

# CADERNOS DE GEOGRAFIA

INSTITUTO DE ESTUDOS GEOGRÁFICOS  
FACULDADE DE LETRAS • UNIVERSIDADE DE COIMBRA  
COIMBRA 1996 N.º 15



## UM NOVO ESTUDO SOBRE O CARSO DO MACIÇO CALCÁRIO ESTREMENHO

Lúcio Cunha\*

Apesar da extensão que os afloramentos calcários ocupam no nosso país, sobretudo nas Orlas Mesoceno-zóicas, e da espectacularidade e interesse científico das formas cársicas que neles se desenham, não são ainda muito abundantes os estudos de geomorfologia cársica em Portugal. Daí a necessidade que sentimos de dar a conhecer nos *Cadernos de Geografia*, ainda que sob a forma de breve apresentação, a mais recente dissertação de doutoramento que, relacionada com esta temática, foi elaborada em Portugal.

Trata-se da dissertação defendida na Universidade de Lisboa, em Outubro de 1995, por José António Crispim Aleixo Alves, sobre "Dinâmica cársica e implicações ambientais nas depressões de Alvados e Minde"<sup>1</sup>. Apresentada para obtenção do grau de doutor na especialidade de Geologia do Ambiente, esta dissertação corresponde a um amplo e bem elaborado trabalho sobre o sector central e, porventura, também fulcral, pelo menos do ponto de vista geomorfológico, do Maciço Calcário Estremenho.

Logo no início (p. 13) o Autor aponta como objectivos principais "traçar o quadro dos factores presentes no desenvolvimento dos fenómenos cársicos da região", analisar "o papel da herança cársica na génese e evolução dos padrões de drenagem subterrânea" e, partindo dos padrões de circulação actual, "retirar ensinamentos aplicáveis à utilização e protecção das águas subterrâneas". Ainda na Introdução e ao apresentar as suas intenções de trabalho, apresenta e discute o significado da vasta bibliografia em que se irá apoiar e que, directa ou indirectamente, se relaciona com os diferentes temas em análise nesta dissertação.

No primeiro capítulo, "litostratigrafia e carsificação", J. A. CRISPIM passa em revista as diferentes formações geológicas da região, apontando as suas características petrográficas fundamentais e analisando os diferentes comportamentos face aos processos de carsificação. Assim, foi possível a distinção entre formações não carsificáveis e carsificáveis e, dentro destas, destacar o papel desempenhado pelas formações do Jurássico médio (com três diferentes subunidades: calcários aaleniano-bajocianos; dolomitos bajocianos e calcários batonianos)

aquelas em que se desenvolve a generalidade das formas cársicas do Maciço.

Apresentados os aspectos litológicos, o Autor passa à "caracterização estrutural e tectónica" (capítulo 2), procurando determinar "o papel das grandes fracturas na interligação de redes subterrâneas elementares e o papel de fracturas de menores dimensões no desenvolvimento destas", o que implica o estudo comparado da "génese e evolução das redes subterrâneas" e do modo como "o tipo e história tectónica das fracturas [que] lhe deram origem" (p. 33). Partindo dum vasto conjunto de dados estruturais recolhidos num laborioso trabalho de campo (levantamento de planos estriados) e tratados com métodos gráficos e numéricos variados, através do recurso a programas informáticos, foi possível a J. CRISPIM chegar a um quadro cronológico relativo dos diferentes episódios tectónicos que afectaram a área do Maciço. Neste quadro, em que se aceita a hipótese de inversão tectónica mesoceno-zóica, é identificada uma fase tectónica extensiva, após a qual se sucedem vários episódios compressivos com tensores máximos submeridianos e que teriam sido responsáveis pelo estabelecimento da faixa deprimida em que se alojam os *polja* de Minde e de Alvados. Talvez mais importante, pelo menos na perspectiva do geógrafo que faz esta apresentação, é a breve descrição da estrutura da área em estudo, com cartografia das grandes fracturas que enquadram as depressões de Minde e Alvados e mesmo com a apresentação detalhada da estrutura destas duas depressões (pp. 125 e 128).

