

Dolinas em Arenitos do Grupo Urucuia na Formação Chapadão na Bacia Hidrográfica do Rio Grande em Barreiras – Bahia.

Décio Alves Pereira¹; Wanderson Ricardo Fonseca Rocha²; Fábio Candido da Silva & Luis Gomes Carvalho²

RESUMO

Os dutos ou túneis são formados a partir do carreamento de pequenos grãos do solo, partículas de argila e outros colóides, pelo processo de piping. O transporte destes materiais é realizado através do transporte de sólidos e dos componentes dissolvidos, tanto com as forças físicas, quanto químicas. Os dutos formados por piping constituem feições erosivas sub-superficiais, a literatura atribui a formação de voçorocas neste processo. Este artigo aborda a ocorrência de três tipos de dutos encontrados na área mapeada localizada em Barreiras - BA, na região Oeste do estado, em latossolos vermelho-amarelos no cerrado, sobre sedimentos do Grupo Urucuia, da Formação Chapadão e representam as coberturas cenozoicas inconsolidadas predominantemente arenosas da Bacia Sanfranciscana, sendo classificadas como aluvionares, coluvionares e eluvionares, com uma sedimentação predominantemente areno-argilosos com níveis lateritizados. O piping foi identificado e classificado com base na existência ou não de colapso do solo e sua associação com a presença ou não de voçoroca. O colapso do terreno gera o aparecimento de um canal superficial, causando o desenvolvimento de voçoroca e uma variedade de canais ramificados, com e sem colapso do teto. As observações em campo permitem associar uma correlação entre o piping e o início do desenvolvimento de voçorocas.

PALAVRAS-CHAVE: Piping, Colapso, Voçoroca.

ABSTRACT

The ducts or tunnels are formed from loading small grains of soil, clay particles, and other colloids, by the process piping. The transport of these materials is accomplished by solids transport and dissolved components, both physical strength, the chemical. The ducts formed by piping are erosive sub-surface features, literature attributes the formation of gullies in this process. This article

¹ Décio Alves Pereira: Rua Aníbal Alves Barbosa, 175, Centro, Barreiras-BA, 77-999713037, decio.a@gmail.com

discusses the occurrence of three types of products found in the mapped area located in Barreiras - BA, the state's western region, in red-yellow latosols in the cerrado, sediments on the Urucua Group, Chapadão Training and represent the Cenozoic covers incosolidadas dominantly sandy Sanfranciscana the Basin are classified as alluvium, colluvium and eluvionares with a predominantly sandy clay sedimentation lateritizados levels. The piping was identified and classified based on the presence or absence of ground collapse and its association with the presence or absence of gullies. The collapse of the ground generates the appearance of a shallow channel, causing the development of gullies and a variety of branched channels, with and without collapse of the roof. The field observations allow to associate a correlation between the piping and the early development of gullies

Keywords: Piping, Collapse, Gully.

1. INTRODUÇÃO

Segundo o trabalho de PRUSKI, 2006, o comportamento do solo diante do processo erosivo é comumente referido na literatura como erodibilidade do solo, que expressa, portanto, a sua susceptibilidade à erosão, constituindo uma propriedade intrínseca que depende da capacidade de infiltração e de armazenamento da água e das forças de resistência do solo à ação da chuva e do escoamento superficial.

Segundo BASTOS (2004), a vegetação tem efeitos na interceptação da chuva e no decréscimo da velocidade do escoamento superficial. Mudanças no regime de escoamento superficial e subterrâneo são observadas como consequência do desmatamento e alteração nas formas de uso do solo.

Segundo POLIZER (2004), dentre as atividades do homem que estão relacionadas com a questão da produção de erosão podemos citar, retirada da cobertura vegetal; agricultura com manuseio impróprio; manejo inadequado de pastagens; modificação da superfície do terreno de forma inadequada; abertura de estradas sem os devidos cuidados quanto à erosão e parcelamento do terreno, desprovido de práticas abrangentes na bacia.

