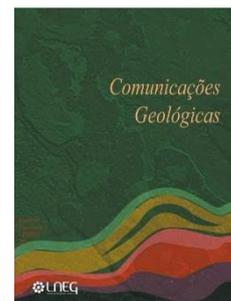


Os primeiros fósseis do Ordovício de Águeda (Aveiro): Implicações lito e bioestratigráficas

The first fossil assemblage from the Ordovician of Águeda (Aveiro): litho and biostratigraphic implications

S. Pereira^{1*}, J. Colmenar², M. Pires¹, T. Young^{1,3}, A. Gomes⁴, M. Polechová⁵, N. Vaz^{1,6}



DOI: <https://doi.org/10.34637/stdj-wn53>

Recebido em 20/08/2021 / Aceite em 10/12/2021

Publicado online em junho de 2021

© 2021 LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia IP

Artigo original
Original article

Resumo: Apresentam-se os primeiros fósseis do Ordovício de Águeda, provenientes de níveis de meta-argilitos intercalados numa sequência arenítica metamórfica de Arrancada do Vouga. A associação, moderadamente diversa, inclui trilobites [*Crozonaspis* cf. *incerta* (Deslongchamps) e *Crozonaspis* sp.], bivalves [*Praenucula* sp., *Cardiolaria* cf. *beirensis* (Sharpe), *Praealeda* cf. *ribeiroi* (Sharpe), *Hemiprionodonta* cf. *lusitanica* (Sharpe), *Tancrediopsis escosurae*? (Sharpe) e *Myoplusia*? sp.], gastrópodes (Bellerophonitidae indet. e Platyceratidae indet.), braquiópodes (*Heterorthis* sp.), ostracodos (*Conchoprimitia*? sp.) e quitinozoários (*Desmochitina minor* Eisenack), os quais indicam a idade Dobrotiviano superior (ca. Darriwiliano superior-Sandbiano inferior). A sequência metarenítica descrita apresenta afinidades com a Formação Cabril da Zona Centro-Ibérica de Portugal central. Do ponto de vista bio e litoestratigráfico, a sucessão ordovícica de Águeda apresenta uma maior afinidade com os setores meridionais da ZCI, e não com o setor norte (e.g. Valongo), contrariamente às restantes áreas incluídas na faixa de cisalhamento Porto – Albergaria-a-Velha.

Palavras-chave: Dobrotiviano, Berouniano, Formação Cabril, Arrancada do Vouga, cisalhamento Porto – Albergaria-a-Velha.

Abstract: The first Ordovician fossils from Águeda are presented, coming from dark mudstones between two sandstones successions at Arrancada do Vouga. The moderately diverse assemblage includes trilobites [*Crozonaspis* cf. *incerta* (Deslongchamps) and *Crozonaspis* sp.], bivalves [*Praenucula* sp., *Cardiolaria* cf. *beirensis* (Sharpe), *Praealeda* cf. *ribeiroi* (Sharpe), *Hemiprionodonta* cf. *lusitanica* (Sharpe), *Tancrediopsis escosurae*? (Sharpe) and *Myoplusia*? sp.], gastropods (Bellerophonitidae indet. and Platyceratidae indet.), brachiopods (*Heterorthis* sp.), ostracods (*Conchoprimitia*? sp.) and chitinozoans (*Desmochitina minor* Eisenack), which indicate an upper Dobrotivian (ca. upper Darriwilian-lower Sandbian) age. The described succession shows affinities with the Cabril Formation, occurring in the Central Iberian Zone of central Portugal. From a bio- and lithostratigraphic point of view, the Águeda Ordovician sequence has a greater affinity with the southern of the ZCI, and not the northern sector (e.g. Valongo), contrary to the other areas included in the Porto-Albergaria-a-Velha shear zone.

Keywords: Dobrotivian, Berounian, Cabril Formation, Arrancada do Vouga, Porto – Albergaria-a-Velha shear zone.

⁴ Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade do Porto, 4150-564, Porto, Portugal.

⁵ Czech Geological Survey, Klárov 3, P.O. Box 85, 118 21 Praha 011, Czech Republic.

⁶ Departamento de Geologia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal.

*Autor correspondente/Corresponding author: ardi_eu@hotmail.com

1. Introdução

O Ordovício da Zona Centro-Ibérica (ZCI), não obstante a atenção de que foi alvo desde meados do século XIX, continua a surpreender (e.g. Sá *et al.*, 2005; Pires *et al.*, 2018; Pereira *et al.*, 2021). No concelho de Águeda, este sistema passou despercebido aos pioneiros Carlos Ribeiro e Nery Delgado, sendo detetado apenas aquando da descoberta do ‘quartzito americano’ (Arenigiano; ca. Floiano médio-Dapingiano inferior) em Arrancada do Vouga por Alberto Souto (1936, p. 146): “A mesma quartzite reaparece perto de Valongo do Vouga e Arrancada, ao sul do rio (Vouga), formando um cerro curiosíssimo de estranho relevo na paisagem ambiente pela resistência da rocha aos fenómenos de degradação”. Este arqueólogo aveirense efetuou várias campanhas de reconhecimento geológico no concelho de Águeda, algumas acompanhado pelo conhecido geólogo Carrington da Costa. Porém, os dados que obteve na região, publicados no Diário de Aveiro (e.g. Souto, 1936), passaram despercebidos entre a comunidade geológica, estando ausentes nas compilações do Paleozoico português (e.g. Teixeira, 1955, 1980). Deste modo, o afloramento ordovícico de Arrancada só foi redescoberto mais recentemente, por Chaminé *et al.* (2004), tendo sido incluído no setor de Soutelo-Arrancada da zona de cisalhamento Porto-Tomar. Interpretado como integrando o parautóctone da ZCI (Pereira *et al.*, 2007), o seu contexto geodinâmico e a ausência de dados paleontológicos dificultaram o seu posicionamento litoestratigráfico.

