o CALIB (STUIVER & REIMER, 1986; STUIVER *et al.*, 2019) e o OXCAL (BRONK RAMSEY, 1995, 2019)¹. É importante ter em mente que o intervalo de calibração raramente compreende uma distribuição de probabilidade simétrica, muitas vezes sendo até descontínua, e, por isso, não se recomenda sua representação por um valor médio e um desvio padrão, e tampouco o uso do valor central do intervalo (MACARIO & ALVES, 2018).

Já faz alguns anos que os laboratórios de datações informam as datas calibradas juntamente com seus resultados. No entanto até muito recentemente essas calibrações eram feitas de forma padronizada, utilizando indistintamente a curva IntCal, desenvolvida especificamente para amostras não marinhas de latitudes temperadas do Hemisfério Norte (STUIVER *et al.*, 1998; REIMER *et al.*, 2013) e, em consequência, inapropriada para a maioria dos sítios sul-americanos. Antes de interpretar as datas, portanto, é fundamental verificar se a calibração foi feita da forma mais adequada, sob pena de possíveis erros de interpretação.

Em contexto sul-americano, englobando a maior parte do Brasil e da América do Sul, deve ser aplicada a curva SHCal, desenvolvida para amostras não marinhas do Hemisfério Sul (MCCORMAC *et al.*, 2004; HOGG *et al.*, 2013), a qual leva em consideração o fato da atmosfera desse Hemisfério ser empobrecida em carbono-14 em relação ao Hemisfério Norte. Este empobrecimento, devido a uma homogeneização incompleta no conteúdo atmosférico, resulta em uma diferença de cerca de 40 anos nas datas calculadas para cada um dos dois hemisférios (STUIVER & BRAZIUNAS, 1993).

Deve-se considerar, no entanto, que a distinção entre hemisférios não coincide geograficamente com a linha do Equador, mas sim com a Zona de Convergência Intertropical (ITCZ). Esta consiste em um “cinturão de vento” em torno do planeta, correspondendo a uma confluência dos ventos alísios, que afeta uma série de características atmosféricas e oceânicas marcantes e se desloca para norte e para sul da linha do Equador ao longo do ano. A mudança estacional no ITCZ implica em que essa zona receba CO² atmosférico do Hemisfério Norte, em uma parte do ano, e do Hemisfério Sul na outra parte. Migrações do ITCZ, implicando em mudanças no padrão e amplitude desse fenômeno no passado, podem ter sido vetores de mudanças climáticas a nível global e regional em escala secular e milenar (WANG *et al.*, 2007), e consequentemente afetaram também o conteúdo atmosférico em carbono-14, trazendo um complicador adicional para o estabelecimento de cronologias em áreas sob esta influência (MCCORMAC *et al.*, 2004; HOGG *et al.*, 2013). Para contornar esse problema, Marsh *et al.* (2018) propõem que a calibração de datas em áreas sob influência do ITCZ

¹ Existem outros programas menos utilizados. Destaco, em particular, o CalPal (DANZEGLOCKE, 2019), que tem se tornado bastante popular, pois aparenta ser de utilização mais simples do que os dois mencionados. Esse sistema, que se apresenta como “uma revolução arqueológica”, não se baseia nas curvas IntCal e outras relacionadas (que foram produzidas através de uma combinação de métodos que associam anéis de crescimento/dendrocronologia a outros indicadores cronológicos de várias partes do mundo), mas sim em uma curva construída a partir do método “estratigráfico”, este baseado em registros paleoecológicos obtidos a partir de testemunhos de sedimentos varvares coletados no hemisfério Norte (VAN ANDEL, 2005). Embora possa ser muito apropriado para a calibração de datas desse hemisfério, ele não leva em consideração as particularidades do Hemisfério Sul nem oferece a possibilidade de corrigir pelo efeito reservatório, que, como se verá a seguir, são de extrema importância em certos contextos. Além disso, o CalPal apresenta outros problemas, a começar pelo fato de que os resultados das calibrações são apresentados apenas com 68% de probabilidade (1 sigma), pelo menos em sua versão online. Esse programa, portanto, é inteiramente inapropriado para o contexto de sítios costeiros, assim como para a maioria, ou até a totalidade, dos sítios sul-americanos.

seja feita com base em uma curva mista IntCal-SHCal, já que recebem CO₂ (e consequentemente seu conteúdo em carbono-14) dos dois hemisférios.

No Brasil, a zona sob influência do ITCZ inclui o Norte, Centro-Oeste e parte do Nordeste (Amazônia, Caatinga e parte do Cerrado). Ou seja, a curva SHCal se aplica para a calibração de datas da região Sul-Sudeste, litoral atlântico e parte do Nordeste, incluindo assim a maior parte dos sítios costeiros.

No caso de amostras de conchas, os laboratórios geralmente usam a curva apropriada – Marine (REIMER *et al.*, 2013) –, indicada para organismos marinhos sujeitos a efeito reservatório. A padronização adotada, neste caso, consiste em tomar como referência o efeito reservatório “global”, que é uma correção constante de 400 anos já embutida na curva e que representa o valor médio para águas oceânicas superficiais nas latitudes baixas e médias (STUIVER & BRAZIUNAS, 1993). Esse valor global, no entanto, não se aplica indistintamente a todos os casos, e por isso é importante, sempre que possível, refinar o resultado fazendo a calibração com dados do efeito reservatório local. Atualmente já existem diversos estudos de efeito reservatório local aplicado à costa do Brasil, e muitos deles, inclusive, baseados especificamente no material de sambaquis (ANGULO *et al.*, 2005, 2007; ALVES *et al.*, 2015a, 2015b; CARVALHO *et al.*, 2015; MACARIO *et al.*, 2016, 2018).

Além disso, é muito importante considerar que para amostras derivadas de uma mistura de carbono marinho e terrestre, como é o caso de ossos humanos ou animais que em vida tiveram uma dieta mista, a calibração deve ser feita utilizando-se uma curva “mista” Marine e SHCal. Deve-se aplicar sempre que possível o efeito reservatório local e estimar a porcentagem do carbono de origem marinha. Essa estimativa naturalmente pode ser muito complexa e, no caso da maioria dos grupos humanos, geralmente imprecisa.

