

5 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

5.1 MEIO FÍSICO

5.1.1 CLIMA

A caracterização do clima no contexto do projeto de duplicação e ampliação da capacidade da rodovia BR-386/RS tem como objetivo o reconhecimento das condições atmosféricas regionais para diagnóstico ambiental e análise da implicação do clima na interação entre o empreendimento e o meio ambiente.

Considerando-se os aspectos climáticos regionais como integrantes de um sistema dinâmico amplo de escala global, o conjunto de elementos e fatores meteorológicos atuantes na área de estudo devem ser compreendidas em suas diferentes dimensões, observando-se também a análise climática como ferramenta de planejamento e de gestão ambiental devido sua relevância na formação da paisagem, na influência sobre os componentes ambientais e estruturais e no subsídio ao desempenho de ações extensivas ao empreendimento como concepção dos projetos e das soluções de engenharia, planejamento, execução das obras, adoção de critérios de segurança e de mitigação de riscos.

5.1.1.1 Metodologia

A descrição e análise climática e de seus componentes são fomentados pelas normas climatológicas do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) baseadas na série histórica 1977-2006, selecionada para compatibilização ao atlas pluviométrico desenvolvido pela CPRM (Serviço Geológico do Brasil, 2006) para mapeamento de susceptibilidade geológico-geotécnico decorrente de eventos climáticos. As classificações climáticas são embasadas nos padrões de Köppen (Köppen e Geiger, 1928), em que são analisados, separadamente, os elementos do clima e os principais aspectos que interferem diretamente no clima a nível regional, e nos padrões do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2002), que associa aos elementos climáticos os períodos de estiagem. Também foram levantados dados e estudos de referência e atributos de imagens matriciais de sensoriamento remoto do CPTEC/INPE (Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e do CPC/NWS (*Climate Prediction Center of National Weather Service*). Dados de precipitação pluviométrica, temperatura, umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos, insolação e evapotranspiração foram obtidos das estações meteorológicas do INMET de Passo Fundo, Bento Gonçalves e Porto Alegre (Tabela 37). Estas estações foram selecionadas por apresentarem série histórica de 30 anos, necessárias à elaboração das normas climatológicas, e pela configuração de sua distribuição espacial representar a amplitude climática regional ao longo da rodovia (Figura 21). A estação meteorológica de Passo Fundo localiza-se próximo à extremidade NW, porção mais interior, na cota de 684 metros numa região dominada por colinas baixas; a de Bento Gonçalves situa-se na porção média norte da área de estudo a uma altitude de 640 metros, em região serrana;

na outra extremidade, a SE, está a estação de Porto Alegre, região de baixa altitude, à cota de 47 metros, próximo ao litoral. Os dados destas estações são os elementos de entrada utilizados na elaboração dos balanços hídricos pelo método de Thornthwaite e Mather (1955).

Tabela 37 - Estações meteorológicas do INMET cujos dados foram adotadas para caracterização climática da área de estudo da BR-386/RS. Fonte: INMET, 2018

Código INMET	Nome	Latitude	Longitude	Altitude (m)
83914	Passo Fundo	-28.21°	-52.40°	684
83941	Bento Gonçalves	-29.15°	-51.51°	640
83967	Porto Alegre	-30.05°	-51.16°	47



Figura 21 - Localização das estações meteorológicas do INMET em relação aos trechos rodoviários. Fonte: INMET, 2018.

5.1.1.2 Classificação Climática

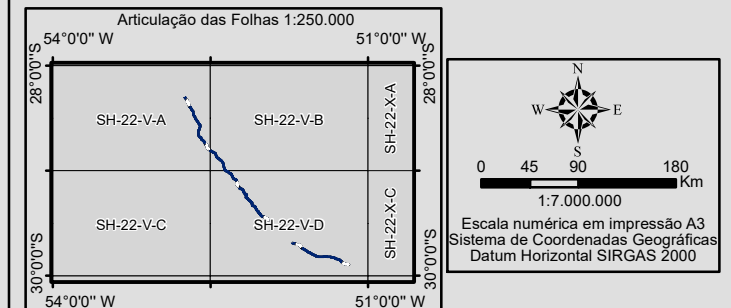
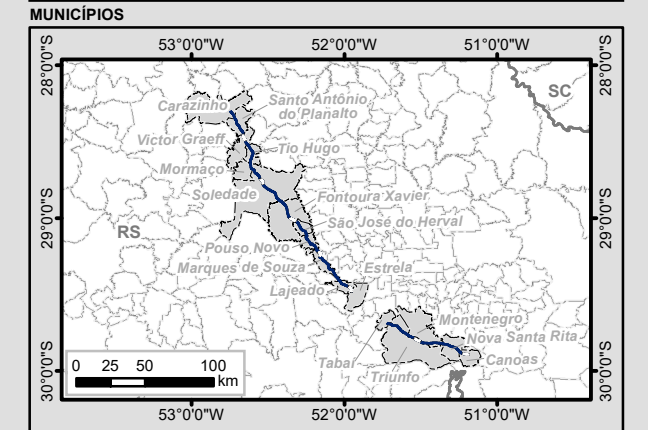
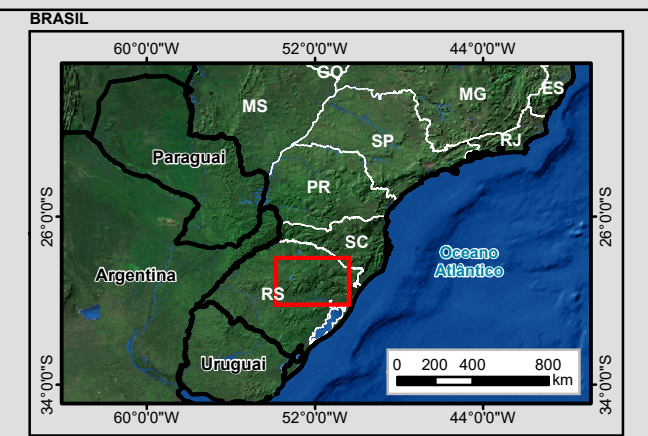
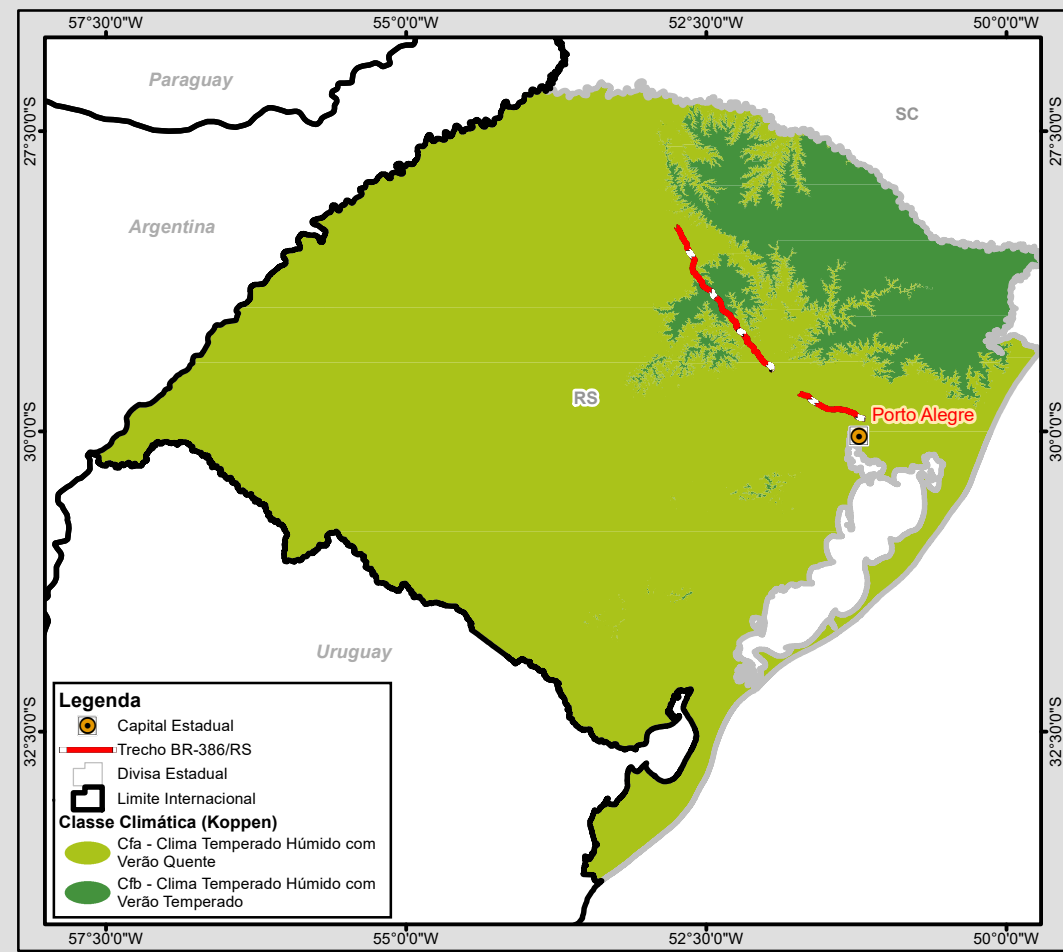
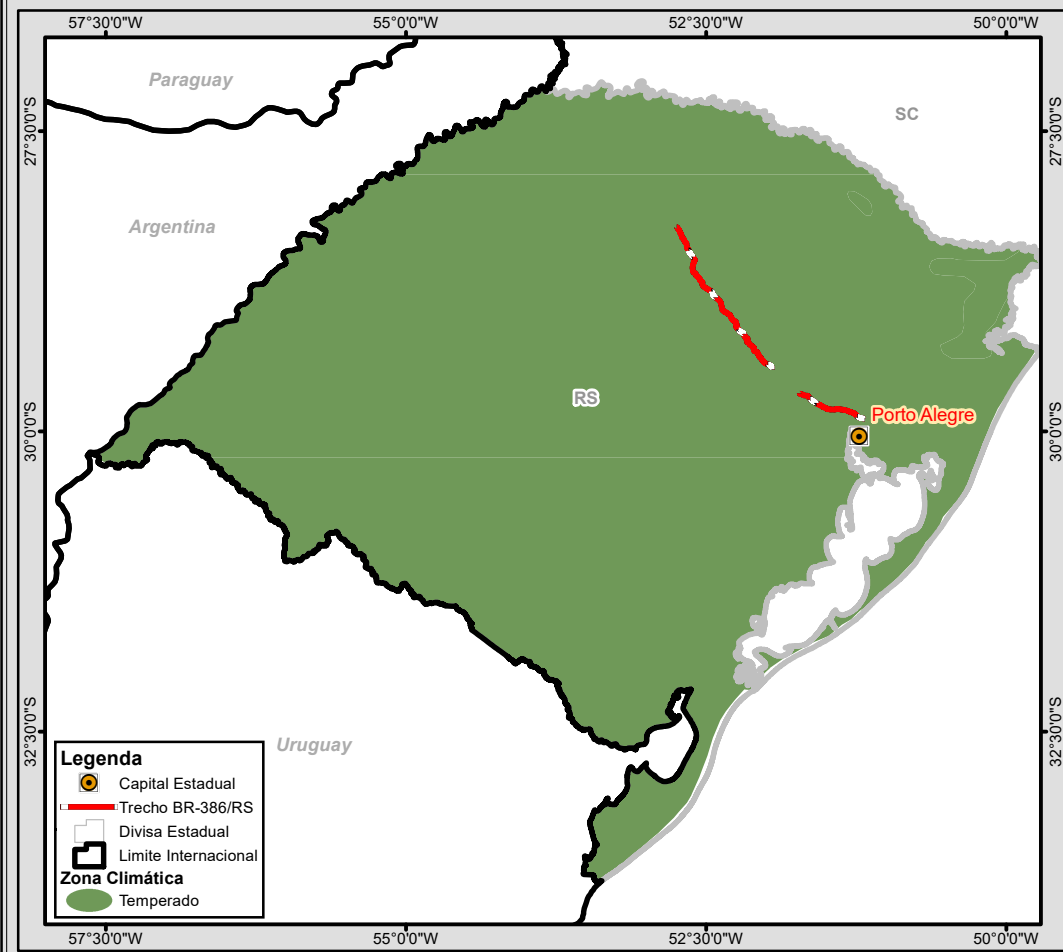
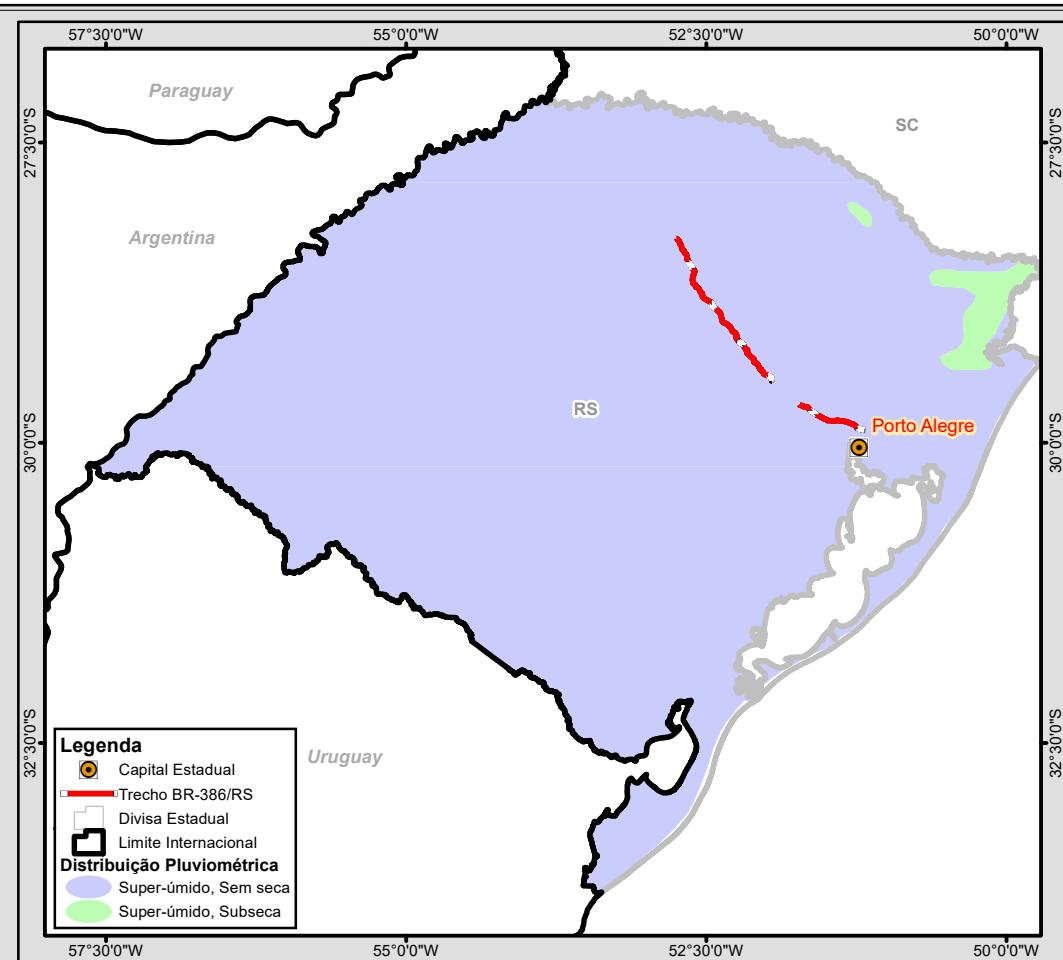
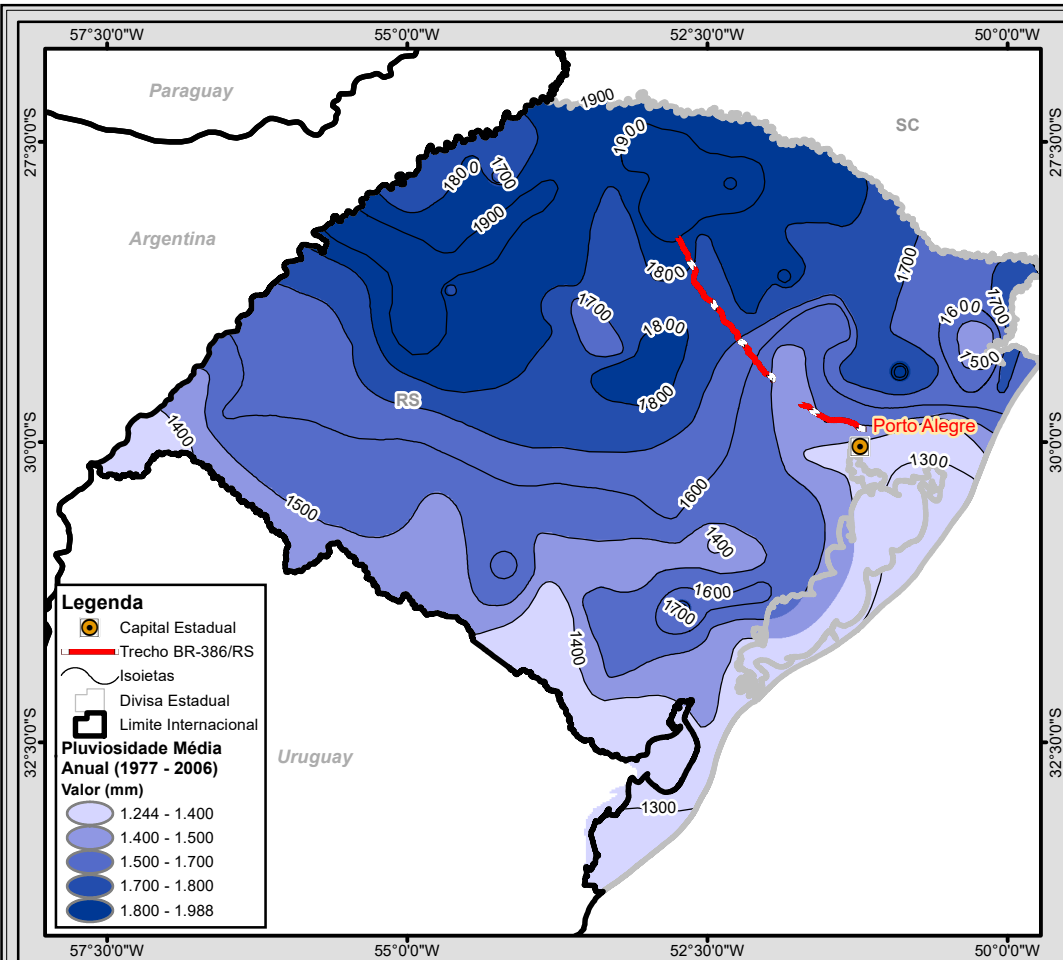
A classificação climática considera a pluviosidade e a temperatura, bem como sua variação ao longo do ano, a altimetria e a posição geográfica.

