



35<sup>o</sup>  
Bonito - MS

ANAIS do 35<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Espeleologia  
19 - 22 de julho de 2019 - ISSN 2178-2113 (online)



O artigo a seguir é parte integrando dos Anais do 35<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Espeleologia disponível gratuitamente em [www.cavernas.org.br](http://www.cavernas.org.br).

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

INFANTE, A.P.M. et al. Aplicação do método da eletrorresistividade para estudo do fluxo subterrâneo de uma surgência cárstica no distrito de Coqueiral, Nobres-MT. In: ZAMPAULO, R. A. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 35, 2019. Bonito. *Anais...* Campinas: SBE, 2019. p.330-335. Disponível em: <[http://www.cavernas.org.br/anais35cbe/35cbe\\_330-335.pdf](http://www.cavernas.org.br/anais35cbe/35cbe_330-335.pdf)>. Acesso em: *data do acesso*.

Esta é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia.  
Consulte outras obras disponíveis em [www.cavernas.org.br](http://www.cavernas.org.br)

# APLICAÇÃO DO MÉTODO DA ELETRORRESISTIVIDADE PARA ESTUDO DO FLUXO SUBTERRÂNEO DE UMA SURGÊNCIA CÁRSTICA NO DISTRITO DE COQUEIRAL, NOBRES-MT

APPLICATION OF THE ELECTRORESISTIVITY METHOD FOR THE STUDY OF THE UNDERGROUND FLOW OF A KARSTIC EMERGENCE IN THE DISTRICT OF COQUEIRAL, NOBRES-MT

Ana Paula de Melo INFANTE (1); Ana Caroline Soares Christovão da SILVA (2); Chauanne da Cunha GUIMARÃES (3); Diego Ruan Rodrigues CRUZ (4)

(1) Universidade Federal de Mato Grosso – Faculdade de Geociências, Cuiabá-MT.

Contatos: [apdmeloinfante@gmail.com](mailto:apdmeloinfante@gmail.com); [carolchristovao8@gmail.com](mailto:carolchristovao8@gmail.com); [chauanne@hotmail.com](mailto:chauanne@hotmail.com); [diegoruanrodriguescruz@gmail.com](mailto:diegoruanrodriguescruz@gmail.com).

## Resumo

A área estudada localiza-se no município de Nobres, centro sul do estado do Mato Grosso, mais precisamente no Distrito de Coqueiral. Na região de Nobres, existe uma grande ocorrência de cavernas, dolinas e sumidouros provenientes do terreno cárstico do Grupo Araras, composto predominantemente por calcários e dolomitos. Nesse trabalho foram realizados estudos geofísicos em uma surgência cárstica, localizada no Sítio Roda D'água. Por meio do método da eletrorresistividade, técnica do caminhamento elétrico e arranjo dipolo-dipolo, os dados foram gerados e interpretados a fim de identificar as zonas menos resistivas, as quais podem estar associadas a estruturas condutoras de água. Essas foram determinadas por meio de duas plantas, com profundidades de 10 m e 15 m, geradas a partir do *Software Surfer*. Por meio dessa análise foi possível caracterizar a possível direção do fluxo subterrâneo da área.

**Palavras-Chave:** surgência cárstica; fluxo subterrâneo; eletrorresistividade.

## Abstract

*The studied area is located in the municipality of Nobres, Southern center of the state of Mato Grosso, more precisely in the District of Coqueiral. In the region of Nobres, there is a large occurrence of caves, sinkholes and sinks from the karstic terrain of Grupo Araras, consisting predominantly of limestone and Dolomites. In This work, geophysical studies were carried out in a karstic emergence, located in the Roda D'água Site. Through the method of electroresistivity, electrical walking technique and dipole-dipole arrangement, data were generated and interpreted in order to identify the less resistive zones, which may be associated with water conductive structures. These were determined by means of two plants, with depths of 10 m and 15 m, generated from the Software Surfer. Through this analysis it was possible to characterize the possible direction of the underground flow of the area.*

