

LAUDO GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO

ESCOLA MUNICIPAL – ASSENTAMENTAMENTO SÃO LEOPOLDO

1. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO:

- Empreendimento: Implantação de Escola Rural - Projeto Padrão FNDE
- Área – 10.000 m²
- Empreendedor: Prefeitura Municipal de Sant'Ana do Livramento
- Localidade: Faxina - Assentamento Rural São Leopoldo
- Município: SANT'ANA DO LIVRAMENTO – RS
- Objetivo:
 - Avaliar as condições e restrições apresentadas pelo terreno para o empreendimento proposto.
- Técnico Responsável pelo Laudo: Geóloga Rachel Cardoso Barcellos - CREA/RS 58.491

2. JUSTIFICATIVA

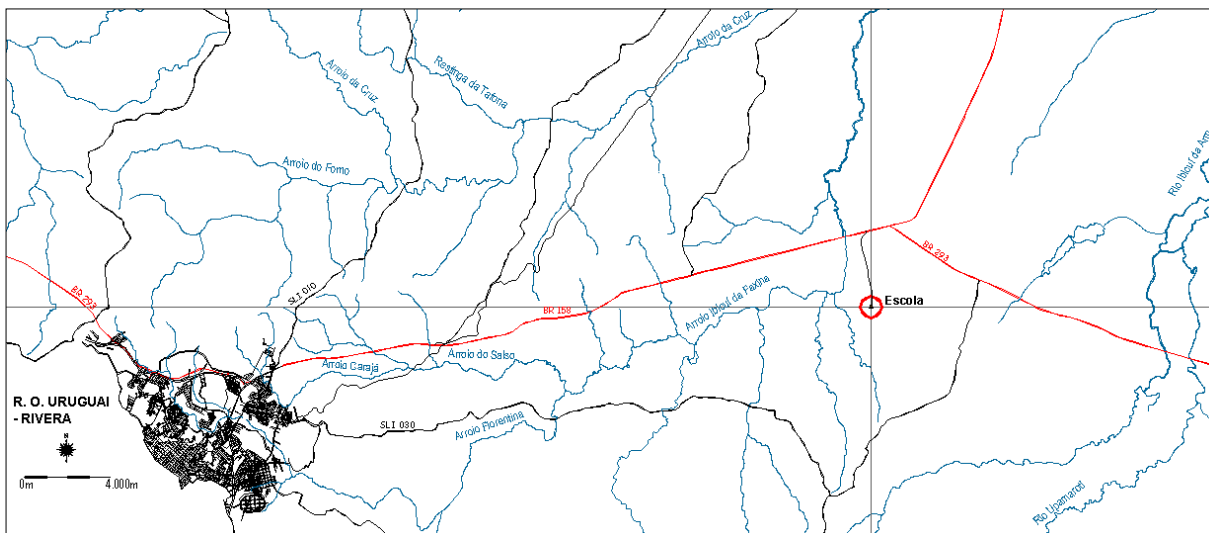
Por solicitação da Secretaria Municipal de Educação – SME, para apresentação ao FNDE – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação / CGEST – Coordenação Geral de Infraestrutura Educacional, do Ministério da Educação, como complementação do Projeto de Implantação para construção de Escola utilizando Projetos-Padrão do FNDE, pela Prefeitura Municipal de Sant'Ana do Livramento.

3. LOCALIZAÇÃO E USO DA TERRA:

A localização do empreendimento fica representada pelas coordenadas geográficas UTM de um dos pontos de prospecção no interior da área proposta, coordenadas indicadas nos Datums Córrego Alegre, para aplicação em Cartas Geográficas do Exército, SAD 69 e WGS 84, para fins de geo-referenciamento aplicado em imagens de satélite.

Ponto	DATUM	Formato	Longitude (W)	Latitude (S)
PP1	Córrego Alegre	UTM	672716,40	6588764,00
PP1	SAD 69	UTM	672684,70	6588797,20
PP1	WGS 84	UTM	672637,05	6588758,00

Tabela I. Localização Geográfica do ponto de referência, com cota topográfica de 150m, obtida a partir de leitura em GPS Garmin Etrex Legend e aplicação em carta geográfica do exército.



A área está inserida na zona rural de Sant'Ana do Livramento, localidade denominada Rincão dos Cordeiros, no interior do Assentamento Rural São Leopoldo, e o uso do solo se dá por atividade agrícola predominando sobre a pecuária.