EFEITO RESERVATÓRIO

O efeito reservatório (R) afeta a datação de organismos marinhos, provocando um envelhecimento aparente nas datas radiocarbono. Ele se deve à baixa taxa de renovação das águas oceânicas em relação à atmosfera, sobretudo para as águas situadas abaixo da termoclina (camada de água do mar com forte gradiente vertical de temperatura, entre a água quente da superfície e a água fria do fundo). Quanto mais profunda a água, mais tempo ela permanece sem ter contato com a atmosfera e, durante esse tempo, seu teor em radiocarbono diminui. Em um organismo marinho atual, o teor de radiocarbono está em equilíbrio com o da água em que ele vive, resultando em datações aparentes geralmente entre 320 e 450 anos, mas que podem ir até 2500 anos quando habita em profundidade. Para a costa sul-sudeste do Brasil, Angulo *et al.* (2005) calcularam um efeito reservatório regional de 408 ± 18 anos, muito próximo ao efeito reservatório global de 405 ± 22 anos (HUGHEN *et al.*, 2004).

As datações “aparentes” de organismos marinhos ou lagunares podem ser corrigidas conhecendo-se a diferença da atividade específica entre o radiocarbono do reservatório (neste caso, o mar ou as lagunas costeiras) e o da atmosfera de cada região (STUIVER & BRAZIUNAS, 1993; BRADLEY, 1999; MACARIO & ALVES, 2018). A confiabilidade das datações radiocarbono calibradas será tanto maior quanto melhor se conhecer o efeito reservatório específico do local onde a amostra foi coletada, pois diversos fatores podem causar variações locais e temporais. Estimativas de efeito reservatório local para diversas partes do mundo podem ser encontradas na “CHRONO Marine Reservoir Database” (2019).

A primeira medida de efeito reservatório local para o Brasil foi feita para o sambaqui Jabuticabeira-II por Eastoe *et al.* (2002), resultando em 220 ± 20 anos (variando entre 97 e

323 anos). Embora o efeito reservatório proposto por Eastoe *et al.* (2002) possa parecer muito baixo e discrepante dos valores globais, sendo criticado por alguns autores (e.g. ANGULO *et al.*, 2005), é muito importante considerar que ele foi estimado especificamente para um sambaqui, considerando, portanto, as espécies lagunares utilizadas por esses grupos na construção dos sítios (nas quais parece lógico que o efeito reservatório seja menor que nos oceanos), e sendo em consequência perfeitamente adaptado à calibração de conchas desse contexto arqueológico.

Desde então, diversos outros trabalhos surgiram (e.g. ANGULO *et al.*, 2005, 2007). Em particular, nos últimos anos, Kita Macario e colaboradores vêm trabalhando intensamente no cálculo do efeito reservatório em diversas partes do litoral brasileiro, privilegiando em suas análises amostras oriundas de sambaquis (ALVES *et al.*, 2015a, 2015b; CARVALHO *et al.*, 2015; MACARIO *et al.*, 2016, 2018).

A utilização de efeitos reservatórios calculados para ambientes oceânicos deve ser restrita a contextos em que seja demonstrado que os materiais datados sejam de origem marinha (conchas) ou, no caso de ossos, que a alimentação dos indivíduos datados tenha tido um componente predominante de produtos de origem marinha (não lagunar).

DATAÇÃO DE OSSOS HUMANOS

Entretanto, não é apenas nas conchas de sambaquis e de sítios costeiros que se deve considerar o efeito reservatório. A dieta de grupos costeiros é baseada essencialmente em proteínas de origem marinha e/ou lagunar. Consequentemente, os próprios ossos humanos sofrem efeito reservatório, já que são formados em grande parte a partir de alimentos empobrecidos em radiocarbono. Ou seja, uma dieta baseada em peixes e frutos do mar, mais pobre em C14, causa um envelhecimento aparente da data convencional, de modo que as datas calibradas finais tendem a se revelar mais recentes do que a data convencional.

Diversos estudos realizados em sambaquis apontam para a importância da pesca como principal fonte dos recursos proteicos consumidos por essas populações (FIGUTI, 1993; KLOKLER, 2001; DE MASI, 2001). Estudos de padrão de assentamento e zooarqueologia sugerem que a obtenção desses recursos tenha sido feita pelo menos em grande parte em ambientes lagunares (DEBLASIS *et al.*, 2007). Análises isotópicas recentes têm sugerido uma dieta hiperproteica baseada essencialmente em peixes de alto nível trófico e mamíferos marinhos, e desconsideram a possibilidade de que os construtores de sambaquis estivessem consumindo plantas em quantidade significativa (DE MASI, 2001; COLONESE, 2014). Quanto a isso, no entanto, há que se considerar, de um lado, que tais análises isotópicas não foram feitas em apatita e, de outro, que estudos arqueobotânicos vêm apontando para uma importância significativa, ainda que não quantificável, dos recursos vegetais (SCHEEL-YBERT *et al.*, 2003; SCHEEL-YBERT, 2013, 2018; BOYADJIAN *et al.*, 2016).

Como já apontado por Scheel-Ybert *et al.* (2003), as análises isotópicas em sambaquis são feitas a partir do colágeno, o qual reflete predominantemente a contribuição do alimento animal (o colágeno é uma proteína, e se forma principalmente a partir das proteínas ingeridas). Tais análises tendem a superestimar o aporte proteico (consumo de animais marinhos/lagunares) em detrimento do aporte calórico (consumo de plantas), tornando virtualmente invisível a porção vegetal consumida, especialmente no caso de grupos com aporte importante de proteína animal na dieta (AMBROSE *et al.*, 1997; DRUCKER & HENRI-GAMBIER, 2005; KATZEMBERG, 2007), como parece ser o caso dos construtores de sambaquis. Atualmente a maior parte dos autores concorda que apenas análises da apatita refletiriam acuradamente a dieta total (AMBROSE & NORR, 1993; TIEZSEN & FRAGE, 1993; AMBROSE *et al.*, 1997), mas esse elemento

infelizmente tem péssima conservação em sítios conchíferos (Murilo Bastos, com. pessoal).

Disso decorre que não existem estimativas confiáveis da proporção de alimentos de origem terrestre (essencialmente plantas, mas também animais terrestres) e de origem marinha (essencialmente peixes e mamíferos marinhos, mas também moluscos, crustáceos, equinodermos etc.) que compunham a dieta dos construtores de sambaquis. Deve-se sempre ter em mente, no entanto, que o efeito reservatório sofrido pelos ossos humanos será tão mais alto quanto maior for o aporte de proteína animal de origem marinha na alimentação.

ESTUDO DE CASO: CRONOLOGIA DO SAMBAQUI DE CABEÇUDA

O Sambaqui de Cabeçuda se reveste de grande importância no cenário da arqueologia brasileira, por ter sido o primeiro sambaqui sistematicamente estudado e pela relevância dos materiais nele coletados. Estudos recentes ampliaram sua cronologia conhecida e atestaram sua atividade ao longo de milhares de anos, situando esse sambaqui como o mais longevo da região (SCHEEL-YBERT *et al.*, 2019).