**Keywords:** karstic emergence; underground flow; electroresistivity.

## 1. INTRODUÇÃO

A caracterização hidrogeológica de uma determinada área é de grande importância, podendo ser uma ferramenta para resolução de problemas de suprimento hídrico e de controle de poluição, intrínsecos às atividades humanas. Além de contribuir para a quantificação da dinâmica dos fluxos de água em diferentes biomas e investigação de impactos resultantes de mudanças no uso e ocupação do solo. Dentre as diferentes formas de caracterização hidrogeológica destacam-se os

estudos de nascentes, feições hidrogeológicas formadoras das cabeceiras dos rios. A caracterização de nascentes envolve a compreensão de complexas interações de processos hidrológicos e geomorfológicos, quando inseridas em ambientes cárstico, dá-se as estas o nome de surgências (Zanin et al 2009).

O estudo de ambientes cársticos é crucial para compreensão e manutenção dos recursos hídricos, tendo em vista que cerca de 20-25% da população mundial é abastecida de recursos hídricos provenientes deste tipo de ambiente (FORD;

WILLIAMS, 2007). A ocorrência de feições cársticas está ligada a um conjunto de reações químicas que ocorrem em rochas carbonáticas, a qual o processo é resultado da percolação de água em regiões onde existem tais rochas (Mendes, 2013). A análise da disponibilidade hídrica nesses terrenos pode ser realizada por meio da aplicação de métodos geofísicos. Tais métodos, também, permitem identificar e dimensionar feições provenientes da dissolução como vazios ou cavidades, preenchidas ou não por água, e averiguar o grau de estabilidade destes terrenos.

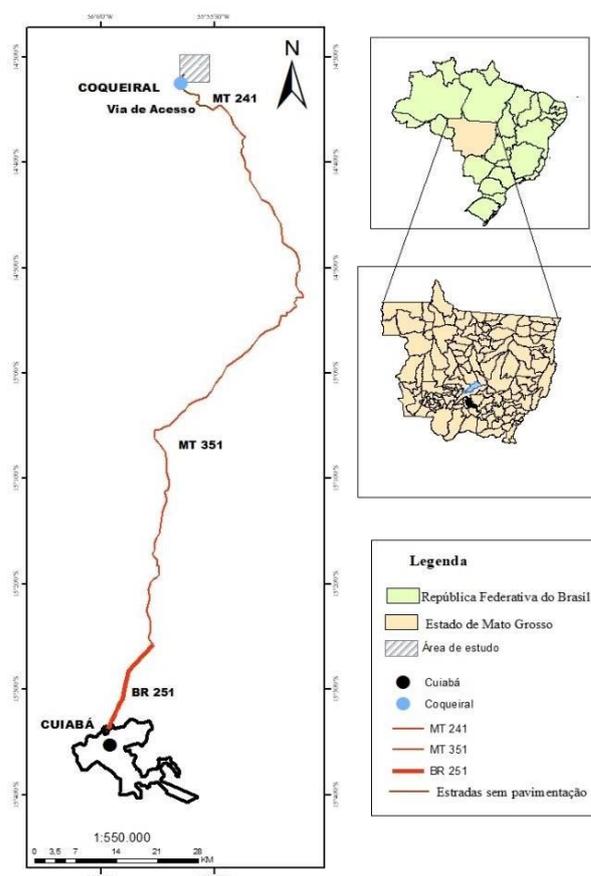
De acordo com Guimarães (2015), por conta das belas paisagens naturais, das cavernas, das surgências e lagos de águas azuladas e cristalinas, características do terreno cárstico, a economia dos distritos de Coqueiral e Bom Jardim gira em torno do turismo. A área não é bem estudada e as pesquisas realizadas nessa região serão de suma importância para aumentar o conhecimento sobre esta área cárstica, contribuindo, assim, para o seu potencial de crescimento.