No capítulo 3, "Elementos sobre a génese e evolução das redes subterrâneas", o Autor compara, através de métodos estatísticos, as redes de fracturação discerníveis à superfície com as direcções das galerias hipogéias, tendo concluído que o condicionamento estrutural que parece deduzir-se da simples comparação visual dos diagramas de fracturação e de orientação das cavidades não é integralmente suportado pela comparação estatística (pp. 141 e 142). No entanto, tal não significa uma total independência da morfologia das cavidades face às redes de fracturação detectadas à superfície. Significa, antes, que, para além do condicionamento resultante da fracturação, muitos outros factores vão condicionar o traçado

\* Instituto de Estudos Geográficos, Faculdade de Letras, Universidade de Coimbra

<sup>1</sup> CRISPIM, J. A. (1985) - *Dinâmica cársica e implicações ambientais nas depressões de Alvados e Minde*. Diss. doutoramento, Lisboa, 394 p. + Anexos (152 p., 2 figuras com 8 perfis geológicos e 5 mapas).



das galerias (como, por exemplo, a inclinação das camadas, referida na página 142, ou o próprio desenho do relevo como parece admitir-se na conclusão do trabalho - p. 384).

Uma importância especial foi também atribuída ao significado das películas e crostas negras a acastanhadas que revestem parcialmente as paredes, chão ou tecto de algumas cavidades, as suas concreções ou, mesmo, que envolvem seixos rolados das marmitas. O modo como estas películas, constituídas essencialmente por óxidos variados com predomínio para os óxidos de alumínio e de ferro, se distribuem no sector do Rio Negro da Gruta de Moinhos Velhos permitiu ao Autor a dedução de um modelo evolutivo aplicável genericamente também a outros sectores da Gruta de Moinhos Velhos e, mesmo, à Gruta do Almonda (p. 148). Pena que a estes depósitos não pudesse ter sido atribuído um significado cronológico. Aliás, também as tentativas feitas através da datação dos sedimentos carbonatados (concreções) destas cavidades saíram parcialmente frustradas, não tendo sido possível encontrar marcos cronológicos seguros para situar as complexas fases evolutivas das redes subterrâneas.

Com efeito, "os baixos teores de urânio dos mantos estalagmíticos e o elevado teor de tório detrítico dificultaram a datação pelo método U/Th" (p. 385), donde o pouco rigor das 20 datações obtidas em cerca de uma dúzia de amostras recolhidas em diferentes tipos de cavidades. Ficou claramente demonstrado que apenas a evolução das galerias semi-activas pode ser datada com recurso a este método, devendo para o estudo de galerias com evoluções mais antigas recorrer-se a outros métodos. Ainda assim, estas datações permitiram a J. CRISPIM tirar algumas conclusões acerca das condições evolutivas da drenagem subterrânea nas áreas de Vale da Serra, a Sul do polje de Minde, de Vila Moreira-Covão do Feto, do polje de Minde e do polje de Alvados, tendo considerado que, embora grande parte da evolução cársica deva ser francamente quaternária, existem cavidades fósseis que deverão ser bem mais antigas, mesmo quando colocadas em posição pouco elevada em relação às redes actuais (p. 385).

O capítulo 4 é dedicado ao estudo da ablação química, a que também é habitual chamar "erosão química", "denudação cársica", ou tão simplesmente "dissolução", ainda que tenhamos consciência de que estes termos são, porventura, tão criticáveis como o termo escolhido pelo Autor. No Maciço foram reconhecidas mais de uma centena de exurgências (115 estão representadas no mapa 5) distribuídas irregularmente pelas bordaduras Sul, Oeste e Nordeste do Maciço e pela linha de fracturação Alvados-Minde. Destas, foi feita a caracterização hidroquímica de 33 e foram avaliados os caudais de algumas delas através da correlação com os caudais medidos nos Olhos de Água do Alviela, a única exurgência do Maciço com valores registados regularmente. O cálculo do valor da erosão química, através de fórmulas semelhantes às propostas