Quanto às formas de desagregação do solo tem-se a superficial, onde a erosão hídrica é a mais comum e manifestar-se de três formas principais: erosão laminar ou em lençol, ravinamentos e por sulcos ou voçorocas e a subterrânea, por fluxos tubulares, que ocorre devido à existência de um gradiente hidráulico (diferença de nível), favorecida por perfurações abertas pelo sistema radicular de plantas, animais escavadores, movimento de dessecação do manto rochoso pelo intemperismo, deslizamentos nos depósitos colúvio-aluvionares de encostas ou nas estruturas reliquias das

rochas originais, impressas na massa de solo residual. Dentre os processos da erosão subterrânea tem-se o piping, que constitui um dos tipos mais importantes de erosão subsuperficial do solo.

Segundo o trabalho de MAURO, 2001, o fenômeno de piping é um processo de erosão subterrânea que provoca o arraste das partículas formando canais em forma de tubos a partir das paredes e dos fundos das erosões.

Segundo LIMA (1999), tal fenômeno está normalmente associado à presença do lençol freático ou ao acúmulo de águas em bacias de dissipação que ao estabelecerem, mesmo que intermitentemente, um regime de fluxo, pode desencadear o processo de erosão interna.

A erosão subterrânea piping é gerada pela infiltração e escoamento subterrâneo concentrado, quando galerias ou túneis são escavados em materiais incoesos (sedimentos, regolito), freqüentemente dando origem a voçorocas (a jusante) e/ou abatimentos do terreno (a montante).

Segundo o trabalho de Bull & Kirkby 1997, atribuem a ocorrência de dutos a fatores tais como: gradiente hidráulico elevado, presença de íons solúveis no solo, ocorrência de períodos de seca prolongados, que favorecem a ocorrência de fissuras, e às chuvas intensas e irregulares que reativam percolações concentradas subsuperficiais. Pierson ainda acrescenta a essa lista vários outros mecanismos como: erosão fluvial sub-superficial, promovida pela ocorrência de olhos d'água (minas) em situações de alto gradiente hidráulico ou baixo poder de agregação do solo, passagens deixadas por raízes decompostas e a ação de escavamento de micro, meso e macro-fauna.

De acordo com Oliveira 1997, o carste é caracterizado como uma zona potencial de riscos geotécnicos, à medida que a ocupação desordenada pode acelerar o processo de colapso e subsidência do solo urbano. Este tipo de modelado se desenvolve sobre áreas constituídas por rochas calcárias e dolomíticas que possuem como característica principal a fácil dissolução quando posta em contato com a água.

As dolinas poderiam ser atribuídas a pseudocarste se sua origem fosse meramente por processo de carregamento de grãos (tubificação ou piping). Mesmo as formas de pseudocarste em arenitos, são consideradas por alguns autores por exemplo Wray, 1997, como carste, devido ao processo de dissolução na arenização que antecede a remoção mecânica dos grãos.

Os dutos (pipes) ou túneis são formados a partir do carreamento de pequenos grãos do solo, partículas de argila e outros colóides, pelo processo de piping. O transporte destes materiais são realizados através do transporte de sólidos e dos componentes dissolvidos em rotas preferenciais, tanto com as forças físicas, quanto químicas (figura 1).

Essas rotas preferenciais de escoamento sub-superficial pode levar à formação de uma rede interligada de fluxos, com isso, ocorre o colapso do teto dos túneis e o alargamento, por escoamento superficial e por movimentos de massa, do canal e assim ocorre surgimento das voçorocas. A ação

destes processos pode aumentar consideravelmente as forças envolvidas na escavação e alargamento das paredes do canal.

O colapso do solo é uma súbita redução do volume sob carga devido a um aumento no teor de umidade. Para ocorrência do colapso é preciso que o solo esteja no estado não saturado e apresente uma estrutura porosa meta-estável. A infiltração de água no solo provoca a destruição dos cimentos naturais do solo.