O local encontra-se sob o domínio da sub-bacia do arroio Ibicuí da Faxina, que pertence à **Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria – U070**, segundo a classificação das Bacias Hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul, para fins de gerenciamento dos Recursos Hídricos por Comitês Hidrográficos junto ao DRH/SEMA (Departamento de Recursos Hídricos do Estado).

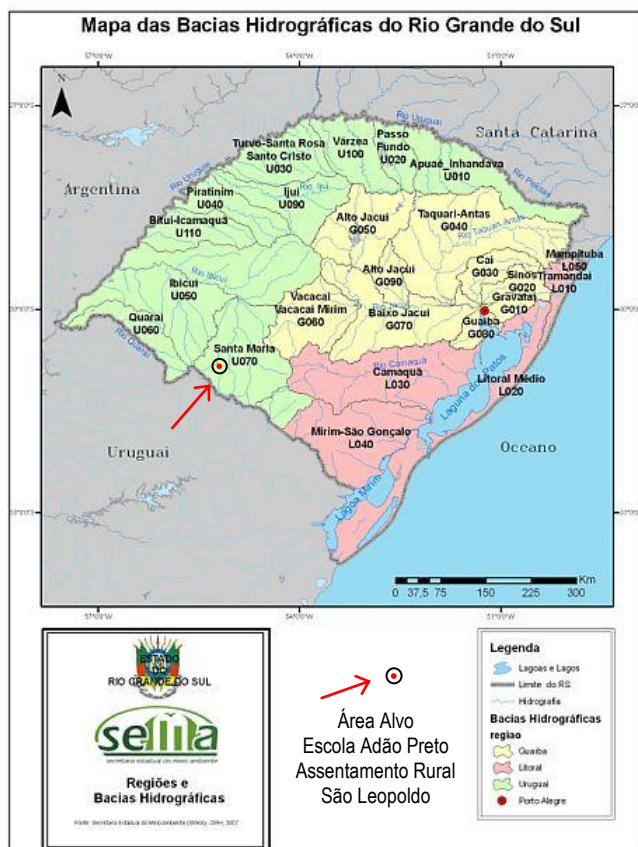


Imagem 02 - Mapa das Regiões e Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul – DRH-SEMA/2007, com a área alvo inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria – U-070.

3. ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA:

A área alvo de estudo está inserida na Região Geomorfológica Depressão Central Gaucha, Unidade Geomorfológica Depressão Rio Ibicuí – Rio Negro, conforme Mapa Geomorfológico RADAM BRASIL (figura 02).

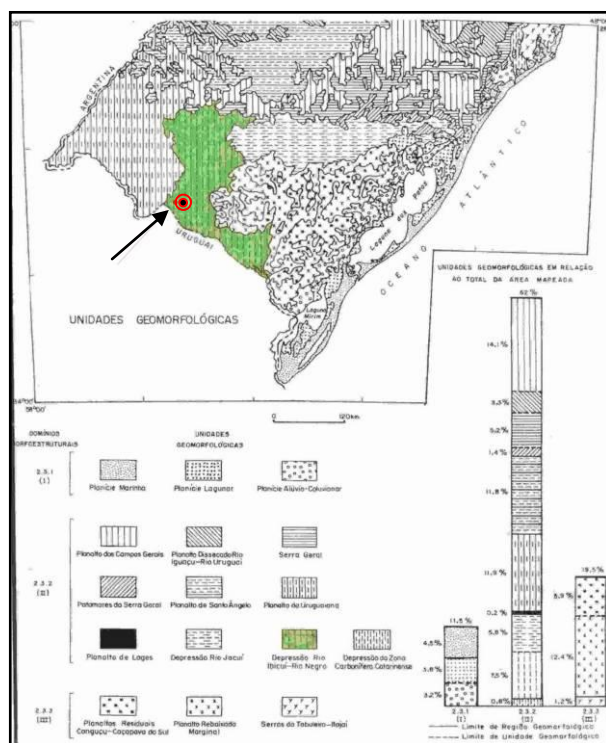


Imagem 02 – Localização da área no Mapa das Unidades Geomorfológicas do Rio Grande do Sul – RADAM BRASIL IBGE

A Depressão Rio Ibicuí – Rio Negro constitui uma área sem grandes variações altimétricas, sendo que as maiores cotas não ultrapassam 200 m. Dominam amplas e alongadas formas de topos convexos ou planos, cujas encostas caem suavemente em direção aos vales, com aprofundamentos médios em torno dos 40 metros. Essas formas de relevo são conhecidas como coxilhas. Esses modelados estão relacionados ao trabalho erosivo dos rios, que comandam uma rede de drenagem de padrões dendríticos e subdendríticos.

