

ACADEMIA SÉRVIA DE CIÊNCIAS E ARTES

CONSELHO DE CARSTE E ESPELEOLOGIA

CARSTE

UMA MONOGRAFIA GEOGRÁFICA





Jovan Cvijić (1865-1927)

Academia Sérvia de Ciências e Artes
Conselho de Carste e Espeleologia

CARSTE
UMA MONOGRAFIA GEOGRÁFICA

por

Jovan Cvijić

Tradução de Luiz Eduardo Panisset Travassos
Revisão de João Henrique Rettore Totaro

Belgrado
1895; 2005

Belo Horizonte
2017

**Informações da edição do livro
»Cvijić and Karst«**

***Presidente do Conselho de Carste e Espeleologia da Academia
Sérvia de Ciências e Artes***

Stevan Karamata

Editores

Zoran Stevanović

Borivoje Mijatović

Preparação técnica

Saša Milanović

Branislav Petrović

Tradução para o inglês do livro »Karst« de Jovan Cvijić

Alisa Radić

Redação em inglês

Jelena Čalić

Aidan Foley

Neven Krešić

Aleksandra Gulan

Impresso em 2005 pela ZUHRA, em Belgrado.

Tradução e adaptação autorizada a partir do livro:

STEVANOVIĆ, Z.; MIJATOVIĆ, B. (Eds.) Cvijić and Karst.
ZUHRA: Belgrade, 2005.

**Informações sobre a edição brasileira do livro
»Carste: uma monografia geográfica«**

Editor executivo

Luiz Eduardo Panisset Travassos

Logomarca da série

Bruno Durão Rodrigues

Luiz Eduardo Panisset Travassos



Revisão técnica e de língua portuguesa

Prof. Dr. João Henrique Rettore Totaro

Como citar este trabalho:

CVIJIĆ, J. **CARSTE**: Uma monografia geográfica (1895). Belo Horizonte: PUC Minas, 2017. Tradução de Luiz Eduardo Panisset Travassos. Revisão de João Henrique Rettore Tottaro. ISBN 978-85-8239-051-1.

SUMÁRIO

A IMPORTÂNCIA DE CVJIĆ PARA A CARSTOLOGIA MUNDIAL: um prefácio para a edição brasileira do “Carste, uma monografia geográfica”	9
CARSTE: UMA MONOGRAFIA GEOGRÁFICA	16
INTRODUÇÃO	16
1. <i>KARREN</i> (Canais de dissolução)	26
2. DOLINAS	34
2.1. DEFINIÇÃO E NOMENCLATURA	34
2.2. FORMAS DAS DOLINAS	37
2.2.1. Formas regulares.....	37
<i>Terrenos entre as dolinas</i>	41
2.2.2. Tamanhos e formas atípicas.....	43
<i>Formas combinadas de dolinas</i>	44
2.2.3. Declividade das laterais das dolinas	44
2.2.4. Fundos e sedimentos das dolinas	46
2.2.5. Abismos	56
2.2.6. Desabamento de rochas em <i>cave windows</i> e <i>potholes</i>	67
2.2.7. Dolinas aluviais	71
2.2.8. Relação entre as dolinas e as cavernas	74
2.3. DISTRIBUIÇÃO LOCAL E POSIÇÃO DAS DOLINAS	82
2.4. RELAÇÃO ENTRE AS DOLINAS E <i>CHAMINÉS</i> GEOLÓGICAS	87
2.5. A FORMAÇÃO DAS DOLINAS.....	87

2.5.1.	Primeiras ideias sobre a formação de dolinas.....	87
2.5.2.	Fatos na avaliação da teoria do colapso.....	91
2.5.3.	A formação de dolinas verdadeiras.....	93
3.	RIOS CÁRSTICOS.....	98
4.	VALES CÁRSTICOS.....	106
5.	<i>POLJES</i>	113
5.1.	DEFINIÇÕES, NOMES E ÁREAS SUPERFICIAIS	113
5.2.	FORMAS E DIMENSÕES.....	117
5.2.1.	Vertentes e planícies: a composição das planícies do <i>polje</i>	119
5.3.	CONDIÇÕES HIDROGRÁFICAS DOS POLJES.....	120
5.3.1.	<i>Poljes</i> secos.....	121
5.3.2.	<i>Poljes</i> periodicamente inundados	122
5.3.3.	Lagos <i>poljes</i>	124
5.3.4.	Rios, nascentes, sumidouros e <i>estavelles</i>	129
5.3.5.	Inundação dos <i>poljes</i>	135
5.3.6.	Ocorrência e duração das inundações em <i>poljes</i> parcialmente alagados.....	138
6.	ESTRUTURA GEOLÓGICA E FORMAÇÃO DOS <i>POLJES</i>	140
6.1.	ESTRUTURA DOS POLJES NA BÓSNIA E HERZEGOVINA, ESLOVÊNIA E GRÉCIA	140
6.2.	ESTRUTURA DOS POLJES NA JAMAICA.....	140
7.	O CARSTE NA COSTA DO ADRIÁTICO.....	142
7.1.	LITORAL NÃO RECUADO.....	143
7.2.	LITORAL RECUADO	145

8. DISTRIBUIÇÃO DAS FEIÇÕES CÁRSTICAS 147

ANEXO 167

A IMPORTÂNCIA DE CVIJIC PARA A CARSTOLOGIA MUNDIAL: um prefácio para a edição brasileira do “Carste, uma monografia geográfica”

Prof. Dr. Luiz Eduardo Panisset Travassos

O carste como um tipo específico de relevo e paisagem que normalmente contém cavernas e sistemas aquíferos subterrâneos sempre atraiu e provocou a curiosidade humana ao longo de sua evolução. Tal característica acabou por estimular a especialização de muitos profissionais, em especial, aqueles ligados às Ciências da Terra e formados nos campos da Geografia, Geologia, Biologia e Ecologia, por exemplo. A partir da união de diferentes campos científicos e outras especializações, surge um campo específico de estudos que passa a ser conhecido como *Carstologia*.

Muitos leitores talvez estejam mais familiarizados com a Espeleologia, que é o ramo científico responsável pelo estudo das cavernas. A *Carstologia*, portanto, é a disciplina capaz de englobar a Espeleologia, pois as cavernas fazem parte de um geocossistema conhecido como *Carste*. Como um ambiente específico, os vários problemas ambientais que são encontrados nesse tipo de paisagem, normalmente, exigem abordagens que sejam diferentes daquelas padronizadas para outros geocossistemas.

Estudos específicos cuidadosos devem ser realizados para uma melhor gestão da paisagem. Devem sempre ser levados em conta e com mais profundidade os efeitos da influência de estruturas antrópicas construídas no carste visando, continuamente, a proteção do patrimônio abiótico e biótico (e.g.: cavernas, dolinas, lagoas, espécies endêmicas raras etc.).

Assim sendo, a ideia de traduzir a primeira tese de doutorado sobre o tema no mundo veio da necessidade de tornar disponível uma literatura histórica fundamental para os futuros carstólogos ou espeleólogos de língua portuguesa. Percebemos que alguns iniciantes, ou mesmo profissionais ativos, têm citado a obra “*Das Karstphänomen*” sem, ao menos, consultá-la em profundidade, pois está disponível somente em alemão desde a defesa de Jovan Cvijić, em 1893. Dois anos depois, em 1895, o mesmo trabalho foi publicado em sérvio com o título “*Karst, geografska monografija*”¹. Somente em 2005 grande parte do trabalho foi traduzida para o inglês. Agora, em 2017, a ideia é tornar o trabalho ainda mais acessível, apresentando aos interessados uma versão do trabalho em português.

Muitos podem se perguntar qual a importância de um geógrafo europeu de uma região ou realidade tão distante da de muitos leitores da língua portuguesa e, em especial, da realidade brasileira. Afirmo que justamente por termos a nossa colonização e formação geográfica repletas de contribuições do “Velho Mundo” devemos conhecer algumas de nossas origens.

No caso específico da Carstologia, Cvijić foi responsável por tornar um tipo complexo de paisagem mais conhecido por diversos cientistas, especialmente geomorfólogos e geógrafos da Escola de Viena e, posteriormente, das Escolas Alemã, Francesa e Anglo-Saxônica de Geografia. Além de pesquisar a parte física do carste, Cvijić também se dedicou ao campo da geografia humana e da cartografia elaborando, inclusive, um mapa etnográfico dos Balcãs.

Não desejamos, com isso, dizer que o Brasil não tenha importantes nomes na Carstologia nacional e, sim, lembrar as raízes mais remotas desse ramo do conhecimento para, então,

¹ **Nota do tradutor (N.T.):** Karst: a geographical monograph.

reforçarmos ainda mais as contribuições de espeleólogos e carstólogos que muito contribuíram para lançar as sementes do que temos hoje no Brasil, em um campo de estudos relativamente novo no país que data de fins da década de 1950.

Na própria Sérvia, Čalić (2007)² nos lembra que, embora as contribuições de Cvijić sejam as mais importantes para a Carstologia, outros naturalistas, viajantes e pesquisadores anteriores a ele merecem ser lembrados, pois, certamente, contribuíram para a criação das bases do conhecimento regional que se tornaria disponível. Viajantes e cientistas estrangeiros (e.g.: Otto von Pirch, Ami Boué e Felix Kanitz) e sérvios (e.g.: Milan Đ. Milićević, Jovan Žujović e Vladimir Karić) foram os responsáveis por criar uma espécie de introdução científica para o estudo do carste ao publicarem suas observações, notas, registros de viagem, textos descritivos e algumas tentativas de descrever o funcionamento do carste.

No caso brasileiro, para se ter ideia da tradição, o primeiro Congresso Brasileiro de Espeleologia foi organizado em 1964 e a Sociedade Brasileira de Espeleologia, fundada em 1969. Antes desse período, podemos destacar o nome de alguns precursores que, assim como os estrangeiros mencionados anteriormente, criaram as bases descritivas do carste nacional para que, depois, pudesse ser iniciada e consolidada nossa Carstologia. Os pioneiros no estudo das cavernas no Brasil foram essencialmente aqueles que, durante o Período Colonial, eram portugueses ou haviam nascido na Colônia. Os que mais se destacaram foram Ricardo Franco Serra (1786), Alexandre Rodrigues Ferreira (1790), Martim Francisco de Andrada (1803) e José Vieira Couto (1803). Após a vinda da família Real Portuguesa para o Brasil

²CALIĆ, J. Karst research in Serbia before the time of Jovan Cvijic. *Acta Carsologica*, v.36, n.2, p.315-319, 2007.

em 1808, naturalistas estrangeiros começariam a ter a oportunidade de iniciar uma nova fase pesquisas a partir de 1810. Os nomes de Spix, Martius, Pohl, Rugendas, Riedel, Lagsdorff, Walsh, Burton, Fountain, Saint Hilarie e Castelnau merecem destaque não do ponto de vista da carstologia ou da espeleologia, mas, sim, no registro dos aspectos fisiográficos do país. Até mesmo o próprio Imperador Dom Pedro II é citado por muitos autores como um entusiasta das ciências em geral. Até então, assim como o exemplo sérvio, tinham-se somente as primeiras descrições, comentários e notas sobre o carste e as cavernas brasileiras até uma maior divulgação e aprofundamento nas pesquisas serem realizados pelo dinamarquês Peter Wilhelm Lund (1801-1880) e pelo alemão Richard Krone (1861-1917). Seguindo o mesmo exemplo, destacamos o Dr. Heinz Charles Kohler^{3,4} como sendo o primeiro, assim como Cvijić, a escrever, em 1989, uma tese de doutorado inteiramente dedicada ao carste no Brasil.

A conexão entre Cvijić e a Academia Sérvia de Ciências e Artes sempre foi muito forte. Eleito membro da Academia em 1899, foi seu presidente entre 1921 e 1927, ano de sua morte. Na verdade, Jovan Cvijić foi um dos maiores cientistas da Sérvia, não só durante o período de seu trabalho ativo (final do século XIX e início do século XX), mas em toda a História daquele país. Formado em Geografia pela Universidade de Belgrado, logo tornou-se aluno dos famosos doutores Albrecht Penck e Eduard Suess, preparando e defendendo sua tese de doutorado em Viena, em 1893, quando retorna à Sérvia logo depois. À

³TRAVASSOS, L.E.P. Contribuições científicas do professor Dr. Heinz Charles Kohler para a Geomorfologia Cárstica Tropical brasileira. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.22, n.3, p.625-637, 2010.

⁴TRAVASSOS, L.E.P. Heinz Charles Kohler—O Carstólogo Brasileiro. **Revista da ANPEGE**, v.9, n.11, p.135- 138, 2013.

época, o país emergia de um prolongado período de dominação pelo Império Otomano (1459 a 1878) e, nas palavras de Stevanović (2005)⁵, estava desesperadamente à procura de uma nova estrutura organizacional europeia na política, na economia, na educação e nas ciências.

Cvijić tornou-se professor universitário e fundou um Departamento de Geografia na Universidade e a Sociedade Sérvia de Geografia, em Belgrado. Durante sua carreira, escreveu mais de 100 artigos científicos, dos quais mais de 40 relacionam-se ao carste. Foi duas vezes nomeado Reitor da Universidade de Belgrado e recebeu prêmios da Sociedade Geográfica Real de Londres, da Sociedade Geográfica Norte Americana e de outras academias, sociedades geográficas e instituições de países como Tchecoslováquia, Suíça, Rússia, Itália, Grécia, Alemanha, Polônia, Hungria e Romênia, entre outros. Durante o período entre 1917-1919, como professor visitante e Doutor *Honoris Causa*, ministrou palestras na Sorbonne, em Paris. Sua importância ainda pode ser avaliada pelo fato de que hoje quase não existe um especialista em carste ou ciências naturais que não use os termos popularizados por ele para descrever fenômenos específicos como as dolinas, uvalas ou *poljes*, por exemplo. Cvijić pertencia ao pequeno grupo de cientistas que descreviam precisamente os fenômenos e os incorporavam à ciência.

No entanto, durante seus numerosos trabalhos de campo ao longo da Península Balcânica e no sul da Europa, Cvijić pesquisou outros tipos de relevo que não o cárstico. Além disso, Stevanović (2005)⁶ afirma que o pesquisador deu muita importância às questões etnográficas e demográficas, tendo um papel

⁵STEVANOVIĆ, Z. Preface. In: STEVANOVIĆ, Z.; MIJATOVIĆ, B. (Eds.) **Cvijić and Karst**. Zuhra: Belgrade, 2005. p. 1-5.

⁶STEVANOVIĆ, Z. Preface. In: STEVANOVIĆ, Z.; MIJATOVIĆ, B. (Eds.) **Cvijić and Karst**. Zuhra: Belgrade, 2005. p. 1-5.

importante durante e após a Primeira Guerra Mundial, quando um novo país, o Reino dos Sérvios, Croatas e Eslovenos (que mais tarde se tornaria a Iugoslávia) foi formado a partir dos reinos da Sérvia e Montenegro e daqueles outros países que compunham o Império Austro-húngaro e que eram habitados por povos eslavos. De acordo com Vasović (2005)⁷, entre 1888 e 1925, Cvijić conduziu explorações sistemáticas nos Bálcãs e em outros países, cobrindo uma área de aproximadamente 500.000 km². Outra contribuição importante do pesquisador foi a busca pela relação entre o ser humano e o ambiente.

Suas publicações podem ser divididas em pelo menos oito grupos principais, a saber: *a) Terminologia geográfica e geológica* (1); *b) Carste* (40); *c) Glaciologia dos Bálcãs, sul dos Cárpatos e Turquia* (19); *d) Lagos antigos e atuais dos Bálcãs* (8); *e) Morfologia, tectônica e geologia* (39); *f) Antropogeografia e etnografia dos Bálcãs* (22); *g) Métodos, cartografia e bibliografia* (12) e, *h) Assuntos nacionais e etnográficos* (39).

Cvijić passou a maior parte de sua vida em Belgrado, morrendo aos 62 anos. Foi reconhecido e honrado com a criação de um Museu, em 1965, e pela construção de monumentos e nomeação de instituições públicas como o Instituto Geográfico Sérvio, criado em 1961. Conferências científicas realizadas em 1957, 1965 e 1977 foram realizadas 30 e 50 anos após a sua morte e nos 100 anos de seu nascimento, respectivamente.

Assim sendo, diante da inegável importância de Jovan Cvijić para a Carstologia, a versão em língua portuguesa do livro *Karst: a geographical monograph* é apresentada a todos aqueles que iniciam seus estudos em carstologia ou em geomor-

⁷VASOVIĆ, M. Jovan Cvijić (1865-1927). In: STEVANOVIĆ, Z.; MIJATOVIĆ, B. (Eds.) **Cvijić and Karst**. Zuhra: Belgrade, 2005. p. 9-10.

fologia cárstica, bem como aqueles que desejam conhecer um pouco mais sobre as origens dos estudos do carste.

CARSTE: UMA MONOGRAFIA GEOGRÁFICA⁸

Jovan Cvijić

INTRODUÇÃO⁹

As superfícies de muitas áreas desenvolvidas em calcário são caracterizadas por depressões que não apresentam declives contínuos, mas, em vez disso, são fechadas; vamos genericamente chamá-las de *bacias* (basins). Essas áreas apresentam inúmeras pequenas depressões ou *dolinas* (sinkholes) de forma

⁸**Nota do editor do livro “Cvijić and Karst” (N.E.):** A monografia original KARST (tradução para o sérvio do trabalho *Das Karstphänomen*, de Cvijić, publicado em 1895 pela Editora do Reino da Sérvia) apresenta um texto que aborda a gênese das feições cársticas e os processos de carstificação totalmente traduzidos para o inglês, enquanto que foram necessárias reduções em outros capítulos, sendo as quebras e partes omitidas identificadas com (...). A Introdução do trabalho de Cvijić foi quase completamente traduzida e, nela, o autor explica brevemente o *background* histórico dos estudos do carste e o conteúdo do seu trabalho. A maioria das palavras que Cvijić escreveu em itálico foram mantidas conforme o original, enquanto que alguns topônimos foram escritos conforme seu nome eslavo.

⁹**Nota do tradutor (N.T.):** Para a edição em português, os termos originais do texto escritos em itálico foram mantidos em itálico, embora alguns tenham sido traduzidos. Os termos em parênteses escritos em alemão, inglês ou francês no texto original em inglês foram mantidos como aparecem, assim como, na tradução para o inglês, alguns topônimos foram escritos conforme seu nome eslavo. As notas de rodapé, especialmente as referências, foram mantidas iguais aos originais. Notas do tradutor foram inseridas para facilitar a localização geográfica de algumas descrições. Além disso, para que tivéssemos um trabalho com a melhor qualidade possível, confrontamos a versão original em alemão com a versão em inglês quando alguma dúvida surgia.

arredondada; *vales cegos* ou depressões longas, onduladas e muitas vezes meandranças e extensas depressões ou *poljes*. Também, nas partes rochosas descobertas dessas áreas existem sulcos profundos e estreitos, separados por cristas afiadas, chamados de *karren* (lapies). Dentro dessas massas de calcário existem cavernas verticais e horizontais, frequentemente ramificadas e algumas com água corrente subterrânea. Essas formas são completamente diferentes daquelas que caracterizam os terrenos constituídos por rochas impermeáveis e sua criação é o resultado da influência direta ou indireta da água atmosférica (com seu CO₂) no calcário. É por isso que essas formas são desenvolvidas apenas em calcário puro. Se o calcário contém mais marga, e se, após a dissolução do calcário, menos do material insolúvel restante é erodido, isto é, se a camada de argila que cobre o calcário é mais espessa, esses fenômenos aparentes são mais fracos; podem estar recobertos por argila de tal forma que essas feições já não podem ser consideradas formas que caracterizam a superfície do terreno.

Chamaremos de *fenômenos cársticos* todas as formas acima mencionadas e que ocorrem no calcário sob a influência das águas. Áreas calcárias onde *karren*, dolinas, vales cegos e *poljes* representam formas superficiais do terreno e onde suas profundidades são caracterizadas por cavernas e rios subterrâneos serão chamadas *áreas cársticas*. A impressão geral de uma área cárstica é a *fisionomia cárstica*.

Alguns *fenômenos cársticos* foram explorados durante pesquisa geográfica e investigação geológica de áreas cársticas. Em alguns locais foram pesquisados em maior detalhe do que

em outros, em particular na região do Carste Clássico de Kranj (Carniola)¹⁰, Ístria (na costa leste do Adriático) e no sul da França. Os fenômenos cársticos nessas áreas são, portanto, os mais intensamente explorados e pesquisados em profundidade.

Relatos sobre medições geológicas do Carste Adriático contêm importantes achados relacionados com os aspectos morfológicos e hidrográficos dessa área e com a relação entre a tectônica e a formação dos fenômenos cársticos. Os trabalhos mais importantes em certas porções do Carste Adriático são aqueles de Stache, Tietze, Mojsissovics e Reyer¹¹. O bem conhecido trabalho do geógrafo de Viena, Schmidl¹² (*Die Grotten und Höhlen von Adelsberg, Lueg, Planina und Laas*), cobre os resultados de explorações de todos os fenômenos cársticos da Eslovênia, bem como a determinação de suas características. Em 1850, Schmidl elaborou um mapa da “exata topografia de cavernas secas e cavernas com rios subterrâneos” naquele país. Seu trabalho contém inúmeras observações precisas sobre dolinas, especialmente as maiores e mais íngremes localizadas entre Planina e Ljubljana. Além disso, estuda as dolinas de abatimento da Černa Jama e Pivka, bem como a maioria das cavernas e rios que fluem na Eslovênia. De forma similar, mas de menor quali-

¹⁰**N.T.:** Região histórica que compreende grande parte da atual Eslovênia.

¹¹Stache. Die liburnische Stufe und deren Grenzhorizonte, Abh. geol. R. A. Bd. XIII. H. I 1889. – Tietze. Geol. Darstellung der Gegend von Karlstadt und dem nördlichen Theile des Canals der Morlacca, Jhrb. d. geol. R. A. 1873. v. Mojsissovics. Zur geol. der Karsterscheinungen. Zeitschr. d. deutsch. u. österr. Alpenvereins. 1880. – Reyer, Studien über das Karstrelief. Mitth. d. k. k. geogr. Gesellsch. in Wien p. 1881. 76 u 101.

¹²Die Grotten und Höhlen von Adelsberg, Lueg, Planina u. Laas. Wien 1854.

dade e com menos descrições está o trabalho de Mozer¹³ sobre o Carste de Trieste, investigando mais profundamente a pré-história. Finalmente, Supan¹⁴ ofereceu uma breve compilação dos resultados mais importantes das pesquisas detalhadas sobre o Carste Adriático.

Fournet escreveu uma monografia completa sobre os fenômenos cársticos do sul da França e do Jura com base, principalmente, em suas próprias observações¹⁵. O trabalho de Daubrée "*Underground waters*" contém quantidade expressiva de informações coletadas por pesquisadores franceses, enquanto aqui e ali são mencionados fenômenos cársticos em outras regiões¹⁶. Por meio dos esforços de Martel, os fenômenos cársticos do Planalto de Cévennes (Causses) e no sul da França em geral, foram explorados tão profundamente como os do Carste Adriático. Diferentes tipos de dolinas foram descritas e medidas e muitos fluxos de água subterrânea foram pesquisados. Assim, os trabalhos de Martel avançaram significativamente o conhecimento da morfologia e da hidrologia cárstica do sul da França¹⁷. O último trabalho de Martel foi publicado recentemente, contém

¹³“Der Karst.” Jahresbericht über das k. k. Gymnasium in Triest 1890.

¹⁴Österreich-Ungarn. 1889. p. 285.

¹⁵M. J. Fournet. Hydrographie souterraine. Mèm. de l' Akad. des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Lyon. VIII, 221-296.

¹⁶Daubrée, Les eaux souterraines I. p. 296 and others.

¹⁷E. A. Martel. Sous terre. Annuaire du Cl. Alpin Francais 1889. p. 102; Annuaire du C. A. F. 1888. p. 267; Ann. C. A. F. 1800. p. 204 u. 1891. p. 224. – E. A. Martel. Les nouvelles grottes de Cévennes. Societe languedocienne de geogr. 1889. p. 426. – Martel. Les Cévennes. Paris 1890. – De Launay et Martel. Note sur quelques questions relatives a la geol. de France XIX. 1891. p. 142.

todas as observações no sul da França, Bélgica, Eslovênia e Grécia. Este trabalho de Martel, assim como os anteriores, é majoritariamente descritivo. No entanto, muitas orientações práticas para os futuros exploradores, bem como fotografias, perfis e planos, tornam este trabalho um livro de recursos de primeira classe¹⁸.

Fenômenos cársticos individuais também foram sistematicamente estudados. Um renomado geólogo de Zurique, Heim, escreveu uma obra completa sobre os *karren*¹⁹. A publicação “*Über die Karst und Trichterplastik*” de A. Boué é o primeiro trabalho sistemático, ainda que incompleto e ocasionalmente incorreto, sobre a morfologia das dolinas²⁰. Não há obras que cubram vales cegos e *poljes* como um todo, ou que coletem e organizem todos os principais dados bibliográficos relativos a eles, ou que se baseiem em extensas observações sobre eles. Ainda assim, ambos fenômenos cársticos foram descritos com base em observações em diferentes áreas. Se tais dados fossem organizados sistematicamente, seria possível compreender sua natureza. As cavernas têm sido objeto de muitos trabalhos. Entre os mais importantes estão aqueles de Rosenmüller e Tilezi²¹,

¹⁸E. A. Martel. Les Abimes. Paris 1894.

¹⁹Über die Karrenfelder. Jahrbuch d. Schweizer Alpenclub. 1877-1878. Bd. 13. p. 421-433.

²⁰Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien; math. naturwiss. Classe XLIII. 1861.

²¹Beschreibung merkwürdiger Höhlen. I u. II. 1865.

Marcel-de-Serra²² e Boyd Dawkins²³, e os mais recentes de Fruhwirt²⁴ e Kraus²⁵.

Existem poucos trabalhos sobre os fenômenos cársticos em geral, e os que existem fazem parte, principalmente, de grandes compêndios geográficos e geológicos, cujo objetivo é oferecer apenas uma visão geral de tais fenômenos. Nos novos e excelentes trabalhos de Richthoffen²⁶, De Launay e De-Marzzeri²⁷, esses fenômenos foram apenas levemente examinados. Em seu “*Erdgeschichte*”, Neumayer ofereceu uma agradável, embora curta, revisão de todos os fenômenos cársticos²⁸; os *karren* pesquisados por Zippe na Eslovênia, foram identificados como fenômenos cársticos pela primeira vez. A formação de dolinas, cavernas e *poljes* foi explicada clara e detalhadamente com base nas pesquisas de Tietze e Mojsissovics. Em “*Physical geography*”, Günther organizou a maioria dos dados literários sobre aspectos cársticos, particularmente os do carste esloveno. Recentemente, Penck apresentou a revisão mais completa e original de tais fenômenos cársticos em seu trabalho “*Morphologie der Erdoberfläche*”²⁹.

No entanto, embora a literatura contenha muitas informações sobre os fenômenos cársticos, ainda não existe uma mo-

²²Essai sur les cavernes à ossements, 3-ième édit. Paris, Lyon, Montpellier 1838.

²³Boyd Dawkins. Die Höhlen und die Ureinwohner Europa's 1876.

²⁴Über Höhlen. Zeitschr. d. deutsch. u. österr. Alpenvereins, 1885. Bd. XVI.

²⁵F. Kraus. Höhlenkunde Wien 1894.

²⁶Führer für Forschungsreisende. Berlin 1886.

²⁷Les formes du terrain. Paris 1888.

²⁸Neumayer. Erdgeschichte I. p. 453-461.

²⁹A. Penck. Morphologie der Erdoberfläche II. 1894.

nografia sobre o fenômeno como um todo, pela qual numerosas questões poderiam ser, pelo menos em parte, definitivamente resolvidas. Assim, com base em suas próprias pesquisas, bem como em pesquisas bibliográficas, o presente autor ousou tentar responder a algumas das questões mais interessantes sobre a morfologia geográfica do carste.

As investigações conduzidas pelo autor incluem, em primeiro lugar, as áreas cársticas do leste da Sérvia, particularmente as de Kučaj, onde passou três férias de verão realizando explorações geográficas e medições geológicas. Para fins de estudos posteriores, fez viagens de três meses ao Carste Adriático em 1889 e 1892. Durante essas excursões científicas, foram exploradas as seguintes áreas: o entorno de Donji Logatec e a área entre Postojna e Planina, na Eslovênia, o Carste de Trieste, a região ao entorno de Rijeka, partes do sul da Ístria³⁰, entre Pazin, Zminje e Raša, assim como a região de Labin a Učka, parte do noroeste do Carste de Montenegro. A região no entorno de Gacko³¹, na Herzegovina, e certas partes da Dalmácia também foram pesquisadas. O autor também realizou missões de campo mais breves nas áreas de calcário devoniano da Morávia, noroeste de Brno³² e entorno de Dachstein, nos Alpes³³.

Os dados obtidos pelo Instituto Geográfico da Universidade de Viena, coletados por G. H. Müller, em Trieste, para uso científico e disponibilizados ao autor, foram de grande valia.

³⁰**N.T.:** Atual região da Croácia.

³¹**N.T.:** Cidade localizada ao leste da Herzegovina, na República Srpska, entidade da Bósnia e Herzegovina.

³²**N.T.:** Cidade da República Tcheca.

³³**N.T.:** Cidade da Áustria.

Vários membros da Secção Costeira da Associação Alpina Alemã-Austríaca, tais como o falecido Hanke, G. G. Müller e Maričić, passaram vários anos explorando sistematicamente as cavernas e a hidrografia subterrânea do Carste de Trieste. Eles mantiveram um diário com entradas contendo os resultados de suas explorações (*Grottenbuch der Section Küstenland*). Vou citar, com frequência, partes desses registros.

Pensado com o objetivo explicado anteriormente, meu trabalho “*Das Karstphänomen. Versuch einer morphologischen Monographie*”³⁴ foi publicado no início de 1893. Todos os periódicos científicos importantes escreveram notas sobre o trabalho. As opiniões expressas nesses periódicos continuam a me dar força para continuar e crer que até mesmo pequenas contribuições para a comunidade científica em geral não passam despercebidas. Ainda assim, numa área científica objetiva como esta, carregada de questões discutíveis exploradas por profissionais de vários níveis científicos e sujeita a discussões científicas excessivamente intensas, ficou claro para mim que a veracidade de minhas opiniões seria questionada. O livro de Fr. Kraus, “*Höhlenkunde*”, publicado no final do ano passado, serve para provar isso. A causa da discussão, que ocupa uma grande parte de seu livro, é a seção de meu trabalho que explica a criação de dolinas, na qual tive que descartar as explorações que ele conduziu em território esloveno, bem como suas interpretações erradas, juntamente com a teoria dos colapsos de rocha. Kraus, juntamente com E. Tietze, é o partidário mais apaixonado dessa

³⁴Geographische Abhandlungen, herausgegeben von Prof. A. Penck in Wien. Bd. V. Heft 3.

teoria e considero suas observações em capítulos correspondentes deste livro, escolhendo discuti-las detalhadamente de uma maneira mais apropriada e local.

Junto com as obras de Martel e Penck, mencionadas anteriormente, foram publicadas várias outras discussões sobre certos fenômenos cársticos em várias regiões após a publicação da minha tese. Com a finalidade de incluir os resultados positivos dessas discussões e trabalhos, e por causa do exposto acima, pareceu-me que seria útil traduzir “Das Karstphänomen” para o sérvio. Por outro lado, eu tinha razões muito mais importantes para este trabalho, como o encorajamento por parte de meus alunos da Universidade.

Fenômenos cársticos são abundantes na porção ocidental da Península Balcânica e é *impossível* estudar a geografia dessa área sem um conhecimento profundo dessas formas de relevo. Áreas típicas do carste são: a costa do norte do Mar Adriático, Lika e Krbava, Dalmácia, Bósnia ocidental, Herzegovina, Montenegro, a maioria da Albânia, Epiro³⁵ e Grécia, particularmente o Peloponeso³⁶. Tais fenômenos também aparecem na Sérvia, principalmente no leste (...).

O presente trabalho é organizado da seguinte maneira: o primeiro capítulo explica sucintamente os *karren*, que representam a forma mais estudada de fenômenos cársticos, e passa a dedicar especial atenção a aspectos mais complexos e questio-

³⁵**N.T.:** Nome de uma das 13 regiões modernas da Grécia, localizada no sudoeste da península balcânica. Historicamente, cobria parte da Grécia e da Albânia.

³⁶**N.T.:** Extensa península no sul da Grécia, separada do continente pelo Istmo de Corinto.

náveis. As dolinas, fenômenos cársticos mais frequentes e impressionantes, são discutidas extensamente, incluindo várias novas pesquisas. O capítulo sobre os rios é inserido antes do capítulo sobre os vales, pois, sem eles, os gêneros das últimas formas teriam permanecido pouco claros. As explorações realizadas no leste da Sérvia representam a base de ambos os capítulos, com exemplos de outras áreas cársticas incluídas meramente para confirmar as descobertas. Aos *poljes* atribuiu-se um capítulo à parte. Suas formas e condições hidrográficas são discutidas em pormenor, enquanto , devido à falta de novas explorações para resolver qualquer questão discutível, foi possível rever a formação dos *poljes* apenas em pinceladas corajosas, e, portanto, há muito espaço para futuras pesquisas. Atenção é dada, também, às costas cársticas, com a costa adriática tida como base. Este livro, que se ocupa da morfologia do carste, termina com uma revisão do alcance geográfico de tais fenômenos cársticos.

1. **KARREN (Canais de dissolução)**³⁷

Karren são formas que aparecem na superfície do calcário e consistem em ranhuras estreitas com cumes residuais afiados entre eles. As ranhuras são de vários decímetros de profundidade e, às vezes, até de 5 a 10 metros, enquanto as cristas residuais são mais finas e completamente afiadas em direção ao topo, ou sua superfície superior é quase plana e, em alguns lugares, sulcada por ranhuras secundárias que, da mesma forma que a superfície principal, apresenta inclinação em direção ao ponto mais baixo do terreno. As áreas maiores completamente cobertas por *karren* são chamadas de *campos de karren* ou *campos de lapiás (Karrenfelder)*. No entanto, sulcos largos e sinuosos que às vezes se alargam em marmitas erosivas, separadas umas das outras por cumes residuais arredondados, devem ser diferenciados dos *karren* típicos. Simony³⁸ também se refere a essas formas como *karren*, mas eles são facilmente diferenciados de *karren* típicos devido à sua falta de configuração.

No Montenegro e na Herzegovina, onde aparecem em grande número, tais formas (*karren*) são chamadas *škrape*, e nós adotamos essa terminologia local para tais ocorrências. Nos Alpes, eles carregam os nomes alemães *Karren* e *Schratten* e os nomes franceses *Lapiés* e *Sapias*³⁹. Os *Karren* nos Alpes foram os primeiros conhecidos pela ciência, especialmente aqueles que muitas vezes cobrem completamente o terreno calcário nas pro-

³⁷Em outro texto, o termo *karren* deve ser usado para descrever *solution channels* ou canais de dissolução (*škrape em sérvio, lapiés em francês*).

³⁸Simony. Über die Spuren der vorgeschichtlichen Eiszeit im Salzkammergute. Bericht über die Mitth. der Freunde der Naturwiss. in Wien 1847. I p. 228.

³⁹Renevier. Monographie des Hautes-Alpes Vaudoises. Matériaux pour la carte géol. de la Suisse 1890. p. 499.

ximidades da linha de neve. Esses tipos de *karren*, localizados em grandes altitudes, deram aos exploradores uma razão para pensar que o aparecimento dos *karren* está relacionado a determinadas altitudes. Recentemente, Ratzel⁴⁰ tem apoiado essa linha de pensamento. Mojsissovics afirma que os *karren* nos Alpes são semelhantes às dolinas que, igualmente numerosas, aparecem no Carste Adriático⁴¹.

Por outro lado, *karren* são encontrados na costa leste do mar Adriático, bem como nas costas do Peloponeso e Ilhas Jônicas. Stache descreveu *karren* muito bonitos na costa leste da Ístria, entre Stinjan e Fazan⁴², com cristas residuais entre os sulcos que são, frequentemente, de um metro de altura.

Hilber descreveu formas erosivas interessantes, muito parecidas com os *karren*, numa baía entre as serras de Picala e Masturaga, ao norte de Poreč⁴³, nos Alpes. Observou as mesmas formas nas ilhas de formas acentuadas de Kalbula e Barbaran, próximas a Poreč. De acordo com a pesquisa de Boblaye, a costa calcária do Peloponeso é frequentemente caracterizada por uma zona contínua de *karren*⁴⁴. Na parte sul de Ítaca, formada por calcário do Cretáceo Superior, os *karren* podem ser encontrados ao nível do mar⁴⁵. O mesmo ocorre em Kefalonia, onde os *karren* são abundantes nos picos mais altos do Monte Enos,

⁴⁰Über Karren. Leipzig 1891. p. 5.

⁴¹v. Mojsissovics. Grundl. d. Geol. von Bosnien-Herzegovina p. 226.

