

CORRECÇÃO DAS DATAS DE RADIOCARBONO DE CONCHAS MARINHAS PROVENIENTES DO ARQUIPÉLAGO DAS CANÁRIAS

RADIOCARBON DATING OF MARINE SHELL SAMPLES. THE MARINE RESERVOIR EFFECT IN CANARY ISLANDS COASTAL WATERS

António M. Monge Soares (1) / Alfredo Mederos Martín (2) / José M. Matos Martins (1)

(1) Laboratório de Radiocarbono, Grupo de Química Analítica e Ambiental, Instituto Tecnológico e Nuclear

(2) Dpto. de Prehistoria y Arqueología, Universidad Autónoma de Madrid

RESUMO: A diferença de idades de ^{14}C entre amostras coevas provenientes de reservatórios geoquímicos diferentes, designadamente conchas marinhas associadas a ossos ou carvões de origem terrestre, recolhidas em contextos arqueológicos nas ilhas de Tenerife e Fuerteventura, apresenta um valor apreciável entre estas duas ilhas. O mesmo acontece no referente ao parâmetro ΔR , uma medida do efeito de reservatório oceânico. Assim, para a ilha de Fuerteventura o valor médio de ΔR é de $+150 \pm 40$ anos ^{14}C , enquanto que para a de Tenerife é de -10 ± 50 anos ^{14}C . Estes valores são consistentes com o sistema hidrodinâmico existente nas Canárias – as ilhas orientais (Fuerteventura e Lanzarote) são afectadas pelo upwelling com origem nas costas do noroeste africano, ao contrário do que acontece nas outras ilhas do arquipélago, nomeadamente na de Tenerife, onde o fenómeno de upwelling é de fraca intensidade ou praticamente inexistente.

Para além do interesse deste estudo sobre o efeito de reservatório oceânico na região das Canárias, tendo por fim um melhor conhecimento da Paleoceanografia e Paleoclimatologia deste arquipélago, os arqueólogos podem, a partir de agora, construir cronologias mais precisas e fiáveis recorrendo à datação pelo radiocarbono de conchas marinhas recolhidas em contextos arqueológicos das Ilhas Canárias.

SUMMARY: Differences in the ^{14}C ages of closely associated marine mollusk shells and terrestrial material (charcoal or bones) collected from archaeological contexts at Tenerife and Fuerteventura Islands show a significant variability between the two islands. For Fuerteventura Island ΔR takes a positive mean value of $+150 \pm 40$ ^{14}C yr, while for Tenerife Island a range of negative values was obtained resulting on a mean value of -10 ± 50 ^{14}C yr.

Positive ΔR values can be correlated with an active upwelling, while negative ΔR values usually correspond to a non-existent upwelling. The ΔR values that have been obtained are consistent with the hydrodynamic system present off Canary Islands. The eastern islands (Fuerteventura and Lanzarote) are affected by the coastal upwelling regime prevailing over the north-western African continental shelf, conversely to what happens off the other islands of the archipelago, namely off Tenerife Island, where the upwelling effect does not prevail.

Besides the importance of this research for a better knowledge of the Palaeoceanography and Palaeoclimatology of the Canary region, archaeologists can from now on set up more accurate and reliable chronologies using radiocarbon dating of marine shell samples collected from Canarian archaeological contexts.

PALAVRAS-CHAVE: Conchas Marinhas, datação por Radiocarbono, efeito de Reservatório Oceânico, upwelling, Arquipélago das Canárias.

KEY WORDS: Marine Shells, radiocarbon dating, marine radiocarbon reservoir effect, upwelling, Canary Islands

I. INTRODUÇÃO

O estabelecimento de cronologias absolutas, tendo por base a datação pelo radiocarbono (^{14}C) de amostras de origem marinha, tem sido relegado para segundo plano comparado com a construção

das mesmas cronologias baseadas em amostras da biosfera terrestre, uma vez que a interpretação das datas obtidas através de amostras de origem marinha é, muitas vezes difícil, devido essencialmente ao desconhecimento das condicionantes hidrodinâmicas da região oceânica em causa.

Se a amostra a datar provem da biosfera terrestre, a sua radioactividade, relativamente ao ^{14}C , espelha a radioactividade da atmosfera contemporânea, a qual é convenientemente representada por uma determinada percentagem da actividade do padrão moderno (ácido oxálico N.B.S.) utilizado em datação pelo ^{14}C . Para amostras provenientes da biosfera marinha já não se pode utilizar aquela percentagem da actividade do padrão moderno, uma vez que os organismos marinhos se formam em equilíbrio com a água do mar, a qual é deficiente em ^{14}C quando comparada com a atmosfera. Essa deficiência em ^{14}C deste reservatório geoquímico do carbono está relacionada com o denominado efeito de reservatório oceânico (ou marinho), o qual varia de região para região. É, por conseguinte, necessário quantificar previamente esse efeito para a região oceânica de onde provém a amostra a datar, a fim de se interpretar correctamente o resultado (data) a obter.

