

# CONSIDERAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS SOBRE O CARSTE DE COCALINHO – MT<sup>i</sup>

[GEOMORPHOLOGICAL CONSIDERATIONS ON THE KARST OF COCALINHO (MT)]

Rubens HARDT

Rua Seis, 1043 apto 112 – Rio Claro – SP – CEP 13500-050 - [rubens\\_hardt@yahoo.com.br](mailto:rubens_hardt@yahoo.com.br)

## RESUMO

O trabalho aqui apresentado tem como cenário de estudo a “Serra do Calcário”, posicionada no município de Cocalinho (MT), e teve por objetivo caracterizar geomorfologicamente o relevo cárstico ali observado, propor um modelo explicativo da sua evolução e, conseqüentemente, fornecer subsídios para a compreensão do relevo cárstico desenvolvido na região Centro-Oeste do Brasil. Com base nos trabalhos de campo e de gabinete, onde se destacam a interpretação de imagens de Satélite e Radar, foi possível a identificação de duas zonas e de cinco unidades geomorfológicas, bem como a proposição de uma sequência evolutiva para o relevo da área em apreço.

Palavras-Chave: Carste; geomorfologia do carste.

## [ABSTRACT]

This work is based on a study conducted in the “Serra do Calcário” (Limestone Mountain Range), located in the county of Cocalinho in the state of Mato Grosso; it was designed to provide a description of the geomorphology of the karst features observed and propose a model to explain its development, in an attempt to promote the understanding of the karst features found in the central-western part of Brazil. Based on work in the field and laboratory interpretation of satellite and radar images, it was possible to identify two zones and 5 geomorphological units, as well as proposing a developmental sequence for the surface features of the area in question.

Key words: Karst; karst geomorphology.

## FISIOGRAFIA E GEOLOGIA DA SERRA DO CALCÁRIO

### A área de estudo

O Município de Cocalinho situa-se no leste de Mato Grosso, limitado a leste pelas margens do Rio Araguaia e, a Oeste, pelo Rio das Mortes. Conta com 5504 habitantes (IBGE – Censo de 2000). Tem uma área de 19.551, 53 km<sup>2</sup>, estando limitado pelos municípios de São Félix do Araguaia, Ribeirão Cascalheira, Canarana, Água Boa, Nova Xavantina e Araguaiana, pelo Estado do Mato Grosso e Formoso do Araguaia, São Miguel do Araguaia, Nova Crixás, Aruanã, Britânia e Jussara, por Goiás. A área de estudo se localiza cerca de 65 km de distância da sede do município, pela estrada MT 326, sentido Água Boa, às margens do Rio das Mortes, localidade conhecida como “Serra do Calcário”. A área de estudo compreende uma serra calcária com aproximadamente 18 km de comprimento por 5 km de largura, alinhada no sentido E-NE, às margens do Rio das Mortes. A figura 1 vincula-se à localização do município e da área de estudo.

### Geologia

O município possui, em seu território coberturas, não dobradas do Fanerozóico, bacia quaternária do Alto e Médio Araguaia, coberturas dobradas do Proterozóico com granitóides associados, grupo Cuiabá.

A rocha que compõe os morros é calcária do Proterozóico superior (pré-cambriano), formação Araras (DRAGO et al., 1981), envoltas por sedimentos aluviais

com níveis de cascalho de idade quaternária (SCHOBENHAUS et al. 1984).

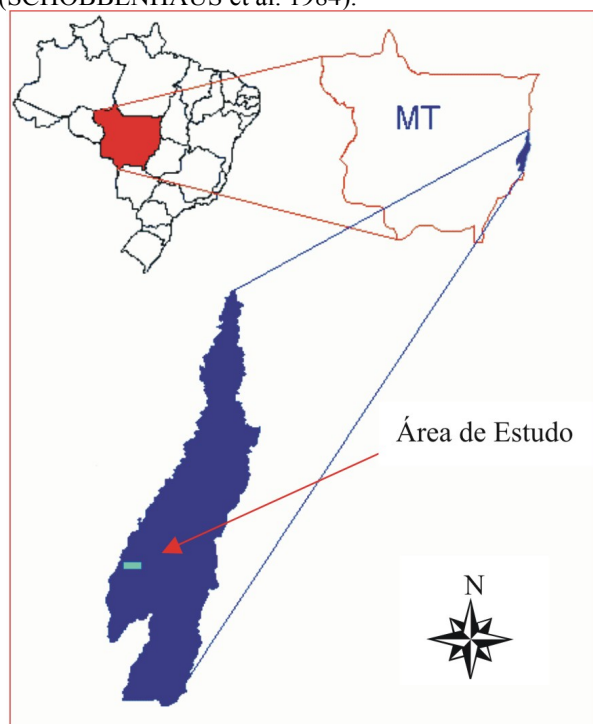


Figura 1: Localização da Área de estudo no contexto do país, do estado e do município. Elaborado por R. Hardt.

Existe uma contradição entre os trabalhos supracitados que relacionam a formação Araras com idade

Proterozóica superior, pré Cambriano (DRAGO et al., 1981), e com idade Paleozóica, Cambriano (SCHOBHENHAUS et al. 1984). De qualquer forma, situada entre 580 milhões e 530 milhões de anos. Ambos concordam que se trata de rochas da formação Araras, componente do Grupo Alto Paraguai. Segundo Schobbenhaus et al. (1984), a formação Araras é composta por calcários finos, laminados na base com margas conglomeráticas. Para o topo, predominam os dolomitos e aparecem lentes de arenitos. Para Drago et al. (1981), a litologia é constituída por rochas carbonáticas. Os calcários e dolomitos existentes na área são de cor cinza a cinza-claro, localmente róseo, com estruturas estromatolíticas tipo tapete algal, às vezes silicificados.

As linhas de falhas da área tem orientação ENE, conforme inferidas por Drago et al. (1981), e coincidem com o alinhamento dos morros que compõem a serra. É interessante notar que tais morros são alongados no mesmo sentido, demonstrando um condicionante tectônico interferindo na forma final do relevo.

As referências geológicas da área são, em geral, muito poucas, não tendo sido encontrados estudos de detalhes. Nas observações em campo, pôde-se constatar a existência de falhas locais que indicam uma forte influência da tectônica como condicionante das formas de relevo lá encontradas.

Em campo, pôde-se observar um leve mergulho, da ordem de 7°, em dois pontos na área média da serra. Fraturas verticais e subverticais são observadas com frequência, realçadas pela dissolução da rocha, apresentando torres em diversos pontos da serra.

Um estudo detalhado da geologia estrutural da área seria desejável, pois viria a complementar, e possivelmente corroborar, os estudos desta pesquisa.

#### **Relevo, solos e uso do solo**

Se os estudos geológicos da área são poucos, os geomorfológicos são ainda mais raros, sendo que este trabalho poderá ser um dos primeiros a evidenciar detalhes do relevo local.