Até recentemente, a única data conhecida para o Sambaqui de Cabeçuda situava a ocupação em 4120 ± 220 anos BP, a partir de uma amostra cuja origem e circunstâncias de coleta não são bem conhecidas. Geyh & Schneekloth (1964), responsáveis pelo laboratório de Hannover que realizou a datação, informam que se tratava de uma amostra de carvão coletada em 1960 por Hannfried Putzer, proveniente de “sedimento arenoso com conchas a 2 a 3 metros de profundidade”.

As novas datações realizadas recentemente trouxeram informações mais precisas sobre a cronologia do sítio e expandiram seu período de ocupação (SCHEEL-YBERT *et al.*, 2019; Tabela 1). Elas serão analisadas aqui de acordo com os princípios expostos nas seções anteriores deste texto.

Todas as datas foram calibradas através do programa OxCal, utilizando para a amostra de carvão a curva SHCal13 (HOGG *et al.*, 2013), para conchas a curva Marine13 (REIMER *et al.*, 2013) e para ossos humanos uma curva de calibração “mista” SHCal13 e Marine13, conforme indicado para amostras derivadas de uma mistura de carbono marinho e terrestre, como é o caso de humanos com uma dieta mista (MOLTO *et al.* 1997). As datações de conchas e ossos foram feitas considerando-se o efeito reservatório local calculado por Eastoe *et al.* (2002) para o sambaqui Jabuticabeira-II, de 220 ± 20 anos. Para a calibração de ossos humanos, optou-se por uma estimativa conservadora do aporte de alimentos de origem marinha e não marinha, de 50% para cada fração – aproximação que propomos aqui visando minimizar o erro decorrente da subestimativa ou superestimativa de cada grupo alimentar.

Todos os resultados são apresentados com 2 sigma de intervalo de confiança (95,4% de confiabilidade) (Tabela 1, Figura 1).

Tabela 1 - Cronologia do Sambaqui de Cabeçuda, comparando as calibrações fornecidas pelos laboratórios e as calibrações realizadas com as curvas apropriadas.

Data convencional	Data calibrada (laboratório)	Data calibrada (Oxcal)	Material	Proveniência	Code lab.
1800 ± 40 BP	1830-1620 cal BP ¹	1707-1526 cal BP ³	osso humano	Coleção S. Cabeçuda, MN/UFRJ, n°1749	Beta 297833
1990 ± 30 BP	2000-1880 cal BP ¹	1909-1740 cal BP ³	osso humano	Coleção S. Cabeçuda, MN/UFRJ, n°1750	Beta 297832
2030 ± 30 BP	2050-1920 cal BP ¹	1983-1809 cal BP ³	osso humano	Coleção S. Cabeçuda, MN/UFRJ, n°1682	Beta 297831

2290 ± 30 BP	2350-2200 cal BP ¹	2306-2115 cal BP ³	osso humano	Coleção S. Cabeçada, MN/UFRJ, n°1798	Beta 297834
3640 ± 50 BP	3670-3420 cal BP ²	3919-3615 cal BP ⁴	Anomalocardia	Locus 5, sondagem 2010, topo, 25-30cm	Beta 280005
4020 ± 50 BP	4170-3890 cal BP ²	4433-4120 cal BP ⁴	Anomalocardia	Locus 3, Perfil 1, topo	Beta 280007
3870 ± 40 BP	4420-4150 cal BP ¹	4285-3994 cal BP ³	osso humano	Locus 1, Perfil 1, cam. 6, sep. 6, NP 91	Beta 280009
4180 ± 60 BP	4410-4080 cal BP ²	4768-4329 cal BP ⁴	Anomalocardia	Locus 5, Perfil 1 (base do sítio)	Beta 280006
4180 ± 60 BP	4410-4080 cal BP ²	4768-4329 cal BP ⁴	Anomalocardia	Locus 3, Perfil 1, base	Beta 280008
4120 ± 220 BP	- - -	5283-3980 cal BP ⁵	carvão	Putzer, 1960*	Hannover167

1 - Base de dados utilizada: IntCal04; Banco de dados de calibração: IntCal04 (Beta Analytic Inc.).

2 - Base de dados utilizada: Marine04; Banco de dados de calibração: IntCal04 (correção local para o efeito reservatório não aplicada) (Beta Analytic Inc.).

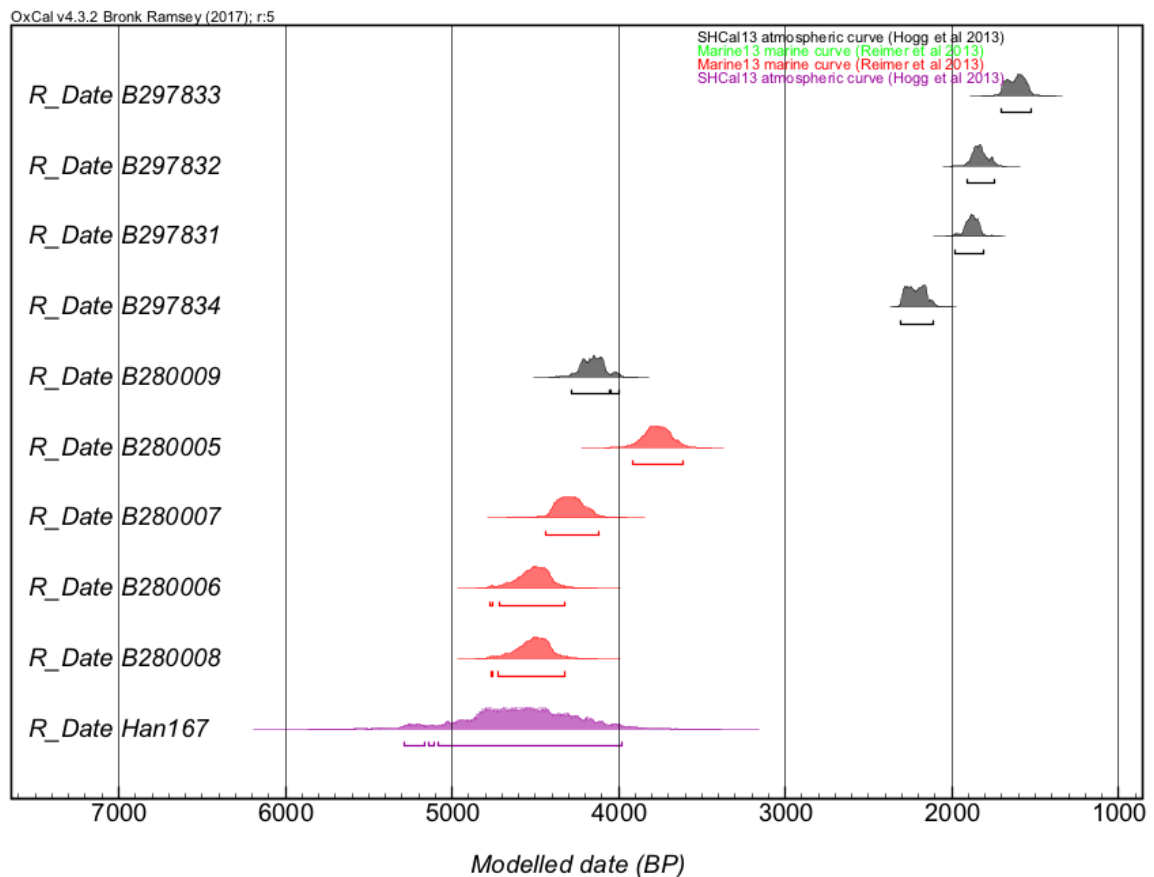
3 - Base de dados utilizada: Mixed marine & SH atmosphere (Marine13 / SHcal13 – 50%); Banco de dados de calibração: Marine/So.Hemisphere (Hogg *et al.* 2013); R = 220±20 BP (Eastoe *et al.*, 2002).