Dada essa deficiência em ^{14}C , qualquer organismo que viva no reservatório oceânico terá uma idade aparente de radiocarbono (R). R é definido como a diferença entre a data convencional de radiocarbono da amostra marinha e a data convencional de uma amostra da biosfera terrestre contemporânea da primeira (Stuiver *et al.* 1986). Esta definição tem implícito que a idade aparente R é passível de ter variado ao longo do tempo (em vez de R deverá usar-se $R(t)$, uma vez que é função do tempo), devido à variabilidade temporal do teor em ^{14}C da atmosfera e, eventualmente, também a modificações ocorridas ao longo do tempo nos parâmetros físicos dos reservatórios oceânico e atmosférico, que influenciaram a taxa de transferência de ^{14}C da atmosfera para aquele reservatório e vice-versa.

Stuiver *et al.* (1986) fizeram uso de um modelo para caracterizarem e quantificarem o sistema de transferência de carbono entre o oceano e a atmosfera e, dado que há variabilidade das condições oceânicas de região para região do globo, variabilidade essa que não é tomada em conta pelo modelo, então haverá que calcular, para a região em estudo, um parâmetro, que denominaram de ΔR , que traduza essa variabilidade. Se se admitir, em primeira aproximação, que a resposta a uma

modificação do sinal atmosférico na região oceânica considerada é paralela à resposta do oceano como um todo, então esse parâmetro ΔR , ao contrário de $R(t)$, será considerado como uma constante (Stuiver *et al.* 1986: 982).

O parâmetro ΔR poderá ser calculado a partir da datação de um par de amostras coevas – da biosfera terrestre e da biosfera marinha – independentemente da sua cronologia: a data convencional de radiocarbono da amostra da biosfera terrestre é convertida, através do modelo, numa data da biosfera marinha, a qual subtraída da data convencional de radiocarbono determinada com a outra amostra constituinte do par (da biosfera marinha) dará o valor de ΔR (Stuiver e Braziunas 1993). O valor de ΔR será, portanto, para uma determinada região oceânica, uma medida do efeito de reservatório ou, por outras palavras, um índice da deficiência em ^{14}C da fracção do reservatório oceânico considerado.

Sublinhe-se que o modelo usado para o sistema de transferência de carbono entre reservatórios e que conduziu ao conceito e cálculo de ΔR utiliza apenas parâmetros de transferência independentes do tempo, pelo que isso implica que se assuma que as condições oceanográficas, nomeadamente na região em causa, não variaram ao longo do tempo de um modo diferente das do oceano considerado como um todo (Stuiver *et al.* 1986). Este postulado pode e tem sido testado comparando valores de ΔR obtidos a partir de pares de amostras colhidas em depósitos geológicos ou, mais vulgarmente, em contextos arqueológicos de diferente cronologia. O trabalho que um de nós tem vindo a desenvolver no Laboratório de Radiocarbono do ITN sobre o efeito de reservatório oceânico na orla costeira oeste-ibérica (Soares 1989, 1993; Soares e Dias 2006a, 2006b, 2007) pôs, pela primeira vez, em causa que, durante o Holocénico, a constância de ΔR seja aplicável para qualquer região, como se julgava.

Um dos fenómenos hidrodinâmicos que contribui para essa variabilidade do ΔR ao longo do tempo é o upwelling costeiro. A existência de upwelling traduz-se numa menor actividade específica do ^{14}C nas regiões afectadas pelo fenómeno,

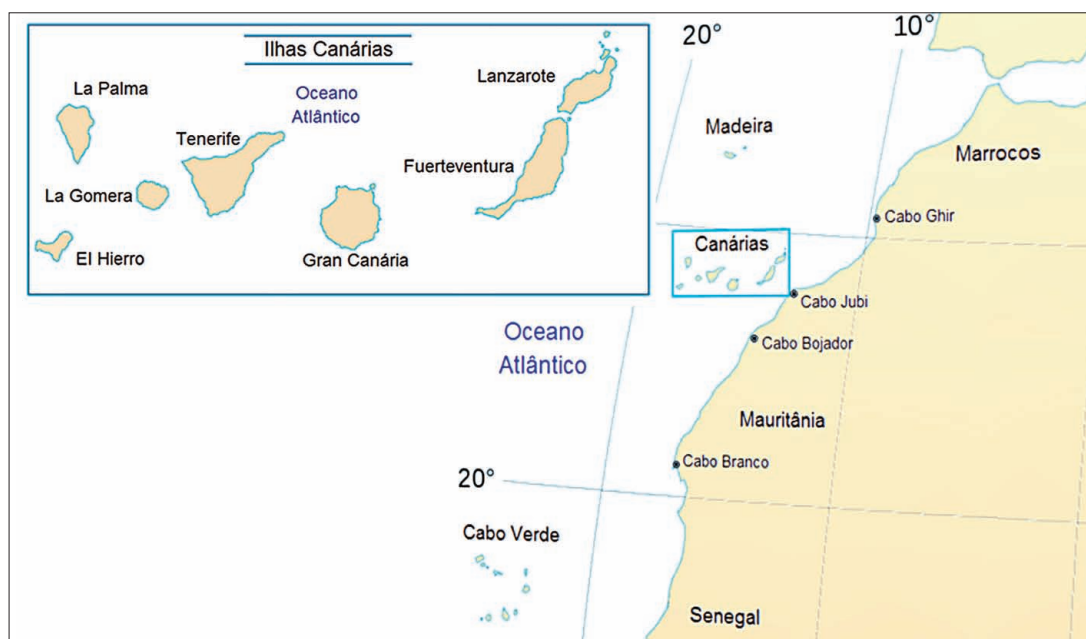


Fig. 1. Localização do Arquipélago das Canárias no Atlântico Norte.

