

## MORFOGÊNESE DO CARSTE TRADICIONAL EM SERGIPE

Heleno dos Santos Macedo <sup>1</sup>

Hélio Mário de Araújo <sup>2</sup>

Luana Pereira Lima <sup>3</sup>

### RESUMO

As morfologias cársticas sergipanas apresentam incipiência em relação ao desenvolvimento das suas feições se comparado com outras províncias cársticas do Brasil. O primeiro relato sobre feições cársticas em Sergipe remete ao Geólogo americano John C. Branner em 1890 no artigo *The Cretaceous and Tertiary Geology of the Sergipe-Alagoas Basin of Brazil* publicado na revista *American Philosophical Society*. Diante das necessidades de novas informações sobre esses processos, o presente trabalho analisa os processos morfogenéticos responsáveis pela formação e evolução do carste tradicional no estado de Sergipe. Assim, para o cumprimento desse objetivo, adotaram-se procedimentos metodológicos distintos, priorizando, portanto, a revisão bibliográfica, o levantamento cartográfico e os trabalhos de campo. Para uma melhor caracterização, a área de estudo foi dividida em duas partes: Área 01 compreendendo o Carste tradicional da Bacia Sergipe e Área 02, o Carste Tradicional Olhos d'Água / Frei Paulo. As feições cársticas da Bacia Sergipe não apresentam dimensões expressivas, e geralmente, encontram-se em desenvolvimento, ou seja, os processos de carstificação são embrionários. Outro fator importante sobre a incipiência na morfogênese desse carste é o acentuado grau de porosidade primária das rochas. Os carbonatos dessa região são caracterizados como sendo calcilitos, calcarenitos, que se formam sobre elevado grau de porosidade, permitindo que a água possa percolar facilmente por elas. O Carste tradicional Olhos D'água /Frei Paulo é mais antigo na morfogênese e morfoescultura, porém, seus processos de morfodinâmica foram reduzidos após a última transgressão a 5100 AP. As mudanças climáticas ocorridas após o Holoceno alteraram as condições de precipitação, levando a um processo mais lento de morfocronologia do relevo. O carste dessa área teve seu material depositado no Neoproterozóico. A partir dos processos de cisalhamento ocorridos na região para a formação da Faixa de Dobramentos Sergipana, esse material passou por determinadas pressões alterando seus componentes mineralógicos. Essa paisagem cárstica possui as maiores feições do carste sergipano tanto no tocante ao exocarste como no endocarste.

**Palavras-chave:** Exocarste, Endocarste, Formação Olhos d'água, Bacia Sergipe, Domínio Vaza-Barris.

### INTRODUÇÃO

As paisagens cársticas do estado de Sergipe, embora representem uma importante expressão geomorfológica regional, apresentam feições pouco desenvolvidas quando comparadas a outras províncias cársticas do território nacional. A primeira referência a essas morfologias remonta ao trabalho do geólogo John C. Branner (1890), que, ao descrever a evolução geológica da Bacia Sergipe-Alagoas, sinalizou a presença de processos cársticos ainda em estágio inicial.

---

<sup>1</sup> Doutor pelo PPGEIO da Universidade Federal de Sergipe - SE, helenosamac@gmail.com;

<sup>2</sup> Professor orientador: Doutor, Universidade Federal de Sergipe - SE, heliomarioaraujo@yahoo.com.br;

<sup>3</sup> Doutora pelo PPGEIO da Universidade Federal de Sergipe - SE, luana.pl.lua@gmail.com;



Para isso, foram empregados procedimentos metodológicos baseados na revisão bibliográfica, análise cartográfica e levantamento de campo, delimitando-se como recorte espacial as áreas com predominância de rochas carbonáticas no estado, totalizando 1.453,37 km<sup>2</sup> distribuídos em 17 municípios.

A área foi subdividida em dois setores: o Carste tradicional da Bacia de Sergipe e o Carste tradicional Olhos d'Água / Frei Paulo, cujas características morfológicas e histórico evolutivo são distintas. A análise das feições e dinâmicas dessas duas áreas permite compreender o estágio atual de carstificação no estado e sua relação com os condicionantes geológicos e climáticos ao longo do tempo.