A drenagem da água das chuvas nas proximidades das estradas e rodovias deverá adotar as seguintes técnicas: canal com dissipadores de energia; cobertura do solo com gramíneas, implantação de um sistema superficial de drenagem até o talvegue (fundo de vale) do canal pluvial mais próximo.

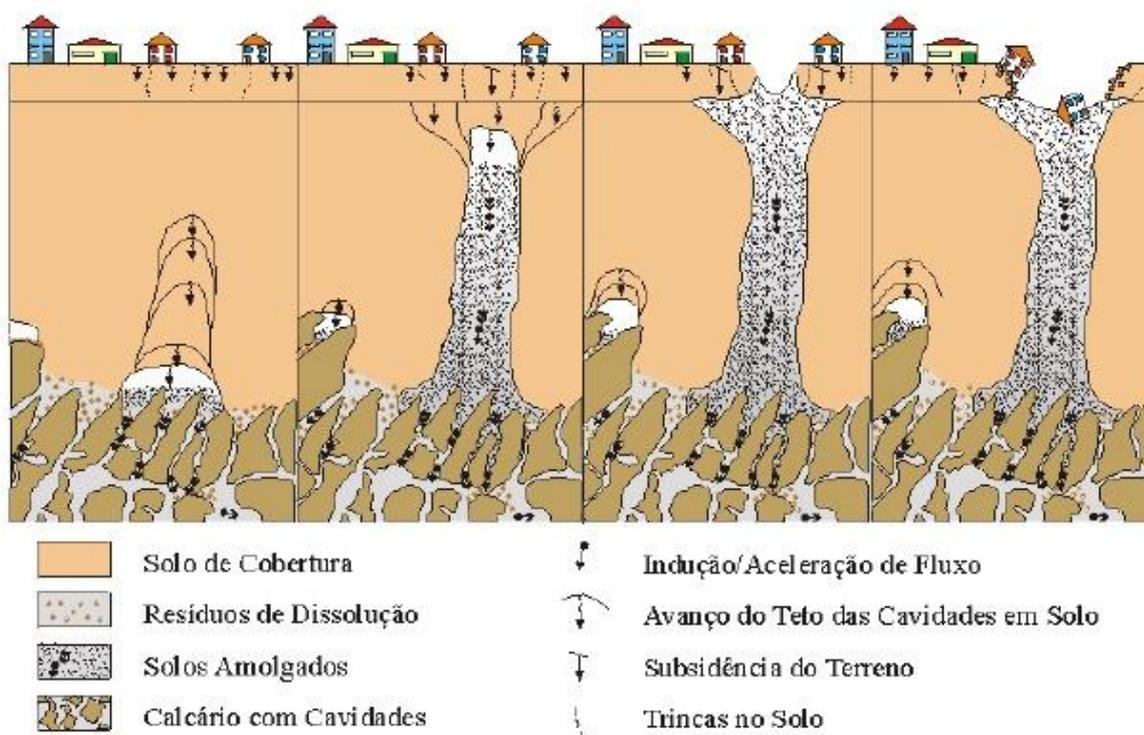


Figura 1: Imagem demonstrativa do processo erosivo em estudo.

2. GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO

A região de estudo está localizada ao norte da bacia hidrográfica do rio Grande na região Oeste do Estado da Bahia (figura 2). Geologicamente está inserida sobre o Grupo Urucuia, formado a partir de sedimentação Neocretácea em ambientes eólico e fluvial, associados às Coberturas Fanerozoicas do Cráton do São Francisco denominada de bacia intracontinental Sanfranciscana segundo o trabalho de SGARBI, 1989. A estratigrafia da área é representada pelo Grupo Bambuí formando o embasamento pelas seqüências de rochas pelítico-carbonáticas neoproterozoicas e sobre este se encontra o Grupo Urucuia.

O Grupo Bambuí de idade neoproterozóica é considerado a mais importante unidade do embasamento da bacia Sanfransiscana, representado por uma associação de litofácies siliciclásticas e carbonáticas, na forma de sedimentos plataformais depositados em contexto exclusivamente marinho raso, abrangendo os estados de Minas Gerais, Bahia, e Goiás, (Gaspar, 2006).