O objetivo deste trabalho é determinar a direção preferencial do fluxo d'água subterrânea que abastece uma surgência cárstica (Figura 1), localizada no Sítio Roda D'água, dentro do Distrito de Coqueiral, pertencente ao município de Nobres – MT (Figura 2), por meio da aplicação do método geofísico da eletrorresistividade.

A área estudada está inserida, geologicamente, na Formação Nobres, a qual apresenta composição predominantemente dolomítica. Tal Formação representa o topo do grupo Araras, que está inserido na faixa de dobramentos Paraguai (Almeida 1964). A surgência estudada é abastecida pelo aquífero Araras, um aquífero cárstico, do tipo livre, com extensão regional formado por rochas calcínicas e dolomíticas. A geomorfologia local é formada por relevo levemente ondulado. O clima manifesta duas estações bem definidas: verão quente e chuvoso; e inverno seco com temperaturas amenas e insuficiência de chuvas (Migliorini et, al. 2006).



**Figura 1:** Surgência Cárstica Investigada.



**Figura 2:** Mapa de Localização da área em estudo.

## 2. METODOLOGIA

Para realização desse trabalho, foi aplicado o método geofísico a fim de identificar zonas menos resistivas do terreno, as quais podem estar associadas às zonas de fraturas preenchidas por água. O método utilizado foi o da Eletrorresistividade, por meio da técnica de caminhamento elétrico com arranjo dipolo-dipolo.

A técnica utiliza o conceito de que a presença de água nos poros e fissuras das rochas causam um aumento da condutividade elétrica e consequentemente uma diminuição da resistividade. (Kearey et al., 1984). Primeiramente, há injeção, no solo, de uma corrente elétrica contínua (I), o que gera um campo elétrico e superfícies equipotenciais no subsolo, para tanto são dispostos ao longo da superfície do terreno eletrodos por onde passam as correntes elétricas, gerando uma superfície equipotencial. (Kearey et al., 1984). A leitura de diferença de potencial do terreno é realizada com o uso de um multímetro digital modelo ET 1002.

Ao partir do princípio de que o subsolo possui resistividade constante, é possível determiná-la com ( $\rho$ ) equação  $\rho = 2\pi r \cdot \Delta V / I$ , onde  $\Delta V$  é a diferença de potencial elétrico (Kearey et al., 2009). Todavia o subsolo não é homogêneo o que faz com o que os valores de resistividade elétrica representem uma média ponderada das resistividades verdadeiras. Ao realizar os cálculos, obtém-se uma resistividade

aparente ( $\rho_a$ ), através da fórmula  $\rho_a = K * \frac{\Delta V}{I}$ , onde

$K = 2\pi \cdot Gx$  e  $G = \frac{1}{\frac{1}{n} - \frac{1}{n+1} + \frac{1}{n+2}}$  onde, K= fator

geométrico, que é conexo com a disposição dos eletrodos ABMN na superfície do terreno investigado, G= cargabilidade obtida diretamente do equipamento geofísico utilizado, x= espaçamento entre os dipolos e n= nível de investigação. Os valores de resistividade elétrica são obtidos a partir dos dados de resistividade elétrica aparente, permitindo que seja gerado um modelo de subsuperfície (Braga, 2007).

A técnica do caminhamento elétrico tem como fundamento a análise e a interpretação de um parâmetro físico, diante de medidas aplicadas na superfície de um terreno, realizando a sua investigação, ao longo de uma seção, variando horizontalmente, com profundidades determinadas. Os resultados finais consistem na geração de mapas com profundidades determinadas, e ou seções com profundidades variadas (Braga, 2007).