O contato entre a Depressão Rio Ibicuí – Rio Negro e o Planalto de Uruguiana é brusco e escarpado, encontrando na superfície da depressão e em toda a faixa de contato, inúmeras elevações residuais de topo tabular e arredondado. Junto ao sopé desses residuais encontram-se formas de colinas bastante amplas.

No Planalto de Uruguiana os terrenos são formados, predominantemente, por rochas efusivas da Formação Serra Geral, com morfologia plana generalizada, subhorizontalizada, característica desta unidade. Do pacote estratigráfico, são as rochas que apresentam a maior resistência aos agentes de erosão. No sopé das escarpas e residuais, os terrenos são formados por rochas sedimentares triássicas / jurássicas da Formação Botucatu (arenitos), que formam colinas arredondadas e elevadas. Já na Depressão Rio – Ibicuí – Rio Negro, onde está inserida a área de estudo, passam a predominar coxilhas rasas, ondulações aplainadas compostas por rochas sedimentares triássicas da Formação Rosário do Sul (areno-argilosas a silte-areno-argilosas).

Ao longo das margens dos rios inseridos na depressão, bem como nas margens de seus afluentes, ocorrem amplas áreas de acumulação fluvial, representadas por áreas brejosas sujeitas a inundações periódicas, correspondendo às várzeas atuais (áreas periodicamente ou permanentemente alagadas), ou áreas de terraço fluvial. São compostas por sedimentos Quaternários com variação textural (depósitos arenosos, areno-argilosos). Os vales das bacias desses rios são geralmente largos e de fundo plano.

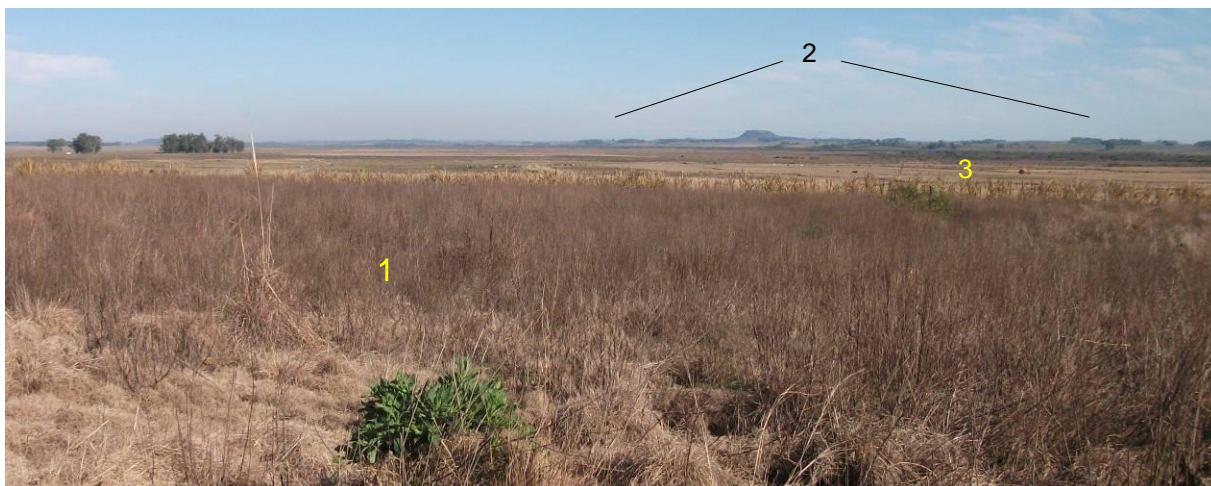


Imagem 03 – Imagem tomada a partir da área proposta (1. coxilha) em direção ao oeste. Observa-se, ao fundo, o Cerro Palomas, nos domínios das áreas dissecadas e colinosas da transição entre as Unidades geomorfológicas Depressão Rio Ibicuí – Rio Negro e Planalto de Uruguaiana (2). Os terrenos observados no centro correspondem às margens baixas e planas do arroio Ibicuí da Faxina, compostas por sedimentos Quaternários (3.).

A implantação da obra se dará em área de baixa declividade para os quadrantes do oeste (2 e 3%), em coxilha alongada na direção N-S, entrecortada por drenagens paralelas da micro bacia do arroio Ibicuí da Faxina. O terreno se insere nos domínios geológicos sedimentares areno-siltosos da Formação Rosário do Sul.