Aziz Ab'Sáber, em seu trabalho "Os Domínios de Natureza no Brasil" (2003), define uma macrocompartimentação do território brasileiro, definindo núcleos paisagísticos, denominados domínios, com áreas de transição, formando corredores, com características mistas. O autor considera que a estrutura das paisagens brasileiras "*comporta um esquema regional em que participam algumas poucas grandes parcelas, relativamente homogêneas do ponto de vista fisiográfico e ecológico*" (AB'SÁBER, 2003).

Ainda segundo o mesmo autor, a área integra o domínio dos Chapadões Tropicais Interiores com cerrados e florestas de galeria (AB'SÁBER, 2003).

Dessa compartimentação temos os chamados domínios de natureza, para cuja descrição se associam fatores geográficos e ecológicos. A compartimentação, por se tratar de um estudo em grande escala, não nos permite a compreensão de uma área sensivelmente menor.

Mamede et al. (1981) insere a área em estudo na Depressão do Araguaia, com uma área de 86.362 Km<sup>2</sup>.

Continuando a descrição, os autores relatam que a depressão se desenvolve sobre uma grande variedade de rochas do pré-cambriano indiferenciado, que constituem o Complexo Goiano, sobre rochas pré-cambrianas do grupo Araxá, englobando ainda uma pequena área do grupo Tocantins. Uma grande extensão da área se encontra recoberta por uma superfície detritico-laterítica e depósitos aluvionares e coluvionares pleistocênicos.

Também é ressaltada pelos autores a regularidade das cotas altimétricas, que oscilam entre 200 e 300m, mantendo-se por toda a área. Tem como aspecto marcante a rede de drenagem com sua extensa e contínua deposição fluvial, originando planícies e terraços, muitas vezes associados.

O relevo da área de estudo é plano homogêneo, com alguns pontos mais elevados. Segundo Mamede et al. (1981), a parte mais baixa está recoberta, de modo contínuo e extenso, por sedimentos pleistocênicos aluvionares e coluvionares, areno-argilosos, inconsolidados, geralmente avermelhados. Predominam latossolos com cobertura vegetal de savana. A presença de lagoas é comum, com surgimento, na superfície, de materiais arenosos homogêneos, esbranquiçados e inconsolidados.



**Figura 2:** Visão parcial da área de pesquisa. Proximidade da Gruta Lagoa Azul. Foto: Rubens Hardt.

Na figura 2 tem-se uma visão da área de estudo. Os morros que compõem a Serra do Calcário aparecem ao fundo. A área plana é, hoje, toda transformada em pasto. A presença de cursos d'água é uma constante na época das chuvas, formando vários alagadiços e cursos superficiais (corixos) entre os morros. Observa-se no morro uma vegetação ainda original, com árvores de razoável porte em alguns pontos, que parece implicar alguma profundidade de solo, o que não se verifica "*in loco*". O solo é quase inexistente, e as árvores se prendem à rocha, "abraçando" grandes blocos. Através do corte da estrada, pode-se observar a coloração avermelhada do solo, descrita anteriormente.

A simples observação da área mostra, ainda, a presença de grandes lagos, sobretudo na face sul da serra, e buritizais associados às margens desses lagos e outros alagadiços. Alguns poucos capões de cerrado ainda existem na área, sobretudo em alguns pontos próximos ao costado da serra e em alguns dos morros residuais.

Alguma mata de galeria é observada nas margens do Rio Cristalino e em setores às margens do Rio das Mortes. O solo nos morros que compõem a Serra do Calcário é praticamente inexistente, sendo que a vegetação que recobre se instala nos vãos existentes nas rochas. Em alguns poucos pontos se observa um horizonte "A" incipiente.

Existem anfiteatros nas vertentes dos morros que compõem a serra. São mais freqüentes nos morros no extremo oeste da serra, tornando-se mais raros à medida que se avança para leste. A ocorrência dos anfiteatros se dá, em geral, à meia altura da vertente, alguns apresentando um leve dolinamento em seu interior, indicando dissolução.

Observam-se, ainda, na superfície plana que envolve a serra, áreas de acumulação sujeitas a inundações pluviofluviais.

### Clima

O clima da área é considerado quente, com média superior a 18° C em todos os meses do ano. É subdividido em semi-úmido, com 4 a 5 meses secos, e pertence à zona Clima Tropical Brasil Central, submetida ao Sistema de Circulação Perturbada de Oeste e ao Sistema de Circulação Perturbada de Sul, tendo uma menor influência do Sistema de Circulação Perturbada de Norte (NIMER, 1979). O Sistema de Circulação Perturbada de Oeste é responsável pelas linhas de instabilidades tropicais; o Sistema de Circulação Perturbada de Sul está relacionado ao anticiclone polar e frentes polares, sendo o Sistema de Circulação Perturbada de Norte associado à convergência intertropical.

Segundo Mamede et al. (1981), o clima da região tem 80% das chuvas ocorrendo entre novembro e março, e de maio a setembro a umidade relativa permanece abaixo de 70%. Mamede et al. (1981) relata ainda que a região fica sob domínio dos ventos do leste e de nordeste provenientes do anticiclone subtropical do Atlântico Sul, que dá origem ao tempo bom. O Sistema de Circulação Oeste é o principal responsável pelas instabilidades da região, enquanto o Sistema de Circulação Perturbada de Sul (frente polar) atinge a área com mais freqüência no inverno, trazendo chuvas esporádicas seguidas de queda de temperatura.

### Apresentação e Discussão dos Dados

Produtos de sensores remotos e documentação cartográfica permitiram elaborar um mapa geomorfológico em que foram definidos compartimentos de relevo específicos, associados a formas de relevo e vegetação dominante. A elaboração de base cartográfica da área possibilitou utilizá-la como substrato para o registro posterior de detalhes observados em campo, resultando em uma compartimentação de relevo cujas características morfológicas e biogeográficas foram associadas para delimitá-la.

Observa-se, no entanto, que o universo da pesquisa extrapolou o contexto da Serra do Calcário, que embora o objeto de estudo, não permite a compreensão do sistema cárstico como elemento isolado na paisagem, já que se trata de um sistema aberto, em ampla inter-

relação com outros sistemas associados. Optou-se, assim, por delimitar a área a partir das coordenadas UTM 22 - 8438N, 456E e 8423N, 421E, formando um retângulo envolvente, com aproximadamente 525Km<sup>2</sup>.

Neste trabalho, adotou-se a designação de Zonas, para uma área de dimensões razoáveis com alguma característica marcante, que permita sua rápida diferenciação; e Unidades, como sendo uma subdivisão de uma determinada Zona com características de diferenciação mais sutis. Neste contexto as Zonas correspondem às duas principais características do relevo da área de estudo, ou seja, das *terras altas* e das *terras baixas* (figura 3). No interior de cada zona foram estabelecidas unidades cujos detalhes às caracterizavam. Assim, as partes da área permanentemente preenchidas por água receberam o nome de Unidades Alagadas. Para as partes da área sujeitas a alagamentos periódicos, sobretudo no período das chuvas, foram atribuídos os nomes de Unidades Alagáveis. Ainda na Zona de Terras Baixas, existem áreas que permanecem secas mesmo no período das chuvas, ou seja, nelas não aflora o lençol freático. Receberam a denominação de Unidades Secas.