A temperatura na região de estudo é sazonal, apresenta amplitude que varia conforme as estações do ano mantendo-se, em geral, amena. No interior, as médias variam entre 22 e 13 °C. E a leste, a temperatura é cerca de 1,5 °C superior, conforme será verificado no item 5.1.1.3.

Os trechos em estudo da BR-386/RS inserem-se num contexto climático onde a precipitação pluviométrica é elevada durante todo o ano com aumento progressivo do total acumulado a NW. As maiores médias pluviométricas ocorrem em agosto e setembro. Na porção SE, em Porto Alegre, observa-se pico pluviométrico também em junho. Detalhamento sobre a pluviosidade será abordado no item 5.1.1.3.2. A evapotranspiração (ETR) é essencialmente controlada pela temperatura visto que a pluviosidade é constante e superior à taxa de evaporação, conforme método analítico de Thornthwaite que será apresentado no item 5.1.1.7.

Segundo os critérios de Köppen (1948), as características climáticas na região de estudo correspondem ao padrão de clima temperado (Cf), clima subtropical definido pela mesotermia, temperatura média do ar nos três meses mais frios compreendida entre -3 e 18 °C, temperatura média maior que 10 °C no mês mais quente e estações de verão e de inverno bem definidas pela temperatura. Este clima é subdividido em duas classes presentes na região, o temperado de verão quente (Cfa), que se distingue pela temperatura do ar acima de 22°C no mês mais quente, verificado a leste, em Porto Alegre. O clima temperado de verão ameno (Cfb) é definido por valores inferiores a 22 °C da temperatura média do ar no mês mais quente e por valores superiores a 10 °C das temperaturas médias do ar nos quatro meses mais quente, padrão observado na região serrana. A alternância entre estas classes de clima indica que a área de estudo se encontra numa zona de transição entre as classes Cfa e Cfb do clima temperado.

A distribuição espacial da pluviosidade e as classificações climáticas regionais segundo Köppen e IBGE são apresentadas no Mapa 1. Conforme classificação do IBGE (2002), o Rio Grande do Sul é caracterizado pelo clima Temperado Superúmido em que não há período de seca na maior parte do território e ao longo de toda a rodovia. Este clima é definido pela pluviosidade contínua e elevada associada à temperatura mesotérmica branda, definida pela média entre 10 e 15 °C no mês mais frio.



EPL

Identificação do Projeto
Obras de duplicação e regularização da rodovia federal BR-386/RS, trecho Carazinho/RS a Canoas/RS com extensão total de 232,11 km

Título do Mapa
Dados Climáticos

Empreendedor
EPL - Empresa de Planejamento e Logística S.A

Responsável Técnico
MRS
Estudos Ambientais

Data: Março/2018

Fonte:
Malha Digital: Municipal e Estadual, 1:250.000 (IBGE, 2015); Bases Cartográficas: Contínuas, 1:250.000 (IBGE, 2015); Rodovias (DNI, 2015); Mapa de Clima do Brasil (IBGE, 2002); Mapa Climático de Köppen (Alves, C.A., et al., 2013); Atlas Pluviométrico do Brasil 1:5.000.000 (CPRM, 2011).

5.1.1.3 Temperatura do ar e Pluviosidade

5.1.1.3.1 Temperatura do Ar

As temperaturas do ar na área de estudo apresentam distintos valores médios entre verão e inverno caracterizando sazonalidade térmica bem definida (Tabela 38)

Tabela 38 - Temperaturas média, máxima média e mínima média registradas nas estações meteorológicas de Passo Fundo, Bento Gonçalves e Porto Alegre. Fonte: INMET, 1977-2006

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Passo Fundo	Temp. máxima média (°C)	28,3	28	26,7	23,7	20,7	18,4	18,5	19,9	21,2	23,8	26	27,8
	Temp. média (°C)	22,1	22	20,5	17,6	15,2	12,9	13,3	13,9	15,7	17,6	19,6	21,4
	Temp. mínima média (°C)	17,5	17,5	16,3	13,5	10,9	8,9	8,9	9,9	11	12,9	14,8	16,5
Bento Gonçalves	Temp. máxima média (°C)	27,7	27,6	26	22,9	20,3	18,2	18,7	19,2	20,9	22,9	24,8	26,9
	Temp. média (°C)	21,7	21,8	20,2	17,3	14,9	13	13,1	13,5	15,3	17	18,8	20,8
	Temp. mínima média (°C)	17,2	17,4	16,1	13	10,6	8,9	8,8	9,1	10,9	12,3	14	16
Porto Alegre	Temp. máxima média (°C)	30,2	30,1	28,3	25,2	22,1	19,4	20,3	20,4	21,8	24,4	26,7	29
	Temp. média (°C)	24,6	24,6	23,1	19,9	16,9	14,3	14,4	15,2	16,8	19,1	21,2	23,3
	Temp. mínima média (°C)	20,5	20,8	19,3	16,3	13	10,7	10,7	11,5	13,1	15	17	18,9

As estações de Passo Fundo e de Bento Gonçalves registraram médias e variações de temperatura muito similares, ocorrendo na porção central, serrana, temperaturas ligeiramente menores em cerca de 0,4 °C. Devido aos valores médios muito próximos para os mesmos períodos de registro em ambas estações, as temperaturas são equivalentes. A temperatura média verificada nas regiões onde se localizam estas estações varia de 22,1 °C em janeiro, mês em que as temperaturas são mais elevadas, a 12,9 °C em junho, mês em que são registradas as menores temperaturas (Figura 22).

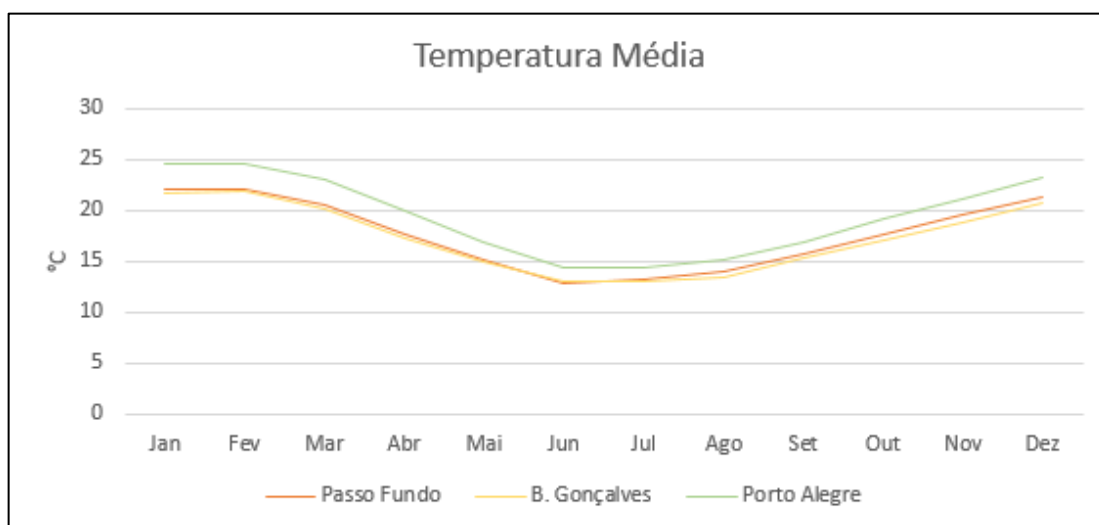


Figura 22 - Temperaturas médias mensais em Passo Fundo, Bento Gonçalves e Porto Alegre. Observa-se valores muito próximos de temperatura em Passo Fundo e Bento Gonçalves. A variação de temperatura configura sazonalidade térmica ao longo do empreendimento. Fonte: INMET, 1977-2006.

A amplitude térmica mensal é de aproximadamente 10 °C. No mês de janeiro a média das temperaturas máximas é 28,3 °C e a média das temperaturas mínimas é 17,2 °C. No mês de temperaturas menos elevadas, junho, a média das temperaturas máximas é 18,4 °C e a médias das temperaturas mínimas é 8,9 °C (Figura 23)

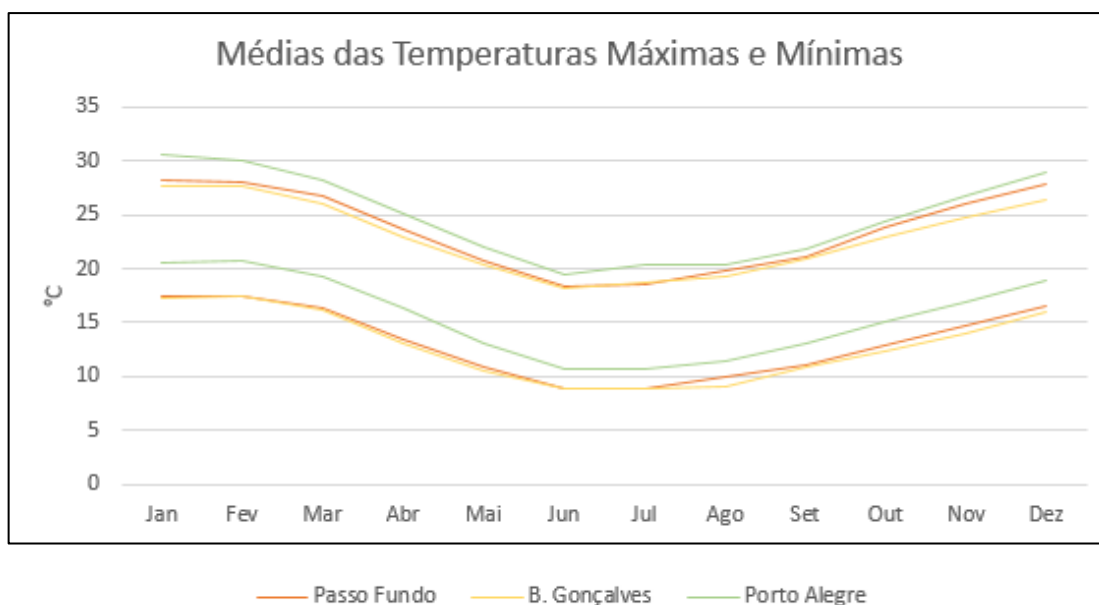


Figura 23 - Médias das temperaturas máximas e mínimas mensais em Passo Fundo, Bento Gonçalves e Porto Alegre. Fonte: INMET, 1977-2006

Na estação de Porto Alegre, a SE do empreendimento, observa-se que o comportamento da temperatura segue o mesmo padrão definido na sazonalidade a NW e no centro. No entanto, em relação aos dados obtidos das estações de Passo Fundo e Bento Gonçalves, as temperaturas médias trasladam para valores maiores em cerca de 1,3 °C e alcançam patamares de 24,6 °C em janeiro e suporte de 14,3 °C em junho. As médias das temperaturas máximas e mínimas têm amplitudes mensais também em torno de 10 °C. Em janeiro, a

temperatura máxima média é 30,6° C e a temperatura mínima média é 20,5 ° C. Em junho, a temperatura máxima média é 19,4 °C e a mínima média é 10,7 °C. (Figura 24).

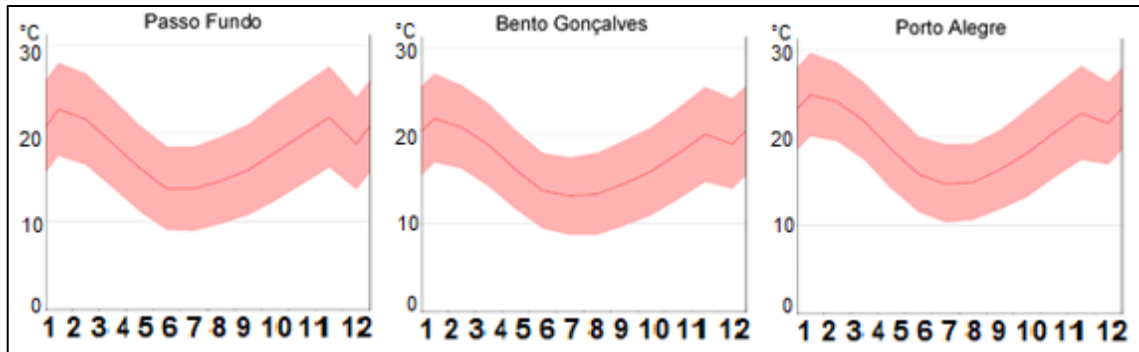


Figura 24 - Temperaturas médias mensais registradas nas estações meteorológicas do INMET em Passo Fundo, Bento Gonçalves e Porto Alegre. Fonte: Climate-Date, 2018 (adaptado).

Nas regiões de maior elevação altimétrica e posição continental interior, onde se localizam as estações meteorológicas de Passo Fundo e de Bento Gonçalves, as temperaturas equivalem-se e são, em média, 1,3 °C menores que as registradas na estação meteorológica de Porto Alegre.

5.1.1.3.2 Pluviosidade

A região sul do Brasil tem precipitação controlada por diferentes sistemas atmosféricos que condicionam a distribuição pluviométrica de forma homogênea ao longo do ano e com valores acumulados elevados.

O Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul – ASAS (Figura 25) é um dos sistemas de maior influência sobre o controle de chuvas no Rio Grande do Sul. Os anticiclones originam-se da massa de ar seco descendente, ocasionando elevação da pressão atmosférica, aquecimento do ar e conseqüente diminuição da umidade relativa provocando evaporação das gotículas de água. Esse ar seco e descendente torna a atmosfera estável impedindo a formação de nuvens. Por essa razão os anticiclones estão associados a condições de tempo seco e sem nebulosidade nos quais predominam estabilidade atmosférica e céu limpo (Musk, 1988). Os sistemas de alta pressão são muito mais extensos que os ciclones e podem bloquear a trajetória de baixas. Quando um anticiclone persiste numa região por vários dias ou por pelo menos seis dias, segundo Van Loon (1956); Wriqth (1974), diz-se que ele atua como um sistema de bloqueio. Por esta razão, sistemas de circulação atmosférica úmidos derivados do continente não avançam sobre o litoral e precipitam. Portanto, o flanco oeste do ASAS que se localiza próximo ao litoral sul do Brasil funciona como escudo aos sistemas atmosféricos adjacentes menores forçando a precipitação nas regiões interiores próximas.

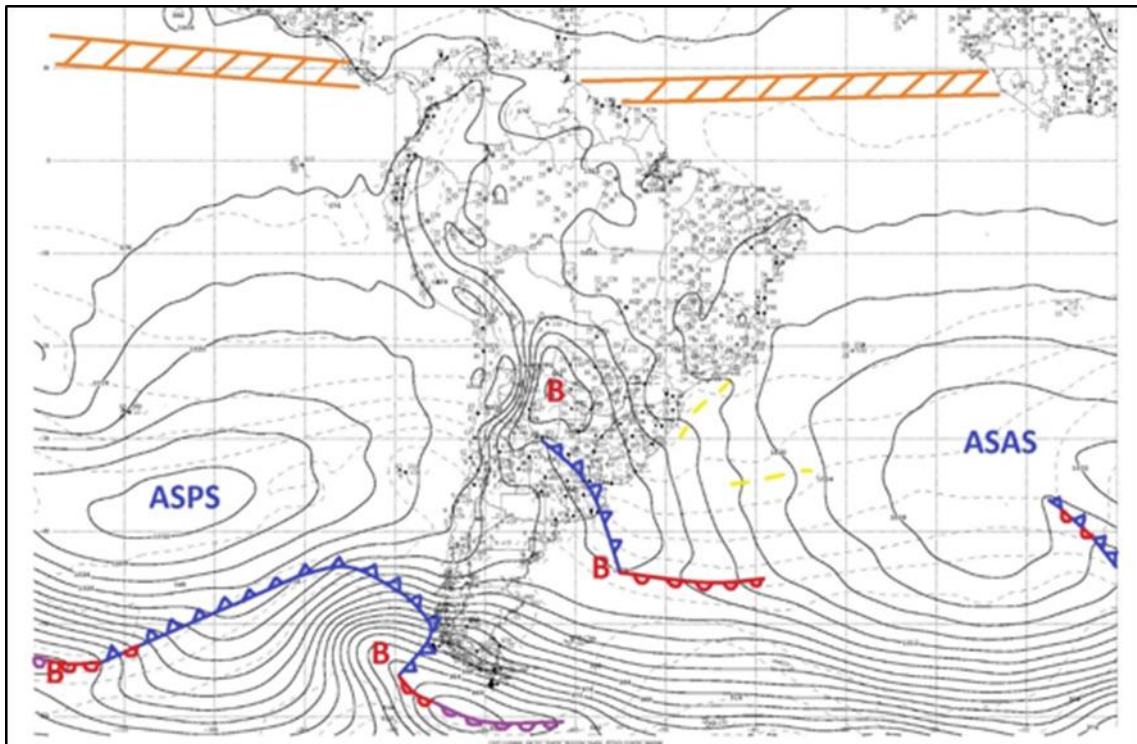


Figura 25 - Isóbaras fechadas que delimitam o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), a direita, o qual impede o avanço de sistemas frontais. Fonte: CPTEC/INPE, 2015

Os anticiclones subtropicais são também conhecidos como altas semipermanentes e ocorrem próximos às latitudes de 30° nas regiões oceânicas. e consistem em extensas áreas de ar subsidente seco e quente. Eles possuem essas características devido à intensa radiação solar tropical, altas temperaturas e elevada umidade específica sobre o oceano (Nimer, 1979). A umidade e a nebulosidade associadas a estes ciclones se restringem a uma estreita faixa da atmosfera próxima a superfície marítima (Moreira, 2002). Embora sejam características persistentes da circulação de escala planetária, os anticiclones semipermanentes recebem essa denominação porque sofrem importantes variações temporais de posição e intensidade (Ito, 1999).