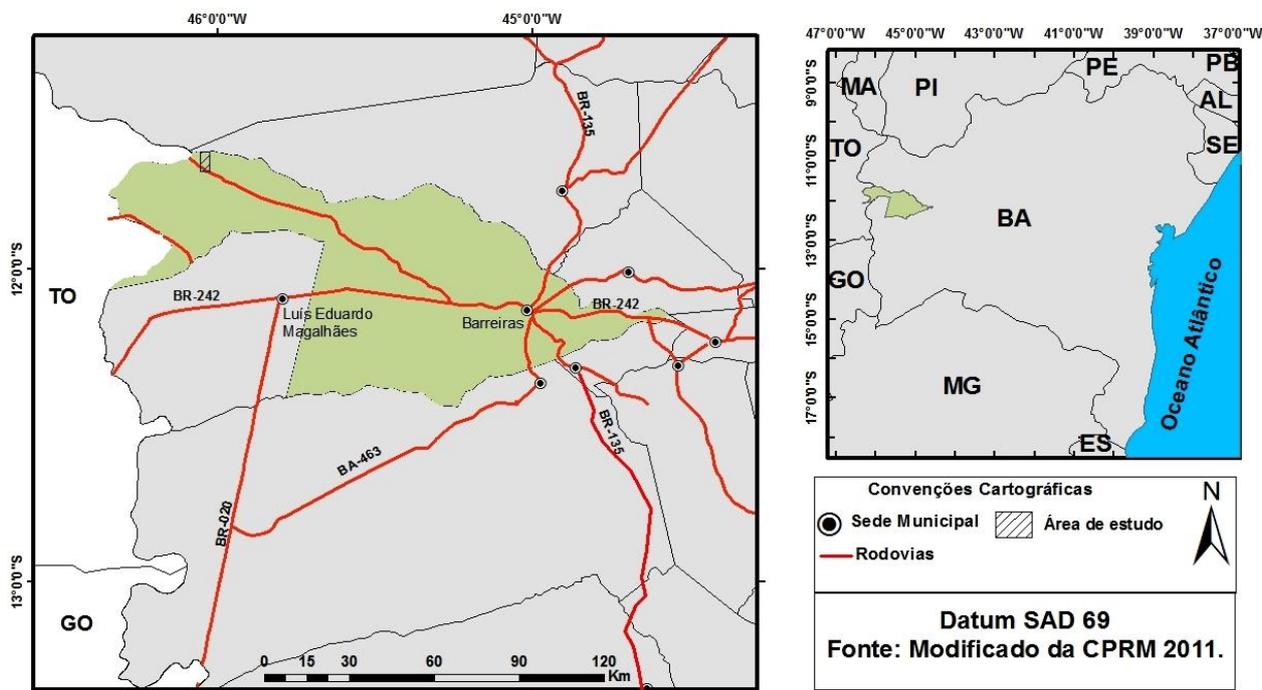


Figura 2: Localização da Área de estudo.

Segundo Campos e Dardene (1997), o Grupo Urucuia é caracterizado, como uma unidade Neocretácica, com espessura máxima de 400 metros, constituída por arenitos finos a grosseiros, alternados a níveis de pelitos, tendo na base arenitos conglomeráticos e conglomerados. É recoberto, em grande parte, por coberturas cenozóicas aluvionares, coluvionares e eluvionares relacionadas à Formação Chapadão.

No Grupo Urucuia são reconhecidas duas unidades litoestratigráficas principais a Formação Posse na base, que pode ser dividida em duas fácies representativas, fácies 1 e 2 e Serra das Araras no topo, representada por uma fácies única.