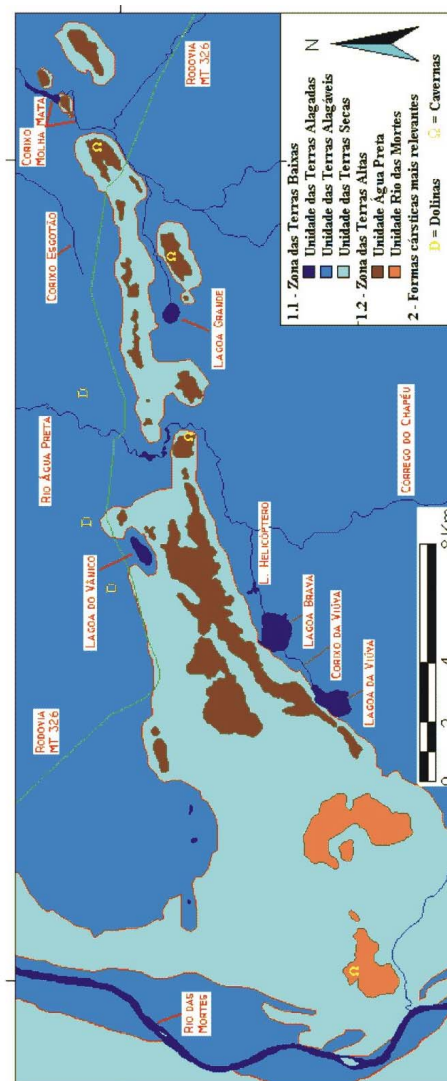


Figura 3: Zoneamento geomorfológico e respectivas unidades identificadas na área de estudo. Elaborado por Rubens Hardt



Importante ressaltar que as Unidades Alagáveis sofreram aterros no curso da rodovia vicinal que serve de ligação entre o Município de Cocalinho e Água Boa. Também algumas partes dessas áreas, hoje ocupadas por sedes das fazendas, são aterradas.

Na zona das Terras Altas, estabeleceu-se a divisão de Água Preta e Rio das Mortes. A Unidade Água Preta compreende morros, cuja forma está mais nitidamente marcada por condicionantes tectônicos, com formas alongadas e alinhados entre si. O nome está associado ao rio Água Preta, que divide a unidade aproximadamente em sua parte média. Na Unidade Rio das Mortes tem-se morros mais disformes, menos marcados por linhas tectônicas, e mais distanciados entre si. Aqui também o nome foi adotado em função da proximidade com o Rio das Mortes, o qual, por sua proximidade e indícios identificados em campo, está relacionado com a forma dos morros da unidade.

### Zona das Terras Baixas

A zona das Terras Baixas têm altitudes que variam de 245m a 290m, litologia composta por sedimentos aluvionares com níveis de cascalho de idade quaternária, a vegetação tomada por cerrados, persistindo hoje alguns testemunhos, nos lugares onde não foi transformada em pasto ou cultura. Também há a ocorrência de campos de murundus e, próximo dos corpos hídricos, buritiranas. A declividade da área não ultrapassa os 10 graus, sendo, em sua maior parte, inferior aos 2 graus.

Para esta zona, adotou-se o critério da periodicidade da submersão para o estabelecimento das unidades, ou seja, terras que permanecem submersas, independentemente da época do ano, foram associadas às Terras Alagadas; as que no período chuvoso se alagam e no período de seca permanecem emersas foram associadas às Terras Alagáveis. Por fim, aquelas terras que permanecem emersas em qualquer período do ano foram associadas às Terras Secas.

O conjunto dessas unidades ocupa uma área aproximada de 495 Km<sup>2</sup> da área total de estudo, correspondendo a 94.3% do universo da pesquisa. Em termos de área, constitui a maior fração do terreno.

### Unidade das Terras Alagadas

Integram esta unidade todas as terras que permanecem submersas durante todo o ano, estando aí incluídos os leitos normais de lagoas e canais fluviais. A unidade ocupa uma área de 6,187 Km<sup>2</sup>, correspondendo a 1,2 % do universo de pesquisa. Convém ressaltar que ocorrem lagoas ora isoladas, como é o caso da lagoa do Vânico, ora associadas a nascentes fluviais, como é o caso da Lagoa da Viúva, que se constitui na nascente do Corixo da Viúva. As lagoas assumem formas arredondadas a ovaladas, atingindo, por vezes, dimensões quilométricas, estando as duas maiores ao sul da Serra do Calcário, com águas apresentando coloração clara quando em amostra, e escura quando "*in loco*", variação associada não apenas às características químicas do fluido, como também à profundidade. Informações obtidas junto aos moradores da área indicam serem lagoas profundas, sem, entretanto, haver dados precisos quanto a esse atributo.

No decorrer da pesquisa, não foram efetuadas medições de profundidade, entretanto, Soubies & Guyot (1995), no período de seca (início de setembro), efetuaram medições na Lagoa Grande, posicionada a cerca de 2 km a oeste da Gruta da Lagoa Azul, obtendo profundidades não superiores a 5 m. Também se pode comprovar durante o trabalho, por observação direta, a oscilação do lençol freático na Gruta da Lagoa Azul e na Lagoa do Vânico (figura 4). Constatou-se, na primeira, uma variação de 2 a 2,5m na espessura da coluna d'água entre a estação seca e chuvosa.



**Figura 4:** Perfil esquemático da Lagoa do Vânico,

demonstrando a variação sazonal do lençol freático. Exagero vertical 10 vezes. Elaborado por Rubens Hardt.

A Lagoa do Vânico reveste-se de importância na unidade, pois suas características morfológicas e hidrológicas remetem a uma uvala formada por três grandes dolinas de dissolução. É interessante ressaltar que a uvala da lagoa do Vânico, assim como outras depressões identificadas como dolinas, encontram-se posicionadas no sentido WSW a ENE, direção similar àquela dos morros que compõem a Serra do Calcário. Tal constatação permite aventar a hipótese de que a Serra do Calcário constitui-se um bloco positivo de falha, estabelecida no pacote carbonático. Com o recuo da escarpa de linha de falha, desenvolve-se, naquele setor, o conjunto de dolinas, no qual, três delas possibilitaram o desenvolvimento da uvala da Lagoa do Vânico.

Na uvala Lagoa do Vânico a oscilação do lençol freático foi constatada a partir da variação observada na sua dinâmica hidrológica entre o período seco e o de chuvas. No período de seca, constatou-se a ocorrência de concentração de águas apenas no setor centro-WSW do seu eixo, permanecendo o restante da área emersa, com o entorno da lâmina d'água povoado por plantas afeitas a características inerentes a solos hidromórficos (Figura 5).

