

A IMPORTÂNCIA DAS SONDAGENS DE SUBSUPERFÍCIE: ESTUDO DE CASO NOS BAIRROS ÓRFÃS E JARDIM CARVALHO, PONTA GROSSA - PR

Isonel Sandino Meneguzzo (Universidade Estadual de Ponta Grossa) E-mail: meneguzzo@uepg.br

Michelangelo Tissi Baldin (Universidade Estadual de Ponta Grossa) E-mail: mtbaldin@uepg.br

Samuel Ricardo Gaioski (Gaioski Engenharia) E-mail: gaioskiengenharia@gmail.com

Resumo: O artigo explora a relevância da execução de diferentes métodos de sondagens em obras no setor da construção civil, em áreas de ocorrência de rochas do Grupo Itararé e solos associados no espaço urbano de Ponta Grossa, estado do Paraná. Tomando por base a análise de laudos de sondagens, é possível evidenciar a complexidade do substrato geológico da área utilizada como recorte espacial, onde é recorrente a presença de solos moles. O estudo conclui que o emprego de diferentes métodos de sondagem é essencial para o fornecimento de informações de subsuperfície e, desta forma reduzir possíveis riscos de ordem geológico-geotécnica, quando da execução de projetos situados no contexto da Geologia de Engenharia.

Palavras-chave: Sondagens de subsuperfície; Grupo Itararé; Solos moles; Sondagem SPT.

THE IMPORTANCE OF SUBSURFACE SURVEYS: CASE STUDY IN THE NEIGHBORHOODS OF ÓRFÃS AND JARDIM CARVALHO, PONTA GROSSA – PR

Abstract: This article examines the applicability of various survey methods in construction projects within areas where rocks from the Itararé Group and associated soils are present in the urban area of Ponta Grossa, Paraná state. Based on the analysis of survey reports, it is possible to highlight the complexity of the geological substrate of the area used as a spatial cutout, where the presence of soft soils is recurrent. The study concludes that using different survey methods is essential to provide subsurface information and, thus, reduce possible geological-geotechnical risks when executing projects located in the context of Engineering Geology.

Keywords: Subsurface surveys; Itararé Group; Soft soils; SPT Tests.

1. Introdução

O espaço urbano de Ponta Grossa situa-se na porção oriental da Bacia Sedimentar do Paraná, onde ocorrem rochas pertencentes ao Grupo Paraná: (Formação Furnas e Formação Ponta Grossa) e Grupo Itararé (Formação Campo Mourão e Formação Lagoa Azul). Localmente, ocorrem também diques e soleiras de diabásio, correlacionáveis a Formação Serra Geral.

Diante da diversidade de litotipos presentes e da interação destes com os processos de intemperismo, diferentes produtos geológicos podem ser encontrados no espaço urbano de Ponta Grossa.

Cabe ressaltar que nos últimos anos, a cidade tem experimentado um incremento acentuado da construção de edifícios de grande porte, residências de dois pavimentos em alvenaria, dentre outras infraestruturas como industriais e comerciais. Consequentemente, tem ocorrido um aumento expressivo nas execuções de sondagens para identificação dos materiais geológicos existentes em subsuperfície, visando atender às demandas técnicas e legais, atualmente vigentes.

A presença tanto de solos, como de rochas, com características geológico-geotécnicas distintas no espaço urbano de Ponta Grossa (Meneguzzo; Melo, 2003; Melo; Gomes; Pereira, 2015; Geus *et al.*, 2021) suscita, portanto, o melhor entendimento do substrato geológico, para que medidas sejam

empregadas em consonância com as normas técnicas, visando minimizar a probabilidade de ocorrências de problemas de ordem geológico-geotécnica.