De acordo com Braga, 2007 o arranjo dipolo- dipolo é um dos mais precisos e de rápida execução em campo. Uma de suas vantagens é o estudo da variação lateral do parâmetro físico que pode ser efetuado em vários níveis de profundidade. Obtendo-se, dessa maneira, uma caracterização dos materiais, em subsuperfície, tanto horizontalmente quanto verticalmente. Em tal arranjo, o centro dos dipolos AB e MN não permanecem fixos, mas se deslocam ao longo da linha a ser levantada e o espaçamento entre os eletrodos A-B é o mesmo dos eletrodos M-N. O espaçamento entre os dipolos AB e MN pode variar, utilizando-se, assim, vários dipolos MN dispostos ao longo da linha; e a cada abertura do dipolo MN refere-se a um nível de investigação, como pode ser observado na figura 3.

Neste trabalho, foram realizados 4 pares de caminhamentos (Figura 4) ao redor da surgência cárstica, sendo que cada par teve comprimento de, respectivamente, 160 metros, 120 metros, 130 metros e 120 metros. A distância entre as duas linhas corresponde a 15 metros. Por meio desse caminhamento, foram investigados cinco níveis de profundidade (n), dentre eles: 10 metros, 15 metros, 20 metros, 25 metros e 30 metros. Porém, como o trabalho ainda está em andamento, somente os dados de dois níveis de profundidades foram tratados e interpretados. Os dados de campo foram organizados e armazenados no *software* Excel para posteriormente serem processados no *software* Surfer 13.

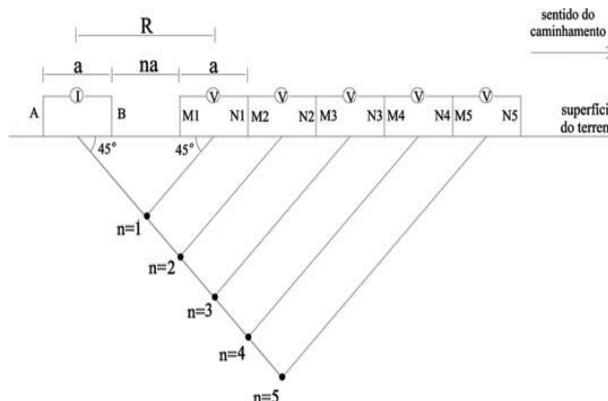


Figura 3: Disposição inicial dos eletrodos do arranjo Dipolo-Dipolo.

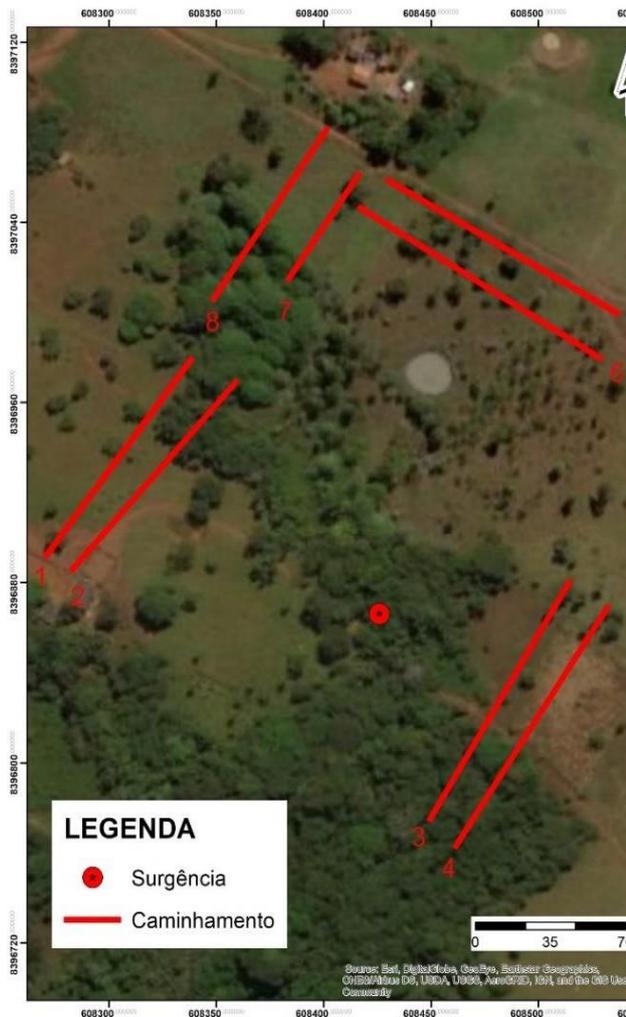


Figura 4: Distribuição das linhas dos caminhamentos em volta da surgência.