Desse fato apreende-se não apenas a amplitude sazonal do lençol freático, como também a diferença altimétrica do leito da referida forma cárstica. Constatou-se que, entre o extremo ENE e o WSW, existe um desnível superior a 3 metros. O gradiente está em concordância com a direção e o mergulho das camadas carbonáticas, comprovando, assim, o controle estrutural na evolução de tais formas conforme já visto na figura 4.

A Lagoa da Viúva apresenta forma tendendo a ovalada, com eixo maior no sentido WSW-ENE, e comprimento superior a um quilômetro. As margens são rodeadas de buritis e a água apresenta coloração escura quando vista à distância, mas translúcida, quando em proximidade. A coloração pode estar associada à acidez provocada pela vegetação circundante, cuja presença, além de impedir o aporte de sedimentos que turvariam a água, seria um

importante agente morfogenético no desenvolvimento da lagoa ao induzir a acidez, contribuindo para dinamização do intemperismo químico.



**Figura 5:** Lagoa do Vânico. Uma uvala formada por três dolinas de dissolução alinhadas. Na estação chuvosa formam um grande lago. (Foto: Rubens Hardt)

No mesmo alinhamento, cerca de dois quilômetros à frente da lagoa da Viúva, sentido Leste, encontra-se a Lagoa Brava. De forma ovalada e com dois pequenos apêndices em sentidos opostos, um a norte e outro ao sul da lagoa, apresenta características similares à Lagoa da Viúva.

Infelizmente não foi possível, no decorrer dos trabalhos de campo, efetivar análise mais acurada das características hidrológicas das duas lagoas. Entretanto, face às características morfológicas e indícios hidrológicos (inferindo-se um comportamento similar ao da uvala da lagoa do Vânico), acredita-se que ambas constituem-se uvalas.

Diversas lagoas desenvolvem-se paralelamente ao longo de toda a Serra do Calcário, caracterizando um nível freático bem próximo da superfície. A forma, em geral arredondada a ovalada, é um indicativo de que se trata de formas cársticas, fruto da dissolução da rocha ao redor de uma nascente ou depressão prévia, aliada ao condicionante tectônico.

Uma impressionante nascente cárstica pode ser observada no extremo leste da serra, a meio-curso do córrego Santa Terezinha, quando este se aproxima do costado da serra. É um local conhecido como “ferveador” pelos moradores locais. Constitui-se uma pequena dolina com fundo em areia de onde emergem diversos fluxos de água. Acredita-se que essa dolina se desenvolveu a partir do alargamento de nascentes fluviais. Outras nascentes semelhantes ocorrem em diversos pontos do curso do referido córrego, enquanto este margeia a serra, mas não de forma tão marcante quanto no local descrito.

Existe uma surgência cárstica próxima à mineração de calcário existente no meio da serra, mas só foi possível saber dela por relato de moradores, já que não houve permissão de entrar na sede da mineração.

Nesta unidade incluem-se, ainda, o Rio das Mortes, principal afluente do rio Araguaia, importante agente morfogenético na Unidade Rio das Mortes, descrita adiante, bem como o Rio Água Preta e alguns pequenos cursos, como o Corixo Molha Mata, o Corixo da Viúva e

o córrego Santa Terezinha.

#### **Unidade das Terras Alagáveis**

Integram essa unidade todas as terras periodicamente inundadas durante o período chuvoso, e secas, na estação seca. A unidade ocupa uma área de 369.995Km<sup>2</sup>, correspondendo a aproximadamente 71% do universo da pesquisa.

São áreas de fraca declividade, inferior a dois graus, ocupadas por gramíneas ou com manchas de cerrado, apresentando, curiosamente, em alguns pontos, árvores de pequeno porte com raízes em forma de candelabros, à semelhança das pneumatóforas, *Rhizophora mangle*, típicas dos setores de maior salinidade dos manguezais. A apropriação pelo homem tem transformado a área, para o desenvolvimento de pastagens. Na época seca é eventualmente ocupada por culturas de ciclo curto.

A vista aérea dos terrenos vinculados à unidade, bem como percursos em terra efetuados no período chuvoso, permite aventar-se à hipótese de tratar-se de uma forma pedimentar relíquia de uma morfogênese anterior à atual. Ao longo dos possíveis pedimentos observam-se suaves depressões de forma alongada, com eixos às vezes superiores à centena de metros, alinhadas no mesmo sentido da Serra do Calcário, ou seja, WSW – ENE. Estas dolinas estão representadas pela letra “D” no mapa geomorfológico apresentado na figura 3.

Convém ressaltar que a hipótese não foi comprovada, pois se fundamentou apenas na análise visual do relevo. Para que fosse efetuada uma afirmativa segura a respeito, seria necessário um maior detalhamento das características geoquímicas da área.

Tais formas ocorrem com mais frequência ao norte da Serra do Calcário, estando possivelmente associadas ao sistema de falhas que delimita a referida serra.

Quando na proximidade de elementos associados à unidade das Terras Alagadas, as rampas são normalmente ocupadas por buritizais desenvolvidos sobre um solo orgânico, turfoso, onde predominam fibras vegetais escuras.

Nessa unidade incluem-se, ainda, terraços e várzeas fluviais relacionados, prioritariamente, aos rios das Mortes e Água Preta, os maiores da área de estudo.

Tanto sobre as várzeas quanto sobre os terraços, observam-se buritizais e árvores com raízes pneumatóforas.

#### **Unidade das Terras Secas**

Integram essa unidade todas as terras que permanecem emersas durante todo o ano, ocupando uma área de 119033Km<sup>2</sup>, correspondendo a 22,6% do universo da pesquisa. As declividades alcançam valores de 2 a 10 graus, aparentando tratar-se de um amplo glaciis ou pedimento de erosão. Ainda se encontram algumas poucas manchas de cerrado.

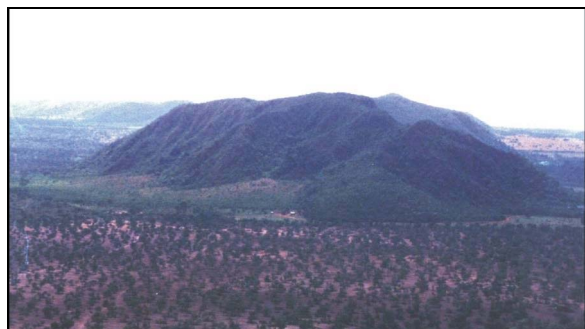
Pelas suas características, os terrenos da unidade são selecionados para o estabelecimento de vilas, sedes de fazendas, casas de colonos e atividades agrícolas que se desenvolvem durante o ano todo.

Essas áreas circundam o relevo serrano, apresentando, por vezes, um ângulo de ruptura (knick point) entre os morrotes da Serra do Calcário e a superfície, contato

disfarçado, às vezes, por rampas de colúvio pouco desenvolvidas. Em algumas áreas é possível observar, também, uma nítida divisão na zona de contato entre a unidade das Terras Secas e a unidade das Terras Alagáveis. O contato, embora nítido em algumas áreas, não é tão perceptível em outras (figura 6).