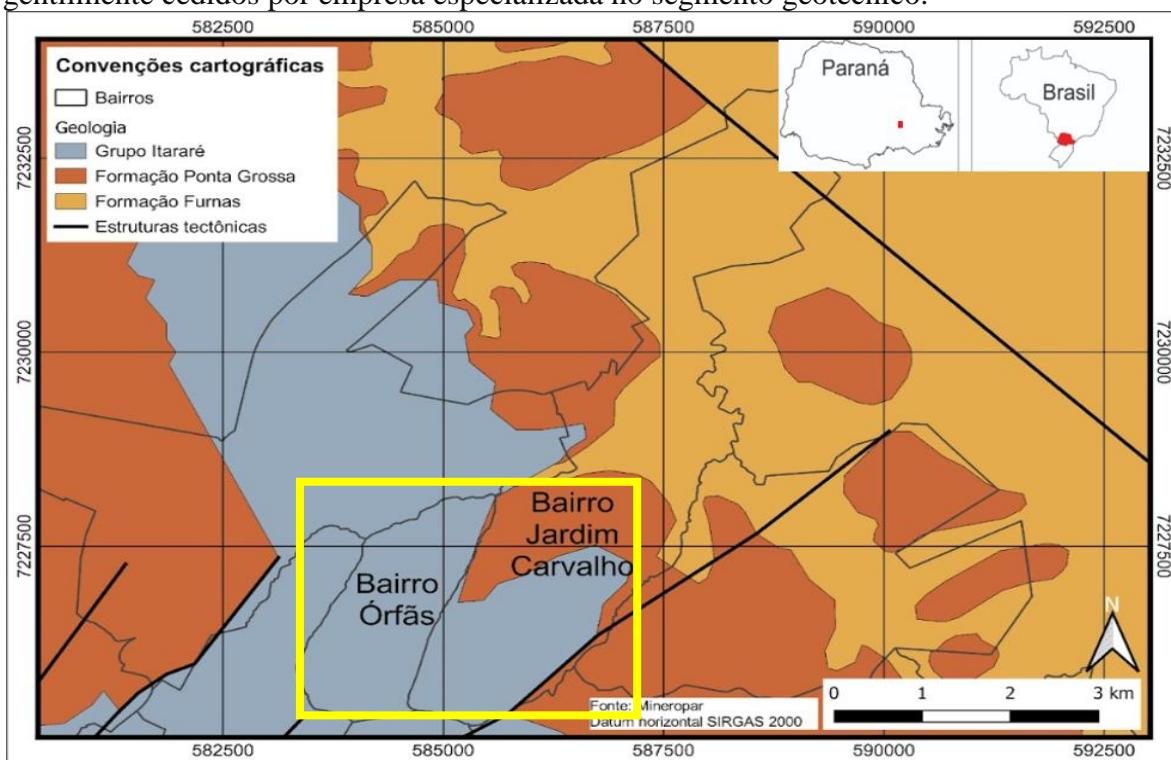
Geus *et al.* (2021) ao analisarem dados de sondagem SPT (*Standard Penetration Test*), no espaço urbano de Ponta Grossa, descreveram a ocorrência de solos, sob o ponto de vista da Geologia de Engenharia, com variação granulométrica bastante distintas, muitas vezes localizados numa mesma unidade geológica. Ainda de acordo com estes autores, ao estudarem solos da Formação Ponta Grossa e do Grupo Itararé, identificaram solos areno-argilosos, areno-siltosos, silto-argilosos, silto-arenosos, argilo-siltosos e argilo-arenosos.

Considerando a complexidade dos diferentes subambientes deposicionais da referida unidade litoestratigráfica, as rochas sedimentares, bem como os solos, derivados de processos de intemperismo atuantes nesta unidade litoestratigráfica, estes materiais possuem características geológicas e geotécnicas que merecem atenção por parte dos profissionais diretamente envolvidos na execução de projetos envolvendo infraestruturas urbanas. Diante do exposto, o artigo tem por objetivo evidenciar a importância da realização de sondagens em terrenos com ocorrência de rochas pertencentes ao Grupo Itararé, utilizando como referência a ocorrência de solos argilosos moles e muito moles e areias fofas e pouco compactas.