por DRAKE e FORD (1973)<sup>2</sup>, foi efectuado para o ano hidrológico de 1990/91 e para a área drenada por esta exurgência, chegando-se a um valor de cerca de 56,4 mm/milénio. Ficou, no entanto, por referir, o modo como os quantitativos de precipitação deste ano hidrológico (e os valores do escoamento consequente) se ajustam aos valores médios normais, uma vez que o Autor apenas refere não ter usado os valores do ano de 1991/92, em que também acompanhou a evolução hidroquímica das águas desta exurgência, por este ter sido um ano particularmente seco. Este valor de 56,4 mm/milénio, próximo dos valores que o Autor<sup>3</sup> e o subscritor desta nota<sup>4</sup> tinham já calculado, através da fórmula de CORBEL, para o Maciço de Sicó (62,4 e 66 mm/milénio, respectivamente), foi considerado como susceptível de ser aplicado ao conjunto do Maciço, "em virtude de a extensão e as características desta nascente permitirem considerá-la representativa" deste espaço (p. 387). No entanto, o próprio Autor refere que se este cálculo for estabelecido para diferentes anos nesta mesma exurgência, ou quando aplicado a diferentes exurgências, revela uma grande disparidade nos valores que é possível obter (entre 40 e 90 mm/milénio), o que demonstra muito claramente que, para além das condições climáticas, elas próprias variáveis mesmo à escala do Maciço, também factores geológicos, morfológicos e mesmo de evolução regional recente pesam decisivamente no modo como se faz a dissolução dos carbonatos e como se processa a evolução do carso.

A "avaliação do grau de organização do aquífero cársico" dos Olhos de Água do Alviela (cap. 5) foi feita através de uma análise estatística dos hidrogramas e quimiogramas desta exurgência e da comparação dos resultados com os dados recolhidos na bibliografia especializada para outras áreas do globo e permitiu a inclusão desta exurgência e do sistema de cavidades por ela drenado no domínio dos "sistemas cársicos complexos" com "carso saturado importante" (MANGIN, 1975)<sup>5</sup>. Embora muito perto do equilíbrio, as águas desta exurgência estão quase sempre subsaturadas em relação à calcite e à dolomite, e a utilização dos critérios definidos por SHUSTER e WHITE (1971 e 1972)<sup>6</sup> levaria à inclusão deste

<sup>2</sup> DRAKE, J. J. e FORD, D. C. (1973) - "The dissolved solids regime and hydrology of two mountains rivers". *Proc 6th Int. Cong. Speleology*, Olomouc, 4, pp. 53-56.

<sup>3</sup> CRISPIM, J. A. (1986) - *Dinâmica cársica da região de Ansião*. Diss. PAPCC, Lisboa, 103 p.

<sup>4</sup> CUNHA, Lúcio (1990) - *As serras calcárias de Condeixa-Sicó-Alvaiázere. Estudo de Geomorfologia*. INIC, Col. Estudos de Geografia Física, Lisboa, 1, 329 p.

<sup>5</sup> MANGIN, A. (1975) - "Contribution à l'étude hydrodynamique des aquifères karstiques". *Annales de Spéléologie*, 29(3), pp. 283-332; 29(4), pp. 495-601; 30(1), pp. 21-124.

<sup>6</sup> SHUSTER, E. T. e WHITE, W. B. (1971) - "Seasonal fluctuations in the chemistry of limestone springs: a possible means for

aquífero, tanto nos sistemas cársicos de circulação difusa (com base nos índices de saturação da calcite), como nos sistemas com circulação em condutas (com base no coeficiente de variação de dureza). Ficou também demonstrado o chamado "efeito de pistão", com passagem progressiva de "águas da zona vadosa, de águas da zona epicársica e de águas com marcas da zona saturada", observado através do acompanhamento de um pico de cheia nos Olhos de Água do Alviela, e também simultaneamente nas exsurgências do Almonda e do Olho de Mira.