Neste trabalho, apresentamos a primeira associação fóssilífera do Ordovício de Águeda, proveniente de Arrancada do Vouga, permitindo reconhecer a representação do andar Dobrotiviano na região, bem como discutir a afinidade estratigráfica da ZCI no setor sul do rio Vouga

¹ Centro de Geociências, Universidade de Coimbra, Rua Sílvio Lima, 3030-790 Coimbra, Portugal.

² Instituto Geológico y Minero de España, La Calera 1, 28760 Tres Cantos, España.

³ GeoArch, Unit 6, Block C, Western Industrial Estate, Caerphilly, Wales, UK.



Figura 1. Localização geográfica e esboço geológico do afloramento em estudo. Unidade 1, metassiltitos intercalados com arenitos esbranquiçados; Unidade 2, metargilitos escuros; Unidade 3, metarenitos impuros micáceos amarelados.

Figure 1. Geographic location and geological sketch of the studied outcrop. Unit 1, siltstones and sandstones; Unit 2, dark mudstones; Unit 3, yellow micaceous impure sandstones.

2. Enquadramento geográfico, geológico e litoestratigráfico

O material em estudo provém de um afloramento (coordenadas 40°37'07.2"N 8°25'11.9"W) localizado em Arrancada do Vouga (freguesia de Valongo do Vouga), do concelho de Águeda, distrito de Aveiro (Fig. 1).

Do ponto de vista geológico, a área em estudo tem sido enquadrada na zona de cisalhamento de Porto Tomar-Ferreira do Alentejo (Chaminé *et al.*, 2004; Pereira *et al.*, 2007), que foi interpretada como uma falha transformante direita, de orientação N-S, separando a ZCI (Terreno Ibérico) do Terreno Finisterra (Ribeiro *et al.*, 2013; Moreira *et al.*, 2019). A movimentação complexa desta zona de cisalhamento produziu intensa deformação, da qual se destaca o carreamento para oeste da ZCI sobre o Terreno Finisterra. Deste modo, as unidades do Paleozoico Inferior contactam a ocidente com os metassedimentos do Grupo das Beiras (Neoproterozoico) e integram o parautóctone da ZCI nesta região, aflorando numa macrodobra deitada, vergente para W (Pereira *et al.*, 2007).

De acordo com Chaminé *et al.* (2004) e Gomes (2008), o setor Soutelo-Arrancada do Vouga constitui uma dobra sinforma de orientação N-S, que se prolonga desde a margem sul do rio Vouga até ao norte de Águeda, limitada por cristas quartzíticas intensamente deformadas, muito descontínuas e de fraca expressão topográfica (na ordem dos 100m de altitude máxima). Em termos litoestratigráficos, Chaminé *et al.* (2004) distinguiram duas unidades neste sinforma: uma inferior, quartzítica, representativa do ‘quartzito armoricano’, que denominaram ‘Unidade de Arrancada do Vouga’, e uma sequência com cerca de 300m de xistos, filitos e filonitos cinzentos-escuros, a “Unidade de Veiga”, na qual se inserem cartograficamente os níveis em estudo. Sem dados paleontológicos, os autores atribuíram esta unidade ao Ordovício Médio (‘Landeliliano-Lanvirniano’ sensu Chaminé *et al.*, 2004), por correlação com os setores a norte (Caldas de S. Jorge-Carvoeiro) e com a Formação Valongo do Anticlinal de Valongo.

Os trabalhos cartográficos agora realizados revelaram, no núcleo do hipotético sinforma, uma sequência metarenítica com