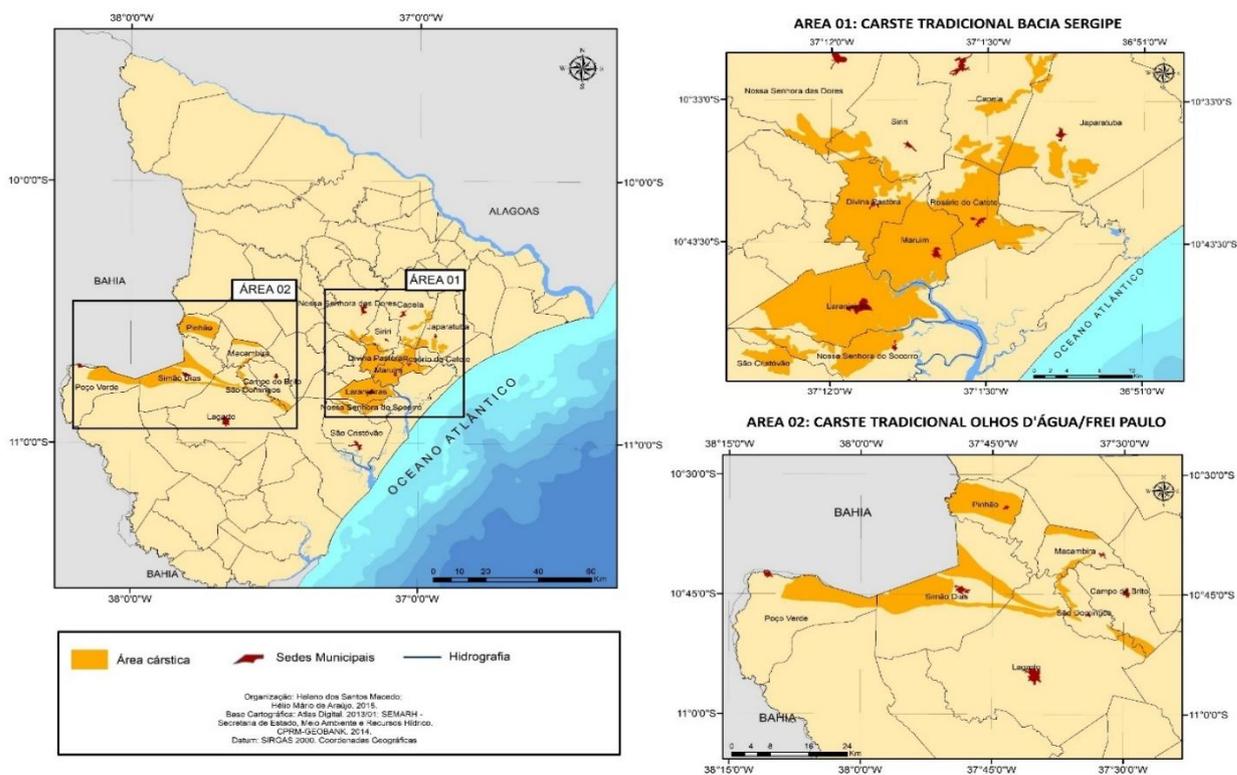
### **Área de estudo**

O recorte espacial da pesquisa compreende as áreas em que se encontram paisagens desenvolvidas sobre rochas carbonáticas, associadas à morfologia cárstica tradicional, dentro do espaço territorial do estado de Sergipe (MACEDO, 2019).

Para delimitação desse tipo de morfologia, além da presença das rochas carbonáticas, que por sua natureza são solúveis e permeáveis, outros fatores foram levados em consideração como: a porosidade secundária da rocha (fissuradas e fraturadas); a topografia; a presença de drenagem vertical e subterrânea; percolação da água através das fissuras/fraturas ou condutos; dissolução de CaCO<sub>2</sub> (carbonato de Cálcio); carste subjacente; e a presença de feições sub/superficiais típicas desse ambiente, como, cavernas, dolinas, lapiás, entre outros.