A Fácies I da Formação Posse é caracterizada por campos de dunas, devido à presença de estratificações cruzadas de grande porte, ausência de matriz argilosa detrítica e estruturas de deslizamento de grãos na porção frontal das dunas. Esta fácies é constituída por arenitos de granulometria que varia de muito fina, fina e média, apresentando maturidade textural e mineralógica. Ocorrem níveis conglomeráticos, com seixos do próprio arenito e quartzitos, em qualquer posição estratigráfica. A Fácies 2 é resultado de uma sedimentação fluvial entrelaçado, devido a presença de estratificações cruzadas tabulares e tangencias de pequeno porte e estratos plano paralelos mais raros. Esta é composta por arenitos feldspáticos e quartzos arenitos brancos,

finos, por vezes argilosos, sendo bem selecionados e com grau de maturidade inferior aos da fácies¹, segundo Campos & Dardene, 1997.

A Formação Serra das Araras é constituída por arenitos, argilitos, e conglomerados com coloração avermelhada, intercalados em bancos plano-paralelos com espessuras variando de 50 cm a 2 metros. Os arenitos são polimodais, silicificados, vermelhos e com níveis amarelados. Os arenitos apresentam maturidade composicional e maturidade textural, níveis de conglomerado são constituídos por seixos de quartzo, quartzitos, arenitos da própria seqüência, feldspatos caolinizados e matriz arenosa, com as mesmas características texturais dos arenitos intercalados.

A Formação Chapadão representam as coberturas cenozoicas inconsolidadas predominantemente arenosas da Bacia Sanfranciscana, sendo classificadas como aluvionares, coluvionares e eluvionares. A sedimentação predominantemente é areno-argilosos com níveis lateritizados e cascalhos.

3. HIDROGEOLOGIA DO AQUÍFERO URUCUIA

Segundo o trabalho de Campos e Dardenne (1997) definem o Sistema Aquífero Urucuiá como um conjunto de aquíferos que ocorrem em arenitos flúvio-eólicos do Grupo Urucuiá, Neocretáceo da bacia Sanfranciscana, que compõe a maior parte da cobertura fanerozóica do Cráton do São Francisco. O SAU enquadra-se na província hidrogeológica São Francisco, é do tipo intergranular, composto por uma unidade geológica sedimentar, constituída de quartzo arenitos e arenitos feldspáticos eólicos, bem selecionados, com presença de níveis silicificados, segundo Gaspar *et al.*, 2012). Ainda segundo esse mesmo autor, o SAU compreende um importante reservatório de água subterrânea do Brasil, ocorrendo principalmente na região do oeste do estado da Bahia, estendendo-se desde o extremo sul do Maranhão e Piauí, até o extremo noroeste de Minas Gerais. Deste modo, esse sistema representa a principal fonte de água subterrânea do oeste baiano, além de contribuir com uma parcela significativa para o fluxo de base das vazões dos afluentes da margem esquerda do Rio São Francisco.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Durante os estudos foi realizado um mapeamento geológico de campo, foi observado a existência de três tipos principais de dutos classificados como sem colapso, com colapso parcial e colapso progressivo associados à presença de voçorocas.

A atuação desse mecanismo aponta para o fato de que a ocorrência das voçorocas pode envolver processos mais complexos que aqueles resultantes apenas de evolução da incisão de um

canal causada pela enxurrada que, vão interligando entre si e formando grandes canais que podem atingir até 2 metros de profundidade e podem se transformar em um canal permanente.

É importante destacar que isto ocorre em solos com textura argilosa (41 a 45% de argila) a franco-argilosa (22 a 35%). A extrema colapsividade desses solos demonstra que, apesar da grande proporção de argila, eles tendem a se comportar como solos com textura mais de silte e areia fina, em decorrência da aglutinação da fração argila, como demonstrado por Figueiredo *et al.* (1999).