4 - Base de dados utilizada: Marine13; Banco de dados de calibração: marine13.14c (Reimer *et al.* 2013); R = 220±20 BP (Eastoe *et al.*, 2002).

5 - Base de dados utilizada: SHcal13; Banco de dados de calibração: shcal13.14c (Hogg *et al.* 2013)

* Amostra coletada por Putzer, contemporânea às escavações de Castro Faria (1959) - “nível 2-3 metros” (GEYH & SCHNEEKLOTH, 1964).

Figura 1 - Gráfico gerado a partir do programa OxCal mostrando a Cronologia do Sambaqui de Cabeçada. Em cinza, as datações obtidas sobre ossos humanos; em vermelho, datações sobre conchas; em magenta, datação sobre carvão. Os dados referentes a cada calibração se encontram detalhados na Tabela 1.



A data obtida a partir de carvão na época da escavação de Castro Faria levanta alguns problemas. Primeiro, pelo fato dessa data não ter sido corrigida no laboratório pelo fracionamento isotópico. Ou seja, ela corresponde a uma “idade medida” (mensuração da quantidade de carbono-14 residual da amostra), enquanto todas as outras aqui apresentadas consistem no que se chama de “idade convencional” (idade medida corrigida pelo fracionamento isotópico). A correção pelo fracionamento isotópico começou a ser adotada a partir da metade da década de 1970, quando os especialistas perceberam que havia uma variação nos teores relativos de carbono-14 em diferentes materiais que poderia conduzir a erros de datação. Essa correção visa normalizar os resultados das datações, compensando a flutuação nas razões entre isótopos de carbono nos diferentes materiais, resultado de processos bioquímicos e geoquímicos naturais. Estes últimos incluem a incorporação diferencial dos isótopos pelas plantas (devido a seus diferentes ciclos fotossintéticos), sua concentração diferencial nos animais de acordo com a posição na cadeia trófica e fatores ligados à transferência do carbono entre os diferentes reservatórios. A correção do fracionamento se faz a partir do teor de carbono-13 da amostra (pois a fixação do ^{13}C e do ^{14}C é proporcional), aplicando-se um fator multiplicativo obtido a partir da medida da razão dos isótopos estáveis (cf. STUIVER & REIMER, 1993; BRADLEY, 1999; SCHEEL-YBERT, 1999; MACARIO & ALVES, 2018). Por padrão, todas as datas são corrigidas de acordo com o valor médio de $\delta^{13}\text{C}$ na madeira (25‰).

Como a datação supracitada foi feita sobre carvão, temos que a diferença relativa entre essa amostra em particular e o padrão de referência pode ser da ordem de uma dezena até no máximo duas centenas de anos. Na impossibilidade de se conhecer o valor exato dessa diferença e assim normalizar a datação gerando uma data convencional, o exercício de calibração realizado permanece meramente especulativo.

Segundo, deve-se considerar a grande margem de erro dessa datação (220 anos). Margens de erro elevadas eram comuns naquela época, quando os métodos de medição ainda não tinham sido bem aprimorados. No entanto, elas significam que o grau de incerteza quanto à verdadeira idade da amostra é muito alto. Pela calibração feita, essa data pode corresponder a qualquer idade entre 5281 e 3972 anos BP, mas, devido à incerteza quanto à amplitude da diferença entre a idade medida e a idade convencional, esse intervalo pode ser até muito maior.

Partindo desse resultado, as curvas de probabilidade geradas pelo OxCal sugerem que é bastante provável que essa datação seja contemporânea às datas de “base” do sítio de 4766-4325 anos BP (Figura 1), o que parece contraditório com a informação de que a amostra teria sido coletada a “2-3 m de profundidade”. Seria legítimo questionar a partir de que superfície foi estimada essa profundidade, na medida em que a data não é proveniente do material escavado por Castro Faria. Pode-se supor então que essa amostra tenha sido coletada numa área marginal do sítio, onde a “base” estivesse a 2-3 m da superfície – o que é coerente com a prática, bastante comum na época, de buscar sempre a datação das partes supostamente mais antigas dos sítios. Caso assim seja, isso tenderia a corroborar a hipótese de que diferentes áreas do sítio teriam sido inauguradas concomitantemente, conforme proposto por Scheel-Ybert *et al.* (2019).

Todas as demais datas apresentadas consistem em idades convencionais, i.e., corrigidas pelo fracionamento isotópico. As calibrações realizadas, portanto, são as mais confiáveis e indicam o intervalo de tempo mais preciso que se pode obter considerando o conhecimento atual. Observe-se que as calibrações aqui apresentadas diferem das informadas nos resultados de datação (Tabela 1), o que, como já se viu, é devido ao fato dos laboratórios frequentemente utilizarem curvas de calibração padronizadas e não adaptadas a cada contexto específico. É bem conhecido que o efeito reservatório marinho

provoca um envelhecimento aparente das datas convencionais obtidas a partir de conchas. Dependendo do período datado, no entanto, e fazendo a calibração com o uso de um efeito reservatório local e da curva adaptada ao hemisfério sul, as datas calibradas finais podem se revelar mais ou menos recentes do que a data convencional.

Considerando-se, a partir dessa perspectiva, as datações obtidas para o Sambaqui de Cabeçuda, tem-se então que com a calibração apropriada, as datas obtidas a partir de ossos da coleção Castro Faria se revelam mais recentes do que aparentam (de acordo com o esperado, já que a dieta marinha “envelhece” a data convencional), situando-se entre cerca de 2300 e 1500 anos BP, ao passo que as datas obtidas a partir de escavação mais recente, tanto a partir de ossos quanto de conchas, se revelam mais antigas e se situam entre cerca de 4700 e 3600 anos BP. Embora este último resultado seja a princípio inesperado, ele decorre das variações de carbono-14 na atmosfera em torno de 4000 anos atrás e só reforça a importância de se realizar a calibração.