uma vez que as águas de profundidade que afloram à superfície são mais deficientes em ^{14}C do que as águas de superfície em que este fenómeno não ocorre e, por conseguinte, essa menor actividade específica reflectir-se-á nos organismos marinhos que habitam nessas águas. Dado que quaisquer variações das condições oceanográficas, que originam um enriquecimento ou empobrecimento em ^{14}C nas massas de água envolvidas, ficam registadas nas conchas dos moluscos que viveram nessas águas, o teor em ^{14}C das conchas marinhas constitui um indicador directo ("proxy") da presença ou ausência de upwelling e da sua intensidade (Dif-
fenbaugh *et al.* 2003). Assim, valores francamente positivos de ΔR estão relacionados com a existência de um upwelling activo, enquanto que valores de ΔR negativos ou próximos de zero estão normalmente associados a um upwelling de fraca intensidade ou reveladores da sua inexistência.

O estudo que agora se apresenta constitui uma primeira abordagem a esta problemática no Arquipélago das Canárias, onde algumas das ilhas, dada a sua proximidade da costa africana, são influenciadas pelo fenómeno do upwelling costeiro. O Arquipélago das Canárias (Figura 1), constituído por sete ilhas principais de origem vulcânica, encontra-se localizado a noroeste do Cabo Bojador, junto à costa africana, mais concretamente entre as longitudes 13°-19° W e as latitudes 27°-30° N.

O sistema hidrodinâmico do Arquipélago das Canárias apresenta uma vasta complexidade de factores que contribuem para a criação de condições oceanográficas singulares nesta região do Atlântico Norte. A corrente oceânica dominante é a Corrente das Canárias (Figura 2), sendo esta considerada como a extensão oriental da Corrente dos Açores. A Corrente das Canárias aproxima-se da margem oriental do Atlântico Norte e vira para sul devido ao efeito conjugado dos ventos alísios e da plataforma continental africana, constituindo, por conseguinte, a fronteira este do anticiclone subtropical do Atlântico Norte (Machín *et al.* 2006). O

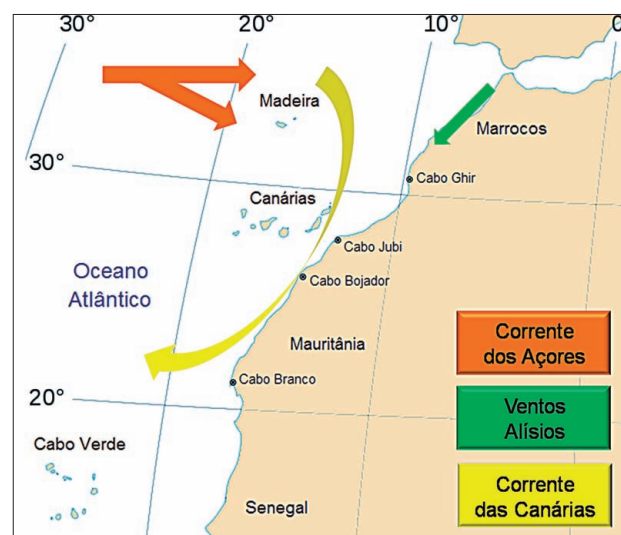


Fig. 2. Principais condicionantes do sistema hidrodinâmico presente no Arquipélago das Canárias.

limite sul da Corrente das Canárias está associado ao sistema frontal de Cabo Verde e coincide com um filamento de upwelling costeiro presente na zona do Cabo Branco. Nesta região, a Corrente toma o sentido oeste para se transformar na Corrente Equatorial Norte.

A Corrente das Canárias, apresenta uma zona de influência de aproximadamente 200 km de largura paralelamente à costa noroeste africana (Pelegrí *et al.* 2005). O upwelling costeiro gerado pelos ventos alísios, que ocorrem nesta região, estende-se desde o Cabo Branco até ao Arquipélago das Canárias e com, menor intensidade, até próximo do Estreito de Gibraltar. Encontra-se, assim, estreitamente associado à Corrente das Canárias. O fenómeno apresenta variabilidade sazonal, ou seja, durante o verão o upwelling é intenso, diminuindo de intensidade no inverno. A zona localizada entre o cabo Ghir e o Cabo Branco apresenta-se como a zona de upwelling de maior intensidade (Pelegrí *et al.* 2006).