peelo menos 80m de espessura (Fig. 1) e atitude que varia entre N70°W e N50°W (inclinando 55° a 80° para SW), que não concorda com a orientação das cristas quartzíticas da referida estrutura (aproximadamente N-S) nem com a descrição da “Unidade de Veiga”. A intensa deformação dúctil e as foliações dificultam a representação cartográfica das unidades e, em particular, o reconhecimento dos seus limites, bem como a determinação da polaridade sedimentar desta sucessão. Porém, a polaridade expectável para o flanco oriental do sinforma não parece concordar com a polaridade medida, assumindo-se neste trabalho que esta está para SW. Assim, distingue-se uma sucessão inferior (unidade 1, Fig. 1), metasilto-arenítica, com camadas decimétricas de metarenitos esbranquiçados e centimétricas de metassiltitos cinzentos-claros, com cerca de 20m, seguida de uma intercalação de três metros de metargilitos escuros (unidade 2, Fig. 1), com nódulos metargilosos na base, de onde provém a associação fóssilífera estudada e, finalmente, uma sequência de metarenitos impuros (unidade 3, Fig. 1), micáceos, amarelados, por vezes muitos friáveis, intercalando níveis com componente dolerítica, com cerca de 50m. Na unidade 1 foram recolhidos, em vários níveis metassiltíticos, fósseis muito fragmentados das trilobites *Neseuretus tristani* (Brongniart in Demarest) e *Crozonaspis sp.*, consideradas do Dobrotiviano (Darriviliano superior, Ordovício Médio). Estes materiais foram para já excluídos deste estudo sistemático, aguardando a recolha de espécimes adicionais. Tendo em conta a idade e a litologia, esta unidade deverá corresponder à Formação Cabril (Young, 1988) da ZCI de Portugal central. Já os níveis de metargilitos em estudo (unidade 2), pelas suas características litológicas e associação fóssilífera aqui descrita, atribuída ao Dobrotiviano superior, poderão representar um dos característicos pulsos argilíticos da Formação Cabril (Young, 1988), embora litologicamente apresentem também afinidade com a Formação Carregueira (Berouniano inferior, Ordovício Superior), presente em vários setores da ZCI de Portugal central, posicionada a topo da Formação Cabril. Porém, sem dados biostratigráficos que confirmem o Berouniano, toda a sequência (unidades 1-3) é preliminarmente correlacionada com a Formação Cabril, ainda que não se possa excluir que a sucessão metarenítica (unidade 3) que se sobrepõe aos níveis fóssilíferos aqui estudados possa

representar já a Formação Louredo (Berouniano) de Portugal central, cujas características litológicas são semelhantes, sobretudo a presença de níveis doleríticos.

3. Paleontologia

O material aqui figurado está depositado no Centro Paleontológico Nery Delgado, Torres Novas (siglas CMP_AGD), tendo sido recolhido em várias campanhas de campo entre 2019 e 2021 pelos autores.

Quer do ponto de vista macrofossilífero, quer microfossilífero, os níveis em estudo são mais fossilíferos na base da unidade. A associação, moderadamente diversa, inclui fósseis de trilobites, bivalves, gastrópodes, braquiópodes, ostracodos e quitinozoários (Fig. 2). As trilobites e os moluscos, particularmente os bivalves, são os grupos mais abundantes na associação, sendo os braquiópodes e os ostracodos raros. Do ponto de vista tafonómico, os bivalves e os raros braquiópodes têm caráter subautóctone a alóctone, com espécimes preservando as valvas articuladas e outros correspondendo a valvas isoladas. As trilobites estão representadas por escleritos desarticulados, distinguindo-se um único cefalotórax articulado de uma meraspis (Fig. 2i). Do ponto de vista paleoecológico, enquadra-se na “Associação Praeleda” de Young (1985), reconhecida em Portugal central na Formação Fonte da Horta, em intercalações argilíticas da Formação Cabril, na Formação Carregueira e nos membros argilíticos da Formação Louredo. A distribuição de fósseis nesta sequência de Arrancada, praticamente sem fósseis nos níveis de arenitos e fossilífera nas intercalações argilíticas, poderá estar relacionado com influxos de sedimento controlados por tempestades, condições adversas à instalação de comunidades bióticas, uma característica típica do Dobrotiviano/Berouniano iberoarmórico (Young, 1985).

3.1. Trilobites

Foram identificadas *Crozonaspis* cf. *incerta* (Deslongchamps) e *Crozonaspis* sp. (Fig. 2a–j). Embora congénicas, são morfologicamente muito distintas, pelo facto de pertencerem a diferentes linhagens dentro do género. *C.* cf. *incerta* apresenta as características descritas em *C. incerta* da Formação May do Dobrotiviano superior do Maciço Armórico francês (Henry, 1980), também reportada no Dobrotiviano superior de Espanha (Hammann, 1974). Porém, a ocorrência de uma forma muito semelhante que lhe sucede estratigraficamente, *C. chauveli* Henry do Berouniano inferior de França (Henry, 1980) e Portugal (Pereira, 2017), a qual se diferencia de *C. incerta*, apenas por um rostró cefálico mais estreito quase imperceptível (comparar Fig. 2a–b com Hammann, 1974, est. 4, figs. 54, 56, 58 e Henry, 1980, est. 40, figs. 7, 10), justifica a sua identificação em nomenclatura aberta. *Crozonaspis* sp. representa uma forma até ao momento desconhecida na Iberoarmórica. Henry (1980) admitiu que as semelhanças morfológicas entre *Crozonaspis* e *Dalmanitina* sugerem uma relação evolutiva entre ambos, com possíveis formas intermédias em níveis de transição Dobrotiviano/Berouniano, de que é exemplo *C. primula* (Destombes) da Formação Izegguirene do Berouniano inferior de Marrocos, cujos pigídios são indiferenciáveis de *Dalmanitina*. Também os espécimes de Águeda apresentam caracteres pigídiiais típicos de *Dalmanitina* (seis costilhas pleurais e sulcos interpleurais ténues; Fig. 2g–h, j), mas a nível cefálico o contorno ogival do lóbulo frontal glabular, com terminação num rostró com expressão na dobra cefálica, enquadram-se mais em *Crozonaspis*.