2. Materiais e métodos

2.1 Área de estudo

A área selecionada para o estudo, conforme ilustra a Figura 1, compreendeu dois bairros do espaço urbano de Ponta Grossa com ocorrência de rochas e solos vinculados ao Grupo Itararé. Os bairros foram selecionados considerando a disponibilidade de laudos de sondagens a percussão, gentilmente cedidos por empresa especializada no segmento geotécnico.



1 - Localização dos bairros Órfãs e Jardim Carvalho com destaque para a área estudada.

Figura

2.2 Revisão bibliográfica

O primeiro procedimento para a realização da pesquisa deu-se através do levantamento da bibliografia preexistente referente à área de estudo e envolveram o levantamento de informações sobre a geologia local. Foram consultadas bibliografias específicas a respeito do Grupo Itararé, unidade litoestratigráfica que ocorre em diversos bairros da cidade de Ponta Grossa.

2.3 Coleta e análise dos dados

Num segundo momento, foi realizada a análise integrada de 20 pontos de sondagem, coletados em diferentes locais da área objeto de estudo, onde ocorrem rochas e solos derivados do Grupo Itararé. A análise permitiu identificar a presença recorrente de solos classificados como moles e muito moles e, secundariamente, areias com compacidade fofa e pouco compacta.

Para os solos argilosos e siltosos muito moles os valores do índice de resistência à penetração padrão N_{SPT} (número de golpes do SPT - *Standard Penetration Test*) são inferiores a 2. Já os solos argilosos moles possuem o N_{SPT} entre 3 a 5.

Os solos arenosos fofos possuem $N_{SPT} \leq 4$. Os solos arenosos pouco compactos possuem N_{SPT} entre 5 e 8. Todos estes solos estão em uma faixa de baixa resistência mecânica, alta compressibilidade e suscetibilidade à deformação sob cargas aplicadas.

3. Aspectos geológicos do Grupo Itararé

O Grupo Itararé constitui uma unidade geológica complexa dentro da Bacia do Paraná, tanto do ponto de vista da deposição paleogeográfica quanto da organização cronoestratigráfica. Essa complexidade resulta, em grande parte, das condições glaciais que influenciaram seu processo de deposição, levando a uma diversidade significativa de fácies e sistemas deposicionais com uma distribuição vertical, lateral e temporal intrincada (Schneider *et al.*, 1974; Francisconi *et al.*, 1982).

As rochas sedimentares que compõem o Grupo Itararé, são de idade carbonífero-permiana e constituem-se numa complexa associação de litotipos, depositada sob condições flúvio-glaciais, glacio-marinhas e marinhas em consequência do degelo das geleiras (Milani; França; Schneider, 1994). O Grupo Itararé atinge espessuras superiores a 1000 metros na porção central da Bacia do Paraná, adelgazando progressivamente em direção às bordas norte e sul da unidade (França; Potter, 1988). Vesely (2006) argumenta que para o Grupo Itararé são atribuídos os seguintes litotipos essenciais: arenitos, diamictitos, folhelhos, siltitos, lamitos, ritmitos/fácies heterolíticas e conglomerados.

França e Potter (1988) propuseram um arcabouço estratigráfico com três ciclos ascendentes, de argilosidade crescente: Formação Lagoa Azul (base), Formação Campo Mourão (intermediária) e Formação Taciba (topo). Cada ciclo inclui membros com fácies diagnósticas, como o Membro Lontras (associado inicialmente ao topo da Formação Campo Mourão) e os membros Rio Segredo, Chapéu do Sol e Rio do Sul (Formação Taciba), compostos por arenitos, diamictitos e fácies heterolíticas, respectivamente.