Os dutos sem colapso, apesar de não estar associados às voçorocas, a ocorrência desse tipo de duto leva ao aparecimento de linhas de depressão superficiais (fotos 1 e 2), que favorecem acumulação de água de escoamento e ao desenvolvimento de ravinas segundo Bull & Kirkby, 1997. Como os tetos dos túneis não apresentarem colapso, para estes ainda não existem uma causa bem definida que explique estas ocorrências, mesmo com o desenvolvimento dos processos de retirada de material fino da sub-superfície, podendo ainda atingir o colapso do teto. Como são solos, pobres em bases trocáveis e em percentual de silte (mesmo no caso dos Cambissolos), o que não permite enquadrá-los entre aqueles com características intrínsecas favoráveis ao desenvolvimento de dutos, como descritos por Bull & Kirkby (1997) e Pierson (1983).

Fonte: Arquivo pessoal Arquivo pessoal, Pereira. D. A



Fotos 1 e 2. Linha de depressão superficial e duto em estrada de asfalto na BA-459

A cobertura vegetal de área pesquisada é bastante homogênea composta por cerrado, onde é caracterizada por campos limpos e fundos dos vales ocorre às mata galeria. A ocorrência desse tipo de duto leva o aparecimento de linhas de depressão superficiais, que favorecem acumulação de água de escoamento e ao desenvolvimento de ravinas, segundo o trabalho de Bull & Kirkby, 1997.

Também foi observado em campo o aparecimento de dutos sem colapso (foto 3 e 4), mas estão associados à presença de voçorocas e ocorrem ao longo das paredes das voçorocas, aparecendo em todos os tipos de solos, não foi possível fazer uma associação com algum tipo específico de causa para a ocorrência dos mesmos. Esses dutos (fraturas) variam em grande número e distribuem por toda parede das voçorocas, podendo atingir até 2,0 m de profundidade ou mais.

Fonte: Arquivo pessoal Arquivo pessoal Pereira. D. A



Fotos 3 e 4. Dutos em latossolos vermelho-amarelo, sem colapso do teto.

Os dutos mais profundos localizam-se, em geral, no contato solo/saprólito. Têm sua gênese, como descrita por Pierson, 1983 e Bull & Kirkby, 1997, atribuída à perda de finos provocada pela diferença de velocidade de infiltração entre o solo e o saprólito. Os dutos ou fraturas com colapso parcial, em primeiro momento não desenvolvem as voçorocas e também não estão conectadas a nenhuma delas (foto 3 e 4). Algumas geralmente podem iniciar um processo de expansão por colapso dos tetos, acompanhado de uma erosão superficial. Também não foram identificadas outras posições nas vertentes, que indicasse outros fatores e mecanismos que podem estar envolvidos na ocorrência dos mesmos.

Fonte: Arquivo pessoal Pereira. D. A



Foto 5 e 6. Colapso parcial das paredes da voçoroca e interligação de rede canais.

Já os dutos com colapso progressivo apresentam amplas ramificações da voçoroca, nesse tipo de duto (ou fraturas) o colapso do teto ocorre próximo do canal principal da voçoroca, em decorrência do piping em direção ao canal da voçoroca. O colapso do teto ocorre ao longo do canal formado pelo fluxo subsuperficial, evoluindo para um canal superficial, que passa a funcionar como uma ramificação de vários canais (foto 7 e 8). Estes canais estão presentes predominantemente nas baixas e médias vertentes, em latossolos vermelho-amarelos, com baixa capacidade de troca catiônica, ácidos, pobres em matéria orgânica.

Fonte: Arquivo pessoal Pereira. D. A



Foto 4. Colapso progressivo e evolução de uma voçoroca em latossolos vermelhos amarelo.

5. CONCLUSÃO

Como as evidências da ação do piping no processo das voçorocas, como a ocorrência de duto ou fraturas em todas as paredes das voçorocas mapeadas, ou também nos próximos a elas, os dados levantados em campo não permitem identificar e quantificar, na área, a magnitude e intensidade dessa participação. Mas é possível observar, contudo, que os dutos ou fraturas estão associados tanto ao processo de recuo das cabeceiras, quanto ao nível de expansão das paredes das voçorocas, bem como o aumento do número de ramificações, comprovando que na área estudada que o piping é um dos processos mais importantes na formação e evolução de voçorocas.