#### **Zona das Terras Altas**

A zona das Terras Altas tem altitudes variando de 290 m a 452 m sobre o nível do mar, sendo o último valor o ponto culminante do universo de estudo. A litologia constitui-se de calcários e dolomitos da formação Araras. A vegetação varia de arbustiva, passando por cerrados até mata fechada. Nos morros em que predominam as arbustivas, tem-se um litossolo formado por pequenos blocos, com os arbustos crescendo entre eles. Nos lugares onde predominam árvores de grande porte encontra-se a rocha exposta, ou fragmentada em grandes blocos, onde as raízes das árvores se "abraçam", dando-lhes sustentação. Trata-se, portanto, de uma vegetação extremamente adaptada ao tipo de substrato provido pelo ambiente.



**Figura 6:** Unidade das Terras Secas, e seus limites, com a Zona das Terras Altas, onde se observa um nítido ponto de ruptura, e a Unidade das Terras Alagáveis, com uma clara mudança de vegetação e declividade. (Foto: Rubens Hardt)

Nessa zona, foram definidas duas unidades: a unidade *Água Preta* e a unidade *Rio das Mortes*, em função, prioritariamente, da morfologia apresentada pelos morrotes calcários. O nome vincula-se à principal drenagem nas proximidades de cada unidade. A unidade *Rio das Mortes* se encontra no extremo oeste da Serra, iniciando-se próximo à margem direita do Rio das Mortes e terminando antes da uvala Lagoa da Viúva. A unidade *Água Preta* constitui-se de um relevo acidentado, iniciando-se nas proximidades da referida uvala, estendendo-se até o limite ENE da área de pesquisa, nas proximidades da desembocadura do Corixo do Burdi no Corixo Molha Mata.

#### **Unidade Rio das Mortes**

No extremo oeste da Serra do Calcário, seguindo para o sentido leste, os morros se apresentam com formas mais arredondadas (vistos em planta), e mais distanciados entre si. Os terrenos existentes entre eles compõem, em geral, o domínio das áreas secas. A vegetação se apresenta mais densa nas encostas e, normalmente, mais ralas no topo. Os topos se apresentam bastante planos, com encostas íngremes. São visíveis algumas torres cársticas típicas, principalmente nas proximidades das

grutas “Portal do Roncador” e “Santa Terezinha”.

As grutas, Santa Terezinha e Portal do Roncador, fazem parte de um mesmo sistema. A evolução de um vale em meio ao morro onde elas se encontram serviu para sectionar a gruta maior em duas. Hoje se encontram separadas por algumas dezenas de metros.

São grutas profusamente ornamentadas de espeleotemas, alguns deles evidenciando eventos de deposição e remoção de sedimentos; e pode-se encontrar no extremo da Gruta Portal do Roncador, um pequeno lago de pouca profundidade na seca (3,5m) e águas levemente leitosas. Em período de chuva, o único em que foi possível observar durante o período da pesquisa, a água se apresentava com um aspecto azul leitoso, como jamais observado por este autor em outros cenários cársticos brasileiros, cujas grutas alagadas apresentam uma cor azul típica, mas sem o aspecto leitoso. Na seca, o aspecto leitoso quase desaparece. A oscilação do nível freático, que ultrapassa 2 m entre a seca e a estação chuvosa, parece estar relacionada a fraturas e fissuras de pequeno porte, ocultas entre os sedimentos do fundo do lago, já que no mergulho de prospecção não foi observado nenhum conduto.

A forma dos morros parece ter sido modelada pela migração do canal do Rio das Mortes, cuja movimentação pode ser atestada por marcas de paleocanais existentes no limite desta unidade com a Unidade *Água Preta*. Estas marcas são claramente visíveis, na imagem de satélite, entre os morros das duas unidades, sugerindo que durante o soerguimento que deu origem a serra, o Rio das Mortes se encontrava naquela posição, se superimpondo. Com a continuidade do movimento e possível basculamento do bloco, o Rio das Mortes teria se movido para a posição atual.

#### **Unidade Água Preta**

O relevo da unidade *Água Preta* caracteriza-se pela ocorrência de declividades mais acentuadas, constituindo-se de vertentes mais íngremes, com topos alongados, em forma de cristas. As altitudes são as mais elevadas de toda a área serrana, atingindo, por vezes, 452 m, sendo frequentes amplitudes altimétricas de até 152 m.

Constatou-se que as vertentes voltadas para SE são levemente mais íngremes que aquelas voltadas para a direção oposta, apresentando, assim, uma leve assimetria de relevo. O fato favorece a ocorrência de drenagens bem mais entalhadas nas vertentes voltadas para SE que nas voltadas para NW, com predominância das torres cársticas na última direção mencionada.

Como pode ser comprovado a partir dos perfis topográficos e trabalhos de campo, os topos são dissecados, não favorecendo a permanência “*in situ*” do material de alteração.

Portanto, além de o calcário ser pouco afeito à produção de solo, estando este associado principalmente às impurezas do calcário ou a eventuais coberturas não carbonáticas, a forte declividade e alto grau de dissecação favorecem a perda do pouco solo eventualmente formado, e que é carregado para o nível de base local, representado pela unidade das terras secas.



A primeira vista, os amplos anfiteatros desarticulados de uma drenagem, que aparecem em ambas as unidades integrantes da zona das Terras Altas, mas numericamente mais expressivos na unidade Água Preta, poderiam estar associados a eventos tectônicos; entretanto, acredita-se que tais anfiteatros desenvolveram-se a partir do abatimento do teto de cavidades subterrâneas, constituindo-se, assim, de formas originadas a partir da evolução de dolinas de colapso. Assim, a aparente desconexão entre anfiteatro e uma drenagem, que deveria estar desenvolvida a sua jusante, e que justificaria sua associação com um evento tectônico, é irreal, pois toda a água captada pela forma côncava do anfiteatro é conduzida para o nível subterrâneo, seguindo, assim, o duto de dissolução, ponto inicial do surgimento da dolina.

Interessante notar que essas formas de relevo são mais acentuadas na face SE. Em campo verificou-se que tais formas ocorrem em muito menor quantidade e em dimensões geralmente menores na face NW das unidades.

Exemplos desta morfologia podem ser encontrados em algumas bocas de cavernas, cujo acesso se dá exatamente por este tipo de dolina. O exemplo mais notável é a gruta da Lagoa Azul, imensa dolina de abatimento conectada ao lençol freático já na sua base (figura 7).