O recorte espacial abrange 1.453,37 km<sup>2</sup>, correspondendo a 6,63% da área total do estado, encontrando-se estabelecidos sobre esse tipo de morfologia (total ou parcialmente) dezessete municípios: Campo Brito, Capela, Divina Pastora, Japaratuba, Lagarto, Laranjeiras, Macambira, Maruim, N<sup>a</sup> Senhora das Dores, Nossa Senhora do Socorro, Pinhão, Poço Verde, Rosário do Catete, São Cristóvão, São Domingos, Simão Dias e Siriri. Desses municípios, seis vão concentrar a maioria da paisagem cárstica tradicional: Divina Pastora, Laranjeiras, Nossa Senhora do Socorro, São Domingos, Simão Dias e Poço Verde (MACEDO, 2019).

Para uma melhor caracterização, a área de estudo foi dividida em duas partes: área 01 compreendendo o Carste tradicional da Bacia Sergipe e área 02, o Carste Tradicional Olhos d'Água / Frei Paulo (figura 1).



**Figura 1** – Localização da área de estudo. Organização: Autores, 2019.

## METODOLOGIA

A Teoria dos Sistemas e a Teoria dos Sistemas Dinâmicos não-lineares nortearam a construção desse trabalho, contribuindo para a compreensão da organização do espaço geográfico local, que no percurso da investigação requereu análises profundas de forma integrada sobre os diversos elementos da paisagem expressos na superfície cárstica atual.

O trabalho de campo mostrou-se eficaz, sendo etapa fundamental para o levantamento de dados primários e elucidação dos fatos, até então, desconhecidos sobre a realidade subterrânea cárstica local e, associado a ele, o levantamento da literatura especializada para suporte teórico-metodológico de sustentação as bases empíricas, além do levantamento cartográfico para subsidiar na elaboração dos mapas temáticos.

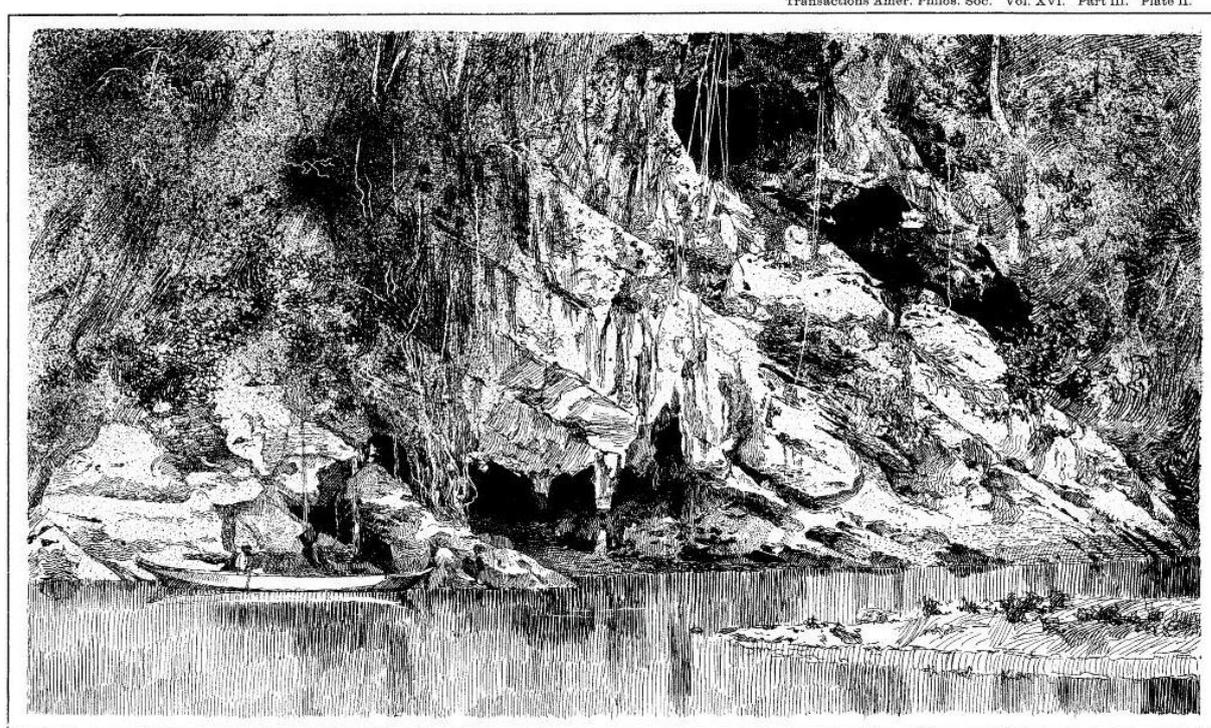
A caracterização geológica e compartimentação Lito estrutural desses ambientes, baseou-se nos dados da CPRM, complementados com as atividades de campo, onde priorizou-se os seguintes parâmetros: constituição litológica (considerando as suas propriedades em face das manifestações da dinâmica externa e interna); grau de solubilidade; resistência mecânica; posição estratigráfica e hipsométricos em relação a outras sequências rochosas; grau de litificação; porosidade; densidade; composição química; orientação, e direcionamento dos lineamentos estruturais que comandam as disposições do quadro morfoestrutural.

