

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

MSC. HENRIQUE SIMÃO PONTES

**PATRIMÔNIO GEOLÓGICO CÁRSTICO EM ROCHAS ARENÍTICAS E  
POLÍTICAS PÚBLICAS DE GEOCONSERVAÇÃO, COM BASE EM  
ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA (PR)**

Projeto Individual de Pós-Graduação  
apresentado para o Programa de Pós  
Graduação em Geologia – Doutorado em  
Geologia Ambiental da Universidade Federal  
do Paraná (UFPR).

Prof. Dr. Luiz Alberto Fernandes (orientador)

CURITIBA  
Março/2016

## 1- Introdução

O presente projeto de pesquisa tem como conceito chave o carste não carbonático, tendo como recorte espacial de estudo a área de afloramento dos arenitos silicilásticos da Formação Furnas (Siluriano/Devoniano) e do Arenito Vila Velha (Carbonífero/Permiano) pertencente à Formação Campo Mourão (borda leste da Bacia Sedimentar do Paraná) no município de Ponta Grossa.

Os arenitos da Formação Furnas, pertencentes ao Grupo Paraná, foram depositados desde o final do Siluriano até o início do Devoniano, entre 395 e 421 milhões de anos (GUIMARÃES et al., 2007). Esta unidade geológica é constituída predominantemente de arenitos quartzosos, cimentados por argilominerais (caulinita e illita). Os arenitos estão dispostos em sets de espessuras de 0,5 a 5 metros com geometria tabular, lenticular e cuneiforme, exibindo marcante estratificação cruzada planar, tangencial na base ou acanalada (ASSINE, 1996). O mesmo autor propôs uma subdivisão da Formação Furnas em três unidades: inferior, média e superior, contrapondo-se, Lobato e Borghi (2005) propuseram uma subdivisão desta unidade geológica em quatro intervalos específicos, destacando que o intervalo II é subdividido em A e B.

O Arenito Vila Velha pertence à Formação Campo Mourão e assenta concordantemente sobre arenitos conglomeráticos e ritmitos argilo-arenosos do Grupo Itararé. Este Grupo foi subdividido nas formações Campo do Tenente, Mafra e Rio do Sul por Schneider et al. (1974), porém França & Potter (1988) apresentaram uma subdivisão diferente, nas formações Lagoa Azul, Campo Mourão e Taciba. O Arenito Vila Velha constitui-se essencialmente por arenitos avermelhados com seleção variável, de granulação fina a grossa, com níveis seixosos na parte basal. Quartzo, feldspatos (em parte caulinizados), moscovita, clorita e granada são descritos como minerais constituintes (Maack, 1946 e Melo et al, 2007). Conforme França, Winter e Assine (1996) estes arenitos formam platôs, onde ocorre o famoso relevo ruiforme de Vila Velha, e possuem espessuras máximas de cerca de 30 metros e extensão lateral de centenas a mais de mil metros.

Praticamente toda a área de afloramento da Formação Furnas e do Arenito Vila Velha apresenta estruturas tectônicas, como falhas, lineamentos, *canyons*, fendas e fraturas, distribuídas em duas direções principais, relacionadas ao Arco de Ponta Grossa (NW-SE) e a estruturas do embasamento do Proterozóico (NE-SW), conforme aponta Zalán et al. (1990). Este arcabouço estrutural facilita a ação erosiva das águas superficiais e subterrâneas sobre a rocha, e estas descontinuidades são pontos preferenciais para a formação de dutos e galerias subterrâneas.

É comum relacionar a ocorrência de um relevo cárstico ou feições cársticas com uma litologia específica, composta por material carbonático, como os relevos desenvolvidos em metacalcários, metadolomitos e mármore, que apresentam rios subterrâneos, dolinas e cavernas repletas de grandes depósitos minerais (espeleotemas) e com grandes dimensões de desenvolvimento. Como exemplo, podem-se citar as cavernas do Vale do Rio Ribeira no Estado do Paraná, pertencente à região cárstica do Açungui (Oliveira-Galvão, Jansen e Lima, 2009), como as Grutas do "Varzeão" e "Dá a Volta", ambas com mais de dois mil metros de extensão. Porém, a presença de diversas feições cársticas no relevo desenvolvido sobre os arenitos da Formação Furnas e da Formação Campo Mourão, que apresentam processos genéticos semelhantes aos que condicionam a existência de feições cársticas em áreas carbonáticas, sustenta a proposta de classificar a área de afloramento destas unidades geológicas como uma das regiões cársticas brasileiras.