5. ANÁLISE GEOLÓGICA REGIONAL

O município de Sant'Ana de Livramento possui geologia representativa de Borda da Bacia do Paraná, onde afloram, do sudeste para noroeste, as unidades das Formações Rio do Rastro, Rosário do Sul, Botucatu e Serra Geral (Tabela II).

Os sedimentos da **Formação Rio do Rastro**, juntamente com os sedimentos das **Formações Irati e Estrada Nova**, não tão bem representados no município, datam do Período Permiano (± 200 milhões de anos) e estão representando a sucessiva mudança que se deu, do Ambiente **Lagunar**, que sucedeu ao Marinho, até o Ambiente **Fluvial**, representado pelos sedimentos da Formação Rosário do Sul, datada como do início do Período Triássico.

A **Formação Rosário do Sul** compreende duas fácies: uma **fluvial** e de planície de inundação; outra **lacustre** (fácies Santa Maria). A fácies fluvial tem grande variação litológica com grandes corpos lenticulares de arenitos vermelhos de granulação média a fina, estratificação acanalada de amplitude variada, que se encaixam em arenitos muito finos a siltitos, ora maciços, ora com estratificações

onduladas, paralelas ou cruzadas de baixo ângulo. Os arenitos mais grosseiros são produtos diretos dos canais fluviais e os mais finos ligados às planícies de inundação.

Os arenitos fluviais, geralmente de geometria lenticular, são principalmente quartzosos e têm variados teores de feldspatos e fragmentos de lamito. A classificação é pobre a moderada, enquanto os materiais finos das planícies de inundação são representados por siltitos arenosos a argilosos (ocasionalmente calcíticos).

Na fácies lacustre (Santa Maria), inferior à fácies fluvial, estão presentes, de baixo para cima, seqüência de siltitos e folhelhos; lamitos vermelhos e, no topo, arenitos de granulometria variada e siltitos intercalados.

A variação litológica da Formação Rosário do Sul implica na diferença do grau de porosidade e de permeabilidade entre os estratos, por vezes bom aquíferos, por outras, bons armazenadores com baixo grau de permeabilidade ou infiltração.

Os arenitos da **Formação Botucatu** representam sedimentação eólica do Período Triássico – Jurássico (início a cerca de 190 milhões de anos atrás), então em ambiente **desértico**.

São arenitos quartzosos mostrando cores avermelhadas, com granulação fina a média e comumente bimodais. Os grãos arredondados a subarredondados e freqüentemente foscos são essencialmente quartzo e muito pouco feldspato, imersos em matriz argilosa com grande contribuição de um cimento de óxido de ferro, o que empresta a coloração avermelhada à rocha. Apresenta uma cimentação pobre de quartzo autigênico, o que confere uma porosidade média de 17% e ótima condutividade hidráulica, o que caracteriza sua capacidade de transmitir água de modo eficiente através de enormes áreas. Os feldspatos mostram cores esbranquiçadas e podem representar entre 5 e 10% do volume dos minerais dos arenitos.

As principais estruturas sedimentares encontradas nos arenitos eólicos são a estratificação cruzada acanalada de grande porte e, de modo mais restrito, a estratificação plano-paralela.

A alteração dos arenitos desta unidade gera solos arenosos de cor amarelada a castanho alaranjado com espessuras da ordem de 1 a 2 metros, mostrando uma composição constituída por areia quartzosa fina a média, muito pouca argila e hidróxidos de ferro.

A **Formação Serra Geral**, por sua vez, está representada por rochas efusivas eminentemente básicas, e pode conter termos mais ácidos e intercalações de lentes de arenitos eólicos, resquícios do Botucatu. Tem sua ocorrência predominante na faixa oeste do município. Representam o grande **magmatismo fissural** ocorrente durante o Período Juro-Cretáceo, iniciando enquanto ainda predominava o clima árido.

Recobrimo as formações mais antigas, predominantemente nos vales fluviais, ocorrem sedimentos recentes (Cenozóicos), com idades que podem variar de 65 m.a. até a época atual, abrangendo o Quaternário (2,5 ma) e possivelmente o Terciário.