De assinalar também a presença de filamentos costeiros de upwelling, gerados pela variação batimétrica associada às correntes oceânicas existentes na região, os quais criam zonas de upwelling difusas e de intensidade variável, nomeadamente nas áreas do Cabo Jubi, do Cabo Bojador e do Cabo Branco. Estes filamentos podem atingir vários quilómetros de comprimento e apresentam, normalmente, a direcção oeste.

Da conjugação destes factores hidrodinâmicos resultam, segundo Barton *et al.* (1998), quatro zonas distintas no que concerne à intensidade e distribuição espacial do upwelling no Arquipélago das Canárias (Figura 3).

Observa-se, assim, que as ilhas orientais do arquipélago, Fuerteventura e Lanzarote se encontram na zona 1, a qual sofre a influência do upwelling costeiro do noroeste africano, e que as restantes ilhas do arquipélago se situam essencialmente na zona 2, em que a influência do upwelling é muito fraca ou inexistente.

Neste trabalho dataram-se pares de amostras provenientes de contextos arqueológicos exis-

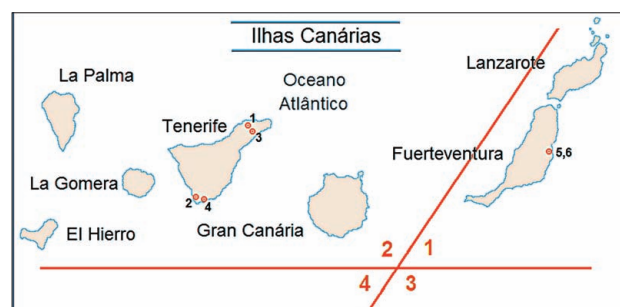


Fig. 3. Zonas de transição do upwelling no Arquipélago das Canárias, segundo Barton *et al.* (1998): (1) afectada pelo upwelling costeiro existente na costa NW de África; (2) não afectada pelo upwelling, regime oceânico aberto; (3) afectada pelo upwelling proveniente de África, mas sendo essa afectação condicionada pelo sistema de circulação inter-ilhas com o sentido norte-sul; (4) upwelling ausente. Assinala-se, também, a localização dos sítios arqueológicos datados: 1 – Los Cabezazos; 2 – Palm-Mar; 3 – Higuera Cota; 4 – Rasca; 5, 6 – Rosita del Vicario.

tentes em duas ilhas, Fuerteventura e Tenerife, representativas das duas situações atrás referidas.

II. METODOLOGÍA

Amostragem

Foram utilizados pares de amostras estreitamente associadas (conchas marinhas/ossos ou madeira carbonizada de origem terrestre) colhidas em sítios arqueológicos das ilhas de Tenerife e Fuerteventura. Os locais de amostragem encontram-se assinalados na Fig. 3. Considera-se, a partir da evidência arqueológica de campo, que a deposição das amostras de cada par foi simultânea, ou seja, que a altura da morte dos organismos de ambos os reservatórios, terrestre e marinho, presentes em cada par de amostras, foi a mesma.

Para a selecção dos pares representativos a datar foram consideradas amostras provenientes de depósitos arqueológicos que evidenciassem ausência de indícios de perturbação ou remobilização.

Parte Experimental

As amostras foram inicialmente sujeitas a uma rigorosa limpeza mecânica de todos os elementos estranhos à amostra.

Para as amostras de ossos (apenas com um

conteúdo em N superior a 1%), foi efectuada a extracção de colagéneo de acordo com método descrito por Longin (1970).

Relativamente às amostras de madeira carbonizada, estas foram sujeitas a um processo de digestão ácido/base/ácido a fim de eliminar eventuais contaminantes.

No caso das amostras de origem marinha, foram apenas utilizadas conchas da mesma espécie, sem evidências de contaminação superficial e que se encontrassem inteiras sem qualquer sinal de transporte. Foi eliminado 30% do peso inicial da amostra Y_a fracção externa, mais sujeita a contaminação Y através de uma digestão ácida controlada (0,5M HCl a 25° C). Em algumas das amostras analisadas, quando a sua quantidade era >50 g após a descontaminação, recorreu-se a uma hidrólise controlada para separar a amostra em duas com volumes semelhantes de CO_2 , sendo estas representativas da fracção intermédia e da fracção interna das conchas constituintes da amostra inicial, as quais foram datadas.

A medição do conteúdo em ^{14}C das amostras foi efectuada através da Espectrometria de Cintilação Líquida, cuja técnica se encontra descrita detalhadamente em Soares (1989, 2005).

O valor de enriquecimento isotópico em ^{13}C ($\delta^{13}C$) foi determinado para o CO_2 produzido na fase inicial da síntese de benzeno. As datas convencionais de ^{14}C foram calculadas de acordo com as definições recomendadas por Stuiver e Polach (1977).

Cálculo de ΔR , $R(t)$ e Calibração das Datas Convencionais

O cálculo de ΔR para cada par de amostras (marinha/terrestre) foi efectuado recorrendo à metodologia proposta por Stuiver e Braziunas (1993) e Reimer *et al.* (2002). Assim, a data convencional de radiocarbono da amostra da biosfera terrestre foi convertida numa data da biosfera marinha recorrendo para tal à curva de calibração terrestre (IntCal04 – Reimer *et al.* 2004)

Ydeterminação da data calibradaY e a partir do valor determinado a “idade marinha modelada” fazendo uso da curva de calibração marinha (Marine04 – Hughen *et al.* 2004). A diferença entre a idade convencional da amostra marinha do par e a “idade marinha modelada” corresponde ao valor de ΔR para esse par de amostras (Stuiver e Braziunas 1993).