No Dobrotiviano superior de Espanha, em níveis que poderão ser cronostatigraficamente equivalentes à unidade aqui estudada, ocorre uma forma de *Crozonaspis* de grandes dimensões (J.C. Gutiérrez-

Marco, com. pessoal, 2021) com os mesmos caracteres pigídiiais observados nos espécimes estudados e de igual modo, no Dobrotiviano de França. Henry (1980, p. 146, est. 42, fig. 8) descreveu um pigídio com um número de sulcos pleurais atribuível a *Dalmanitina*, mas admitindo que poderá na verdade corresponder a *Crozonaspis*. Tendo em conta estes dados, optou-se por atribuir os espécimes de Águeda ao género *Crozonaspis*, podendo corresponder a uma espécie nova que representa a transição entre uma das linhas evolutivas de *Crozonaspis* (linhagem *C. struvei* - *C. rouaulti* de Henry, 1980, texto-fig. 88) e *Dalmanitina*.

3.2. Moluscos

Os moluscos, representados por bivalves e gastrópodes, são o grupo mais diverso. A associação de bivalves inclui seis espécies (por ordem de abundância decrescente): *Praenucula* sp., *Cardiolaria* cf. *beirensis* (Sharpe), *Praeleda* cf. *ribeiroi* (Sharpe), *Hemiprionodonta* cf. *lusitanica* (Sharpe), *Tancrediopsis escosurae*? (Sharpe) e *Myoplusia*? sp. (Fig. 2k–aa). A maioria dos espécimes, sem cicatrizes musculares e/ou charneiras preservadas, não permite atribuição específica, como é o caso de *Praenucula* sp. (Fig. 2k–n). No caso de *Cardiolaria* cf. *beirensis* (Fig. 2o–r, t), a presença de umbo fortemente prosógiro, dentes posteriores em chevron e descontinuidade entre ambas séries de dentes são bastante características desta espécie, que é relativamente comum no Oretaniano e Dobrotiviano da Iberoarmórica e de Marrocos (e.g. Babin, 1966; Babin e Destombes, 1990; Babin e Gutiérrez-Marco, 1991). *Praeleda ribeiroi* (=‘*Deceptrix pulchra armoricana*’ Babin e Melou), definida no Berouniano médio de Portugal, é frequentemente confundida com *Praenucula costae* (Sharpe), do Dobrotiviano, da qual se distingue por um contorno mais arredondado e dentes posteriores mais numerosos, caracteres observados nos espécimes estudados (Fig. 2s,x,w). Mantém-se a nomenclatura aberta uma vez que o seu estado de preservação não permite excluir uma relação com *P. pulchra* Pfab do Berouniano médio da República Checa. *Hemiprionodonta* cf. *lusitanica*, ainda que representada por uma única valva incompleta de grandes dimensões (Fig. 2v), aproxima-se de *H. lusitanica* do Ordovício Médio da Iberoarmórica (e.g. Babin, 1966; Bradshaw, 1970; Young, 1985 e Babin e Gutiérrez-Marco, 1985). Mantém-se ainda a nomenclatura aberta para este fóssil pela sua má preservação, a qual não permite excluir que represente uma forma estratigraficamente mais jovem, descrita como *Glyptarca* sp. no Berouniano inferior (Ordovício Superior) de Portugal por Young (1985). Um único espécime preservado com as valvas articuladas (Fig. 2u,y) recorda *Tancrediopsis escosurae*, do Dobrotiviano iberoarmórico. Contudo, não preserva os caracteres diagnósticos. Por último, *Myoplusia*? sp. é identificada com bastantes reservas e apenas com base na morfologia geral e ornamentação (Fig. 2z–aa). No que diz respeito aos gastrópodes, embora moderadamente frequentes, a sua preservação apenas permite uma identificação preliminar, a nível da família, de duas formas distintas: Bellerophontidae indet. e Platyceratoidea indet. (Fig. 2ab-ac).

3.3. Braquiópodes

Os braquiópodes, raros e restritos à base da unidade em estudo, estão representados por uma única espécie, *Heterorthis* sp. (Fig. 2ad-ae), caracterizada pela ornamentação ramicostilhada, com costelas encurvadas posterolateralmente, intersectando a linha de charneira e campo muscular ventral bilobado. A reduzida dimensão dos espécimes (juvenis com campo muscular pouco desenvolvido) e a ausência de valvas dorsais dificultam a distinção entre duas formas semelhantes: *H. morgatensis* Mélu, que define