Os mecanismos de sua formação, ainda são poucos compreendidos, embora seja possível estabelecer uma relação entre o desenvolvimento dos dutos e a concentração de água subsuperficial. Segundo o trabalho de Palmer, (1991) para ocorrer o piping é necessária a criação de espaço sob os arenitos, o que só poderia ser feita pelo desenvolvimento de um sistema cárstico profundo, em ambiente freático, nas rochas carbonáticas do embasamento. Isto ocorre porque o arenito possui maior permeabilidade, por onde flui a maior parte da água. Neste estágio, todas as discontinuidades nos carbonatos recebem água na mesma proporção, mas com o passar do tempo algumas fraturas se alargam com a carstificação, até que alguns setores dos carbonatos adquirirem maior permeabilidade e menor resistência, por onde então, concentram-se fluxos da água subterrânea.

Com a abertura das fraturas e o desenvolvimento dos condutos em profundidade nas rochas calcárias permite que uma parte dos grãos de arenitos sejam transportados mecanicamente para dentro do aquífero cárstico. Com a evolução de processo são gerados vazios que crescem de maneira ascendente nos arenitos, com isso, formando dolinas de colapso, e até pontos de injeção na

superfície. Com a evolução do processo de subsidência, iniciado e mantido pelo sistema cárstico, os arenitos podem desenvolver porosidade secundária, acentuando a erosão subterrânea nos arenitos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BULL, L.J. & KIRKBY, M.J. (1997) **Gully processes and modelling. Progress in Physical Geography**, 21(3): 354-374.

CAMPOS, J. E. G. E DARDENNE, M. A. 1997. **Estratigrafia e sedimentação da bacia Sanfranciscana**. Revista Brasileira de Geociências, 27, 269-282.

GASPAR, M.T.P. **Sistema Aquífero Urucua: caracterização regional e propostas de gestão**. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília – DF. 2006.

GASPAR, M. T. P.; CAMPOS J. E. G., MORAES R. A. V. **Determinação das espessuras do Sistema Aquífero Urucua a partir de estudo geofísico**. Rev. bras. geociência. 2012.

FIGUEIREDO, M.A.; AUGUSTIN, C.H.R.R. & FABRIS, J.D. (1999) **Mineralogy, size, morphology and porosity of aggregates and their relationship with soil susceptibility to water erosion**. Yperfine Interactions, v.1 (122):177-184.

LIMA, M. C. **Contribuição ao Estudo do processo evolutivo de voçorocas na área urbana de Manaus**. Brasília, 1999. 150p. Dissertação de Mestrado em Geotecnia – Universidade de Brasília.

MAURO, J. R. **Carta de susceptibilidade à erosão da área para bacia do Prosa, Campo Grande – MS: Escala 1:15.000**. Ilha Solteira, 2001. Tese de Mestrado – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.

OLIVEIRA, L. M. (1997). **A gestão de riscos geológicos urbanos em áreas de carste**. Monografia de Especialista em Gestão Técnica do Meio Urbano (PUC-PR), Curitiba.

PRUSKI, FERNANDO FALCO, **Conservação do solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**, editor. – Viçosa: Ed. UFV, 2006.

WRAY R.A.L. 1997. **Quartzite dissolution: karst or pseudokarst? Cave and Karst Science**, 24(2):81-86.

PIERSON, T.C. (1983) **Soil pipes and slope stability**. Q. J. Eng. Geol., v.16:1-11.

PALMER A.N. 1991. **Origin and morphology of limestone caves**. Geol. Soc. Am. Bull., 103:1-21.

POLIZER, M. **Material de apoio da disciplina de Áreas Degradadas**, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2004.

SGARBI G.N.C. Geologia da Formação Areado. Cretáceo Inferior a Médio da Bacia Sanfranciscana, Oeste do estado de Minas Gerais. Rio de Janeiro (RJ). 1989. 324p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.