**Figura 7:** Pórtico de entrada da Gruta Lagoa Azul. Uma grande dolina de abatimento dá acesso à gruta e ao lago de seu interior. (Foto: Rubens Hardt)

A Gruta da Lagoa Azul se reveste de importância, pois é a única entre as grutas conhecidas em que o lençol freático aparece e ocupa a maior parte dos condutos. Esse fator, por si só, já é de grande importância, pois permite a verificação direta do nível de oscilação do lençol freático para a área referente a variações sazonais. Além disso, a distribuição dos condutos e seu direcionamento revestem-se de importância para a compreensão das forças tectônicas que atuaram no local, pois o distanciamento da gruta em relação a outras conhecidas é grande, e a verificação do lineamento dos condutos ratifica a direção geral da Serra do Calcário (ENE-WSW).

Foram efetuadas medições de distância e azimute na superfície do lago, permitindo o estabelecimento dos

seus limites e a elaboração de croquis.

A partir desses dados foi possível verificar alguns fatos: os condutos se aproximam da orientação geral da Serra do Calcário, com direcionamentos que tendem ao padrão da Serra. Assim, se a direção geral da Serra do Calcário é ENE-WSW, os condutos seguem basicamente o mesmo direcionamento.

A área apresenta, ainda, evidências de oscilação do lençol freático. Pode-se observar, no interior da Gruta da Lagoa Azul, um lago cuja profundidade ultrapassa os 44m, estalactites submersas até a profundidade de 3m na estação das secas, mostrando que o lençol freático já esteve em um nível mais baixo que o atual. O fato é corroborado pela existência de um sítio arqueológico submerso, com vestígios humanos no solo de um conduto, cuja profundidade é da ordem de 4m, situado em um conduto lateral distante algumas dezenas de metros da entrada e alagado em todo o seu percurso (figura 8).

Existe uma oscilação natural do lençol freático, que é da ordem de 2m entre o período das secas e o das chuvas. Eventualmente, a oscilação pode chegar a 2,4m, como mostram as marcas existentes na parede da Gruta Lagoa Azul. As medições de profundidade das estalactites e do sítio arqueológico foram feitas no final da estação seca; portanto, na época em que o lençol freático se encontrava em seu nível mais baixo.

A identificação de espeleotemas aéreos submersos e de um sítio arqueológico com cacos de cerâmica e dois esqueletos humanos, em setores dos condutos alagados, indica que, em períodos recentes, houve uma variação da ordem de 4m no nível do lençol freático. Embora de pequena variação, tendo em vista o tipo de sítio (cerâmico) e a presença de vestígios humanos, se estudos futuros de arqueologia corroborarem a ligação dos esqueletos com a cerâmica, o sítio não poderia ser muito mais antigo que cerca de 5 mil anos BP, se considerarmos o conhecimento arqueológico atual, que indica os primeiros sítios cerâmicos com ocorrência em torno de 3 mil anos a.C. Caso os esqueletos não tenham vínculos com a cerâmica, que se encontra principalmente no lago de acesso, podendo ser restos de potes utilizados para retirada de água, então o sítio pode ser mais antigo, visto haver datações de esqueletos humanos no Brasil da ordem de 12 mil anos antes do presente.

Se a oscilação do lençol freático houver ocorrido por volta de 12 mil anos BP, então poder-se-ia atribuir esta mudança a variações climáticas ocorridas quando do final da última grande glaciação. Estudos de datação dos espeleotemas submersos poderão auxiliar a confirmar esta hipótese, futuramente.

Nesta unidade foi possível ainda, observar a formação de karrens sobre rocha exposta. Por se tratar de uma forma de dissolução típica do relevo cárstico, reveste-se de importância não só pelas evidências de dissolução química que esta forma apresenta, mas também pela sua dimensão, somente observável em campo, da ordem de centímetros na largura, atingindo pouco menos de 1m no comprimento.



**Figura 8:** Esqueleto humano, em profundidade de 4,5m. Foto: Gilberto Menezes.

## RESULTADOS

### Proposta de um Modelo Evolutivo para a Serra do Calcário

Os dados obtidos estão longe de ser suficiente para elaborar uma análise definitiva sobre a evolução da Serra do Calcário, visto haver, ainda, pontos em aberto. No entanto, é possível propor um modelo para servir de embasamento a aprofundamentos futuros que venham a descrever a evolução da Serra do Calcário de forma mais consistente. Este modelo deve, assim, ser entendido como uma hipótese de trabalho para pesquisas futuras.

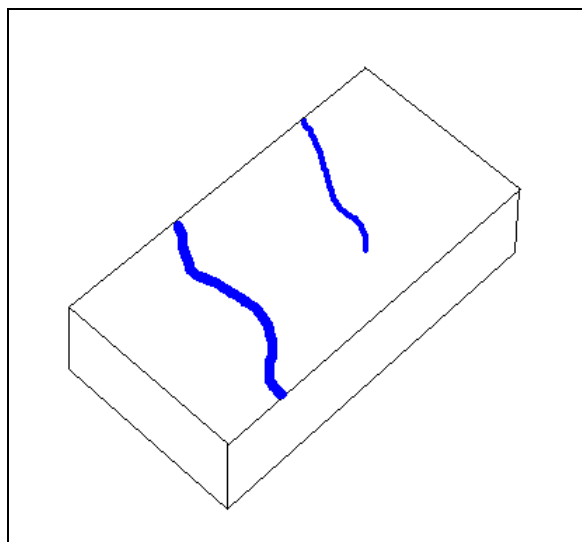
Um possível modelo de evolução começa, ainda, quando não existia a Serra do Calcário. No interior de um maciço de calcário teriam começado a desenvolver-se protocondutos (pipes), acompanhando planos de franqueza da rocha. Os protocondutos ter-se-iam unidos, formando condutos principais, que passaram a concentrar a drenagem da área, fazendo com que os processos de dissolução passassem a atuar com mais ênfase, desencadeando o alargamento e ampliação deles. Em seguida, um evento tectônico, que possivelmente teria sido um soerguimento originando um bloco positivo de falha, dá origem ao conjunto de morros que hoje compõe a Serra do Calcário.

A existência dos morros provoca a migração dos cursos d'água existentes, que passam, então, a circundar ou a se superimpor, gerando cortes e provocando o recuo das vertentes. Os cursos d'água, devido à relativa planura da área ao redor dos morros, passam a depositar sedimentos aluviais, soterrando-lhes a base. Também em consequência das migrações e aportes de sedimentos, as cavernas da Unidade Rio das Mortes apresentam diversos eventos de deposição e remoção de sedimentos. Isso fica particularmente evidenciado pela existência de diversas plataformas de espeleotemas, hoje suspensas, que se depositaram sobre níveis de sedimentos já removidos por eventos erosivos posteriores. Pelo menos dois grandes eventos de deposição foram identificados, além de três eventos de menor dimensão.