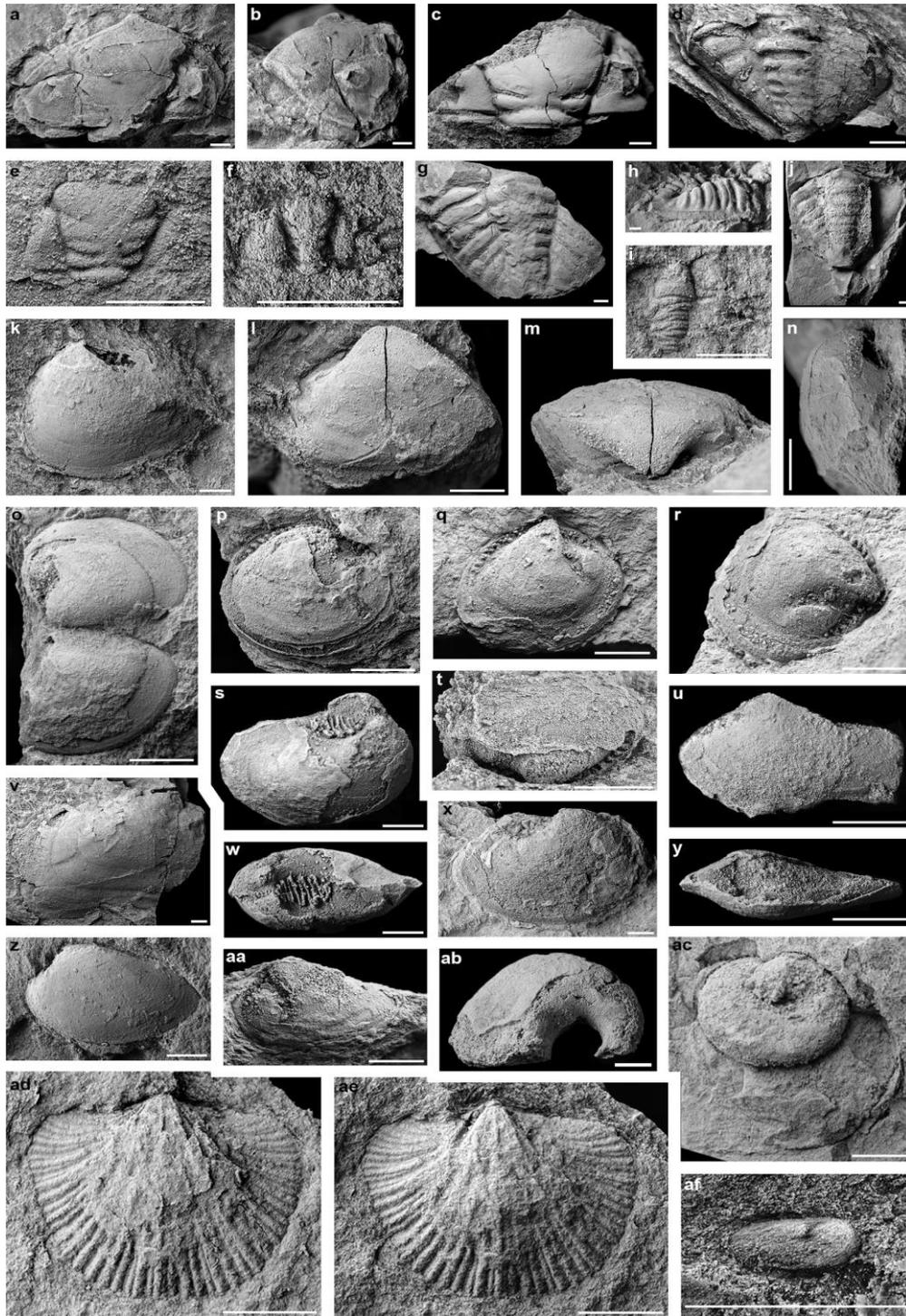


Figura 2. Fósseis do Dobrotiviano superior de Arrancada do Vouga (Águeda). (a)–(d), *Crozonaspis cf. incerta* (Deslongchamps); (a)–(b), CMP_AGD_054, molde interno de cefalão em vista dorsal (a) e lateral (b); (c), CMP_AGD_043, molde interno de cefalão em vista dorsal; (d), CMP_AGD_048, molde interno de pigídio em vista dorsal. (e)–(j), *Crozonaspis* sp.; (e), CMP_AGD_104, molde em látex de molde externo de cranídio em vista dorsal; (f), CMP_AGD_045, molde interno de cranídio meraspis em vista dorsal; (g), CMP_AGD_042, molde interno de pigídio em vista dorsal; (h), CMP_AGD_060, molde interno de pigídio em vista lateral direita; (i), CMP_AGD_051, molde em látex de molde externo de cefalótórax de meraspis em vista dorsal; (j), CMP_AGD_040, molde interno de pigídio em vista dorsal. (k)–(n), *Praenucula* sp.; (k), CMP_AGD_016, molde interno de valva direita; (l)–(n), CMP_AGD_011, molde interno de valva esquerda (l, vista anterior; m, vista dorsal). (o)–(r), *Cardiolaria cf. beirensis* (Sharpe); (o), CMP_AGD_010, valvas unidas em posição “de borboleta”; (p), CMP_AGD_093, molde interno de valva direita com charneira bem preservada na parte posterior; (q)–(r), CMP_AGD_088, molde interno de valva direita com charneira preservada (q, vista lateral direita; r, vista oblíqua anterior); (t), CMP_AGD_012, molde interno de valva direita em vista dorsal oblíqua. (s), (w), (x), *Praealeda cf. ribeiroi* (Sharpe); (s), (w), CMP_AGD_019, molde interno de espécime com as valvas unidas e charneira preservada em vista lateral esquerda (s) e dorsal (w); (x), CMP_AGD_099, molde interno de valva esquerda. (u), (y), *Tancrediopsis escosuae*? (Sharpe), CMP_AGD_017, espécime com as valvas unidas em vista lateral esquerda (u) e dorsal (y). (v), *Hemiprionodonta cf. lusitanica* (Sharpe), CMP_AGD_005, molde interno de valva direita. (z)–(aa), *Myoplusia*? sp.; (z), CMP_AGD_060, molde em látex de molde externo de valva esquerda; (aa) CMP_AGD_009, molde interno em vista lateral esquerda. (ab), Bellerophontidae indet., CMP_AGD_027, molde interno em vista lateral esquerda. (ac), Platyceratoidea indet., CMP_AGD_037, molde interno em vista lateral. (ad)–(ae), *Heterorthina* sp., CMP_AGD_086, molde em látex de molde externo (ad) e molde interno de valva ventral de um espécime juvenil (ae). (af), *Conchoprimitia*? sp., CMP_AGD_096, molde interno de valva direita. Escala=2mm.