Os sistemas frontais (Figura 26) são outros mecanismos que influenciam a precipitação local. Correspondem à zona de encontro entre duas massas de ar com propriedades térmicas distintas. Em ocorrências de frentes frias, a massa de ar frio força a massa de ar mais quente a subir, uma vez que esta é menos densa. Isso favorece a formação de nuvens e chuva. Após a passagem de uma frente fria segue-se a massa de ar frio que provoca diminuição da temperatura, da precipitação e da nebulosidade pois a massa de ar frio é densa e seca e desfavorece a formação de nuvens. A temperatura durante a noite diminui consideravelmente condicionando que o vapor d'água presente no ar próximo da superfície se condense formando orvalho ou até mesmo gelo. Quando o congelamento ocorre sem haver passagem da água pela fase líquida tem-se as geadas. Esses fenômenos meteorológicos são bastante comuns no sul do Brasil no outono e inverno.

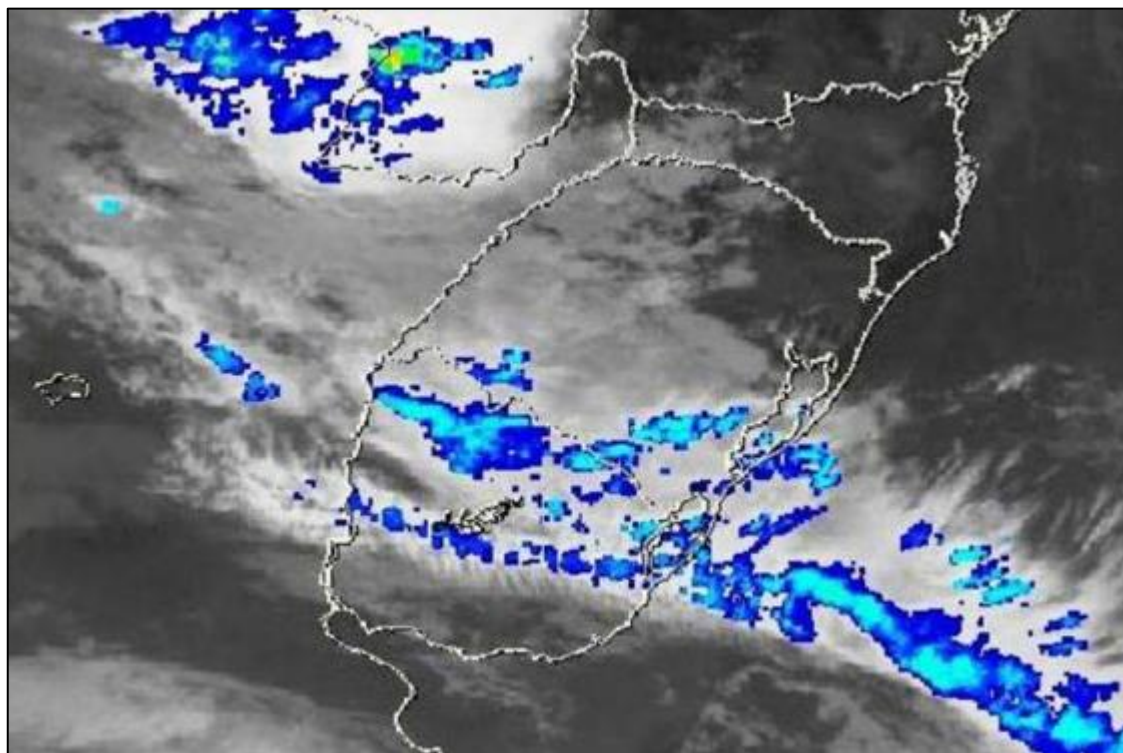


Figura 26 - Frente fria avançando ao sul do RS. Imagem do satélite Goes-12. Fonte: CPTEC/INPE, 2015

Complexos convectivos de mesoescala – CCM (Figura 27) são também sistemas atmosféricos que regulam as precipitações na região de estudo. Estes sistemas são formados por acúmulos de nuvens de chuva, principalmente sobre o Paraguai e NE da Argentina, devido a modulação diurna da intensidade do jato em baixos níveis, que induz à formação preferencial de circulação turbulenta noturna. Durante o dia, o aquecimento da superfície e consequente mistura turbulenta diminuem a intensidade dos ventos. No período noturno, com o desacoplamento do escoamento acima da camada estável noturna, os ventos podem acelerar sem o efeito do atrito. A trajetória dos CCM subtropicais tem geralmente início na região a leste dos Andes numa latitude média de 25 °C e sobre os vales dos rios Paraná e Paraguai. Em 25 casos de CCM estudados por Figueiredo e Sclar (1996), 70 % deslocaram-se para leste e sudeste (atingindo o Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná) e 30 % deslocaram-se para nordeste e norte, atingindo a região Sudeste do Brasil.

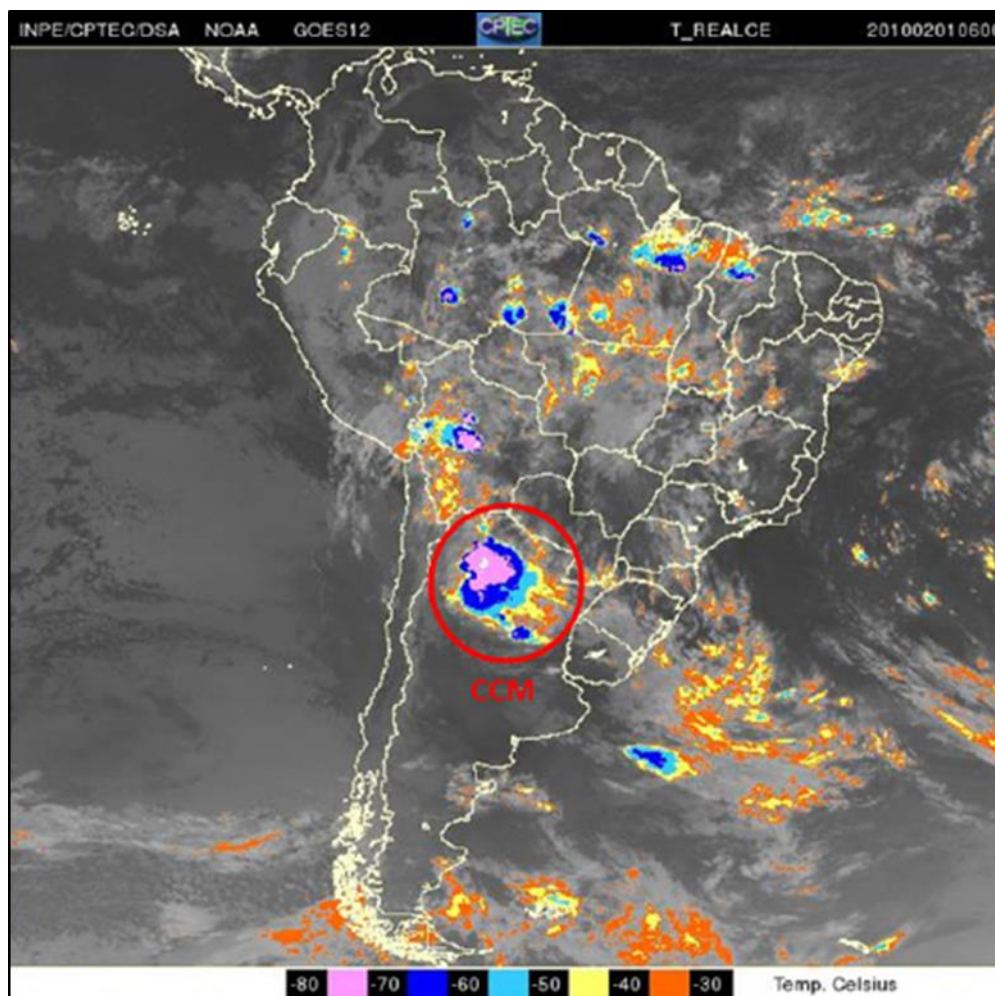


Figura 27 - Ocorrência de complexo convectivo de mesoescala (CCM) as 6:00 UC. Fonte: DAS/INPE, 2010

Outro sistema que influencia as condições pluviométricas nas proximidades da área de estudo são linhas de instabilidade (LI) tropical, porção dianteira de um distúrbio propagante em mesoescala. Este mecanismo de circulação atmosférica consiste de *cumulunimbus* (Cbs) e apresenta na sua retaguarda uma nuvem do tipo bigorna (*anvil cloud*) caracterizada por ocasionar elevada precipitação (Figura 28).

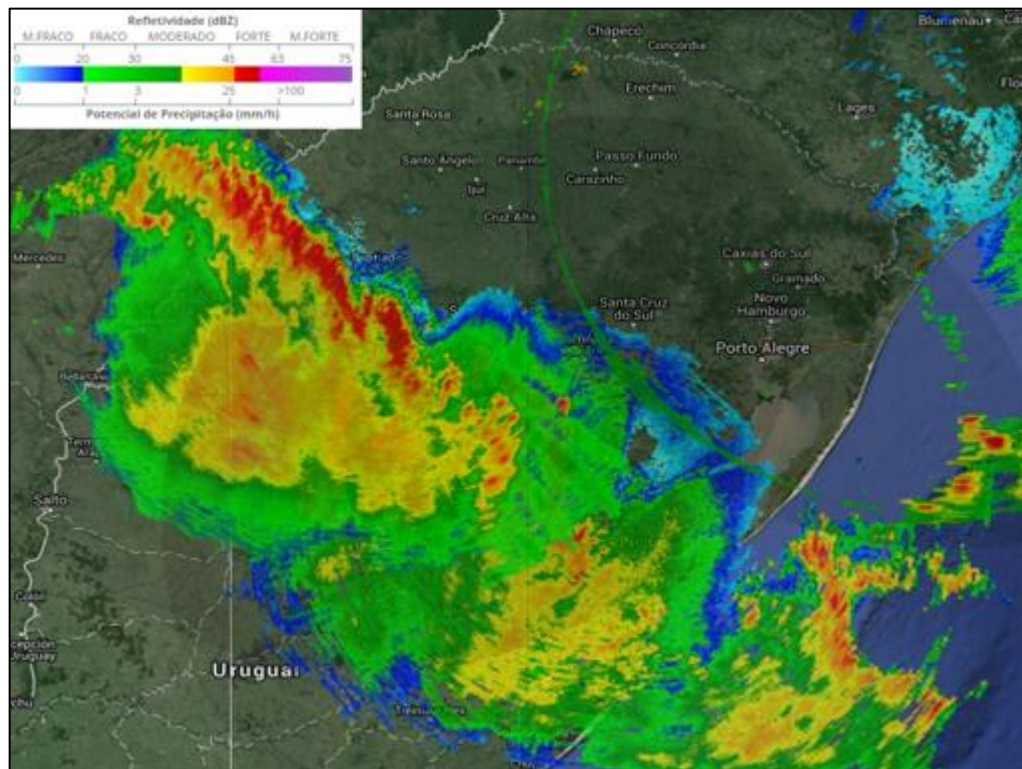


Figura 28 - Linha de Instabilidade sobre o sul do RS em 18/12/2015. Fonte: CPTEC/INPE

Nestas LI, os elementos convectivos são do tipo torres quentes e consistem em fluxos ascendentes por empuxo de ar úmido da camada limite para a alta troposfera; os movimentos descendentes da convecção transportam ar mais seco dos níveis médios para a camada limite, observando-se o espalhamento para a frente do sistema de parte deste fluxo formando a frente de rajada (*gust front*) e o restante se dissipa na retaguarda do sistema.

Contrariamente à linha convectiva, a bigorna tem uma estrutura predominantemente estratiforme, com precipitação e nebulosidade praticamente uniformes; as partículas precipitantes nas porções mais elevadas desta região são basicamente cristais de gelo que podem degelar e eventualmente evaporar na passagem pelo ar seco da retaguarda.

Os movimentos verticais de retaguarda são descendentes e convergem para abaixo da base da bigorna e podem retornar a ascender na bigorna até a exaustão do sistema. Quando a retroalimentação desse mecanismo é mantida durante dias, o sistema é denominado convectivo alongado persistente.

Também influenciam as precipitações no Rio Grande do Sul os vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAN). Estes sistemas atuam sobre as regiões sul e sudeste do Brasil por períodos de até dois dias e provocam chuvas e ventos fortes e propiciam, inclusive, geadas. Os VCAN são definidos como sistemas fechados de baixa pressão, de escala sinótica, que se formam na alta troposfera (Gan e Kousky, 1982). São usualmente referidos como baixas frias devido o centro do sistema ser mais frio que a periferia. Normalmente estes vórtices originam-se no Oceano Pacífico, ao cruzarem os Andes, provocam alterações no tempo nessas regiões, no Uruguaí e no norte da Argentina (Cavalcanti, 1982). Quando os VCAN (Figura 29) penetram no continente, oriundos do Oceano Pacífico, normalmente ocorre instabilidade e precipitação

nos setores leste e nordeste do vórtice. Os vórtices ciclônicos possuem uma vida média que varia consideravelmente, uns duram apenas algumas horas, outros mais de duas semanas. Ocasionalmente, os vórtices ciclônicos intensificam-se para baixo na vertical e podem refletir no campo de pressão em superfície (Boletim Climatológico INPE, 1996).

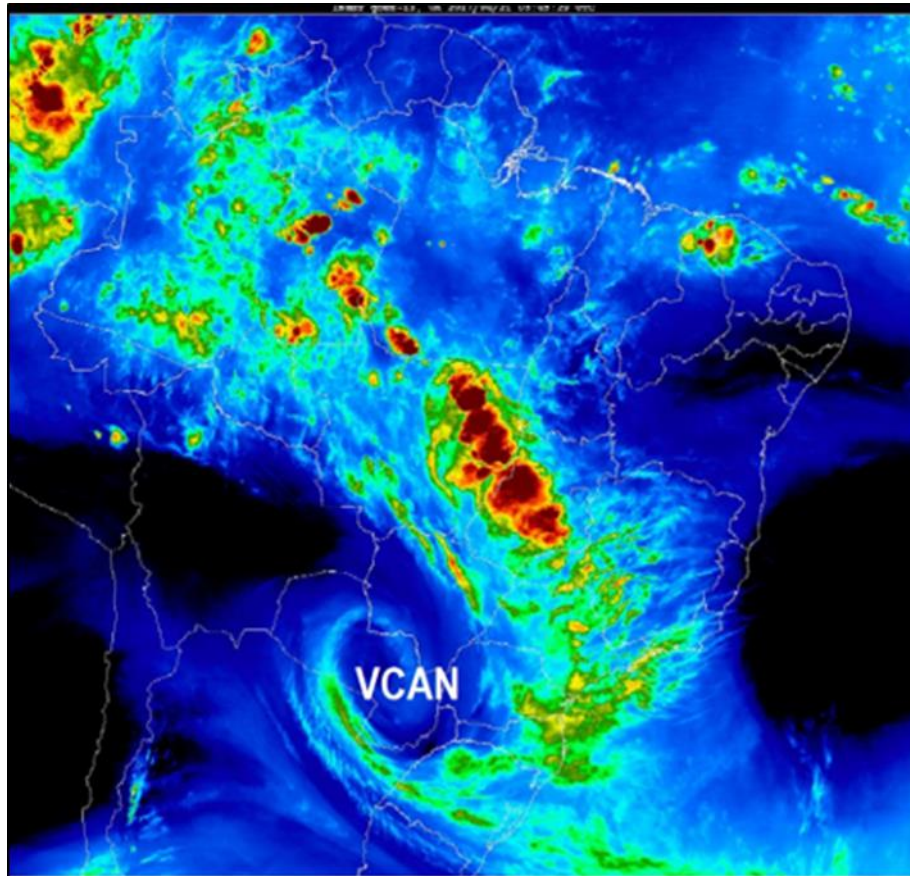


Figura 29 - Vórtice ciclônico de alto nível (VCAN) sobre o Paraguai e norte da Argentina. Nuvens carregadas (cores verde a vermelha) avançam sobre o RS devido influência dinâmica da VCAN. Fonte: NOAA/EUA, 2017

Devido sua localização, o trecho leste da rodovia pode também sofrer alguma influência das circulações de brisa por sua proximidade aos sistemas lacustre (Lago Guaíba e Lagoa dos Patos) e litorâneo (Oceano Atlântico). A diferença de temperatura entre a superfície do mar, da lagoa e do solo, é o principal impulsionador destas circulações locais (Anthes, 1978). Outros fatores que influenciam estas circulações térmicas são a topografia, a vegetação, a curvatura da costa, a altitude e as condições sinóticas e de circulação geral que intensificam a brisa a medida que a latitude da região diminui, tornando-se mais intensa (Atkinson, 1981). A brisa marítima é uma resposta às variações verticais do aquecimento da superfície. Está contida entre 1 e 2 km de altura e é fortemente influenciada pelos processos de viscosidade e condução da camada limite. Sua extensão horizontal é grande o suficiente para sofrer os efeitos de rotação da terra e do gradiente de pressão da escala sinótica (Walsh, 1974). A brisa pode impelir as massas de ar para o interior do continente até 150 km (Atkinson, 1981).