### 3. RESULTADOS

A interpretação dos dados foi feita de forma qualitativa, o que consistiu na identificação do posicionamento das porções com maior ou menor resistividade. As áreas de menor resistividade encontram-se em tons de azul e as de maiores resistividades em tons de vermelho. Nas plantas o círculo preto representa a posição onde a surgência se encontra. Os símbolos em x ao redor da surgência, nas plantas em 3D representam as linhas de caminhamento realizadas, enquanto que nas plantas em 2D são evidenciadas as linhas das estruturas.

Na planta referente à profundidade de 10 metros observa-se que na região central encontra-se os menores valores de resistividade aparente, entre 0 ohm.m e 400 ohm.m, indicando que, possivelmente, esta região pode conter estruturas condutoras de água. Na região oeste da imagem nota-se o valor mais elevado de resistividade aparente, entre 500 ohm.m e

a 1600 ohm.m, sugerindo presença de rocha menos fraturadas, comportando assim, como barreiras resistivas. Na porção nordeste da área, destacam-se resistividade entre 500 ohm.m e 700 ohm.m, como pode ser visto nas figuras 5 e 6.

### Planta Profundidade 10 metros

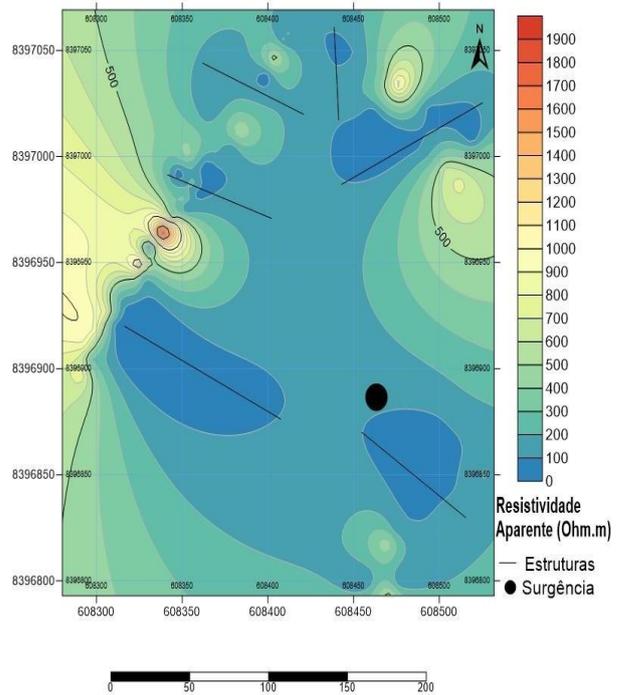


Figura 5: Planta da Profundidade de 10 metros.