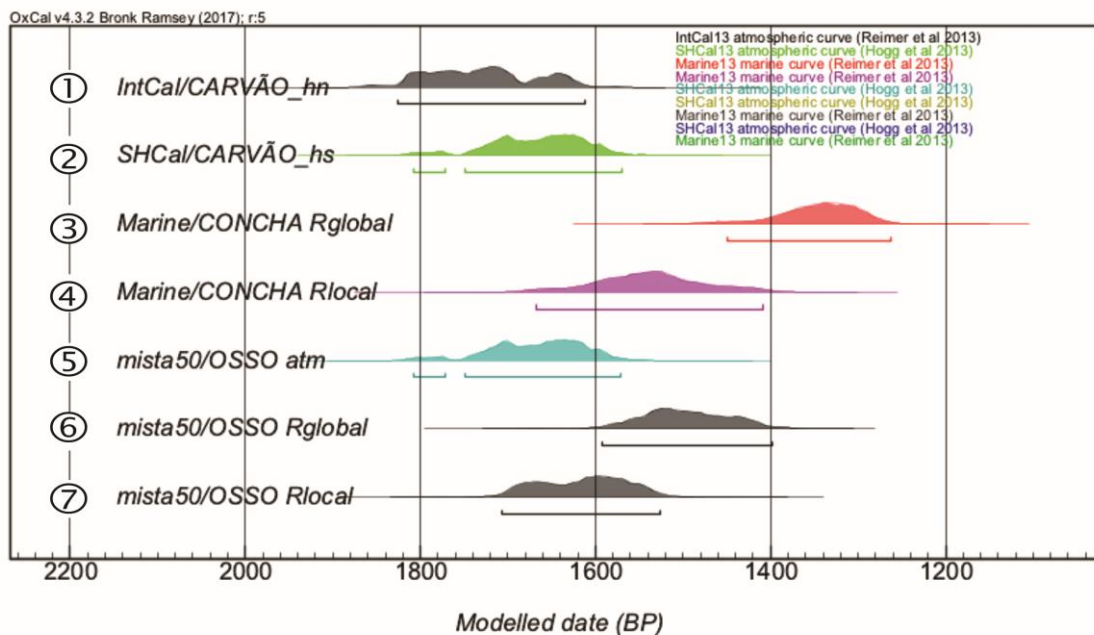
DEMONSTRANDO A IMPORTÂNCIA DA CALIBRAÇÃO

Um exercício de calibração realizado com uma das datas obtidas para o sambaqui de Cabeçuda visa demonstrar a incomparabilidade entre datas radiocarbônicas não calibradas obtidas a partir de materiais distintos. Para isso, a data de 1800 ± 40 BP foi hipoteticamente calibrada com curvas diferentes, simulando a existência de diversas datas aparentemente contemporâneas, mas obtidas a partir de diferentes materiais (carvão, concha, osso) (Tabela 2, Figura 2).

Tabela 2 - Exercício hipotético de calibração de uma data arbitrária considerando diferentes materiais e diferentes origens.

# data	Data convencional	Material (hipotético)	Simulação	Curva utilizada	Data calibrada
1	1800 ± 40 BP	carvão	carvão “hemisfério norte”	IntCal	1857-1612 cal BP
2	1800 ± 40 BP	carvão	carvão “hemisfério sul”	SHCal	1807-1571 cal BP
3	1800 ± 40 BP	concha	concha de alto mar	SHCal (ΔR global)	1444-1264 cal BP
4	1800 ± 40 BP	concha	concha lagunar	SHCal (ΔR local)	1667-1408 cal BP
5	1800 ± 40 BP	osso humano	humano - dieta terrestre	SHCal (dieta terrestre)	1807-1571 cal BP
6	1800 ± 40 BP	osso humano	humano - dieta mista terrestre / alto mar	SHCal (dieta mista 50/50, (ΔR global))	1592-1400 cal BP
7	1800 ± 40 BP	osso humano	humano - dieta mista terrestre / lagunar	SHCal (dieta mista 50/50, (ΔR local))	1707-1526 cal BP

Figura 2 - Gráfico gerado a partir do programa OxCal comparando os resultados de calibrações hipotéticas pressupondo diferentes materiais e diferentes origens. Os dados referentes a cada calibração se encontram detalhados na Tabela 2.



Embora em alguns casos a diferença seja realmente pequena (p.ex. carvão “hemisfério norte” ou “hemisfério sul”, simulando a calibração de carvão fornecida pelo laboratório ou a calibração realizada com a curva adequada), em outros a variação é muito significativa. O que se percebe é que, em sítios costeiros, datas convencionais (não calibradas) obtidas a partir de materiais distintos são absolutamente incomparáveis. Assim, duas datas de cerca de 1800 anos BP não calibradas, obtidas a partir de conchas ou de carvão, podem corresponder a cronologias que na verdade têm até 1000 anos de intervalo. Ossos humanos, quando calibrados levando-se em conta um possível efeito reservatório, revelam-se de fato bem mais recentes do que o aparentado.

Por um lado, esse exercício demonstra a importância de se considerar o material datado e fazer a calibração adequada. Por outro, ele demonstra que a datação de ossos humanos, embora seja usualmente considerada a mais precisa para datação de eventos ocorridos nos sambaquis, é possivelmente a mais questionável. Isso decorre da incerteza inerente à quantificação das diferentes frações da dieta de povos litorâneos, em particular dos sambaquieiros, na medida em que é impossível saber, a partir dos vestígios arqueológicos existentes, qual foi a real proporção, na dieta passada, do consumo de plantas, animais terrestres, animais lagunares e animais de alto-mar.

Cabe ressaltar, que a datação de conchas também envolve uma dose de incerteza, esta atrelada aos valores reais do efeito reservatório local (o qual, por sua vez, afeta também a datação de ossos humanos). Sendo assim, é possível dizer que o material mais confiável para datação segue sendo o carvão, conforme já proposto por Scheel-Ybert (1999) para o âmbito dos sambaquis, contanto que sua associação com o contexto que se pretende datar possa ser claramente estabelecida.

CONCLUSÃO

As considerações aqui apresentadas ressaltam a importância de se realizar calibrações adequadas para as datações radiocarbônicas obtidas a partir de material de sítios

costeiros, reiterando a relevância de se utilizar curvas de calibração apropriadas e dados de efeito reservatório locais.