O transporte de umidade pela brisa marítima para o continente (Figura 30) pode fornecer umidade para alimentar outros sistemas e causar precipitação (Rebonita, 2012).

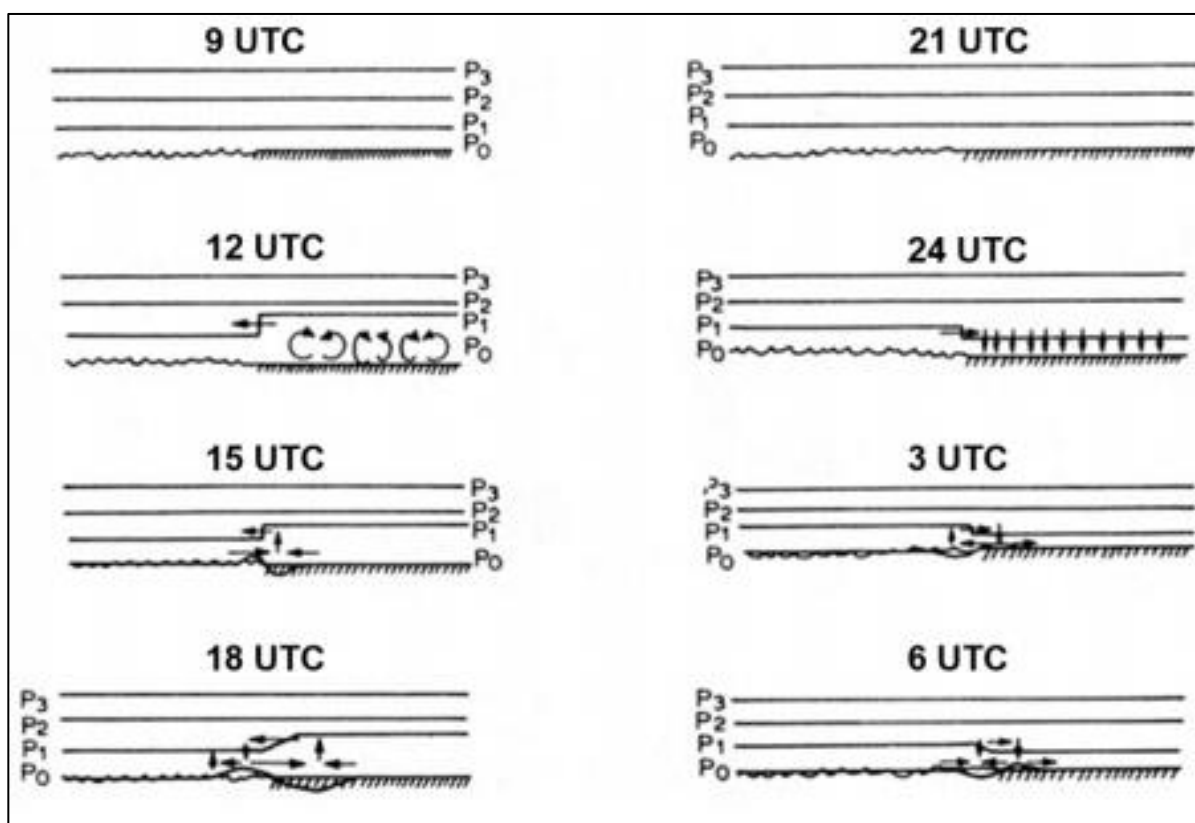


Figura 30 - Esquema de evolução da brisa marítima e terrestre a diferentes pressões num período de 24h.
 Fonte: Pielke, 1981.

As sucessivas ocorrências e associações entre esses sistemas ocasionam regularidade da precipitação ao longo de todo o ano, como observa-se nos dados pluviométricos.

Os registros obtidos das estações meteorológicas do INMET, conforme Tabela 39, demonstram precipitação média elevada em todos os meses do ano. Abril é o mês com menor volume de chuvas, apresentando média de 77,3mm em Porto Alegre, 92,7mm e Bento Gonçalves e 99,7mm e Passo Fundo. As maiores médias de precipitação pluviométrica são observadas entre agosto e setembro, quando se registra em Porto Alegre média de 142,2mm, em Bento Gonçalves 173,5mm e em Passo Fundo, 197,7mm (Figura 31).

Tabela 39 - Precipitações pluviométricas médias em Passo Fundo, Bento Gonçalves e Porto Alegre.
 Fonte: INMET, (1977-2006)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Passo Fundo	149,7	165,8	134,9	99,7	114,3	133,6	161,8	187,8	197,7	152,9	131,7	173,2	1.803,10
Bento Gonçalves	143,8	133,1	137,1	92,7	106	152,8	158,6	173,5	171,1	153,2	116,2	145,7	1.683,70
Porto Alegre	105,9	99,2	104,7	77,3	90	138,4	118,5	137,1	142,2	121,3	92,4	93,4	1.320,20

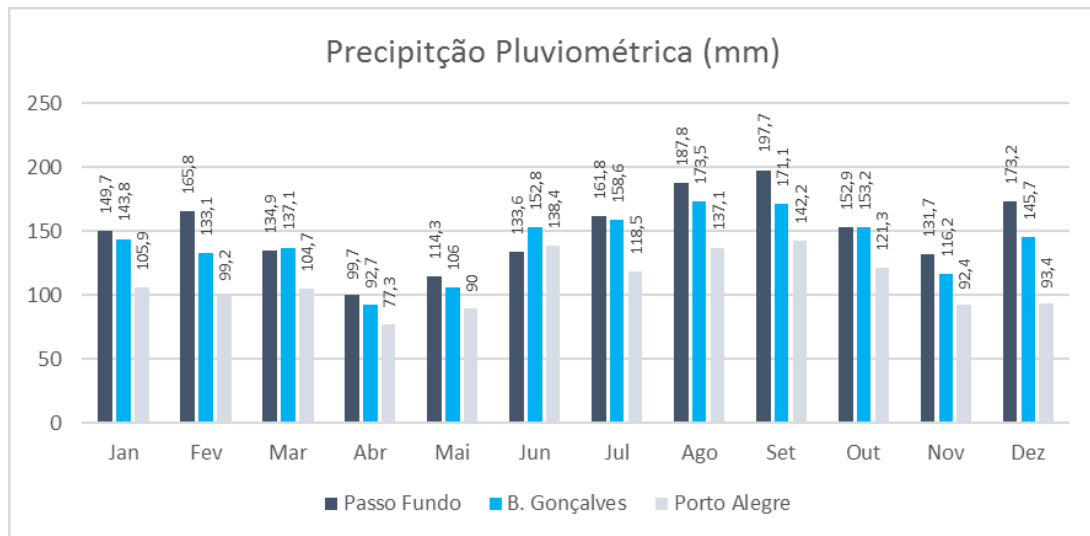


Figura 31 - Precipitação pluviométrica média conforme dados da Tabela 3

Verifica-se que a amplitude de precipitação média em cada estação é maior na porção oeste. Em Passo Fundo, a variação de precipitação entre o maior e menor valores mensais é de 98mm, em Bento Gonçalves é de 80,8mm e, em Porto Alegre, a variação pluviométrica é de 64,9mm.

Os valores acumulados anuais são elevados e caracterizados pelo aumento da pluviosidade para oeste, onde se verifica total de 1803,1mm em Passo Fundo. No centro, o acumulado anual é 1683,7mm em Bento Gonçalves. E a leste registra-se média de 1320,2mm em Porto Alegre.

A regularidade na distribuição anual das médias pluviométricas é observada também sazonalmente. As chuvas não tendem a se concentrar numa estação, no entanto, a média pluviométrica no inverno é de 30% do total, enquanto no outono, de 21%. Na primavera e no verão as médias pluviométricas correspondem, cada uma, a cerca de 25% do acumulado do ano (Figura 32).

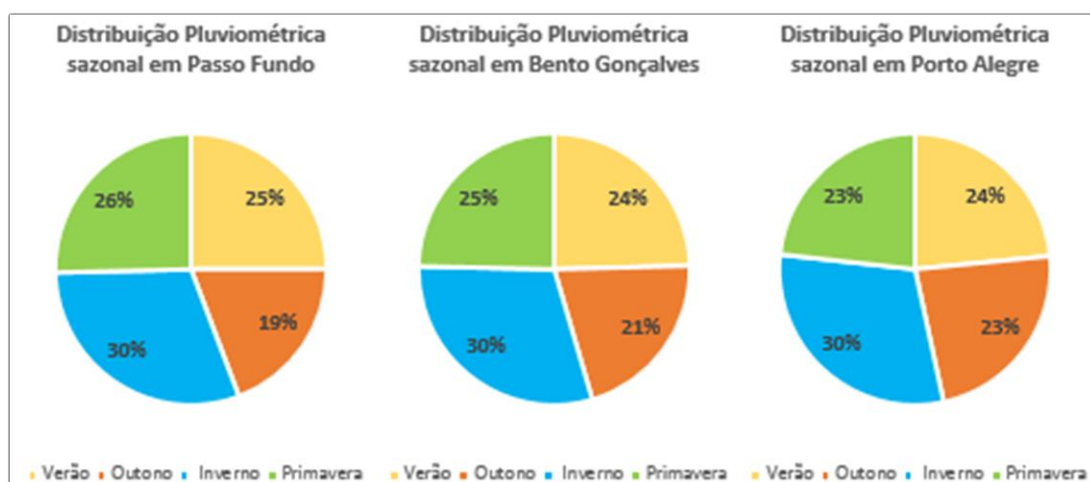


Figura 32 - Distribuição pluviométrica sazonal em Passo Fundo, Bento Gonçalves e Porto Alegre.

A frequência pluviométrica é observada na Figura 33, que apresenta imagens baseadas nos dados do *Global Precipitation Climatology Project (GPCP, 2003)*.

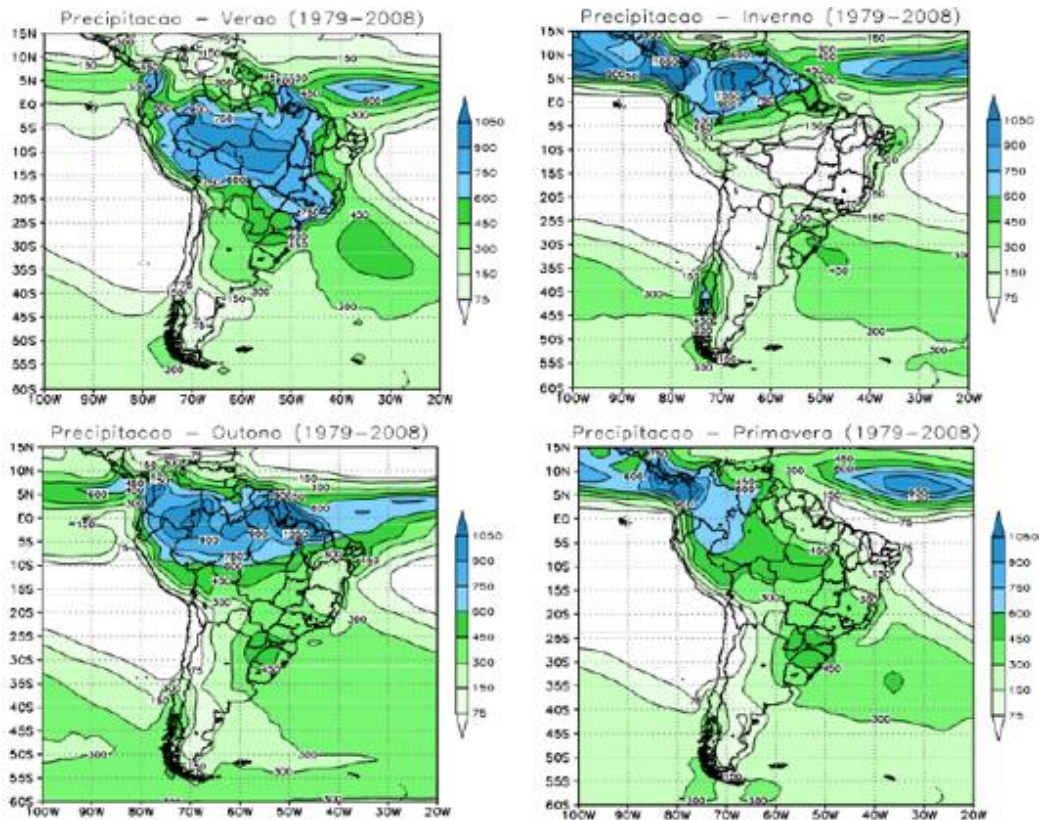


Figura 33 - Média sazonal da precipitação (mm) na América do Sul entre 1979 e 2008.
 Fonte: GPCP, 2003

Verifica-se na Figura 33 que a precipitação média no centro norte no Rio Grande do Sul mantém-se em todas as estações do ano em cerca de 450mm.

A distribuição das chuvas ao longo do ano, bem como as variações de temperatura e de evapotranspiração são apresentadas nos gráficos das Figura 34, Figura 35 e Figura 36.

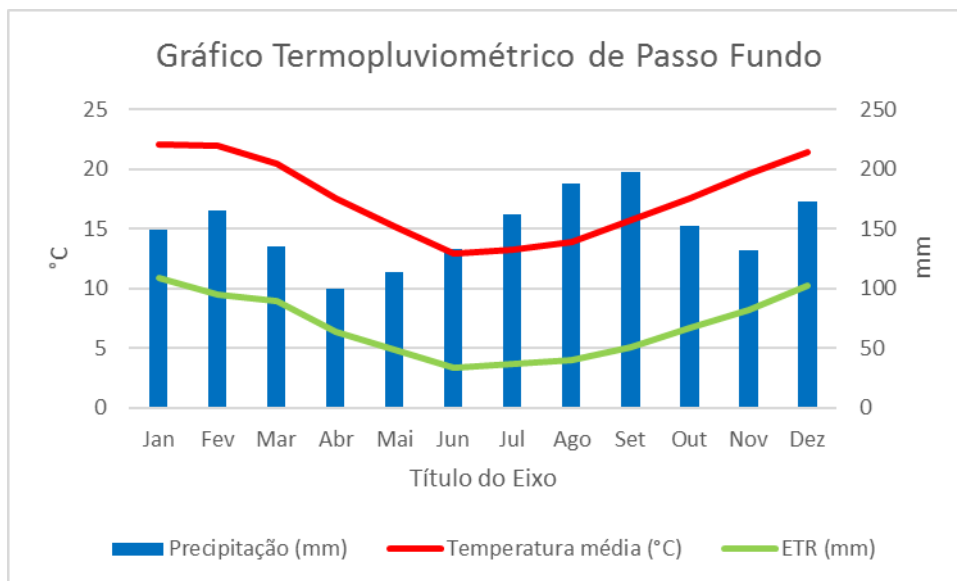


Figura 34 - Valores e distribuição de pluviosidade, temperatura média e evapotranspiração em Passo Fundo - RS. Fonte: INMET, 1977-2006.

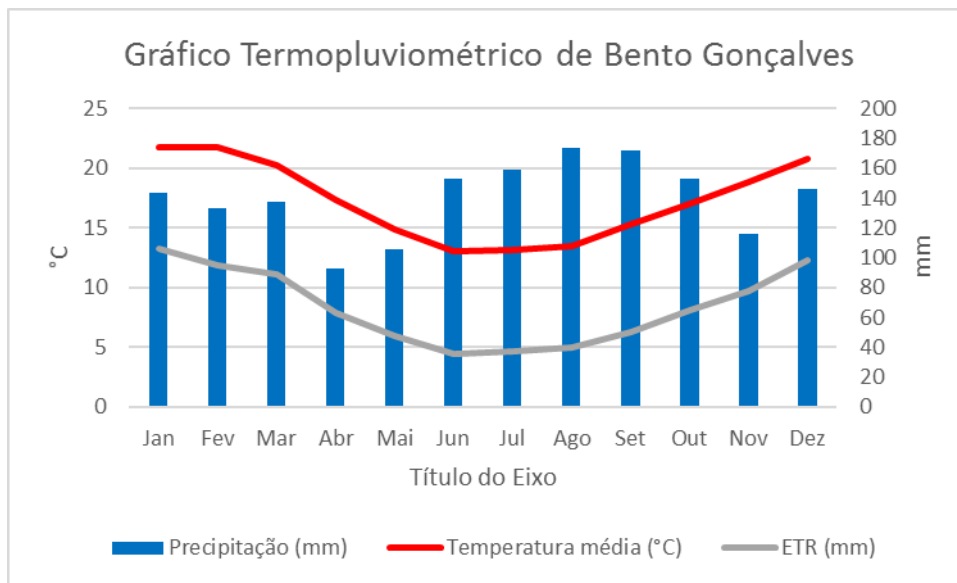


Figura 35 - Valores e distribuição de pluviosidade e de temperatura média de Bento Gonçalves - RS. Fonte: INMET, 1977-2006.

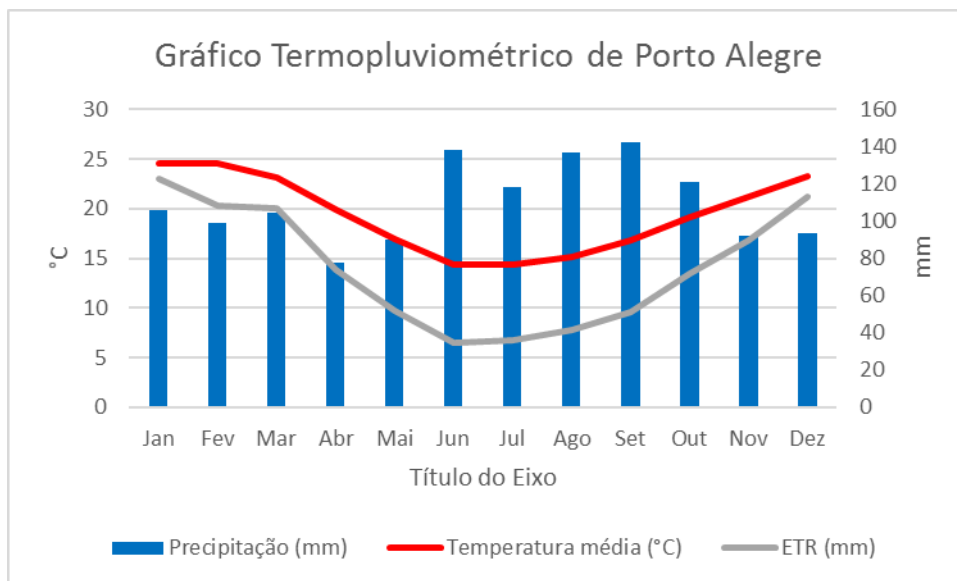


Figura 36 - Valores e distribuição de pluviosidade e de temperatura média de Porto Alegre - RS. Fonte: INMET, 1977-2006.