Há quase seis décadas poucos trabalhos apontaram sobre a possibilidade de carstificação nestas rochas, porém há fortes argumentos que sustentam esta hipótese. O pioneiro, considerado uma das referências mais antigas sobre o tema, o artigo de Maack (1956), seguidos pelos estudos de Soares (1989) e Melo (2007) abordam sobre a ocorrência de dissolução na gênese de feições do relevo da Formação Furnas. Posteriormente, Melo (2010), Pontes (2010), Massuqueto (2010), Melo et al. (2011), Hardt (2011), Flügel Filho (2012), Pontes (2014) e Melo et al. (2015) apresentam o relevo sobre as rochas da Formação Furnas como um sistema cárstico típico, formado em rochas não carbonáticas. Wray (1997), Melo (2006), Hardt (2011) e Letenski et al. (2011) descrevem a ocorrência de dissolução na formação das feições do relevo no Arenito Vila Velha, caracterizando a existência de processos cársticos.

O conceito de carste passou por importantes transformações no meio científico nas últimas décadas, e o processo de carstificação passou a ser interpretado apresentando dois momentos, um onde o intemperismo geoquímico é ativo, formando porções de alteração na rocha sem a presença de vazios, e um segundo momento onde a hidrodinâmica entra em ação. Este processo que envolve a dissolução da rocha *in situ* em ambiente subterrâneo e posterior remoção mecânica do material alterado é denominado de primocarste por Rodet (1996) e Hardt e Rodet (2012) e de fantomização por Bruxelles, Quinif e Wiénin (2009). Em rochas areníticas e quartzíticas, especificamente, Martini (1979) e Jennings (1983) denominam de arenisação este processo, que coincide com o primocarste/fantomização. A identificação de feições típicas de áreas cársticas nas rochas da Formação Furnas e no Arenito Vila Velha, como cavernas, rios subterrâneos (sumidouros e ressurgências), dutos e cúpulas de dissolução, canais de teto, espeleotemas e, mais recentemente, conforme trabalho de Pontes (2014), o registro de alteritas na Formação Furnas (especificamente isoalteritas – alterações de porções na rocha sem a perda do volume), possibilita a afirmação da ocorrência do processo do primocarste ou fantomização e a classificação da área em questão como uma região cárstica não carbonática. Hardt (2011) também identificou alteritas no Arenito Vila Velha, atribuindo o mesmo processo na gênese das feições cársticas nesta rocha. Os trabalhos de Pontes (2014) também indica que há uma organização espacial na ocorrência de cavernas, dolinas e depressões no terreno que torna passível de classificar este relevo como um sistema cárstico.

Dentre os estudos que adotam a abordagem do carste não-carbonático, envolvendo situações de ocorrência em rochas siliciclásticas, em diversas regiões do mundo, citam-se as contribuições de Renault (1953), Maack (1956), White, Jefferson e Haman (1966), Mainguet (1972), Marescaux (1973), Martini (1979), Jennings (1983), Young (1988), Galan e Lagarde (1988), Soares (1988), Soares (1989), Urbani (1990), Rodet (1996), Wray (1997), Corrêa Neto e Baptista Filho (1997), Willems (2000), Hardt (2003), Melo (2006), Melo e Giannini (2007), Wray (2009), Bruxelles, Quinif e Wiénin (2009), Melo (2010), Pontes (2010), Massuqueto (2010), Melo et al. (2011), Hardt (2011), Hardt e Rodet (2012), Flügel Filho (2012), Pontes (2014) e Melo et al. (2015).

No entanto, ainda há resistência da comunidade científica contra este novo entendimento sobre o conceito de carste e sobre a classificação de carste não carbonático do relevo sobre as rochas da Formação Furnas e do Arenito Vila Velha. Nas referências clássicas ainda tem-se a compreensão que carste só ocorre em rochas carbonáticas, excluindo a possibilidade de a dissolução ser um processo condicionante na formação de feições e formas de relevos em outros tipos de rochas, a exemplo de arenitos siliciclásticos. A falta de consenso acadêmico sobre a nova conceituação de carste fragiliza a criação de políticas públicas de geoconservação que englobem as características físicas específicas deste tipo de relevo.