No espaço urbano de Ponta Grossa ocorrem a Formação Campo Mourão e a Formação Lagoa Azul. Segundo Vesely *et al.* (2021) a Formação Lagoa Azul representa a unidade basal do Grupo Itararé, composta por depósitos glaciais continentais que se assentam sobre o embasamento ‘pré-Itararé’. São frequentes estruturas erosivas relacionadas à ação direta do gelo, indicando processos subglaciais ativos à época da deposição. Sobre a unidade basal ocorre a Formação Campo Mourão,

caracterizada pela presença do arenito Vila Velha, além de fácies finas como folhelho e ritmito. Essa associação litofaciológica indica sedimentação em ambiente lacustre ou estuarino, com influência glacial intermitente. Em discordância erosiva, instala-se a Formação Campo Mourão, predominantemente composta por arenitos finos a médios, interpretados como depósitos de canais distributários, barras e planícies de maré. São reconhecidas unidades informais - arenitos Lapa, Pedra Alta e Barreiro - que expressam variações locais no regime deposicional. A influência glacial é pouco expressiva, e o arcabouço sedimentar aponta para ambientes fluviais a marinhos.

4. Resultados e discussão

A partir da análise de laudos de sondagens, para a área objeto deste estudo, puderam ser identificados diferentes tipos de solo com relação ao seu índice de resistência à penetração (NsPT). Foram identificados solos argilosos moles, e muito moles, envolvendo profundidades que variaram entre 1m e 9m de profundidade. Dentre os dados obtidos, destacam-se os pontos 2, 3, 9, 12, 15, 16 e 18, por apresentarem maior representatividade geotécnica, conforme Tabela 1.

O Ponto 2, localizado nas coordenadas 25°05'05" S e 50°10'13" W, apresentou seis sondagens (SP1 a SP6), todas caracterizadas pela ocorrência de solos argilosos moles, com profundidades variando de 1 até 4 metros (SP3), além da transição para areia fofa e pouco compacta em diferentes profundidades, configurando um perfil estratigráfico intercalado e complexo. A recorrência desses perfis reforça a complexidade dos terrenos formadores do substrato urbano local, cuja gênese sedimentar se relaciona à dinâmica glaciolacustre típica das unidades do Grupo Itararé. A densidade e espessura dos horizontes moles sugerem um ambiente deposicional de baixa energia, típico de paleocanais ou zonas de acúmulo de finos orgânicos e argilosos. Adicionalmente, pode-se inferir que os processos intempéricos, atuantes ao longo do tempo geológico, também contribuem para a diminuição granulométrica destes solos, em comparação com camadas situadas em maiores profundidades.

O Ponto 3, situado nas coordenadas 25°04'31" S e 50°09'41" W, revelou presença de solo argiloso mole até 7 metros de profundidade, com continuidade entre diferentes sondagens (SP2 e SP3), e areia pouco compacta dos 5m aos 7m (SP1) o que pode indicar uma faixa geológica homogênea suscetível a recalques. Essa zona representa um dos perfis mais espessos registrados e evidencia uma unidade sedimentar de baixa capacidade de suporte. Essa condição sugere potencial instabilidade para fundações superficiais e a necessidade de soluções de engenharia específicas, como fundações profundas ou técnicas envolvendo sondagens rotativas e ensaios SPT-T, especialmente em regiões com maior espessura de sedimentos inconsolidados.

O Ponto 4, localizado nas coordenadas 25°04'05" S e 50°09'39" W na sondagem SP1 apresentou areia pouco compacta entre os 2m e 3 metros de profundidade. Por sua vez, o Ponto 5, situado nas coordenadas 25°05'03" S e 50°09'44" W, apresentou silte mole entre os 5m e 7m na sondagem SP5.

O Ponto 6, localizado nas coordenadas 25°04'30" S e 50°09'46" W apresentou areia pouco compacta dos 1m aos 3m de profundidade na sondagem SP1.