O último capítulo desta dissertação foi dedicado às características das circulações subterrâneas actuais e às consequências ambientais daí decorrentes. Através de várias traçagens efectuadas foi possível reconhecer e comprovar algumas direcções de escoamento, foram melhor delimitadas algumas bacias hidrogeológicas e, com base nos tempos de permanência dos traçadores nos aquíferos, foi possível tirar algumas conclusões sobre as suas condições hidrodinâmicas. Em relação às direcções de escoamento, as traçagens nem sempre confirmaram as indicações que pareciam deduzir-se da simples análise geológica da área. Por exemplo, a circulação do sector setentrional do Planalto de Santo António em direcção à Fórnia e ao Rio Alcaide que pareceria lógica e que ficou demonstrada com circulações fortes, em níveis altos, não pôde comprovar-se nas condições hidráulicas de caudais médios em que foram feitas as traçagens, já que apenas as exsurgências do vale do Lena parecem ter recebido os escoamentos (p. 295). Também parece posto em causa o facto de a Costa de Minde constituir uma barreira à circulação subterrânea, uma vez que a água perdida no sector SW do polje de Minde (p. 316) se dirige para as exsurgências de Vila Moreira e dos Olhos de Água do Alviela, ultrapassando a barreira margosa liásica da costa de Minde através de redes "tectono-cársicas". As diferentes velocidades da circulação observadas através das traçagens, permitiram também ao Autor concluir que os valores mais elevados na velocidade de circulação registados na área do polje de Minde (110 a 250 m/h) se deverão relacionar com o maior desenvolvimento do endocarso que aqui se desenha em calcários do Jurássico Médio. Uma outra conclusão saída dos ensaios de traçagem efectuados, e que confirma o que já tinha sido verificado a partir da simples análise dos caudais e do quimismo das águas nos Olhos de Água do Alviela, é a de que a variação do regime hidrológico e, nomeadamente, as situações de caudais elevados podem levar à entrada

em funcionamento de sistemas subterrâneos adjacentes, com misturas de águas que em muito complicam a compreensão da dinâmica dos sistemas hidrológicos cársicos.

O estabelecimento de curvas padronizadas para as descargas médias das principais linhas de circulação observadas através de traçagens (Algar da Arrroteia - Nascentes do Lena; Pousia de Parramau - Olhos de Água do Alviela; Pousia de Parramau - Nascente de Vila Moreira; Algar do Zé Lenha - Nascente de Vila Moreira e Algar do Zé Lenha - Nascente do Almonda) permitiu a simulação do resultado de derrames de algumas das substâncias poluentes mais típicas da região, resultantes das actividades industriais (têxteis e curtumes), urbanas e agropecuárias (suiniculturas) na qualidade da água das exsurgências. Embora se trate de um simples modelo de simulação, as conclusões a que J. CRISPIM chega são suficientemente preocupantes para deixar o alerta, tendo o Autor chamado a atenção para o efeito das lavandarias de lãs e da curtimenta mineral de peles que podem fazer elevar os teores em substâncias poluentes acima dos das normas legais. Das exsurgências analisadas, todas elas apresentam problemas de maior ou menor dimensão. Felizmente, os Olhos de Água do Alviela são a exsurgência menos afectada, embora, dentro do modelo proposto pelo Autor, possam acusar os efeitos da poluição industrial na área do polje de Minde com elevação dos teores em gorduras derivadas da curtimenta mineral acima do legalmente admissível. Note-se, no entanto, que não foram deduzidos os efeitos de descargas poluentes no período de estiagem, em que as concentrações serão muito mais elevadas e a circulação mais lenta, o que poderá acarretar situações de risco muito mais significativo (p. 392). Ficou também claramente demonstrada a importância que a região do polje de Minde assume para o controlo da qualidade da água do Maciço, não só devido às suas características hidrológicas (área que, simultaneamente, apresenta confluência e difluência, emergência e infiltração de águas) mas também devido ao facto de aqui se localizarem duas das principais povoações do Maciço, fontes de contaminação e utilizadoras deste recurso.