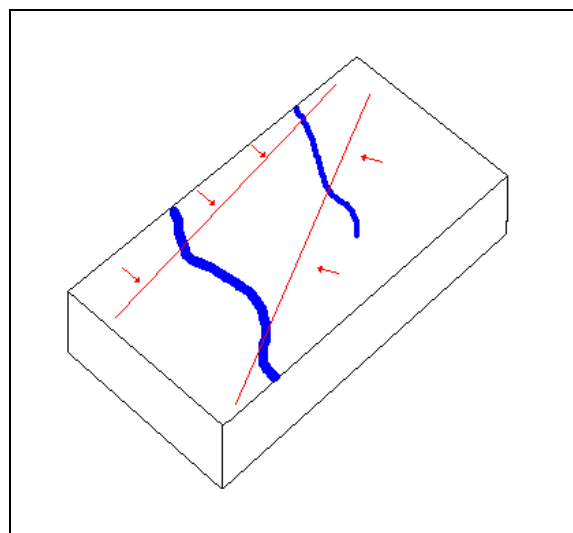
Após o soerguimento, houve ali um período de clima mais seco, o que facilitou a remobilização de camadas pedológicas e esculpiu as rampas pedimentares encontradas no universo de estudo.

Continua a evolução das formas de relevo: o tectonismo

que provocou o soerguimento dos morros cessa, forças exógenas atuam com mais intensidade, provocando o distanciamento da frente de falha da falha em si. Variações climáticas teriam permitido a oscilação positiva do lençol freático, fato comprovado pela existência de estalactites submersas no meio do lago existente na Gruta da Lagoa Azul, bem como de um sítio arqueológico subaquático existente na mesma gruta. Dolinas acompanhando o plano das falhas se alargam, formando grandes lagos. Este modelo é apresentado esquematicamente nas figuras 9 a 13.

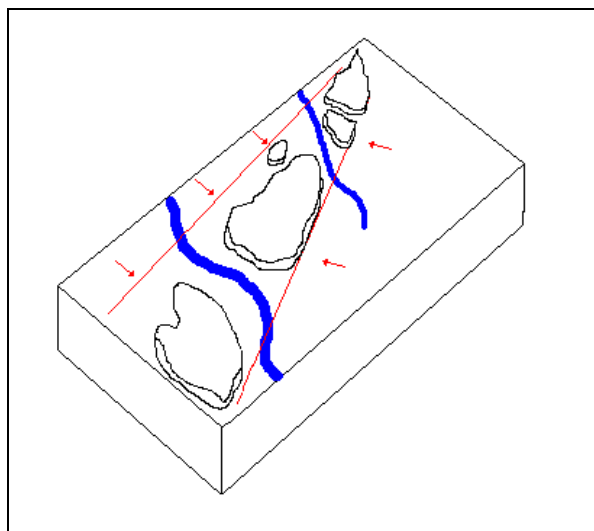


**Figura 9:** Inicialmente, a área era plana, com a drenagem seguindo antigos planos de falha.

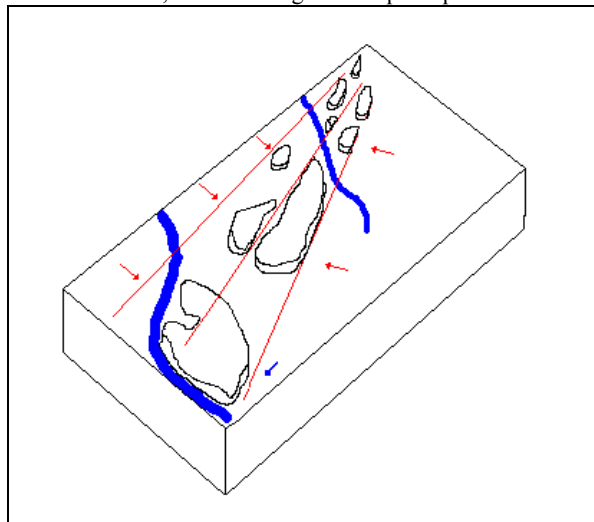


**Figura 10:** Forças compressivas, atuando, geram dois grandes planos de falha.





**Figura 11:** Ocorre um soerguimento formando uma cadeia de morros, com a drenagem se superimpondo.

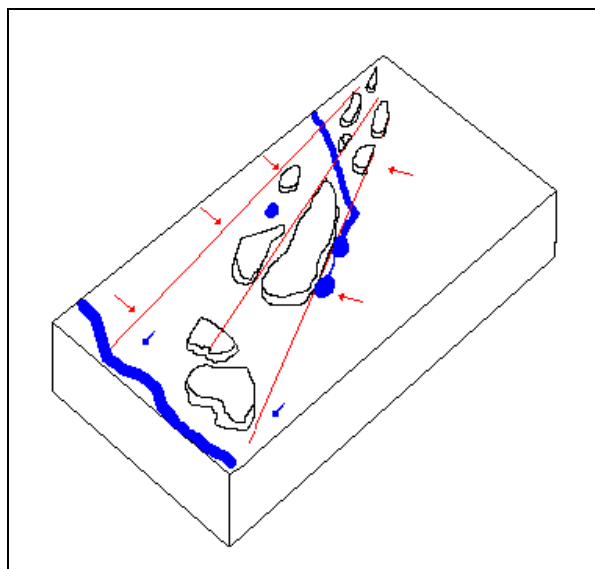


**Figura 12:** Devido à compressão, uma terceira linha de falha se estabelece. A erosão diferencial provoca o aparecimento de um vale em meio aos morros. As vertentes recuam e o Rio das Mortes sofre uma primeira migração em função do soerguimento

Embora não possa ser tomado como definitivo devido à ausência de estudos geológicos detalhados da área, este modelo mostra-se viável, pois explica a atual configuração do relevo. Estudos posteriores serão de grande valia para o aperfeiçoamento deste modelo, sobretudo na área de geologia estrutural.

Uma outra hipótese de desenvolvimento para a área pode estar relacionada com mudanças climáticas em diversos períodos da evolução do relevo. Se considerado desta forma, as drenagens que se superimpuseram sobre o soerguimento da Serra do Calcário, seriam antigas drenagens, que teriam deixado de existir quando de uma primeira mudança climática, que teria deixado o clima local mais seco, e seria a responsável pelo aparecimento das rampas pedimentares. Com o advento de uma nova mudança climática, propiciando um clima mais úmido, teriam então se estabelecidas novas drenagens, que ocupariam em parte antigos leitos ou outras posições do

relevo.



**Figura 13:** Dolinas de dissolução, acompanhando os planos de falha, se alargam formando grandes lagos. O Rio das Mortes sofre nova migração. Rampas pedimentares se estabelecem, após o que a área apresentou mudança climática, acarretando oscilação do freático. Depósitos quaternários se alojam na parte plana do relevo, carreado pelos rios e cursos intermitentes, devido aos sucessivos alagamentos anuais

Embora se considere esta hipótese menos provável em função das imagens de satélite que parecem evidenciar migrações dos canais, não se pode descartá-la, pois trabalhos recentes descrevendo o solo em Conceição do Araguaia (PÉREZ, 1999), ao norte da região, evidenciam que as drenagens que lá se estabeleceram são recentes, o que corroboraria esta hipótese.