O Ponto 9, posicionado em 25°05'04" S e 50°09'53" W, destaca-se pela profundidade máxima de ocorrência de solo muito mole entre os pontos analisados, alcançando 9 metros no furo SP2. Essa magnitude de espessura impõe severas restrições geotécnicas e econômicas para a implantação de obras civis convencionais, exigindo atenção especial em projetos de fundação rasa e contenção.

Este dado, por si só, já justifica a necessidade de investigações mais detalhadas, com emprego de métodos complementares ao SPT, como ensaios de piezocone (CPTu), ensaios de laboratório mais completos ou sondagens rotativas com amostragem inalterada, a fim de melhor qualificar os parâmetros de resistência e deformabilidade desses materiais.

O Ponto 10, localizado nas coordenadas 25°04'28" S e 50°10'05" W apresentou na sondagem SP1 areias pouco compactas dos 2m aos 3m de profundidade.

Já o Ponto 14, situado nas coordenadas 25°05'00" Se 50°10'18" W apresentou na sondagem SP1 areias pouco compactas dos 1m aos 2m de profundidade.

O Ponto 15, fixado na posição 25°04'36" S e 50°09'17" W, mostrou um horizonte mole entre 2,15 m e 5,0 m de profundidade, indicando possível transição de camadas com variações litológicas dentro de um mesmo perfil geológico, algo comum nas formações do Grupo Itararé. Além disso, o ponto 15 revelou a presença de aterros de areias pouco compactadas e argilas sobre solos moles, o que exige análise diferenciada em projetos de fundações e estabilidade de taludes.

No ponto 16 nota-se a ocorrência de camadas de aterro superpostas a solos naturais moles, configurando perfis onde o histórico de intervenção antrópica agrava o comportamento geotécnico já naturalmente desfavorável dos materiais subjacentes. Nessas situações, tanto o processo de recalque diferencial quanto o risco de instabilidade em taludes urbanos são potencializados, exigindo projetos de fundação e contenção devidamente compatibilizados com a realidade geológica.

O Ponto 18, fixado na coordenada 25°04'34"S e 50°10'00"W, apresentou na sondagem SP1 areias pouco compactas entre 2 m e 3 m de profundidade, além de registrar a presença de aterros sobre argilas moles, configurando situações típicas de terrenos urbanos com intensa atividade antrópica.

O Ponto 20 situado na coordenada 25°04'40" e 50°09'10" apresentou areia compacta dos 6m aos 8m de profundidade na sondagem SP1.

Além disso, cabe ressaltar a ocorrência de camadas de aterro com mais de 2 metros de espessura, como verificado no Ponto 12, o que pode modificar significativamente as características naturais dos solos subjacentes e mascarar a interpretação do perfil geotécnico real, se não houver adequada caracterização estratigráfica.

Tabela 1 – Tabela com os dados de subsuperfície

Local	Coordenada						Textura			
Ponto 1	25°04'30" S 50° 09'48" W	SP1 Até 3m, argila mole	SP2 Até 2m, argila mole							Argilas
Ponto 2	25° 05'05" S 50°10'13" W	SP1 Até 2m, argila mole e areia fofa dos 2m aos 5m	SP2 Até 2m, argila mole e areia fofa dos 2m aos 3m	SP 3 Até 4m, argila mole, areia fofa dos 4m aos 5m	SP4 Até 4m, argila mole dos 2m aos 4m	SP5 Até 1m, argila mole	SP6 Até 4 m, argila mole	Argilas/Areias		
Ponto 3	25° 04'31" S 50°09'41" W	SP1 Até 5m, argila mole	SP2 Até 7m, argila mole	SP 3 Até 7m, argila mole					Argilas/Areias	