### Planta 3D Profundidade 10 metros

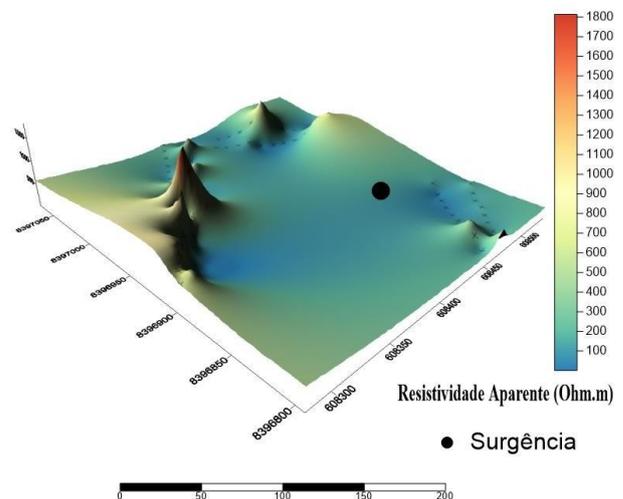
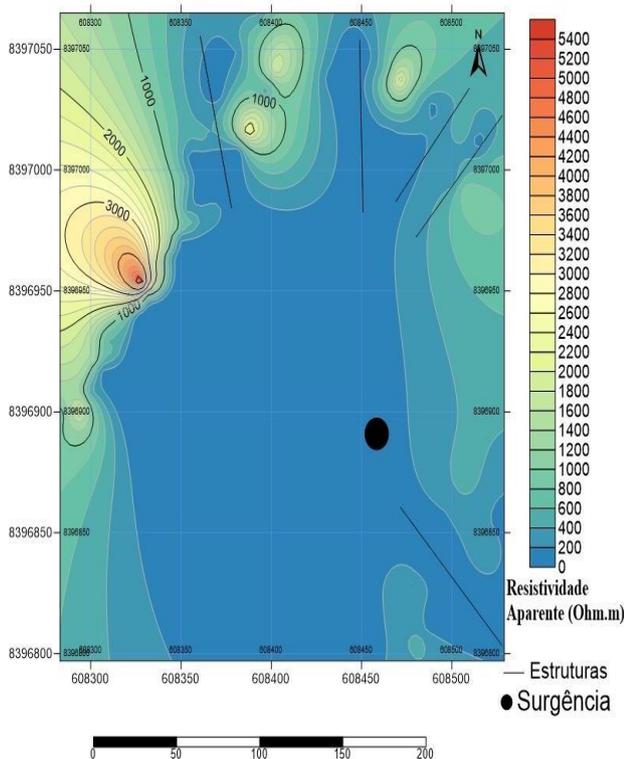


Figura 6: Planta em 3d referente a profundidade de 10 metros.

A planta da profundidade de 15 metros apresentou uma maior anomalia quando comparada a profundidade anterior de 10 metros, demonstrando que, possivelmente, a esta profundidade, a área saturada é maior. Os dados de resistividade apresentam-se, predominantemente, azul na parte central, com valores entre 0 ohm.m e 300 ohm.m, indicando que, possivelmente, são áreas com presença de estruturas preenchidas por água. Já nas regiões noroeste e noroeste, notam-se áreas mais resistivas, que aparecem em tons alaranjado. Alcançando, dessa maneira, resistividade de 4800 ohm.m, aproximadamente. E em algumas porções isolados a norte encontra-se valores de resistividade próximos a 1800 ohm.m, indicado pelo tom verde. Por meio da imagem em 3D, é possível identificar as áreas de barreiras representados por picos com altos valores de resistividade, como pode ser observado nas figuras 7 e 8.