Os mapas temáticos foram elaborados com o apoio da cartografia digital e ferramenta computadorizada. Utilizou-se a mesma base cartográfica e escala, com o uso do sistema de projeção UTM e SIRGAS 2000 24S, através da base de dados disponibilizada no Atlas Digital de Recursos Hídricos de Sergipe (versão 2016) pela Superintendência de Recursos Hídricos (SRH). Para isso, alguns softwares foram fundamentais como o ArcGis 10.1 da ESRI®, disponibilizados no Laboratório de Representação da Terra do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Sergipe, com o uso do SIG.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Evolução do Carste Tradicional Bacia Sergipe

O primeiro relato sobre feições cársticas em Sergipe remete ao Geólogo americano John C. Branner em 1890 no artigo *The Cretaceous and Tertiary Geology of the Sergipe-Alagoas Basin of Brazil* publicado na revista *American Philosophical Society*. O autor faz uma descrição dos processos evolutivos ocorridos a partir do Cretáceo sobre as faixas dos estados de Sergipe e Alagoas. Nesse artigo, o autor faz uma breve descrição da caverna do urubu, na margem esquerda do Rio Sergipe (figura 2).



The Caverns of Urubu, Rio Sergipe.

**Figura 2** - Caverna do Urubu em Divina Pastora descrita por Branner em 1890.

Fonte: <http://www.jstor.org/stable/1005398>.

O carste tradicional Bacia Sergipe tem seu processo de evolução a partir da separação da pangeia, no Mesozoico, mais precisamente no Jurássico Inferior, há aproximadamente 180 milhões de anos (cento e oitenta milhões de anos). À medida que ocorria a separação entre a América do Sul e o continente africano, os carbonatos começaram a ser depositados na região, formando a Bacia Sedimentar de Sergipe.

As feições cársticas da Bacia Sergipe não apresentam desenvolvimentos expressivos em suas dimensões, e geralmente, encontram-se em desenvolvimento, ou seja, os processos de carstificação são embrionários. As rochas carbonáticas na maior parcela da área encontram-se coberta por sedimentos da Formação Barreira, depositados no período terciário. Esses sedimentos acabaram criando uma impermeabilização sobre as rochas carbonáticas, impedindo o desenvolvimento de feições cársticas.

Outro fator importante sobre a incipiência na morfogênese desse carste é o acentuado grau de porosidade primária das rochas. Os carbonatos dessa região são caracterizados como sendo calcilutitos, calcarenitos, que se formam sobre elevado grau de porosidade, permitindo que a água possa percolar facilmente por elas (figura 3).