O valor de $R(t)$, ou seja da idade de reservatório, foi obtido através da diferença entre as datas convencionais de radiocarbono das amostras da biosfera marinha e da biosfera terrestre constituintes do par datado (Stuiver *et al.* 1986).

As datas convencionais de radiocarbono das amostras provenientes da biosfera terrestre foram, por seu lado, convertidas em anos do calendário solar fazendo uso da curva de calibração IntCal04 (Reimer *et al.* 2004).

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As datas convencionais de ^{14}C dos pares de amostras e os valores correspondentes de ΔR e de $R(t)$ encontram-se na Tabela 1.

Da análise de resultados é possível observar valores de desvio padrão relativamente altos. Estes valores podem ser explicados, neste caso, pela secção da curva de calibração terrestre utilizada na obtenção de ΔR , a qual apresenta um comportamento bastante “ondulado” para esta gama de idades.

Na Tabela 2, para além dos valores de ΔR e de $R(t)$ encontram-se ainda as datas convencionais de radiocarbono das amostras da biosfera terrestre convertidas em datas de calendário solar - calibração efectuada recorrendo ao programa CALIB rev 5.0.1 (Stuiver e Reimer 1993) e à curva de calibração IntCal04 (Reimer *et al.* 2004).

O cálculo dos valores médios ponderados de ΔR , quer no caso das amostras provenientes de Tenerife, quer de Fuerteventura, é validado pelo facto de os valores obtidos de ΔR preencherem o requisito estatístico de a diferença entre um qualquer valor de ΔR e o valor médio ponderado do conjunto de ΔR s ser menor que duas vezes o desvio

Referência Laboratório	Descrição da Amostra Marinha	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Data ^{14}C (anos BP)	Referência Laboratório	Descrição da Amostra Terrestre	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Data ^{14}C (anos BP)
Tenerife							
1* - Los Cabezazos							
Sac-2225	<i>Patella sp.</i>	2.10	1260 ± 60	Sac-2257	Ossos (Colagéneo)	-20.86	950 ± 50
$\Delta R = -75 \pm 85 \text{ anos } ^{14}\text{C}$				$R(t) = 310 \pm 80 \text{ anos } ^{14}\text{C}$			
2* - Palm-Mar							
Sac-2253**	<i>Patella sp.</i>	2.40	890 ± 35				
Sac-2254	<i>Patella sp.</i>	2.93	980 ± 40	Sac-2259	Ossos (Colagéneo)	-19.26	520 ± 35
$\Delta R = 40 \pm 50 \text{ anos } ^{14}\text{C}$				$R(t) = 460 \pm 50 \text{ anos } ^{14}\text{C}$			
3* - Higuera Cota							
Sac-2251	<i>Patella sp.</i>	3.76	640 ± 60	Sac-2262	Madeira Carbonizada	-24.30	200± 80
$\Delta R = 60 \pm 130 \text{ anos } ^{14}\text{C}$				$R(t) = 440 \pm 100 \text{ anos } ^{14}\text{C}$			
4* - Rasca							
Sac-2249**	<i>Patella sp.</i>	1.46	370 ± 40				
Sac-2250	<i>Patella sp.</i>	2.55	400 ± 40	Sac-2258	Madeira Carbonizada	-22.90	140 ± 50
$\Delta R = -150 \pm 100 \text{ anos } ^{14}\text{C}$				$R(t) = 260 \pm 65 \text{ anos } ^{14}\text{C}$			
Fuerteventura							
5* - Rosita 1							
Sac-2415**	<i>Patella sp</i>	4.10	1170 ± 35				
Sac-2250	<i>Patella sp.</i>	3.22	1090 ± 30	Sac-2389	Madeira Carbonizada	-18.63	520 ± 35
$\Delta R = 150 \pm 45 \text{ anos } ^{14}\text{C}$				$R(t) = 570 \pm 45 \text{ anos } ^{14}\text{C}$			
6* - Rosita 2							
Sac-2413**	<i>Patella sp.</i>	2.65	1020 ± 35				
Sac-2414	<i>Patella sp.</i>	2.91	970 ± 35	Sac-2388	Ossos (Colagéneo)	-19.31	400 ± 40
$\Delta R = 160 \pm 100 \text{ anos } ^{14}\text{C}$				$R(t) = 570 \pm 50 \text{ anos } ^{14}\text{C}$			

Tabela 1. Datação por ^{14}C de pares de amostras coevas (conchas de origem marinha / ossos ou madeira carbonizada) provenientes das Ilhas de Tenerife e Fuerteventura.