Cabe ainda considerar a hipótese de que toda a área esteja em subsidência. Em se tratando de uma bacia de deposição, as drenagens ali existentes podem ter acumulado material suficiente para que, em função da isostasia, o relevo esteja em subsidência. Embora não se possa descartar tal hipótese, considera-se esta menos provável, já que um afundamento da ordem de 4m tomando-se por base os esqueletos humanos encontrados no interior da gruta, mesmo que estes venham a ser datados em 12 mil anos BP, implicaria em uma subsidência da ordem de 0,34mm por ano, o que é uma taxa muito rápida em termos geológicos.

Acredita-se, portanto, que a oscilação do lençol freático é devida à mudança climática, e não a subsidência.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Serra do Calcário é singular no contexto do carste nacional, por ser uma área cárstica isolada, num clima semi-úmido, com boa variedade de formas cársticas exteriores e interiores (exocarste e endocarste).

A evolução geomorfológica da área também apresenta características singulares, com elementos tectônicos marcantes, profundas incisões de drenagens denotando a ação climática na área. Evidências de alteração climática, através de formas tipicamente associadas a

clima semi-árido, contribuem para que haja um incremento de estudos na área.

As características mencionadas tornam relevante o estudo, não só do ponto de vista cárstico, mas também sob a visão da geomorfologia como um todo, sendo um excelente exemplo de modelado tectônico, climático e químico, três importantes fatores para a compreensão de qualquer modelado.

Pode-se, no entanto, vislumbrar trabalhos futuros, multidisciplinares, que auxiliarão a aprofundar as considerações aqui elaboradas.

Em um primeiro momento, o conhecimento da atividade tectônica e estrutural da área seria de fundamental importância para corroborar ou mesmo refutar o modelo de evolução apresentado. Sob o ponto de vista tectônico, as interpretações basearam-se em indícios e não em medições e constatações, tornando difícil afirmar qualquer coisa subsequente, pois a tectônica está na base da descrição do modelado.

Sob o ponto de vista da sedimentologia, o estudo dos sedimentos que recobrem a área de estudo, principalmente na zona das terras baixas, permitiria corroborar a interpretação dada pelas imagens de satélite sobre a migração do Rio das Mortes e, possivelmente, datar a época em que houve elas aconteceram.

Uma correlação entre os sedimentos existentes na área externa da caverna com os sedimentos deixados em marquises, no interior das cavidades, permitiria estabelecer a correlação de eventos externos e internos. A datação da calcita secundária (espeleotemas), possibilitaria estabelecer a cronologia dos eventos.

Ainda em relação ao estudo dos espeleotemas, sabe-se que eles podem registrar a evolução climática de uma área e, neste caso, contribuiria para a compreensão do registro das alterações climáticas da região, estabelecendo, inclusive, cronologia das variações ambientais ali ocorridas. Outro estudo interessante seria o de datar os espeleotemas submersos na Gruta da Lagoa Azul, associando a época de formação deles com a oscilação do lençol freático que os submergiu.

A arqueologia traria contribuições importantes, pois o estudo do sítio arqueológico submerso existente na Gruta da Lagoa Azul seria uma fonte interessante de comparação com a datação dos espeleotemas submersos, permitindo uma melhor compreensão e datação dos eventos que levaram à oscilação do lençol freático.

O estudo da hidrologia cárstica na área poderia ajudar a explicar o fluxo subterrâneo. Embora a recarga em superfície seja autogênica, demonstrada pelo grande número de riachos e cursos intermitentes que nascem associados a Serra do Calcário a proximidade com o Rio das Mortes e com alguns outros cursos de menor expressão, sugere a possibilidade de interação com águas de origem não cárstica.

Acredita-se que o aprofundamento dos estudos sobre o carste na área em questão possibilite usá-la como modelo de evolução para o carste que se desenvolve em áreas que sofreram alterações climáticas devido, justamente, ao grande conjunto de agentes e processos envolvidos nesse local em especial.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Brasil.

## BIBLIOGRAFIA

AB'SÁBER A. *Os Domínios de Natureza no Brasil – Potencialidades Paisagísticas*. São Paulo, Ateliê Editorial: 2003.

ALMEIDA, F. F. M. *Província Tocantins – Setor Sudeste*. In: *O Pré Cambriano no Brasil*. Pag. 265-281. DNPM. Rio de Janeiro: 1984.

ALVARENGA, C. J. S. & SAES, G. S. Estratigrafia e Sedimentologia do Proterozóico Médio e Superior da Região Sudeste do Cráton Amazônico. *Revista Brasileira de Geociências*. Vol. 22 (4):493-499. 1992.

BÖGLI, A. *Karst Hydrology and Physical Speleology*. Berlin, Springer-Verlag: 1980.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. *Projeto Radambrasil* Vol. 25 folha SD.22 – Goiás. Rio de Janeiro: 1981.

DRAGO, V. A. et al. Geologia. In: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. *Projeto Radambrasil* Vol. 25 folha SD.22 – Goiás. Rio de Janeiro: 1981.

FORD, D.; WILLIAMS, P. *Karst Geomorphology and Hydrology*. London, Unwin Hyman: 1989.

INSTITUTO ECOSSISTEMAS E POPULAÇÕES TRADICIONAIS - ECOSS. *Relatório preliminar visando o plano de manejo das Grutas Portal do Roncador e Santa Terezinha*. Cuiabá, 2000.

JENNINGS, J. N. *Karst Geomorphology*. Glasgow, Basil Blackwell (ed.): 1985.

KLIMCHOUK, B. A.; FORD, D. C.; PALMER, A. N.; DREYBRODT, W. (editors) *Speleogenesis - Evolution of Karst Aquifers*. Huntsville (USA). National Speleological Society: 2000.

MAMEDE, L.; NASCIMENTO, M. A. L. S.; FRANCO, M. S. M. Geomorfologia. In: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. *Projeto Radambrasil* Vol. 25 folha SD.22 – Goiás. Rio de Janeiro: 1981.

NIMER, E. Um Modelo Metodológico de Classificação de Climas. *Revista Brasileira de Geografia*, Vol. 41 n. 4, p. 59-89: 1979.

PÉRES, D. H. *Gênese, Transformação e Evolução de Sistemas Pedológicos em Conceição do Araguaia – Pará: Relações com a Morfologia da Vertente*. (Dissertação). Rio Claro, Universidade Estadual Paulista: 1999.

SCHOBENHAUS, C; CAMPOS, D. A.; DERZE, G. R.; ASMUS, H. E. *Geologia do Brasil*. Brasília, Departamento Nacional da Produção Mineral: 1984.

SOUBIES, F.; GUYOT, J. L. *Compte Rendu de Mission dans la Région du Rio das Mortes (Mato Grosso) du 5 au 8 Septembre 1995*. Inédito: 1995.

WHITE, W. B. *Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains*. New York, Oxford University Press: 1988.

---

<sup>i</sup> Parte da pesquisa de mestrado defendida junto ao programa de pós-graduação em geografia da Universidade Estadual Paulista – UNESP – Campus de Rio Claro, em Dezembro de 2004.