**Figura 3** – Porosidade primária acentuada nas rochas carbonáticas do Carste Bacia Sergipe.  
Crédito: Heleno dos Santos Macedo, 2019.

Essa facilidade na percolação da água acaba contribuindo para reduzir os processos de dissolução, já que o tempo necessário para a corrosão do material pelo ácido carbônico acaba se tornando insuficiente ao transitar rapidamente pelo material.



Além disso, a ausência de reativação tectônica após o Mioceno não permitiu a formação de porosidade secundária nas rochas carbonáticas na região, dificultando o processo de percolação e corrosão do material ao longo do tempo.

Outro fator que marca essa evolução é o baixo gradiente do relevo. O relevo nessa faixa não perfaz mais de 60 metros em relação ao nível do mar, impedindo que haja um fluxo turbulento no processo de deslocamento das águas subterrâneas dentro das fraturas do material litológico. À medida que não ocorre turbulência dentro das fraturas, buscando os pontos mais baixos do nível d'água, o fluido acaba deslocando-se de forma suave sem exercer fricção nas paredes dos condutos, não ocasionando a remoção de material de forma mais acelerada.

Outra característica importante desse processo de evolução é o teor de salubridade das águas subterrâneas próximos às áreas cársticas da Bacia Sergipe. Altos teores de sais acabam reduzindo os processos de corrosão química. Além disso, essa faixa do carste possui uma espessura reduzida dos solos, contribuindo, assim, para uma produção incipiente de ácido carbônico a partir do CO<sub>2</sub> presente no solo (MACEDO, 2019).

As feições do exocarste Bacia Sergipe foram expostas na paisagem pelos processos denudacionais ocorridos a partir do Plioceno e acentuados no Pleistoceno e Holoceno. As feições cársticas da Bacia Sergipe podem ser classificadas como autogênicas e halogênicas, ou seja, se desenvolveram a partir da ação das águas das chuvas e superficiais.

Neste sentido, a evolução desse carste pode ser descrita nas seguintes etapas:

I) Inicia-se no Jurássico Inferior à separação das placas da sul-americana e africana (Mesozoico). Os sedimentos que constituem a Bacia Sedimentar de Sergipe só começam a ser depositados no Cretáceo Inferior, entre o Apitiano e Albiano. Esses depósitos foram realizados por meio de leques aluviais, deposição por deltas lacustres e em leques aluviais. Sobre o embasamento foram depositados folhelho betuminoso, conglomerados e brechas, siltitos e as primeiras rochas carbonáticas, como calcilutitos acastanhados, calcário avermelhado e dolomita.

II) Na medida que as placas se afastavam, os carbonatos foram cobertos por matérias oriundos dos sistemas fluviais e deposição por delta.

III) Os carbonatos da Formação Riachuelo começam a ser depositados no Albiano em plataforma rasa (Membro Maruim) deposição em talude (Membro Taquari) e depósitos por leques alúvio-deltaicos.

IV) No Mesozoico Superior, os carbonatos da Formação Cotinguiba começam a ser depositados em taludes e bacias oceânicas. Sobre os carbonatos da Formação Riachuelo são depositados os sedimentos do Membro Aracaju constituídos por folhelhos, siltitos



e argilitos; posteriormente, os calcilitos foram depositados sobre o Membro Aracaju, depósitos em talude (Membro Sapucari).

V) Sedimentos da Formação Calumbi, Marituba e Mosqueiro são depositados sobre as Formações Riachuelo e Cotinguiba entre o Cretáceo Superior e o Terciário (Paleógeno).

VI) Reativações tectônicas entre Oligoceno – Plioceno começam a expor as rochas carbonáticas da Formação Riachuelo e Cotinguiba; esse material começa a passar pelos processos de intemperismo, e parte desses passa a ser coberta por vegetação.