Planta Profundidade 15 metros



Planta 3D Profundidade 15 metros

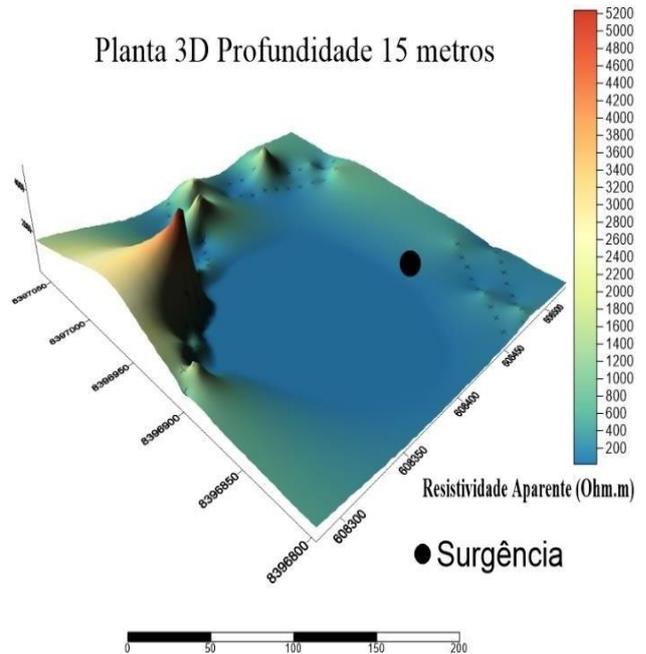


Figura 8: Planta em 3D referente a profundidade de 15 metros.

#### 4. CONCLUSÕES

O método geofísico da eletrorresistividade mostrou-se eficiente para determinação do fluxo hídrico subterrâneo na região estudada. Por meio das plantas geradas, foi possível identificar possíveis estruturas condutoras de água subterrânea em dois níveis de profundidade, 10 m e 15 m. Essas estruturas são representadas pelos menores valores de resistividade, com direções predominante NE e NW. Ao contrário dos picos com maiores valores de resistividade, interpretados como rocha menos fraturada, os quais se comportam, dessa maneira, como barreiras ao fluxo hídrico.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos especialmente a parceria, dicas e disposição da nossa orientadora e ao nosso professor de Geofísica pelo apoio e contribuição neste trabalho. Agradecemos também aos amigos que ajudaram no procedimento de coleta de dados em campo e a Universidade pela oportunidade e ajuda financeira para a realização deste presente estudo.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIRA F.F.M. de. 1964a. Geologia do Centro-Oeste matogrossense. Rio de Janeiro, **DNPM, Boletim** 215, 1-53 p.
- BRAGA, A.C.O. 2007. **Apostila de Métodos Geométricos Aplicados**, Rio Claro.
- CALHEIROS, R.O. et al. 2004. **Preservação e Recuperação de Nascentes (de água e vida)**. Piracicaba: Comitê das Bacias hidrográficas dos rios PCJ-CTRN, 53 p.
- FLORENZANO, T.G. 2008. Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo, Oficina de Textos.
- FORD, D. e WILLIAMS, P. 2007. **Karst Geomorfology and Hydrology** (Ed. Revisada).
- GUIMARÃES, C.C. 2015. **Estudo Geológico, Geofísico e Hidrogeológico de uma área cárstica no Distrito de Coqueiral, Nobres-MT**. 2015. 58 f. tcc (Graduação) - Curso de Geologia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.
- KEAREY, P., BROOKS, M. E HILL, I.; Tradução Maria Cristina Moreira Coelho – 2009. **Geofísica de Exploração**. Editora Oficina de Texto, São Paulo.
- KOLHER, H. C. 2008. Geomorfologia Cársticas In: GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil Ltda.
- MENDES J.B. 2013. **Propostas Didáticas para o Ensino do Carste na Educação Básica**.
- MIGLIORINI R.B., BARROS M.S.A., APOETIA L.F.M, SILVA J.J. 2006 Diagnóstico preliminar das principais Províncias Hidrogeológicas do Estado de Mato Grosso: Uma proposta de mapa hidrogeológico de reconhecimento. In **Recursos Hídricos de Mato Grosso**. Fernandes C.J & Viana R.R. (eds.) Coletânea Geológica de Mato Grosso, 3, Ed. UFMT, p.:37- 49.
- NOGUEIRA, A. C. R. & RICCOMINI, C. O. 2006. Grupo Araras (Neoproterozóico) na parte norte da Faixa Paraguai e sul do Cráton Amazônico, Brasil; **Revista Brasileira de Geociências** Vol. 36, N°4, p. 576 – 587.
- PULIDO, J.L.1978. Hidrogeologia Karstica. led., Bilbao:Ediciones Urmo, 287 p.