Destaque especial é dado à datação de ossos humanos, visto que o tipo de alimentação de grupos passados pode influir no resultado das datações. A pesca é indiscutivelmente reconhecida como principal fonte dos recursos proteicos consumidos pelos construtores de sambaquis, ainda que os recursos vegetais possam ter tido importância significativa em sua alimentação (cf. SCHEEL-YBERT, 2018). A proporção, na dieta desses grupos, entre recursos vegetais, peixes e outros animais lagunares, peixes e outros animais marinhos, e inclusive animais terrestres, não é quantificável, o que gera inevitavelmente uma incerteza quanto aos resultados da calibração – reiterando-se que o efeito reservatório sofrido pelos ossos humanos será tão mais alto quanto maior for o aporte de proteína animal de origem marinha na dieta. Em consequência, a datação de ossos humanos em sambaquis deve ser sempre considerada com cautela.

Em suma, o carvão (proveniente de matéria orgânica terrestre e portanto não sujeito ao efeito reservatório) permanece sendo o material mais confiável para datação – desde que, naturalmente, seu contexto de coleta seja bem estabelecido e represente com segurança o evento que se pretende datar.

O corolário do que foi discutido acima é que é de fundamental importância atentar para a comparabilidade entre datas obtidas a partir de diferentes materiais. Datas não calibradas provenientes de conchas, carvões e ossos humanos não podem ser diretamente comparadas sob pena de vislumbrar sincronia em eventos diacrônicos – ou vice-versa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Paulo DeBlasis (MAE/USP) e Claudia Rodrigues-Carvalho (MN/UFRJ) pela obtenção das datas mencionadas e a dois pareceristas anônimos pela importante contribuição para o aprimoramento deste texto. Os dados aqui discutidos foram obtidos no quadro de projetos financiados pelo CNPq, CAPES, FAPERJ e FAPESP. R. Scheel-Ybert é Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq e Cientista do Nosso Estado pela FAPERJ.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, E.; MACARIO, K.; SOUZA, R.; AGUILERA, O.; GOULART, A.C.; SCHEEL-YBERT, R.; BACHELET, C.; CARVALHO, C.; OLIVEIRA, F. & DOUKA, K. 2015a. Marine reservoir corrections on the southeastern coast of Brazil: paired samples from the Saquarema shellmound. *Radiocarbon* 57(4): 517-525. https://doi.org/10.2458/azu_rc.57.18404
- ALVES, E.; MACARIO, K.; SOUZA, R.; PIMENTA, A.; DOUKA, K.; OLIVEIRA, F.; CHANCA, I. & ANGULO, R. 2015b. Radiocarbon reservoir corrections on the Brazilian coast from pre-bomb marine shells. *Quaternary Geochronology* 29: 30-35. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2015.05.006>
- AMBROSE S. H. & NORR L. 1993. Experimental Evidence for the Relationship of the Carbon Isotope Ratios of Whole Diet and Dietary Protein to Those of Bone Collagen and Carbonate. In: LAMBERT, J.B. & GRUPE, G. (eds), *Prehistoric Human Bone: Archaeology at the Molecular Level*. Berlin, Heidelberg, Springer, pp. 1-37.
- AMBROSE, S. H.; BUTLER, B.M.; HANSON, D.B.; HUNTER-ANDERSON, R.L. & KRUEGER, H.W. 1997. Stable isotopic analysis of human diet in the Marianas Archipelago, Western Pacific. *American Journal of Physical Anthropology* 104(3): 343-361. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-8644\(199711\)104:3<343::AID-AJPA5>3.0.CO;2-W](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-8644(199711)104:3<343::AID-AJPA5>3.0.CO;2-W)
- ANGULO, R. J.; SOUZA, M.C.; REIMER, P.J. & SASAOKA, S.K. 2005. Reservoir effect of the southern and southeastern Brazilian coast. *Radiocarbon* 47(1): 67-73. <https://doi.org/10.1017/S0033822200052206>
- ANGULO, R. J.; REIMER, P.J.; SOUZA, M.C.; SCHEEL-YBERT, R.; TENÓRIO, M.C.; DISARÓ, S.T. & GASPAR, M.D. 2007. A tentative determination of upwelling influence on the paleo-surficial marine water reservoir effect in southeastern Brazil. *Radiocarbon* 49(3): 1255-1259. <https://doi.org/10.1017/S0033822200043162>
- BERTUCCI, T.; AGUILERA, O.; VASCONCELOS, C.; NASCIMENTO, G.; MARQUES, G.; MACARIO, K.; ALBUQUERQUE, C.Q.; LIMA, T. & BELÉM, A. 2018. Late Holocene palaeotemperatures and palaeoenvironments in the Southeastern Brazilian coast inferred from otolith geochemistry. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 503: 40-50. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2018.04.030>
- BOYADJIAN, C. H. C.; EGGERS, S.; REINHARD, K.J.; SCHEEL-YBERT, R. 2016. Dieta no Sambaqui Jabuticabeira-II (SC): Consumo de plantas revelado por microvestígios provenientes de cálculo dentário *Cadernos do LEPAARQ (UFPEL)* 13: 131-161. <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/lepaarq/article/view/7395>
- BRADLEY, R. S. 1999. *Paleoclimatology: reconstructing climates of the Quaternary*. Elsevier.
- BRONK RAMSEY, C. 1995. Radiocarbon Calibration and Analysis of Stratigraphy: The OxCal Program. *Radiocarbon* 37(2): 425-430. <https://doi.org/10.1017/S0033822200030903>
- BRONK RAMSEY, C. 2019. *OxCal 4.3* [programa WWW]. In: <https://c14.arch.ox.ac.uk/>, acessado em 03-06-2019.
- CARVALHO, C.; MACARIO, K.; OLIVEIRA, M.I.; OLIVEIRA, F.; CHANCA, I.; ALVES, E.; SOUZA, R.; AGUILERA, O. & DOUKA, K. 2015. Potential use of archaeological snail shells for the calculation of local marine reservoir effect. *Radiocarbon* 57(3): 459-467. https://doi.org/10.2458/azu_rc.57.18365
- CHRONO MARINE RESERVOIR DATABASE. 2019. [programa WWW]. In: <http://calib.org/marine/>, acessado em 03-06-2019
- COE, H. H. G.; SOUZA, R.C.C.L.; DUARTE, M.R.; RICARDO, S.D.F.; MACHADO, D.O.B.F.; MACARIO, K.C.D., & SILVA, E.P. 2017. Characterisation of phytoliths from the stratigraphic layers of the Sambaqui da Tarioba (Rio das Ostras, RJ, Brazil). *Flora* 236: 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2017.09.007>