VII) Com o fim das reativações tectônicas a partir do Pleistoceno Inferior, as rochas carbonáticas foram cobertas por vegetação (provavelmente florestas tropicais). As mudanças climáticas oriundas das glaciações vão alternando os processos de denudação, com períodos mais úmidos e outros mais secos. Nos períodos mais úmidos, a drenagem superficial era o principal responsável pelos processos de transformação da paisagem. Nos períodos secos, com a redução dos níveis freáticos, abatimentos começaram a formar as cavidades.

IX) Durante os períodos mais úmidos, o processo de carstificação foi acentuado. A partir da observação do processo de denudação em condutos e formação de espeleotemas em cavidades dessa área, pode-se afirmar que as primeiras dolinas e cavernas começaram a ser formadas no Pleistoceno Inferior a 2,58 milhões de anos.

X) Os eventos de Transgressão e Regressão ocorridos a partir do Pleistoceno Médio, narrados por Bittencourt *et al.* (1983), entalham os carbonatos e os sedimentos da Formação Barreiras;

XI) O processo de modelagem foi acentuado entre a intercalação das fases de transgressão e regressão pelas águas subterrâneas que oscilavam entre os períodos de maior e menor volume de água dos sistemas fluviais. Durante os períodos de transgressão, o exocarste era moldado. O endocarste, durante os períodos de regressão, permitia a ação das águas subterrâneas no processo de entalhamento.

XII) No Pleistoceno Superior, as cavidades e dolinas começam a assumir as formas atuais; cavernas, dolinas de abatimento e de dissolução já ocupam a paisagem do carste Bacia Sergipe.

XIII) Lapiás, vales cegos surgiram após a Última Transgressão no evento VI (5.100 AP). Isso pode ser afirmado devido à incipiência das feições, demonstrando que nos encontramos em uma fase de regressão, conseqüentemente de menor umidade.

### **Evolução do Carste Tradicional Olhos D'água /Frei Paulo**

O Carste tradicional Olhos D'água /Frei Paulo é mais antigo na sua morfogênese e morfoescultura, porém, seus processos de morfodinâmica foram reduzidos após a última transgressão a 5100 AP. As mudanças climáticas ocorridas após o Holoceno mudaram as condições de precipitação, levando a um processo mais lento de morfoesculturação do relevo.

O carste dessa área teve seu material depositado no Neoproterozóico. A partir dos processos de cisalhamentos ocorridos na região para a formação da Faixa de Dobramentos Sergipana, esse material passou por determinadas pressões alterando seus componentes mineralógicos (MACEDO, 2019). Essa paisagem cárstica possui as maiores feições do carste sergipano tanto no tocante ao exocarste como no endocarste. Isso ocorre devido ao maior período que esses materiais tiveram expostos aos processos intempéricos, bem como as características litológicas (Figura 3).



**Figura 3** – Dolina de colapso que dá acesso à Caverna da Fumaça em Lagarto.  
Crédito: Heleno dos Santos Macedo, 2019.

Primeiramente, as rochas carbonáticas dessa área apresentam uma porosidade primária bastante incipiente devido ao processo de formação dessas litologias. Os calcários da Formação Olhos D'água são bandados, possuem camadas bem definidas e na sua maioria possui uma maior presença de magnésio e dolomita, sendo caracterizada como calcário dolomítico.

As ativações tectônicas ocorridas a partir do Paleozoico, também acabaram criando sobre esse material uma porosidade secundária permitindo o papel de circulação da água, possibilitando os processos de corrosão e dissolução do material. Outra característica dessa área



cárstica é a presença de um gradiente maior do relevo, possibilitando uma maior ação dos fluxos de água subterrânea e superficiais, com maior energia moldando as feições ao longo do tempo (MACEDO, 2019).

A ausência de longas capas de solos, também se configura como um fator que possibilitou um intemperismo mais rápido, porém, essa ausência se configura como um fator que impediu o desenvolvimento das feições do endocarste.

O papel da drenagem superficial ficou a cargo da bacia hidrográfica do Rio Vaza-Barris. O Vaza-Barris teve um papel fundamental no processo de esculturação do carste Olhos D'Água/Frei Paulo, entalhando o material com seus vários afluentes (MACEDO, 2019).