Esta desatualização de conceituação deixa o tema marginalizado perante os gestores públicos, e em consequência disso, as ações dos órgãos públicos de licenciamento e fiscalização ambiental, também se fragilizam por falta de procedimentos técnicos e administrativos que abordem especificamente a questão e exijam estudos técnicos sobre áreas que apresentem feições cársticas em litologias não carbonáticas. A combinação destes fatores deixa em risco a geoconservação do patrimônio geológico cárstico em rochas areníticas, a exemplo da Formação Furnas e do Arenito Vila Velha da Formação Campo Mourão, visto a crescente demanda por recursos minerais e energéticos e a forte expansão do uso do solo com finalidade agrícola extensiva e de florestamento comercial.

Com este plano de fundo, o presente projeto de pesquisa parte da seguinte pergunta de partida: *“as singularidades espeleológicas e cársticas desenvolvidas em rochas areníticas estão sendo consideradas nas políticas públicas e nos processos de licenciamento ambiental a fim de garantir a geoconservação deste patrimônio?”*. Porém, para responder esta questão é importante destacar quais são estas singularidades espeleológicas e cársticas. Este trabalho irá incluir neste contexto as feições que são consideradas chaves para o enquadramento da região como cárstica, pois são evidências da ação de processos de dissolução na rocha, como os espeleotemas, dutos, cúpulas e bacias de dissolução, alvéolos, canais de tetos e alteritas.

Esta pesquisa pretende fazer um trabalho sistemático sobre as feições cársticas das rochas em questão, a fim de sustentar a hipótese de ocorrência de carste nestas rochas e concretizar esta classificação como uma teoria. A partir disso, será analisado o atual panorama da gestão do patrimônio espeleológico e os desafios para a geoconservação das cavernas areníticas da região supracitada, a fim de apontar perspectivas que unam a proteção deste patrimônio com o desenvolvimento econômico regional.

## **2- Justificativa**

A ciência do carste passou por significativos avanços nas últimas décadas, principalmente devido ao aumento das explorações dos ambientes subterrâneos (endocarste), refinamento nas pesquisas (com análises laboratoriais diversas) e realização de levantamentos sistemáticos nos relevos com ocorrência de feições cársticas. Isto resultou na evolução do conceito de carste, incluindo a possibilidade de ocorrência de processo cárstico em rochas outrora consideradas inertes pela literatura clássica. Porém, ainda é notável a resistência acadêmica frente à aceitação de classificar relevos siliciclásticos como áreas cársticas, tais como os desenvolvidos nas rochas da Formação Furnas e Arenito Vila Velha do Grupo Itararé.

Há feições desenvolvidas nestas unidades geológicas com as quais ainda não foram realizados levantamentos sistemáticos com a finalidade de identificar padrão de desenvolvimento, relacionando com características estratigráficas (composição granulometria, estruturas sedimentares, descontinuidades tectônicas), entre outras características que possam sustentar a hipótese aqui apresentada e solidificá-la como uma teoria.

Paralelo às discussões acadêmicas de classificar como carste ou não o relevo em questão, as políticas públicas ainda não abrangem por completo estas áreas, apresentando verdadeiras lacunas na legislação das esferas municipal, estadual, e federal. As áreas de ocorrência do carste arenítico ainda não são incluídas como locais onde deve ser obrigatória a realização de estudos cársticos de detalhe para processo

de licenciamento de empreendimentos com alto potencial de impacto ambiental negativo, como usinas hidrelétricas e mineração.

As áreas inundadas por barragens de hidrelétricas e a exploração de areia através do hidrodemonte são atividades econômicas que geram sérios riscos a geoconservação regional, principalmente devido às diversas falhas existentes nos processos de licenciamento ambiental destes empreendimentos e ineficiência nas fiscalizações dos órgãos competentes. Estas atividades econômicas proporcionam elevado risco de supressão de cavidades subterrâneas, afloramentos rochosos e, por consequência, diversas feições que evidenciam a ocorrência de processos cársticos. Destaca-se também o risco ao patrimônio paleontológico (icnofósseis) e arqueológico (pinturas rupestres) que em diversas situações estão associados às cavidades subterrâneas.