Figure 2. Upper Dobrotivian fossils from Arrancada do Vouga (Águeda). (a)–(d), *Crozonaspis* cf. *incerta* (Deslongchamps); (a)–(b), CMP_AGD_054, internal mould of cephalon in dorsal (a) and lateral (b) view; (c), CMP_AGD_043, internal mould of cephalon in dorsal view; (d), CMP_AGD_048, internal mould of pygidium in dorsal view. (e)–(j), *Crozonaspis* sp.; (e), CMP_AGD_104, latex cast of external mould of cranidium in dorsal view; (f), CMP_AGD_045, internal mould of meraspis cranidium in dorsal view; (g), CMP_AGD_042, internal mould of pygidium in dorsal view; (h), CMP_AGD_060, internal mould of pygidium in right lateral view; (i), CMP_AGD_051, latex cast of external mould of cephalothorax of meraspis in dorsal view; (j), CMP_AGD_040, internal mould of pygidium in dorsal view. (k)–(n), *Praenucula* sp.; (k), CMP_AGD_016, internal mould of right valve; (l)–(n), CMP_AGD_011, internal mould of left valve (l, anterior view; m, dorsal view). (o)–(r), *Cardiolaria* cf. *beirensis* (Sharpe); (o), CMP_AGD_010, specimen with conjoined valves in butterfly position; (p), CMP_AGD_093, internal mould of right valve with well-preserved hinge in posterior part; (q)–(r), CMP_AGD_088, internal mould of right valve with preserved hinge (q, right lateral view; r, anterior oblique view); (t), CMP_AGD_012, internal mould of right valve in oblique dorsal view. (s), (w), (x), *Praeleda* cf. *ribeiroi* (Sharpe); (s), (w), CMP_AGD_019, internal mould of specimen with the conjoined valves and with well-preserved hinge in left lateral (s) and dorsal (w) view; (x), CMP_AGD_099, internal mould of left valve. (u), (y), *Tancrediopsis escosuriae?* (Sharpe), CMP_AGD_017, specimen with conjoined valves in left lateral (u) and dorsal (y) view. (v), *Hemiprionodonta* cf. *lusitanica* (Sharpe), CMP_AGD_005, internal mould of right valve. (z)–(aa), *Myoplusia?* sp.; (z), CMP_AGD_060, latex cast of external mould of left valve; (aa) CMP_AGD_009, internal mould in left lateral view. (ab), Bellerophonitidae indet., CMP_AGD_027, internal mould in left lateral view. (ac), Platyceratoidea indet., CMP_AGD_037, internal mould in lateral view. (ad)–(ae), *Heterorthis* sp., CMP_AGD_086, latex cast of external mould (ad) and internal mould of ventral valve of a juvenile specimen (ae). (af), *Conchoprimitia?* sp., CMP_AGD_096, internal mould of right valve. Scale=2mm.

uma biozona de extensão do Oretaniano superior ao Dobrotiviano inferior, e *H. kerfornei* Mélou, que, conjuntamente com *Aegiomena mariana* Drot, define uma biozona que caracteriza o topo do Dobrotiviano inferior e grande parte do Dobrotiviano superior (Gutiérrez-Marco *et al.*, 2016).

3.4. Ostracodos

A atribuição de um único espécime a *Conchoprimitia?* sp. é feita com reservas. A valva preservada apresenta dois nódulos, simétricos e arredondados, ligeiramente mais próximos do bordo dorsal do que do ventral, separados por um sulco definido apenas dorsalmente (Fig. 2af). A sua morfologia geral recorda também *Euprimites* Hessland, mas em ambos os géneros a definição dos nódulos é inusual.

3.5. Quitinozoários

Uma única espécie, *Desmochitina minor* Eisenack, foi identificada na amostra mais produtiva, proveniente da base da unidade estudada. Os restantes quitinozoários recuperados encontram-se muito mal preservados para identificação. Embora tenha uma ampla distribuição estratigráfica, desde o Oretaniano até ao Berouniano da Iberoarmórica, *D. minor* é particularmente abundante no Dobrotiviano superior (topo do Grupo Cácemes da ZCI portuguesa e da Formação Andouillé de França), onde está representada por várias “formas”, e no Berouniano médio (*e.g.* formações Louredo e Cabeço do Peão, Paris, 1979; Vaz, 2010).