⁴²Stache. Die liburnische Stufe und deren Grenzhorizonte. Abh. der geol. R. A. XIII., I. p. 14.

⁴³Hilber. Geol. Küstenforschungen zwischen Grado und Pola am adriatischen Meere, nebst Mitth. über ufernahe Baureste. Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien XCVIII. I. p. 54.

⁴⁴Notice sur les altérations des roches calcaires du litoral de la Grèce. Journal de géol. 1831. III. p. 152.

⁴⁵J. Partsch. Kephallenia und Ithaka. Ergänzungsheft 98. zu Petermann's Mitth. 1890. p. 6.

bem como ao nível do mar⁴⁶. Ao longo da costa nessa área ocorre, frequentemente, um cinturão de cerca de 6 a 10 metros de largura coberto por *karren*, cuja superfície apresenta uma cobertura negra.

Karren também existem em locais de média a grande altitude no Carste Adriático. Eu os observei, tipicamente desenvolvidos, em Zadvarje⁴⁷, na margem esquerda do rio Cetina, a uma altitude de 240 metros, e perto de Oslog/Osli Dol, próximo a Berzec, na Ístria, a uma altitude de 560 metros. Na Herzegovina e no Montenegro, os *karren* são numerosos, como mencionado anteriormente. Na borda sudeste do Gacko Polje há uma plataforma rochosa chamada *Ljuti* cuja superfície completa, a uma altitude de 930 metros, é coberta por *karren*. Na porção rochosa do noroeste do Montenegro encontrei *karren* em níveis de 600 a 1.500 metros acima do nível do mar. Dr. Hassert encontrou um campo de lapiás em Durmitor, a uma altitude de 2.114 metros, e menciona, também, que encontrou *karren* em altitudes diferentes no carste montenegrino⁴⁸. A. Boué notou formas semelhantes a *karren* na área cárstica entre Blagaj e Nevesinje na Herzegovina⁴⁹, Hirz as notou em Rišnjak, ao norte de Reka⁵⁰ (Fiume) Zippe no Carste da Carniola⁵¹, J. Partsch os observou nas partes mais altas da ilha grega de Cefalônia⁵² e Zittel⁵³, em Velebit⁵⁴.

⁴⁶J. Partsch. Op. cit. p. 19.

⁴⁷**N.T.:** Município da Croácia.

⁴⁸Dr. K. Hassert. Reise durch Montenegro. 1893, p. 134 u. 135.

⁴⁹A. Boué. Über Karst- und Trichterplastik im Allgemeinen. XLIII. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch, in Wien 1861 p. 9.

⁵⁰**N.T.:** Rijeka, cidade da Croácia.

⁵¹In the article published in Schmidl's work Grotten und Höhlen p. 211

⁵²J. Partsch. I. cit.

⁵³Zittel. Die Morlakei und ihre Bewohner. Oesterr. Revue 1864. p. 227

⁵⁴**N.T.:** Velebit é o nome da maior cadeia de montanhas da Croácia.

Existem registros sobre a existência de *karren* em diferentes altitudes e em outras áreas cársticas. Penck os pesquisou nas rochas de Gibraltar⁵⁵ e nos Jura⁵⁶, onde identificou campos de *karren*⁵⁷, enquanto aparecem mais frequentemente ainda nas colinas ao redor de Toulon⁵⁸ e em vários locais da região italiana da Sicília⁵⁹.

No leste da Sérvia, *karren* podem ser encontrados em várias montanhas a grandes altitudes. Em Kučaj, aparecem em numerosos locais de 700 a 800 metros de altitude, bem como nas uvalas de Igrište e Torovište, e ao longo das margens do rio Frasula. Ao sul de Oštra Čuka existem campos de *karren* a uma altitude de 1.000 metros sobre o planalto de Velika Vlasina. Os *karren* são mais numerosos em Suva Planina, especialmente na parte chamada Valožje, localizados em pontos acima dos 1.000 metros.

No Líbano, os *karren* aparecem nas regiões mais altas, entre 1.000 a 2.000 metros, mas também podem ser encontrados a uma altitude de 200 metros. Áreas chamadas localmente de Bariyet-el-Hadjar são desertos rochosos e, de acordo com Diener, os *karren* representam as formas mais importantes da superfície. Também existem em diferentes altitudes no Antilíbano^{60, 61}.

⁵⁵**N.T.:** território britânico ultramarino localizado no extremo sul da Península Ibérica.

⁵⁶**N.T.:** Cadeia de montanhas francesas.

⁵⁷Ratzel. Op. cit. p. 5.

⁵⁸**N.T.:** Cidade francesa localizada no departamento do Var, região Provença-Alpes-Costa Azul.

⁵⁹Heim. Über die Karrenfelder. Jhrb. d. Schweizerischen Alp.-Vereines Bd. 13. p. 411.

⁶⁰**N.T.:** Cordilheira situada principalmente no Líbano, mas também em partes da Síria e Israel.

⁶¹Diener. Libanon. 1886. p. 212.

Pode-se concluir, a partir desses dados, que os *karren* representam formas importantes em áreas cársticas, e que tais áreas não existem sem *karren*. Portanto, é claro que os lapiás não são a fácies norte das dolinas, como afirmou Mojsissovics. Além disso, os *karren* e dolinas estão intimamente relacionados e aparecem juntos no Carste Adriático, bem como em outras áreas cársticas típicas.

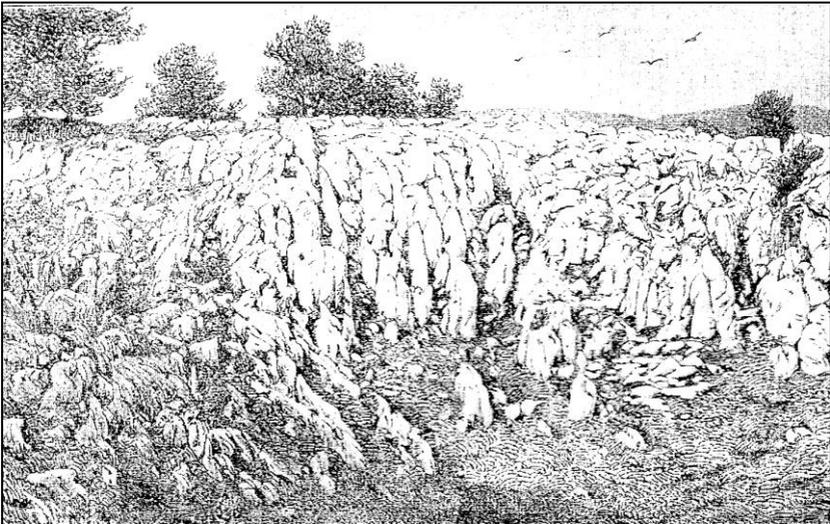


Fig. 1. Campo de lapiás (karren) em Igriste nas montanhas Kučaj.

As laterais de dolinas rochosas encontradas ao leste da Sérvia são sulcadas por *karren*. Nas uvalas Igriste e Torovište em Kučaj, as laterais noroeste das dolinas são inclinadas em ângulos de 30 a 50° interrompidos por numerosos *karren* cujos sulcos são muitas vezes de um metro de profundidade e inclinados para o ponto mais baixo da dolina. Os *karren* também são associados às dolinas no alto da colina de Devica e em Suva Planina. Na Garganta Duga, no Montenegro, os lados norte e

oeste das dolinas são cobertos por *karren* típicos consistindo, principalmente, de sulcos estreitos (...)

A partir dos dados mencionados até agora, é claro que os *karren* não estão relacionados a determinadas altitudes, pois aparecem em qualquer local nas áreas cársticas, do nível do mar às maiores altitudes, bem como em diversas condições climáticas diferentes. É particularmente importante ressaltar que tais ocorrências não se limitam a áreas que foram congeladas durante a era Glacial. Considerando isso, por razões geográficas, a opinião de Ratzel - de que os *karren* estão limitados a certas altitudes e que eles apareceram como resultado da influência da água de derretimento glacial antiga - não tem mérito.

Os *karren*, portanto, não se limitam a certas altitudes nem a antigas áreas glaciais, mas desenvolvem-se sob as seguintes condições:

1. Eles existem em áreas desenvolvidas em *calcário puro*. As áreas mencionadas anteriormente, nas quais os *karren* são mais numerosos, são compostas por esse tipo de calcário. É por essa razão que não são identificados *karren* na área devoniana da Morávia ou nas áreas cretáceas do norte da Europa que são compostas por calcário betuminoso e margoso.
2. Os *karren* típicos são limitados aos declives mais íngremes. É por isso que são identificados tão frequentemente nos lados mais abruptos das dolinas. Quanto mais horizontal for a superfície da lateral, mais típicas são as formas dos canais de dissolução. Se uma superfície é horizontal, os *karren* são extremamente raros e, onde existem, são irregulares, com furos profundos e sulcos estreitos e pequenos. Em locais onde os *karren* são abundantes, representam o oposto das dolinas que, como veremos, tendem a evitar encostas íngremes e

apenas excepcionalmente aparecem em números significativos nessas áreas.

3. Se ambas as condições precedentes forem cumpridas, os *karren* serão numerosos somente onde as rochas não são cobertas por vegetação e argila, que aparece como resultado da decomposição do calcário. Além disso, surgem em locais onde as rochas foram suficientemente umedecidas pela água. Heim foi o primeiro a insistir nessa condição.

As condições necessárias para a ocorrência dos *karren* mostram claramente que eles são formados pela erosão química das rochas sob a influência da água que corre sobre elas. Somente no caso dos *karren* em áreas costeiras, em contato mais direto com o mar, pode-se questionar se sua origem seria por causa da precipitação ou das ondas que batem incessantemente sobre a costa. Este último pensamento pode ser apoiado pelo fato de que os *karren* existem em carste litorâneo. Entretanto, é preciso destacar que não são encontrados em todos os litorais. Não vi *karren* em nenhum lugar ao longo de toda a costa da Baía de Kvarner⁶², de Rabac⁶³ a Kraljevica⁶⁴ e nem ao redor de Dubrovnik⁶⁵ e Kotor⁶⁶, permitindo a idéia de que mesmo os *karren* que aparecem em costas rochosas expostas parecem estar sob a influência da precipitação. De acordo com Boblaye, na costa rochosa do Peloponeso, os *karren* aparecem em maior quantidade 7 a 8 metros acima dos pontos mais altos que podem ser alcançados pe-

⁶²N.T.: Cidade na Croácia.

⁶³N.T.: Cidade na Croácia.

⁶⁴N.T.: Cidade na Croácia.

⁶⁵N.T.: Cidade na Croácia.

⁶⁶N.T.: Cidade na Croácia.

las ondas do mar⁶⁷. Portanto, não poderiam ter sido formados sob a influência das ondas. Como não é absolutamente exato que os *karren* nas margens apareçam sob a influência das ondas, não há razão para generalizar esse tipo de origem como faz Stache, nem faz sentido reduzir os *karren* no Carste Adriático à influência das ondas do mar que costumava cobrir a área⁶⁸.

Mesmo se admitirmos que alguns *karren* costeiros⁶⁹ foram formados pelas ondas, é bem claro que esse não é o processo pelo qual os *karren* localizados em grandes altitudes no Carste Adriático foram formados. Somente a precipitação é de importância para sua formação e, portanto, os *karren* localizados em área de carste verdadeiro são originados conforme Heim explicou⁷⁰.

⁶⁷Boblaye. Op. cit. p. 156

⁶⁸Die liburnische Stufe. Abh. d. geol. R. A. 1889. XIII, ip. 14

⁶⁹Seria interessante determinar se esses *karren* litorâneos são verdadeiramente semelhantes aos *karren* típicos, ou se coincidem mais com as formas arredondadas mencionadas no início, chamadas fenômenos fluviais por Simony. Fotografias desses *karren* mostrados durante o simpósio de naturalistas e médicos em Viena (setembro de 1894) não representam *karren* verdadeiros. Uma vez que nunca vi *karren* litorâneos, não posso resolver esse problema.

⁷⁰Heim, 1. cit.

2. DOLINAS

2.1. DEFINIÇÃO E NOMENCLATURA

Dolinas são depressões em forma de bacia, não muito profundas, escavadas na rocha calcária. Seu diâmetro varia entre 10 e 1.000 metros, enquanto a profundidade pode ser algo entre 2 e 100 metros. Algumas se alargam para se tornarem cavernas, canais de cavernas extremamente ramificados e canais de rios subterrâneos. Entretanto, a maioria delas são formas que caracterizam a superfície do solo e se estendem para baixo apenas por fissuras. Portanto, incluímos sob o termo dolina (*sinkhole*) todas as pequenas depressões em forma de funil que dão a característica especial das áreas cársticas. Além das dolinas, o carste também apresenta formas maiores conhecidas como *poljes* na porção oeste da Bósnia e Herzegovina.

Limitando o termo dolina exclusivamente às depressões em forma de funil no calcário, podemos diferenciá-las em depressões semelhantes em forma, mas que foram criadas por processos distintos. Dolinas gigantes que aparecem em diferentes tipos de rocha, depressões bem formadas em gesso e loess⁷¹, depressões em forma de bacia em aluviões e várias formas de erosão em áreas glaciais devem ser bem diferenciadas das dolinas.

Muitos nomes diferentes, geralmente sinônimos, são usados em diferentes áreas cársticas para designar pequenas depressões em forma de bacia ou funil. Na Sérvia, são chamadas

⁷¹**N.T.:** Sedimento fino calcário essencialmente não consolidado nem estratificado, em geral homogêneo, permeável e cuja cor varia do bege ao cinza. Pode conter concreções calcárias e fósseis, sendo sua formação atribuída a depósitos de poeira trazida pelo vento.

vrtača (ou *vrtop*) e *ponikva*; em Montenegro, *do* e *uvala*; na Ís-
tria *dolac*, ao norte de Velebit, *duliba*.

Na área devoniana da Morávia, próximo a Brno, os tche-
cos chamam as dolinas de *zavrtki*⁷².

A língua francesa é bem rica em termos para as dolinas.
No sul da França e na parte francesa dos Jura, são chamadas:
entonnoir, *bétoir*, *anselmoir*, *embue*⁷³, *cloup*⁷⁴ etc.

Em países de língua inglesa, são chamadas *swallow hole*,
*sinkhole*⁷⁵, *cockpit*⁷⁶, *pot* and *kettle*. Na Irlanda, são conhecidas
como *sluggy* and *tourlough*⁷⁷.

O alemão parece possuir somente um termo popular para
as dolinas: *Höhle*, utilizado nos Jura da Francônia⁷⁸. Na literatu-
ra⁷⁹, são chamadas *Doline*, *Erdfall*, *Trichter*, *Einsturztrichter*
and *Sauglöch*.

Em italiano, as dolinas são chamadas de *busso* e *pozzo*⁸⁰.

Na literatura científica, especialmente em alemão e recen-
tamente em francês, o termo *Dolina* é geralmente utilizado para
um tipo de fenômeno cárstico e pensa-se que as pequenas de-
pressões são chamadas por esse nome em línguas eslavas do
Sul. Esse termo foi inserido na comunidade científica por meio

⁷²M. Križ. Die Höhlen in den mährischen Devonkalken. Jhrb. d. geol. R. A. XXXIII. 1883. p. 266.

⁷³M. J. Fournet. Hydrographie souterraine. Mém. de l'Académie de Sciences, Belles Lettres et Arts de Lyon VIII. 221-296. p. 13.

⁷⁴E. A. Martel. Sous terre. II-ième campagne. Annuaire du Club Alp. Fr. 1891. p. 212

⁷⁵Woods. Geol. Observations in South Australia. London 1862. p. 63.

⁷⁶Sawkins. Geol. of Jamaica p. 242.

⁷⁷Kinatan. Valleys. 1875. p. 141

⁷⁸**N.T.:** Região geográfica e histórica da Alemanha, situada no norte do esta-
do da Baviera.

⁷⁹Gumbel. Geogr. Beschreibung der Fränkischen Alp. (Frankenjura). 1891.
p.47.

⁸⁰Schmidl. Op. cit. – Foglio 48 and 36 of the Italian special map 1: 25,000.

de especialistas austríacos que pesquisaram o Carste da Eslovênia (Kranj), onde as depressões são verdadeiramente chamadas de *dolina* (por exemplo, na área entre Planina⁸¹ e Ljubljana⁸²) uma vez que não há outros vales na área, exceto as dolinas.

Às dolinas tipo abismo que se desenvolvem até cavernas por meio de condutos, chamamos de *vigled*, *zvekara*, *bezdan*, *propast*, *stromor*, *surdup* (e *surdupina*) etc. A palavra *bezdan*⁸³ também é utilizada em Kranj, juntamente com as palavras *jama*⁸⁴ e *luknja*⁸⁵.

Em tcheco, os termos são *propast* e *propadani*.

O francês também possui vários termos para esse tipo de dolina. São chamadas de *aven*, *igue*⁸⁶, *abîme*, *gouffre* e *goule*⁸⁷. Em inglês, os termos são *light hole*, *native well* e *sink*⁸⁸. Alemães as chamam de *Schlot*.

É bastante conveniente usar a palavra francesa *aven* e a palavra inglesa *light hole* para descrever dois tipos morfologicamente diferentes de abismos (com condutos). Identificaremos o primeiro termo francês, *aven*, com o que chamamos de *zvekara*⁸⁹, e o segundo em inglês, *light hole*, com o que chamamos de *vigled*⁹⁰.

⁸¹N.T.: Vila localizada no município de Postojna, Eslovênia.

⁸²N.T.: Capital da atual Eslovênia.

⁸³N.T.: Abismo, em sérvio. Em esloveno, tem-se *brezno*.

⁸⁴N.T.: Caverna, em esloveno.

⁸⁵N.T.: Buraco, em esloveno.

⁸⁶Martel. *Annuaire du C. A. F.* 1880. p. 101; *Ann. d. C. A. F.* 1890. p. 267.

⁸⁷Fournet. 1. cit.

⁸⁸Sawkins. *Op. cit.* p. 243.

⁸⁹N.E.: Buraco que ecoa, em sérvio.

⁹⁰N.E.: Janela de caverna, em sérvio, ou claraboia (N.T.).

2.2. FORMAS DAS DOLINAS

2.2.1. Formas regulares

Em cada área cárstica há *pequenas* dolinas em forma de bacia e funil cujas bordas são circulares ou elípticas e com profundidade entre 2 a 20 metros (média de 7 a 8 metros), enquanto o diâmetro é da ordem de 10 a 120 metros (50 metros em média). Os números superiores são o resultado das médias trabalhadas a partir de 300 medições que realizei em pequenas dolinas no leste da Sérvia, Carste Adriático, em Kranjska (Carniola), Ístria, Montenegro e Herzegovina.

Essas dolinas típicas ocorrem individualmente ou agrupadas em números tão altos que há, por vezes, 40 a 50 por quilômetro quadrado⁹¹. Tais formas dão a cada área cárstica seu aspecto característico e desempenham o mesmo papel que as pequenas formas de erosão desempenham em um terreno impermeável (...). O nosso pequeno mapa, para ser mostrado mais tarde, representa tal área cárstica.

Dolinas verdadeiras podem ser identificadas em três formas principais:

1. *Dolinas em foram de bacia*, apresentam profundidade pequena em comparação ao seu diâmetro. Iremos adotar esse nome para todas as dolinas que têm um diâmetro cerca de 10 vezes maior do que a sua profundidade ($D=10h$). O ângulo de inclinação dos lados dessas dolinas varia de 10 a 12°.

⁹¹De acordo com a contagem realizada perto de Ravnik (Unterdeutsch) em Kranj, em Gat, na Herzegovina e em Broćanac, no Montenegro, utilizei, de acordo com medições originais, mapas especiais de escala 1:25.000. Na região cárstica de Reka, a leste de Kastva, existem 40 dolinas por quilômetro quadrado.

2. *Dolinas em forma de funil.* Este grupo inclui todas as dolinas que têm um diâmetro de aproximadamente duas a três vezes maior do que a sua profundidade ($D=2h$ ou $D=3h$). A declividade das laterais varia entre 30 e 45°. Enquanto dolinas em forma de bacia têm fundos largos, as dolinas em forma de funil são progressivamente mais estreitas à medida que a profundidade aumenta. Há mais dolinas em forma de bacia do que em forma de funil. Em Montenegro e Herzegovina, por contagem, descobri que a proporção é de 1:4, na Eslovênia é de 1:6 e na Ístria, até de 1:10.

3. Dolinas do terceiro tipo são as *dolinas em forma de poço*. São buracos com lados íngremes, às vezes completamente verticais, formados imediata e diretamente próximo da superfície ou a partir do fundo da dolina. Neste último caso, representam formas de transição das dolinas em forma de funil para aquelas que têm forma de poço. *O diâmetro dessas dolinas é geralmente menor do que a sua profundidade* ($D < h$). Aquelas localizadas perto de Ravnik (nas proximidades de Dolenji Logatec) e Kranj (Eslovênia) são de 15 a 20 metros de profundidade, com um diâmetro de 2 a 5 metros. Esse é um tipo muito raro de dolina; na área que abrange 4 a 5 km² nas imediações do Ravnik, notei apenas seis dolinas bem formadas.

Dolinas em forma de poço também podem ser moldadas de modo que as suas paredes não desçam verticalmente. A Dolina *Prčidol*, próxima à Repentabor (Carste Triestino) parece uma dolina em forma de poço inclinada. Seu diâmetro é de cerca de 20 metros e sua profundidade de 15 metros. A Dolina *Hrib*, próximo a Basovica, não é tipicamente formada; é um verdadeiro

poço, dividindo-se a uma certa profundidade em dois poços menores e inclinados⁹². Dolinas inclinadas desse tipo, assim como as cavernas, representam feições que não são facilmente projetadas claramente em um plano horizontal. Portanto, há uma conexão entre dolinas bem formadas e as cavernas. Formações dos grupos a seguir, que parecem ser dolinas e devem ser chamadas de cavernas verticais, mostram uma conexão mais próximas às cavernas. Aqui estão as medidas de algumas dolinas bem formadas na Eslovênia e no Carste Triestino (Tabela 1).

Dolinas em forma de poço são geralmente raras em qualquer carste. No Planalto de Dachstein⁹³, nos Alpes, vi algumas nas proximidades de *Taubenkar* e *Ochsenwieshöhe*. São de 2 a 4 metros de profundidade e diâmetro de cerca de 1 metro. Dolinas com esse formato também são uma raridade na região. Elas existem em montanhas onde servem como sumidouros. Uma dolina em forma de poço circular é *Thiergartenloch* em *Dachstein*. Suas laterais sudeste cobrem seu fundo. O lado oposto, noroeste, é vertical e cortado por duas falhas transversais. Essa superfície representa o plano de deslocamento e colapso da rocha. Esse é o lugar onde grandes massas de detritos deslizam para baixo e cobrem seu chão na base.

⁹²Grottenbuch der Section Küstenland. Bd. I.

⁹³**N.T.:** Montanha mais alta dos Alpes de Salzkammergut, Áustria (2.995 m).

Tabela 1 - Dimensoes de dolinas bem formadas

Nome	Diâmetro (D)	Profundidade (h)
<i>Carste de Trieste</i>		
Dolina Prčidol, próximo a Repentabor	20 m	15 m
Krapna Vrh, próximo a Repentabor	15 m	25 m
Dolina “Na Krasi”, próximo a Leseča	-	23 m
Dolina próximo a Nebresica	-	28 m
<i>Carste Esloveno</i>		
Dolina próxima a Garčarevac	2,5 m	20 m
Kališnica	10 m	70 m
Smrečnica	-	60 m
Ribja Jama	-	58 m
Dolina na Faciski defile ⁹⁴	-	68 m
Jelenova Jama	-	13 m
Jurjeva Ograda ⁹⁵	-	8 m
Dolina Strmec próxima a Mala Račna ⁹⁶	-	83 m
Dolina Kališe ⁹⁷	5-6 m.	18 m
Dirupo di Smergo na Ilha Cres ⁹⁸	Cerca de 50(?) m	70 m
Gruspa, próximo a Bazata, na Cefalônia ⁹⁹	8 m	15 m

⁹⁴Putick. Mitth. d. k. k. geogr. Gesellschaft 1887. p. 561; ibidem, 1890. p. 483.

⁹⁵Schmidl. “Grotten und Höhlen von Adelsberg, Laas und Planina”, p. 158.

⁹⁶Hrasky. Mitth. d. Section für Naturkunde 1889. p. 77.

⁹⁷Schmidl, op. cit. p. 159.

⁹⁸Lorenz, “Jhrb. d. geol. R. A.” 1859, p. 342.

⁹⁹Partsch. “Kephallenia u. Ithaka”. (Ergänzungsheft Nr. 98. zu Peterman. Mitth.) 1890. p. 19.

Terrenos entre as dolinas

Áreas no Carste de Trieste com muitas dolinas em forma de bacia e funil assemelham-se a um deserto rochoso caracterizado por um relevo irregular. As dolinas são as únicas formas que interrompem a monotonia dos desertos cársticos, distinguindo pontos mais altos e mais baixos. Além das típicas pequenas dolinas, também existem algumas grandes nessa área, com diâmetro entre 80 a 100 metros e com profundidade média de 10 a 15 metros. Vários *abismos íngremes e profundos* estão conectados ao fluxo de rios subterrâneos. As elevações entre as dolinas são caracterizadas por rochas extremamente *sulcadas* e frequentementeafiadas com o início visível da formação de *karren* e pequenos buracos verticais¹⁰⁰. O carste na porção noroeste de Montenegro e da Herzegovina apresenta as mesmas condições, mas com uma relação mais elevada. *Os lados das dolinas são caracterizados pela presença de muitos karren*. Nessa área cárstica, existem algumas dolinas *extremamente grandes*, criando uma transição em direção aos *poljes*. O terreno nem sempre está nu e corroído entre as dolinas. Muitas vezes percebem-se rochas arredondadas individualmente que sobressaem à superfície, correspondendo à inclinação das camadas dos afloramentos: *terra rossa* acumulada pode ser vista entre eles, abrigando a grama e arbustos como nos arredores do Gacko Polje na Herzegovina e Bročanačko Polje, em Montenegro.

¹⁰⁰“Inúmeras pequenas depressões e elevações são frequentemente notadas no carste, melhor comparadas com algumas redes irregulares, cujas partes sólidas representam o fio, enquanto as partes ocas, corroídas pela chuva e pela água do degelo, representam os nós” A. Bone. “Über die Karst – und Trichterplastik im Allgemeinen. Bd. XLIII Sitzber. d. k. Academie d. Wissensch.” p. 9.

A maior parte do Carste de Kranj¹⁰¹ apresenta esse *aspecto mais suave*. Além das dolinas típicas, também são encontradas dolinas com lados íngremes, bem como abismos que se conectam ao fluxo subterrâneo do Ljubljana¹⁰². O carste inclui áreas florestadas com muitas dolinas (...), como por exemplo aquelas próximas a Ravnik, em Kranjska, Liča e Fužine, na Croácia etc. (...).

A área cárstica do planalto do sul da Ístria não apresenta as *grandes diferenças de altitude* das áreas previamente mencionadas. As dolinas são *menores e igualmente profundas*. Em relação à profundidade, mesmo as grandes dolinas não diferem muito e as dimensões da maioria delas caem na categoria determinada como normal. Tais dolinas típicas são tão numerosas que em certas partes desse planalto aparecem como marcas no terreno. Existem algumas depressões pouco visíveis e rasas, contudo, com diâmetros proporcionalmente grandes. As dolinas tipo abismos são extremamente raras ou completamente ausentes. Nem as dolinas nem pequenas elevações entre elas são sulcadas: ao contrário, a superfície é normalmente recoberta por uma camada de *terra rossa* de 0,5 a 1 metro de espessura. Essas partes ligeiramente onduladas do planalto do sul da Ístria são plantadas com milho ou parreiras e, em alguns locais, cobertas de grama e arbustos de forma que a aparência resultante não é aquela rochosa e selvagem que prevalece em outras partes do Carste Adriático.

A área devoniana da Moravian apresenta muitas similaridades com o carste do sul da Ístria. Sua superfície é rochosa e as elevações e as dolinas são cobertas de argila que aparece como resultado da decomposição da rocha. Além disso, o solo é cultivado e densas florestas abundam. Também existem dolinas

¹⁰¹**N.T.:** Carste Clássico Esloveno.

¹⁰²**N.T.:** Rio da porção sul da Bacia de Ljubljana, Eslovênia.

rasas nessa área, enquanto os abismos estão associados com o fluxo subterrâneo do Sistema de Punkva (Macocho)¹⁰³. *As dolinas são poucas e distantes entre si, geralmente em forma de bacia que é o principal ponto de diferença entre a região da Morávia e do Carste Adriático (...)*”.

2.2.2. Tamanhos e formas atípicas

No carste, existem dolinas em forma de bacia e funil que são atípicas em relação às suas *dimensões horizontais*. Discrepâncias numerosas são facilmente percebidas.

Em primeiro lugar, existem apenas poucas *dolinas em forma de bacia com diâmetro muito pequeno*. Tive a oportunidade de observar tais dolinas no carste ao leste da Sérvia onde, em certos locais, aparecem em grande número. No carste moraviano, ao norte de Punkva (Macocho), observei três dolinas com 3 a 4 metros de diâmetro e uma profundidade de 0,5 metros. Suas bordas eram tão pouco visíveis que seu diâmetro era praticamente impossível de determinar. Em segundo lugar, existem as *dolinas em forma de funil com diâmetro pequeno*. No Carste de Trieste e da Ístria, seu diâmetro é de 3 a 10 metros, com cerca de 1 a 3 metros de profundidade (...).

(...) existem *dolinas em forma de funil com grande diâmetro*, arredondadas ou ovais. As mais profundas ficam cheias de água quando a neve derrete ou quando chove, criando lagos intermitentes. Até hoje, as dolinas desse tipo foram encontradas somente nos carstes do Adriático e da Eslovênia. A grande dolina dupla acima de Bakar¹⁰⁴, chamada de Ponikve, é do tipo re-

¹⁰³**N.T.:** Punkva é o nome de um rio subterrâneo do carste da República Tcheca. O Abismo de Macocha, onde é possível acessar o rio, está localizado ao norte da cidade de Brno, próximo à vila de Blansko.

¹⁰⁴**N.T.:** Bakar é uma vila na região oeste da Croácia.

dondo. É composta por duas dolinas: a norte tem um diâmetro de 800 metros e fundo plano, enquanto a sul tem um diâmetro de 700 metros. A última, por sinal, é sujeita a inundações (...).

(...) Dolinas de 1 a 4 quilômetros de profundidade podem ser vistas no Carste Adriático. Quando são identificadas, pensamos em inseri-las no grupo dos vales cegos. Essas *dolinas parecidas com vales cegos* estendem-se através das cavernas exatamente na direção dos estratos, com dolinas em forma de bacia e funil no fundo, normalmente alinhadas. Uma representante desse tipo é a Dolovska Korita, em Montenegro, com 2 quilômetros de comprimento e 40 a 50 metros de largura. Não há cascalho nem quaisquer outros sinais de erosão fluvial. A uvala de 3 quilômetros de extensão (vale cárstico) na fonte do rio Una, na Bósnia, representa uma outra dolina do mesmo tipo.

Formas combinadas de dolinas

Quando a parede entre duas dolinas desaparece, elas se fundem, criando uma *dolina composta (gêmea)*. Cada dolina mantém sua forma original enquanto, em conjunto, são uma elipse. Esse tipo de dolina pode ser observado no Carste de Trieste, especialmente nas proximidades de St. Kocian¹⁰⁵(...).

2.2.3. Declividade das laterais das dolinas

Os ângulos de declividade utilizados anteriormente como base para a definição do tipo de dolina não são sempre os mesmos em todos os lados da dolina.

¹⁰⁵Reyer. “Studien über das Karstrelief”, Mitth. d. k. k. geograph. Gesellschaft, 1881 p.1 (printed). – Tais dolinas compostas foram exploradas por Diener nos Alpes de Berchtesgaden (Libanon. p. 230).

Em algumas áreas cársticas, as superfícies das camadas criam *um lado das dolinas*, enquanto o outro lado, mais íngreme, é composto pelos afloramentos escarpados das camadas. Às vezes, essas camadas são formadas de maneira organizada, uma sobre a outra, criando uma sensação que o lado é terraceado. É desnecessário dizer que tais irregularidades em ângulos inclinados existem apenas em áreas de dobramentos (...).

(...) *as laterais das dolinas são inclinadas desigualmente particularmente nos casos em que as dolinas aparecem nos contatos do calcário com algum tipo de rocha impermeável*. Uma fileira de grandes e estreitas depressões fechadas atravessa de leste a oeste o Monte Kučaj, no leste da Sérvia (...).

(...) em todas as áreas cársticas, a neve tende a permanecer por períodos mais longos nas dolinas localizadas em lados não expostos ao sol. A neve derrete e a água seca nos lados expostos ao sol que, como resultado, se tornam côncavas abaixo; laterais noroeste tornam-se mais íngremes, com sumidouros que muitas vezes podem ser encontrados na base. Em áreas de dobramentos, as encostas das dolinas dependem, principalmente, *da declividade das camadas ou das fraturas*. Em áreas não dobradas, lados íngremes geralmente aparecem nos lados *expostos ao sol*. Isso mostra que as condições tectônicas e climáticas têm uma influência significativa nas formas das dolinas.

Karren podem ser frequentemente encontrados nas laterais das dolinas, especialmente em dolinas assimétricas e em lados expostos ao sol. As dolinas em Duga, Monte Kučaj e outros anteriormente mencionadas são caracterizadas pela presença de *karren*.

2.2.4. Fundos e sedimentos das dolinas

Os fundos das dolinas podem ser tanto isentos de qualquer tipo de material quanto preenchidos por argila que permanece como resultado da incapacidade de dissolução durante a decomposição do calcário.

1. É difícil encontrar dolinas sem qualquer sedimento em áreas cársticas. Tais *dolinas vazias* possuem fundos rochosos caracterizados por fissuras de absorção, e um ou vários sumidouros. Estas últimas formas são buracos em calcário sólido com diâmetro de 1 metro, servindo como sumidouro para a água atmosférica. As dolinas vazias podem ser encontradas somente no carste desenvolvido em calcário puro, particularmente em carste alpino ou de montanha. Eu vi tais dolinas, sem qualquer sedimento argiloso, em Kučaj e em Montenegro. Existem muitas dolinas vazias no carste de Ljuta, perto de Gacko, na Herzegovina. Um grande número de dolinas no Monte Kapela e Sinjski Bil (Velebit)¹⁰⁶ são desprovidas de sedimentos argilosos¹⁰⁷. Lipold observou dolinas vazias em Donja Kranjska^{108, 109}.
2. As partes inferiores das dolinas são, na maioria das vezes, cheias de sedimentos, (...) a chamada *terra rossa*, que muitas vezes contém oolitos de ferro e outras concreções ferrugino-

¹⁰⁶**N.T.:** Regiões na Croácia.

¹⁰⁷Tietze. “Zur Geol. der Karsterscheinungen”. Jhrb. d. geol. R. A. XXX. 1880. p. 753.

¹⁰⁸**N.T.:** Região geográfica na Eslovênia.

¹⁰⁹Lipold, Jhrb. der geol. r. a. 1858. p. 245.

sas¹¹⁰. A *terra rossa* nunca se apresenta em camadas; portanto, não há diferença entre os traços das partes superior e inferior. Na massa de *terra rossa*, pedaços individuais de calcário são muitas vezes espalhados aqui e ali, recobertos por marga vermelha.

Nas dolinas da Eslovênia, Ístria e do Carste Adriático, a *terra rossa* apresenta, normalmente, espessura de alguns centímetros a 1 metro. Em alguns locais, a espessura é de 3 a 4 metros, por exemplo, nas vizinhanças de Vizinad e Pazin, na Ístria¹¹¹. Na grande dolina Nabergoj, perto de Prosek¹¹², no carste triestino, a *terra rossa* tem cerca de 4 metros de espessura¹¹³ (...).

(...) *Terra rossa* é um produto da decomposição do calcário, impossível de dissolver. O que Zippe¹¹⁴, Neumeyer¹¹⁵ e T. Fuchs¹¹⁶ escreveram sobre a formação da *terra rossa* também pode ser aplicado à formação da argila encontrada no carste. De acordo com Stache, os produtos decompostos de outros materiais, como por exemplo, a argila ferruginosa formada durante o primeiro estágio de erosão, desempenharam um papel importante na formação da *terra rossa* no Carste Adriático¹¹⁷.

¹¹⁰Lipold, “Die Eisensteinfuhr. Lehme in UnterKrain”. Jhrb. d. geol. R. A. 1858. p. 252.

¹¹¹Morlot. “Über d. geol. Verh. von Istrien”. Haidinger’s “Naturwiss. Abh”. 1848, 257.

¹¹²**N.T.:** Cidade italiana Prosecco, próxima à fronteira com a atual Eslovênia.

¹¹³Moser, “Der Karst”, 1890.

¹¹⁴Schmidl, “Die Grotten und Höhlen von Adelsberg” 1854.

¹¹⁵Verh. d. geol. R. A. 1875, p 50.

¹¹⁶Verh. d. geol. R. A. 1875, p. 194.