O eixo de crescimento da cidade de Ponta Grossa na sua porção leste está avançando sobre a área cárstica em questão, o que potencializa o risco de supressão do patrimônio geológico arenítico. Tal fato também possibilita a ocorrência de problemas geotécnicos nas construções, uma vez que a presença de decalques no relevo (depressões no terreno) e nível do lençol freático próximo da superfície (e por vezes aflorando em determinados períodos do ano) pode danificar estruturas dos imóveis e causar diversos problemas às pessoas que habitam estes locais.

Visto isso, é de grande importância estudar sistematicamente as feições cársticas areníticas em questão para buscar evidências que concretize a classificação do relevo desenvolvido sobre estas rochas como uma das regiões cársticas brasileira, possibilitando que tal classificação seja uma teoria e não apenas uma hipótese. A partir disso, é preciso inventariar e valorar o patrimônio cárstico e espeleológico desenvolvido em arenitos no município de Ponta Grossa, realizando um estudo de detalhe das feições cársticas em questão, para que seja possível apontar medidas que atualizem as políticas públicas e procedimentos técnicos, principalmente àqueles voltados para o licenciamento de atividades econômicas que proporcionem riscos à conservação do patrimônio geológico.

### **3- Objetivos**

#### **3.1- Objetivo Geral**

Caracterizar singularidades espeleológicas e cársticas desenvolvidas em arenitos a fim de analisar as políticas públicas sobre conservação deste patrimônio geológico no município de Ponta Grossa (PR), assim como de procedimentos técnicos/administrativos correlatos na esfera federal, estadual e municipal.

#### **3.2- Objetivos específicos**

- Definir critérios, inventariar e valorar o patrimônio cárstico, espeleológico e paleontológico desenvolvidos em arenitos no município de Ponta Grossa.
- Identificar usos do território que proporcionem riscos à conservação do patrimônio geológico.
- Propor diretrizes de avaliação, seleção, monitoramento, como medidas de geoconservação alinhadas às políticas públicas do patrimônio cárstico e espeleológico em arenitos.

#### 4- Materiais e Métodos

Para a identificação, inventário e valoração do patrimônio natural em questão serão realizados pesquisa bibliográfica e levantamentos de campo (estratigráficos, elaboração de seções geológicas, para caracterização faciológica e identificação e descrição de alteritas) envolvendo exploração e prospecção em cavernas, afloramentos rochosos e depressões no terreno (dolinas). Serão realizadas análises de feições que são consideradas chaves para o enquadramento da região como cárstica, tais como espeleotemas, dutos, cúpulas e bacias de dissolução, alvéolos, canais de tetos e alteritas, a fim de discutir a gênese destas formações. Estas análises seguirão uma sistemática que levará em consideração os seguintes fatores: 1) granulometria; 2) porosidade; 3) posicionamento litoestratigráfico; 4) estruturas sedimentares; 5) descontinuidades tectônicas, 6) intemperismo e; 7) padrão de ocorrência.

Para caracterização de processos formadores de feições cársticas serão realizadas análises petrológicas (óptica e eletrônica de varredura, espectrometria de energia dispersiva, difratometria de raios X) de amostras de rochas e espeleotemas. Serão utilizados laboratórios da UFPR: de Estudos Sedimentológicos e Petrologia Sedimentar (LabESed), de Análise de Minerais e Rochas (Lamir), o Centro de Microscopia Eletrônica (CME/UFPR), para análises de rochas e espeleotemas.

Nos espeleotemas serão realizadas análises microbiológicas, a fim de identificar possíveis influências de micro-organismos na formação de tais depósitos minerais, através do uso da técnica de DGGE (*Denaturing Gradient Gel Electrophoresis*). A Eletroforese em Gel com Gradiente Desnaturante, conforme Birbrair et al. (2006), é uma técnica que tem sido empregada em estudos da diversidade molecular e na análise da dinâmica populacional em comunidades bacterianas de diversos ambientes. Os estudos deste projeto levarão em consideração as similaridades físicas (formato, composição e coloração) entre os espeleotemas das cavidades subterrâneas de Ponta Grossa com os existentes em cavernas dos *Tepuys* Venezuelanos, os quais conforme Aubrecht et al. (2008) são formados a partir da ação de micro-organismos, sendo denominados de microbiolitos. Estas análises serão realizadas no Laboratório de Microbiologia do Departamento de Biologia Estrutural Molecular e Genética da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG).