5.1.1.4 Umidade Relativa do Ar

A complexidade de sistemas e de interações atmosféricas envolvidas no clima da região resulta em ampla variação dos valores de umidade relativa do ar, que é a razão entre a quantidade de água existente no ar (umidade absoluta) e a quantidade limite de saturação do ar à mesma temperatura.

A constante ocorrência de pluviosidade durante o ano é fator de manutenção da umidade relativa do ar entre patamares moderados e elevados. Eventuais incursões de massas polares de ar seco e anticiclones, sistemas de alta pressão, são fatores que podem reduzir a umidade relativa do ar. Já os complexos convergentes de mesoescala e linhas de instabilidade geram

cenários favoráveis a ocorrência de pluviosidade intensa e consequente elevação da umidade relativa do ar. As alterações das médias mensais demonstram elevada amplitude de variação da umidade relativa do ar.

Em Passo Fundo, a umidade relativa média é maior em junho, 86%, e menor em dezembro, 67%. Durante junho a variação da umidade é menor, de 67 a 96%. Em dezembro, a amplitude varia de 39 a 91% (Figura 37)

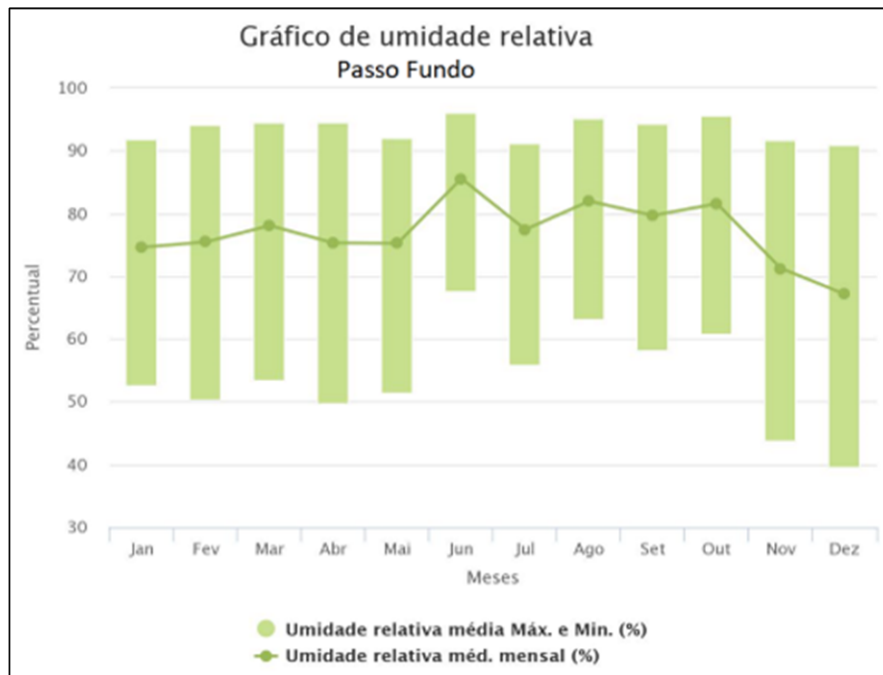


Figura 37 - Umidade relativa do ar em Passo Fundo. Fonte: INMET, 1977-2006

Em Porto Alegre a umidade relativa média é maior em junho, 90%, e menor em janeiro, 72%. Durante junho a variação da umidade é menor, registram-se valores entre 67 e 94%. Em dezembro e abril, a amplitude é máxima e varia, respectivamente, de 53 a 94% e de 49 a 91%. Observa-se homogeneidade dos valores máximos de umidade relativa do ar devido a atuação das brisas de origens marinha e lacustre (Figura 38).

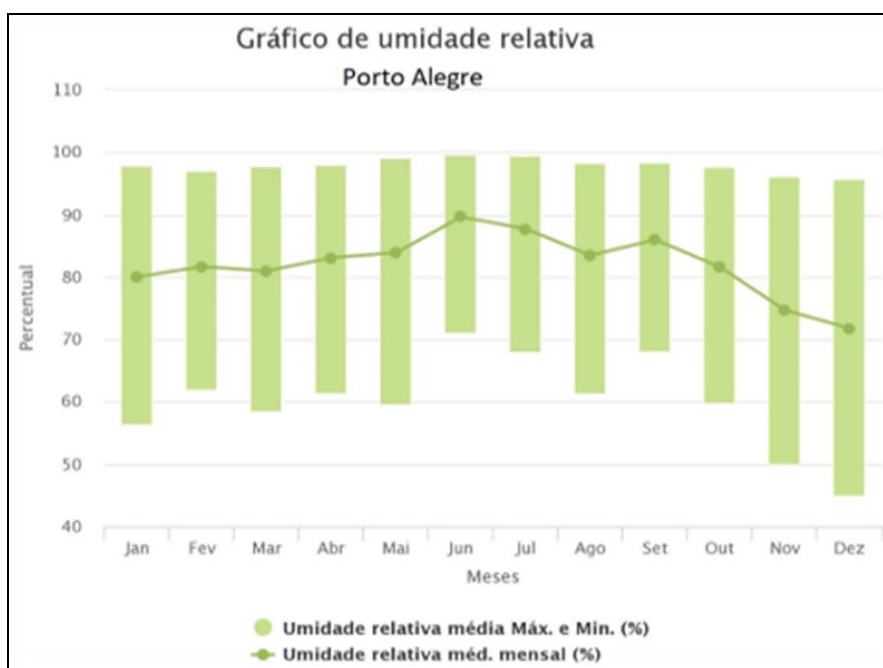


Figura 38 - Umidade relativa do ar em Porto Alegre. Fonte: INMET, 1977-2006

Em Bento Gonçalves, a umidade relativa média é maior em junho, 84%, e menor em janeiro, 73%. Durante junho a variação da umidade é menor, de 67 a 94%. Em dezembro e abril, a amplitude é máxima e varia, respectivamente, de 53 a 94% e de 49 a 91% (Figura 39).

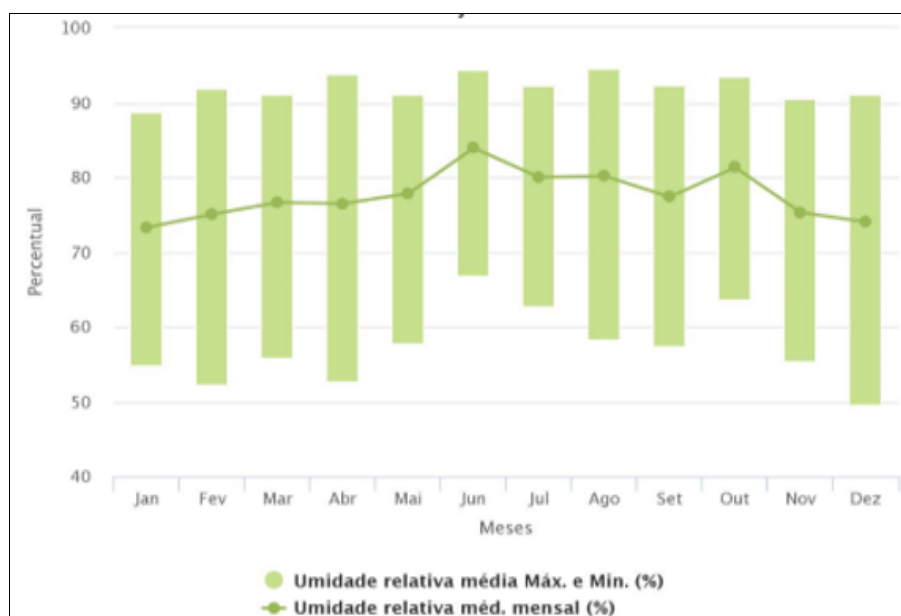


Figura 39 - Umidade relativa do ar em Bento Gonçalves. Fonte: INMET, 1977-2006

5.1.1.5 Ventos

A dinâmica dos ventos é caracterizada pelo deslocamento das massas de ar que são influenciadas, principalmente, pelos gradientes de pressão atmosférica, importante para a distribuição da temperatura, umidade e nebulosidade. A frequência e a intensidade dos ventos influenciam diretamente no transporte e na dispersão de poluentes atmosféricos. As

calmarias, por exemplo, não são fatores ativos na dispersão de poluentes, já os ventos intensos podem aumentar a suspensão de material particulado.

Os padrões de circulação atmosférica sobre a América do Sul e a distribuição espacial e temporal das chuvas e temperaturas estão relacionados aos sistemas meteorológicos, tais como a Alta da Bolívia (AB), os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), além dos fenômenos *El Niño* e *La Niña* (Satyamurty et al., 1998).

Segundo Kalnay et al. (1996), na América do Sul as principais modificações da circulação atmosférica são identificadas, nos altos níveis de altitude, no período de dezembro a fevereiro – verão, e de julho a agosto – inverno (Figura 40).

Kalnay et al. (1996) indicam que no verão as circulações quase-estacionárias determinam o clima na América do Sul, com predominância do Vórtice Ciclônico no Nordeste do Brasil (Figura 40A), quando há o deslocamento de uma corrente de jato subtropical que se desloca para altas latitudes. Já no inverno o escoamento é zonal, havendo uma intensa corrente de jato de oeste (Figura 40B).

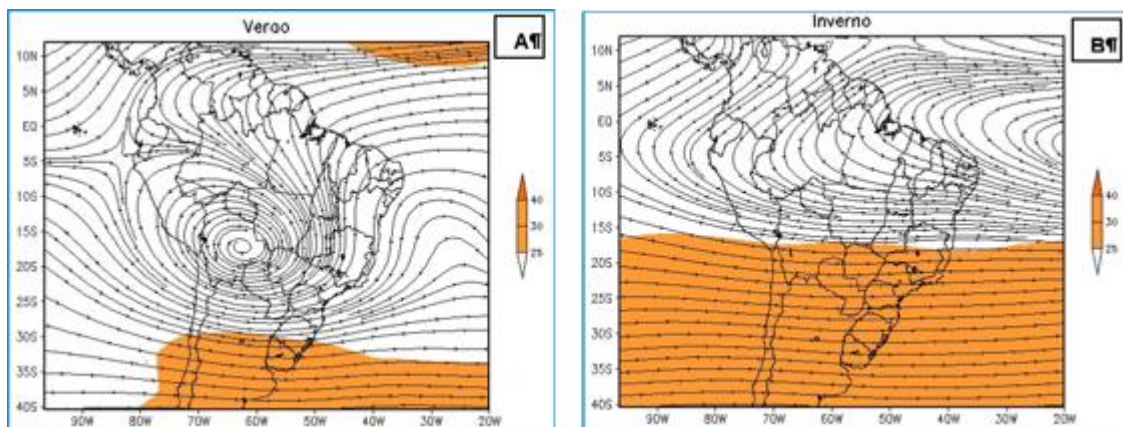


Figura 40 - Campos médios sazonais do vento no nível de 200 hPa (m/s) referentes ao período de verão, em A e inverno, em B. Dados de 1978 a 2007. Fonte: reanálise do NCEP/NCAR, 2010

Para os baixos níveis de altitude, Kalnay et al. (1996) indicam que o escoamento sobre a América do Sul não apresenta mudanças significativas entre o verão e o inverno (Figura 41A e B), porém, ressalta que há a presença de jatos de baixos níveis de altitude, os quais transportam o vapor d'água da Amazônia para a região Sul, Paraguai e norte da Argentina. No inverno há a ocorrência do Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul (ASPS) e do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), mais forte que no verão (Alves, 2007).

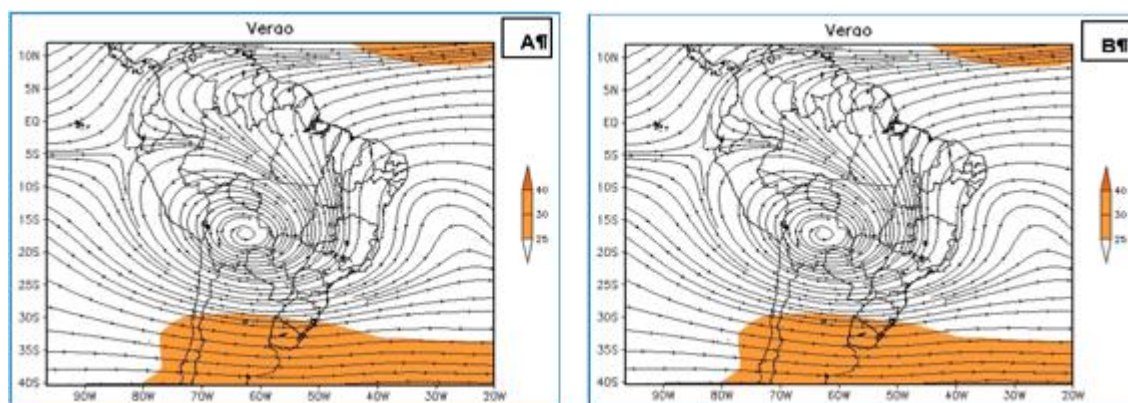


Figura 41 - Campos médios sazonais do vento em altos níveis de altitudes referentes ao período de verão (a) e inverno (b). Dados de 1978 a 2007. Fonte: reanálise do NCEP/NCAR, 2010

Na América do Sul, geralmente, os sistemas provenientes do Pacífico deslocam-se para leste, adquirindo, depois da passagem pela Cordilheira dos Andes, um componente em direção ao Equador, podendo avançar pelo continente ou deslocar-se para o Oceano Atlântico, onde no verão, se verifica uma maior atuação desses sistemas, provocando maior quantidade de precipitação, enquanto que no inverno, os sistemas frontais estão mais relacionados com a penetração de massas de ar frio (Figura 42).

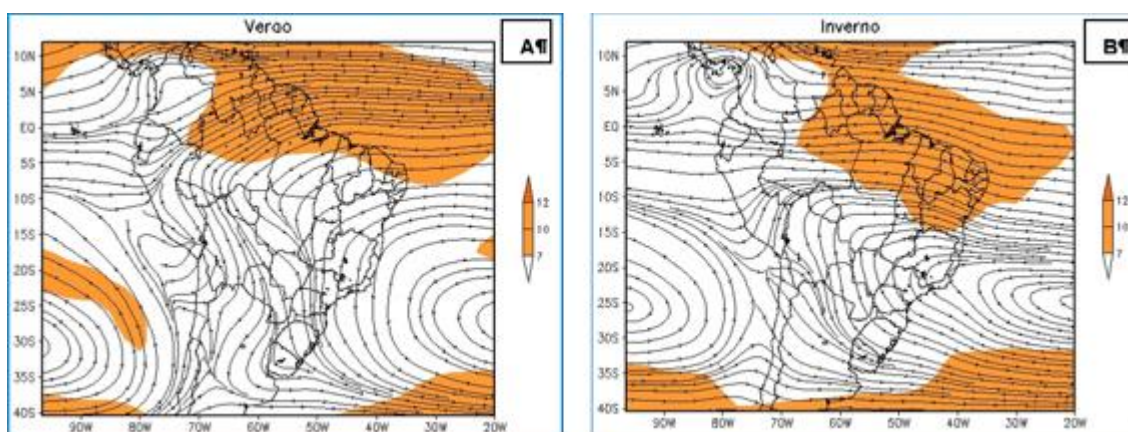


Figura 42 - Campos médios sazonais do vento em baixos níveis de altitudes (m/s) referentes ao período de verão (a) e inverno (b). Dados de 1978 a 2007. Fonte: reanálise do NCEP/NCAR, 2010

Os parâmetros de análise dos ventos são discriminados no gráfico de rosa dos ventos (Figura 43) em que se registram as médias anuais dos ventos decompostos por orientação e velocidade.

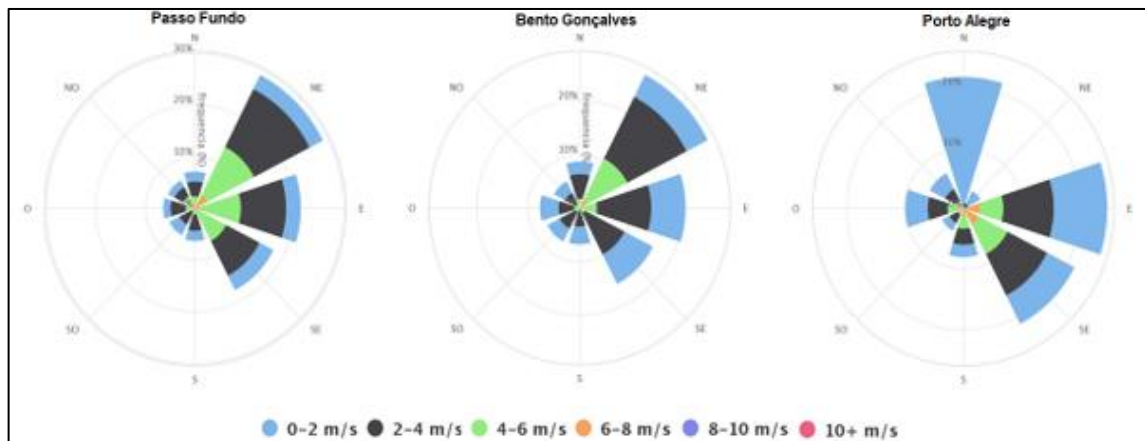


Figura 43 - Rosas dos ventos de Passo Fundo, Bento Gonçalves e Porto Alegre. Fonte: INMET, 1977-2006

Em Passo Fundo há predominância de ventos de NE (29%), de E (21%) e de SE (17%). Cada uma das demais orientações representam cerca de 6,5% dos ventos totais. Os ventos de calmaria, aqueles que não ultrapassam 2 m/s, representam 18% do total. Os ventos entre 2 e 4 m/s constituem 41% dos ventos e aqueles com velocidade de 4 a 6 m/s são 30% do total. Os demais 11% dos ventos apresentam velocidade acima de 6 m/s. A predominância de velocidade de 2 a 6 m/s caracteriza o potencial dispersor dos ventos como baixo a moderado. A direção preferencial dos ventos de NE corresponde à influência do sistema anticiclônico.