Fruto de um laborioso trabalho de campo, de laboratório e de gabinete, a dissertação de J. A. CRISPIM é um importante contributo para um melhor conhecimento do carso do Maciço Calcário Estremenho. Com efeito, passados quase meia centena de anos sobre o trabalho pioneiro de A. Fernandes MARTINS (1949)<sup>7</sup>, impunha-se não só a revisão do quadro geomorfológico geral do Maciço<sup>8</sup>, mas sobretudo uma descida ao níveis de maior pormenor,

characterising carbonate aquifers". *Journ. Hydrol.*, Amsterdam, 14, pp. 93-128.

SHUSTER, E. T. e WHITE, W. B. (1972) - "Source areas and climatic effects in carbonate groundwaters determined by saturation indices and carbon dioxide pressures". *Water Res. Res.*, 8 (4), pp. 1067-1073.

<sup>7</sup> MARTINS, A. Fernandes (1949) - *O Maciço Calcário Estremenho. Contribuição para um estudo de Geografia Física*. Coimbra, 248 p.

<sup>8</sup> FERREIRA, A. Brum *et al.*, (1988) - "Problemas de evolução geomorfológica do Maciço Calcário Estremenho. *Finisterra*, Lisboa, XXIII (45), pp. 5-28.

o que, pouco a pouco, tem vindo a concretizar-se com alguns estudos relativos a certos aspectos geomorfológicos do carso superficial<sup>9</sup>, mas a que continuava a faltar um estudo pormenorizado dos aspectos do carso profundo e da dinâmica hidrológica que este encerra. Este trabalho vem, assim, colmatar uma significativa falha no conhecimento dos aspectos cárscicos do Maciço. É pena, no entanto, que J. A. CRISPIM não tenha podido estender esta análise a toda a área do Maciço, assim como é pena que apesar do belíssimo esboço geomorfológico que apresenta para o polje de Minde (fig. 14, p. 307) não tenha podido dar mais relevância aos aspectos geomorfológicos do carso superficial onde certamente se encontrarão muitas

das respostas para um conhecimento mais cabal e integrado do carso do Maciço.

Uma grande virtude desta dissertação é, sem dúvida, o interesse aplicado de que se revela o conhecimento do modo de funcionamento dos sistemas cárscicos para controlar a qualidade da água, que nesta área muitos problemas apresenta. Espera-se, assim, que este trabalho tenha servido também para lançar as bases de um estudo detalhado, rigoroso e sério sobre os problemas ambientais do Maciço, dando particular atenção ao conjunto de agressões que, do ponto de vista ambiental, o Maciço Calcário Estremenho, apesar de ter grande parte da sua extensão incluída no Parque Natural das Serras de Aire e Candeeiros, está a sofrer, de modo a minorá-las e a recuperar um espaço de grande valor não só no plano estético e ecológico, mas também em todos os valores do património ambiental que encerra.

Um importante passo neste caminho seria, sem qualquer dúvida, a publicação do corpo principal desta dissertação, de modo a divulgá-la na comunidade científica em geral e a pôr à disposição de um conjunto variado de especialistas e de técnicos responsáveis pelos diferentes aspectos ambientais e de gestão do território na área do Maciço, as importantes conclusões sobre a dinâmica dos sistemas cárscicos a que J. A. CRISPIM chegou.

---

<sup>9</sup> Destes estudos merecem destaque duas teses de Mestrado defendidas nos últimos anos, por geógrafas das Escolas de Lisboa e de Coimbra:

RODRIGUES, M. Luísa E. (1988) - *As depressões de Minde e de Alvados. Depósitos e evolução quaternária das vertentes - estudo de geomorfologia*. Diss. mestrado. Lisboa, 208 p.

TELES, Virgínia (1992) - *Erosão fluvial em áreas cárscicas. Os vales do Lapedo, da Quebrada e da Fonte Nova (bordadura setentrional do Maciço Calcário Estremenho)*. Diss. mestrado. Coimbra, 168 p.