As coletas de rochas serão realizadas apenas em locais com ocorrência de alteritas, com intuito de analisar as porções intemperizadas das rochas, tendo como expectativa três coletas de amostras para este estudo, porém ainda não foram identificadas as cavernas que serão amostradas. Para a coleta dos espeleotemas serão selecionadas quatro cavidades (ainda não definidas) onde serão extraídos no máximo três amostras em cada cavidade. A coleta de espeleotemas e rochas serão realizadas em locais estratégicos visando não impactar visualmente, não destruir a geodiversidade cavernícola e possibilitar futuras coletas para outras pesquisas que venham a ser desenvolvidas sobre o tema.

O estudo de políticas públicas municipais, estaduais e federais sobre o tema será feita mediante estudo de leis brasileiras sobre o patrimônio geológico, espeleológico e cárstico, assim como visitas e consultas aos órgãos ambientais competentes em cada esfera de governo (Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Ponta Grossa, Instituto Ambiental do Paraná – IAP, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA e Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM), com o intuito de identificar os procedimentos técnicos e administrativos de aplicabilidade dos dispositivos legais vigentes, principalmente frente ao licenciamento ambiental.

Para a geração de mapas temáticos (localização das feições, geologia, uso do solo, entre outros) será utilizado ambiente SIG – Sistemas de Informação Geográfica através do programa *Quantum GIS Enceladus 1.4.0.* (disponível para *download* na *internet*) e *softwares* CAD para desenho de mapas espeleológicos, como o programa livre *OCAD PRO 8.*

Esta pesquisa demandará a realização de trabalhos de campo para exploração, descrição e coleta de dados e materiais geológicos (rochas e espeleotemas). Estas atividades serão desenvolvidas com veículos e equipamentos próprios, bem como contará com apoio material, humano e financeiro do Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas - GUPE.

Dentre os equipamentos que serão utilizados durante esta pesquisa estão: caderneta de campo quadriculada para realização de seções geológicas e descrição faciológica e demais anotações; para coleta de amostras será utilizado martelo geológico para alteritas e canivete para espeleotemas; bússola geológica Brunton para medidas topográficas e geológicas; Trena Laser DISTO D810 touch Pack para mapeamento de cavernas e realização de medidas gerais; GPS Garmin para coleta de coordenadas dos pontos amostrados; tablet contendo o programa TopoDroid 2.2.6f para mapeamento de cavernas; equipamentos de técnicas verticais em espeleologia para prospecção e; equipamentos básicos de segurança (como perneiras, capacetes, lanternas, macacão, etc.).

## **5- Áreas trabalhadas dentro do Parque Estadual de Vila Velha**

Este projeto de tese irá desenvolver estudos em toda a área do Parque Estadual de Vila Velha, porém concentrará esforços na Gruta da Fortaleza e no Sistema Gruta das Andorinhas/Pedra Suspensa. Nestes locais, para o pleno desenvolvimento da pesquisa será necessário acesso irrestrito, uma vez que é necessária a prospecção espeleológica nos referidos ambientes.

Nestas duas cavidades subterrâneas situadas dentro do parque serão coletados no máximo uma amostra de alterita e seis de espeleotemas. Para as coletas serão seguidos procedimentos que visem o menor impacto visual/estético no local e que não proporcione perda da geodiversidade e nem afete a biodiversidade.

A amostra de alterita será coletada utilizando martelo geológico do tipo estratigráfico e antes da retirada do material serão considerados os seguintes critérios, a fim de não impactar a geo e biodiversidade do local: a) presença de espeleotemas; b) presença de espeleogens (formações erosivas espeleogenéticas); c) presença de estruturas sedimentares únicas; d) presença próxima ou no local de coleta de nidificação de espécies da fauna; e) presença de outras feições geológicas que venham a ser identificadas.