¹¹⁷Stache, “Die liburnische Stufe und deren Grenzhorizonte”. Abh. d. geol. R. A. XIII. H. I. 1889. p. 71.

A formação da *terra rossa* começa em cada carste quando ele se torna seco e o processo continua até o tempo presente. A *terra rossa* é, portanto, *uma criação terrestre de diferentes épocas em diferentes áreas cársticas, em relação ao período - mais recente ou mais antiga - durante o qual o carste se tornou uma superfície seca*. Mesmo em uma única área cárstica, toda *terra rossa* não possui a mesma idade. A formação de *terra rossa* no Carste Adriático teve início no Neogeno e ainda continua até os dias de hoje¹¹⁸.

A *terra rossa* é muitas vezes transportada e, portanto, pode ser considerada um *produto eluvial*¹¹⁹. A erosão desempenha um papel significativo na *terra rossa* recolhida nos fundos das dolinas. Em carste alpino, onde o terreno é mais íngreme, a maior parte da *terra rossa* que uma vez já cobriu o solo entre as dolinas foi erodida. Sabe-se que os habitantes das áreas cársticas transportam *terra rossa* em quantidades significativas e, por isso, muitas dolinas são preenchidas artificialmente.

Os fundos das dolinas no Carste Adriático são preenchidos com *terra rossa*, bem como aquelas da porção ocidental da Península dos Bálcãs, Ásia Menor¹²⁰ e sul da França. O calcário branco da Jamaica também produz, por meio da decomposição, um sedimento verdadeiramente vermelho e ferruginoso que muitas vezes preenche o fundo de numerosas dolinas. A *terra rossa* às vezes atinge a mesma espessura que na Ístria. Da mesma forma que porções do sul da Ístria são chamadas de Ístria Rossa por causa da *terra rossa*, algumas colinas da Jamaica são chamadas de “Red Hills”¹²¹.

¹¹⁸V. Mojsisovics, Grundlinien der Geol. von Bosnien-Herzegovina”, p. 210.

¹¹⁹Segundo a acepção de Trauchold em “Über Eluvium”, Zeitschrift d. deut. geol. Gesellschaft. 1879. p. 538.

¹²⁰**N.T.:** Região histórica que compõe a maior parte da Turquia.

¹²¹Sawkins, “Geology of Jamaica” p. 28.

3. Os fundos das dolinas nem sempre são preenchidos com *terra rossa* típica. O silte muitas vezes é esbranquiçado, castanho ou preto, dependendo da composição do calcário ou da quantidade de material orgânico (...).
4. As dolinas são frequentemente preenchidas com produtos decompostos numa extensão que torna difícil reconhecer a forma característica de uma dolina. As observações de Lippold mostram a existência de tais dolinas no Carste da Eslovênia. Dolinas na área devoniana da Morávia são preenchidas de forma que são parecidas com caldeirões rasos. Muitas vezes, na superfície do calcário, existem depressões em forma de funil completamente preenchidas por produtos da decomposição de formações mais recentes (Jurássico, Cretáceo) (...).

(...) No fundo das dolinas também são encontrados materiais antigos, sem relação com os produtos de decomposição mencionados anteriormente. Próximo a Ochsenkoegl, bem como entre essa localidade e a ponta do glaciar Karlzeissfeld, em Dachstein¹²², morainas¹²³ podem ser encontradas (...).

(...) O preenchimento dos fundos das dolinas com silte, argila e outros produtos é de grande importância para o carste. Na maioria dos casos, a agricultura é limitada aos *poljes* e dolinas. No Carste Adriático, elas são cercadas de pedras a fim de evitar o colapso de rochas (...).

(...) Dolinas cheias de água doce são raras e aquelas com água salobra ou água salgada mais ainda. No entanto, existem *lagos-dolina* perenes ou temporários. Devido à permeabilidade do calcário, a água de precipitação é normalmente absorvida. É

¹²²N.T.: Cidade da Áustria.

¹²³N.T.: Nome mais comum para os acúmulos de sedimentos das geleiras.

bem conhecido o fato de que existe uma necessidade muito maior de água em áreas cársticas do que em qualquer outro tipo de terreno. Cada poço é extremamente importante como fonte de água potável para o gado, e cada dolina contendo água é muito apreciada pelos habitantes locais. Esta é a razão pela qual cada uma delas tem um nome.

A água captada em dolinas, bem como em *poljes*, ocorre de duas maneiras:

1. A água de precipitação é capturada nas dolinas, onde os sedimentos são capazes de vedar qualquer fratura ou fissura no fundo. Tais dolinas, cheias de água atmosférica, aparecem em todas as áreas cársticas e a maioria delas seca durante os meses quentes de verão. No carste do leste e oeste da Sérvia, tais dolinas são chamadas *lokve*¹²⁴; em Kranj e no Carste Adriático, são chamados de *lokve* ou *kal*. No Montenegro, esse tipo de dolina é murado e transformado em cisternas para o gado. As piscinas ou poços em Epirus, observadas por A. Boué, também se enquadram nessa categoria¹²⁵.

Na Jamaica, as *dolinas* preenchidas com água são chamadas de *lagos* ou *lagoas* de acordo com seu tamanho e potabilidade da água¹²⁶. *Lagoas* e *poços* do carste norte americano (...) também se enquadram nesse grupo.

2. Muitas vezes, a água na dolina constitui, na verdade, um corpo de água subterrânea, existindo no fundo somente em

¹²⁴**N.T.:** Poço ou poças.

¹²⁵A. Boué, “Europ. Türkei” 1, p. 42.

¹²⁶Ulrich, “Reisen und Forschungen” I. S. 26, 27, 34; Neumann und Partsch. “Physikalische Geographie von Griechenland”, 1885, p. 241. Pequenos lagos em Parna podem também pertencer a essa categoria.

épocas de chuva ou quando a neve está derretendo, quando a água subterrânea aflora e alaga a feição. A dolina também pode ser permanentemente preenchida por água do aquífero. Portanto, temos lagos-dolina *temporárias* e *permanentes*. Observei várias dolinas do primeiro tipo perto da vila de Stubice, no Montenegro. Clesius descreveu várias dolinas periodicamente inundadas próximas a Puži, nas vizinhanças de Rijeka^{127,128}. Elas são muito mais alagadas do que as dolinas grandes e profundas típicas. Vários lagos pequenos localizam-se no sopé do Monte Durmitor, em Montenegro, e podem ser lagos-dolina permanentes visto que estão localizados, de acordo com Tietze¹²⁹ e Hassert¹³⁰, em calcário Triássico, atingindo os níveis de camadas impermeáveis Wengen. As dolinas Jezero e Pavighe, localizadas na ilha de Krk¹³¹, são preenchidas com água de uma nascente¹³² (...).

(...) Se imaginarmos as grandes dolinas do Carste Adriático - como aquela perto de Rijeka (Ponikve e outras) - cheias de água, os lagos teriam exatamente as mesmas dimensões. Não há diferença entre os lagos e as dolinas conhecidas, uma vez que os lagos têm descarga no solo e estão localizados em áreas ricas em dolinas. Portanto, não é demasiadamente ousado concluir que os lagos são realmente grandes dolinas cheias de água. Da mesma forma, certos lagos nas proximidades de Bugey, denominados “lacs d’effondrement” por Delebecque, como o Lago Chavolais

¹²⁷**N.T.:** Cidade na Croácia.

¹²⁸Verhand. d. geol. R. A. 1867, p. 159.

¹²⁹Geol. Übersicht v. Montenegro. Jhrb. geol. R. A. 1884.

¹³⁰Reise durch Montenegro. 1893. p. 123.

¹³¹**N.T.:** Maior ilha da Croácia e do mar Adriático, com cerca de 405 km² e próxima ao continente.

¹³²Lorenz, “Die Quellen des liburnisch. Karstes”, Mitth. d. k. k. geogr. Geselisch. III. p.103.

(15 metros de profundidade), o Lago d'Armaille (12,5 metros de profundidade) e o Lago d'Ambleon (11 metros de profundidade), podem ser lagos-dolina desse tipo. Na profundidade de 6,5 metros, o lago d'Armaille apresenta descarga¹³³. Além disso, mesmo os lagos em calcário na Irlanda, cuja criação Hall¹³⁴ reduz à decomposição química do calcário, não são nada mais do que lagos-dolina (...).

A maioria das depressões com nascentes pode ser considerada dolinas bem formadas e cheias de água perene. Schmidl menciona vários tipos de dolinas bem formadas cheias de água perto de Dujin¹³⁵, no Carste de Trieste¹³⁶. Os Olhos de Guadiana¹³⁷ também se enquadram nesta categoria, bem como em muitos outros exemplos listados por Daubree.

No fundo do Lago de Annecy¹³⁸ e no Mar Adriático, existem nascentes sublacustres e submarinas com o formato de dolinas em forma de poço.

No Lago de Annecy, perto da cidade homônima e a uma distância de 200 metros da costa, Delebecque observou uma nascente profunda chamado Boubioz. O fundo do lago, inicialmente com 25 a 30 metros de profundidade, cai de repente para uma profundidade de 80,6 metros; Ele contém - similar ao seu contorno exterior - uma depressão elíptica e bem formada cujo fundo é de rocha maciça e sólida e cuja profundidade relativa é de 50 metros. A declividade das laterais dessa nascente subla-

¹³³Delebecque et Etienne Ritter, "Exploration des lacs du Bugey". Archives des Sciences Physiques et Naturelles XXII, 5. p.2.

¹³⁴Hall, "The physical geol. and geogr. Ireland". London, 1878, p. 198.

¹³⁵**N.T.:** Muito provavelmente, Duino, cidade italiana.

¹³⁶Schmidl. "Grotten und Höhlen". p. 194

¹³⁷**N.T.:** Nome dado às nascentes situadas no município de Villarrubia de los Ojos, Espanha. São consideradas as nascentes do rio Guadiana.

¹³⁸**N.T.:** Lago da região da Alta Saboia, leste da França. É o segundo maior lago francês, depois do Lago de Bourget.

custre às vezes chega a 40°. A temperatura da água da nascente é de 10,8°C, enquanto a água no fundo do lago tem, à mesma profundidade, uma temperatura de 3,5°C (...).

3. Dolinas localizadas perto da costa ou aquelas que atingem profundidades abaixo do nível do mar têm água salobra ou salgada. Na Ilha de Anguilla¹³⁹, perto da costa da Jamaica, as dolinas apresentam água salgada; trata-se originalmente de uma nascente que sobe e recua de acordo com as marés.

As dolinas Blato, Blatina e Slatina, localizadas na ilha de Mljet, contêm água salgada, embora seus fundos estejam localizados de 3,5 a 5 metros acima do nível do mar. A dolina Progiura, na mesma ilha, sempre apresenta água salgada, pois é ligada ao mar, separada apenas por uma parede fina de rocha. Serve como habitat para dois tipos de animais marinhos que são conhecidos por viverem somente no mar¹⁴⁰. Em direção à pequena ilha de Rogoznica, na Dalmácia, existe uma dolina de 30 metros quadrados, localizada em terreno seco, mas preenchida por água salgada¹⁴¹. Próximo a Epidaurus, na costa leste do Peloponeso, é possível ver uma dolina a apenas 100 metros do mar; seu nível de água está a 2 metros acima do nível do mar e possui profundidade de 30 metros. Apresenta conexão subterrânea para o mar e sua água é salgada¹⁴².

¹³⁹**N.T.:** Território britânico ultramarino no Caribe próximo, na verdade, de Porto Rico.

¹⁴⁰J. Partsch, "Detonationsphau" p. 11 u. 12.

¹⁴¹Gavazzi, "Ein Ausilung nach Rogosnica". Geological Annals of the Balkan Peninsula 16. III. p. 259.

¹⁴²"Expédition scientifique de Morée". II. 2 p. 324.

4. No carste alpino, as dolinas são preenchidas por neve durante todo o ano ou a maior parte dele. O planalto cárstico dos Alpes Calcários do Norte¹⁴³ possui muitos exemplos desse tipo de dolina. Em Dachstein¹⁴⁴, observei dolinas que estavam cheias de neve mesmo nos meses de verão. São separadas por barreiras corroídas de rocha que sobressaem da neve e são sulcadas por *karren*. A neve derrete e a água é absorvida no fundo e nas laterais das dolinas. A neve cai novamente e, como resultado, essas dolinas ficam preenchidas de neve a maior parte do ano. Tais *dolinas de neve* podem ser observadas em muitas partes do planalto de Dachstein, especialmente nas proximidades de Karlzeissfeld, mas existem ao longo de todo o planalto, uma vez que a neve permanece nele mais tempo do que nas regiões do entorno.

Em torno de toda a área de Tisselweld, (...) nos Alpes¹⁴⁵, encontramos dolinas com buracos no fundo e que se mantiveram preenchidas com neve durante todo o verão¹⁴⁶ (...).

Com base nos exemplos mencionados, pode-se afirmar o seguinte:

1. Fundo da dolina é composto por rocha - *dolinas vazias*.
2. Fundo da dolina preenchido por sedimentos finos sobre o calcário. Esse silte representa os resíduos impossíveis de

¹⁴³**N.T.:** Northern Limestone Alps, cadeia de montanhas localizadas na Áustria e no sudeste da Alemanha.

¹⁴⁴**N.T.:** Montanha mais alta dos Alpes de Salzkammergut, Áustria (2.995m).

¹⁴⁵**N.T.:** De acordo com a literatura em alemão, é provável que o autor esteja mencionando a região da Estíria (*Steiermark*), estado da Áustria cuja capital é Graz, ou Gradec, em Esloveno.

¹⁴⁶Geyer, “Über jurassische Ablagerungen auf dem Plateau des Todten Gebirges in Steiermark”, Jhb. d. geol. R. A. XXXIV, 1884. p. 336.

dissolver como resultado da decomposição do calcário e da formação das dolinas (elúvio)¹⁴⁷, ou que foram mobilizados durante ou após a formação das dolinas.

3. Em dolinas já *formadas*, existem materiais externos¹⁴⁸, como o acúmulo de morainas em dolinas de calcário Triássico no Planalto de Dachstein¹⁴⁹. *Durante e após* a formação das dolinas foram transportados materiais alóctones para seu interior (...).
4. A dolina pode ser preenchida por água:
 - a. *temporariamente*, se o aquífero atingir o fundo da dolina durante a estação chuvosa, ou se as fissuras forem seladas de tal forma que a água atmosférica coletada não possa ser drenada.
 - b. *permanentemente*, se o fundo da dolina estiver constantemente conectado a um aquífero (lago-dolina). Se a dolina se comunica com a água do mar, então apresentará água salobra ou salgada.
5. Dolinas preenchidas pela neve (*dolinas de neve*).

¹⁴⁷**N.T.:** Depósito residual de qualquer natureza, com muito pouco ou nenhum transporte do seu local de formação.

¹⁴⁸**N.E.:** Alóctones. **N.T.:** Neste caso, sedimentos encontrados na dolina, mas que não foram formados nela.

¹⁴⁹**N.T.:** Montanha mais alta dos Alpes de Salzkammergut, Áustria (2.995m).

2.2.5. Abismos

Os abismos íngremes e profundos¹⁵⁰ que se estendem até as cavernas e rios subterrâneos devem ser diferenciados das dolinas verdadeiras. Todas as formas deste grupo aparecem na superfície como dolinas em forma de funil e dolinas em forma de poço, mas no fundo se estendem em pequenas cavernas cegas ou são conectadas a condutos de cavernas e rios subterrâneos. Existem dois tipos de abismos:

1. *Potholes são dolinas íngremes e profundas que terminam em cavernas cegas, na maioria, pequenas cavernas.*

A entrada de um *pothole*¹⁵¹ é geralmente em forma de funil, raramente em forma de poço, arredondada ou oval. Suas dimensões horizontais são iguais às das dolinas normais: a extensão pode ser tanto um buraco quanto uma falha que mais tarde se alarga formando uma caverna cega. A conexão entre a dolina e a caverna é geralmente muito estreita.

No carste de Trieste e da Eslovênia, essas dolinas em forma de abismo consistem, principalmente, de um canal íngreme e uma caverna horizontal, posicionados um de frente ao ou-

¹⁵⁰**N.E.:** Dolinas em forma de abismo.

¹⁵¹**N.T.:** Na versão em inglês, o termo utilizado foi *pothole*, que possui a tradução literal de buraco ou caldeirão. Na geologia e geomorfologia, *marmita*, ou seja, cavidade vertical de boca circular, cônica e cilíndrica, decimétrica a métrica e com profundidade variável até decamétrica, escavada por redemoinhos em rocha ao longo do leito de rios e riachos. Seria possível utilizarmos o termo “marmite de dissolução”, mas, com as dimensões mencionadas por Cvijić, é possível utilizar o termo *buraco* para designar uma abertura profunda na superfície em direção ao subterrâneo, até mesmo uma *dolina de abatimento*, em forma de abismo. Optamos por manter o termo *pothole* nesta versão em português.

tro em um ângulo de 90 graus. A caverna em Prevala, próximo a St. Kocijan¹⁵², tem um canal vertical de 60 metros de profundidade que se transforma em uma caverna horizontal de 180 m de extensão. A Caverna Tre Colonne, próximo a Gabrovica¹⁵³, cai na mesma categoria, bem como várias cavernas no entorno de Nebresin e a nova caverna perto de Divača¹⁴⁸, entre outras. Quando a dolina é inclinada e a caverna horizontal, cria-se um ângulo abrupto. Os *potholes* que mostram a mesma relação são aqueles cujas dolinas são verticais e as cavernas cegas são inclinadas.

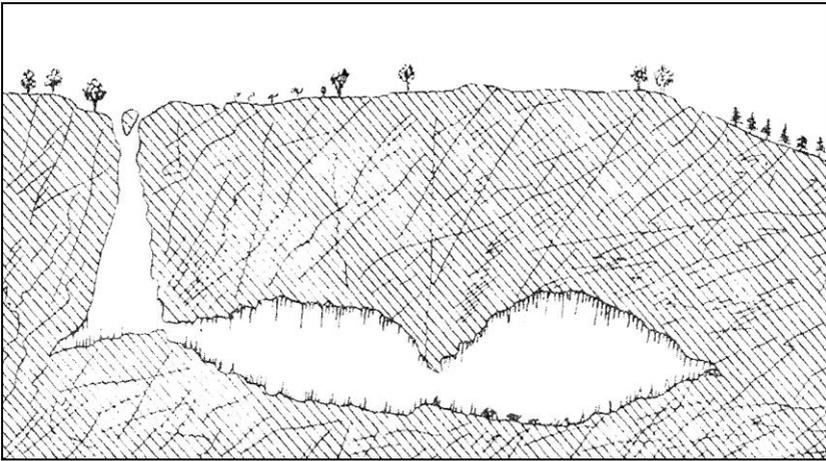


Fig. 2. Caverna em Prevala (St. Kocijan).

¹⁵²N.T.: Como, nas linhas seguintes, Cvijić menciona Divaca, é possível que Santo Kocijan seja Santo *Canziano* ou Škocjan, na Eslovênia.

¹⁵³N.T.: Vila eslovena, próxima ao litoral e localizada no Carste Clássico.

A Caverna “Na Krasi” (Schneider Georg Grotte), próximo a Trnovica¹⁵⁴, no Carste Triestino, consiste em um conduto de 60 metros de profundidade e uma caverna horizontal; a Caverna Bač, perto de Basovica¹⁵⁵, possui a mesma característica. Mais frequentemente, dolinas e cavernas são inclinadas na mesma direção, fazendo com que a dolina apareça como uma mera abertura para uma caverna inclinada. São exemplos as dolinas Mačk, perto de Basovica, e a Triglavica, entre Divača e Lokva, entre outras.

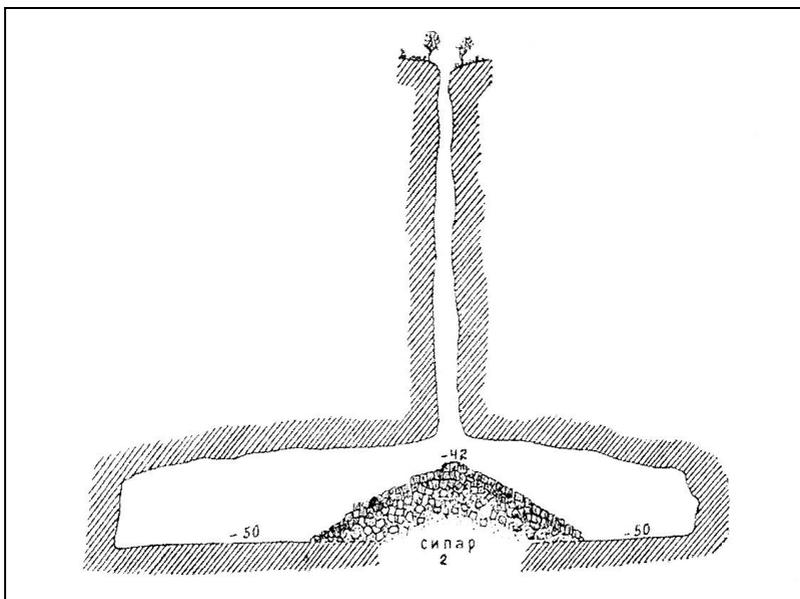


Fig. 3. Aven de la Rouveyrette, próximo a Bidon (Ardeche).

¹⁵⁴N.T.: Pequena vila eslovena no Carste Clássico.

¹⁵⁵N.T.: Pequena vila eslovena.

Nesta categoria encontram-se os numerosos *potholes* em Cévennes¹⁵⁶, como a Aven Mas de Rouquet (Larsac)¹⁵⁷, composto por um longo canal de 75 metros de comprimento e uma pequena caverna horizontal, bem como os Avens de Cats, de la Bastarde¹⁵⁸, de la Rouveyrette etc.

Numerosos *potholes* em Cosse, em Cévennes, possuem forma irregular, enquanto tais irregularidades são raras no carste triestino. O canal vertical e a caverna vertical não podem ser separados; *potholes* possuem formas mais complexas, consistindo em estreitamentos e expansões. A forma da entrada de um *pothole* é, muitas vezes, um funil. Além disso, em muitos casos, toda a feição consiste em funis invertidos colocados um sobre o outro. Seu final é estreito e a fissura é preenchida por *terra rossa*. Um exemplo típico desse tipo de *pothole* é a Grotte-Abîme des Baumes-Chaudes¹⁵⁹. O Aven de la Bresse, perto de Maubert, em Cosse Noire, possui um sumidouro na forma de funil e três extensões invertidas em forma de funil que se encontram uma sobre a outra estendendo-se a uma profundidade de 120 metros. O mesmo ocorre com o Aven de Tabourel, entre Maubert e Piche, em Cosse Noire¹⁶⁰, entre outros.

Como mencionado anteriormente, a entrada dos *potholes* possui as dimensões das dolinas regulares; exceções a essa regra

¹⁵⁶**N.T.:** *Cévennes*, ou Cevenas, é o nome de uma cadeia de montanhas localizada no centro-sul da França e que cobre parte dos departamentos de Gard, Lozère, Ardèche e Haute-Loire.

¹⁵⁷**N.T.:** Larzac é uma comuna francesa na região administrativa da Aquitânia, Dordonha.

¹⁵⁸Vallot “Grottes et Abîmes”. *Annuaire d. Cl. Alp. Franç.* p. 159, 169.

¹⁵⁹**N.T.:** Abismo localizado em Lozère, departamento francês localizado na região Languedoc-Roussillon, sudeste do país.

¹⁶⁰Martel, “Les Cévennes” p. 359.

são raras, como aquelas observadas no Aven de Guisotte, cuja entrada possui diâmetro de somente 1 metro ¹⁶¹.

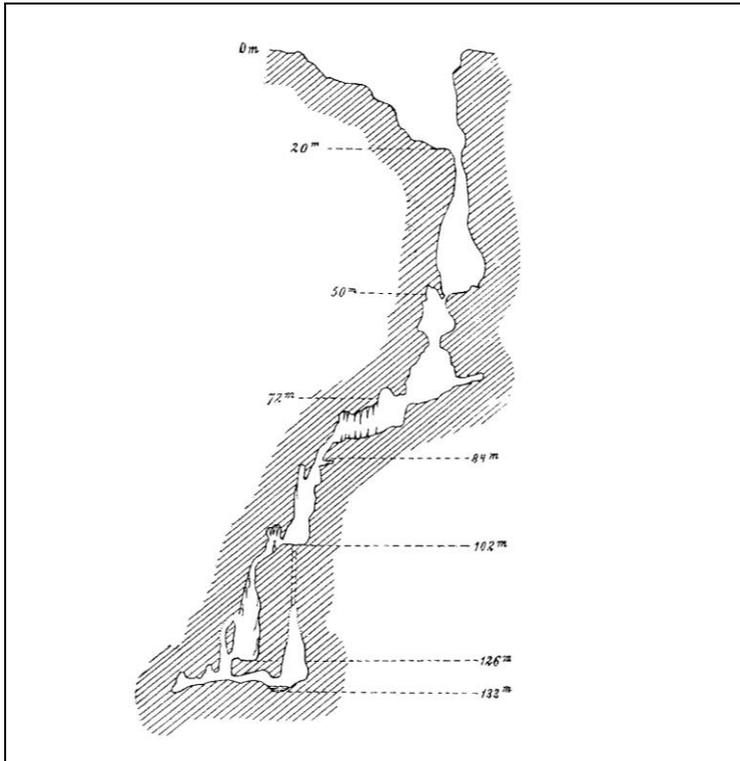


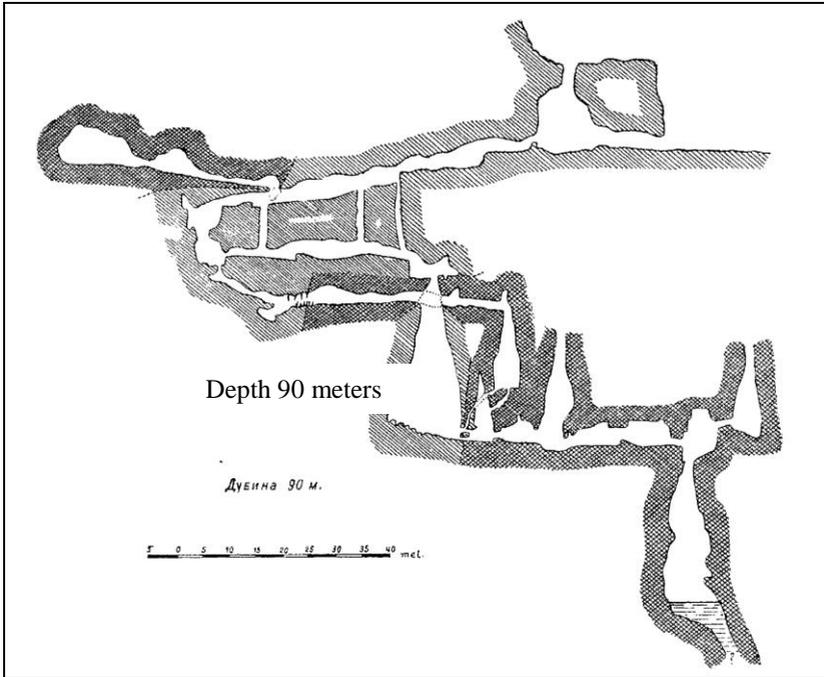
Fig. 4. Aven de Tabourel (Causse Noir).

Geralmente, *potholes* podem ser encontrados em todas as áreas cársticas ¹⁶². Partsch aponta sua ocorrência nas Ilhas Jôni-

¹⁶¹Martel, “Sous terre”. 2e campagne. Annuaire d. Cl. A. Franc. 1889, p. 111

¹⁶²Hausen (“Beitrag zur Grottenkunde Krains”. Jahresheft des Vereins des Krainischen Landesmuseums. Laibach 1856, p. 40, 42, 43) examinou diversos *sinkholes* (no monte Strmac, próximo à vila de Žerovnik) na vizinhança de

cas¹⁶³; a dolina próximo a Paratia, em Corfu¹⁶⁴, tem 40 metros de profundidade e 180 metros de diâmetro, estendendo-se por meio de uma abertura estreita até uma caverna de 120 metros de projeção horizontal¹⁶⁵.



*Fig. 5. Grotte-Abîme des Boumes-Chaudes
(Tarna cliff, Lauzerte)*

Ljubljana, que têm a forma de avens. Explorei avens na Sérvia Oriental, em Dachstein, próximo a Karlzeissfeld etc.

¹⁶³**N.T.:** Arquipélago de ilhas na Grécia.

¹⁶⁴**N.T.:** Corfu ou Cócira é uma ilha grega do mar Jônico situada na costa da Albânia.

¹⁶⁵Partsch. “Die Insel Korfu”, *Ergänzungsheft Nr. 88. zu Petermans Mitt.* 1887. p. 10

Na Sérvia, os *potholes* são mais numerosos no planalto de Suva Planina, chamado Valožje. Em alguns deles, a cobertura de neve continua mesmo nos meses finais do verão. Um deles (Ledenica, em Ždrebica) contém gelo ao longo de todo o ano. Esporadicamente, os *potholes* podem ser encontrados em todas as montanhas de calcário do leste da Sérvia, bem como no oeste do país. São encontrados em Podrinje¹⁶⁶, nas áreas de Užice¹⁶⁷ e Rudnik e ao norte de Petnička Pećina, próximo a Valjevo (...).

2. *Abismos frequentemente conectados a rios subterrâneos por meio de cavernas*

Todas estas dolinas estão localizadas próximo a rios subterrâneos. Existem em Kranjska acima do sistema subterrâneo do rio Ljubljanička, no carste de triestino acima de Rijeka, em Timavo, e em Moravska, acima do fluxo subterrâneo de Punkva. Nas áreas cársticas desprovidas de rios subterrâneos, abismos desse tipo não são encontrados. Seu número diminui de acordo com o número natural de dolinas verdadeiras. Em meio a essas dolinas, podem ser distinguidos dois tipos:

- 2.1. *Dolinas simples, em forma de poço e em forma de funil diretamente conectadas a uma caverna horizontal e a um rio subterrâneo de forma a permitir que a luz do dia os alcance.* Nós chamaremos essas dolinas de *janelas de caverna*¹⁶⁸. Na

¹⁶⁶**N.T.:** Nome eslavo da Bacia do Drina, conhecido como Vale do Drina, localizado na Bósnia e Herzegovina e Sérvia. A vila está a 150 km a oeste de Belgrado.

¹⁶⁷**N.T.:** Vila sérvia localizada 160 km a sudoeste de Belgrado.

¹⁶⁸**N.T.:** Em português, conhecido como claraboia. Em sérvio, *vigled*.

Jamaica, são chamadas *light holes*¹⁶⁹, na Eslovênia, os termos são *jama*¹⁷⁰ e *luknja*¹⁷¹, em Cévennes, *abîmes*¹⁷² (...).

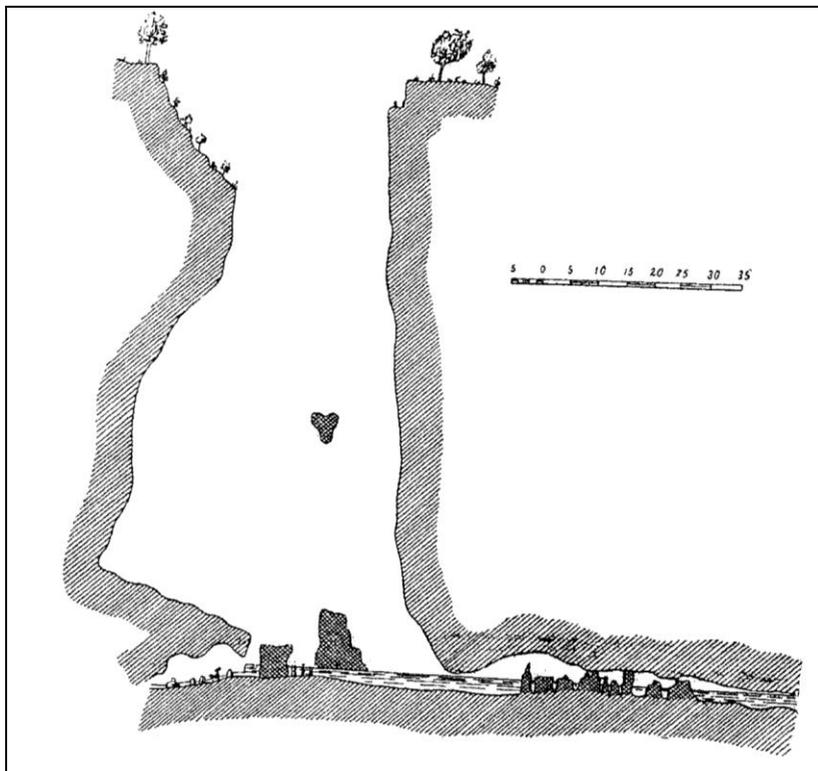


Fig. 6. Mas Raynal near Aveyron (Larzac).

¹⁶⁹**N.T.:** Literalmente, “buracos de luz”. Manteremos o termo em inglês, *light holes*.

¹⁷⁰**N.T.:** Caverna em esloveno.

¹⁷¹**N.T.:** Buraco em esloveno.

¹⁷²**N.T.:** Abismos em francês.

(...) os *light holes* na Jamaica são canais profundos com lados verticais conectados, nas partes mais baixas, com os rios subterrâneos¹⁷³. São diferentes dos pequenos sumidouros e *cockpits*, que correspondem a nossas dolinas em forma de bacia e em forma de funil. Esse tipo de claraboia que geralmente desce ao aquífero pode ser encontrado nos Native Wells, no carste sul australiano¹⁷⁴. Diversas dolinas largas e profundas que atingem o fluxo subterrâneo de água em Delebecque (Inglaterra) caem sob a categoria das *cave windows*¹⁷⁵. Tais feições, conectadas aos rios subterrâneos, também podem ser encontradas em Indiana, América do Norte¹⁷⁶.

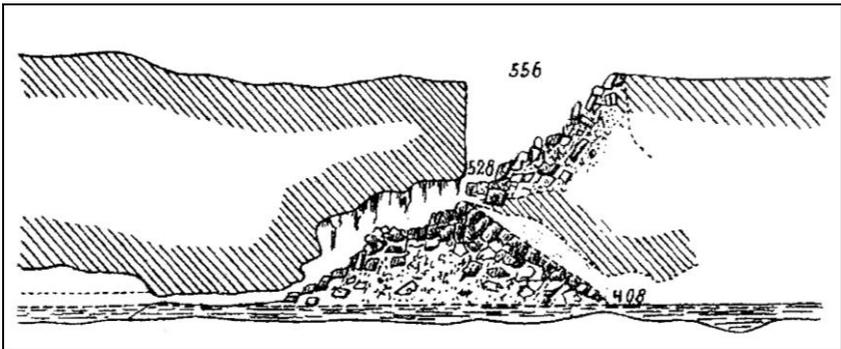


Fig. 7. Černa jama (over Postojna).

¹⁷³Sawkins, “Geol. of Jamaica” p. 242, 243.

¹⁷⁴Woods, “Geol. Observations in South Australia”, London, 1862, p. 63.

¹⁷⁵Boyd Dawkins “Die Höhlen und die Ureinwihner Europas”, 1876.

¹⁷⁶E.T. Cox, “Fifth Annual Report of the Geol. Survey of Indiana”, 1874, p. 289, v. Shiloh Cave.

2.2. *Cave windows que terminam nas profundezas com uma estreita abertura, muitas vezes, uma única fissura. Um sistema completo de salões, conectado apenas por fissuras ou outros canais, estendem-se para uma caverna horizontal ou rio subterrâneo.* A Caverna Padrik, próximo a Trieste, começa na superfície do solo como uma pequena dolina com um diâmetro de 2,5 a 3 metros. Estende-se em uma caverna de 500 metros explorados, 270 metros de profundidade, com três salões (o maior de 125 metros de comprimento e 50 a 80 metros de altura) conectados por uma rede completa de condutos ou canais estreitos. A parte inferior do salão apresenta 10 a 15 graus de declividade, enquanto em alguns lugares é nívelado: os canais de conexão têm uma inclinação de 70°, enquanto em alguns lugares são desconectados¹⁷⁷. A caverna de Trebič (Fig. 8), também próximo a Trieste, pode ser considerada uma representante deste grupo. Tem fissuras verticais e expansões horizontais onde as fissuras e os salões aparecem alternadamente, um após o outro, quando a caverna continua a se aprofundar de maneira gradual. Não alcança o fluxo do rio subterrâneo até a profundidade de 320 metros.

Também é classificado nessa categoria o abismo em Igrište¹⁷⁸, Kučaj¹⁷⁹, que desce por meio a um longo canal vertical em uma caverna espaçosa contendo água do aquífero (...).

¹⁷⁷Grottenbuch der Section Küstenland 1.

¹⁷⁸Vila sérvia a cerca de 300 km a sudeste de Belgrado, próximo à fronteira do Kosovo.

¹⁷⁹Cadeia de montanhas ao leste da Sérvia.