4. Implicações biostratigráficas

Na Iberoarmórica, *Heterorthis* tem uma distribuição do topo do Oretaniano superior ao último terço do Dobrotiviano superior (ca. Darriviliano superior), sendo um género com elevado valor biostratigráfico, definindo duas das biozonas de braquiópodes do Ordovício desta região (Gutiérrez-Marco *et al.*, 2016). A sua ocorrência nos níveis estudados com a forma *Crozonaspis* cf. *incerta*, permite estreitar a datação desta associação. Esta trilobite é aqui identificada em nomenclatura aberta porque, pese embora apresente todos os caracteres de *Crozonaspis incerta*, restrita ao Dobrotiviano superior em França e Espanha (ca. Darriviliano superior-Sandbiano inferior), existe outra forma muito semelhante que lhe sucede estratigraficamente, *Crozonaspis chauveli*, do Berouniano inferior ibero-armoricano. Dada a presença de *Heterorthis*, cuja última ocorrência está bem restringida ao topo do Dobrotiviano, e a inexistência de formas da linhagem *incerta-chauveli* anteriores ao Dobrotiviano superior, restringimos a datação desta associação a esta última idade. Também a ocorrência de *Praeleda* cf. *ribeiroi* e *Crozonaspis* sp. enquadram a associação

estudada no curto intervalo temporal do Dobrotiviano superior-Berouniano inferior (restringida à primeira destas idades pela presença inequívoca do género *Heterorthis*). A primeira forma, a confirmar-se a sua identidade, era conhecida apenas no Berouniano iberoarmoricano, a segunda, claramente distinta de *C. struvei* Henry que caracteriza o Dobrotiviano inferior da ZCI portuguesa e cuja morfologia pigidial muito particular, apenas encontra paralelo numa forma não descrita do Dobrotiviano superior de Espanha ou em *C. primula* do Berouniano inferior de Marrocos.

No que diz respeito à biostratigrafia da ZCI portuguesa, e embora partilhando algumas espécies com a muito fossilífera Formação Fonte da Horta, datada do Dobrotiviano inferior e com as raras e pouco diversas associações reportadas na Formação Cabril (Young, 1985; Romão, 2000), a associação estudada está caracterizada pela ocorrência de um conjunto de formas até ao momento desconhecidas no Dobrotiviano português (*C. cf. incerta*, *Crozonaspis* sp. e *P. cf. ribeiroi*), sugerindo representar uma das mais recentes associações macrofossilíferas deste andar a nível nacional. No entanto, é importante também considerar a influência das litofácies, sendo que na ZCI o Dobrotiviano superior está maioritariamente representado por fácies menos profundas (areníticas) do que aquelas aqui estudadas.

5. Correlação regional e conclusões

Os novos dados constituem a primeira datação biostratigráfica do Ordovício de Águeda, comprovando a representação do andar Dobrotiviano no setor de Soutelo-Arrancada e demonstrando a ocorrência de níveis de transição entre o Ordovício Médio e o Superior na região. A sequência metarenítica aqui descrita, na qual a unidade estudada se intercala, apresenta afinidades com a Formação Cabril, restrita à ZCI de Portugal central. No subdomínio imediatamente a norte, desde o setor de Caldas de S. Jorge-Carvoeiro até ao Anticlinal de Valongo, uma maior profundidade durante o Ordovício Médio inibiu a deposição de arenitos durante este intervalo (Romano, 1982), estando o Oretaniano e Dobrotiviano representados por uma sucessão monótona, essencialmente argilítica, a Formação Valongo. Deste modo, quer do ponto de vista litoestratigráfico, quer do ponto de vista paleontológico, a sucessão do Ordovício de Águeda apresenta maior afinidade com a ZCI de Portugal central, particularmente com as unidades do Sinclinal de Buçaco, do que com o alinhamento a norte, no qual tem sido incluída.

Agradecimentos

Agradecemos ao Carlos Marques da Silva a revisão de uma versão preliminar deste texto, e a Hervé Toublanc pela disponibilização de meraspis de *Crozonaspis* para comparação. Ao José Romão e

Enrique Villas pela revisão e sugestões que fortaleceram as interpretações. Este trabalho foi financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia através dos projetos UID/Multi00073/2019, UIDB/00073/2020 e UIDP/00073/2020 da unidade de I e D Centro de Geociências (CGEO). Este trabalho teve também o apoio da Grant Agency of the Czech Republic, Project No. 18-14575S e é uma contribuição para o projeto IGCP 735 “Rocks and the Rise of Ordovician Life: Filling knowledge gaps in the Early Palaeozoic Biodiversification”.