CONVENÇÕES LITOESTRATIGRÁFICAS

BRASIL	R.O.U.
<p>Qdf Quaternário</p> <p>Depósitos fluviais subatuais e atuais</p>	<p>holoceno</p> <p>Depósitos Atuais</p> <p>pleistoceno</p> <p>Formación las Arenas</p>
<p>Jksj mesozóico juro-cretáceo</p> <p>Formação Serra Geral</p>	<p>Klar mesozóico juro-cretáceo</p> <p>Formación Arapey</p>
<p>TRJb mesozóico triássico jurássico</p> <p>Formação Botucatu (edóico)</p>	<p>JTRt mesozóico triássico jurássico</p> <p>F. Tacuarembó: membro superior (edóico) membro inferior (fluvial)</p>
<p>TRrs mesozóico triássico</p> <p>F. Rosário do Sul (fluvial)</p>	
<p>Fonte: Mapa Geológico do RS MME - DNPM - 1989</p>	<p>Fonte: República Oriental del Uruguay Carta Geológica ME - DNMG - 1980</p>

Imagem 04 – Mapa Geológico Regional - escala gráfica, área alvo inserida. Adaptação dos mapas geológicos do Estado do Rio Grande do Sul (MME-DNPM-1989) e da República Oriental do Uruguai (ME-DNMG-1980).

Milhões de anos atrás	ERA	Período	Formação	Descrição
5.000 anos	Cenozóico	Quaternário	Sedimentos Quaternários	Sedimentos inconsolidados e retrabalhamento de materiais em ambiente fluvial
2,5 m.a.				
65 m.a.		Terciário		
136 m.a.	Mesozóico	Cretáceo	Serra Geral	Magmatismo predominantemente básico, sills e diques de diabásio. Intercalações com lentes areníticas (arenitos intertrápicos).
190 m.a.		Jurássico	Botucatu	Arenitos feldspáticos finos a médios, grãos subangulares e arredondados, foscos, com estratificações eólicas típicas, cor rosa a avermelhado. Ambiente Desértico.
225 m.a.		Triássico	Rosário do Sul	Arenitos vermelhos de granulação média a muito fina, com estratificações cruzadas e intercalações de siltitos avermelhados. Ambiente Fluvial.
280 m.a.	Paleozóico	Permiano	Rio do Rastro	Arenitos e siltitos avermelhados. Tendência a lenticularidade
			GRUPO Estrada Nova	Siltitos e arenitos finos, calcarenitos, de cor chocolate e vermelha / ritmitos de siltito, arenito fino ou argilito, de colorações cinzentas. Ambiente lacustre com tendência a continentalidade.
			PASSA 2 Irati	Folhelhos silticos e siltitos com lentes calcáreas. Folhelhos pirobetuminosos interestratificados com calcáreos e dolomitos. Bonecas de silex. Ambiente Lacustre.
		Carbonífero	GRUPO TUBARÃO

Tabela II. COLUNA ESTRATIGRÁFICA DO MUNICÍPIO DE SANTANA DO LIVRAMENTO
(Formações Aflorantes)

5. ANÁLISE GEOLÓGICA LOCAL

A geologia local foi analisada por meio de informações verbais de assentados e prospecção de sub-superfície, uma vez não terem sido observados afloramentos rochosos nas imediações. Através de levantamento de dados do entorno constata-se que o terreno se insere na Formação Rosário do Sul, composta por arenitos, siltitos e ocasionalmente argilitos, depositados em ambiente fluviais retrabalhados posteriormente, até os tempos atuais.

Com auxílio de retroescavadeira, foram executadas duas cavas no terreno, objetivando a constatação do comportamento das águas freáticas e do substrato. Com dimensão de 1 metro de largura por 3 metros de comprimento, as escavações atingiram profundidade de até 2 metros. Uma cava (PP1) foi executada nas porções mais elevadas do terreno e a outra (PP2), nas mais baixas, com desnível topográfico em torno de 1,50m.



Imagem 05 – Mapa Planialtimétrico do terreno proposto à implantação da Escola no interior do assentamento São Leopoldo, com localização das cavas prospectivas PP1 e PP2.

Os perfis de solo encontrados se assemelham nas duas cavas, tratando-se de solos derivados de siltitos e arenitos da Formação Rosário do Sul. Apresentam profundidade do solum em torno de 1 m, com horizonte A de textura arenosa. O horizonte B é de textura argilosa a média, sendo os teores de silte elevados. É moderado ou imperfeitamente drenado, refletindo-se na presença de gleização. O horizonte C não foi observado na profundidade da escavação. Informações verbais locais indicam escavações de poços com mais de 10m de profundidade na mesma litologia (areno-silte-argila) de coloração bruno acinzentada, avermelhada e amarelada, sem alcançar o substrato rochoso.