Os ventos em Bento Gonçalves apresentam dinâmica similar aos de Passo Fundo. Observa-se a predominância de ventos de NE (36%), de E (20%) e de SE (18%). Cada uma das demais orientações representam cerca de 5,5% dos ventos totais. Os ventos de calmaria, aqueles com velocidade máxima de 2 m/s, representam 31% do total. Os ventos entre 2 e 4 m/s constituem 36% dos ventos e aqueles com velocidade de 4 a 6 m/s são 16% do total. Os demais 17% dos ventos apresentam velocidade acima de 6 m/s. A predominância de velocidade de 2 a 6 m/s caracterizam o potencial dispersor dos ventos como baixo a moderado. A direção preferencial dos ventos de NE corresponde à influência do sistema anticiclônico.

Em Porto Alegre há predominância de ventos de E (24%), de SE (21%) e de N (21%). O octante O é constituído por 10% dos ventos, o S por 7,5% e os demais por cerca de 5% cada. Os ventos de calmaria, aqueles com velocidade máxima de 2 m/s, representam 47% do total. Os ventos entre 2 e 4 m/s constituem 30% dos ventos e aqueles com velocidade de 4 a 6 m/s são 15% do total. Os demais 8% dos ventos apresentam velocidade acima de 6 m/s. A predominância de velocidade de 2 a 6 m/s caracterizam o potencial dispersor dos ventos como baixo a moderado. A direção preferencial dos ventos de E e SE corresponde à influência das brisas marinhas.

5.1.1.6 Radiação Solar

A energia do sol e a posição relativa de incidência dessa energia condicionam os sistemas meteorológicas. A energia calorífica fornecida pelo sol, a radiação, influencia diretamente a

densidade do ar e, conseqüentemente, os gradientes de pressão que causam o movimento do ar nos processos relativos ao balanço de energia.

A energia emitida pelo sol por meio da radiação eletromagnética que chega à superfície e que é registrada pela estação meteorológica de Passo Fundo varia do menor valor, 86 Wh/m² em junho, auge do inverno, ao maior valor, 281 Wh/m² em dezembro, no verão (Figura 44).

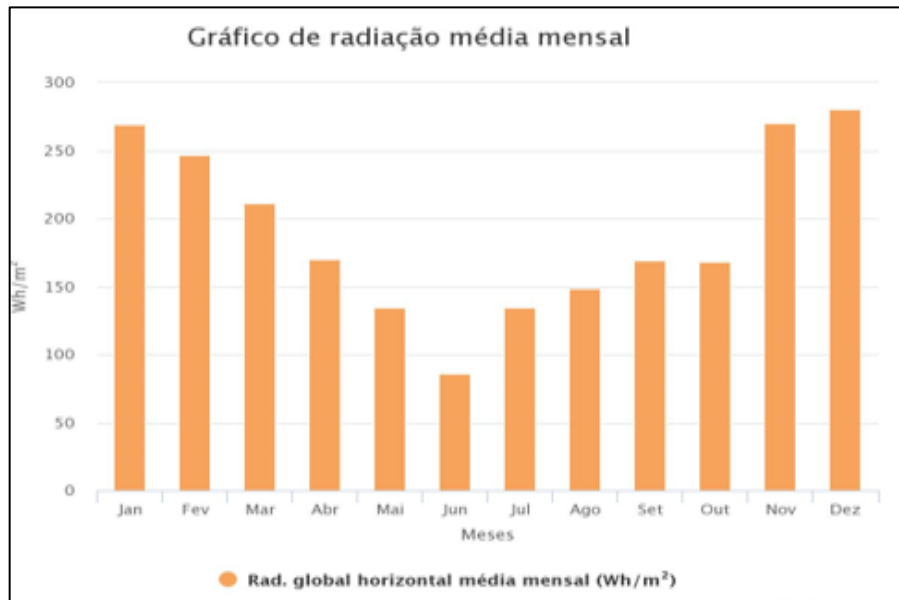


Figura 44 - Radiação média mensal em Passo Fundo. Fonte: INMET, 1977-2006

A radiação solar em Passo Fundo apresenta valores máximos de intensidade entre novembro e abril, com auge entre dezembro e janeiro, quando o pico solar é de 5° sul. Em junho, quando são registrados os menores valores de radiação, o pico é observado a 48° sul (Figura 45).

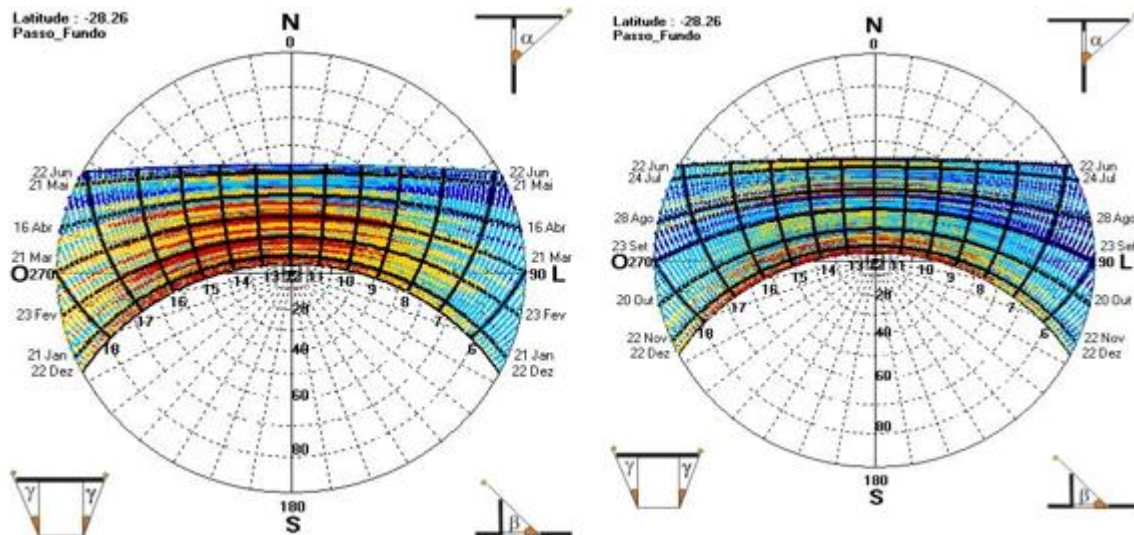


Figura 45 - Carta solar de Passo Fundo. Fonte: INMET, 1977-2006

Em Bento Gonçalves, a energia emitida pelo sol por meio da radiação eletromagnética que chega à superfície varia do menor valor, 113 Wh/m² em julho, ao maior valor, 302 Wh/m² em dezembro, no verão (Figura 46).

Gráfico de radiação média mensal

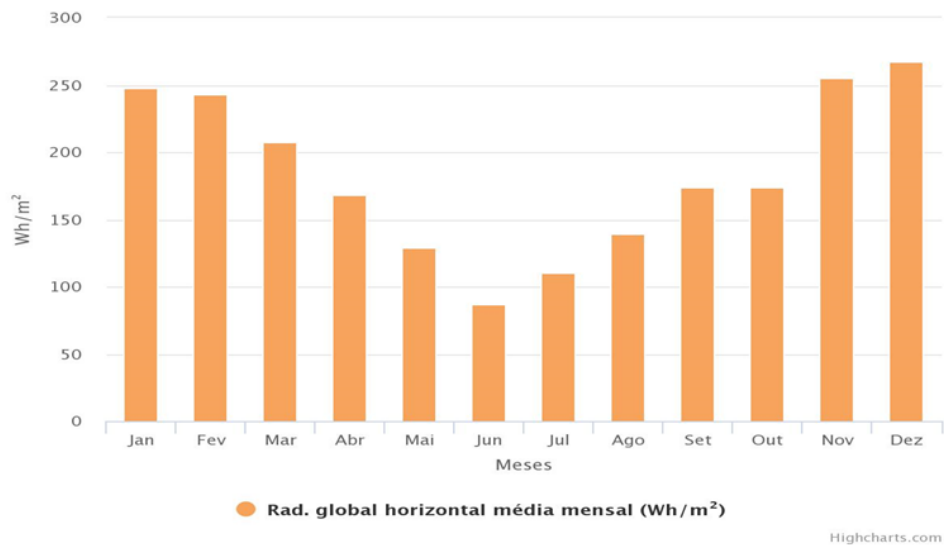


Figura 46 - Radiação média mensal em Bento Gonçalves. Fonte: INMET, 1977-2006

A radiação solar em Passo Fundo apresenta valores máximos de intensidade entre novembro e abril, com auge entre dezembro e janeiro, quando o pico solar é de 5° sul. Em junho, quando são registrados os menores valores de radiação, o pico é observado a 45° sul (Figura 47).

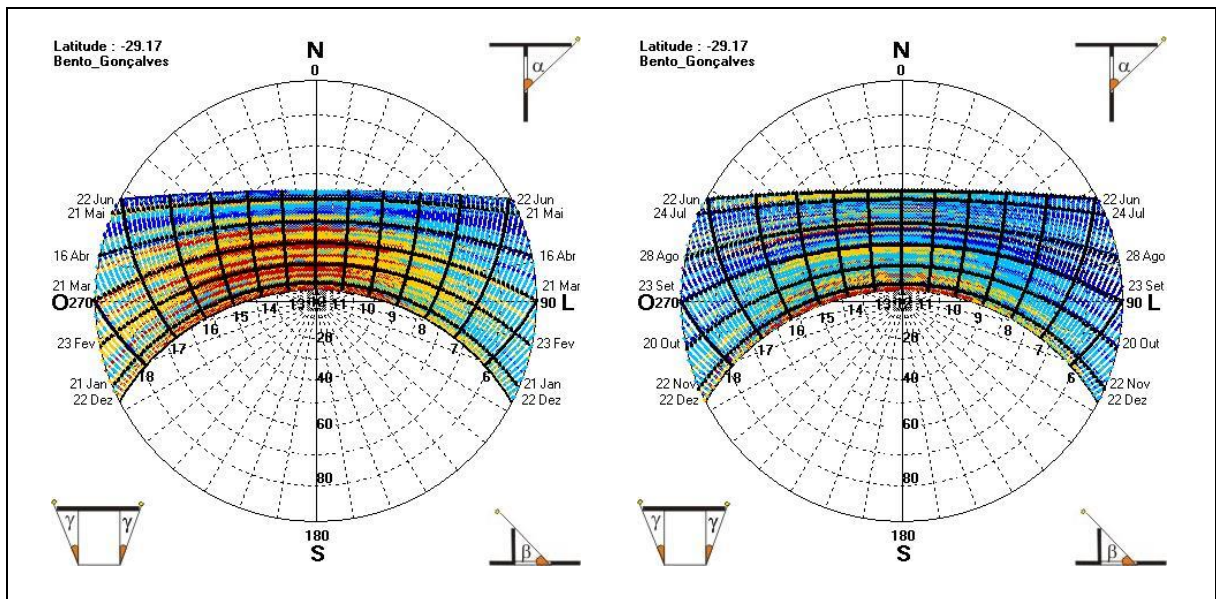


Figura 47 - Carta solar de Bento Gonçalves. Fonte: INMET, 1977-2006

Em Porto Alegre, a energia emitida pelo sol por meio da radiação eletromagnética que chega à superfície varia do menor valor, 113 Wh/m² em julho, ao maior valor, 302 Wh/m² em dezembro, no verão (Figura 48).

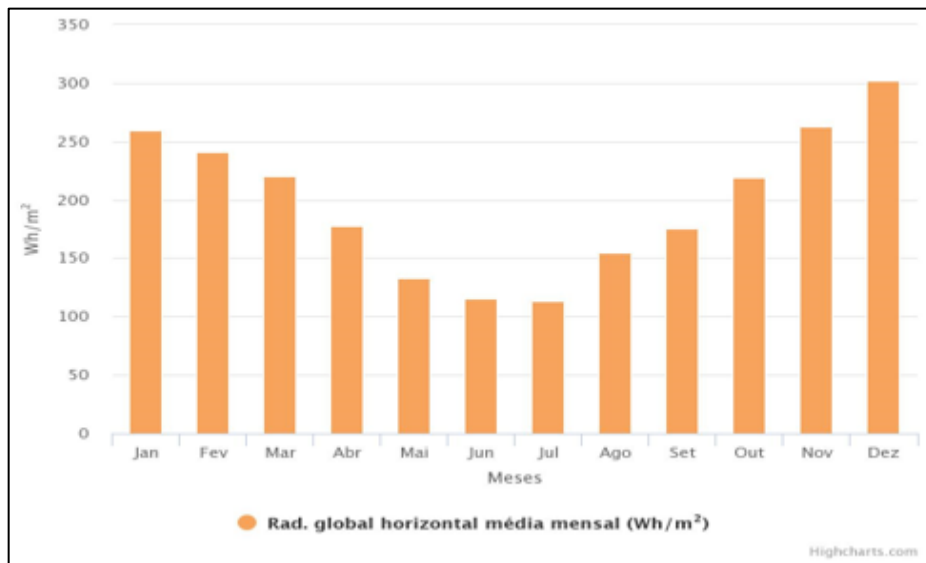


Figura 48 - Radiação média mensal em Porto Alegre. Fonte: INMET, 1977-2006

A radiação solar em Porto Alegre apresenta valores máximos de intensidade entre outubro e março, com auge em dezembro quando o pico solar é de 4° sul. Em maio, junho e julho, quando são registrados os menores valores de radiação, o pico é observado a 36° sul (Figura 49).

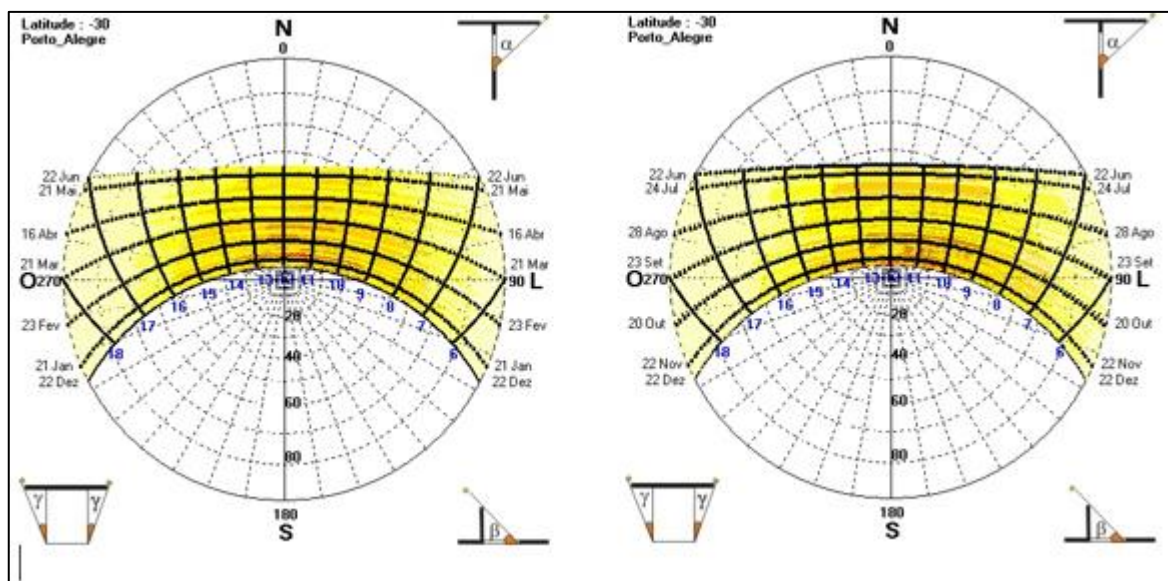


Figura 49 - Carta solar de Porto Alegre. Fonte: INMET, 1977-2006

5.1.1.7 Balanço Hídrico

A caracterização de entrada e saída de água por processos atmosféricos, isto é, por precipitação e evaporação, seguem o princípio físico da conservação de massa. Este balanço hídrico demonstra a variação de disponibilidade de água no solo vegetado.

Para elaboração do balanço hídrico local foi adotada a metodologia desenvolvida por Thorthwaite e Mather (1955) através do programa "BHnorm" elaborado em planilha EXCEL por Rolim et al. (1998). Como capacidade de água disponível (CAD) utilizou-se o valor de 100

mm e a evapotranspiração potencial foi estimada pelo método de Thornthwaite (1948). A inicialização do balanço hídrico seguiu o critério de Mendonça (1958) devido à facilidade de sua informatização em relação ao método original. Como resultado, é apresentada uma tabela contendo os dados mensais de evapotranspiração real, da deficiência hídrica, do excedente hídrico e do armazenamento de água no solo, além dos dados de temperatura e precipitação a partir dos dados das estações meteorológicas do INMET em Passo Fundo, Bento Gonçalves e Porto Alegre, considerando a série histórica 1977-2006.