- COLONESE, A. C.; COLLINS, M.; LUCQUIN, A.; EUSTACE, M.; HANCOCK, Y.; PONZONI, R.D.A.R.; MORA, A.; SMITH, C.; DEBLASIS, P.; FIGUTI, L.; WESOLOWSKI, V.; PLENS, C.R.; EGGERS, S.; FARIAS, D.S.E.; GLEDHILL, A. & CRAIG, O.E. 2014. Long-term resilience of Late Holocene coastal subsistence system in southeastern South America. *PloS one* 9(4): e93854. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093854>
- DANZEGLOCKE, U. 2019. *The CalPal Online Radiocarbon Calibration* [programa WWW]. In: <http://www.calpal-online.de>, acessado em 03-06-2019
- DEBLASIS, P.; KNEIP, A.; SCHEEL-YBERT, R.; GIANNINI, P.C. & GASPAR, M.D. 2007. Sambaquis e paisagem: dinâmica natural e arqueologia regional no litoral do sul do Brasil. *Arqueologia suramericana* 3(1): 29-61.
- DE MASI, M. A. N. 2001. Pescadores coletores da costa sul do Brasil. *Pesquisas, sér. Antropologia*, 57: 1-136.
- DRUCKER, D. G. & HENRY-GAMBIER, D. 2005. Determination of the dietary habits of a Magdalenian woman from Saint-Germain-la-Riviere in southwestern France using stable isotopes. *Journal of Human Evolution* 49(1): 19-35. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2005.02.007>
- EASTOE, C. J.; FISH, S.; FISH, P.; GASPAR, M.D. & LONG, A. 2002. Reservoir corrections for marine samples from the south Atlantic coast, Santa Catarina State, Brazil. *Radiocarbon* 44(1): 145-148. <https://doi.org/10.1017/S0033822200064742>
- FIGUTI, L. 1993. O homem pré-histórico, o molusco e os sambaquis: considerações sobre a subsistência dos povos sambaquieiros. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, São Paulo, 3: 67-80. <https://www.revistas.usp.br/revmae/issue/download/8295/540#page=76>
- GASPAR, M. D. 1996. Análises das datações radiocarbônicas dos sítios de pescadores, coletores e caçadores. *Boletim do Museu Paranaense Emilio Goeldi, sér. Ciências da Terra*, 8: 81-91.
- GASPAR, M.; KLOKLER, D. & BIANCHINI, G.F. 2013. Arqueologia estratégica: abordagens para o estudo da totalidade e construção de sítios monticulares. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi, Cienc. Hum.*, 8(3): 517-533. <https://www.redalyc.org/pdf/3940/394035001003.pdf>
- GEYH, M.A. & SCHNEEKLOTH, H. 1964. Hannover Radiocarbon Measurements III. *Radiocarbon* 6: 251-268. <https://doi.org/10.1017/S0033822200010729>
- HOGG, A.G.; HUA, Q.; BLACKWELL, P.G.; NIU, M.; BUCK, C.E.; GUILDERTSON, T.P.; HEATON, T.J.; PALMER, J.G.; REIMER, P.J.; REIMER, R.W. & TURNEY, C.S. 2013. SHCal13 Southern Hemisphere calibration, 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon* 55(4): 1889-1903. https://doi.org/10.2458/azu_js_rc.55.16783
- HUGHEN, K. A.; BAILLIE, M.G.; BARD, E.; BECK, J.W.; BERTRAND, C.J.; BLACKWELL, P.G.; BUCK, C.E.; BURR, G.S.; CUTLER, K.B.; DAMON, P.E.; EDWARDS, R.L.; FAIRBANKS, R.G.; FRIEDRICH, M.; GUILDERTSON, T.P.; KROMER, B.; MCCORMAC, G.; MANNING, S.; BRONK RAMSEY, C.; REIMER, P.J.; REIMER, R.W.; REMMELE, S.; SOUTHON, J.R.; STUIVER, M.; TALAMO, S.; TAYLOR, F.W.; VAN DER PLICHT, J. & WEYHENMEYER, C.E. 2004. Marine04 marine radiocarbon age calibration, 0–26 cal kyr BP. *Radiocarbon* 46(3): 1059-1086. <https://doi.org/10.1017/S0033822200033002>
- KATZENBERG, M. A. 2007. Stable isotope analysis: a tool for studying past diet, demography, and life history. In: KATZENBERG, M.A. & SAUNDERS, S.R. (eds), *Biological anthropology of the human skeleton*, John Wiley & Sons, pp. 411-441.
- KLOKLER, D.M. 2001. Construindo ou deixando um sambaqui? Análise de sedimentos de um sambaqui do litoral meridional brasileiro – processos formativos, região de Laguna, SC. 2000. *Dissertação de Mestrado*, São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Arqueologia do MAE/USP, Universidade de São Paulo.
- LIBBY, W.; ANDERSON, E. & ARNOLD, J. 1949. Age determination by radiocarbon content: world-wide assay of natural radiocarbon. *Science* 109: 227-228.