2.2.6. Desabamento de rochas em *cave windows* e *potholes*¹⁸⁰

No fundo de um *pothole*, no exato ponto de encontro com a caverna horizontal, frequentemente são vistos desabamentos de rocha, usualmente compostos de sedimentos finos e pedaços afiados de calcário. Na entrada de um *pothole* perto de Lokve¹⁸¹ (Carste de Trieste), observei uma grande pilha de rochas formadas pelos materiais mencionados. Um desses desmoronamentos, com 10 metros de altura, está localizado no fundo de um abismo com 50 metros de profundidade, a Jama em Prevala, próximo a Dan¹⁸², também no carste triestino. Outros grandes desabamentos de rocha existem em *potholes* “Na Kراسi” próximo a Trnovice e Tre Colonne, perto de Gabrovica¹⁸³ etc. Alguns dos *potholes* explorados por Martel¹⁸⁴ contém apenas *terra rossa* que selam as pequenas fissuras. Em um *pothole* em Bezdno, perto de Las em Kranjska¹⁸⁵, Putick observou “escombros gigantescos de rochas desmoronadas”¹⁸⁶ que, no entanto, “não devem ser considerados restos dos tetos das cavernas”(…).

(…) Duas coisas são importantes no que diz respeito aos desmoronamentos de rochas em abismos ou *potholes*: *aparecem*

¹⁸⁰**N.T.:** É razoável dizer que *cave windows* e *potholes* sejam dolinas de abatimento ou abismos.

¹⁸¹**N.T.:** Atualmente, vila de Nova Gorica, Eslovênia. A região está cerca de 120 km a oeste da capital, Ljubljana, e próximo à fronteira italiana.

¹⁸²**N.T.:** De acordo com a toponímia e a localização, é provável que Dan seja, hoje, Dane pri Sežani, vila de Sežana (Eslovênia) a cerca de 8 km da fronteira com a Itália.

¹⁸³“Grottenbuch der Section Küstenland”, I u. II.

¹⁸⁴De Launay et Martel, “Grottes et eaux souterraines”, Bull. de la Soc. Géol. de France XCX. 1891, p. 165.

¹⁸⁵Cidade ao noroeste da Eslovênia, próximo às fronteiras com a Áustria e a Itália.

¹⁸⁶Putick, “Die unterirdischen Flussläufe v. Innerkrain”. Mitth. d. k. k. geogr. Gesellsch. XXXII, 1889, p. 61.

exatamente no ponto de conexão entre o pothole (window cave) e a caverna, sendo composto de materiais depositados oriundos da superfície. No entanto, não há dúvidas - como pode ser comprovado pela observação - que os desmoronamentos de rocha em abismos também contêm materiais que vêm da terra arada e do colapso das laterais dos abismos¹⁸⁷ (...)

(...) No que diz respeito à composição, podemos diferenciar dois tipos de desmoronamentos nas *cave windows*. Um é composto de argila resultante da decomposição do calcário e tem pequenos pedaços dessa rocha; *apresenta composição semelhante à dos deslizamentos de rocha em abismos*, com exceção do conteúdo arenoso trazido pelos rios. *O segundo tipo é representado por grandes massas depositadas feitas de calcário*; foram criadas pela queda de tetos de cavernas ou por colapsos de rocha quando canais estreitos foram transformados em claraboias (...).

(...) Em resumo: *Potholes* contêm principalmente desmoronamentos ou abatimentos de rocha criados a partir de materiais depositados. Detritos oriundos do desmoronamento do teto de cavernas raramente foram encontrados em abismos pesquisados até o momento (...). O mesmo tipo de deslizamento de rocha que existe em abismos pode ser encontrado em *light holes* e *cave windows* em cavernas do mesmo tipo de Trebič. Contudo, muitas *cave windows* contêm *karrensteine* que podem ser explicados pelas inundações. Tais feições rochosas são:

¹⁸⁷Estamos falando de desmoronamentos de rocha e *karrensteine* encontrados por Martel (Annuaire du Cl. F. 1891, p. 204 and 208) no *aven* de Gilbert e no Petit Igue de Cloupman, que foram assinalados como “cônes d’effondrement” ou *cones de colapso*.

1. Rasgadas dos lados das *cave windows*, por decomposição e erosão. Esse processo é favorecido pelas alterações na pressão hidrostática em muitas cavernas¹⁸⁸ criadas pela água sobrevinda dos lados das *cave windows*, conforme provado por Martel no caso das ruínas em Mas du Raynal¹⁸⁹. Por meio desse processo de colapso, as fissuras gradualmente se alargam em canais e condutos até se transformarem em *light holes*.
2. *Cave windows* cujas partes inferiores são preenchidas por fragmentos rochosos aparecem como resultado do colapso do teto que se estende até a superfície.

É claro, então, porque existem detritos rochosos, ou pelo menos desmoronamentos de rocha compostos de silte e pedaços de calcário na parte inferior. Podese facilmente concluir que as claraboias que existem acima dos escombros foram criadas por colapso.

Mencionamos causas que podem iniciar a formação de depósitos em cavernas quando elas são conectadas a dolinas que parecem *potholes* e *cave windows*. No entanto, *karrensteine* e desmoronamentos de rochas podem aparecer em cavernas (...) *por meio do colapso das laterais e divisórias ou pelo colapso de certas partes dos tetos*, ou por baixo das fissuras no calcário, terminando em cavernas (...).

¹⁸⁸Czoering, “Karsthöhlen”, Mitth. d. deutsch. u. österr. Alpenver. 1886. p. 65 e 66; Putick (Mitth. d. k. k. geogr. Gesellsch. XXXII. 1889. p. 73) observou na Mrzla Jama em Kranjska. Um raio separou duas pedras de uma enorme rocha. Eles rolaram para longe. Schernig relatou, na nota mencionada, ocorrências semelhantes, mas não causadas por eventos excepcionais.

¹⁸⁹Martel, Les Cévennes, p. 363. – Launay et Martel, Bull. de la Soc. Géol. de France. XIX. 1891. p. 146.

(...) Não há nenhuma propriedade em pensar que as claboias existem acima dos locais nas cavernas onde os abatimentos de rocha são observados.

A partir de observações dos desmoronamentos de rochas em claboias e dolinas do tipo de Trebič, sabemos que os abatimentos de rochas muitas vezes estão sob essas feições. Ao contrário, sei de apenas *dois exemplos* em que dolinas verdadeiras foram encontradas em cavernas acima dos desmoronamentos. Hraski, conforme breve declaração de Kraus, determinou a conexão entre o desmoronamento de rocha na Caverna Gurka e a dolina na superfície¹⁹⁰. A grande dolina Yarzan foi encontrada na superfície acima do abatimento de rochas na Caverna de Nadvojvoda Jovan. A conexão entre eles não foi completamente comprovada, mas pode-se dizer que foi assumida com uma alta probabilidade¹⁹¹. Nenhum dos dois relatos sobre esse importante fato explica a conexão entre a dolina e a caverna; além disso, os desmoronamentos são chamados alternadamente *karrenstein* e depósito, tornando sua natureza incerta. Pode-se acreditar, embora sem total convicção, que as dolinas foram criadas por colapso. Gostaria de lembrar ao leitor destas linhas a descrição de Schmidl sobre Kolčivka, bem como sobre os deslizamentos de rochas e a conexão com o Abismo de Trebič. Nem mesmo as dolinas localizadas acima dos abatimentos, contendo grandes blocos de rochas, tinham de ser criadas por um colapso.

Portanto, concluímos:

¹⁹⁰Kraus, "Die Entwässerungsarbeiten in der Kasselthälern von Krain. Wochensch. d. österr. Ingenieur und Architekten Vereins 1888. Nr. 13.

¹⁹¹v. Hauer, Die Arbeiten des Karst-Comites in Jahre 1885. Österr. Touristen Zeitung, 1886, N. 7. p. 73.

1. Mesmo se as dolinas forem positivamente observadas acima dos locais em cavernas onde ocorreu um colapso parcial, elas não foram, necessariamente, criadas pelo colapso.
2. Não é apropriado concluir que as dolinas existem positivamente acima dos locais nas cavernas onde ocorreram desmoronamentos de rochas.

2.2.7. Dolinas aluviais

Frequentemente em terrenos argilosos, juntamente com as dolinas verdadeiras, buracos e claraboias¹⁹², podemos encontrar caldeirões cársticos e, particularmente, grandes dolinas, vales cegos, *poljes*, depressões em forma de poço e em forma de funil que chamaremos de dolinas aluviais.

A fim de determinar os traços distintivos das dolinas aluviais, em primeiro lugar, expressarei minhas observações realizadas em Kučaj, na Sérvia, durante um período de três anos.

A parte ocidental de Kučaj é cortada por três alinhamentos de depressões em forma de vala que se estendem de leste a oeste, cujo eixo longitudinal é de 1 a 1,5 km de comprimento. Uma delas é preenchida em alguns lugares com uma camada de sedimentos amarelos de 8 metros de espessura. Sua base é composta por rocha calcária com bivalves¹⁹³.

A depressão mencionada e o terreno circundante são ambos compostos disso. Essas dolinas alongadas, cujas bases são recobertas por sedimento, contêm pequenas dolinas aluviais em forma de funil com *diâmetro de até 10 metros*.

¹⁹²**N.T.:** *True dolines, potholes and cave windows.*

¹⁹³**N.T.:** Em biologia, *bivalvia* (do latim *bi*, duplicado + *valva*, porta de duas folhas, valva). Classe do filo Mollusca que inclui os animais aquáticos popularmente designados por *bivalves*.

Um grande número dessas dolinas tem *contornos pronunciados*; seus lados, feitos de sedimento argiloso, ainda estão *frescos*, revelando sua criação recente.

Contornos pronunciados, mostrando a borda de uma dolina recente, podem ser vistos muito frequentemente *nos centros das laterais* das dolinas aluviais. Consequentemente, percebemos *uma dolina dentro da dolina principal*, com a declividade da dolina interna maior do que a da principal. Existem casos em que a dolina principal não contém apenas uma, mas *duas* ou *três* dolinas internas.

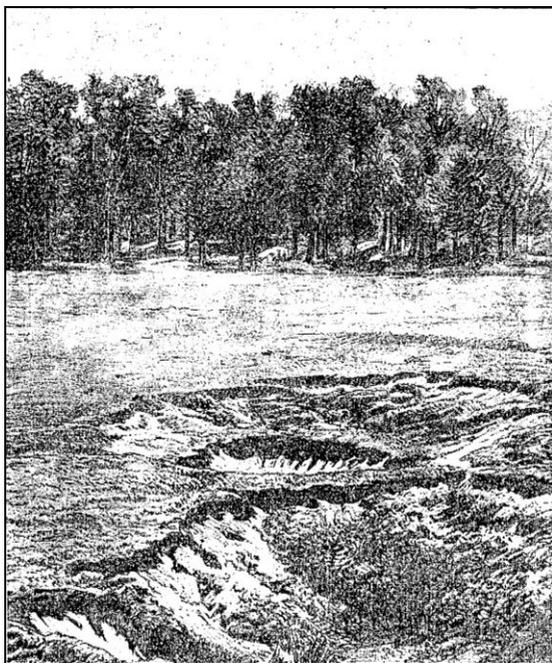


Fig.9. Dolina em depósito aluvial com contorno marcante nas Montanhas Kučaj, leste da Sérvia.

A forma de uma dolina aluvial está sujeita a *mudanças significativas*: aparecem principalmente durante os períodos de alta precipitação ou quando a neve começa a descongelar. Durante o período de três anos, em inúmeras ocasiões pude observar a criação de novas dolinas menores, com diâmetro não maior do que alguns decímetros no início.

Devido às mudanças às quais as dolinas aluviais estão sujeitas, elas são cobertas com diferentes tipos de vegetação (...).

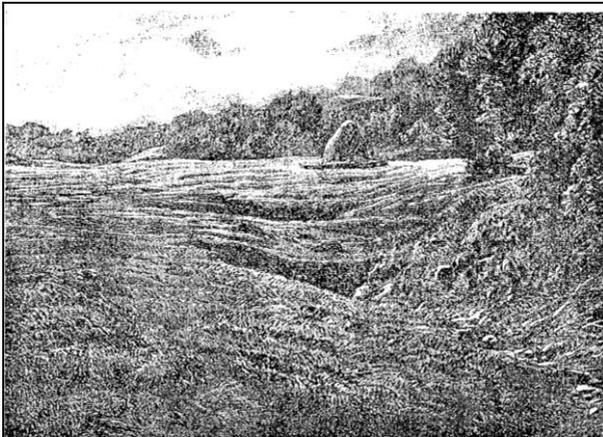


Fig. 10. Dolina em depósitos aluviais com uma pequena inflexão, Montanhas Kučaj, leste da Sérvia.

(...) dolinas aluviais são uma combinação de fissuras ou *cave windows* em rocha maciça e em forma de bacia e funil aparecendo no material quebradiço que se encontra acima dele. É por isso que elas existem apenas onde ocorre uma camada espessa de material não sólido, depósitos impermeáveis e coberturas arenosas ou eluviais no calcário. Devem ser claramente dife-

renciadas das dolinas típicas e verdadeiras que aparecem na rocha maciça.

2.2.8. Relação entre as dolinas e as cavernas

Cavernas horizontais são encontradas em todos os tipos de carste. Como formas especiais da crosta terrestre, sempre atraíram a atenção e foram objeto de pesquisa. Uma delas é aquela em *Postojna*¹⁹⁴, Eslovênia. Ainda em 1818, somente sua parte inicial foi toda explorada até o grande salão. Um conduto da caverna, chamado de Caverna do Imperador Ferdinando, foi descoberto no mesmo ano. Seguiram-se importantes explorações realizadas por Schmidl até que, em 1893, todos os condutos e passagens conhecidos da caverna somaram os 10 km de extensão¹⁹⁵. É a mais extensa e possivelmente uma das mais belas cavernas da Europa. A Caverna *Aggtalek* ou *Baradla*¹⁹⁶, na Hungria, foi explorada e medida já em 1792 por ordens da Academia Britânica de Ciências. Em 1881, foram medidos todos os seus condutos conhecidos, totalizando 8.666 metros; é, de acordo com o tamanho, a segunda maior caverna bem conhecida na Europa. As grutas mais famosas da França são: *Grotte de Saint Marcel* (Ardèche), *Grotte des Fées* (perto de La Grange, Herol), *Grotte de Sassenage* (Isere) etc. As maiores e mais belas cavernas da Alemanha são: a Caverna *Bauman* e a Caverna *Hermann*, em Harz. Mesmo as cavernas europeias mais extensas permane-

¹⁹⁴**N.T.:** Postojnska jama ou Caverna de Postojna, Eslovênia.

¹⁹⁵**N.T.:** A caverna é parte de um sistema subterrâneo de 25 km de projeção horizontal. A parte destinada ao turismo de massa é de 5 km, sendo que 3,5km são feitos de trem e os 1,5 km restantes à pé.

¹⁹⁶**N.T.:** Aggtelek é uma vila húngara localizada a 235 km a nordeste de Budapeste. A Caverna Baradla faz parte de um sistema de cavernas (Baradla-Domica), também parte do Patrimônio Mundial da UNESCO, Carste de Aggtelek.

cem distantes quando comparadas à famosa Caverna do Mamute, no Kentucky, America do Norte, com 200 km de extensão¹⁹⁷.

Até recentemente foram exploradas, principalmente, concreções interessantes, estalactites, estalagmites, restos paleontológicos e ferramentas pré-históricas utilizadas pelos seres humanos. Desde a quinta década deste século, as explorações de cavernas se tornaram mais numerosas e diversificadas. Schmidl e Rudolf exploraram cerca de 18 quilômetros de condutos de cavernas no carste esloveno e triestino, enquanto Martel e alguns de seus assistentes exploraram aproximadamente 50 quilômetros de condutos de cavernas durante um período relativamente curto de tempo. Junto com algumas outras menos significativas, essas foram as grandes explorações espeleológicas até o momento. Uma tal riqueza de materiais foi recolhida ao longo das explorações que a França e a Áustria (onde a maioria das cavernas estão localizadas) sentiram necessidade de estabelecer uma disciplina separada chamada *Espeleologia*, *Höhlenkunde*¹⁹⁸. O objetivo desta nova disciplina é pesquisar várias

¹⁹⁷**N.T.:** Mammoth Cave, atualmente com 652 km.

¹⁹⁸Diferentes equipamentos devem ser utilizados nas explorações espeleológicas. Velas ou “lâmpadas de mineiros” [carbureteiras] são necessárias para iluminação. Também é preciso ter magnésio (em forma de fio) para a iluminação de abismos no interior das cavernas. Cordas são úteis para descer e subir. Quando explorava cavernas no sul da França, Martel utilizava com frequência escada de cordas, bem como dois equipamentos que o serviram bem: um telefone e um barco Osgood. Uma extremidade do telefone ficava nas mãos da pessoa que estava descendo a caverna e a outra nas mãos de quem ficasse na superfície. Assim, as pessoas tinham chance de se comunicarem. Um barco Osgood (com custo estimado em cerca de 200 dinares) pode ser utilizado para navegar a montante. É construído com uma lona impermeável, em três partes e pesa entre 7 e 10 quilos. Seu único problema é que pode rasgar quando toca rochas afiadas. É muito útil para as explorações em cavernas com fortes correntes de água.

formas de cavernas, a circulação de água no interior e a influência da água na formação de cavernas, abismos e dolinas típicas. A pesquisa deve incluir a gênese, desenvolvimento e colapso das cavernas, bem como sua transformação em pontes naturais e penhascos, entre outras formas.

Durante as medições topográficas das cavernas, uma bússola deve ser usada para determinar a *direção*. Foi utilizada durante as explorações espeleológicas no leste da Sérvia. Martel usa apenas uma pequena bússola, com 2 centímetros de diâmetro. Cada mudança de direção deve ser anotada: um (ou mais) auxiliar(es) caminha(m) primeiro, carregando uma vela ou uma lâmpada. Dessa forma, assim que se percebe que a luz do auxiliar está diminuindo, pede-se que pare e leia a direção. Então, o medidor toma o lugar do auxiliar que, então, avança novamente. Isto é repetido a cada mudança de direção.

As *extensões* das direções individuais devem ser medidas com uma fita de aço, já que as de linho ou tecido rapidamente rasgam ou encolhem quando absorvem água. A *profundidade* das depressões nas cavernas deve ser medida com um prumo de chumbo. O lançamento de pedras sempre fornece um resultado de profundidade maior uma vez que uma pedra, batendo nas rochas, não cai livremente. Pequenas *alturas* em cavernas podem ser determinadas sem o uso de instrumentos, enquanto maiores alturas podem ser medidas com o uso de pequenos balões de papel preenchidos com ar quente. *Declividades* podem ser medidas com um *clinômetro*, que é uma parte integrante da bússola.

Devido à iluminação especial, é preciso estar preparado especialmente para tirar fotografias em cavernas. Os objetos podem ser iluminados com a ajuda de eletricidade ou magnésio, sendo o último mais barato e mais fácil de utilizar. A luz deve sempre vir de trás da câmera fotográfica. Se forem utilizados fios de magnésio, a exposição deve durar pelo menos 10 minutos. Já o pó de magnésio produz luz mais intensa. Não é certo se as fotografias terão boa qualidade, pois ainda são bastante imperfeitas.

Aveia ou serragem podem ser utilizadas para identificar águas que somem em um local e reaparecem em outro [sumidouros e ressurgências]. No entanto, o uso de fluoresceína ou algum outro produto químico que dá intensa coloração à água representa um método mais confiável.

Montanhas calcárias no leste da Sérvia também são ricas em cavernas. Com exceção do Carste do Adriático e dos planaltos calcários em Cévennes, não há nenhuma área do mesmo tamanho na Europa que ofusque o leste da Sérvia em relação ao número de cavernas. Nove quilômetros de condutos foram explorados até agora, mais de 8 dos quais em cavernas do leste da Sérvia. Vinte e oito cavernas foram exploradas completamente, junto com algumas menores ou abrigos sob rocha. A maior de todas é a caverna Velika Pećina¹⁹⁹, em Duboka²⁰⁰, com 2 km de comprimento (...).

(...) Como mencionei na introdução do trabalho, não é o objetivo desta monografia perseguir os resultados obtidos durante as explorações de cavernas. Do ponto de vista relacionado ao propósito do meu trabalho, três tipos de cavernas podem ser identificados:

- 1. *Cavernas com condutos espaçosos e extremamente ramificados que são leitos de rios subterrâneos ativos ou abandonados.*** Em cada carste há um *sistema de cavernas principal* que se enquadra nesta categoria. Geralmente comunica-se com a superfície por duas aberturas: a superior, localizada em um vale fechado ou *polje* e servindo como uma entrada para um rio subterrâneo (*ponornica*²⁰¹, em sérvio), e a inferior, localizada nas bordas das montanhas cársticas ou planaltos, que serve como saída ou fonte²⁰² de rios subterrâ-

¹⁹⁹**N.T.:** Em língua eslava, normalmente, *velika* significa “grande” e *pećina*, “caverna”.

²⁰⁰**N.T.:** Vila Sérvia localizada a cerca de 150 km ao sudeste de Belgrado.

²⁰¹**N.T.:** Sumidouro, em Português, ou *ponor* em esloveno e na literatura internacional.

²⁰²**N.T.:** Surgência ou ressurgência de um rio subterrâneo. Se o ponto de entrada (sumidouro) é desconhecido, chamamos de surgência. Caso seja possí-

neos. O carste esloveno é caracterizado por dois desses sistemas de cavernas principais: o sistema de cavernas dos fluxos subterrâneos do rio Ljubljanska e do Gurka²⁰³, com cavernas situadas acima dos leitos subterrâneos desses cursos d'água. Não são nada além de cavernas abandonadas pelas quais a água costumava fluir. No carste triestino encontramos um sistema de cavernas de Rijeka; nas montanhas da Morávia, Punquin; em Causses, Cévennes temos os sistemas de caverna Bramabia, Darguillane etc. Essas cavernas são produtos da erosão fluvial, cuja influência é frequentemente predisposta e auxiliada por fissuras e fraturas. A água, que é drenada da superfície por meio das fissuras e desce até as cavernas, é de importância secundária em relação à espeleogênese. Nos casos em que os rios abandonam as cavernas, a água drenada da superfície transforma as cavernas ornamentando-as com travertinos, estalactites e estalagmites. A dissolução do calcário pela água que contém CO₂ e a sua influência erosiva muitas vezes representam as causas do surgimento de aberturas das cavernas na superfície. Essas novas aberturas, que descem em ângulos de 90° a partir da superfície para a caverna, surgiram em alguns casos como resultado do colapso da rocha ou da queda completa e súbita do teto da caverna (...).

vel determinar o sumidouro; a nascente, neste caso, recebe o nome de ressurgência.

²⁰³**N.T.:** Conhecido atualmente como rio Krka. É um rio localizado na porção sudeste da Eslovênia, tributário da margem direita do rio Sava. Na literatura histórica, aparece como *Corca* já em 799 e *Gurka* (1025) e *Gurka fluvio*, em 1249.

2. *Cavernas cegas* ou *escondidas*, pequenas e secas localizadas em um nível superior, normalmente próximo à superfície. Foram criadas exclusivamente pela decomposição do calcário e erosão *pela água absorvida*. A Caverna de Divača²⁰⁴ e aquela em Lokva caem nesta categoria, bem como muitas cavernas escondidas encontradas nessa área durante a exploração de carvão.

Às vezes, no fundo das cavernas secas existem dolinas em formas de bacia, funil e em forma de poço. Devemos chamá-las de dolinas subterrâneas. Em cavernas secas do leste da Sérvia, especialmente nas cavernas de Prekonoška²⁰⁵ e Zlot²⁰⁶, é possível identificar alinhamentos de tais depressões. A Caverna Punkva também possui essas dolinas. A Caverna de Kreuzberg perto de Laas²⁰⁷, na Eslovênia, possui uma dolina na parte inferior; na verdade, o Lago Tiberias, localizado na mesma caverna, pode ser uma dolina cheia de água²⁰⁸. *É por isso que as cavernas secas geralmente não apresentam declividade contínua em uma direção.*

²⁰⁴ **N.T.:** *Divaška jama*, caverna localizada na porção sudoeste da vila de Divača.

²⁰⁵ J. Cvijić, “Prekonoška pećina”, Geol. Annuals of the Balkan Peninsula, Book III. 1891.

²⁰⁶ J. Cvijić, “Geografska ispitivanja na Kučaju u Istočnoj Srbiji”, Geol. Annuals of the Balkan Peninsula, Book V. 1893.

²⁰⁷ **N.E.:** Laško, cidade eslovena a cerca de 90km a leste de Ljubljana.

²⁰⁸ Hochstetter, “Denkschriften d. k. Academie d. Wissenschaften”. B. 43. I. Abth. p. 227

3. *Cavernas com aquíferos* são geralmente as cavernas mais profundas das áreas cársticas. Elas podem ser encontradas em áreas de contato entre o calcário e as rochas impermeáveis. No leste da Sérvia, na parte ocidental de Kučaj, a base do calcário é arenito vermelho e as cavernas podem ser encontradas no contato. Na Jamaica, grandes cavernas foram encontradas no contato entre o calcário branco, o arenito e as margas²⁰⁹.

As *cave windows* e dolinas do tipo Trebič estão relacionadas às cavernas do primeiro e terceiro grupos. *Estão, portanto, ligadas aos condutos extremamente ramificados ou às cavernas com corpos d'água*. À medida que nos aproximamos das bordas das montanhas ou planaltos cársticos, o nível do aquífero e os fundos dos condutos das cavernas que transportam água, são progressivamente mais baixos; como resultado, as dolinas são progressivamente mais profundas (...).

Uma opinião conhecida prevalece entre a maioria dos exploradores do carste a respeito da forma e da extensão de dolinas típicas em forma de funil: elas não são nada mais do que *potholes* (buracos) e *cave windows* (claraboias) entupidas acima. De acordo com essa opinião, os buracos são diferentes dos últimos somente no fato de que os *karrensteine* e os desmoronamentos de rochas das cavernas se acumularam e elevaram ao ponto de obstruir a parte inferior da dolina. A caverna foi obstruída acima por desmoronamentos de rochas, transformando os buracos e claraboias em dolinas. Até o momento, apenas duas cavernas que *podem* ter sido criadas de tal forma foram listadas: a dolina acima da caverna do rio Gurka (Eslovênia) e a grande Dolina Jarzan acima da Caverna de Nadvojvoda Jovan. Mesmo

²⁰⁹ Sawkins, "Geol. of Jamaica", see: Light holes.

que apenas dois casos foram estabelecidos, não podemos excluir a probabilidade de que é possível existirem mais cavernas do tipo no carste. Sua existência, no entanto, deve ser provada. Por outro lado, uma afirmação de que todas as pequenas dolinas são basicamente buracos entupidos não pode ser permitida, mesmo que isso seja possível. Mesmo se nós resolvermos que, em tal caso, o Carste do Adriático, onde 40 a 50 dolinas são encontradas ao longo de 1 km², teriam que ser completamente esvaziadas por baixo por salões de caverna contínuos, as dolinas aí permaneceriam numerosas mostrando claramente que pequenas dolinas típicas são formas de superfície não conectadas às cavernas.

Dolinas expostas que eu frequentemente tive a chance de observar no Carste Adriático e em Kučaj excluem qualquer suspeita sobre isso. Os fundos e as laterais dessas dolinas são compostos de calcário maciço desprovido de outras fissuras significativas. Essas dolinas foram repetidamente exploradas e é desconhecido para mim se quaisquer outras formas foram notadas nelas (...).

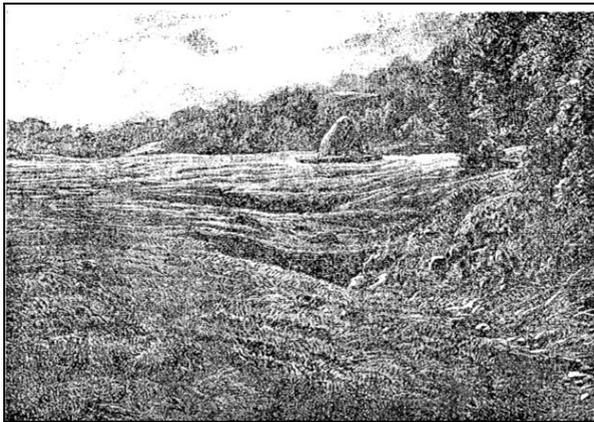


Fig.11. Perfil de uma dolina de 3 metros de profundidade com substrato. D. Logotec, Kranjska.

(...) Não existe um número suficiente de cavernas nas áreas cársticas para validar a suposição de que todas as inúmeras dolinas existentes no carste estão realmente conectadas aos *potholes* e *cave windows*. Esse fato foi comprovado por pesquisas conduzidas em Cévennes e em Kranj²¹⁰. Foi particularmente nos Causses²¹¹ que Martel destaca o baixo número de cavernas²¹². As dolinas típicas (*cloups*²¹³) não são relacionadas às cavernas e não apresentam nenhum *puits naturels*²¹⁴ ocultos ou abertos em suas partes inferiores, como nos *potholes* e *cave windows*. A seção costeira da Sociedade Alpina Austríaca e Alemã chegou a uma conclusão similar, assim como a seção que realizou as explorações em Kranj²¹⁵. Retornaremos às suas conclusões mais adiante no texto.

Para concluir, as pequenas dolinas em forma de bacia e de funil são formas superficiais conectadas a cavernas apenas por fissuras estreitas.

2.3. DISTRIBUIÇÃO LOCAL E POSIÇÃO DAS DOLINAS

Dolinas de abatimento e abismos do tipo Trebič, menos numerosos que as dolinas verdadeiras, estão conectados aos cursos d'água subterrâneos. Dolinas verdadeiras e *potholes* existem

²¹⁰**N.T.:** Eslovênia.

²¹¹**N.T.:** Os Causses são um grupo de planaltos calcários com altitude variável de 700 a 1.200 metros no Maciço Central francês.

²¹²Martel, Ann. du Cl. A. F. 1891. p. 212.

²¹³**N.T.:** Em francês, grande depressão fechada em forma de funil.

²¹⁴**N.T.:** Do francês, poços naturais.

²¹⁵Fazemos referência às explorações de Diener. Ele percebeu a “ausência absoluta” de todos os tipos de dolinas em toda a área desértica de calcário do Antilíbano, embora esse calcário do Eoceno seja caracterizado por um grande número de cavernas (Libanon, p.215 and 216).

distribuídos por todas as áreas cársticas, e somente vertentes extremamente íngremes são desprovidas dessas feições²¹⁶; no entanto, existem algumas superfícies onde as dolinas aparecem em grande número.

Planaltos e planícies cársticas são superfícies mais significativas onde normalmente as dolinas aparecem em grande quantidade. O planalto cárstico do sul da Ístria aparece marcado pelas dolinas em muitos pontos. Existem inúmeras regiões parecidas no carste da Eslovênia e de Trieste, como aquelas nas proximidades de Logatec (Ravnik e Skalcen Kamen), Divača, Le-seča, Lokva, Sežana etc. O mapa a seguir (Fig.12) mostra a enorme riqueza de dolinas em uma área de apenas 3 km² ao sul de Sežana, enquanto o outro mapa (Fig.13) identifica dolinas localizadas a sudeste de Rijeka.

A superfície do Planalto de Causses, nas Cévennes, apresenta um grande número de dolinas. Existem várias em Dachstein, nas Dead Mountains (North Limestone Alps) e nos Alpes Julianos (...).

(...) então, normalmente, as dolinas se desenvolvem em superfícies cársticas planas a pouco inclinadas. Somente os *karren* são encontrados em encostas íngremes. As dolinas são limitadas a superfícies onde a água pode ser absorvida ou capturada para o subterrâneo devido à permeabilidade do calcário. Encostas íngremes por onde a água atmosférica escoia *apresentam somente karren e nenhuma dolina*.

²¹⁶ Às vezes, encostas suaves contêm sumidouros, como observei nas vertentes florestadas do sudoeste do monte Starica, leste da Sérvia. Essas encostas, cheias de dolinas, estão localizadas no monte Kokuš, próximo a Basovica (Moser der Karst p. 7). Diener (Libanon p. 219) as observou em vertentes com 40° nos Alpes Julianos. Em sua publicação sobre o Montenegro, Hassert também identificou tais vertentes íngremes e inclinadas com dolinas.

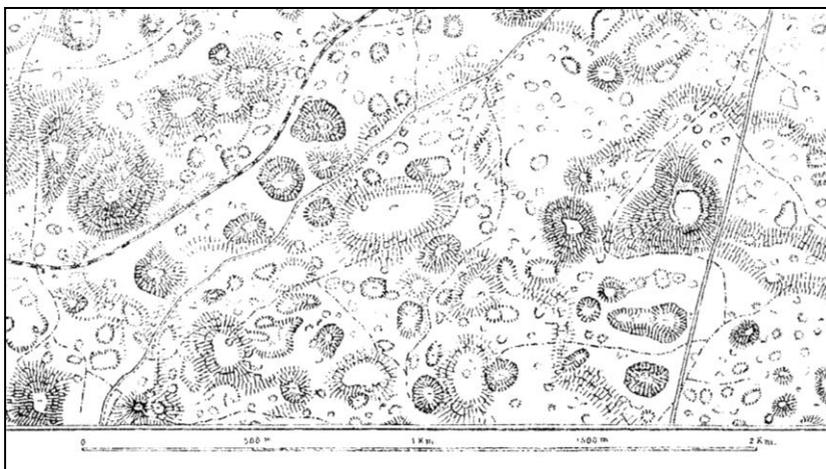


Fig. 12. Área com dolinas ao sul da estação ferroviária de Sežana; escala 1:20.000 (de acordo com o mapa regional de Trieste elaborado pelo Instituto Geográfico Militar Real, a escala é 1:14.000)

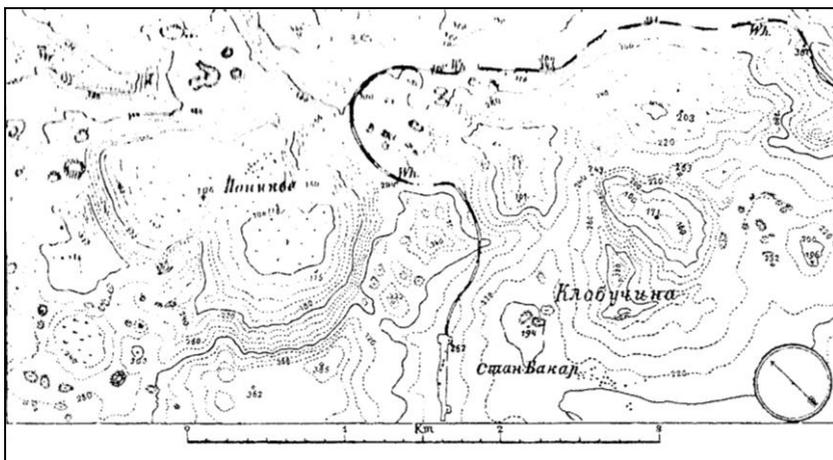


Fig. 13. Grandes dolinas ao sudeste de Rijeka; escala 1:50.000 (De acordo com o mapeamento original, a escala é de 1:25.000, conforme o Instituto Geográfico Militar Real).

Em alguns casos, não aparecem em uma ordem definida; são *distribuídas aleatoriamente* em planaltos cársticos, *poljes* e em vales fechados. Podem aparecer isoladamente ou em alinhamentos únicos, ou em diversas fileiras ramificadas com dolinas semelhantes. Uma longa fileira de dolinas que se estende por 1 km no leste da Sérvia (Monte Kučaj), denominada de Padina, representa uma depressão de cerca de 50 a 100 metros de largura composta por dolinas alinhadas. Um planalto cárstico (Ravni Gabar), na mesma montanha, é sulcado por diversas fileiras de dolinas (...). Pequenas dolinas em Forêt de-Chailluz²¹⁷, norte de Besançon, também mostra tal ramificação²¹⁸.

Alguns desses alinhamentos de dolinas podem ser associados a falhas. Reyer relacionou o alinhamento de dolinas próximo a Leseč no Carste de Trieste com um deslocamento. Em uma longa falha de alguns poucos quilômetros de extensão entre Krepalj e Šmarje²¹⁹, existe um alinhamento de grandes dolinas²²⁰. Diener afirma²²¹ que a Dolina²²² Kranj, bem como as localizadas em Lom, Javornik e Rudopolje²²³, foram formadas como resultado de um deslocamento paralelo em relação à falha de Kerma (...).

Alinhamentos de dolinas são frequentemente ligados a cavernas. De acordo com essa hipótese, localizam-se na superfí-

²¹⁷**N.T.:** Região florestada a cerca de 430 km a sudeste de Paris.

²¹⁸“De la Noë et de Margerie”, “Les formes du terrain” p- 156.

²¹⁹**N.T.:** Provavelmente Kreplje e Šmarje pri Sežani, Eslovênia. Região localizada a cerca de 20 km a nordeste de Trieste, Itália.

²²⁰Reyer, “Studien über das Karstrelief”. Aus d. Mitth. d. k. k. geogr. Gesellsch. 1881. p. 4.

²²¹Diener, Jhrb. d. geol. R. A. XXXIV. 1884. p. 659.

²²²**N.T.:** Vila eslovena a cerca de 20 km ao sul da fronteira com a Áustria.