5.1.1.7.1 Balanço Hídrico – Passo Fundo

A precipitação acumulada no período de um ano é 1803,1 mm, e a evapotranspiração real é 818,5 mm, ou seja, cerca de 45% da água precipitada retorna à atmosfera pelo processo de evapotranspiração, enquanto o restante, 55%, corresponde aos 984,6 mm excedentes (Tabela 40).

O armazenamento de água no solo é, em média, 1200 mm no ano distribuído homogeneamente por todos os meses. Não ocorre deficiência hídrica em nenhum período (Figura 50).

Tabela 40 - Balanço hídrico climatológico de Passo Fundo-RS pelo método Thornthwaite e Mather (1955) considerando os dados da estação meteorológica 83914 do INMET no período de 1977-2006. Legenda: T = temperatura; P = precipitação média mensal; N = duração do dia; I = índice térmico; a = fator de correção local; ETP = evapotranspiração potencial corrigida; P-ETP = somatório das diferenças mensais na época seca do ano; NEG-AC = Precipitação Negativa Acumulada; ARM = armazenamento de água no solo; ALT = alteração da umidade do solo (do último dia do mês anterior para o último dia do mês em questão); ETR = evapotranspiração real média mensal; DEF = deficiência hídrica; EXC = excessos hídricos; Negativo Acumulado (Neg. Ac.)

Decêndio	Nº dias	NDA	T (°C)	P (mm)	N (h)	I	ETP	P-ETP (mm)	NEG-AC	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	31	1	22,1	149,7	13	9,5	108,51	41,2	0	100	0	108,5	0	41,2
Fev	28	32	22	165,8	12,7	9,4	95,35	70,5	0	100	0	95,3	0	70,5
Mar	31	60	20,5	134,9	12,3	8,5	90,01	44,9	0	100	0	90	0	44,9
Abr	30	91	17,6	99,7	11,8	6,7	63,36	36,3	0	100	0	63,4	0	36,3
Mai	31	121	15,2	114,3	11,4	5,4	48,25	66,1	0	100	0	48,2	0	66,1
Jun	30	152	12,9	133,6	11,1	4,2	33,67	99,9	0	100	0	33,7	0	99,9
Jul	31	182	13,3	161,8	11	4,4	36,62	125,2	0	100	0	36,6	0	125,2
Ago	31	213	13,9	187,8	11,3	4,7	40,53	147,3	0	100	0	40,5	0	147,3
Set	30	244	15,7	197,7	11,7	5,7	50,81	146,9	0	100	0	50,8	0	146,9
Out	31	274	17,6	152,9	12,2	6,7	67,27	85,6	0	100	0	67,3	0	85,6
Nov	30	305	19,6	131,7	12,6	7,9	82,16	49,5	0	100	0	82,2	0	49,5
Dez	31	335	21,4	173,2	12,9	9	102	71,2	0	100	0	102	0	71,2
TOTAIS			211,8	1803,1	144	82,1	818,55	984,6		1200	0	818,5	0	984,6
MÉDIAS			17,7	150,3	12	6,8	68,21	82		100		68,2	0	82

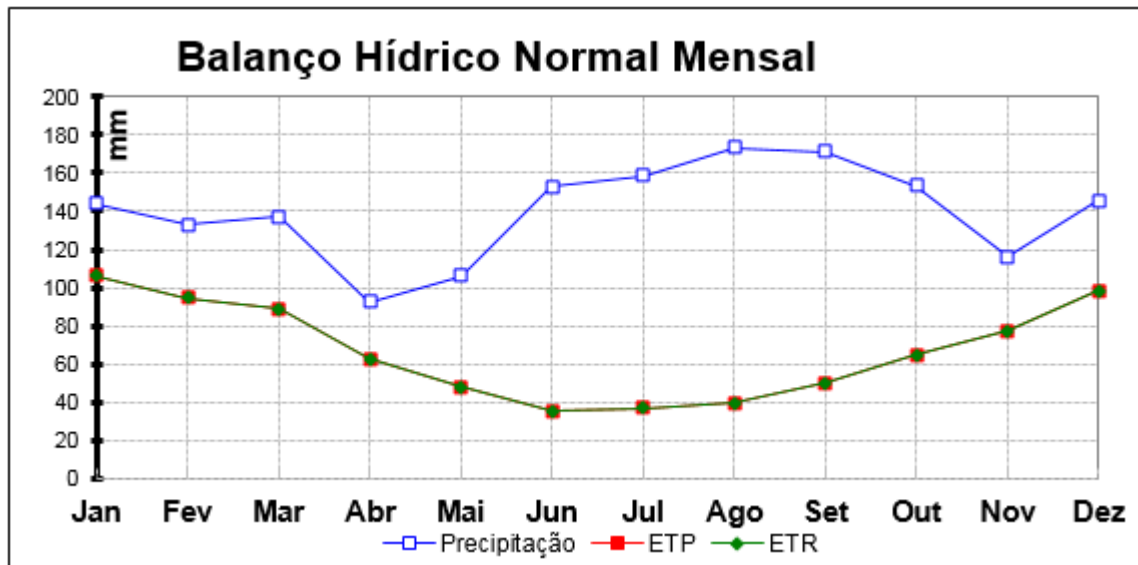


Figura 50 - Balanço hídrico climático de Passo Fundo-RS.

No período de maior precipitação, entre junho e setembro, o sistema apresenta excedente hídrico superior a 100 mm, com pico em agosto, quando alcança 133,8 mm. Mesmo nos períodos de maior temperatura e menor pluviosidade, entre novembro e maio, o balanço hídrico é excedente e registrando o menor valor em abril, 30mm (Figura 51).

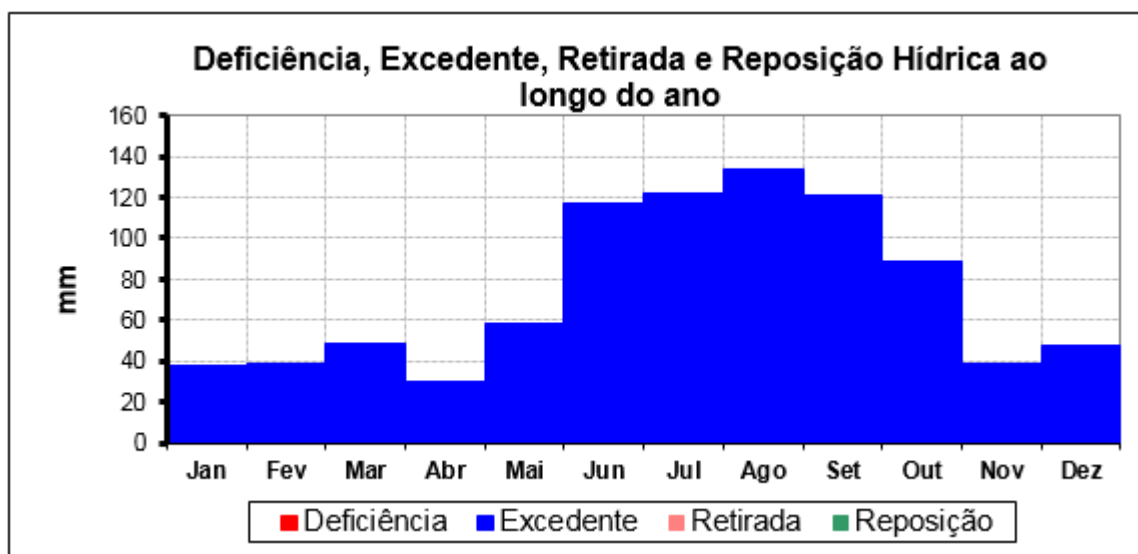


Figura 51 - Taxas de retirada e reposição hídrica no balanço hídrico climático de Passo fundo-RS. Balanço hídrico – Passo Fundo

5.1.1.7.2 Balanço Hídrico – Bento Gonçalves

A precipitação acumulada no período de um ano é 1683,8 mm, e a evapotranspiração real é 801,5 mm, ou seja, cerca de 47,6% da água precipitada retorna à atmosfera pelo processo de evapotranspiração, enquanto o restante, 52,4%, corresponde aos 882,3 mm excedentes (Tabela 41, Figura 52).

Tabela 41 - Balanço hídrico climatológico de Bento Gonçalves-RS pelo método Thornthwaite e Mather (1955) considerando os dados da estação meteorológica 83941 do INMET no período de 1977-2006.. Legenda: T = temperatura; P = precipitação média mensal; N = duração do dia; I = índice térmico; a = fator de correção local; ETP = evapotranspiração potencial corrigida; P-ETP = somatório das diferenças mensais na época seca do ano; NEG-AC = Precipitação Negativa Acumulada; ARM = armazenamento de água no solo; ALT = alteração da umidade do solo (do último dia do mês anterior para o último dia do mês em questão); ETR = evapotranspiração real média mensal; DEF = deficiência hídrica; EXC = excessos hídricos; Negativo Acumulado (Neg. Ac.)

Decêndio	Nº dias	NDA	T (°C)	P (mm)	N (h)	I	ETP	P-ETP (mm)	NEG-AC	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	31	1	21,7	143,8	13	9,2	105,97	37,8	0	100	0	106	0	37,8
Fev	28	32	21,8	133,1	12,7	9,3	94,65	38,4	0	100	0	94,7	0	38,4
Mar	31	60	20,2	137,1	12,3	8,3	88,78	48,3	0	100	0	88,8	0	48,3
Abr	30	91	17,3	92,7	11,8	6,5	62,68	30	0	100	0	62,7	0	30
Mai	31	121	14,9	106	11,4	5,2	47,84	58,2	0	100	0	47,8	0	58,2
Jun	30	152	13	152,8	11,1	4,2	35,34	117,5	0	100	0	35,3	0	117,5
Jul	31	182	13,1	158,6	11	4,3	36,85	121,7	0	100	0	36,9	0	121,7
Ago	31	213	13,5	173,5	11,3	4,5	39,7	133,8	0	100	0	39,7	0	133,8
Set	30	244	15,3	171,1	11,7	5,4	49,78	121,3	0	100	0	49,8	0	121,3
Out	31	274	17	153,2	12,2	6,4	64,52	88,7	0	100	0	64,5	0	88,7
Nov	30	305	18,8	116,2	12,6	7,4	77,42	38,8	0	100	0	77,4	0	38,8
Dez	31	335	20,8	145,7	12,9	8,7	97,98	47,7	0	100	0	98	0	47,7
TOTAIS			207,4	1683,8	144	79,5	801,53	882,3		1200	0	801,5	0	882,3
MÉDIAS			17,3	140,3	12	6,6	66,79	73,5		100		66,8	0	73,5

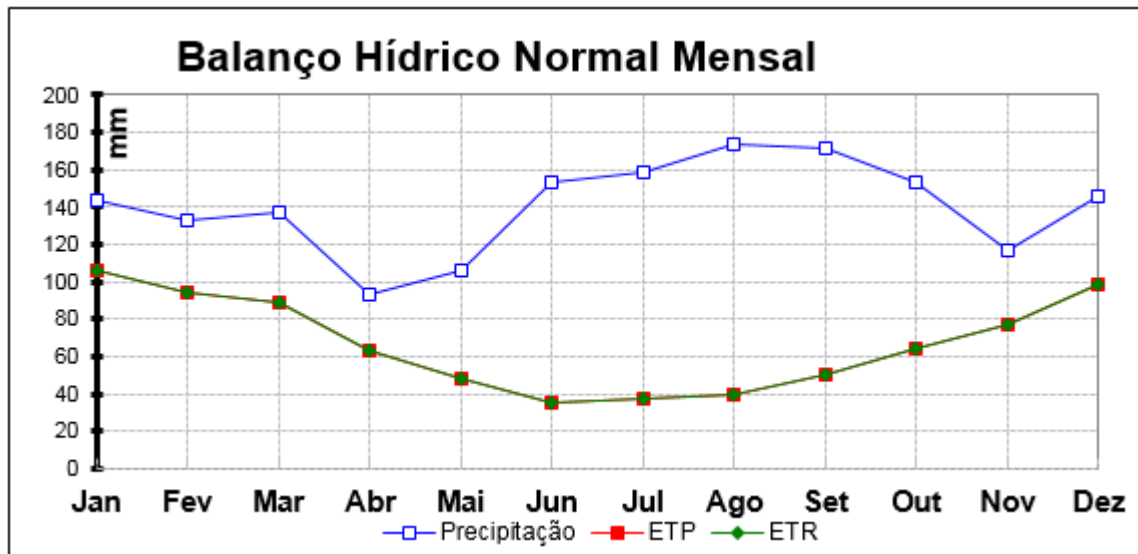


Figura 52 - Balanço hídrico climático de Bento Gonçalves-RS.

O armazenamento de água no solo é de 1200 mm no ano distribuído homogeneamente por todos os meses. Não ocorre deficiência hídrica em nenhum período.

No período de maior precipitação, entre junho e outubro, o sistema apresenta excedente hídrico superior a 100mm, com pico em agosto e setembro, quando alcança 147 mm. Mesmo nos períodos de maior temperatura e menor pluviosidade, entre novembro e maio, o balanço hídrico é excedente e registrando o menor valor em abril, 30 mm (Figura 53)

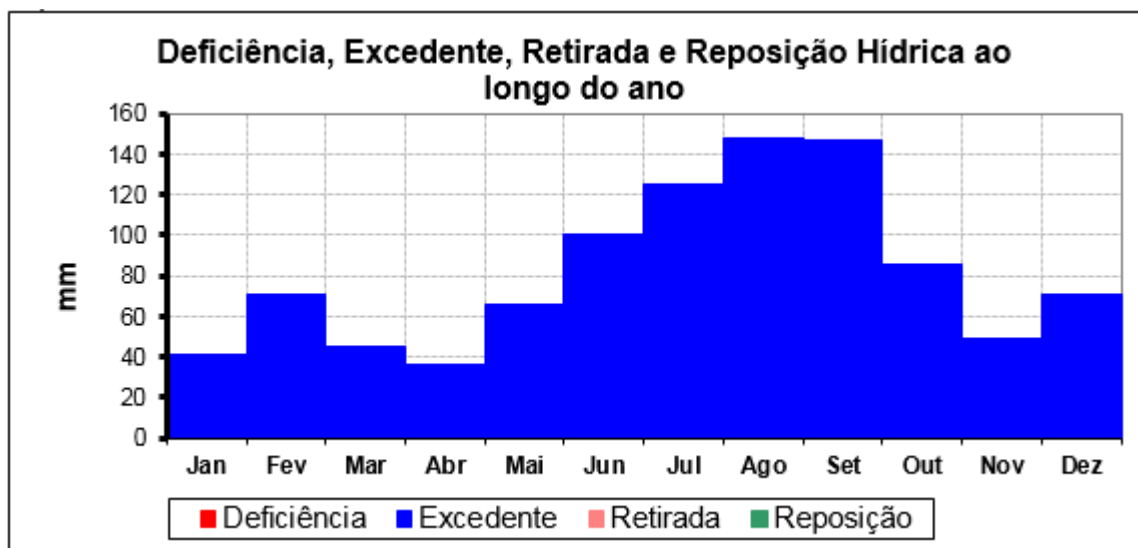


Figura 53 - Taxas de retirada e reposição hídrica no balanço hídrico climático de Bento Gonçalves.-RS.

5.1.1.7.3 Balanço Hídrico – Porto Alegre

A precipitação acumulada no período de um ano é 1289,9 mm, e a evapotranspiração real é 918 mm, ou seja, cerca de 71% da água precipitada retorna à atmosfera pelo processo de evapotranspiração, enquanto o restante, 29%, corresponde aos 44,1 mm excedentes (Tabela 42).

Tabela 42 - Balanço hídrico climatológico de porto Alegre-RS pelo método Thornthwaite e Mather (1955) considerando os dados da estação meteorológica 83941 do INMET no período de 1977-2006.. Legenda: T = temperatura; P = precipitação média mensal; N = duração do dia; I = índice térmico; a = fator de correção local; ETP = evapotranspiração potencial corrigida; P-ETP = somatório das diferenças mensais na época seca do ano; NEG-AC = Precipitação Negativa Acumulada; ARM = armazenamento de água no solo; ALT = alteração da umidade do solo (do último dia do mês anterior para o último dia do mês em questão); ETR = evapotranspiração real média mensal; DEF = deficiência hídrica; EXC = excessos hídricos; Negativo Acumulado (Neg. Ac.)

Decêndio	Num	NDA	T	P	N	I	ETP	P-ETP	NEG-AC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	dias		°C	mm	h			mm		mm	mm	mm	mm	mm
Jan	31	1	24,6	105,4	13,0	11,2	129,64	-24,2	-73,4	48,02	-13,2	118,6	11,1	0,0
Fev	28	32	24,6	99,2	12,7	11,2	114,86	-15,7	-89,0	41,06	-6,96	106,2	8,7	0,0
Mar	31	60	23,1	104,7	12,3	10,1	108,14	-3,4	-92,5	39,67	-1,39	106,1	2,1	0,0
Abr	30	91	19,9	77,3	11,8	8,1	73,62	3,7	-83,6	43,34	3,68	73,6	0,0	0,0
Mai	31	121	16,9	90,0	11,4	6,3	52,07	37,9	-20,7	81,28	37,9	52,1	0,0	0,0
Jun	30	152	14,3	138,4	11,1	4,9	34,57	103,8	0,0	100,0	18,7	34,6	0,0	85,1
Jul	31	182	14,4	118,5	11,0	5,0	36,08	82,4	0,0	100,0	0,00	36,1	0,0	82,4
Ago	31	213	15,2	137,1	11,3	5,4	41,25	95,8	0,0	100,0	0,00	41,3	0,0	95,8
Set	30	244	16,8	142,2	11,7	6,3	51,05	91,1	0,0	100,0	0,00	51,1	0,0	91,1
Out	31	274	19,1	121,3	12,2	7,6	71,75	49,6	0,0	100,0	0,00	71,7	0,0	49,6
Nov	30	305	21,2	62,4	12,6	8,9	89,55	-27,2	-27,2	76,22	-23,8	86,2	3,4	0,0
Dez	31	335	23,3	93,4	12,9	10,3	115,37	-22,0	-49,1	61,19	-15,0	108,4	6,9	0,0
TOTAIS			233,	1290	144,0	95,2	917,96	371,9		891	0,00	885,8	32,1	404,1

O armazenamento de água no solo é de 891 mm no ano com menor valor em março, 39,67mm. A retirada supera a reposição hídrica entre novembro e março. Neste mesmo período ocorre deficiência hídrica com auge em janeiro 11 mm (Figura 54).