A coleta de espeleotemas será feita com o uso de um canivete, pois os espeleotemas são feições frágeis que demandam cuidado na retirada de exemplar, a fim de não danificar a amostra como também as feições vizinhas.

Os espeleotemas são feições que apresentam poucos centímetros de desenvolvimento (máximo 10 cm) e geralmente ocorrem em grupos com vários exemplares. Não serão retiradas amostras de pontos aonde a coleta venha exaurir tais feições, será escolhido ponto onde não gere impacto significativo, por isso será executada uma pré-contagem da quantidade desta feição na caverna para avaliar se a coleta será sustentável.

O presente projeto de pesquisa tomará todos os cuidados necessários para manter a integridade do patrimônio geológico e da biodiversidade da referida unidade



## 8- Custos e Fontes de Recursos

Os trabalhos de campo deste projeto de pesquisa terá apoio do Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas (GUPE), através de projeto aprovado pela Fundação Grupo Boticário para apoio financeiro, conforme edital aprovado no mês de dezembro de 2015.

A pesquisa também conta com a parceria do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio – Escritório Regional de Ponta Grossa/Parque Nacional dos Campos Gerais), principalmente na parte de logística de campo, e do Laboratório de Microbiologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), na realização de análises microbiológicas em espeleotemas.

Este projeto está em fase de solicitação de autorização de pesquisa em cavidades subterrâneas pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBIO (para estudo no Parque Nacional dos Campos Gerais) e pelo Instituto Ambiental do Paraná – IAP (para pesquisa no Parque Estadual de Vila Velha).

Os demais gastos oriundos da presente pesquisa serão custeados com recursos próprio do pesquisador.

## 9- Referências Bibliográficas

- AUBRECHT, R.; BREWER-CARÍAS, CH.; ŠMÍDA, B.; AUDY, M.; KOVÁČIK, L'. 2008. Anatomy of biologically mediated opal speleothems in the World's largest sandstone cave: Cueva Charles Brewer, Chimantá Plateau, Venezuela. *Sedimentary Geology* 203. 181–195.
- ASSINE, M. L. 1996. Aspectos da estratigrafia das seqüências pré-carboníferas da Bacia do Paraná no Brasil. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, São Paulo.
- BIRBRAIR, A.; COSTA, G. N. O.; ARGÔLO FILHO, R. C.; SANTOS, A. C. F.; REZENDE, R. P.; DIAS, J. C. T.; TEIXEIRA, J. M. 2006. Trabalho sobre diversidade genética entre os isolados de *Chromobacterium violaceum*, utilizando técnicas de biologia molecular. XII Seminário de Iniciação Científica da UESC Ciências Biológicas. pág. 142-144.
- BRUXELLES, L.; QUINIF, Y.; WIÉNIN, M. 2009. How can ghost rocks help in karst development? 15th International Congress of Speleology. 2009 ICS Proceedings, p. 814-819.
- CORRÊA NETO, A.V.; BAPTISTA FILHO, J. 1997. Espeleogênese em quartzitos da Serra do Ibitipoca, Sudeste de Minas Gerais. *Anuário do Instituto de Geociências – Volume 20 – p. 75-87.*
- FLÜGEL FILHO, J.C. 2012. Geossítio Sumidouro Córrego das Fendas, Ponta Grossa (PR): geodiversidade cárstica de um sistema subterrâneo e seus valores. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Geografia), Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Ponta Grossa.
- FRANÇA, A. B. & POTTER, P. E., 1988. Estratigrafia, ambiente deposicional e análise de reservatórios do Grupo Itararé (Permocarbonífero), bacia do Paraná (Parte I). *Boletim de Geociências da PETROBRÁS*, 2: 147-191.

FRANÇA, A.B.; WINTER, W.R.; ASSINE, M.L. 1996. Arenitos Lapa-Vila Velha: um modelo de trato de sistemas subaquosos canalobos sob influência glacial, Grupo Itararé (C-P), Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*,26(1):43-56.

GALAN, C; LAGARDE, J. 1988. Morphologie et evolution des caverns et forms superficielles dans les quartzites du Roraima (Venezuela). *Karstologia*, n. 11-12, p. 49 – 60.