A exposição das rochas triássicas aos agentes de erosão gera uma gama de depósitos sedimentares ou mesmo solos gerados no próprio local, sem sofrer

transporte. Os solos são produzidos através do processo de intemperismo, pela desagregação e decomposição da rocha subjacente. O solo produzido pelo intemperismo pode sofrer a ação de processos pedológicos, erosão e transporte dando origem a novos tipos de solo.

Os solos produzidos pelos intemperismo e pela diferenciação pedológica são chamados de residuais ou “in situ”, e os solos decorrentes da ação da erosão e transporte são chamados de solos transportados.

Na área da implantação da escola, o perfil de solo observado indica tratar-se de solo Podzólico a partir dos sedimentos silte-arenosos da Formação Rosário do Sul, com horizontes bem definidos.

Perfil do solo na cava PP1:

0m		
1,00m		Horizonte A arenoso, coloração amarronada
1,60m		Vertência de água edáfica
2,00m		Horizonte B, silte-areno-argiloso, cores brunas – bruna acincentada, bruna avermelhada, vivas

Perfil do solo na cava PP2:

0m		
1,30m		Horizonte A arenoso, coloração amarronada
1,40m		Vertência de água edáfica
1,80		Horizonte B, silte-areno-argiloso, cores brunas – bruna acincentada, bruna avermelhada, vivas

Parte da água da precipitação atmosférica infiltra-se no solo, onde se distinguem duas Zonas, a “saturada” e a “subsaturada”, separadas pelo denominado **Nível Hidrostático**, cuja profundidade varia com a topografia da região, a permeabilidade do solo e as mudanças climáticas. Acima do Nível Hidrostático, a zona de aeração ou “subsaturada” possui águas edáficas e ar em seus poros. O excesso de água na zona de aeração, proveniente das precipitações atmosféricas, migrará em direção aos vales, indo alimentar as drenagens e as correntes de água. Abaixo do Nível Hidrostático, na zona “saturada”, todos os poros e interstícios do solo encontra-se saturados por água freática, tratando-se de águas de sub-superfície, lençóis freáticos em aquíferos livres.

Considera-se que o **Nível Hidrostático** na área proposta para implantação da escola possa variar de pelo menos 3 metros, em períodos de chuva, para mais de 8 metros em períodos de estiagem.

As águas edáficas possuem maior mobilidade de escoamento no horizonte A (arenoso) do que no horizonte B (silte-areno-argiloso) do solo, e vertem no contato entre estes horizontes. A água, ao percolar de forma relativamente fácil no horizonte superficial, encontra logo abaixo um horizonte naturalmente adensado, e tem sua velocidade de infiltração drasticamente diminuída. Há assim, uma rápida saturação dos poros no horizonte superficial, aumento da lâmina de água na superfície, com conseqüente aumento do escoamento superficial e dos riscos de erosão, normalmente nas áreas mais declivosas. No terreno em estudo, a morfologia é bastante plana, com declividade na ordem de 2 a 3 %.

O **Coefficiente de permeabilidade** estimado para o horizonte B do solo é da ordem de 10^{-5} cm/seg. Os esgotos gerados no empreendimento deverão sofrer tratamento, não sendo indicado o uso de sumidouros. Tratamento por fossa e filtro em estrutura impermeabilizada, para posterior lançamento ao meio por valas de infiltração poderá ser solução aplicável na área, evitando a contaminação das águas superficiais, edáficas e subterrâneas.



Imagem 06 – Equipamento utilizado para execução das cavas no ponto de escavação PP1.



Imagem 07 – Aspectos texturais – coloração do horizonte B do solo na cava PP1.



Imagem 08 – aspectos texturais dos horizontes A e B na cava PP2, e vertência da água edáfica no contato entre estes horizontes, em função da diferença nos seus coeficientes de permeabilidade.



Imagem 09 – aspectos texturais dos horizontes A e B na cava PP1, vertência da água edáfica no contato entre estes horizontes.