²²³**N.T.:** Localidades na Eslovênia e Croácia ou Sérvia. Traçando uma linha de direção N-SE a partir da fronteira da Áustria com a Eslovênia, até a Croácia, é possível ver Lom, Javornik e Rudopolje.

cie e acima de cursos d'água subterrâneos. Na Morávia, uma fileira de dolinas localizada na superfície deve ser conectada ao fluxo subterrâneo do rio Punkva²²⁴. Em muitas áreas cársticas, os alinhamentos de dolinas encontrados são conectados a cavernas, embora as conexões não tenham sido provadas adequadamente²²⁵.

Sempre que foram realizadas explorações, elas forneceram resultados diferentes ou opostos um ao outro. Pesquisas realizadas na Eslovênia em suas cavernas e na superfície acima delas demonstraram que não existem alinhamentos de dolinas localizadas diretamente acima das cavernas bem conhecidas; algumas dolinas aparecem aqui e ali, ou nas laterais, ao lado das cavernas²²⁶. Martel obteve resultados semelhantes quando explorou feições similares às dolinas ('*fosses*')²²⁷, localizadas entre a dolina e a nascente do rio Touvre²²⁸, em Charante²²⁹. Não obstante, ainda não descartamos a possibilidade de que alinhamentos de dolinas podem existir acima de cavernas. No entanto, tal fato, conforme já mencionado, ainda precisa ser comprovado.

²²⁴Fruwirth, "Zeitschrift d. deutschen u. österr. Alpenvereines", 1881. p. 127.

²²⁵Hassert sobre o carste montenegrino (Reise durch Montenegro, 1893.); Schmidt (op. cit.) para *sinkholes* na Esel Island, Owen (Third Rep. of the Geol. Survey of Kentucky 1857. p. 68) para aquelas em Fayette County, Kentucky etc.

²²⁶v. Hauer, "Die Arbeiten des Karst-Comités im Jahre 1885. "Österr. Touristen-Ztg". 1886. Nr. 7. p. 73.

²²⁷**N.T.:** Do francês, *poços*.

²²⁸**N.T.:** Nascente localizada a cerca de 450 km ao sudoeste de Paris, no departamento de Charente, França.

²²⁹Martel, "Explorations souterraines". Société de Géographie. Comptes Rendus. 1892. Nr. 8, p. 180.

2.4. RELAÇÃO ENTRE AS DOLINAS E CHAMINÉS GEOLÓGICAS

A decomposição e a diluição da superfície do calcário criam, em algumas áreas, pequenas depressões cilíndricas chamadas de *chaminés geológicas*²³⁰, *chaminés de areia* ou *cascalho*, às vezes, *entonnoirs*²³¹, *puits naturels* ou *poços naturais* e *poches d'érosion*²³².

Na D. Kranj, Lipold²³³ observou dolinas expostas, dolinas sem sedimentos, dolinas preenchidas com cerca de 1/3 de sedimentos arenosos e, por fim, depressões completamente preenchidas por sedimento em superfícies calcárias (...).

(...) Dolinas em forma de poço e em forma de funil observadas por Lyell em Norwich definitivamente caem nesta categoria de formas. O gipso em Norwich é coberto por camadas de cascalho, areia e marga fortemente coloridas com ferro e, em várias partes, são observadas depressões verticais e inclinadas em forma de pirâmides invertidas (...).

2.5. A FORMAÇÃO DAS DOLINAS

2.5.1. Primeiras ideias sobre a formação de dolinas

A maioria daqueles que estudaram o carste típico na Eslovênia e na parte ocidental da Península Balcânica, como Schmidl (o melhor dos primeiros especialistas em carste), bem como Stache e Tietze, que conduziram pesquisas geológicas do

²³⁰N.T.: Duto cilíndrico verticalizado.

²³¹N.T.: Do francês, funil.

²³²N.T.: Do francês, bolsões de erosão.

²³³Lipold, "Die eisensteinführenden Diluvialhelme in Unterkrain". Jhrb. d. geol. R. A. 1858. p. 246 and 247.

carste da Áustria e do Montenegro, pensavam que as dolinas eram formadas pelo colapso dos tetos das cavernas. Em seu trabalho, Tietze coletou dados que falam a favor da teoria do colapso e tentou refutar as evidências mostradas na literatura austríaca anterior em favor da criação de dolinas através da erosão subaérea²³⁴. Reyer, particularmente, explicou os casos especiais quando alinhamentos de dolinas se relacionavam com falhas²³⁵. De acordo com ele, pequenas depressões que ocorrem em alguns locais foram formadas pelas falhas.

Contrariamente a essas opiniões, que na sua maioria não diferem entre si, está a opinião que Mojsissovics²³⁶ expressa durante suas explorações geológicas na Bósnia ocidental. Ele diferencia dolinas (*Dolinen*) dos funis cársticos (*Karsttrichter*) e não considera esta última como uma feição cárstica verdadeira. Parece, contudo, que os funis cársticos de Mojsissovics são idênticos às nossas pequenas e verdadeiras dolinas, características de um terreno cárstico típico. De acordo com Mojsissovics, as formas de erosão em calcário puro pertencem ao grupo dos órgãos geológicos (*geological pipes*). Diener adotou integralmente essa opinião e apresentou provas contra a teoria do colapso²³⁷. Em rocha sólida, quando um teto cai, as formas resultantes não podem ser pequenas, redondas e em forma de funil; pelo contrário, são irregulares e angulosas. As primeiras podem aparecer, na incidência de colapso, exclusivamente em marga macia e areia não consolidada; as feições em forma de funil são, portanto, notadas apenas em rochas macias e margosas. Colapsos de rocha

²³⁴Tietze, “Zur Geol. d. Karsterscheinungen”. Jhrb. d. geol. R. A. 1880.

²³⁵Reyer, “Studien über das Karstrelief”. Mitth. d. k. k. geogr. Gesellschaft 1881.

²³⁶v. Mojsissovics, Tietze and Bittner, “Geologie von Bosnien und Herzegovina”, p. 226.

²³⁷Diener, “Libanon”, p. 220 etc.

existem em locais do Carste Ilírio²³⁸, mas que não resultam em dolinas. Estas, se formadas por meio do colapso da rocha, transformam-se pela modelagem e aperfeiçoamento erosivos, mas, nesse caso, muitas formas de transição teriam que se formar entre as dolinas arredondadas e tais formas irregulares (...).

(...) Novas pesquisas na Eslovênia e em Cévennes enriqueceram significativamente o conhecimento sobre os fenômenos cársticos. Os exploradores que observaram dolinas nos locais mencionados chegaram a conclusões diferentes quanto à formação dessas feições. Kraus e Putick, que lideraram as pesquisas na Eslovênia, acreditam firmemente na teoria do colapso. Na opinião desses pesquisadores, a pesquisa realizada na região tinha “removido todas as dúvidas” e a antiga teoria do colapso, um tanto modificada, foi restabelecida. Segundo Kraus, a causa das depressões no *karst* é o colapso, o que acontece devido ao fato de as águas subterrâneas dissolverem o calcário (...).

(...) Durante suas pesquisas em um planalto calcário em Cévennes, Martel²³⁹ chegou a conclusões completamente diferentes. Pequenas dolinas não são conectadas às cavernas. Dos 40 *potholes* e abismos (*light holes*), apenas 7 estão ligados a condutos de cavernas largamente ramificadas e rios subterrâneos. E apenas um em Padirac²⁴⁰ pode ter existido devido ao colapso: “*En réalité les avens sont surtout des fractures préexistantes du*

²³⁸**N.T.:** A Ilíria é o nome antigo da região localizada mais a noroeste dos Balcãs. Sua fronteira norte é a Ístria e, a sul, estende-se até aproximadamente o lago Escútare. Atualmente agrange a Sérvia, Montenegro, Kosovo, o norte da Albânia, Bósnia e Herzegovina e Croácia.

²³⁹Martel, “Les Cévennes” p. 362 etc.

²⁴⁰**N.T.:** *La Gouffre de Padirac*. Caverna localizada próximo a Gramat, Departamento de Lot, a cerca de 530 km ao sul de Paris, França.

sol que les eaux sauvages superficielles ont élargie par voie d'érosion.”²⁴¹

Mesmo que as pesquisas na Eslovênia tenham fornecido opiniões divergentes, as observações permanecem as mesmas; apenas as conclusões obtidas são diferentes. De acordo com a opinião de Kraus, cada dolina deve ser conectada a uma caverna diretamente ou por meio de canais e fraturas contendo pilhas de escombros de um teto desmoronado²⁴²(...).

(...) É um fato importante que a maioria dos exploradores britânicos e norte americanos chegou a conclusões que não coincidem com a teoria do colapso geralmente aceita e que eles concordam, na maior parte, com a opinião de Mojsissovics, publicada um pouco mais tarde. Cox conclui que as dolinas em Indiana terminam em pequenas fraturas e explica que sua formação é o resultado da erosão pelas águas atmosféricas²⁴³. Woods, que pesquisou profundamente as feições cársticas no sul da Austrália, reduz mesmo os poços naturais à “erosão simples” que resultou na conexão com uma caverna²⁴⁴. Da mesma forma,

²⁴¹Martel, “Sous terre”. Revue de Géographie. Decembre 1889. p. 246. – Martel et Launay. Bull. de la Soc. Géol. de France XXX. 1891. p. 410.

²⁴²As explorações na Eslovênia mostraram provas de que as dolinas *exploradas* estão ligadas às cavernas, exceto para os dois casos mencionados por Kraus. Hrasky explorou muitas dolinas íngremes e profundas, mas nenhuma delas chegou a se conectar a uma caverna (Hrasky, Entwässerungsarbeiten im Ratschnathale, Mittheilungen der Sektion f. Naturkunde. 1889, p. 26). Ele examinou 80 poços. “Foi determinado, sem dúvida alguma, que todos os poços, independentemente de serem ligados a dolinas ou não, deveriam ser considerados resultado da erosão hídrica local, sem ligação direta a uma caverna que drena a água”. Putick também observou que as dolinas muitas vezes terminam em rocha sólida por uma rachadura fina (Die unterirdischen Flasläufen von Innerkrain. Das Flussgebiet der Laibach. Mitth. d. k. k. Geogr. Gesellschaft. 1890, p. 483).

²⁴³Cox, Fifth Ann. Rep. of the Geol. Survey of Indiana, 1874, p. 261.

²⁴⁴Woods, Geol. observations in South Australia, p. 64.

Sawkins explica que inúmeras dolinas na Jamaica foram criadas através do processo de dissolução de calcário e da erosão ao longo das fraturas e fissuras existentes na feição²⁴⁵. A opinião de Middlemiss sobre as dolinas em Naini Tal²⁴⁶ é a mesma²⁴⁷ (...).

2.5.2. Fatos na avaliação da teoria do colapso

Vamos resumir nossos resultados:

1. Colapsos constantes na literatura como prova da Teoria de Colapso ou se aplicam a dolinas aluviais ou são tão insuficientemente descritos que nenhuma conclusão pode ser elaborada. Até agora, não se tem nem um único registro de uma dolina criada por colapso.
2. A maior parte das dolinas, particularmente em forma de bacia e funil, não possuem ligações com as cavernas. Em tais casos, a Teoria do Colapso está completamente excluída.
3. Mesmo quando as dolinas estão conectadas as cavernas como poços naturais, dolinas do tipo Trebič e um número de *potholes*, sua existência não pode ser automaticamente explicada como produto de um colapso. De acordo com a opinião de Martel, que pesquisou os *potholes* mais extensivamente do que qualquer outro, eles não aparecem como resultado do colapso. Os abismos ou buracos que consistem em uma dolina ou caverna, numerosos na Eslovênia e em Trieste, geralmente têm - nos pontos de conexão - aberturas tão pequenas que precisam ser alargadas para que se possa pas-

²⁴⁵Sawkins, *Geology of Jamaica*, p. 137.

²⁴⁶**N.T.:** Localidade a cerca de 300 km a nordeste de Nova Delhi, Índia.

²⁴⁷*Geological sketch of Naini Tal*. Rec. Geolog. Survey, India, p. 214.

sar. Não é viável que uma dolina com 50 metros de diâmetro, conectada a uma caverna com uma ampla abertura de cerca de 1 metro, tenha sido formada por um colapso. Resta apenas um pequeno número de poços naturais que criam a impressão de terem sido criados como resultado do colapso.

4. Não é possível concluir que as dolinas se localizam acima das cavernas simplesmente porque as cavernas contêm desmoronamentos de rocha e *karrensteine*. Tais depósitos e feições podem aparecer em cavernas por várias razões, e, se uma dolina existe acima - o que foi determinado em apenas dois casos -, sua existência ainda não pode ser explicada apenas pelo colapso, já que os desmoronamentos de rocha e *karrensteine* podem ter sido depositados a partir do exterior para dentro da dolina e da caverna (...).

(...) É bem conhecido o fato de que a ação da água muitas vezes cria cavernas superficiais extremamente ramificadas. Essa influência ativa e geologicamente duradoura se inicia diretamente sobre a superfície e, portanto, cria formas em locais onde a água infiltrou pela primeira vez. É natural que algumas formas superficiais existam em locais onde a água escoava verticalmente para baixo. Tais feições são as dolinas, que representam entradas simultâneas para sistemas de drenagem subterrânea. Um pequeno número dessas fissuras amplia-se em cavernas reais por meio da atividade da água subterrânea. Então, em tais áreas, devem existir menos cavernas do que dolinas. Isso é verdade, ao contrário das suposições de Tietze.

2.5.3. A formação de dolinas verdadeiras

Vários fenômenos, particularmente mudanças de temperatura e intemperismo químico, criam fraturas e fissuras verticais e horizontais no calcário. A água rica em ácido carbônico escoar e expande essas aberturas, pois dissolve direta ou indiretamente a rocha. Esses canais, atingindo grandes profundidades, drenam a água que cai sobre superfície carbonática e se tornam o ponto terminal da atividade que erode e corrói a superfície, formando os fenômenos cársticos. Enquanto em outras áreas compostas de rochas impermeáveis tem-se uma declividade contínua até o nível do mar causada pela erosão, no carste a declividade surge no entorno das fissuras pelas quais a água penetra e desaparece. Por causa das diferentes atividades da água superficial, as entradas das fissuras são alargadas e transformam-se em funis. Isso é o que chamamos de *dolinas normais* (...). Assim, temos:

- a) *Dolinas mais ou menos preenchidas por sedimentos externos*²⁴⁸. As possíveis causas da formação podem ser a combinação de vários processos, pois as dolinas inicialmente são o resultado da ação da água superficial e, então, continuam a se desenvolver pela dissolução que também ocorre abaixo do solo que foi depositado pela água na base da dolina (...).

(...) as dolinas são particularmente abundantes em áreas cársticas onde a precipitação é distribuída igualmente ao longo das estações; o solo está sempre úmido e preenchido de água, momento quando ocorre forte desintegração superficial em tais áreas cársticas que impede sua formação, como ocorre em áreas

²⁴⁸N.E.: Materiais alóctones.

da Morávia e da Rússia. O Carste Adriático apresenta chuvas de outono, principalmente em outubro; nas Ilhas Jônicas e na Grécia, a chuva cai durante os meses de inverno. Nesse caso, não se observam resíduos do intemperismo ou, se eles estão presentes, ocorrem esporadicamente e em pequenas quantidades sem impedir o desenvolvimento das dolinas. Para a formação de dolinas, é extremamente importante que exista grande quantidade de água infiltrada por meio de fraturas em um período relativamente curto de tempo, fato que causa perfurações profundas e a intensa dissolução do calcário (...)

b) *Dolinas de neve*. Nas altas montanhas cársticas próximo à costa do Mar Adriático, bem como nos Alpes calcários, muitas dolinas são permanentemente preenchidas de neve. Representam, portanto, significativos pontos de acumulação de neve. Tais dolinas são separadas por cumes rochosos afiados, mas muitas vezes alisados pela erosão da água do dege-lo, e suas laterais cobertas por *karren* (...).

c) *Dolinas no contato entre o calcário e as rochas impermeáveis*. Já mencionamos dolinas situadas no contato entre o calcário e o quartzito em Kučaj. No contato ao longo de 1 quilômetro entre esses tipos de rocha, são encontradas quantidades expressivas de grandes e pequenas dolinas em forma de funil. Suas encostas meridionais são íngremes e com sumidouros em calcário. Já os lados desenvolvidos em arenitos e xistos frequentemente produzem nascentes. A água flui sobre as dolinas e cria – por meio da denudação – declives suaves e, em seguida, desaparece nos sumidouros na base do penhasco. As formas dessas dolinas são produtos da erosão subaérea da água atmosférica. Esta erode as encostas de rochas impermeáveis criando - por dissolução – estreitas fraturas de absorção nas encostas de calcário.

d) *Subsidências causadas pelo colapso do teto.* Quando mencionamos este tipo genético de dolina, entramos no rol das possibilidades que nem sempre são apoiadas pela correta observação. As dolinas aparecem mais rapidamente nos casos em que o teto desmorona do que pelo intemperismo químico superficial. Tais colapsos, embora raros, ocorrem principalmente em cavernas ricas em água. É assim que os *lightholes* ou pequenas dolinas em forma de poço, em forma de bacia ou de funil podem ser formados. Pilhas de rochas, criadas pelo colapso de um teto ocupam - por causa de sua natureza inconsolidada - mais espaço do que o material original do teto. Devido ao grande volume, os espaços vazios da caverna são preenchidos com tantos materiais que mais colapsos se tornam impossíveis (...)

(...) Nos abismos explorados por Martel em Causses, cujas formas comumente complexas consistem em estreitos e áreas mais amplas, podemos ver o importante papel desempenhado pelas diáclases na sua formação. Alguns deles mostram feições de corrosão. De Launay e Martel explicam tais feições como sendo produtos da dissolução do calcário ao longo das diáclases, bem como resultado da corrosão causada pela água superficial ao longo dos lados do buraco que está em processo de formação²⁴⁹.

As observações de Martel podem ser a chave para a compreensão da gênese da maioria dos abismos (*potholes*), particularmente se nos lembrarmos de quantos são os locais em que a água superficial desaparece nas profundezas. É incompreensível que exista em tais lugares, nos sumidouros do carste, uma erosão mecânica vertical que transforme fraturas estreitas cria-

²⁴⁹De Launay et Martel, Notes sur quelques questions relatives a la géol. de grottes et des eaux souterraines. Bull. de la Soc. de France 1891. p.142.

das pela água em verdadeiros canais e aberturas (*cave windows*). Podemos perceber como os sumidouros frequentemente se movem ao longo do mesmo rio e como suas funções são passadas uns aos outros de tal maneira que o sumidouro a montante se torna um simples abismo (*cave window*).

Dessa forma, percebe-se uma conexão entre as dolinas comuns e muitos buracos (*potholes*). As primeiras feições são formadas pela água que percola no carste e as últimas são formadas pelas águas de cursos perenes. A erosão química é importante para a formação das dolinas e a erosão vertical mecânica é importante para a formação dos abismos. Cada um desses buracos pressupõe a atividade da água absorvida. É assim que as dolinas podem se transformar em abismos, e vice-versa, os buracos abandonados pela água podem – por desmoronamento – se transformar em dolinas (...).

Em seu mais recente trabalho (Les Abîmes, p.515-517), publicado após o “Karstphänomen”, Martel afirma resolutamente que as dolinas criadas pelo colapso dos tetos das cavernas representam raras exceções (...).

(...) As minhas explorações anteriores na Sérvia apoiam opiniões expressas neste trabalho sobre a formação de dolinas. Durante as explorações realizadas após o ano de 1893, observei *window caves*: três delas foram, sem dúvida, criadas por colapso, enquanto a quarta não pode ser comprovada de forma confiável. As primeiras são as grandes e pequenas claraboias (Mala e Velika Vigled) da Caverna Petnica e a claraboia no teto da Caverna Čitluk, muito semelhante à abertura no teto da Gruta Lanšarevac, na Eslovênia. A última feição é o abismo que apareceu acima do Mlava Vrelo durante o terremoto de 1893 (...).

Vamos concluir com a ajuda de uma tabela. Distinguiremos o seguinte:

Tabela 2 - Tipos morfológicos e genéticos de dolinas

I. Pequenas dolinas típicas que terminam em fissuras	
Morfologia	Gênese
1. Forma de bacia $D > 3h$ Declividade de 10 a 30° Mais numerosas	1. Um número significativo de pequenas dolinas típicas são criadas pela erosão nas entradas de fraturas e fissuras.
2. Forma de funil $D \leq 2h$ Declividade de 45° Em quantidade, a taxa em relação às dolinas em forma de bacia é de 1:7	2. Dolinas formadas pela subsidência do teto da caverna. Tipos morfológicos e genéticos não coincidem; dolinas em forma de poço, de acordo com sua origem, pertencentes ao próximo grupo.
3. Dolinas em forma de poço $D < h$ Extremamente raras	a) Verticais b) Inclinadas
II. Abismos ou dolinas associadas às cavernas	
Morfologia	Gênese
1. <i>Potholes</i> a) <i>Potholes</i> que terminam em pequenas cavernas cegas b) <i>Igues</i> nos Causses	1. Pequenas dolinas típicas conectadas por desnível a cavernas próximas à superfície. 2. Sumidouros abandonados. 3. Buracos criados pelo colapso da rocha. 4. Buracos criados na superfície por meio do colapso da rocha a partir da caverna para o exterior.
2. <i>Window caves</i>	1. Colapso completo do teto. 2. De uma claraboia do tipo Trebič, abismos aparecem pelo colapso da rocha.
3. Dolinas do tipo Trebič	Poços naturais formados pela erosão vertical ao longo de fraturas.

3. RIOS CÁRSTICOS

Uma quantidade significativa de precipitação que cai na área cárstica é imediatamente capturada por fraturas e suas dolinas; o restante flui em riachos e córregos, desaparecendo em outras fraturas (*izduhe*, em sérvio e *sucoirs*, em francês) e sumidouros (*ponors*, em sérvio) que abundam em todo o *karst*, até mesmo nos leitos dos rios. A água que penetra as profundezas é coletada nos canais e, em alguns locais, cria fluxos de rios subterrâneos. O carste é hidrograficamente caracterizado pela falta de água na superfície e sua abundância no subterrâneo. De acordo com o exposto, os corpos d'água no carste consistem em canais individuais que afloram na superfície a partir de rachaduras e cavernas nos lados de vales cársticos profundamente sulcados, ou aparecem nos contrafortes. Todas essas fontes nascentes são ricas em água: na Grécia, são chamadas *kefalar* ou *kefalovris*, na França (fontes vaclusianas)²⁵⁰.

De acordo com o regime hídrico, dois tipos principais de rios podem ser diferenciados:

²⁵⁰*La fontaine de Vaucluse* é uma nascente muito forte localizada próximo à Avignon, abaixo do Monte Ventoux. A água aflora de uma dolina em forma de poço com vazão média de 15 a 20 metros cúbicos por segundo e 120 metros cúbicos por segundo durante a chuva. La fontaine de Vaucluse recebe a água do Monte Ventoux e adjacências. A região é uma área cárstica verdadeira com muitas dolinas típicas e abismos. De acordo com estimativas, parece que metade da água precipitada nesse carste ressurgiu na fonte vaclusiana, ou seja, entre 500 a 650 milhões de metros cúbicos. Essa nascente alimenta um forte rio, o Sorgues, que flui nos contrafortes do carste. No Carste Adriático, existem dois excelentes exemplos desse tipo de nascente: as pequenas cavernas das quais flui o rio Timavo, próximo a Duin, e o rio Reka, próximo a Dubrovnik. No leste da Sérvia, localizam-se várias nascentes desse tipo: Mlava Vrelo, Modro Vrelo na vila de Krupac, Golemo Vrelo em Donja Studena etc.

1. Rios do primeiro tipo aparecem em *locais mais elevados* e fluem através de vales cegos, sendo chamados *rios sumidouros* ou *rios ponors*²⁵¹ desde que a água desapareça em sumidouros ou ponors. Na Alemanha, chamam-se *Schlundflüsse*; Em Indiana e Kentucky, na América do Norte, são chamados *lost rivers* e, na Jamaica, *gullies*. Como regra geral, possuem água somente durante os períodos de chuva e quando a neve está derretendo; caso contrário, seus leitos estarão secos e, assim, serão chamados *efêmeros* (*suhaje* ou *sušice* em sérvio).
2. Os rios do segundo tipo fluem através de vales cársticos profundos ou em suas bordas. São caudalosos e seus vales são normais.

O primeiro tipo pode ser separado em duas outras divisões:

- 1.1. Rios e riachos fracos, fluindo através de vales rasos esculpidos em *planaltos cársticos*. Estes são rios que desaparecem: depois de um fluxo mais longo ou mais curto, sua água desaparece nas fraturas, ou seja, nos sumidouros ou *ponors*. Essa perda de água ocorre gradualmente de tal forma que, muitas vezes, o rio vai perdendo o caudal progressivamente em direção ao sumidouro principal²⁵².

²⁵¹**N.T.:** É razoável traduzirmos, também, como *rios intermitentes*. Entretanto, devemos lembrar que o caráter intermitente desse tipo de rio se dá pela presença de fraturas e aberturas na rocha que capturam a água superficial para o subterrâneo e não apenas pelo aspecto climático.

²⁵²Essa característica é perceptível em vários rios no Leste da Sérvia: Brezovica, Klencuš, Srednja e Mikuljska, em Kučaj e Rečke, em Beljanica. O Rio Tarloire na França, fluindo a partir do granito, perde sua água quando encontra terreno calcário. Antes de atingir esse terreno, é tão rico em água quanto o

Os poucos rios que são capturados para o subterrâneo no carste da Sérvia oriental ocorrem primeiramente nas montanhas de Kučaj e de Beljanica. Ao longo dos terraços da primeira cadeia de montanhas, os rios são os seguintes: Nekudovo, Brezovica, Ponikvica, Klencuš, Mikuljska e Srednja Reka. Em Beljanica e Straža, são os rios Rečke e Rečak.

Além de Rečina, próximo a Rijeka, existem apenas córregos e pequenos rios temporários no planalto calcário que se eleva acima da Baía de Kvarner²⁵³. Dolinas e sumidouros capturam toda a água atmosférica que cai sobre esse planalto e suas laterais, para reaparecer na forma nascentes naquela Baía.

Na área de calcário devoniano da Morávia, os rios cársticos principais são o Bila Voda e o Sloupska Rečica, junto com alguns outros menores.

O Planalto Cárstico (Causses) em Cévennes é particularmente interessante. São massas calcárias sem água com uma altura absoluta de 800 a 1.000 metros (acima do nível do mar). Sua superfície é caracterizada por pequenas dolinas (*cloups*), abismos (*avens* e *igues*) e alguns vales cegos pelos quais fluem rios que somem perdendo sua água para os sumidouros (*gouffres*). Essa água circula através de fraturas subterrâneas (como se verificou no abismo Mas Raynal acima mencionado) e ressurge sob a forma de nascentes nos profundos vales dos rios Tarne, Jonte, Durbille e Vill que fluem entre os planaltos²⁵⁴.

rio Charente. Fluindo de um sumidouro para outro, torna-se cada vez mais fraco até se tornar um pequeno córrego (Reclus. Nouv. Géogr. II, La France. p. 497).

²⁵³**N.T.:** Também chamado de Golfo de Kvarner, localizado no norte do Mar Adriático, entre a Ístria e a porção norte da costa da Croácia.

²⁵⁴E. A. Martel. Les eaux souterraines des Causses. Bull. Soc. Géol. de France XVII, 1889. p. 610. – Annuaire du C. A. F. 1890. p. 112 e 116.

Rios que somem em poljes representam um tipo excepcional de rio cárstico apresentando as seguintes características (diferentes das mencionadas anteriormente): suas declividades são insignificantes e fluem lentamente através dos *poljes*, acrescentando sua água a muitos sumidouros localizados nas laterais dessas depressões espaçosas. O deslocamento do leito fluvial frequentemente ocorre nesses rios, uma vez que seus leitos são profundamente incrustados em depósitos que cobrem a base do *polje*. É por isso que os leitos dos rios secos e temporários aparecem com bastante frequência em torno dos rios que afundam em *poljes*. Particularmente nas porções mais baixas dos *poljes*, esses rios dividem-se em pequenas ramificações individuais que desaparecem em sumidouros, pois os fluxos desaceleram antes dos sumidouros devido à baixa resistência de suas margens aluviais. O Rio Mušica, que observei em abril durante o seu nível médio de água, flui sinuoso de várias formas através da porção norte do Gatačko Polje, na Herzegovina, perdendo a sua água para os sumidouros próximos às aldeias de Muhović, Bašić e Drugović. A água remanescente desaparece em um grande sumidouro sob um monte chamado Vidiš, na porção sudeste do *polje*. O ramo esquerdo do Rio Gacka, no Gacko Polje, entre Velebit e Kapela, se divide em 12 ramos, muitos deles com moinhos construídos sobre eles. As águas de alguns dos ramos desaparecem nos sumidouros. O ramo direito desse rio também se divide muitas vezes em pequenos ramos que se fundem novamente²⁵⁵.

Outros rios cársticos que são ricos em água fluem através de vales profundamente sulcados que muitas vezes penetram certos planaltos ou cordilheiras cársticas; suas bases são rebaixadas para as camadas impermeáveis ou corpos d'água. A maio-

²⁵⁵Die Wassernothe im Karst der kroatischen Militärgrenze. p.19.

ria desses rios não tem quaisquer afluentes na superfície; estes são substituídos por fortes nascentes que surgem nas laterais dos vales e nos leitos dos rios. Essas nascentes mantêm os rios e os tornam mais fortes (...).

(...) *Os rios no sopé do carste* têm posições diferentes, mas são do mesmo tipo. Eles começam onde as áreas cársticas descem para as planícies e suas grandes nascentes são geralmente cavernas ou reentrâncias (...).

(...) Eles não possuem áreas de captação, pois surgem imediatamente a partir das cavernas como rios completos, ou suas nascentes aparecem nos contatos entre o calcário e as rochas impermeáveis (...).

Muitos desses rios têm cachoeiras que estão relacionadas com os fenômenos cársticos:

1. O primeiro tipo de cachoeira é representado por *cachoeiras em nascentes fortes* que fluem das cavernas. Se tais cavernas estão localizadas um pouco mais alto do que o fundo de um vale de um rio, esses cursos d'água fluem para baixo como cachoeiras. São as pequenas cachoeiras em Reka, perto de Dubrovnik²⁵⁶.
2. O segundo tipo é representado por *cachoeiras em torno dos sumidouros*. As cachoeiras deste tipo caracterizam, principalmente, os rios cársticos que desaparecem em profundos sumidouros rochosos. A erosão que ocorre nesses locais atinge a borda do sumidouro, fazendo com que o leito do rio ao redor da feição se torne parecido com um degrau.

²⁵⁶**N.T.:** Cidade croata a cerca de 600 km a sudeste da capital Zagreb.

O Rio Rečke, em Beljanica, no leste da Sérvia, despenca em um grande sumidouro rochoso formando uma cachoeira de 20 metros de altura.

Nekudovo, próximo a Kučaj, desaparece em uma caverna formando grandes corredeiras. A cachoeira no Gračanica, em um sumidouro em Slivlje (no Nikšićko Polje), é uma cachoeira desse tipo.

O Rio Foiba, perto de Pazin, na Istria, desaparece em um enorme sumidouro por uma série de pequenas corredeiras localizadas em sua frente. O Rio Salgues, no Planaltos de Gramme, nas Cévennes, cai no sumidouro do Réveillon formando uma queda d'água de 20 metros de altura²⁵⁷.

3. Mais comuns são as *cachoeiras de travertino*. Podem estar localizadas em qualquer parte do leito do rio e diferem das cachoeiras mencionadas anteriormente em sua altura²⁵⁸. Além disso, a maioria das cachoeiras deste tipo muda continuamente à medida que crescem ou desmoronam.

Frequentemente, os rios cársticos contêm grandes quantidades de bicarbonato de cálcio e, quando encontram uma pequena crista ou irregularidade no leito de rio, a água evapora e deposita travertino. Essas irregularidades crescem devido às quantidades cada vez maiores de travertino depositado. As cachoeiras desse tipo se manteriam crescendo se não fossem limitadas por vários fatores.

A cachoeira Krka ou Skradinski Buk é uma típica queda d'água desse tipo e é uma das mais belas da Europa. De Skradin a jusante ao longo de seu rio, é possível identificar as cristas no leito do Krka a uma distância de 1 a 2 quilômetros (...).

²⁵⁷Martel. Sous terre. Annuaire de C. A. F. 1890. p.197.

²⁵⁸N.E.: Altura muito menor.

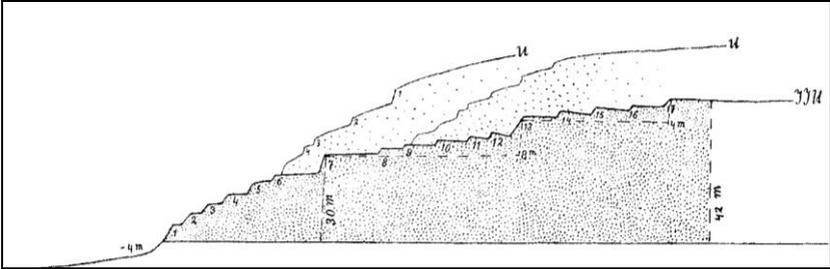


Fig. 14. Seção longitudinal da Cachoeira Krka. Os números 1, 17 e 13 representam as maiores bordas, com 3 a 4 metros de altura. Os pontos representam travertinos.

(...) É claro que a cachoeira Skradin pertence ao grupo de *cachoeiras de travertino atualmente em crescimento*. Massas de travertino, ainda depositadas na parte superior da cachoeira, apoiam esta última conclusão. O Krka contém grandes quantidades de CaCO_3 dissolvido na forma de $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$; um pequeno cume, crista ou qualquer tipo de obstáculo no leito do rio no local atual da cachoeira foi suficiente para iniciar a deposição de travertino aumentando seu tamanho e, assim, acelerou o crescimento da cachoeira (...).

4. Se um rio flui de uma área de calcário fraturado e permeável para regiões de rochas tenras, na área limítrofe, devido a erosão diferencial do leito do rio nos dois pontos de junção, aparecem cascatas que, devido à erosão, se movem a montante e completamente para a zona calcária. Na Dalmácia, exemplos deste tipo estão no Rio Cetina, ou seja, as cachoeiras Velika e Mala Gubavica.

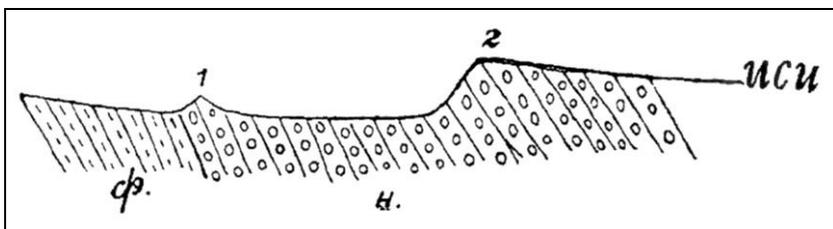


Fig. 15. *f* = flysch; *n* = Calcário numulítico – 1. Mala Gubavica. – 2. Velika Gubavica. Seção longitudinal do leito fluvial de Cetina nas proximidades da Mala e Velika Gubavica.

O Rio Cetina escavou seu leito em um planalto e atingiu a profundidade de 280 a 300 metros. Somente nessa profundidade é possível ver tais cachoeiras. Nenhuma das cachoeiras presentes é, portanto, escalonada, mas elas compreendem cachoeiras de 7 metros de altura (Mala Gubavica) e cerca de 100 metros de altura (Velika Gubavica). No fundo do leito do rio mais profundo, a água salpica enquanto cai e toda a sua massa aparece como a neve levantada do chão pelo vento. Nuvens de vapor se elevam acima dessa massa agitada (...).

- Em áreas cársticas, os rios menores frequentemente fluem para os maiores por meio das cachoeiras. Eles são chamados *cachoeiras de desembocadura*²⁵⁹. Perto do local onde o Cetina flui para o mar, nas proximidades de Omiš²⁶⁰, dois riachos fluem para esse rio através de altas cachoeiras. Um pequeno rio flui para o Korana sobre uma cachoeira de 78 metros de altura e também cria uma grande cachoeira. O rio Slunjčica flui para o mesmo rio (Cetina) por numerosos degraus, perfazendo cerca de 18 a 20 metros de altura.

²⁵⁹N.T.: *River mouth waterfalls.*

²⁶⁰N.T.: Cidade croata a cerca de 440 km da capital Zagreb.

Parece que este último tipo de cachoeira é criado da seguinte maneira: afluentes que fluem em níveis mais altos perdem água para sumidouros no calcário, enquanto os rios principais, fluindo em níveis mais baixos, adquirem grandes quantidades de água pelas nascentes. Assim, os últimos escavam seus leitos mais rapidamente do que os anteriores. O resultado é a formação de cascatas ou cachoeiras nos pontos onde os rios tributários fluem para os principais. No carste, a permeabilidade da rocha calcária auxilia a criação dessas quedas d'água.