GUIMARÃES, G. B.; MELO, M. S.; GIANNINI, P. C. F.; MELEK, P. R. 2007. Geologia dos Campos Gerais. In: MELO, M. S.; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná. 1. ed. Ponta Grossa: UEPG, cap. 2. p. 23- 32.

HARDT, R. 2003. Carste em arenitos: considerações gerais. XXVII Congresso Brasileiro de Espeleologia. Januária MG. Anais. Sociedade Brasileira de Espeleologia. (sem páginas).

HARDT, R. 2011. Da carstificação em arenitos. Aproximação com o suporte de geotecnologias. Tese (doutorado), Universidade Estadual Paulista - Instituto de Geociências e Ciências Exatas. 224 p.

HARDT, R.; RODET, J. 2012. O primocarste. um novo paradigma de carstificação e sua importância no carste não carbonático Anais do 9º SINAGEO - Simpósio Nacional de Geomorfologia. Rio de Janeiro / RJ. (sem páginas).

JENNINGS, J. N. 1983. Sandstone pseudokarst or karst? In: Young, R. W.; Nanson, G. C. Aspects of Australian Sandstone Landscapes. Wollongong: Australian and New Zealand Geomorphology Group Special Publication no.1.

LESTENSKI, R.; MELO, M.S.; GUIMARÃES, G.B.; PIEKARZ, G.F. 2011. Geoturismo no Parque Estadual de Vila Velha: nas trilhas da dissolução. In: CARPANEZZI, O.T.B.; CAMPOS, J.B., organizadores. Coletânea de pesquisas: Parque Estaduais de Vila Velha, Cerrado e Guartelá. p. 239-248.

LOBATO, G.; BORGHI, L. 2005. Análise estratigráfica da Formação Furnas (Devoniano Inferior) em afloramentos da borda leste da Bacia do Paraná. In: Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 3, Salvador. Anais. Salvador: IBP, p.1-6.

MAACK, R. 1946. Geologia e geografia da região de Vila Velha e considerações sobre a glaciação carbonífera do Brasil. Curitiba, Arquivos do Museu Paranaense, v.5, 305p.

MAACK, R. 1956. Fenômenos carstiformes de natureza climática e estrutural de arenitos do Estado do Paraná. Arquivos de Biologia e Tecnologia 11: 151–162.

MAINGUET, M. 1972. Le modelé des grès: Problèmes Généraux. Paris : Institut Géographique National. 228 p

MARESCAUX, M. G. 1973. Les Grottes du Gabon nord-oriental : un Karst dans l'oxyde de fer et la silice. Bulletin de l'Association de Géographes Français. Paris: 410, Juillet Octobre. p. 606-618.

MARTINI, J.E.J., 1979. Karst in black reef quartzite near kaapsehoop, eastern transvaal. Ann. South Afr. Geol. Surv. 13, 115-128.

MASSUQUETO, L.L. 2010. O sistema cárstico do Sumidouro do Rio Quebra-Perna (Ponta Grossa - PR): caracterização da geodiversidade e de seus valores. 81p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Geografia), Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Ponta Grossa.

MELO, M.S.. 2006. Formas rochosas do Parque Estadual de Vila Velha. Ponta Grossa: Editora UEPG, 145p.

MELO, M. S.; BOSETTI, E. P.; GODOY, L. C.; PILATTI, F. 2007. Vila Velha, PR: Impressionante relevo ruiforme. In.: SCHOBENHAUS, C. /CAMPOS, D.A. / QUEIROZ, E.T. / WINGE, M. / BERBERT-BORN, M.. Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil. p. 269-277.

MELO, M. S.; GIANNINI, P. C. F. 2007. Sandstone dissolution landforms in the Furnas Formation, Southern Brazil. *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 32, p. 2149-2164.

MELO, M.S. 2010. Processos erosivos superficiais e subterrâneos em arenitos da Formação Furnas na região dos Campos Gerais do Paraná. Relatório Resumido. CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 20p.

MELO, M.S.; GUIMARÃES, G.B.; PONTES, H.S.; MASSUQUETO, L.L.; FIGURIM, I.; BAGATIM, H.Q.; GIANNINI, P.C.F. 2011. Carste em rochas não-carbonáticas: o exemplo dos arenitos da Formação Furnas, Campos Gerais do Paraná/Brasil e as implicações para a região. *SBE – Campinas, SP | Espeleo-Tema*. v.22, n.1. p. 81-97.