6. HIDROGEOLOGIA

O Aquífero Guarani, por ser, talvez, o maior reservatório de água doce do mundo, tem sido alvo de estudos. As formações geológicas do Guarani congregam:

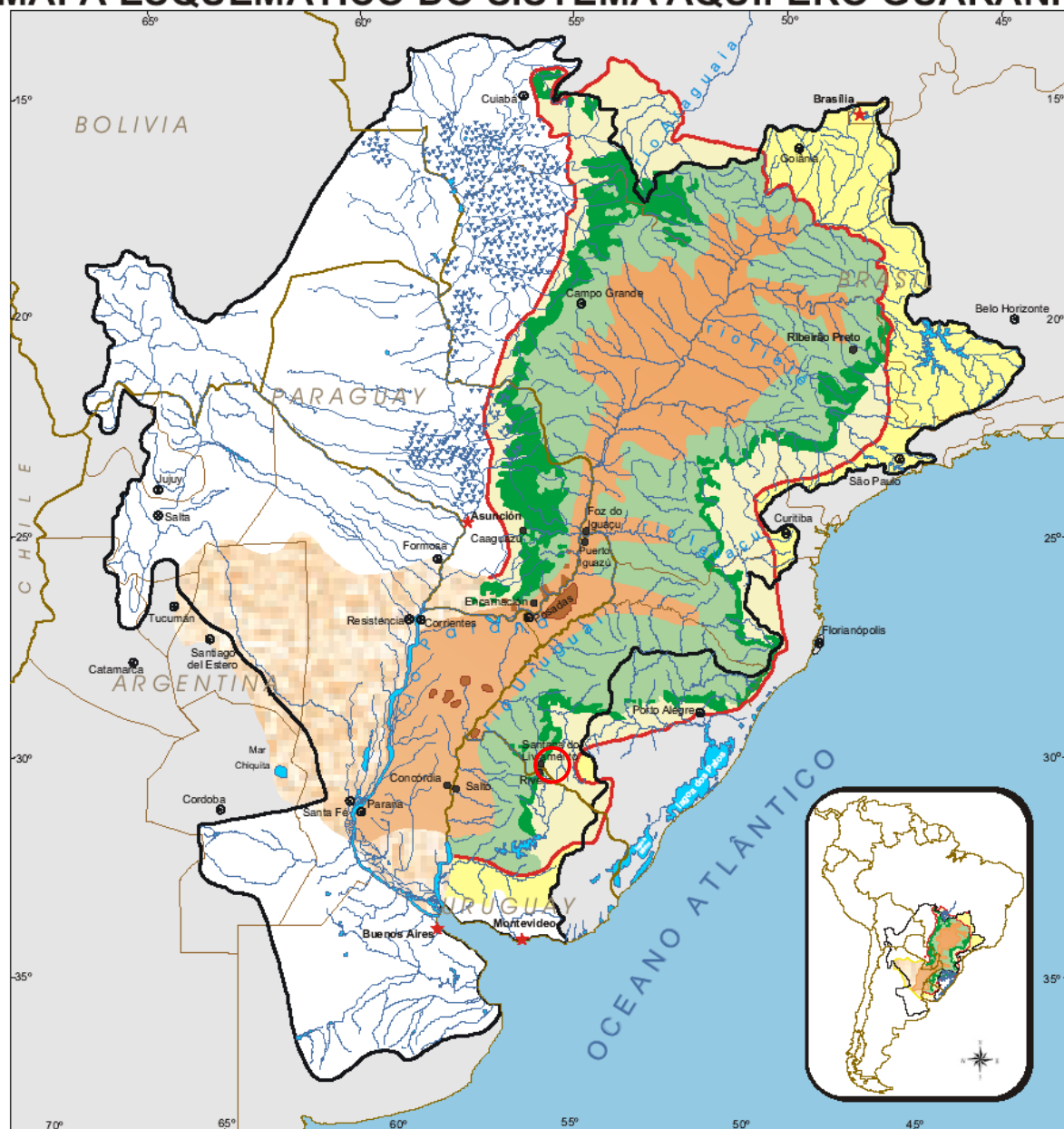
- sedimentos fluvio-lacustres do período Triássico (245 a 208 milhões de anos) / Formações Pirambóia e Rosário do Sul, no Brasil, e Buena Vista no Uruguai;
- sedimentos eólicos desérticos do período Jurássico (208 – 144 milhões de anos) / Formações Botucatu, no Brasil; Misiones, no Paraguai; e Tacuarembó no Uruguai e Argentina (Rocha, 1997).

No Mapa Esquemático do Sistema Aquífero Guarani aprovado pelo Conselho Superior de Preparação do Projeto Sistema Aquífero Guarani - CSPP (com representantes da Argentina, Brasil, Paraguai, Uruguai - Fundo para o Meio Ambiente Mundial/Banco Mundial - Organização dos Estados Americanos), o **Sistema Aquífero Guarani – SAG** é representado por áreas potenciais de recarga indireta (tons amarelos), direta (tons verdes) e potenciais de descarga (tons marrons). As áreas de recarga direta são aquelas em que as águas se infiltram diretamente pelos afloramentos do Guarani e pelas fissuras das rochas sobrejacentes; as áreas de recarga indireta são aquelas onde as águas são drenadas para o aquífero a partir da drenagem superficial e do fluxo subterrâneo indireto; finalmente, as áreas de descarga são aquelas por onde as águas emergem do Sistema Aquífero Guarani, alimentando rios ou são exploradas através de poços artesianos.