4. VALES CÁRSTICOS

A água corrente está raramente presente em áreas cársticas elevadas, razão pela qual os vales relacionados não apresentam declive contínuo. O Planalto Cárstico da Ístria Meridional tem apenas três vales: os dos rios Raša e Mirna e o canal de Lema. No Carste Adriático, existem apenas quatro vales regulares: os dos rios Zrmanja, Krka, Cetina e Neretva. A Ilha de Cefalônia, com 760 km² em tamanho, não tem um único vale regular de tamanho considerável, mas apenas algumas ravinas e vários riachos.

Devido à permeabilidade do calcário, a água desaparece dessas áreas. Vales regulares são raros ou inexistentes, substituídos por *vales cegos* e outras diferentes depressões em forma de vale. Enquanto um terreno de rochas impermeáveis favorece o desenvolvimento de vales que são conectados de modo que as áreas elevadas entre eles são isoladas, aqui, as elevações aparecem em forma de rede, com depressões fechadas e isoladas entre eles. No primeiro caso, os vales normais determinam o tipo de terreno, enquanto que, no segundo, os vales podem ser:

- a) *Vales cortados na foz (Sackthal)*. Nas porções superiores, esses vales terminam em encostas íngremes, com a fonte dos rios abaixo. Além desse traço morfológico, vales deste tipo também possuem posicionamento característico: estão sempre localizados nas bordas dos planaltos cársticos ou nas colinas de montanhas cársticas e representam *os vales cársticos mais baixos (...)*.
- b) *Vales cegos*, que são morfológicamente caracterizados por serem *fechados nas suas partes inferiores*, onde os lados se encontram curvos para formar sulcos, o que também é o caso das dolinas. Os vales cegos são, portanto, vales sinuosos, fechados por todos os lados. Ao contrário dos vales do primeiro tipo, sempre aparecem em montanhas cársticas ou em planaltos cársticos; eles são os *vales cársticos superiores*.

Um vale cego pode aparecer, em toda a sua extensão, em sedimentos cársticos, mas sua maior porção é geralmente localizada em rochas que retêm água, com apenas sua parte inferior no carste. No entanto, ambos tipos de vales cegos terminam com a formação de cumes curvos em suas partes inferiores. Abaixo deles, estão as cavernas ou sumidouros por onde os rios são capturados para o subterrâneo. Vales cegos com toda a sua extensão em calcário terminam com suas partes superiores como vales do primeiro tipo; vales cegos do segundo tipo são desenvolvidos como vales normais em suas partes superiores (...).

- c) *Vales semifechados* são diferenciados dos vales cegos por suas características morfológicas e hidrológicas. Eles também terminam com cumes curvos em ambas as partes superior e inferior, mas o cume inferior (em torno de um sumidouro) é baixo e a água pode fluir sobre ele se estiver em

maiores quantidades. É por isso que, além do cume, como uma extensão do vale semifechado, há um vale mais alto, geralmente raso, que funciona como um leito de rio quando os níveis de água são altos. Diferenciamos, portanto, duas partes nos vales semifechados: a primeira parte é aquela através da qual um rio subterrâneo flui regularmente, e a segunda, aquela através da qual, durante períodos de alto nível d'água, drena a água que não poderia ser absorvida por sumidouros ou cavernas. A maioria dos vales mais elevados no carste apresentam esses traços morfológicos (...).

d) *Vales secos*, que não hospedam rios, ou apenas o fazem temporariamente. Eles não têm uma inclinação contínua, seus fundos são perfurados por dolinas ou fileiras inteiras dessas feições. Morfológicamente, existem os seguintes tipos de vales secos:

- i. Vales secos como extensões de vales semifechados. Suas formas estão ligadas, principalmente, ao hábito petrográfico do calcário e às condições hidrográficas (...).

(...) A Dolina Lazareva, acima de Zlot, na região de Kučaj, é extremamente ramificada em sua parte superior, que é composta de xistos paleozóicos. Depois que atinge o calcário, é fechada por um pequeno cume com sumidouros abaixo. O perfil em rocha calcária desse ponto representa um vale alto e seco, fechado aqui e ali por grandes rochas. Em um ponto estreito do cânion, onde as laterais se elevam cerca de 80 a 100 metros acima de sua base, existem poços gigantescos. Normalmente, a água só flui até atingir os sumidouros mencionados. Através da parte restante do Vale do Lazareva, a água flui apenas na nas-

cente quando a neve derrete. Neste caso, um vale previamente normal foi transformado em um semifechado pela formação de um sumidouro (...).

- ii. Vales secos onde a água dos rios cársticos desaparece em sumidouros nos seus leitos, tornando secas e rochosas as partes inferiores dos seus vales, mas não separadas do resto do leito. A maior parte do vale cego Vojal em Kučaj representa um vale seco e é chamado de Dubačina; a água flui somente na primavera e no outono. A parte mais baixa do Vale de Brezovica, em Kučaj, é igualmente do mesmo tipo, exceto pelo fato de a água nunca fluir através dele.

Similar a estes é o Vale Perdido perto de St. Louis, Indiana. Na região, o Craters Creek e o Lost River se encontram e criam um grande vale, e rio (o Lost River) tem sua água capturada por quatro sumidouros. Durante períodos de nível normal de água, o primeiro sumidouro recebe toda a água, e a maioria do leito do rio, desse ponto até Orangeville²⁶¹, permanece seca; as águas fluem ao longo de todo o leito do rio somente durante os períodos de chuva pesada e prolongada²⁶².

- iii. Alguns rios cársticos são *secos em toda a sua extensão*. Estes são, em sua maioria, na forma de cânions, seus leitos são porosos devido a muitos sumidouros e dolinas e, conseqüentemente, a água nunca flui por eles ou flui somente durante períodos de níveis elevados da água. Um exemplo é o vale do Rio Frasula,

²⁶¹N.T.: Cerca de 10 km de extensão.

²⁶²Cox. Seventh Annual Rep. of the Geol. Survey of Indiana 1876. p.224.

em Kučaj, leste da Sérvia. De acordo com Tietze²⁶³ e Hassert²⁶⁴, outros exemplos são os vales do Sušica e Pirpi Do, no Montenegro, e, de acordo com Schmidl, os vales nas Montanhas Bihor que são chamados Valea Secca pelos Vlahas²⁶⁵. Os vales deste tipo são numerosos nos Schwabische Jura²⁶⁶.

- iv. As porções secas que aparecem nas seções centrais dos vales cársticos também se enquadram nesta categoria. A água do rio cárstico é capturada por sumidouros, deixando para trás a porção do vale através da qual a água não flui sob circunstâncias regulares, enquanto na parte inferior o rio reaparece a partir das nascentes no próprio carste. Este é o caso do Rio Pukva, que some perto de Sloup, na Morávia; desse sumidouro até cerca 1 quilômetro, o vale é seco, com água reaparecendo de uma caverna ao lado do carste.

Conexões genéticas entre vales cársticos normais e cegos

Os vales cársticos cegos e secos são primários ou secundários.

- a) O primeiro pode aparecer quando um rio, vindo de uma área de rochas impermeáveis, entra no calcário poroso onde sua água percola por fraturas e sumidouros. Com o tempo, os sumidouros aparecem nesses lugares e os rios, sendo os

²⁶³ Tietze. Geol. Übersicht von Montenegro. Jhrb. d. geol. R. A. XXXIV. 1884.

²⁶⁴ Hassert. Die Oberflächengestaltung Montenegros. Globus. Bd. 61. Nr. 4. p. 2.

²⁶⁵ Schmidl. Das Bihargebirge. p. 29

²⁶⁶ Das Königreich Württemberg von den königl.-stat.-topogr. Bureau. Stuttgart 1882, p. 305. – Lepsius. Geologie v. Deutschl. I. Th. p. 482.

agentes erosivos que criam vales, escavam seu leito até encontrarem essas feições. O rio erosivo para na superfície e, a partir do sumidouro, flui pelas cavernas. O vale do Rijeka, chegando a St. Kocian no Carste de Trieste, é um vale cego primário. Na Sérvia, pertencem a este grupo os vales de rios como o Ponorska Reka (acima de Duboka, em Zvižd), os rios Paskva e Rajkova Reka e a Duboka Dolina (perto de Majdanpek) e os vales de Brezovica e Radovanska Reka até os sumidouros pertencem a este grupo.

- b) Secundários são os vales cegos que aparecem a partir daqueles que são regulares, por meio da formação de sumidouros nos leitos de rios normais. As formas de muitos vales cegos servem como prova disso. Tais vales são semifechados ou cegos e sempre terminam em sumidouros. Durante o processo de transformação do vale normal em cego, os vales semifechados que terminam em sumidouros aparecem em primeiro lugar; eles representam a primeira fase do processo (como descrito acima). No vale semifechado do Radovanska Reka, essa fase foi concluída. O vale do Rio Boner representa a segunda fase. Esse rio, juntando-se ao Rio Bramabjo, costumava fluir por um vale normal. Subsequentemente, criou-se um grande sumidouro que capturou toda a água do rio, portanto, o rio só podia escavar seu leito até atingir o sumidouro. Como resultado, um vale cego foi criado a partir do sumidouro, agora completa e hidrograficamente independente.

Os vales cegos acima mencionados na Morávia foram criados da mesma maneira.

Esses rios cársticos possuem a tendência de moverem seus sumidouros ativos rio acima. Foi percebido que, como resultado

disso, partes secas e mortas dos leitos dos rios aparecem em vales secos. É claro que esse processo encurta o leito do rio de um vale cego. Até onde irá o processo depende da quantidade de água que cada rio cárstico individual possui, bem como da menor ou maior permeabilidade do calcário. Grandes quantidades de água e permeabilidade insignificante agem de forma contrária ao processo de encurtamento do leito do rio. As grandes massas de sedimentos carregadas pelo rio têm um efeito semelhante, pois muitas vezes os sumidouros são soterrados e sua capacidade de absorção é diminuída ou deixa de existir por curtos períodos de tempo.

É bastante provável que alguns dos vales cegos no carste tenham surgido como resultado de movimentos tectônicos. Se uma parte de um vale cárstico normal crescia (relativamente) através da formação (tectônica) de uma crista em seu leito, enquanto que o rio, devido a sua captura para o subterrâneo, não possuía uma quantidade suficiente de água para seu poder erosivo se manter contra o aumento, o vale normal acabaria por se tornar tectonicamente fechado e transformado em um vale cego. O vale cego perto de Bugiat, no Peloponeso, costumava ser normal e aberto para o sul, segundo Philippon. Como resultado de um distúrbio tectônico, foi fechado por uma falha perto da cidade de Psari e transformado em um vale cego²⁶⁷.

²⁶⁷Philippon. Der Peloponnes. II. p. 447.

5. *POLJES*²⁶⁸

5.1. DEFINIÇÕES, NOMES E ÁREAS SUPERFICIAIS

Um *polje* é um grande vale cárstico com um fundo espaçoso. Seus lados desmoronam até se transformarem em uma planície e seu eixo longitudinal, paralelo à direção da camada sedimentar, é normalmente claramente distinguível. Os *poljes* são tipos especiais de vales fechados longitudinais. Eles existem apenas em áreas cársticas deslocadas e estão limitados à Eslovênia, à parte ocidental da Península Balcânica, à Ásia Menor, aos cumes dos Jura e também aparecem nas ilhas dos mares Adriático e Jônico, bem como na Jamaica²⁶⁹.

O que torna os *poljes* diferentes dos vales cegos longos e geralmente sinuosos é sua grande largura, bem como o fato de que a direção de seu eixo mais longo é sempre a mesma que a direção das camadas (sedimentares). Suas bases também são sempre planas ou inclinadas em direções diferentes. Geralmente eles não apresentam declives contínuos unidirecionais.

²⁶⁸O termo *polje*, conforme utilizado nesta discussão, originou-se da Bósnia e Herzegovina ocidental.

²⁶⁹O planalto do Naibab, composto de calcário e localizado na parte ocidental da América do Norte, contém vales longos e proporcionalmente estreitos cujo eixo longitudinal corre em direção N-S. É dividido em vários vales menores e o maior é o Parque de De Mote, com 16,2 quilômetros de comprimento, 1,6 a 3 quilômetros de largura e profundidade relativa de 70 a 150 metros. Seus declives do fundo se desenvolvem em várias direções e um rio não flui através dele. Esse tipo de vale, de acordo com Dutton, é um rio abandonado que fluiu uma vez do norte até o Rio Colorado. No entanto, o terreno foi soerguido mais rapidamente no sul, criando um cume que separou esse rio do Colorado. Esse processo foi retardado pelo clima seco, constante nessa área desde o Plioceno (Dutton, História Terciária do Distrito do Grand Canyon, pp. 192-194). Talvez esses vales sejam realmente *poljes* ou depressões semelhantes a *poljes*.

O que torna os *poljes* diferentes das dolinas são suas dimensões muito maiores, o fato de que são extremamente alongados e que suas bases representam planícies limitadas, mas espaçosas. Uma vez que também existem, juntamente com inúmeras pequenas dolinas, algumas maiores, muitas vezes alongadas numa certa direção e contendo pelo menos planícies rudimentarmente desenvolvidas nas suas bases (como, por exemplo, Ponikva, acima de Bakar), existem formas de transição entre as dolinas e os *poljes*. Consideraremos dolinas a menor dessas formas de transição que apresentam raios de menos de 1 quilômetro, sendo as formas maiores *poljes*.

Junto com os *poljes* típicos, existem depressões similares, mas que não são completamente fechadas e, portanto, podem perder as águas através de passagens por entre penhascos. Chamaremos essas feições cársticas de *poljes abertos*.

Os *poljes* na Bósnia e Herzegovina são típicos. Eles representam o solo mais fértil da Bósnia e Herzegovina como oásis verdes em montanhas calcárias rochosas. Provavelmente essa é a razão pela qual eles são chamados de *poljes*: são as únicas terras planas boas para a agricultura²⁷⁰.

O Rio Neretva divide os *poljes* do oeste da Bósnia e Herzegovina em dois grupos. Os grandes *poljes* da Bósnia ocidental estão localizados a noroeste desse rio e são os *poljes* Livanj, Glamoč, Duvanj e Kupres. Todos foram escavados entre os picos mais altos do sistema dinárico. Em torno desse local, os

²⁷⁰ N.T.: O revisor nos lembra que essa avaliação segundo o critério agrário é inexistente na versão alemã, apesar de esta fazer menção a diversos casos de vales de fundo plano em que a deposição de material proveniente das bordas mais elevadas torna a região mais apta ao cultivo de diversas variedades interessantes para a agricultura. A etimologia do termo (cf. G. d'Hauterive, Dictionnaire des racines des langues européennes) remete apenas a 'campo', como nas eslavas se mantém com pequenas alterações (q.v. russo поле).

poljes abertos podem ser encontrados e apresentam rios fluindo através deles, ou são vales normais.

Os *poljes* menores da Herzegovina estão situados a sudeste do Rio Neretva. As cristas paralelas, colocadas uma após outra, do mar para o interior, estão separadas uma da outra por dunas longitudinais fechadas ou *poljes*. Alguns desses *poljes* são conectados por dolinas transversais, enquanto os rios que fluem através deles são caracterizados por possuírem cachoeiras. Essa zona de *poljes* da Herzegovina estende-se até o Montenegro, onde temos os seguintes *poljes*: Nikšićko, Grahovo, Brezno e Cetinjsko. Como, nessa parte do sistema dinárico, a linha de divisão está muito próximo ao mar, alguns dos *poljes* dessa zona também estão extremamente próximo ao mar.

Os *poljes* da Bósnia e Herzegovina estão caracteristicamente situados de forma paralela. Os eixos longitudinais desses *poljes* estão sempre na direção da estratificação, que é NW-SE. A maioria deles periodicamente contém água, geralmente durante as chuvas da primavera e do outono. As suas dimensões diferem. O Livanj Polje na Bósnia ocidental, por exemplo, tem uma superfície de mais de 300 km², enquanto outros, nas suas imediações, embora tenham todas as características dos verdadeiros *poljes*, apresentam uma superfície de apenas 2 km².

As dimensões dos *poljes* na Bósnia, Herzegovina, Dalmácia e Montenegro constam das tabelas seguintes. Medi suas superfícies usando apenas um planímetro polar e um mapa especial austríaco na escala 1:75.000. A partir das Tabelas 3, 4 e 5 podemos ver que, de acordo com o tamanho, podemos distinguir três grupos principais de *poljes* na Bósnia e Herzegovina ocidental. *Poljes* com superfícies não maiores que 100 a 300 km² pertencem ao primeiro grupo. Aqueles com superfícies de 10 a 50 km² caem no segundo, enquanto os menores *poljes*, com superfícies de 2 a 10 km², compreendem o terceiro grupo.

Tabela 3 – Áreas superficiais dos *poljes* na Bósnia e Herzegovina ocidental

NOME	ÁREA
1. Livanjsko Polje	379,34 km ²
2. Nevesinjsko Polje	188,80 km ²
3. Popovo Polje	181,23 km ²
4. Glamočko Polje	129,60 km ²
5. Duvanjsko Polje	122,30 km ²
6. Kupreško Polje	93,05 km ²
7. Gacko Polje	62 km ²
8. Mostarsko Blato	32,67 km ²
9. Vukovsko Polje	30,21 km ²
10. Dabarsko Polje	29,84 km ²
11. Rovanjško Polje	20,90 km ²
12. Dugo Polje	18,80 km ²
13. Rakitno Polje	14,60 km ²
14. Gornje e Donje Zimnje	12,94 km ²
15. Fatničko Polje	9,76 km ²
16. Ljubinjško Polje	8,08 km ²
17. Ljubomir	8,00 km ²
18. Kozerin	4,56 km ²
19. Trusina Polje	4,22 km ²
20. Lukan Polje	3,50 km ²
21. Udrešnje	2,60 km ²
22. Zlatopolje	1,97 km ²
23. Mokro Blato	1,75 km ²

Tabela 4 - Poljes na Dalmácia, nas Ilhas e na Ístria

NOME	ÁREA
1. Imotsko Polje	101,44 km ²
2. Gornje e Donje Dicmo	35,15 km ²
3. Vrana Lake próximo a Old Biograd	34,50 km ²
4. Lake próximo a Dusina	30,53 km ²
5. Konavli	23,29 km ²
6. Vrgorac	17,09 km ²
7. Dvrsno	7,04 km ²
8. Lake Vrana on Cres	4,91 km ²
9. Jezero (Lago)	3,37 km ²
10. Lake Čepić na Ístria	6,59 km ²

Tabela 5 - Poljes e vales cársticos similares aos poljes no Montenegro

NOME	ÁREA
1. Nikšićko Polje	48,00 km ²
2. Grahovo Polje	13,68 km ²
3. Velinje	10,44 km ²
4. Duboki Do	7,81 km ²
5. Cetinjsko Polje	7,00 km ²
6. Srijedi	6,64 km ²
7. Nikošë	3,85 km ²
8. Jele	2,62 km ²
9. Cerovica	2,34 km ²

5.2. FORMAS E DIMENSÕES

A maioria dos *poljes* é alongada ou oval, com o comprimento equivalente a pelo menos o dobro da largura. A relação entre as duas dimensões é de 2:1 no *polje* Čardak Livade, um pequeno *polje* na Bósnia ocidental. O *Polje* de Planina, na Eslo-

vênia, tem uma relação comprimento/largura semelhante. Além disso, os eixos longitudinais da maioria dos grandes *poljes* são várias vezes maiores do que os eixos latitudinais. No Livanjsko Polje, na Bósnia ocidental, a proporção é de 10:1 e, no Glamočko Polje, 26:1.

Na Macedônia, na Albânia e na Grécia, as depressões fechadas e sobretudo cheias de água têm a mesma forma e a maioria delas tem de ser consideradas *poljes*. A relação comprimento/largura no Lago Pheneus²⁷¹ é de 3:1, no Lago Ioanina²⁷², 4,5:1 e no Lago Stymfal²⁷³ é de 13,5:1.

Os eixos longitudinais dos *poljes* na Eslovênia e na parte ocidental da Península Balcânica até à foz do Rio Bojana são paralelos com a direção de estratificação, ou seja, NW-SE. Na Macedônia, na Albânia e numa parte da Grécia (Épiro), as camadas se estendem na direção norte-sul de modo que os eixos longitudinais dos *poljes* seguem, principalmente, a direção E-W (...).

(...) os *poljes circulares* apresentam comprimento não muito maior do que sua largura e são uma raridade. O Lago Kostur é, na verdade, um *polje* redondo com um raio de 1 quilômetro. O pequeno Blato *polje*, a oeste de Mostarsko Blato, na Herzegovina, e o profundo *polje* Zadlog, na Eslovênia, também são da mesma forma.

Poljes com formas irregulares e perturbadas caem na terceira categoria. Esta inclui a maioria dos *poljes* na Eslovênia e na Grécia. Eles também são alongados, mas, devido à irregularidade e à existência de fraturas, seus eixos longitudinais não são claramente perceptíveis. A maioria dos *poljes* naqueles países

²⁷¹Philippon, Peloponnes, I. c. 143.

²⁷²A. Boué. Europ. Turkei. I. c. 40 e 41.

²⁷³Philippon. Op. cit. I. c. 126.

pertencem a esta categoria, bem como o Urbanica Polje, no sudoeste da Croácia, e o Duvanjski Polje, no oeste da Bósnia.

5.2.1. Vertentes e planícies: a composição das planícies do *polje*

Os lados de *poljes* apresentam vertentes íngremes que, geralmente, se quebram na base transformando-se em espaçosas planícies. Seus perfis longitudinais e latitudinais geralmente coincidem com os dos vales cegos cársticos regulares.

Na mesma área cárstica, os *poljes* podem ter profundidades diferentes e as altitudes relativas às quais seus lados se elevam acima de suas bases podem variar significativamente. No Livanjski Polje, na Bósnia, os lados têm, em média, 100 a 200 metros de altura, medidos a partir da base do *polje*; no Gacko Polje, 180 a 200 metros; em Dabar, 200 a 350 metros (estes dois últimos se localizam na Herzegovina). Nos *poljes* da Eslovênia, as laterais variam entre 50 a 300 metros acima do nível mais baixo, com os lados do Lago de Cerknica sendo, relativamente, os mais elevados. Os lados do Lago Kopaj possuem cerca de 500 a 800 metros de altura²⁷⁴. A parte central do Peloponeso é um planalto com uma altitude média de 600 a 700 metros; possui alinhamentos de *poljes* elevados, completamente fechados, com cumes das montanhas variando entre 200 a 1.800 metros de altitude entre eles.

Todos os *poljes* alongados ou ovais têm seus lados mais baixos localizados em direção às extremidades de seus eixos longitudinais. Isso é particularmente visível nos *poljes* do oeste da Bósnia e Herzegovina e Eslovênia. Os sulcos ou ranhuras aparecem onde se estendem para o NW e SE, e, nesses pontos, as laterais não são claramente definidas.

²⁷⁴A. Supan. Die Trockenlegung des Kopaisses. Petermanns Mitth. 1889. p.72.

O fundo de um *polje* é uma planície espaçosa, mas só excepcionalmente é continuamente inclinada de uma ponta a outra. Cada sumidouro dentro de um *polje* geralmente tem sua própria área de recarga individual, dividindo a planície do *polje* em várias áreas hidrográficas autonômicas (...)

(...) Como mencionado, os *poljes* são os únicos espaços razoavelmente grandes no carste que são apropriados para cultivar. Na Eslovênia e em toda a metade ocidental da Península Balcânica, eles contêm, devido à sua composição, o solo mais fértil. Na Jamaica, são os locais onde o café é cultivado. Em áreas cársticas, todos os habitats importantes estão localizados ao longo dos *poljes*, tornando-os centros de atividade humana.

Muitos *poljes* na Bósnia e Herzegovina são preenchidos por lagos neogênicos e sedimentos pantanosos que muitas vezes atingem profundidades significativas e são discordantes em relação à base da rocha. Margas brancas e cinzentas saturadas com restos de plantas, conglomerados e cascalhos são os materiais petrográficos das criações terciárias mais jovens, muitas vezes, contendo carvão e interessante fauna (...)

5.3. CONDIÇÕES HIDROGRÁFICAS DOS *POLJES*

Alguns *poljes* permanecem secos ao longo do ano, outros são periodicamente preenchidos por água e somente alguns dos relativamente mais profundos são continuamente cheios de água. Do ponto de vista hidrográfico, podemos distinguir os seguintes tipos de *poljes*: *seco*, *periodicamente inundado* e *lagos-poljes*.

5.3.1. *Poljes secos*

Poljes secos são depressões muito altas e proporcionalmente superficiais que nunca ou raramente são inundadas. Além disso, geralmente não possuem água corrente. Muito poucos *poljes* pertencem a este grupo. No Carste do Adriático existe o Zadlog Polje, na Dalmácia, o Dicma Polje e, no Montenegro, os *poljes* de Njeguško e Cetinjsko.

A parte inferior do Njeguško Polje situa-se, em média, a 900 metros acima do nível do mar, bordeada ao sul pelos picos mais altos de Lovćen, Štirovnik (1.760 metros) e Jezerski Vrh (1.657 metros) e, ao norte, limitada pelas montanhas Tatinjka e Bukvica. Sua planície contém *terra rossa* extremamente fértil que é inteiramente cultivada, com as aldeias de Njeguši e Dugi Do²⁷⁵ localizadas nas imediações. Esse *polje* não tem água corrente e nunca é inundado.

O Cetinjsko Polje, também do Montenegro, é o maior deles. Seu fundo está localizado a 650 metros de altitude absoluta e é delimitado por altitudes que atingem 100 a 150 metros acima da planície que é preenchida, principalmente, com cascalho, embora alguns dos tributários antigos e abandonados sejam visíveis. Apresenta um ponor cuja água de um córrego fraco é capturada hoje em dia. O ponor tem um raio de 40 metros, ficando mais estreito em direção ao fundo. Águas mais fortes são extremamente raras nesse *polje* e aparecem, de acordo com histórias populares, a cada 10 a 20 anos. É o *polje* mais fértil, contudo é menos cultivado do que o Njeguši Polje; no seu lado oeste fica a aldeia de Bajice e, no lado leste, Cetinje e Donji Kraj. Os aldeões locais acreditam que o ponor se comunica com a ca-

²⁷⁵N.T.: Vilas localizadas a cerca de 55 km da capital do Montenegro, Podgorica.

verna acima de Dobrsko Selo, que foi parcialmente explorada por Rovinski (...)

5.3.2. *Poljes* periodicamente inundados

Em comparação com o tipo anterior, os *poljes* periodicamente inundados são proporcionalmente mais profundos e são inundados durante certas estações, geralmente durante os períodos de chuva ou quando a neve está derretendo. A maioria dos *poljes* pertence a este grupo. Entre os *poljes* secos e periodicamente inundados existem alguns tipos de transição que às vezes são difíceis de serem classificados corretamente. Tais são os *poljes* com inundações insignificantes ou irregulares, como o Dabar Polje, na Herzegovina.

Os exemplos típicos de *poljes* periodicamente inundados são os da Bósnia e Herzegovina ocidental, onde as inundações ocorrem regularmente no Outono.

O Rio Trebišnjica flui ao longo dos 30 km de comprimento do *Popovo Polje*, que contém 20 aldeias e 2.000 habitantes. O clima é bom, o solo é fértil e todas as culturas vegetais que prosperam na região costeira se desenvolvem bem no *Popovo Polje*. Em suma, é um dos vales mais férteis e melhor cultivados na Herzegovina. Infelizmente, o período adequado para a agricultura dura apenas quatro meses. A primeira metade de setembro marca o início do período das chuvas, e o Trebišnjica se eleva a tal ponto que o seu sumidouro não consegue receber toda a água; o rio flui para fora de seu leito e as inundações se fortalecem até o final de outubro, quando a água cobre todo a área do *polje*. Essa situação permanece até o final de abril, quando a água começa a diminuir, deixando o *polje* seco em 7 a 8 semanas. Durante os meses de verão, o *polje* é completamente seco, pois o Rio Trebišnjica também seca. Água é capturada por dois

sumidouros, um próximo de Ravno e o principal abaixo de Kleka. O major austríaco Groller calculou que, durante a enchente de 1883, havia 356.445.950 m³ de água no Popovo Polje e que toda essa água fluiu pelos sumidouros em 56 dias ²⁷⁶.

O Gatačko Polje, na Herzegovina, tem 20 km de comprimento e 3 km de largura, com uma superfície de 62 km². A bacia de drenagem do Rio Mušica, que flui pelo *polje*, tem uma área de 250 km². A altura absoluta da planície do Gatačko Polje é de 950 metros. Esse *polje* é inundado em fevereiro, março, outubro e novembro. As inundações geralmente duram 5 dias e, somente excepcionalmente, 10 a 15 dias. De acordo com as informações orais locais, as inundações costumavam ser mais fortes e duravam de 3 a 4 semanas. A razão para essa mudança reside no fato de que os antigos sumidouros são, agora, mais largos e que alguns outros apareceram durante a evolução da planície. Os sumidouros estão localizados em torno das aldeias Muhović, Bašić e Drugović, enquanto o maior está localizado sob um monte chamado Videš, no sudoeste do *polje*.

O Nikšić Polje, no Montenegro, é outro representante deste grupo. O Rio Gračanica flui através dele e por um sumidouro rochoso até Slivlje, a parte mais baixa do *polje*. Na primavera, quando a neve derrete e o rio transborda, a maior parte do Nikšić Polje, e particularmente de Slivlje, é inundada.

Na Eslovênia, os seguintes *poljes* são periodicamente inundados: Planina, Lasko, Kočevlje, Rajfnik, Gutenfeld e Račna (...).

²⁷⁶Hauer. Op. cit. p. 39.

5.3.3. Lagos *poljes*

Ao contrário dos *poljes* secos e periodicamente inundados, os lagos *poljes* são, como seu nome diz, constantemente preenchidos por água. É por isso que na Bósnia e Herzegovina eles são chamados *jezero* (lago) e *blato* (lama). Nesses *poljes*, inundações periódicas são transformadas em uma condição constante. Os seguintes *poljes* estão neste grupo: o Lago Vrana, na Ilha de Cres, na Baía de Kvarner; um lago de mesmo nome, perto de Old Biograd (Zara Vecchia), na Dalmácia; o Lago Ioanina, entre outros. Assim como nos lagos secos e periodicamente inundados, também existem formas de transição entre estes e os lagos *poljes*, mostrando que não existe uma diferença clara entre os dois tipos. *Poljes* com formas de transição incluem o Lago de Cerknica e aqueles localizados em Lykia²⁷⁷.

O Lago Vrana, em Cres²⁷⁸, está localizado em uma profunda depressão elíptica, fechada em todos os lados e se desenvolvendo na direção NW-SE, paralela à direção da estratificação. Seus lados são muito íngremes, elevando-se a cerca de 250 metros acima do nível do lago que cobre a parte mais baixa da depressão. A depressão é separada do mar por uma fileira de montes estreitos e não possui afluentes visíveis nem escoamentos. A profundidade do lago é de 37 metros e a superfície está localizada 16 metros acima do nível do mar, com o fundo do lago 21 metros abaixo do nível do mar²⁷⁹. No entanto, a água do lago é clara, com uma temperatura de 6,4°C nas partes mais profundas e 9,4°C na superfície. Com base nessas baixas tempera-

²⁷⁷**N.T.:** Provavelmente, a região da antiga Anatólia onde hoje estão localizadas as províncias de Antália e Muğla, na costa sul da Turquia, e de Burdur no interior.

²⁷⁸**N.T.:** Ilha localizada a leste da península da Ístria, Croácia.

²⁷⁹Seekarten d. k. k. Kriegsmarine. Speacialkarte Bl. 6

turas, Lorenz²⁸⁰ conclui que o lago não é abastecido pela água da ilha (e nem tão grande quantidade de água poderia vir de uma ilha tão pequena), mas a partir dos locais mais altos do interior de Velebit²⁸¹ e Učka²⁸². Essa água flui através de canais subterrâneos, abaixo do mar, e surge na forma de nascentes localizadas no lago (...).

(...) Alguns desses *poljes* são expansões de um vale *nunca ou raramente inundado pela água do rio* desde que o rio esculpiu profundamente seu leito. Os *poljes* deste tipo podem ser chamados *poljes secos abertos*. Ao longo do Rio Neretva, enquanto flui pela Herzegovina, existe uma série inteira de tais expansões; além de sua forma, essas planícies cársticas também são caracterizadas por sedimentos de água doce do Terciário, características dos *poljes* verdadeiros da Bósnia e Herzegovina. O Rio Vrbas também flui através de um *polje* perto de Jajce e através de uma depressão parecida com um *polje* que se estende de Jajce²⁸³ a Ključ²⁸⁴. O Rio Una flui através de um *polje* aberto que contém sedimentos terciários de águas claras.

Os rios cársticos da Jamaica também fluem através de uma série de *poljes* abertos e secos. O Rio Grande flui atravessando três *poljes*: Seven Rivers, Montpellier e Belvedere.

Alguns desses *poljes* abertos são lagos e os rios fluem dentro e fora deles, estendendo-se em ambos os lados em vales fluviais. Se o rio não escava a borda do *polje*, a planície cárstica fica cheia de água e se torna um lago.

²⁸⁰Lorenz. Der Vrana-See auf Cherso. Peterm. Mitth. 1859. p. 510

²⁸¹N.T.: Nome da maior cadeia de montanhas da Croácia.

²⁸²N.T.: Nome de uma cadeia de montanhas ao noroeste da Croácia.

²⁸³N.T.: Cidade da Bósnia e Herzegovina localizada a 160 km a noroeste da capital Serajevo.

²⁸⁴N.T.: Cidade da Bósnia e Herzegovina localizada 215 km a noroeste da capital Serajevo.

Os rios situados na parte ocidental da Península dos Balcãs²⁸⁵ e o Rio Doubs, nos Jura, contêm muitos desses lagos *poljes* abertos (Tabela 6), limitados no Jura às áreas de antigas geleiras e, portanto, possivelmente relacionados com essas feições.

Tabela 6 – Lagos existentes nos Jura.

Lago	Comprimento	Largura	Profundidade
Lac de Joux ²⁸⁶	7 a 8 km	12.000 m	31 m
Lac de St. Point	6,5 km	650 m	40,3 m
Lac de Brennets	3,4 km	150 m	26 m
Lac de Nantua ²⁸⁷	2,5 km	600 m	43 m

Na Península dos Balcãs, os lagos Skadar, Ohrid e Kostur pertencem a esse grupo.

O Lago Ohrid tem forma oval e seu comprimento no ponto mais longo, na direção N-S, é de 30 quilômetros. Sua largura média é de 6,5 quilômetros, e alcança 14 quilômetros no seu ponto mais largo. De acordo com Strelbicki, sua área de superfície é de 268,8 km². O nível do lago tem uma altitude absoluta de 690 metros.

²⁸⁵Os rios na Grécia e no Peloponeso fluem, principalmente, através de *poljes* abertos como o Peneus, Sparheus, Achelus e Eurot. Os quinze quilômetros das longas planícies de Lefka em Paronos, no Peloponeso, contêm Katavotras que captura a água, embora o Lefka Plolje seja aberto para o mar (Franz Kraus, Sumpf- und Seebildungen in Griechenland. Mitth. d. k. k. geogr. Gesellschaft 1892. p. 406.

²⁸⁶Topographischer Atlas der Schweiz. Bl. 297. *Le Lieu*.

²⁸⁷A. Delebecque. Atlas des lacs français, levés en 1891. Pl. 6. O Doube flui através do Lac de Joux, St. Point e Brennets; o ultimo lago, além do referido rio, também possui sumidouros que capturam a água (ver: Delebecque, L'étude des lacs dans les Alpes et le Jura français. Revue générale des sciences 1892. Nr. 7, p. 239.

Para o leste, é limitado pela cadeia de montanhas carbonáticas Galičica (seu pico o mais elevado está a 2.043 metros acima do nível do mar) que desce até o lago. De acordo com as crenças locais, essa é a parte mais profunda do lago. Uma cadeia de montanhas consideravelmente mais baixa, chamada *Udunište*²⁸⁸ ou *Bagora*, eleva-se para o oeste, com a bacia de Škumba situada no outro lado. Embora a Galičica seja a mais desprovida de vegetação, as faias e outras plantas crescem nos lados dessa cadeia, enquanto as vinhas e castanheiros podem ser observados no sopé. Para o sudoeste, existe uma montanha sem vegetação. Os dois picos mais altos parecem com pirâmides e são chamados *Kameni*. Para o norte e noroeste, as montanhas se elevam até uma altura absoluta de 220 metros (...).

(...) O Lago Ohrid é alimentado por muitas nascentes alinhadas abaixo da Galičica e por uma depressão profunda que contém inúmeras nascentes no seu leito, particularmente perto do Mosteiro de St. Naum. Essa depressão e as ressurgências são consideradas as nascentes do Rio Drim, enquanto o fluxo de água que flui para fora e daqui para o lago pode ser monitorado por um longo tempo assim que entra no lago. Muitos rios pequenos fluem para o lago, particularmente no seu lado norte (...)

(...) Muitos córregos e rios pequenos fluem para o Lago Prespa, mas ele não contém saídas visíveis; é separado do Lago Ohrid pela Galičica, montanha calcária cheia de fraturas e cavernas, com muitas nascentes em seu lado ocidental. Portanto, inferir que a água do lago flua pelo subterrâneo para o Lago Ohrid, aparecendo como uma ressurgência perto de St. Naum, não é inteiramente algo sem mérito (...).