O processo de evolução dessa área cárstica ocorreu da seguinte forma:

- I) Deposição dos carbonatos no Neoproterozóico do Mar Canindé; regressão do mar e avanço de outras enseadas ao longo do Paleozóico depositando novas matérias;
- II) Devido as forças orogênicas esse material passou por intensa força de cisalhamento, sofrendo pequenos graus de metamorfismo. Parte desses carbonatos foram soterrados por outras matérias;
- III) A partir do Mesozóico esse material para por novas ativações tectônicas e começa a ser entalhado por antigos paleocanais do que seria atualmente o vaza barris. O Vaza-Barris deveria ter uma altura bem mais expressiva no início desse processo.
- IV) A partir do cenozoico e a definição atual dos continentes, o clima mais úmido levou ao entalhamento do material superficial aos carbonatos depositados mais abaixo, novas drenagens devem ter iniciado processos de entalhamento do material, todos conduzidos pela dinâmica hidrográfica do rio Vaza –Barris. Os primeiros carbonatos devem ter sido expostos no pleistoceno inferior. Começando a passar por novas ações de intemperismo, como por exemplo, as ações mecânicas. À medida que as condições do clima estavam passando por mudanças, o gradiente hidráulico era reduzido e a ação das águas superficiais assumiam o papel relevante no processo de esculturação.
- V) Muito provável que as feições cársticas tenham sua origem nessa área já nas primeiras fases mais antigas das últimas glaciações. As primeiras dolinas, lapíás e o polje, deve ter iniciado seu processo de esculturação ainda no terciário pela presença do sistema hidrográfico do Rio Jacaré, que deveria ser muito expressivo nesse período e teria entalhado os carbonatos dessa área



VI) O processo de entalhamento deve ter reduzido após o último evento de regressão, quando a precipitação diminuiu e os vários sistemas de drenagens passaram a ser intermitentes ou mesmo efêmeros.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As feições cársticas sergipanas apresentam incipiência em relação ao desenvolvimento das suas feições se comparado com outras províncias cársticas do Brasil. A análise morfogenética das áreas cársticas sergipanas permitiu identificar dois conjuntos paisagísticos com estágios distintos de evolução. O Carste da Bacia de Sergipe, ainda em fase embrionária, apresenta feições pouco expressivas, condicionadas por litologias com elevada porosidade primária que favorecem a infiltração hídrica, mas limitam o aprofundamento das formas. Já o Carste Olhos d'Água / Frei Paulo, mais antigo e desenvolvido, apresenta formas mais complexas no exocarste e no endocarste, associadas à maior exposição Intempéricas e à natureza litológica originada no Neoproterozóico.

A desaceleração dos processos morfodinâmica após a última transgressão marinha e as mudanças climáticas do Holoceno imprimem uma morfocronologia mais lenta ao relevo dessa porção. Os resultados demonstram a importância da integração entre fatores geológicos, climáticos e temporais na configuração atual do carste sergipano, além de evidenciarem a necessidade de ampliação de estudos voltados a essas paisagens ainda pouco exploradas na literatura geográfica regional.

## REFERÊNCIAS

BITTENCOURT, A. C. S. P. et al. Evolução Paleogeográfica Quaternária da Costa do Estado de Sergipe e Costa Sul do Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Geociências**, v.13, p. 93-97, 1983.

BRANNER, John C. **The Cretaceous and Tertiary Geology of the Sergipe-Alagôas Basin of Brazil**. *Transactions of the American Philosophical Society*, Philadelphia, v. 16, n. 3, p. 369–434, 1890. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1005398>. Acesso em: 26 jul. 2025.

CPRM. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil: Mapa Geológico do Estado de Sergipe**, Brasília: CPRM, 2007.

MACEDO, H. S. **Ambientes Cársticos em Sergipe: vulnerabilidade e instrumentos para sua gestão**. São Cristóvão, 2019. Tese doutorado (Geografia) – Programa de PósGraduação em Geografia, Universidade Federal de Sergipe.