A situação hidrogeológica para o empreendimento é de Área Potencial de Recarga Indireta a partir do fluxo subterrâneo. O ciclo hidrogeológico das águas superficiais torna-se importante, portanto, para a área em questão, devendo ser tomadas medidas que evitem a infiltração e/ou escoamento de esgotos domésticos sem prévio tratamento, evitando-se contaminação das águas edáficas e subterrâneas.

Estima-se profundidade de em torno de 30 a 60 metros para atingir-se a zona aquífera do SAG na área em questão.

MAPA ESQUEMÁTICO DO SISTEMA AQÜÍFERO GUARANI



LEGENDA

- | | |
|---|---|
| □ Drenagens não relacionadas ao Aquífero Guarani (não integram o Sistema) | ~ Limite bacia hidrográfica do Prata |
| ■ Área potencial de recarga indireta | ~ Limite bacia sedimentar do Paraná |
| ■ a partir da drenagem superficial | ~ Rios |
| ■ a partir do fluxo subterrâneo | ~ Áreas alagadas |
| ■ Área potencial de recarga direta | ~ Limite político de País |
| ■ regime poroso: afloramento do Guarani | ~ Limite político de Estados/Provincias |
| ■ regime fissural/poroso: basaltos e arenitos | ● Cidade |
| ■ Área potencial de descarga | ● Capitais Estados/Provincias |
| ■ regime fissural /poroso: basaltos e arenitos (indivisos) | ★ Capital dos Países |
| ■ regime poroso: afloramentos do Guarani | |
| ■ regime fissural /poroso (relação com o Guarani a definir) | |

Escala Aproximada 1: 13.600.000
0 100 200 300 km

Notas:

- Figura ilustrativa elaborada pela CAS/SRH/MMA (UNPP/Brasil) aprovada pelo Conselho Superior de Preparação do Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani (Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai - GEF/Banco Mundial - OEA).
- As porções coloridas representam as áreas que, em potencial, compõe o Sistema Aquífero Guarani. As áreas em branco e cinza não integram o Guarani. Os limites do Aquífero Guarani não estão totalmente definidos na Argentina e no Paraguai, tampouco se as áreas de descarga assinaladas estão a ele relacionadas.

Fontes:

- Mapa Hidrogeológico de America del Sur, 1996, DNPM/CPRM/Unesco.
- Mapa Hidrogeológico do Aquífero Guarani, 1999, Campos H.C.
- Mapa de Integração Geológica da Bacia do Prata, 1998, MERCOSUL/SGT2.
- Mapa de Integração Hidrogeológica da Bacia do Prata, em elaboração, MERCOSUL/SGT2.
- Mapa Geológico do Brasil, 2ª Ed., 1995, MME/DNPM.
- Mapa Geológico de la Cuenca del Rio de la Plata, 1970, OEA.

Imagem 10 – Localização da área (círculo vermelho) no Mapa Esquemático do Sistema Aquífero Guarani

7. CONCLUSÃO:

A análise geológica e geomorfológica permite concluir que não há impedimento para a implantação do empreendimento no local de estudo. O solo apresenta perfil com boa capacidade de carga quanto à fundação superficial. No que se refere à estabilidade do terreno frente à implantação das obras (serviços de terraplenagem, cortes e remodelagem da superfície), não será atingido o horizonte C, e portanto, não há risco de ravinamento. A morfologia local, com baixa declividade minimiza possíveis riscos de erosão.

O Sistema de Coleta e de Tratamento de Esgoto a ser adotado deverá ser necessariamente isolado, impermeabilizado, para que não ocorra infiltração no subsolo, e os efluentes tratados poderão ser direcionados para a micro-bacia do arroio Ibicuí da Faxina, através de valas de infiltração. O tratamento do esgoto proposto deverá atender aos padrões de emissão compatíveis ao enquadramento das águas da bacia em questão – Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria – U -70, para a zona rural.

Sant'Ana do Livramento, 13 de julho de 2011

RACHEL BARCELLOS
Geóloga CREA-RS 058.491