²⁸⁸Nušić (Kraj obala Ohridskog jezera) chama de Udunišča; um autor desconhecido (Bitolsko, Prespa i Ohrida. Zbornik knj. IV. c 3-102), apresenta dois nomes diferentes: Mokranjske Planine e Čamurica.

(...) O Lago Skadar (Skutari) é o maior lago da Península Balcânica. Como é o caso de todos os *poljes* na Bósnia e Herzegovina, seu eixo longitudinal apresenta direção NW-SE. Tem 50 km de comprimento e 14 km de largura. Quando o nível da água está baixo, sua maior profundidade é de apenas 7 metros²⁸⁹. Junto com outros tributários menores, também recebe a água do rio Morača e, então, flui para fora através do Bojana. Sua água também desaparece em sumidouros, um dos quais está localizado perto da aldeia Murići²⁹⁰.

Ele contém cerca de vinte picos rochosos constituídos principalmente de calcário equivalentes às ilhas de picos acentuados do Mar Adriático. O maior é a Ilha Vranjina. Tais ilhas raramente são estéreis. Normalmente, são cultivadas com laurel, hera, vinha, rosas, figos etc.

Periodicamente, toda primavera e outono, o Lago Skadar inunda as áreas no entorno (os montenegrinos chamam isso de *Blato*). Atualmente, o nível do lago é maior do que costumava ser no passado. Isso ocorre por causa do nível geralmente mais elevado da água no Lago Ohrid, causado pela ramificação do Rio Drim. Esse rio agora se divide em dois ramos antes de chegar a Skadar; Um braço flui diretamente para o mar Adriático, enquanto o outro flui para o Rio Bojana. Esse processo resultou no abrandamento do fluxo do Bojana e a descarga de água do lago diminuiu. Na primavera e no outono, o excesso de água flui para o Lago Skadar aumentando significativamente o seu nível; agora, inunda também o mercado verde em Reka Crnojevića e o bazar em Skadar²⁹¹.

²⁸⁹Dr. K. Hassert, Der Scutari-See. Globus 1892. Nr. 2. p. 21.

²⁹⁰M. Velimirović. Po Skadarskom jezeru. Delo 1894. c. 430-447.

²⁹¹Cozens Hardy. Montenegro and its Borderlands. The Geographical Journal. Vol. IV. Nr. 5. c. 385-407. London 1894. – Montenegro e Turkey realizam esforços conjuntos para a regulação do fluxo de ambos ramos do Drim a

5.3.4. Rios, nascentes, sumidouros e *estavelles*

Embora os *poljes* representem depressões na crosta terrestre e estejam naturalmente predispostos a abrigar fluxos fluviais, os rios, entretanto, não são atributos necessários dos *poljes*. Em *poljes* secos e elevados como o Njeguš, o Cetinje e o Brezno, no Montenegro, não existem rios. Os lagos *poljes* geralmente possuem rios que fluem para seu interior, mas alguns podem não conter rios, como é o caso do Lago Vrana, na Ilha de Cres.

Em alguns *poljes* periodicamente inundados, as enchentes são causadas unicamente por *chuva e nascentes*, como é o caso dos *poljes* nas Ilhas Jônicas. *Fortes nascentes* geralmente causam inundações na maioria das *poljes*; isso é particularmente verdadeiro no caso do Glamoč Polje, na Bósnia, que contém um sistema completo de nascentes nos lados oriental e ocidental da colina conhecida como Homar²⁹². A água que enche o Lago de Cerknica vem principalmente de nascentes e doze *estavelles*, bem como vários riachos, o maior dos quais é o Obrh. Essas fontes nascentes, do tipo *kefalari* (ver abaixo), são geralmente bem conhecidas e têm seus próprios nomes, como as *estavelles* Vranja Jama e Suha Dulka (no Lago Cerknica), as fortes nascentes Dupjak (no Lago Kostur) e Krio Nero ou Água Fria (no Lago Ioanina) etc.

Os rios não representam causas significativas das inundações dos *poljes* e são poucos os *poljes* periodicamente inundados cujos alagamentos são causados por rios. Os que são inundados pelos rios incluem o Popovo Polje, inundado pelo Trebišnjica; o Gatačko Polje, inundado pelo Mušica; o Pheneus

fim de evitar inundações. are jointly working towards regulation of flows of both branches of the river Drim in order to avoid floods.

²⁹²Mitth. d. Section f. Höhlenkunde. 1884. Nr. 2.

Polje, no Peloponeso, inundado pelo ribeiro Foniatik; e o Lago Elmal, em Lykia, inundado principalmente pelo rio Ak-Chai. No Lago Kopeus as inundações são causadas, principalmente, pela água do Keffis, bem como diversos córregos; as nascentes são, nesse caso, de alguma importância ou completamente insignificantes. Essa conclusão foi tirada com base no fato de que, em 1856, quando o lago estava seco por várias semanas, não foram descobertas nascentes²⁹³. Contudo, essa conclusão requer mais prova substancial uma vez que, nas áreas cársticas, as nascentes podem secar durante longos períodos, o que pode ter acontecido nesse caso.

A maioria dos rios não flui para os *poljes*, mas surgem de cavernas ou fraturas em seus lados sob a forma de fortes nascentes. Na Grécia, como mencionado anteriormente, tais nascentes são chamadas *kefalari* ou *kefalovrisi*; na França, são nomeadas por causa de uma nascente típica desse tipo: *sources vaucloisiennes*²⁹⁴. As nascentes que estão conectadas a depressões similares a dolinas a partir das quais a água surge para ser capturada novamente pertencem a um grupo separado. Nos Jura franceses, são chamadas *estavelles* e, dessa forma, adotei esse termo para descrever todas as nascentes semelhantes nos *poljes*.

A água deixa os *poljes* através dos sumidouros denominados *katavotre* na Grécia, *puits absorbants* na França, *sinks* na Jamaica e *propadani* na Morávia.

Nascentes brotam de cavernas, fraturas ou fissuras. São geralmente localizadas no sopé onde a planície e os lados de um *polje* se conectam, ou ao sopé de elevações isoladas que existem nos *poljes*²⁹⁵. Nos *poljes* da Bósnia e Herzegovina, as nascentes do primeiro tipo são dispostas em série e a maioria delas repre-

²⁹³Supan. Petermanns Mitth. 1889. p. 72.

²⁹⁴N.T.: Nascentes vaucloisianas.

²⁹⁵N.T.: Tais elevações recebem o nome de “hum” ou hume, em português.

senta nascentes ao longo de diferentes camadas. Entretanto, além dessas fontes regulares, existem algumas excepcionais, localizadas em dolinas que aparecem nos centros dos *poljes*. Durante períodos de chuvas fortes ou quando a neve está derretendo, a água irrompe dessas feições alcançando grandes alturas (os alemães as chamam de *Speilöcher*). Representam aberturas de canais subterrâneos provenientes de níveis mais altos, por exemplo, de algum *polje* mais elevado topograficamente.

Ao contrário do último caso, os sumidouros são dolinas através das quais os canais subterrâneos podem ser penetrados: conduzem a grandes profundidades e é por isso que a água desaparece nessas feições. Os sumidouros são concentrados, principalmente, *nas partes mais baixas dos poljes*; também aparecem no nível de base dessas planícies e em seus lados, ligeiramente mais altos do que o nível de base. Os pequenos sumidouros individuais, em especial os de menor capacidade, podem estar espalhados por todo o *polje* e são chamadas *sucoirs*²⁹⁶.

Os sumidouros são fissuras extremamente estreitas, praticamente invisíveis aos olhos, ou poços espaçosos na rocha calcária com vestígios visíveis de erosão fluvial mecânica, através dos quais se pode chegar longe. Sumidouros do primeiro tipo são numerosos em cada *polje*, enquanto as do último tipo são raros, 5 a 6 no máximo por *polje*. O Laško Polje contém alguns pequenos e apenas um grande sumidouro²⁹⁷ chamado *Golobina*. O Popovo Polje, na Herzegovina, possui dois grandes sumidouros rochosos, um perto de Ravno e o outro próximo a Kleka, juntamente com vários outros menores. O Mostarsko Blato, também na Herzegovina, tem um grande sumidouro e cerca de uma centena de outros menores.

²⁹⁶N.E.: Em sérvio, *izduhe*.

²⁹⁷N.E.: Em sérvio, *ponor*.

Dois tipos principais podem ser distinguidos entre os pequenos sumidouros ou *sucoirs*:

1. Fissuras e buracos inférteis e desconectados, numerosos nas porções rochosas dos *poljes*, capturam grandes quantidades de água. O leito de cada rio cárstico contém tais sumidouros. As águas do Rio Unca, na porção norte do Planinsko Polje, desaparecem nessas fissuras e, no Popovo Polje, as águas do Trebišnjica também desaparecem em tais feições. *Eles são verdadeiros sumidouros estéreis.*
2. As bases rochosas dos *poljes* são, na maior parte, cobertas por sedimentos argilosos e de outros tipos. Nesses locais, surgem pequenas dolinas aluviais que capturam a água acima das fissuras do calcário. Em alguns *poljes*, essas dolinas aluviais são os principais sumidouros, razão pela qual a água flui muito mais lentamente e as *inundações duram mais tempo* do que nos *poljes* cuja água sai através de sumidouros verdadeiros ou espaçosos. *As condições hidrográficas desses poljes também são muito variáveis.* Isso ocorre devido a mudanças frequentes e significativas às quais as dolinas aluviais estão sujeitas; muitas vezes, novas dolinas aluviais aparecem, capturando a água, enquanto os outros sumidouros estão preenchidos e entupidos por sedimentos. Os cem sumidouros do Mostarsko Blato mencionados acima pertencem a este grupo, bem como os 28 sumidouros no Lago de Cerknica.

Sumidouros rochosos espaçosos raramente aparecem nos fundos planos de um *polje*. Tais planícies consistem em acúmu-

los de sedimentos e é por isso que as fissuras e canais dos seus leitos rochosos são transformados em dolinas aluviais.

Os sumidouros rochosos são limitados nos lados dos poljes, onde aparecem em pequenas elevações e em números insignificantes acima das planícies. Na superfície, todos os sumidouros rochosos são moldados como funis ou poços, assim como os *potholes* ou abismos. Suas dimensões são bastante variáveis. O sumidouro Golubina no Laško Polje está localizado a 7 metros acima da planície e tem uma superfície superior de 30 m²²⁹⁸.

As cavernas, numerosas nas laterais de *poljes*, podem ser consideradas sumidouros rochosos horizontais nas quais fluem os rios cársticos.

Estavelles são formas semelhantes a dolinas, servindo alternadamente como nascentes e sumidouros: primeiro, emitindo água, depois, capturando-a. Suas aberturas estão conectadas a muitos canais subterrâneos, alguns levando para cima, para *poljes* de maior altitude absoluta, alguns para baixo, em vales ou *poljes* mais baixos. Quando as chuvas são fortes e de longa duração, a água não pode fluir rapidamente o suficiente através dos canais subterrâneos e, por isso, se eleva e transforma as aberturas dos canais superiores em nascentes. Quando o afluxo de água da superfície diminui, os canais subterrâneos se esvaziam e a mesma abertura superior do canal começa a funcionar como um sumidouro, uma vez que a água agora pode percorrer as ramificações do canal que a conduzem para baixo. *As estavelles são, portanto, nascentes durante períodos de chuvas fortes e duradouras; quando o fluxo de água superficial diminui, essas feições assumem o papel de sumidouros.* Existem 12 *estavelles* no Lago Cerknjčko²⁹⁹: as mais importantes são Suha Dulka e

²⁹⁸Virlet. Des cavernes et leur origine etc. Avesus 1836. p. 13 e 14.

²⁹⁹N.T.: Lago ou *polje* de Cerknica, Eslovênia.

Vranja Jama, aberturas semelhantes a dolinas no sopé da montanha Javornik. Essas duas *estavelles* são as maiores fontes de água que recarregam o *polje*, transformando-o em um lago. Estão elevadas acima da planície de modo que nunca são obstruídas e sempre funcionam; de acordo com depoimentos do século XVII, é provável que essas *estavelles* estivessem ativas da mesma forma que estão agora.

O vale do Drom, nos Jura, contém várias *estavelles* das quais a água surge se elevando a 2 metros no ar e, em seguida, flui por elas novamente.

A grande *estavelle Frais-Puits*³⁰⁰, localizada 4 km SE de Vesoul, tem um raio de 20 a 25 metros. Durante chuvas fortes, durando pelo menos 2 a 3 dias, a água começa a jorrar e inunda toda a área em um curto espaço de tempo; a inundação também abrange as extremidades do vale, a 10 km da *estavelle*. Outra *estavelle*, a Puits de la Brême, em Franche Comte³⁰¹, tem forma de funil e um raio de 25 a 30 metros. Durante os períodos de chuva, a água flui continuamente durante quatro dias e meio, às vezes até oito³⁰².

Nascentes de todos os tipos são conectadas às saídas e aberturas das cavernas e condutos ramificados que são principalmente localizados em níveis mais altos, *acima* da planície do *polje*. Sumidouros são entradas de cavernas localizadas *abaixo* das planícies de *poljes*. Canais de cavernas ramificadas de ambos os tipos foram descobertos nos *poljes* amplamente explorados da Eslovênia. Sistemas de cavernas extremamente ramificados foram descobertos nos lados do Planinsko Polje. Eles estão localizados em um nível mais alto, acima das planícies *polje* e indo em direção a Cerknica e Postojna. Abaixo do nível de base

³⁰⁰ N.T.: Localidade a cerca de 375 km ao sudeste de Paris, França.

³⁰¹ N.T.: Localidade a cerca de 425 km ao sudeste de Paris, França.

³⁰² F. Kraus. Die Karsterforschung. Verh. d. geol. R. A. 1888. p. 145.

do *polje*, um sistema de cavernas inferior foi descoberto, conduzindo para o Pântano de Ljubljana. As mesmas condições também foram descobertas em outros *poljes* como os de Račna, Laško etc.

5.3.5. Inundação dos *poljes*

Em rochas carbonáticas, as relações com a água subterrânea são expressas de maneira distinta daquelas que se verificam nas demais rochas permeáveis. No sedimento inconsolidado que é permeado pela água, a massa básica é representada pelo corpo do aquífero, com areia e cascalho; no carste, a massa básica é rocha sólida com fissuras e canais portando água. Em áreas cársticas, os *poljes* geralmente representam as depressões mais profundas. A precipitação é capturada por pequenas dolinas, buracos, claraboias (*cave windows*) e sumidouros; toda essa água circula pelas fissuras e cavernas topograficamente acima dos *poljes* até que é descarregada nessas depressões. Se um *polje* é mais profundo em relação aos seus arredores, acaba por aceitar um maior número de canais subterrâneos com água fluindo através deles. Além disso, possui mais nascentes³⁰³, sumidouros, *estavelles* e rios subterrâneos; por outro lado, os *poljes* em altitudes inferiores comunicam-se com os superiores e aceitam grandes quantidades de água deles (...).

(...) Existem duas causas para a recarga maciça de água nos *poljes*: *as condições particulares do aquífero e a profundidade relativamente grande das depressões. Os canais através dos quais a água flui não são suficientemente espaçosos nem adequados para esse afluxo anormal de água*, o que provoca

³⁰³É por isso que a afirmação de Supan, de que não existem nascentes no Lago Kopaissee, não é provável.

inundações. A intensidade e o período da inundação dependem da relação entre a recarga e a descarga de água.

Se as capacidades dos sumidouros forem maiores do que as fissuras das nascentes, *estavelles* e aberturas de rios subterrâneos, isto é, se a água pode fluir rapidamente, então temos os *poljes secos*.

Se os sumidouros são menores do que os canais através dos quais a água flui, os *poljes* serão inundados. Essa relação existe em *poljes* periodicamente inundados durante períodos de chuva ou quando a neve está derretendo; depois, quando a água de recarga da chuva e do degelo deixa de fluir para dentro e começa a fluir predominantemente e continuamente para fora, os *poljes* ficam secos.

Com a ajuda de dados calculados por Vicentini³⁰⁴, podemos determinar as condições que estão presentes durante inundações em *poljes* periodicamente inundados. Durante o período de inundações, $119 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ de água fluem para o Laško Polje e apenas $17 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ fluem para fora; $155 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ fluem para o Cerčniško Polje, enquanto apenas $85 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ fluem para fora; no Planinsko Polje, $79 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ de água fluem para seu interior, enquanto $21 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ de água fluem para fora.

Durante a inundação de 1883 no Popovo Polje, na Herzegovina, $350.000.000 \text{ m}^3$ de água fluíram para a depressão, enquanto que o fluxo de saída foi de apenas 79 m^3 por segundo. Muitas vezes, esse *polje* permanece sob a água por oito meses completos³⁰⁵.

Se o sumidouro estiver localizado a vários metros acima da planície do *polje*, a água flui para dentro dela somente quando o nível de água do *polje* tiver subido ao nível do sumidouro.

³⁰⁴Hauer. Österr. Touristen-Zeitung III. 1883. p. 23 and 24.

³⁰⁵Groller. Das Popovo Polje in der Herzegovina. Mitth. d. k. k. geogr. Gesellschaft. 1889. p. 68.

Quando a inundação diminui e o nível de água no *polje* cai abaixo do nível do sumidouro principal, a água é capturada apenas pelos pequenos sumidouros (*sucoirs*) e esta inundação menos intensa permanece por um período de tempo mais longo. Tais condições prevalecem na maioria dos *poljes* que formam um grupo entre os periodicamente inundados e os lagos, como o Mostarsko Blato, o Lago de Cerknica, o Lago Čepić (na Ístria), entre outros.

Sabe-se que os *poljes* periodicamente inundados às vezes experimentam inundações que são extremas em quantidade de água, bem como em duração. Como resultado, os *poljes* tornam-se temporariamente lagos.

No Planinsko Polje, juntamente com as inundações menores anuais e regulares, há momentos em que a água cobre todo o *polje* com uma profundidade de 10 a 12 metros. Essas inundações ocorrem apenas uma vez em um grande intervalo de tempo. As inundações desse tipo também ocorrem em outros *poljes* (...).

(...) As inundações são causadas pelo seguintes fatores:

1. Os sumidouros localizados nas planícies dos *poljes* estão obstruídos. Quando isso ocorre, os lagos temporários aparecem nos *poljes* periodicamente inundados. Tais condições ocorrem frequentemente no Lago Pheneus. Recentemente, um lago (Blato) apareceu no Imotsko Polje, criado pela obstrução dos sumidouros. O tamanho do Lago Stymfal diminuiu significativamente desde o tempo em que foi medido pela expedição francesa.
2. As variações climáticas perturbam a relação entre a recarga e a descarga nos *poljes*. Em anos ricos em precipitação, mesmo os *poljes* secos como o Cetinje são inundados. Assim, as inundações se tornam ainda mais inten-

sas e duradouras. É claro que, nesses anos, as inundações não podem ser evitadas, mesmo que o funcionamento dos sumidouros seja o melhor. Isso só poderia encurtar a duração do período de inundação.

De acordo com os dados conhecidos, não é possível separar as irregularidades hidrográficas nos *poljes* que são causadas por variações climáticas daquelas que ocorrem devido à obstrução dos sumidouros. As irregularidades em relação à inundação dos *poljes* na Eslovênia não podem ser atribuídas inteiramente ao mau funcionamento dos sumidouros; elas também podem, muito provavelmente, ser causadas por flutuações de água atmosférica em certos anos (...).

5.3.6. Ocorrência e duração das inundações em *poljes* parcialmente alagados

Nos *poljes* da Bósnia e Herzegovina ocidental, as inundações ocorrem durante períodos de chuvas intensas (...). A Herzegovina é diferente da Bósnia quanto à quantidade de água atmosférica e sua distribuição ao longo das estações. A quantidade média de precipitação na Herzegovina é de 1.629 milímetros, quase o dobro da Bósnia. Na Herzegovina, é possível identificar dois períodos claramente definidos de quantidade máxima de água: um, em abril, e outro, em setembro. Os meses de agosto e, às vezes, de julho, muitas vezes, passam inteiramente sem chuvas.

É por isso que as inundações ocorrem nos *poljes* da Herzegovina (e da Dalmácia) no final de setembro, em outubro, raramente em novembro e, geralmente, duram até junho. No Povo Polje, na Herzegovina, as inundações duram continuamente de setembro a abril, quando a água começa a desaparecer ra-

pidamente, deixando o *polje* completamente seco em questão de dias, às vezes, algumas semanas³⁰⁶ (...).

As quantidades de água retida pelos *poljes* durante as inundações são extremamente grandes. Durante a inundação de 1883, havia (de acordo com os c culos de Groller) 356.000.000 m³ de água no Popovo Polje. Segundo Vicentini, a maior quantidade de água que o Lago de Cerknica mant m durante uma grande inunda o   de 105.000.000 m³. A maior quantidade de água no Planinsko Polje   de 60.000.000 m³ e, no Laško Polje, 26.000.000 m³.

As características hidrográficas dos *poljes* são a consequência das condi es climáticas e orográficas das áreas cársticas que cont m essas fei es. As inunda es geralmente ocorrem durante períodos com maiores quantidades de águas atmosféricas. Na Eslovênia, os *poljes* são inundados durante o período das chuvas, no final do verão ou no outono.

Na Bósnia ocidental, as inunda es nos *poljes* são causadas por chuvas de inverno ou primavera e pelo derretimento das coberturas de neve. Nas Ilhas Jônicas e na Grécia, as inunda es são trazidas por chuvas subtropicais que atingem seu pico em novembro. Nos meses de final de verão, todos os *poljes* periodicamente inundados são geralmente secos. As varia es climáticas e a obstru o dos sumidouros perturbam as condi es hidrográficas normais dos *poljes*.

³⁰⁶Mitth. d. k. k. geogr. Gesellschaft. 1889. XXXII. p. 80-89.

6. ESTRUTURA GEOLÓGICA E FORMAÇÃO DOS *POLJES*

6.1. ESTRUTURA DOS *POLJES* NA BÓSNIA E HERZEGOVINA, ESLOVÊNIA E GRÉCIA

A área clássica de *poljes* da Bósnia e Herzegovina foi geologicamente explorada pelos geólogos austríacos logo após a ocupação e, embora a tarefa tenha sido concluída em um curto período de tempo, determinou os principais traços da estrutura geológica dos dois países³⁰⁷. Alguns aspectos relativos à estrutura dos *poljes* também foram descobertos nesse momento. No mapa geológico da Bósnia e Herzegovina, é claramente visível que os eixos longitudinais da maioria dos *poljes* nessa área são paralelos à direção da estratificação. São, portanto, depressões que podem ser comparadas com dolinas longitudinais (...)

6.2. ESTRUTURA DOS *POLJES* NA JAMAICA

Com base nas explorações de Sawkins, podemos rever a estrutura dos Vales Internos ou *poljes* da Jamaica muito melhor e com mais confiabilidade (do que anteriormente). Pode-se notar, a partir dos perfis geológicos de Sawkins, que existem muitos *poljes* sinclinais na Jamaica, como o Fontabelle, Green Park, Orange Valley, Hyde Hall e Motogony Hall. Os *poljes* dos Vales Luidas e Gaul são anticlinais e, por fim, o Polje Whitney é monoclinal³⁰⁸ (...).

³⁰⁷ v. Mojsissovics, Tietze und Bittner. Grundlinien der Geologie von Bosnien-Herzegovina. Jhrb. d. geol. R. A. 1880. XXX.

³⁰⁸ James G. Sawkins, Reports on the geology of Jamaica, London 1869.

(...) Em teoria, a formação dos *poljes* pode ser explicada de diferentes maneiras e, portanto, os seguintes tipos genéticos de *poljes* são diferenciados:

1. *Poljes* como depressões sinclinais e tectônicas. Quando os movimentos tectônicos (soerguimentos e rebaixamentos *re-lativos*) ocorrem em áreas cársticas, rios e águas atmosféricas desaparecem devido à permeabilidade do calcário, uma vez que não podem, por erosão, manter o equilíbrio com a elevação do terreno. Assim, aparecem feições tectônicas na forma de vales que são *poljes* sinclinais. Similarmente, *poljes* como depressões tectônicas (*graben*) aparecem da mesma maneira.
2. *Poljes* fechados³⁰⁹. Se o terreno se eleva na porção inferior de um vale fluvial com uma encosta contínua, as dolinas devem ser cercadas, pois um rio cárstico, cuja água desaparece em sumidouros não pode “atravessar” o corpo rochoso se elevando diante dele. Esses *poljes* representam, portanto, vales normais “murados”, e suas origens são parte erosivas, parte tectônicas³¹⁰.
3. *Poljes* anticlinais. De acordo com a sua formação, esses *poljes* são semelhantes aos vales anticlinais em Weald e alguns vales calcários longitudinais dos Alpes do norte. Durante a formação destes últimos vales normais (*Aufbruchsthäler*), anticlinais também são denudados. Abaixo da rocha mais sólida e resistente, a rocha facilmente degradável

³⁰⁹**N.T.:** No original, *walled-in poljes*.

³¹⁰O Rio Arize, sumindo na Caverna Mas D’Azil, é um excelente exemplo de como tais rochas podem ser perfuradas pela água. Reclus. Nouvelle géogr. universelle II. La France. p. 71.

é exposta (por exemplo, arenitos e argilas dos xistos Weald e Verfen das dolinas longitudinais nos Alpes orientais). É assim que as cristas dos anticlinais podem ser transformadas em depressões, criando grandes vales longitudinais. Em áreas cársticas, rios que erodem a parte superior de um anticlinal afundam e é por isso que eles não se tornam vales normais, mas depressões fechadas ou *poljes*. As camadas deslocadas que preenchem os *poljes* da Bósnia e Herzegovina provam que os processos tectônicos continuaram após a criação dos *poljes* tendo, assim, a capacidade de mudar de diferentes maneiras os *poljes* já formados, particularmente para ampliá-los ou aprofundá-los (...)

7. O CARSTE NA COSTA DO ADRIÁTICO

Na costa leste do Adriático e na porção ocidental completa da Península Balcânica, a forma da costa está intimamente relacionada com os fenômenos cársticos. A dissecação dessas costas cársticas é o resultado da forma de carste que aparece nas áreas costeiras na superfície dos sedimentos, bem como do movimento positivo do litoral.

É por isso que a costa da Dalmácia do Mar Adriático é completamente diferente da costa da Itália. Com a Ilha de Gargano e o Cabo Conero como exceções, o lado italiano tem forma e estrutura geológica diferentes, é mais rico em água, menos dissecado do que a costa da Dalmácia e é desprovido de ilhas. O mar também é mais profundo ao longo da costa da Dalmácia do que ao longo da costa italiana: a profundidade média do mar ao longo da costa de Dalmácia é de 50 a 100 metros; ao longo da costa da Itália, é de 20 a 30 metros³¹¹. O buraco mais profundo

³¹¹K. k. Kriegsmarine. Generalkarte 1: 350.000.

no Mar Adriático está em mar aberto, a oeste, e se estende de Kotor a Durres, com seu ponto mais profundo a 1.645 metros abaixo do nível do mar³¹².

O lado da Dalmácia é pobre em sedimentos fluviais; é por isso que tem apenas algumas praias de areia ou cascalho. As margens íngremes e rochosas prevalecem, tanto não dissecadas quando dissecadas de várias formas.

7.1. LITORAL NÃO RECUADO

O litoral não recuado da costa adriática é por vezes íngreme e formado principalmente de calcário, às vezes arenito e argilito. Em outros casos, é plano e formado por sedimentos fluviais. O primeiro tipo de litoral é comum na costa do Adriático e o outro tipo só existe no delta do Rio Neretva e em torno da foz dos rios albaneses.

O litoral íngreme não recuado é plano em algumas áreas, sem baías e cabos extensos. É constituído por longos cumes montanhosos calcários e a direção do litoral coincide com a direção da estratificação da rocha; as costas são, portanto, litorais longitudinais íngremes. Os rios não poderiam atravessar as cristas de calcário, de modo o litoral não possui rios. É por isso que não existem materiais inconsolidados e sedimentos fluviais ao longo das costas longitudinais. Exemplos podem ser vistos na costa leste do Canal de Morlak, criada pela cordilheira Velebit, na costa de Trieste até o delta de Zdrobina (Izonca) e na costa norte de Hvar (...).

(...) Grandes nascentes cársticas. As costas íngremes não dissecadas e os golfos da Baía de Kvarner são excepcionalmente

³¹²Berichte der Kommission für Erforschung des östlichen Mittelmeeres. Erste Reihe. – Denkschriften der kais. Akademie d. Wissensch. in Wien. Bd. LIX. Taf. I

ricos em nascentes, das quais existem dois tipos: as primeiras descarregam para a costa e o segundo tipo, sob o mar. Todas as nascentes são ricas em água, às vezes como rios, com temperaturas inferiores às temperaturas médias de suas localizações.

No carste ao norte de Reka, não existem nascentes e apenas poucos rios. O Rio Rečina, perto de Reka, e alguns riachos sazonais como os localizados perto de Martinščica, Crkvenica e Novo, fluem para a Baía de Kvarner. Quase toda a água atmosférica que cai no carste aparece mais tarde na costa, na forma de numerosas nascentes. É possível ver um alinhamento inteiro deles ao longo da costa do norte da Baía de Kvarner, de Kantrida à Ístria. Nascentes na costa de Reka e aquelas na Baía de Bakar são excepcionalmente ricas em água. A costa da Ístria também contém muitas nascentes, particularmente em torno de Ika. Mais ao sul, existem muitas nascentes fortes na costa adriática, tais como em Reka (a nascente de Ombla), o forte córrego de Kotor, a nascente na parte posterior da Baía de Slano etc. Estão todas as nascentes situadas no ou imediatamente acima do nível do mar (...).

(...) Existem muitas nascentes de água doce subaquática ao longo da parte inferior da Baía de Kvarner. Destacamos as nascentes submersas perto de Ika e Moščenica, ao longo da costa da Ístria. Mais nascentes submarinas foram observadas em alguns locais no fundo do mar entre Reka e Volosak, e ao longo da costa de Senj³¹³. As nascentes também existem em ilhas do Mar Adriático, particularmente em depressões cujas bases estão localizadas abaixo do nível do mar. O Lago Vrana, cuja água não é salgada, está localizado na Ilha de Cres.

Esse lago recebe sua água das nascentes de água doce que devem existir em seu leito e laterais. Outro lago com o mesmo

³¹³ Philippon. Peloponnes II. p. 495.

nome, Vrana, perto de Stari Biograd, na Dalmácia, também é alimentado por nascentes localizadas no seu leito (...).

7.2. LITORAL RECUADO

As formas mais simples das costas dissecadas da Ístria e da Dalmácia são as baías de um ou mais quilômetros de extensão, em forma de funil, não ramificadas. Suas profundidades, assim como larguras, recuam à medida que se aproximam da costa. Essas formas geralmente não estão relacionadas com a composição geológica do terreno e raramente são paralelas à direção das camadas. São idênticas aos *riases* desenvolvidos na costa da Bretanha e da Galícia (na Península dos Pirineus); na Ístria, são chamados de *canais*. Na maioria dos casos, tais canais representam a foz dos rios ou as porções inferiores de vales erosivos menores, e essa conexão evoca o pensamento de que esses canais são as desembocaduras de rios que afundam nessa área, expostos ao movimento positivo do litoral. Algumas baías extremamente pequenas desse tipo podem ter sido criadas de forma diferente. Os rios da metade nordeste da costa do Adriático fluem através do carste. A maioria deles não está localizada em uma área fluvial espaçosa. Suas bacias são limitadas a seus leitos, razão pela qual não têm tributários, mas nascentes nos fundos e nas laterais de seus leitos. Tais rios têm pouco ou nenhum sedimento. As ondas do tempestuoso Mar Adriático facilmente penetram nos seus vales e os conquistam, uma vez que não existem sedimentos para impedir ou parar a invasão (...).

(...) Na costa dissecada do Mar Adriático, outras formas chamadas *Valonc* ou *drage*³¹⁴ aparecem mais frequentemente do que os canais.

Esses são os vales submersos transformados em baías, geralmente de forma elíptica, com os seus eixos mais longos correndo na direção da estratificação. O mar penetra através de *passagens* estreitas (*Durchbruchskanäle*) que, junto com as enseadas, representam partes integrantes de tais baías. Essas formas já não são pequenas, são verdadeiras baías, profundas e abrigadas dos ventos, locais perfeitos para portos. Eles quebram a costa leste do Adriático em uma península com forma similar a um cabo e numerosas ilhas, razões para as riquezas dessa costa. Finalmente, os grandes escoamentos de Morlak e Montanj também não são nada além de vales ou enseadas longitudinais (...).

³¹⁴Um fenômeno cárstico similar pode ser observado nos rios da Dalmácia cujos vales são atravessados: suas partes inferiores estão a caminho de se tornarem rios que desaparecem e se transformam em baías na forma de *rias*. Krk e particularmente o Cetina, a montante de Omiš, têm características hidrográficas similares ao Raša. Seus vales são cânions verdadeiros, particularmente o Vale do Cetina. Não possuem tributários e carregam pouco sedimento; o mergulho é mínimo nas partes mais baixas, o vale parece um pântano com vegetação pantanosa e a água é salobra. Os fatores a seguir, além do carste, influenciam o desenvolvimento de tais características plásticas e hidrográficas: erosão fluvial completamente insignificante, falta quase completa de sedimentos, grande influência das ondas do agitado Mar Adriático e sua penetração nos vales e, finalmente, o movimento positivo da costa. Frequentemente, as cachoeiras dos rios da Dalmácia podem se relacionar com os fatores mencionados aqui.

8. DISTRIBUIÇÃO DAS FEIÇÕES CÁRSTICAS

Finalmente, vamos resumir os fenômenos cársticos em calcário de certos sistemas geológicos. Não devemos buscar algo minucioso uma vez que, muito provavelmente, faltam inúmeras explorações deste tipo descritas em obras de conteúdo completamente diferente ou em relatórios sobre investigações geológicas em diferentes países. No entanto, este resumo mostrará até que ponto o desenvolvimento dos fenômenos cársticos depende da idade, das características e das condições tectônicas do calcário.

- *Siluriano*. Dolinas, rios que desaparecem e até mesmo as cavernas que drenam³¹⁵ água foram encontradas no calcário siluriano em Essel, em Liveland e em Estland. Dolinas e cavernas também estão presentes no calcário siluriano no estado de Nova York, na América do Norte³¹⁶. As camadas silurianas, tanto nas províncias bálticas como na América do Norte, são posicionadas horizontalmente ou quase horizontalmente.
- *Devoniano*. O calcário devoniano betuminoso na Morávia hospeda dolinas verdadeiras tipo cave *window* (Macocho) e o fluxo subterrâneo superior do Punkva³¹⁷. Nesse tipo de

³¹⁵Schmidl, “Untersuchungen über die silurische Formation von Estland, Livland und Ösel. Dorpat. 1857. p. 89; Bull. de la Soc. des Natur. de Moscou.” 5. 27. p. 65.

³¹⁶Fruwirth, “Die Höhlen der Vereinigten Staaten in Nord Amerika”. Petermanns Mitth. 1888. p. 203.

³¹⁷Makovsky, “Die geol. Verh. der Umgebung von Brünn 1884; Trampler, “Die Macocha”, XXXVI. Jahresbericht. der Wiedener Communal-

calcário, as cavernas existem em Devonshire, Inglaterra³¹⁸, bem como dolinas na Bélgica e que são completamente cheias de sedimento vermelho³¹⁹; a Bacia de Ebingerod, em Harz, mostra os fenômenos cársticos em corais calcários devonianos³²⁰. A Caverna de Hermann, perto de Rubeland, assim como as cavernas de Bell e de Baumann, encontram-se nesse tipo de calcário. Os *geological pipes* parcialmente vazios (órgãos) em Burchay³²¹ encontram-se na rocha calcária devoniana. Os fenômenos cársticos em Nizhny-Novgorod, Up e Perm parecem estar localizados no calcário devoniano³²². Finalmente, esse tipo de calcário em Iowa³²³ e no Brasil exibe fenômenos cársticos.

- *Calcário carbonífero*. Em calcários sub-carboníferos na Bélgica³²⁴, norte da Inglaterra³²⁵ e Irlanda³²⁶, existem *vallées d'effondrement*, sumidouros e cavernas; na Irlanda, existem lagos em formas de dolina e rios subterrâneos. Em Toula e Ryazan, na Rússia, dolinas em forma de pântanos

Oberrealschule 1881; Wenkel, "Bilder aus der sächsischen Schweiz", Wien, 1882. p. 137, 183; Kžiz, Jahrb. der geol. R. A. – Mittheilungen der Section für Höhlenkunde 1882. Nr. 2. p. 10, 1884, Nr. 1. p. 1, 1886, Nr. 1, p. 1.

³¹⁸Dawkins, "Die Höhlen und die Ureinwohner Europas", 1876.

³¹⁹Van den Broeck, "Mémoire sur les phénomènes d'altération", 1891. p. 55.

³²⁰Kloos, "Die Hermannshöhle bei Rübeland". Weimar, 1889.

³²¹Kloos, "Die Hermannshöhle bei Rübeland". Weimar, 1889.