* Ver Figura 3

** Fracção intermédia (não foi considerada no cálculo de ΔR)

padrão combinado (Harkness 1983). O mesmo critério estatístico foi aplicado no cálculo dos valores médios ponderados de $R(t)$. Para os valores de ΔR da ilha de Tenerife foi tomado para valor do desvio padrão o resultante da dispersão dos valores determinados, em virtude de ser maior que o calculado para o desvio padrão ponderado (Law 1975; Stuiver *et al.* 1986).

No conjunto de valores obtidos observam-se valores fracamente positivos de ΔR , os quais estarão relacionados com a existência de um upwelling activo, enquanto que os valores negativos ou próximos de zero estarão associados a um upwelling de fraca intensidade ou inexistente.

Na projecção no tempo dos valores de ΔR

Localização	Referência Laboratório	Data ^{14}C (anos BP)	cal BP (2σ)	cal AD (2σ)	ΔR (anos ^{14}C)	R(t) (anos ^{14}C)
Tenerife						
Los Cabezazos	Sac-2257	950 \pm 50	740 - 950	1000 - 1210	-75 \pm 85	310 \pm 80
Palm-Mar	Sac-2259	520 \pm 35	510 - 630	1320 - 1450	40 \pm 50	460 \pm 50
Higuera Cota	Sac-2262	200 \pm 80	0 - 430	1520 - 1950	60 \pm 130	440 \pm 100
Rasca	Sac-2258	140 \pm 50	0 - 280	1670 - 1950	-150 \pm 100	260 \pm 65
Média Ponderada					-10 \pm 50*	380 \pm 50*
Fuerteventura						
Rosita 1	Sac-2389	520 \pm 35	510 - 630	1320 - 1450	150 \pm 45	570 \pm 45
Rosita 2	Sac-2388	400 \pm 40	320 - 520	1430 - 1630	160 \pm 100	570 \pm 50
Média Ponderada					150 \pm 40	570 \pm 35

Tabela 2. Valores de ΔR e de R(t) determinados para as Ilhas de Tenerife e Fuerteventura.

* Desvio padrão da dispersão de valores

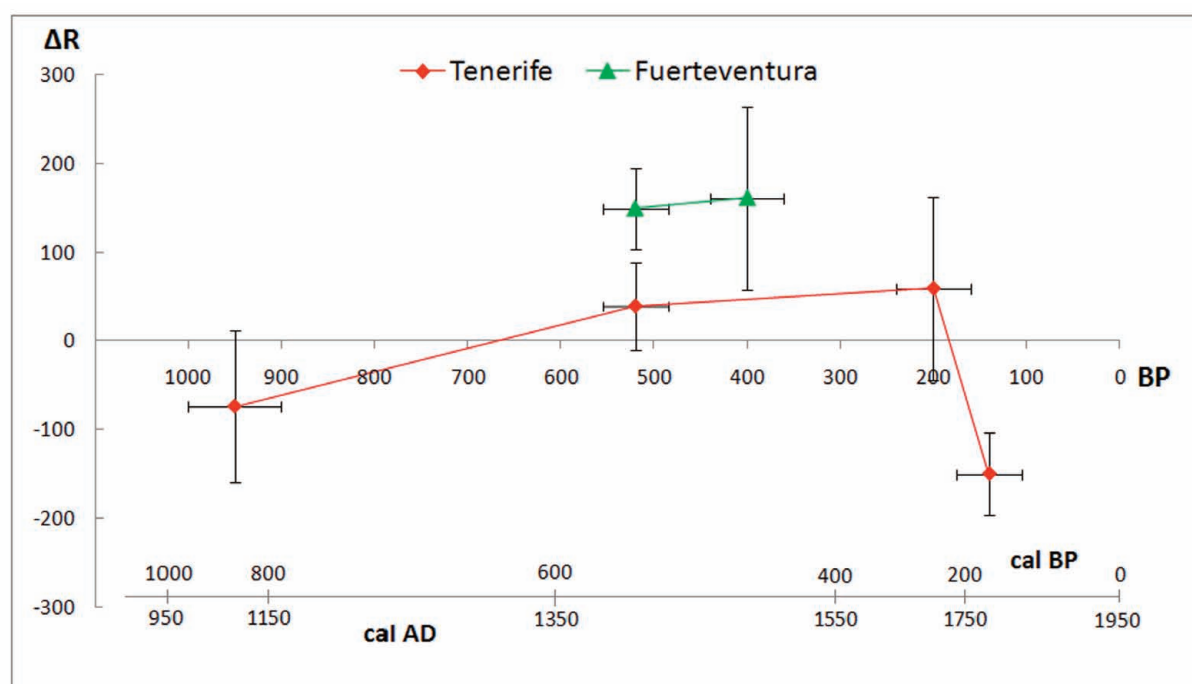


Fig. 4. Valores de ΔR para as Ilhas de Tenerife e Fuerteventura.

(Figura 4) pode observar-se a variabilidade do efeito de reservatório oceânico para aquelas duas ilhas pertencentes ao Arquipélago das Canárias.