		e areia pouco compacta dos 5m aos 7m						
Ponto 4	25° 04'05" S 50°09"39" W	SP1 Até 2 m, argila mole e areia pouco compacta dos 2m aos 3m	SP2 Até 4 m, argila mole	SP3 Até 2 m, argila mole e areia fofa entre 2m e 3m				Argilas/Areias
Ponto 5	25° 05'03" S 50°09"44" W	SP1 Até 3m, argila mole e areia fofa, dos 3 aos 6 m	SP2 Até 3m, argila mole	SP3 Até 2m, argila mole	SP4 Até 1m, argila mole	SP5 Até 1m, argila mole	SP6 Até 3m, argila mole e silte mole dos 5m aos 7m	Argilas/Silte/Areias
Ponto 6	25° 04'30" S 50°09"46" W	SP1 Até 1m, argila mole e areia pouco compacta dos 1m aos 3m	SP2 Até 2m, argila mole	SP3 Até 1m, argila mole				Argilas/Areias
Ponto 7	25° 04'08" S 50°09"36" W	SP1 Até 2m, argila mole e areia fofa dos 2m aos 3m	SP2 Até 3m, argila mole					Argilas/Areias
Ponto 8	25° 04'25" S 50°08"58" W	SP1 Até 1m, argila mole	SP2 Até 1m, argila mole					Argilas
Ponto 9	25° 05'04" S 50°09"53" W	SP1 Até 4 m, argila muito mole	SP2 Até 9 m, argila muito mole					Argilas
Ponto 10	25° 04'28" S 50°10"05" W	SP1 Até 2m, argila mole e areia pouco compacta dos 2m aos 3m	SP2 Até 2m, argila mole					Argilas/Areias
Ponto 11	25° 05'00" S 50°09"57" W	SP1	SP2					Argilas/Areias

		Até 2m, argila mole e areia pouco compacta dos 2m aos 3m	Até 3m, argila mole			
Ponto 12	25° 05'00" S 50°09"57" W	SP1 de 2m a 4m argila mole			Argilas (aterro acima de 2 m)	
Ponto 13	25° 04'45" S 50°09"45" W	SP1 Até 4m, argila mole	SP2 Até 3m, argila mole		Argilas	
Ponto 14	25° 05'00" S 50°10"18" W	SP2 Argila mole até 1m e areia pouco compacta dos 1m aos 2m			Argila/Areias	
Ponto 15	25° 04'36" S 50°09"17" W	SP 1 1m inicial aterro de areia pouco compacta e argila mole entre 2,15m a 5m	SP2 Aterro de argila média até 1m. Dos 2m aos 4m argila mole		Argilas/Areias	
Ponto 16	25°04'15" 50°09'31"	SP 1 Argila mole até 1m	SP2 Aterro de argila média até 1m. Dos 2m aos 3m argila mole		Argilas	
Ponto 17	25°04'20" 50°09'29"	SP1 Argila mole até 2m e dos 2m aos 5m areia fofa.			Argilas/Areias	
Ponto 18	25°04'34" 50°10"00"	SP1 Argila mole até 2m e areia pouco compacta dos 2m aos 3m	SP2 Aterro de argila mole	SP3 Argila mole até 3	SP4 Argila mole até 3	Argilas/Areias
Ponto 19	25°05'02" 50°09"42"	SP1 Argila mole até 2m	SP2 Argila mole até 2m			Argilas
Ponto 20	25°04'40"	SP1	SP2	SP3		Argilas/Areias

50°09'10"	Argila mole até 4m e areia pouco compacta dos 6m aos 8m	Argila mole até 3m	Argila mole até 2m
-----------	---	--------------------	--------------------

5. Considerações finais

A análise dos laudos de sondagens permitiu verificar a presença de solos de pouca resistência, principalmente com predominância de argilas moles e muito moles, com solos intercalados de areia fofa, com diferentes profundidades, em locais de ocorrência do Grupo Itararé, nos bairros Órfãs e Jardim Carvalho, espaço urbano de Ponta Grossa.