MELO, M.S.; GUIMARÃES, G.B.; CHINELATTO, A.L.; GIANNINI, P.C.; PONTES, H.S.; CHINELATTO, A.C.A.; ATENCIO, D. 2015. Kaolinite, illite and quartz dissolution in the karstification of Paleozoic sandstones of the Furnas Formation, Parana Basin, Southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 63 (2015) 20-35.

OLIVEIRA-GALVÃO, A. L. C.; JANSEN, D. C.; LIMA, M. F. 2009. Regiões cársticas do Brasil. CECAV/Instituto Chico Mendes. Brasília. Disponível em [http://www4.icmbio.gov.br/cecav/index.php?id\\_menu=362](http://www4.icmbio.gov.br/cecav/index.php?id_menu=362). Acessado em 09 de dezembro de 2015.

PONTES, H. S. 2010. Caverna da Chaminé, Ponta Grossa, Paraná. Exemplo de Relevo Cárstico na Formação Furnas. Monografia (Graduação em Bacharelado em Geografia) – Setor de Ciências Exatas e Naturais. UEPG.

PONTES, H.S. 2014. Espacialização de feições cársticas da Formação Furnas: ferramenta para gestão do território no Município de Ponta Grossa (PR). Dissertação de Mestrado – Programa de Pós Graduação em Geografia. Universidade Estadual de Ponta Grossa. 163p.

RENAULT, P. 1953. Caractères généraux des grottes gréseuses du Sahara méridional. *Anais I Congrès International de Spéléologie*. p. 275-289.

RODET, J. 1996. Une nouvelle organisation géométrique du drainage karstique des craies: le labyrinthe d'altération, l'exemple de la grotte de la Mansionnière (Bellou-sur-Huisne, Orne, France). *C. R. Acad. Sci. III* 322. 1039–1045.

SCHNEIDER, R. L.; MUHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R. A.; DAEMON, R. F.; NOGUEIRA, A. A. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGR. BRAS. GEOL., 28. Porto Alegre, 1974. *Anais... Porto Alegre, SBG*, v.I, p. 41-65.

- SOARES, O. 1988. Furnas dos Campos Gerais (Paraná): depressões pseudocársticas. Anais do 1º Congresso de Espeleologia da América Latina e do Caribe, Instituto de Educação de Minas Gerais - Belo Horizonte. p. 40-54.
- SOARES, O. 1989. Furnas dos Campos Gerais, Paraná. Curitiba: Scientia et Labor - XVII, 82 p.
- URBANI, F. 1990. Algunos comentarios sobre terminologia karstica aplicada a rocas silíceas. Bol. Soc. Venezolana Espel. (24). p. 5 – 6.
- WHITE, W. R.; JEFFERSON, G. L.; HAMAN, J. F. 1966. Quartzite karst in southeastern Venezuela. Speleology II. p. 309 – 314.
- WILLEMS, L. 2000. Phénomènes karstiques en roches silicatées non carbonatées. Cas des grès, des micaschistes, des gneiss et des granites em Afrique sahélienne et équatoriale. Thèse de doctorat, 257 p., 145 figs., 137 photos, Université de Liège, Belgique., Juillet 2000.
- WRAY, R.A.L., 1997. A global review of solutational weathering forms on quartz sandstones. Earth Sci. Rev. 42, 137-160.
- WRAY, R. A. L. 2009. Phreatic drainage conduits within quartz sandstone: Evidence from the Jurassic Precipice Sandstone, Carnarvon Range, Queensland, Australia. Geomorphology 110 p. 203–211..
- YOUNG, R. W. 1988. Quartz etching and sandstone karst: Examples from the East Kimberleys, northwestern Australia. Zeitschrift fur Geomorphologie 32: 409-423.
- ZALÁN, P. V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J. C. J; MARQUES, A.; ASTOLFI, M. A. M.; VIEIRA, I. S.; APPI, V. T.; ZANOTTO, O. A. 1990. Bacia do Paraná. In: GABAGLIA, G. P. R.; MILANI, E. J. Origem e evolução de Bacias Sedimentares. 2. ed. Rio de Janeiro: Gávea. Cap. Bacia do Paraná. p. 135- 168.