Para ilha de Tenerife, os valores de ΔR variam entre -150 \pm 100 e +60 \pm 130 anos ^{14}C , obtendo-se um valor médio de -10 \pm 50 anos ^{14}C . Estes valores, que abrangem um horizonte temporal constituído pelos últimos mil anos, sugerem a presença de um

upwelling de fraca intensidade ou mesmo inexistente nesta ilha durante este período de tempo. Relativamente à Ilha de Fuerteventura o valor médio de ΔR é de +150 \pm 40 anos ^{14}C , o que indica a existência de um upwelling intenso nesta região.

Os valores de ΔR obtidos são consistentes com o sistema hidrodinâmico presente actualmente no Arquipélago das Canárias, em que as

ilhas orientais, mais próximas da costa africana (Fuerteventura e Lanzarote), são afectadas pela presença do upwelling costeiro associado à Corrente das Canárias, contrariamente ao que acontece em Tenerife onde a presença de upwelling é fraca ou inexistente (Barton *et al.* 1998; Pelegrí *et al.* 2005, 2006; Machín *et al.* 2006). Por outro lado, os valores de ΔR determinados para as Canárias são comparáveis com os já obtidos para áreas costeiras próximas no noroeste africano, nomeadamente na Mauritânia, onde foi obtido um valor médio de ΔR de $+71 \pm 13$ anos ^{14}C , e no Senegal, onde se obteve um valor de $+176 \pm 15$ anos ^{14}C (Ndeye 2008).

V. CONCLUSÕES

Tendo em consideração os valores de ΔR obtidos, até agora, para o Arquipélago das Canárias, recomenda-se o uso do valor de ΔR de -10 ± 50 anos ^{14}C para amostras marinhas provenientes da ilha de Tenerife, e o valor de $+150 \pm 40$ anos ^{14}C para as da ilha de Fuerteventura, quando se calibrarem datas convencionais de radiocarbono determinadas a partir de conchas marinhas provenientes destas ilhas. Face ao sistema hidrodinâmico presente no Arquipélago, a extrapolação dos valores obtidos para as outras ilhas que constituem o arquipélago é

aceitável, isto é, para as ilhas orientais (Fuerteventura e Lanzarote) recomenda-se o uso de $\Delta R = +150 \pm 40$ anos ^{14}C e para as restantes ilhas deve ser utilizado um $\Delta R = -10 \pm 50$ anos ^{14}C .

Para além do interesse deste estudo para um maior conhecimento da Paleoceanografia e Paleoclimatologia do Arquipélago das Canárias, os arqueólogos podem, a partir de agora, construir cronologias precisas e fiáveis recorrendo a conchas marinhas colhidas em contextos arqueológicos das Canárias. No entanto, deverá notar-se que o número de amostras analisadas para este arquipélago é ainda relativamente pequeno, sendo necessário a continuação deste estudo, recorrendo para tal à datação de mais pares de amostras, quer das ilhas já amostradas, quer de outras ilhas do Arquipélago, a fim de aferir com maior acuidade a variação temporal e espacial do efeito de reservatório marinho nesta região oceânica.

AGRADECIMENTOS

J. Martins agradece a Bolsa de Investigação com a referência SFRH / BD / 45528 / 2008, financiada por fundos nacionais do MCTES, e atribuída pela Fundação para a Ciência e Tecnologia.