Os elementos apresentados destacam a importância do emprego de diferentes métodos diretos, para fins de reconhecimento do substrato geológico, de acordo com as características do empreendimento a ser executado.

Os dados presentes nos laudos de sondagens reforçam a heterogeneidade do substrato geológico presente nas formações geológicas do Grupo Itararé, caracterizado por sucessões de arenitos, argilitos, siltitos e níveis retrabalhados de solos residuais, além da presença de depósitos inconsolidados e aterros. Dada essa complexidade, destaca-se a necessidade do emprego combinado de diferentes métodos de sondagem diretos, como o SPT, sondagens rotativas e ensaios de campo e de laboratórios complementares, de forma a garantir maior confiabilidade na interpretação das condições de subsuperfície.

A presença de solos de pouca resistência, principalmente de argilas moles e/ou muito moles e areias fofas de baixa compacidade, em profundidades variáveis, constitui fator crítico para o desempenho geotécnico de obras, sendo essencial que estudos prévios de sondagem sejam realizados conforme diretrizes normativas vigentes, como a ABNT NBR 6484:2020, visando garantir a segurança, estabilidade e viabilidade técnico-econômica dos empreendimentos inseridos em ambientes controlados pela geologia do Grupo Itararé.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6484: Solo - Sondagem de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio.* Rio de Janeiro. 2. ed. 2020.

FRANÇA, A.B. ; POTTER, P.E. *Estratigrafia, ambiente deposicional e análise de reservatório do Grupo Itararé (Permocarbonífero), Bacia do Paraná (parte I).* Boletim de Geociências da Petrobrás, v. 2, p. 147-191, 1988.

FRANCISCONI, O.; DA SILVA, A.T.S.F.; LOPES JR, I.; YAMOMOTO, K.; HAMA, M.; FERRARI, C.P.; FERREIRA, J.C.G.; CARMO, L.S. ; ALEGRI, V. *Geologia do Bloco SF-22-W, Relatório Final – Projeto PAULIPETRO.* CONSÓRCIO CESP/IPT, CPRM, 1982.

GEUS, L.M.; LAUTENSCHLÄGER, C.E.R.; ALMEIDA TONUS, B.P. ; GAIOSKI, S.R. *Mapa geológico-geotécnico da cidade de Ponta Grossa baseado em sondagens à percussão.* Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 13, n. 3, p. 234-245, set. 2021.

MELO, M.S.; GOMES, R.M. ; PEREIRA, G.K. *Água subterrânea no Gráben de Ponta Grossa - PR.* Boletim Paranaense de Geociências, v. 72, n. 1, p. 1-12, 2015.

MENEGUZZO, P.M. ; MELO, M.S. *Carta de suscetibilidade a processos geoambientais no espaço urbano de Ponta Grossa, PR: cabeceiras do Arroio Olarias.* Revista Geociências - UNG, v. 8, n. 6, p. 30-43, 2003.

MILANI, E.J.; FRANÇA, A.B. ; SCHNEIDER, R.L. *Bacia do Paraná.* Boletim de Geociências da Petrobrás, n. 8, p. 69-82, 1994.

SCHNEIDER, R.L.; MUHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.A. & NOGUEIRA, A.A. *Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná.* In: Congresso Brasileiro de Geologia, 28., Porto Alegre. Anais [...]. Porto Alegre: SBG, 1974. v. 1, p. 41-65.

VESELY, F.F. *Dinâmica Sedimentar e Arquitetura Estratigráfica do Grupo Itararé (Carbonífero-Permiano) no Centro-Leste da Bacia do Paraná.* 2006. Tese (Doutorado em Geologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 226 p.

VESELY, F.F.; DELGADO, D.; SPISILA, A.L. ; BRUMATTI, M. *Divisão litoestratigráfica do Grupo Itararé no estado do Paraná.* Boletim Paranaense de Geociências, v. 78, p. 3-23, 2021.