- LIMA, T. A.; MACARIO, K.D.; ANJOS, R.M.; GOMES, P.R.S.; COIMBRA, M.M. & ELMORE, D. 2002. The Antiquity of the Prehistoric Settlement of the Central-South Brazilian Coast. *Radiocarbon* 44: 733-738. <https://doi.org/10.1017/S0033822200032185>
- MACARIO, K. & ALVES, E.Q. 2018. Efeito de reservatório marinho na costa do Brasil. *Quaternary and Environmental Geosciences* 9(1): 11-17. <https://revistas.ufpr.br/abequa/article/view/53210>
- MACARIO, K. D.; ALVES, E.Q.; CHANCA, I.S.; OLIVEIRA, F.M.; CARVALHO, C.; SOUZA, R.; AGUILERA, O.; TENÓRIO, M.C.; RAPAGNÃD, L.C.; DOUKA, K. & SILVA, E. 2016. The Usiminas shellmound on the Cabo Frio Island: marine reservoir effect in an upwelling region on the coast of Brazil. *Quaternary Geochronology* 35: 36-42. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2016.05.003>
- MACARIO, K. D.; ALVES, E.Q.; BELÉM, A.L.; AGUILERA, O.; BERTUCCI, T.; TENÓRIO, M.C.; OLIVEIRA, F.M.; CHANCA, I.S.; CARVALHO, C.; SOUZA, R.; SCHEEL-YBERT, R.; NASCIMENTO, G.S.; DIAS, F. & CAON, J. 2018. The marine reservoir effect on the coast of Rio de Janeiro: deriving ΔR values from fish otoliths and mollusk shells. *Radiocarbon* 60(4): 1151-1168. <https://doi.org/10.1017/RDC.2018.23>
- MARSH, E.J.; BRUNO, M.C.; FRITZ, S.C.; BAKER, P.; CAPRILES, J.M. & HASTORF, C.A. 2018. IntCal, SHCal, or a Mixed Curve? Choosing a ^{14}C Calibration Curve for Archaeological and Paleoenvironmental Records from Tropical South America. *Radiocarbon* 60(3): 925-940.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K. & FLEXOR, J.-M. 1984. Informações adicionais fornecidas pelos sambaquis na reconstrução de paleolinhas de praias quaternárias. *Revista de Pré-História, USP*, 6: 128-147.
- MCCORMAC, G.; HOGG, A.; BLACKWELL, P.; BUCK, C.; HIGHAM, T. & REIMER, P. 2004. SHCal04 Southern Hemisphere calibration, 0–11.0 cal kyr BP. *Radiocarbon* 46(3): 1087-1092. <https://doi.org/10.1017/S0033822200033014>
- MENDONÇA, M. L. T. G. & GODOY, J.M. 2004. Datação radiocarbônica de sítios arqueológicos do tipo sambaqui pela técnica de absorção de CO_2 : uma alternativa à síntese benzênica. *Química Nova* 27(2): 323-325. <http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v27n2/19282.pdf>
- MOLTO, J. E.; STEWART, J.D. & REIMER, P.J. 1997. Problems in radiocarbon dating human remains from arid coastal areas: An example from the Cape Region of Baja California. *American Antiquity* 62(3): 489-507. <https://doi.org/10.2307/282167>
- RAMSEY, C. B.; BUCK, C.E.; MANNING, S.W.; REIMER, P. & VAN DER PLICHT, H. 2006. Developments in radiocarbon calibration for archaeology. *Antiquity* 80(310): 783-798. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00094424>
- REIMER, P. J.; BARD, E.; BAYLISS, A.; BECK, J. W.; BLACKWELL, P. G.; RAMSEY, C. B.; BUCK, C. E.; CHENG, H.; EDWARDS, R. L.; FRIEDRICH, M. & GROOTES, P.M. 2013. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon* 55(4): 1869-1887. https://doi.org/10.2458/azu_js_rc.55.16947
- RODRIGUES, F. B.; DUARTE, M. R.; DE SOUZA, R. C. C. L.; SOARES-GOMES, A. & SILVA, E. P. 2016. Holocene crustaceans from the Tarioba shell mound, Rio das Ostras, Rio de Janeiro, Brazil. *Check List* 12(2): 1865. <http://dx.doi.org/10.15560/12.2.1865>
- SCHEEL-YBERT, R. 1999. Considerações sobre o método de datação pelo carbono-14 e alguns comentários sobre a datação de sambaquis. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia, São Paulo*, 9: 297-301. <http://www.periodicos.usp.br/revmae/article/download/109360/107848>
- SCHEEL-YBERT, R. 2013. Preliminary data on nonwood plant remains at sambaquis from the Southern and Southeastern Brazilian coast: Considerations on diet, ritual, and site particularities. *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano, series especiales*, 1(1): 60-72. <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/cinapl-se/article/view/3958>
- SCHEEL-YBERT, R. 2018. Landscape and Plants Use in Brazilian Shell Mounds. In: SMITH C. (ed), *Encyclopedia of Global Archaeology*. Springer, Cham

- SCHEEL-YBERT, R.; EGGERS, S.; WESOLOWSKI, V.; PETRONILHO, C. C.; BOYADJIAN, C.H.; DEBLASIS, P.; BARBOSA-GUIMARÃES, M. & GASPAR, M. D. 2003. Novas perspectivas na reconstituição do modo de vida dos sambaquieiros: uma abordagem multidisciplinar. *Revista de Arqueologia da SAB* 16: 109-137. <http://periodicos.ufpb.br/index.php/ra/article/view/1460>
- SCHEEL-YBERT, R.; RODRIGUES-CARVALHO, C.; DEBLASIS, P.; GASPAR, M.D. & KLOKLER, D.M. 2019. Mudanças e permanências no Sambaqui de Cabeçuda: das escavações de Castro Faria às questões atuais. Submetido à *Revista de Arqueologia*.
- STUIVER, M. & BRAZIUNAS, T. F. 1993. Modeling atmospheric ^{14}C influences and ^{14}C ages of marine samples to 10,000 BC. *Radiocarbon* 35(1): 137-189. <https://doi.org/10.1017/S0033822200013874>.
- STUIVER, M. & REIMER, P.J. 1986. A computer program for radiocarbon age calibration. *Radiocarbon* 28(2B): 1022-1030. <https://doi.org/10.1017/S0033822200060276>.
- STUIVER, M.; REIMER, P. J.; BARD, E.; BECK, J. W.; BURR, G. S.; HUGHEN, K. A.; KROMER, B.; MCCORMAC, G.; VAN DER PLICHT, J. & SPURK, M. 1998. INTCAL98 radiocarbon age calibration, 24 000-0 cal BP. *Radiocarbon* 40(3): 1041-1083. <https://doi.org/10.1017/S0033822200019123>.
- STUIVER, M.; REIMER, P.J. & REIMER, R.W. 2019. *CALIB 7.1* [programa WWW]. In: <http://calib.org>, acessado em 03-06-2019.
- TAGLIOLATTO, A.B.; PASSOS, A.; MARQUES, G.; PACHECO, I.; RAPAGNÃ, L.; SILVA, M.L. & BERTUCCI, T.C.P. 2015. Sambaquis do Estado do Rio de Janeiro: Musealização como forma de preservação. *Uso Público em Unidades de Conservação* 3(6): 52-64. http://periodicos.uff.br/uso_publico/article/view/28771.
- TIESZEN, L. L. & FAGRE, T. 1993. Effect of diet quality and composition on the isotopic composition of respiratory CO_2 , bone collagen, bioapatite, and soft tissues. In: LAMBERT, J.B. & GRUPE, G. (eds), *Prehistoric Human Bone: Archaeology at the Molecular Level*. Berlin, Heidelberg, Springer, pp. 121-155.
- VAN ANDEL, T.H. 2005. The ownership of time: approved ^{14}C calibration or freedom of choice? *Antiquity* 79(306): 944-948. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00115066>.
- WALKER, M. & WALKER, M.J.C. 2005. *Quaternary dating methods*. John Wiley and Sons.
- WANG, X.; Auler, A.S.; Edwards, R.L.; Cheng, H.; Ito, E.; Wang, Y.; Kong, X. & Solheid M. 2007. Millennial-scale precipitation changes in southern Brazil over the past 90,000 years. *Geophysical Research Letters* 34: L23701. <https://doi.org/10.1029/2007GL031149>.