BIBLIOGRAFIA

- BARTON, E.D.; ARÍSTEGUI, J.; TETT, P.; CANTON, M.; GARCIA-BRAUN, J.; HERNANDEZ-LEON, S.; NYKJAER, L.; ALMEIDA, C.; ALMUNIA, J.; BALLESTEROS, S.; BASTERRETXEA, G.; ESCANEZ, J.; GARCIA-WEILL, L.; HERNANDEZ-GUERRA, A.; LOPEZ-LAATZEN, F.; MOLINA, R.; MONTERO, M.F.; NAVARRO-PEREZ, E.; RODRIGUEZ, J.M.; VAN LENNING, K.; VELEZ, H. e WILD, K. 1998: "The transition zone of the Canary Current upwelling region". *Progress in Oceanography* 41: 455-504.
- DIFFENBAUGH, N.S.; SLOAN, L.C. e SNYDER, M.A. 2003: "Orbital suppression of wind-driven upwelling in the California Current at 6 ka". *Paleoceanography* 18 (2): 1051, doi: 10.1029/2002PA000865.
- HARKNESS, D.D. 1983: "The Extend of Natural ^{14}C deficiency in the coastal environment of the United Kingdom". *^{14}C and Archaeology*. Pact 8: 351-364.
- HUGHEN, K.A.; BAILLIE, M.G.; BARD, E.; BECK, J.W.; BERTRAND, C.J.H.; BLACKWELL, P.G.; BUCK, C.E.; BURR, G.S.; CUTLER, K.B.; DAMON, P.E.; EDWARDS, R.L.; FAIRBANKS, R.G.; FRIEDRICH, M.; GUILDERSON, T.P.; KROMER, B.; McCORMAC, G.; MANNING, S.; BRONK RAMSEY, C.; REIMER, P.J.; REIMER, R.W.; REMMELE, S.; SOUTHERN, J.R.; STUIVER, M.; TALAMO, S.; TAYLOR, F.W.; VAN DER PLICHT, J. e WEYHENMEYER, C.E. 2004: "Marine04: marine radiocarbon age calibration, 0-26 cal kyr BP". *Radiocarbon* 46 (3): 1059-1086.
- LAW, R.G. 1975: "Radiocarbon Dates for Rangitoto and Motutapu, a consideration of the dating accuracy". *New Zealand Journal of Science* 18: 441-451
- LONGIN, R. 1970: "Extraction du collagène des os fossiles pour leur datation par la methode du Carbone ^{14}C ". [These 3e cycle]. Lyon. Faculté des Sciences de l'Université de Lyon.
- MACHÍN, F.; HERNÁNDEZ-GUERRA, A. e PELEGRÍ, J.L. 2006: "Mass fluxes in the Canary Basin". *Progress in Oceanography* 70 (2-4): 416-447.
- NDEYE, M. 2008: "Marine Reservoir Ages in Northern Senegal and Mauritania Coastal Waters". *Radiocarbon* 50 (2): 281-288.
- PELEGRÍ, J.L.; ARÍSTEGUI, J.; CANA, L.; GONZÁLEZ-DÁVILA, M.; HERNÁNDEZ-GUERRA, A.; HERNÁNDEZ-LEÓN, S.; MARRERO-DÍAZ, A.; MONTERO, M.F.; SANGRÀ, P. e SANTANA-CASIANO, M. 2005: "Coupling between the open ocean and the coastal upwelling region off Northwest Africa: water recirculation and offshore pumping of organic matter". *Journal of Marine Systems* 54: 3-37.
- PELEGRÍ, J.L.; MARRERO-DÍAZ, A. e RATSIMANDRESY, A.W. 2006: "Nutrient irrigation of the North Atlantic". *Progress in Oceanography* 70 (2-4): 366-406.
- REIMER, P.J.; McCORMAC, G.; MOORE, J.; McCORMICK, F. e MURRAY, E.V. 2002: "Marine radiocarbon reservoir corrections for the mid- to late Holocene in the eastern subpolar North Atlantic". *The Holocene* 12 (2): 129-135.
- REIMER, P.J.; BAILLIE, M.G.L.; BARD, E.; BAYLISS, A.; BECK, J.W.; BERTRAND, C.J.H.; BLACKWELL, P.G.; BUCK, C.E.; BURR, G.S.; CUTLER, K.B.; DAMON, P.E.; EDWARDS, R.L.; FAIRBANKS, R.; FRIEDRICH, M.; GUILDERSON, T.P.; HOGG, A.G.; HUGHEN, K.A.; KROMER, B.; McCORMAC, G.; MANNING, S.; RAMSEY, C.B.; REIMER, R.W.; REMMELE, S.; SOUTHERN, J.R.; STUIVER, M.; TALAMO, S.; TAYLOR, F.W.; VAN DER PLICHT, J. e WEYHENMEYER, C. E. 2004: "IntCal04 Terrestrial Radiocarbon Age Calibration, 0-26 cal kyr BP". *Radiocarbon* 46 (3): 1029-1058.
- SOARES, A.M.M. 1989: *O Efeito de Reservatório Oceânico nas Águas Costeiras de Portugal Continental*. Sacavém: Instituto de Ciências e Engenharia Nucleares Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial.
- SOARES, A.M.M. 2005: *"Variabilidade do "Upwelling" Costeiro durante o Holocénico nas Margens Atlânticas Ocidental e Meridional da Península Ibérica*. [Tese de Doutoramento]. Faro. Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente. Universidade do Algarve.
- SOARES, A.M.M. e DIAS, J.M.A. 2006a: "Coastal upwelling and radiocarbon – evidence for temporal fluctuations in ocean reservoir effect off Portugal during the Holocene". *Radiocarbon* 48 (1): 45-60.
- 2006b: "Once upon a time... the Azores Front penetrated into the Gulf of Cadiz". *5º Simpósio sobre a Margem Ibérica Atlântica (Livro de Resumos)*. Aveiro. Universidade de Aveiro: 205-206.
- SOARES, A.M.M. e DIAS, J.M.A. 2007: "Reservoir effect of coastal waters off western and northwestern Galicia". *Radiocarbon* 49 (2): 925-936.
- STUIVER, M. e BRAZIUMAS, T.F. 1993: "Modeling Atmospheric ^{14}C Influences and ^{14}C Ages of Marine Samples to 10,000 BC". *Radiocarbon* 35 (1): 137-189.
- STUIVER, M.; PEARSON, G.W. e BRAZIUMAS, T. 1986: "Radiocarbon Age Calibration of Marine Samples back to 9000 cal yr BP". *Radiocarbon* 28 (2B): 980-1021.
- STUIVER, M. e POLACH, H.A. 1997: "Discussion. Reporting of ^{14}C Data". *Radiocarbon* 19 (3): 355-363.
- STUIVER, M. e REIMER, P.J. 1993: "Extended ^{14}C Data Base and Revised CALIB 3.0 ^{14}C Age Calibration". *Radiocarbon* 35 (1): 215-230.