Referências

- Babin, C., 1966. *Mollusques Bivalves et Céphalopodes du Paléozoïque armoricain*. Imprimerie Commerciale et Administrative, Brest, 470.
- Babin, C., Destombes, J., 1990. Les Mollusques Bivalves et Rostroconches ordoviçiens de l'Anti-Atlas marocain: Intérêt paléogéographique de leur inventaire. *Géologie Méditerranéenne*, **17**(3-4): 243-261.
- Babin, C., Gutiérrez-Marco, J. C., 1991. Middle Ordovician bivalves from Spain and their phyletic and palaeogeographic significance. *Palaeontology*, **34**(1): 109-147.
- Bradshaw, M. A., 1970. The dentition and musculature of some Middle Ordovician (Llandeilo) Bivalves from Finistère, France. *Palaeontology*, **13**(4): 623-645.
- Chaminé, H. I., Gomes, A., Teixeira, J., Fonseca, P. E., Pinto de Jesus, A., Gama Pereira, L. C., Soares de Andrade, A. A., Fernandes, J. P., Moço, L. P., Flores, D., Araújo, M. A., Rocha, F. T., 2004. Geologia, geomorfologia e estratigrafia dos domínios estruturais de Carvoeiro – Caldas de S. Jorge e de Soutelo – Arrancada do Vouga (faixa de cisalhamento de Porto – Coimbra – Tomar, NW de Portugal): implicações tectonoestratigráficas. *Cadernos do Laboratório Xeológico Laxe*, **29**: 299-330.
- Gomes, A., 2008. *Evolução geomorfológica da plataforma litoral entre Espinho e Águeda*. Tese de Doutoramento não publicada, Universidade do Porto, 347.
- Gutiérrez-Marco, J. C., Sá, A. A., García-Bellido, D., Rábano, I., 2016. The Bohemo-Iberian regional chronostratigraphic scale for the Ordovician System and palaeontological correlations within South Gondwana. *Lethaia*, **50**(2): 258-295. <https://doi.org/10.1111/let.12197>
- Hammann, W., 1974. Phacopina und Cheirurina (Trilobita) aus dem Ordovizium von Spanien. *Senckenbergiana lethaea*, **55**: 1-151.
- Henry, J. L., 1980. Trilobites ordoviçiens du Massif Armoricain. *Mémoires de la Société Géologique et Minéralogique de Bretagne*, **22**: 1-250.
- Moreira, N., Romão, J., Dias, R., Ribeiro, R., Pedro, J. 2019. The Finisterra-Léon-Mid German Crystalline Rise Domains; proposal of a new terrane in the Variscan Chain. In: Quesada, C., Oliveira, J.T. (Eds.), *Geology of Iberia: a geodynamic approach*: 207-228. https://doi.org/10.1007/978-3-030-10519-8_7
- Paris, F., 1979. Les chitinozoaires de la Formation de Louredo, Ordovicien Supérieur du synclinal do Buçaco (Portugal). *Palaeontographica Abteilung A*, **164**(1-3): 24-51.
- Pereira, A., Rodrigues, J., Gonçalves, S., Moreira, A., Silva, A., 2007. *Notícia Explicativa da folha 13-D, Oliveira de Azeméis*. Departamento de Geologia, INETI, 55.
- Pereira, S., 2017. *Trilobites do Ordovícico Superior da Zona Centro-ibérica portuguesa*. Tese de Doutoramento não publicada, Universidade de Lisboa, 714.
- Pereira, S., Colmenar, J., Esteves, C. J. P., Dias da Silva, I., Pires, M., Neto de Carvalho, C., 2021. The Enigmatic upper Ordovician of the Naturtejo UNESCO Global Geopark (Portugal). *Geoconservation Research*, **4**(1): 1-9. <https://doi.org/10.30486/gcr.2021.1913408.1053>
- Pires, M., Pereira, S., Colmenar, J., Esteves, C., Silva, C. M., 2018. Dados preliminares sobre a lito e biostratigrafia do Ordovícico do Sinclinal de Portalegre (Zona Centro-Ibérica). In: Pereira, I., Amaral, F., Vinhas, A. (Eds.), *Livro de Actas do VIII CJIG*: 89-92.
- Ribeiro, A., Romão, J., Munhá, J., Rodrigues, J., Pereira, E., Mateus, A., Araújo, A., 2013. Relações tectonoestratigráficas e fronteiras entre as Zonas Centro-Ibérica e Ossa-Morena do Terreno Ibérico e o Terreno Finisterra. In: Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P., Kullberg, J.C. (Eds.), *Geologia de Portugal, vol. 1 Geologia Pré-mesozoica de Portugal*: 439-486.
- Ribeiro, C., 1853. On the Carboniferous and Silurian Formations of the neighbourhood of Bussaco in Portugal. *Quarterly Journal of the Geological Society of London*, **9**: 135-161. <https://doi.org/10.1144/GSL.JGS.1853.009.01-02.29>
- Romano, M., 1982. The ordovician biostratigraphy of Portugal. A review with new data and reappraisal. *Geological Journal*, **17**: 89-110. <https://doi.org/10.1002/gj.3350170203>
- Romão, J. M. C., 2000. *Estudo tectono-estratigráfico de um segmento do bordo SW da Zona Centrolibérica, e as suas relações com a Zona Ossa Morena*. Tese de Doutoramento não publicada, Universidade de Lisboa, 322.
- Sá, A. A., Meireles, C., Coke, C., Gutiérrez-Marco, J. C., 2005. Unidades litoestratigráficas do Ordovícico da região de Trás-os-Montes (Zona Centro-Ibérica, Portugal). *Comunicações Geológicas*, **92**: 31-74.
- Souto, A. 1936. Geologia do distrito de Aveiro III. *Arquivo do distrito de Aveiro*, **2**(5): 136-149.
- Teixeira, C., 1955. *Notas sobre a Geologia de Portugal. O Sistema Silúrico*. Lisboa, 105.
- Teixeira, C., 1981. *Geologia de Portugal. Vol. I – Precâmbrico, Paleozóico*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 629.
- Vaz, N., 2010. *Palinoestratigrafia da sequência Ordovícico-Silúrica do Sinclinal Amêndoa-Mação*. Tese de Doutoramento não publicada, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 159.
- Young, T. P., 1985. *The Stratigraphy of the Upper Ordovician of Central Portugal*. Tese de Doutoramento não publicada, University of Sheffield, 441.
- Young, T. P., 1988. The lithostratigraphy of the upper Ordovician of Central Portugal. *Journal of the Geological Society of London*, **145**: 377-392. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.145.3.0377>