³²²Mushketov, "Fizikalnaya geografia" II. 221-222.

³²³Hall, Survey of the State of Iowa", 1858. p. 130.

³²⁴Van den Broeck et Rutot, "Bull. de la Soc. Belge de Géologie". T. II. 1888. p. 9

³²⁵John Philipps, "Manual of geology". 1885. p. 682.

³²⁶Doubrée, "Les eaux souterraines." I. p. 351; Hull, The physical geol. and geogr. of Ireland. London. 1878. p. 198.

são cobertas de argila³²⁷. Na parte ocidental da área carbonífera da América do Norte, o Carbonífero Inferior é representado por calcário contendo fenômenos cársticos. Aí vemos o conhecido Lost River, em Hardin County (Kentucky), bem como as dolinas e cavernas extremamente desenvolvidas na Virgínia e Indiana³²⁸. Dolinas também foram encontradas em calcário carbonífero no Planalto Caybab, oeste da América do Norte³²⁹.

- *Diássico (equivalente antigo do Permiano)*. As cavernas e *geological pipes* podem ser encontrados somente nas áreas onde as partes superiores da formação permiana são representadas pelo calcário compacto e argiloso (*Zechstein*). O Grupo *Zechstein* do Permiano alemão, particularmente aquela parte representada por *Zechsteine* e dolomitos esponjiformes, contém ambas formas³³⁰. Eu não sei de sua existência no calcário magnesiano do Permiano inglês. Os fenômenos cársticos em calcário semelhante ao *Zechstein*

³²⁷ Abich, "Über einen in der Nähe von Toulá stattgefundenen Erdfall." 1854. p. 261, 262, 267 and 269.

³²⁸ Owen, "Report on the Geol. Survey of Kentucky". 1856. p. 84; "Second Report of the Geol. Survey of Kentucky 1857"; Third Rep. of the Geol. Survey of Kentucky 1857. p. 67. – Cox, "Fifth Annual Rep. of the Geol. Survey of Indiana. p. 261. – Seventh Annual Rep. of Indiana". p. 224. – Doubrée, "Les eaux souterraines" I. p. 366.

³²⁹ Dutton, "Tertiary history of the Grand Canyon District". p. 192 and 194.

³³⁰ Guthier, "Die Versteinerungen des Zechsteines und Rothliegenden." 1849. II. p. 4. – Penck, "Die Geschieheformation Norddeutschlands". Zeitschrift d. deutschen geol. Gesellschaft 1879. p. 134. – Credner, "Elemente der Geol." 1883, p. 524. O colapso de rochas nas *Zechstein Superiores*, próximo a Langgerhausen, Elrach, Stahlberg etc. são de natureza completamente diversa; estão relacionados às camadas de gesso e sal que caracterizam as porções superiores do Grupo *Zechstein*.

germânico³³¹ estão presentes no Brasil. Nas montanhas de rocha calcária paleozóica a leste de Komsar, na Pérsia, Tietze encontrou verdadeiros fenômenos cársticos³³².

- *Triássico*. Os fenômenos cársticos são particularmente numerosos nas fácies alpinas do Triássico, onde são representados entre as camadas argilosas, margosas e arenosas do Keuper por poderosos calcários e dolomitos. As dolinas, cavernas e vales cársticos de Todte Gebirges³³³, Dachstein³³⁴, Montanhas Tenen e Holen, o Stone Sea³³⁵ e Untersberg³³⁶ são formados principalmente no calcário Dachstein e raramente em dolomito. Existem dolinas e vales cársticos no mesmo tipo de calcários dos Alpes meridionais, especialmente nos Alpes Julianos³³⁷. A ampla zona de Halsstadt e Guttenstein se separa dos Alpes orientais perto de Ljubljana e estende-se numa direção sudeste até o sistema dinárico; são cercados por calcários do Cretáceo e do Eoceno.

³³¹Lind, “Fossile Säugethiere in den Höhlen Brasiliens”. Neues Jahrb. für Mineralogie. 1840. p. 210.

³³²Tietze, “Zur Geologie der Karsterscheinungen”. Jahrb. d. geol. R. A. XXX. p. 741.

³³³Geyer, “Über jurassische Ablagerungen auf dem Plateau des Todten Gebirges”. Jahrb. d. geol. R. A. XXXIV. 1884, p. 336.

³³⁴Simony, “Die erosierenden Kräfte im Alpenlande”, Jahrb. d. österr. Alpenvereines. 1871.

³³⁵Penck, “Das Berchtesgaden, Zeitschrift d. deutschen und österr. Alpenvereines. 1885. p. 28 and 29.

³³⁶Fugger, “Das Untersberg”. Zeitschrift d. deutsch.-österr. Alpenvereines 1880.

³³⁷Diener, Jahrb. d. geol. R. A. 683 e 684.

- Os fenômenos cársticos atingem o pico de sua variedade nessa zona; juntamente com inúmeras dolinas, esse calcário também contém *poljes* como os de Laško, Cerknica e Planina. Os calcários de Halstadt e de Guttenstein que se estendem mais ao sudeste podem ser encontrados na composição das Montanhas Velebit e Pleševina na região sudoeste da Croácia, onde também abundam os fenômenos cársticos³³⁸. Na Bósnia e Herzegovina³³⁹, bem como no Montenegro, existem dolinas, vales cegos, *poljes* e cavernas em calcário e dolomito triássico; no Montenegro, existem duas zonas de calcários triássicos, uma, ao sudeste de Vir-Pazar e a outro, a nordeste de Durmitor. Ambas contêm características cársticas com fenômenos intensamente desenvolvidos³⁴⁰. Esse calcário triássico parece estender-se mais para o sul no carst albanês e macedônio.
- *Formação Jurássica*. Os fenômenos cársticos típicos podem ser encontrados em Cévennes. Na rocha calcária jurássica posicionada horizontalmente, existem dolinas, abismos, *cave windows* e cavernas com rios subterrâneos³⁴¹. Nos depar-

³³⁸ A vasta literatura associada a esse campo foi citada em vários capítulos deste trabalho.

³³⁹ v. Mojsissovics, Tietze und Bittner, “Grundlinien der Geologie von Bosnien und Herzegovina”. Jahrb. d. geol. R. A. d. Mitth. Section für Höhlenkunde 1884. Nr. 2, 3 and 4; 1885, Nr. 1 2; Glasnik zemaljskog muzeja 1889-1893.

³⁴⁰ Tietze, “Geol. Übersicht von Montenegro”. Jahrb. d. geol. R. A. XXXIV. 1884.; Bela von Inckey, “Geol. Reisenotizen von der Balkanhalbinsel” Földtani Közlöny. XVI. 1886. p. 133.; Rovinsky, Chernagorya proshlom i nastoyashtem I. T. 1888.

³⁴¹ Martel, “Les nouvelles grottes des Cévennes”. Bull. de la Soc. Languedocienne de Géographie. 1889. T. XII. I. e II. trimestres. – “Sous terre”, Rêvue de Géographie. Decembre. 1889. p. 246. – “Les Cévennes”. p. 359. – “An-

tamentos franceses de Lot (Gouffre de Bèdes), Dube, Haute Saône, Côte d'Or, Ob e Charente, existem inúmeras dolinas e cavernas³⁴².

Nas vizinhanças de Avignon, particularmente em Mon Vins, existem numerosos fenômenos cársticos como dolinas, abismos, fontes vaclusianas e vales cegos, como em Sorgue³⁴³.

Dolinas podem ser encontradas no Batoniano, Oxfordiano e Coraliano; têm cerca de 10 a 12 metros de profundidade e cheias de *terra rossa*³⁴⁴.

Fenômenos cársticos podem ser encontrados em calcário dos Jura suíços³⁴⁵. O Monte Loja, no sul da Espanha, é composto por calcário liásico e representa uma verdadeira montanha cárstica. Rios que somem e que têm pouca água fluem através do vale cego de Zafaraya nessa área montanhosa. Parece que a água de toda essa área flui para o Guadalquivir³⁴⁶. A Caverna Cordell, em Yorkshire, Inglaterra, está localizada no calcário jurássico³⁴⁷. Vales secos e cegos, bem como cavernas e sumidouros nos Jura franceses, também estão localizados em calcário

nuaire du Club Alpin Franc. 1890. XXII. 166. – De Lannay et Martel, “Note sur quelques questions relatives a la géol. des grottes et des eaux souterraines.” Bull. de la Soc. Géol. de France. XIX. 1891. p. 142.

³⁴²Daubrée, “Les eaux souterraines”. I. p. 296, 304, 345.

³⁴³Charles Lentheric, “Le Rhône”. II, p. 196-209.

³⁴⁴Van den Broeck, “Les phénomènes d’altération” p. 56.

³⁴⁵Siegfried, “Der schweizerische Jura”. Zurich. 1851. p. 124, 126, 143 etc. – Daubrée, Les eaux souterraines. I. p. 845.

³⁴⁶Fouqué, Michel Levy etc. “Mission d’Andalousie”. “Études relatives au tremblement de terre”. Mémoires présentés par divers savants a l’Académie des Sciences”. III, 1888. p. 521.

³⁴⁷Boyd Dawkins, “Die Höhlen und Ureinwohner Europas”.

jurássico, particularmente em mármore e dolomito Franke-rhein³⁴⁸.

Perto de Battenau, a leste de Geisling, os Jura hospedam grandes dolinas de 1 quilômetro de comprimento (...). Na formação oolítica no Monte Yaila, na Criméia, existem numerosas, muitas vezes grandes, dolinas e cavernas³⁴⁹.

- *Cretáceo*. O Cretáceo Inferior e Médio são representados, como sabemos, por margas glauconíticas na Inglaterra (Greensand Inferior e Superior) cuja parte superior é representada por gesso, muitas vezes coberto por areia e argila terciária. O gesso contém tubos de areia e cascalho, e algumas vezes dolinas. O gesso na Bacia de Paris tem características semelhantes. Começando com a Inglaterra e a França, pode-se seguir a trilha desse tipo de formação através da Bélgica, Westfália, noroeste da Alemanha, Alta Silésia, Polônia e Galícia. As formações terciárias e diluvianas são frequentemente empilhadas em cima dela (...). As fácies meridionais da formação de gesso (...) são caracterizadas pelo desenvolvimento intenso de fenômenos cársticos, por isso, uma área em que o gesso ocorre ao sul foi a primeira a ser chamada de carste. Também existem no sul da França, particularmente na Bacia de Garonne, onde também é caracterizada por ocorrências típicas do carste³⁵⁰.

³⁴⁸Gumbel, "Geognostische Beschreibung der fränkischen Alb (French Jura) mit dem anstossenden fränkischen Keupergebiete" 1891. p. 45 and 46.

³⁴⁹Toula, "Eine Krimreise". Deutsche Rundschau für Geographie und Statistik. XI. 8. 1889. p. 349. The map of Colonel Betew from 1855. L. NO. A. 2.

³⁵⁰Fournet, "Hydrographie souterraine". 1858. – Daubrée, "Les eaux souterraines". I. p. 315. – Virlet, "Les Cavernes, de leur origine et de leur mode de formation. Avesnes 1836", em que os sinkholes da Franche Comte foram especialmente descritos. – Charles Lenthéric, "Le Rhône". II. p. 20, 196, 209 etc.

Nos Alpes costeiros, bem como em todo o calcário dos Alpes setentrionais, o Cretáceo é representado pelo calcário caprotinida, que é chamado *calcário karren* na Suíça por causa dessas feições (*Schratten*). Junto com o fato de que os *karren* existem nos calcários das altas montanhas que representam a formação do Jurássico Superior, eles também podem ser encontrados nos calcários cretáceos da Formação Seewer. Numerosas dolinas sulcam a superfície do calcário cretáceo em Sette Comuni em Verona, onde são chamados *Buso*. Eles também podem ser encontrados na encosta sul do Monte Baldo (a norte de Caprino³⁵¹). Nos Alpes meridionais, Eslovênia, Ístria e Dalmácia, o Cretáceo Inferior é um calcário caprotinida, enquanto o Cretáceo Superior é rudista. Os fenômenos cársticos na Bósnia e Herzegovina aparecem no mesmo calcário. Do noroeste para o sudeste, encontra-se a zona de calcário rudista e numulítico, de Idrija ao Peloponeso. A. Boué descreve os fenômenos cársticos na Macedônia, Albânia, Epiro e Acarnânia; já foi mencionado que, na Grécia, numerosas obras literárias cobrem os mesmos fenômenos. As ilhas Jônicas e do Adriático são caracterizadas por vários fenômenos cársticos claramente expressos.

Na Ilha de Lêucade, tais fenômenos existem em calcário do Cretáceo Superior³⁵². No calcário rudista da Ilha de Corfu, particularmente no Planalto Pantocrator, existem milhares de dolinas³⁵³. As ilhas de Cefalônia, Ítaca³⁵⁴ e Zaquintos³⁵⁵ são caracterizadas por vários fenômenos cársticos. Nos calcários do

³⁵¹Páginas 48 e 36 do mapa especial italiano à escala de 1: 25,000.

³⁵²Partsch, *Ergänzungsheft* 95 zu Petermanns *Mittheil.* 1889.

³⁵³Partsch, *Ergänzungsheft* 88 zu Petermanns *Mittheil.* 1887. p. 10, 15, 16 e 18.

³⁵⁴Partsch, *Ergänzungsheft* 98 zu Petermanns *Mittheil.* 1890. p. 6, 12, 17, 19, 20 e 22.

³⁵⁵Partsch, “Die Insel Zante”, *Peterm. Mitth.* 1891. p. 164, 165 e 167.

Cretáceo e do Eoceno na Lícia existem grandes dolinas, vales cegos e *poljes*³⁵⁶. Existem numerosas dolinas no calcário horizontal do Cretáceo Superior do Líbano³⁵⁷. As cavernas são conhecidas por existirem em toda a Palestina e estão presentes em números excepcionais no Deserto de Judá, particularmente no Vale de Hebron e no Monte Carmelo³⁵⁸. As cavernas também podem ser encontradas na Síria³⁵⁹.

As fácies do Cretáceo do Sul são desenvolvidas nas Montanhas Banat, no leste da Sérvia e na Bulgária. Os fenômenos cársticos existem nos calcários caprotinidas das montanhas de Banat, particularmente nas vizinhanças de Močeriš, Lapušnik e Bučava³⁶⁰. As enormes camadas de travertino situadas nessas montanhas são relacionadas aos fenômenos cársticos³⁶¹. No leste da Sérvia encontramos dolinas, grandes cavernas, vales cegos etc. nos calcários caprotinida e rudista de Homolje, Kučaj, Svr-ljig e Suva Planina³⁶². Dolinas em calcário caprotinida nos

³⁵⁶Spratt, "Travels in Lycia". London. 1847. II. p. 166 e 185. – Tietze, Jahrb. d. geol. R. A. 1885. p. 218, 313, 314, 340 etc.

³⁵⁷Diener, "Der Libanon". 1886. p. 211. – Day, Funnel holes on Libanon. Geol. Mag." 1891. p. 9

³⁵⁸O. Ankel, "Grundzüge der Landesnatur des West-Jordanlandes." 1887. p. 55

³⁵⁹Daubrée, op. cit. I. p. 365.

³⁶⁰Bockh, "Geol. Noten von der Aufnahme des Jahres 1882 im Comitete Krasso-Szöreny. Földtani Közlöny. 1881. p. 303.

³⁶¹J. Tietze, Geol. und palaeont. Mitth, aus dem südl. Theile des Banater Gebirgsstockes". Printed by Jahrb. d. geol. R. A. p. 35.

³⁶²J. Cvijić "Ka poznavanju krša u Istočnoj Srbiji", 1889. Beograd. "Prekonoška Pećina". Geološki anali Balkanskog poluostrva. Knj. III. 1891. p. 159. "Geografska istraživanja na Kučaju u Istočnoj Srbiji". Geol. anali knj. V.

Balcãs também são bem conhecidas, particularmente na área entre Nikopolje, Plevna e Jablanica³⁶³.

Dolinas e pequenas cavernas também podem ser observadas na Argélia³⁶⁴. Cavernas e vales cegos no Saara, particularmente entre M'Zab e Metili³⁶⁵, estão localizados em calcários horizontalmente empilhados da mesma época, enquanto que calcários hammadas e formas desérticas muitas vezes se entrelaçam.

- *Terciário*. Nas áreas meridionais formadas no Eoceno, as características do carste são limitadas a calcários compactos, parcialmente cristalinos e numulíticos. Em Kranjska, particularmente na área de Trieste, as formas cársticas mais interessantes aparecem no calcário numulítico; o calcário numulítico frequentemente apresenta fenômenos cársticos na Dalmácia, Albânia, Grécia e nas Ilhas Jônicas; o mesmo ocorre na Ásia Menor e na Pérsia. Em todos esses locais, o calcário numulítico está intimamente relacionado ao calcário rudista e, portanto, é caracterizado por dolinas e *poljes*³⁶⁶. Em áreas do norte da Europa, as formações do Eoceno são representadas por areia e argila (...); a única formação que permite a gênese de *geological pipes* em depósitos do Eoceno do norte é o calcário terciário de Paris, perfurado por *puits naturels*.

³⁶³Fotierle, Verhandl. d. geol. R. A. 1869, p. 194.; Jiriček (“Das Fürstenthum Bulgarien”) menciona um sinkhole em Rila que tem comunicação com canais subterrâneos (Suho Jezero); aparentemente, ele está em calcário cristalino.

³⁶⁴Daubrée, “Les eaux souterraines”, I.

³⁶⁵M. G. Rolland, “Bull. de la Soc. Géol. de France”. IX. 1881. p. 517. – Geologie du Sahara Algérienne. Planches.

³⁶⁶A única exploração que conheço como exceção é a de Diener segundo ele (“Der Lebanon”, p. 212), *sinkholes* são restritos às camadas de calcário (gipso) do Líbano, ao passo que não há *sinkholes* de qualquer tipo em calcários do Eoceno.

Dolinas também surgem em calcários do Neogeno. Observei-as em calcário Sarmatiano nas proximidades de Belgrado; na zona que se estende por vários quilômetros de Belgrado para o sul, existem dolinas de várias formas e tamanhos (com diâmetros de 5 a 10 metros); uma caverna perto de Sremčica está localizada no mesmo tipo de calcário. Os calcários porosos Litva e Cerithium, perto de Zambek, Manyi e Ting, na Hungria, apresentam fenômenos cársticos³⁶⁷.

Nas vizinhanças de Gerazzo, no sul da Itália, T. Fuchs³⁶⁸ observou nichos no calcário briozoário que pareciam *geological pipes* ou *sand pipes* (tubos de areia). O calcário mioceno nas Ilhas de Malta e Gozo contém dolinas preenchidas com argila, cavernas com lumaquelas, bem como tubos de areia³⁶⁹. No fluxo superior do Rio Guadiana, na Espanha, depressões similares às dolinas e rios subterrâneos parecem existir no calcário terciário³⁷⁰. Na porção ocidental da Zagrebačka Gora, existem dolinas no calcário Sarmatiano, bem como aqueles situados no limite desse calcário e o dolomito de idade cretácea; um grande sumidouro chamado Ponikva, assim como um outro próximo a Rijeka³⁷¹, caem nesta última categoria. Dolinas verdadeiras em um

³⁶⁷Peters, "Geol. Studien aus Ungarn". III. Jahrb. d. geol. R. A. 1859. p. 483, 488.

³⁶⁸Th. Fuchs, "Geolog. Studien in den Tertiärbildungen Süd-Italiens". Aus dem Sitzb. d. k. Academie der Wissenschaften. LXVII. Abtheil. Juni. 1872. Tabela VII, Figura 1.

³⁶⁹Adams, "Note of a naturalist in the Nile Valley and Malta". Edinburgh. 1870. p. 169-177, 178 and 180. – Fuchs, "Das Alter der Tertiärschichten von Malta". Sitzb. d.k. Acad. d. Wissenschaften LXX. 1874. p. 3.

³⁷⁰Willkomm, "Die Quellen der Guadiana", Zeitschr. f. wissensch. Geographie V. 1885. p. 29 e 30.

³⁷¹Dr. Gorjanović, Die Karsterscheinungen im westlichen Theile des Agramer-Gebirges. Kroat. Revue. I. 1882.

calcário terciário que se encontra em margas azuladas³⁷² podem ser observadas perto de Shumaha, no sopé meridional do Cáucaso oriental. Numerosas pequenas dolinas existem no calcário Kerch (Meotiano) do Monte Opuk, que tem forma de uma laje e está localizado na costa sul do Rio Drim. As dolinas são tão numerosas nessa área que Andrusov, ao me informar de suas explorações, lembrou-se da dissecção superficial da Montanha Chatirdag jurássica. Na Jamaica, em calcários miocenos amarelos e cristalinos (calcário amarelo), são encontradas dolinas e vales cegos³⁷³. Em calcários frágeis e de cor clara (Calcário Branco), que cobrem metade da ilha e atingem grandes espessuras, todos os fenômenos cársticos estão presentes. Essa camada ligeiramente dobrada de calcário, considerada de idade terciária de acordo com Sawkins, contém dolinas de várias formas (*cockpits* e *cave windows*), vales cegos e *poljes*. Tal variedade de fenômenos cársticos na Jamaica torna essa área igual a países que cercam o Mar Adriático, cobertos de fenômenos cársticos e compostos de calcário do Cretáceo e do Eoceno³⁷⁴. Fenômenos semelhantes estão presentes em Cuba³⁷⁵.

- *Quaternário*. Existem muitas dolinas perto de Montagnola Senese, na Itália; algumas, com um raio de 69 a 100 metros³⁷⁶.

³⁷²Tietze, “Zur Geologie der Karsterscheinungen”. Jahrb. d. geol. R. A. XXX, p. 741.

³⁷³Sawkins, “Geol. in Jamaica”, p. 253.

³⁷⁴Sawkins, op. cit. p. 29. etc.; De la Beche, Mahnel geol. p. 61.

³⁷⁵Sucse, “Das Antilks der Erde”, I. p. 703.

³⁷⁶Lotti, “Nuove osservazioni sulla geol. della Montagnola Senese”. Boll. con. geol. d’Italia. 1888. p. 359, 360.

Os fenômenos cársticos em *recifes de corais* elevados são de excepcional importância.

O calcário de tais recifes é muitas vezes tão permeável quanto no carste; toda a precipitação flui para pequenas fendas e rachaduras do calcário coralíneo³⁷⁷. Os córregos e as nascentes são quase totalmente inexistentes e a água da chuva é captada para uso em cisternas³⁷⁸.

Os recifes de corais elevados são ricos em cavernas. Numerosas cavernas situam-se abaixo do nível do mar e são muitas vezes preenchidas por travertino. Uma abundância de cavernas é uma característica das Bermudas; cavernas, localizadas principalmente abaixo do nível do mar, contêm lagos de água salgada, estalactites e estalagmites. Uma caverna na Ilha Somerset tem 500 metros de comprimento e 25 metros de altura; uma conexão foi feita entre certas formas na superfície, similares às dolinas, e essa caverna³⁷⁹. As Bahamas também são caracterizadas por numerosas cavernas³⁸⁰. Muitas foram encontradas nos recifes de Chocqueel (Grupo Palau)³⁸¹.

No recife de Oahu, existem muitas cavernas horizontais com nascentes subterrâneas e córregos; segundo Dana, estes últimos, junto com a água absorvida, representam as causas da formação de cavernas³⁸². Na Ilha de Aty (Grupo Harvey), muitas cavernas são encontradas. A Ilha Matthew (Grupo Paumotu)

³⁷⁷Nilson, "On the geol. of the Bahamas, and on coral-formations generally". Quarterly Journ. Geol. Soc. of London. 1853. p. 205.

³⁷⁸Krümml, "Über die von der Plankton-Expedition besuchten atlantischen Inseln". Verh. u. Gesellsch. f. Erdkunde 17. p. 492.

³⁷⁹Krümml, I. cit. J. J. Rein. "Die Bermudas-Inseln und ihre Korallenriffe". Verb. des ersten deutschen Geographentages". p. 34.

³⁸⁰Nilson. Op. cit. p. 203 and 205; Joh. Walther, Ergänzungsheft Nr. 102. zu Petermanns Mitth. 1891. p. 32.

³⁸¹Joh. Walther. Op. cit. p. 32.

³⁸²Dana. "Corals and Coral Islands", London. 1875. p. 310.

contém cavernas com grandes e numerosas estalactites. As cavernas costeiras ou litorâneas³⁸³, formadas pela erosão química da rocha pela água do mar, também são encontradas aqui. Na Flórida (Grupo Solomon), a água flui através de uma grande caverna³⁸⁴. Muitas cavernas também existem no recife de coral de Litu (Grupo Loyalty)³⁸⁵.

Dolinas aparecem frequentemente em recifes de coral. Existem nas ilhas de coral de Uggy e na Flórida (Grupo Solomon)³⁸⁶. *Potholes* podem ser encontrados em ilhas nas Bahamas³⁸⁷.

Chambeyron descreve uma depressão bem formada com água doce no recife de coral Ich Hingen. Na Nova Caledônia, a água do Rio Tututa flui através do calcário coralíneo poroso³⁸⁸. As Bermudas são caracterizadas por numerosos buracos. A argila vermelha foi observada muitas vezes em dolinas e *potholes* nos recifes de corais³⁸⁹. Muitos sumidouros e poços foram observados nas ilhas do Grupo Barbados³⁹⁰.

³⁸³Dana, I. cit.

³⁸⁴Walte. Op. cit. p. 33. Guppy fez uma descrição exaustiva dessa caverna (The Solomon Islands 1887. p. 26, 27 and 28); Guppy também listou duas grandes cavernas no Atol de Oima e uma na ilha de Ugi, nas Ilhas Salomão (p. 43 e 87).

³⁸⁵Chambeyron, "Note relative a la Nouvelle Calédonie". Bull. de la Soc. de Géographie 1875. p. 565.

³⁸⁶Guppy, "The Solomon Islands". p. 29. n. 28.

³⁸⁷R. J. Nelson, "On the Geology of the Bahamas and on coral-formations generally". Quarterly Journal Geol. Soc. vol. IX. 1858. p. 205.

³⁸⁸Chambeyron. Op. cit. p. 565.

³⁸⁹Nelson, I. cit. p. 208.

³⁹⁰Jakes, Browne and Harrison, "The Geology of Barbados". Quarterly Journ. 1891. p. 197.

Grandes depressões, semelhantes aos *poljes*, foram descobertas por Lister nas Ilhas Tonga, no recife Eua, por exemplo³⁹¹. As ilhas setentrionais do Grupo Tonga, particularmente as denominadas Ilhas Vavau, inteiramente constituídas por calcário coralíneo, exibem depressões rasas cercadas por altas paredes. A Ilha A'a, por exemplo, tem tal estrutura. A bacia central nessa ilha tem 1.300 metros de comprimento e quase 1.000 metros de largura. A parede circundante é composta por argila marrom e fica a cerca de 10 metros acima do nível do mar³⁹².

Quanto ao fato de que as características cársticas existem mesmo em calcários coralíneos jovens, é preciso dizer que essas feições não são exclusivamente de origem secundária, como aquelas encontradas em áreas verdadeiramente cársticas. São, às vezes, de origem primária, tendo aparecido na época em que o calcário foi depositado.

Os recifes de coral vivos têm cavidades em seus interiores; permanecem alguns vazios entre certas ramificações de coral. Essas cavidades primárias estão particularmente presentes nos recifes de coral que têm estrutura em chapeirões.

Em suas porções superiores, tais espaços cavernosos se abrem de várias maneiras, através de canais frequentemente descritos como respiradouros³⁹³. Continuamente atingidos por ondas, os lados exteriores dos recifes são consumidos pela água e transformados em *karren*. Quando se tenta explicar a formação de grandes depressões nos recifes de corais, é preciso prestar especial atenção ao fato de que os recifes se erguem perto das bordas, circundando o interior de depressões equivalentes a lagoas de atol.

³⁹¹J. F. Lister, "Notes on the Tonga Islands, Journal., Lond. Geol. Soc. XLVII. 1891. p. 601.

³⁹²Lister. Op. cit. p. 609.

³⁹³N.T.: No original, *blowholes*.

Se imaginarmos o surgimento de um recife desse tipo, é possível perceber que os espaços vazios se tornarão cavernas, sumidouros parecerão com dolinas e o lado externo do recife lavado pela será semelhante a uma área coberta por *karren*, enquanto a depressão, cercada pelo recife, parecerá um *polje*.

Portanto, é provável que, juntamente com os fenômenos cársticos secundários que exploramos, também existam os *primários*, relacionados diretamente à forma como o calcário coralíneo é criado.

Além disso, explorações mais detalhadas mostrarão se existem exemplos de tais fenômenos cársticos primários.

As cavernas descritas como primárias incluem a Chocquel no Grupo Palau, assim como muitas outras nas Bahamas. As depressões nas Ilhas de Tonga pertencem, sem dúvida, ao grupo primário.

Com base nesses fatos, uma questão pode ser legitimamente colocada: o fenômeno cárstico é realmente primário? Walther³⁹⁴ já expressou sua opinião afirmando que algumas cavernas, como as dos Jura Franconianos, por exemplo, são primárias.

Essa opinião, naturalmente, diz respeito aos fenômenos cársticos em calcário coralíneo de sistemas geológicos mais antigos, mas não camadas de calcário complexo. Estes últimos são os principais portadores de fenômenos cársticos e os fenômenos primários neles não podem sequer ser imaginados. Quanto aos fenômenos cársticos primários mais antigos, por outro lado, deve ser levado em consideração que cada recife de coral com fenômenos cársticos primários, uma vez que ascende, deve se tornar vítima da denudação. Somente camadas cobertas por outras permanecerão. Se um recife é coberto, suas cavidades serão fe-

³⁹⁴Walther. Op. cit. p. 34.

chadas por sedimentos ou água absorvida. É por isso que, em minha opinião, o calcário coralíneo mais antigo, coberto com outras camadas grossas, perdeu suas cavernas primárias anteriores, assim como outros fenômenos cársticos primários, muito antes que alcançasse a superfície do mar.

É, portanto, minha opinião que o surgimento de fenômenos cársticos primários em calcário coralíneo muito *jovem* é bastante frequente, enquanto duvido que fenômenos cársticos primários exumados e não destruídos pela denudação existam em calcários de sistemas mais antigos.

Com base na distribuição dos fenômenos cársticos, temos os seguintes fatos:

- I. Os fenômenos cársticos aparecem no calcário de todos os sistemas geológicos, desde o Siluriano até os recentes calcários coralíneos. No entanto, eles são, de acordo com as suas formas e frequência, muito diferentes e representados em várias áreas cársticas em relação ao tipo de calcário, bem como a presença *ou ausência de material dissecado* conforme descrito acima. Nós podemos ver que:
 - a. Somente superfícies de *calcário puro e estéril* mostram uma grande variedade e desenvolvimento típico de fenômenos cársticos. Tais áreas são caracterizadas pelo aparecimento de feições em forma de caldeirão, bem como por todos os traços hidrográficos que caracterizam o carste verdadeiro, como o da Eslovênia, o Carste Adriático, a metade ocidental da Península Balcânica juntamente com o Peloponeso, a Sérvia oriental, o sul da França, o Planalto de Chatirdag, na Criméia, bem como as áreas cársticas da Líbia, Líbano e Antilíbano. Em todas as áreas mencionadas, os fenômenos cársticos apare-

cem em calcário puro do Jurássico, Cretáceo e Eoceno, mas raramente em calcário e dolomito do Triássico. O carste verdadeiro também existe na Jamaica composto, principalmente, de calcário terciário mais jovem.

- b. As superfícies de calcário argiloso e margoso cobertas de areia e marga geralmente não contêm fenômenos cársticos; eles contêm depressões cársticas preenchidas por materiais ou argila provenientes das porções superiores, de tal forma que não são visíveis na superfície do terreno (*geological pipes*); apenas excepcionalmente, quando a superfície do calcário é estéril, certos fenômenos cársticos atípicos podem ser observados sobre ele. Tais áreas, como a área de gesso da bacia londrina e da Bélgica, entre outras, não podem ser consideradas cársticas.

- c. As áreas calcárias compostas por calcário argiloso e margoso não coberto por materiais alóctones constituem formas de transição entre os dois tipos acima mencionados³⁹⁵. Os fenômenos cársticos são raros e atípicos. Não existem *karren*, as dolinas são quase totalmente preenchidas por sedimentos, rios que somem são raros ou completamente ausentes. A superfície de calcário tem baixa permeabilidade e nunca pode atingir a porosidade do carste verdadeiro. Essas áreas, portanto, formam *uma transição entre o carste verdadeiro e a área de geological pipes*. Tais áreas são a área devoniana da Morávia e a área carbonífera russa na província de Toula, entre outras.

³⁹⁵ **N.E.:** Em seus trabalhos posteriores, Cvijić introduziu os termos *holocarste*, *merocarste* e *carste de transição* para descrever e explicar as diferenças no desenvolvimento da paisagem.

II. Os fenômenos cársticos, exceto os *poljes*, existem no calcário do Cretáceo Superior horizontalmente colocado das grandes planícies desérticas do Saara, da Síria e da Palestina. Na Ilha de Malta, que representa uma porção do planalto africano, não existem *poljes*, mas existem dolinas e cavernas em calcário terciário com camadas horizontais. No sul da Austrália, encontramos todas as formas de dolinas e cavernas no calcário Cretáceo. De acordo com Woods, grandes caldeirões, que ele compara com os *poljes* gregos, também podem ser observados lá. As únicas cavernas e dolinas conhecidas no Maciço brasileiro são aquelas em calcário diássico ou devoniano; as pradarias entre Elligan e as Montanhas Rochosas, na América do Norte, contêm os mesmos fenômenos cársticos. Existem cavernas e dolinas no calcário carbonífero horizontalmente disposto no Planalto de Kaybab, cercado por grandes flexões monoclinais entrecruzadas por muitas menores; em De Mott Park, parece haver depressões na forma de *poljes*. Na Europa, os planaltos com camadas horizontais são caracterizados pela presença de fenômenos cársticos, exceto *poljes*; exemplos são o Planalto Russo, a província de gesso do Báltico, calcário carbonífero horizontal da Irlanda etc.

Os calcários horizontalmente dispostos nos Jura franco-suábios e nos Causses, nas Cévennes, também não apresentam *poljes*.

Assim, os fenômenos cársticos, com exceção dos *poljes*, existem em áreas cársticas mais horizontalizadas, mas também naquelas perturbadas. Os *poljes*, por serem limitados a áreas perturbadas do carste, estão completamente ausentes nos planaltos (que são compostos por camadas horizontais). *Poljes* apare-

cem em grande número e formas típicas em todo o sistema dinâmico, de Ljubljana ao Peloponeso, nas Montanhas Taurus, particularmente na Lícia e também na Cordilheira das Antilhas (Jamaica). No entanto, são raros nos Jura, razão pela qual os fenômenos cársticos como um todo não podem ser ligados a movimentos tectônicos³⁹⁶.

III. Áreas com carste intensamente desenvolvido estão localizadas em zonas de chuva periódica. O carste do Adriático e do sul da França é caracterizado por chuvas de outono, sendo o primeiro particularmente pelas chuvas de outubro. As áreas cársticas da Grécia, da Síria e da Palestina estão localizadas em áreas de chuvas subtropicais de inverno. A Jamaica é caracterizada por um período de chuvas e um período seco. No entanto, todas as áreas mencionadas são compostas de calcário puro, o que torna possível estabelecer erroneamente a ligação entre a precipitação periódica e o desenvolvimento intenso de fenômenos cársticos. Parece que as chuvas periódicas só influenciam indiretamente a intensidade dos fenômenos cársticos, já que impedem a formação de vegetação sobre a rocha calcária, como já mencionamos no capítulo sobre a formação de dolinas. Não há dúvidas, entretanto, de que a alta precipitação auxilia o desenvolvimento de fenômenos cársticos. Apesar do fato de a área cárstica na Grécia ser semelhante ao Carste Adriático, ela contém muito menos fenômenos cársticos devido à menor precipitação.

³⁹⁶Österr. Revue. 1864. Bd. VI. p. 172.

ANEXO
AUTORIZAÇÃO PARA A TRADUÇÃO

To: Dr. Luiz Eduardo Panisset Travassos
From: Prof. Dr. Zoran Stevanović
Subject: Work translation into Portuguese

April 25, 2016

Dear Dr Luiz,

I would like to inform you that the Board on Karst and Speleology of the Serbian Academy of Sciences and Arts had review and authorized your request for translating to Portuguese language and to publish the work of Cvijić “Karst. A Geographic Monograph” presented in the book “Cvijić and Karst” (Serb. Acad. Sci & Arts, 2005; Eds. Z. Stevanović, B. Mijatović).

You are kindly requested to make a full reference to the source, in particular the publisher of the book, i.e. the Serbian Academy of Science and Arts and its Board on Karst and Speleology, editors, and translator Mrs Alisa Radić who for the first time translated in English Cvijić’s doctoral dissertation *Das Karstphaenomen*.

So, we grant you permission to translate it in order to promote karstology in Brazil, specially among your students and colleagues.

Prof. Zoran Stevanović
*Vice Chair of the Board on Karst and Speleology and
editor of “Cvijić and Karst”*

ISBN 978-858239051-1



9

788582

390511