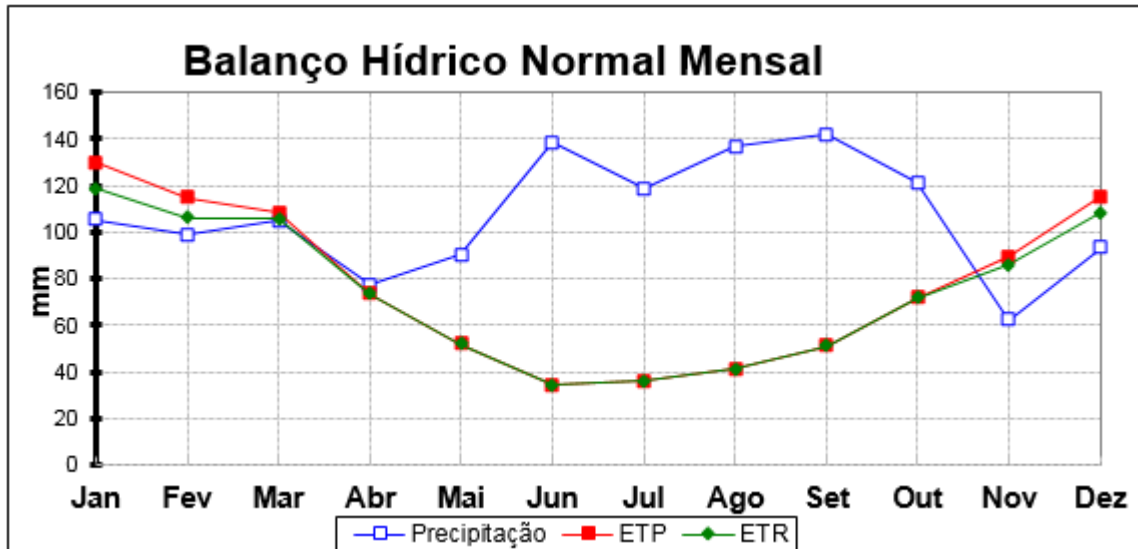


Figura 54 - Balanço hídrico climático de porto Alegre-RS.

No período de maior precipitação, entre junho e outubro, o sistema apresenta excedente hídrico superior a 80mm, com pico em agosto, quando alcança 95,8 mm. O balanço hídrico é negativo entre novembro e março. Entre abril e junho ocorre reposição hídrica do sistema, voltando a apresentar excedente em junho (Figura 55).

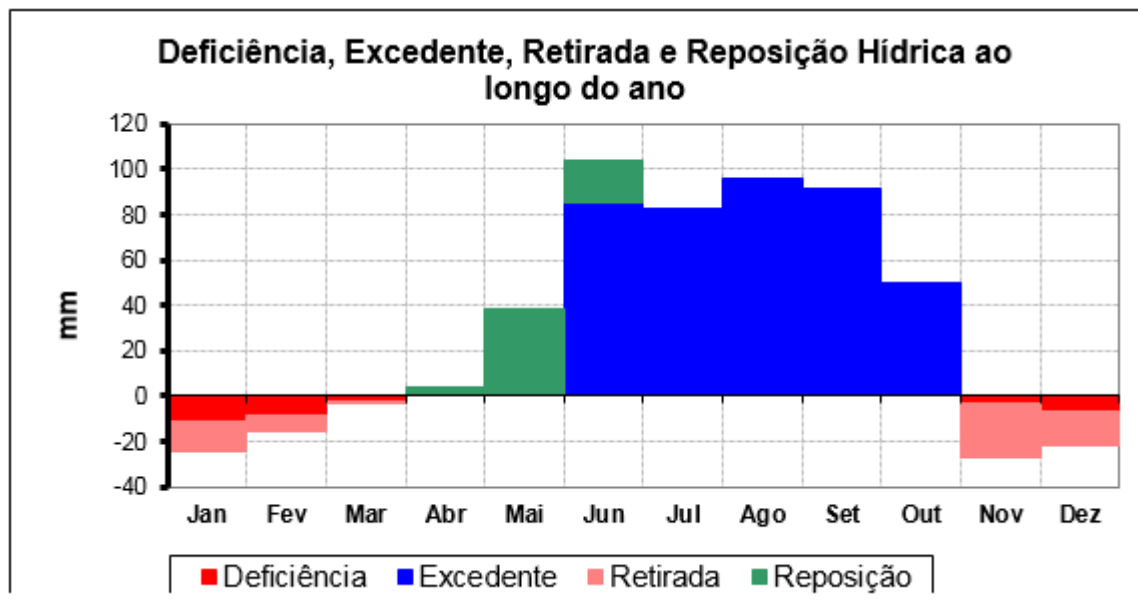


Figura 55 - Taxas de retirada e reposição hídrica no balanço hídrico climático de Porto Alegre.-RS

5.1.2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

Ambos os segmentos rodoviários se situam integralmente na província geoestrutural da Bacia do Paraná. O segmento NW possui 171,3 quilômetros de extensão e intercepta as fácies Parapanema, Caxias e Gramado da Formação Serra Geral. O trecho SE tem 61 quilômetros de extensão ao longo das formações Piramboia e Rio do Rastro. Depósitos aluviais e colúvio-aluviais ocorrem nos vales dos principais rios. A área de estudo também abrange as formações Tupanciretã, Bauru e Santa Maria além de depósitos de turfas.

Os trechos em estudo da rodovia BR-386/RS estendem-se na direção NW-SE. Estes segmentos totalizam 232,1 quilômetros de extensão. O trecho a NW se inicia no quilômetro 180,2 na elevação aproximada de 560 metros até o quilômetro 351,5 à cota de cerca de 25 metros nas proximidades do rio Taquari. O segmento a SE tem início no quilômetro 385,3 à altitude aproximada de 45 metros em Tabaí e finaliza no entroncamento com a rodovia BR-116, no quilômetro 446,3, a uma cota aproximada de 12 metros no extremo SE em Canoas. Estes trechos se inserem em diferentes relevos compartimentados em unidades planialtimétricas, de declividade e geomorfológicas.

5.1.2.1 Metodologia

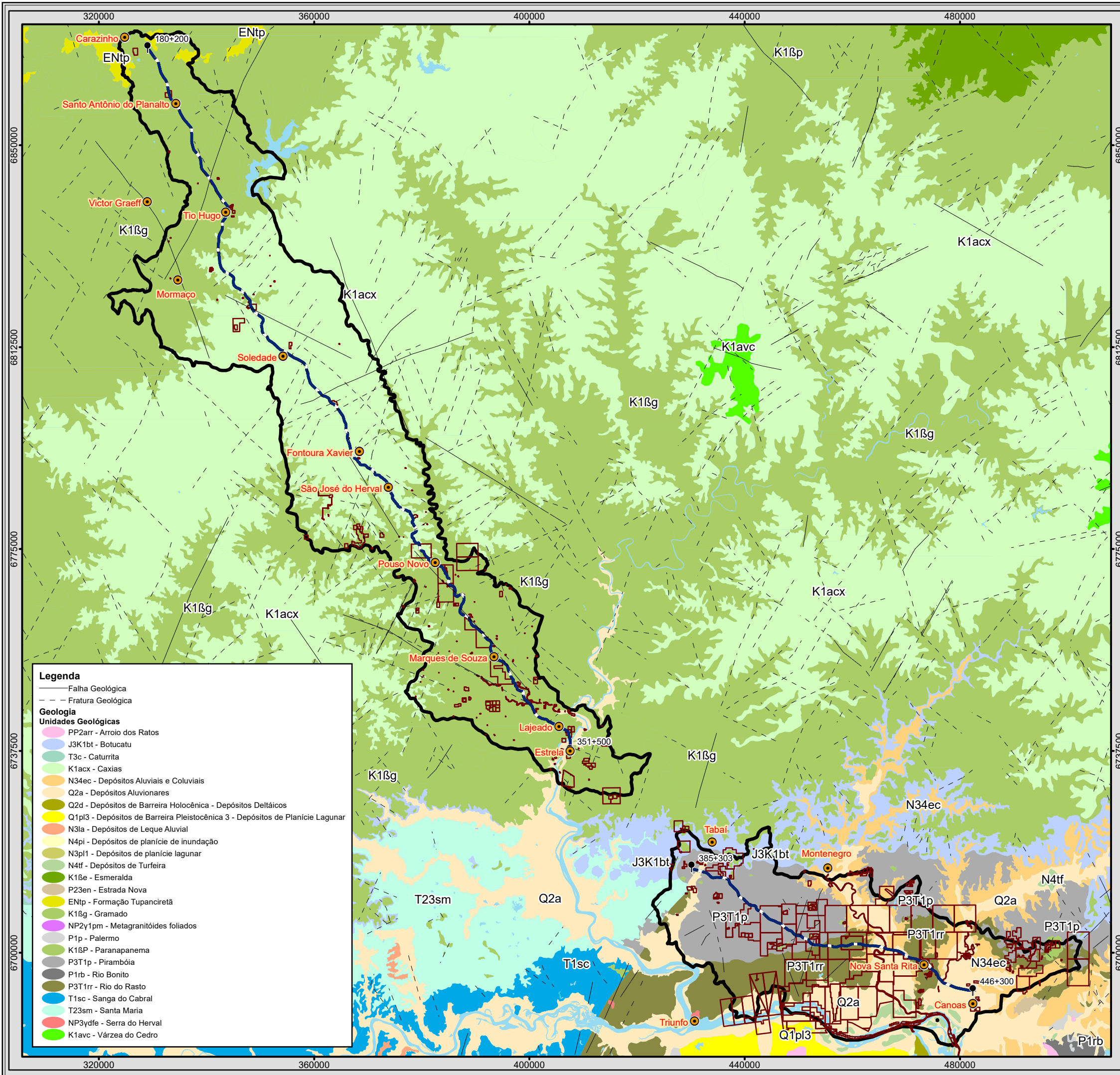
Os estudos preliminares foram embasados em dados secundários para conhecimento das características geológicas e geomorfológicas locais disponibilizados pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Rio Grande do Sul (SEMA-RS), além de demais publicações oficiais, artigos científicos e acadêmicos, dissertações de mestrado, teses de doutorado, além de arquivos vetoriais e matriciais de Modelo Digital de Elevação – MDE (SRTM) em Sistema de Informações Geográficas - SIG. Estes dados foram utilizados para verificação dos aspectos geológico e geomorfológico em campo e fomentaram o aprimoramento da caracterização local e, conseqüentemente, o refinamento dos mapas temáticos.

Os levantamentos de campo foram realizados entre os dias 30 de janeiro e 09 de fevereiro de 2018 para prospecção de dados *in loco* na AID com ênfase da ADA por meio de coleta e análise de material e análise da paisagem a fim de consolidar informações dos dados indiretos e efetuar o diagnóstico do meio físico.

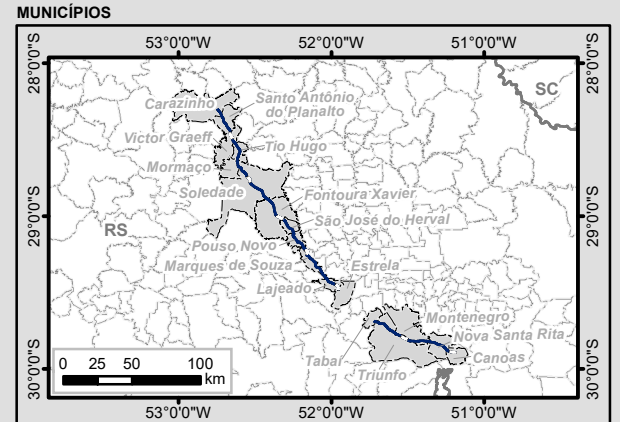
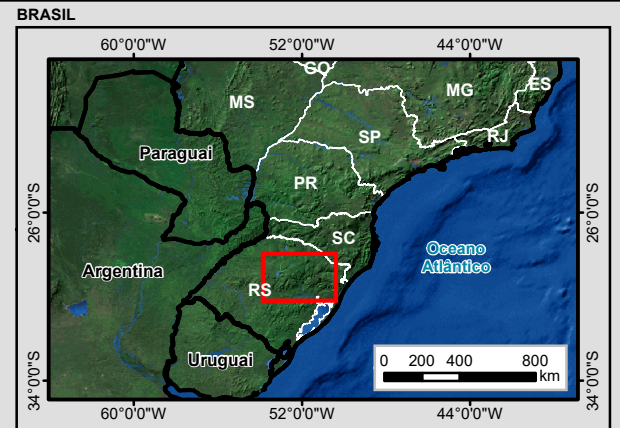
Este diagnóstico objetiva a caracterização acerca da geologia da Área de Estudo, bem como sua Área Diretamente Afetada (ADA), por meio da descrição das unidades e estruturas geológica e suas relações com o traçado dos segmentos rodoviários.

5.1.2.2 Geologia

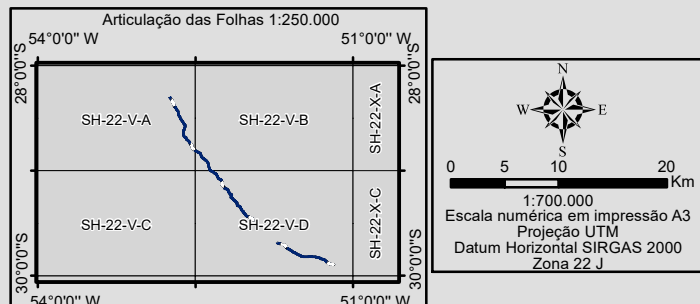
Os trechos em estudo da BR-386/RS se inserem no contexto geológico da Bacia do Paraná (Mapa 2), empilhamento estratigráfico de rochas de ambientes marinho e continental, predominantemente constituída de sedimentos terrígenos, níveis glaciais e derrames basálticos que se formaram sob o controle climático, de eustasia e tectônico (Fonseca, 1999).



- Legenda**
- Falha Geológica
 - Fratura Geológica
- Geologia**
- Unidades Geológicas**
- PP2arr - Arroio dos Ratos
 - J3K1bt - Botucatu
 - T3c - Caturrita
 - K1acx - Caxias
 - N34ec - Depósitos Aluviais e Coluviais
 - Q2a - Depósitos Aluvionares
 - Q2d - Depósitos de Barreira Holocênica - Depósitos Deltáicos
 - Q1pi3 - Depósitos de Barreira Pleistocênica 3 - Depósitos de Planície Lagunar
 - N3la - Depósitos de Leque Aluvial
 - N4pi - Depósitos de planície de inundação
 - N3pi1 - Depósitos de planície lagunar
 - N4tf - Depósitos de Turfeira
 - K1βe - Esmeralda
 - P23en - Estrada Nova
 - ENtp - Formação Tupanciretá
 - K1βg - Gramado
 - NP2y1pm - Metagranitóides foliados
 - P1p - Palermo
 - K1βP - Paranapanema
 - P3T1p - Pirambóia
 - P1rb - Rio Bonito
 - P3T1rr - Rio do Rasto
 - T1sc - Sanga do Cabral
 - T23sm - Santa Maria
 - NP3ydf - Serra do Herval
 - K1avc - Várzea do Cedro



- Legenda**
- Cidade
 - Marco Quilométrico
 - Trecho BR-386/RS
 - Massa d'água
 - Processos Minerários
 - Área de Estudo do Meio Físico (AE)



EPL			
Identificação do Projeto			
Obras de duplicação e regularização da rodovia federal BR-386/RS, trecho Carazinho/RS a Canoas/RS com extensão total de 232,11 km			
Título do Mapa			
Unidades Geológicas			
Empreendedor			
EPL - Empresa de Planejamento e Logística S.A			
Responsável Técnico	Data: Fevereiro/2018	Fonte:	
MRS		Malha Digital: Municipal e Estadual, 1:250.000 (IBGE, 2015); Bases Cartográficas Contínuas, 1:250.000 (IBGE, 2015); Rodovias (DNIT, 2017); Geodiversidade 1:750.000 (CPRM, 2006); Processos Minerários - SIGMINE (DNPM, 03/2018).	
Estudos Ambientais			

5.1.2.2.1 Bacia do Paraná

A Bacia do Paraná se estende por mais de 1.600.000 km² abrangendo áreas do Brasil, Paraguai, Argentina e Uruguai (Figura 56). Possui forma elíptica com o eixo maior na direção Norte-Sul. É considerada uma bacia intracratônica que sofreu individualização durante a formação do Gondwana no final do Ciclo Brasileiro pela subsidência termal a oeste e posterior fechamento gradativo por soerguimento de arcos estruturais (Holz, 1991).



Figura 56 - Bacia do Paraná. Fonte: Reis et al., 2014.

Segundo Milani (2000) a Bacia do Paraná não tem origem intracratônica pois pacotes marinhos são encontrados em seu registro estratigráfico, evidenciando conexão com o Panthalassa a oeste. O início de sua sedimentação ocorreu em torno de 450 M.a. no Neo-Ordoviciano.

Milani (1997) define seis supersequências delimitadas por discordâncias erosivas regionais: Supersequência Rio Ivaí, (Caradociano – Landoveriano), Supersequência Paraná (Lockoviano-Frasniano), Supersequência Gondwana I (Westphaliano-Scythiano), Supersequência Gondwana II (Neonianisiano-Eonoriano), Supersequência Gondwana III (Neojurássico – Berriasiano) e Supersequência Bauru (Aptiano-Maastrichtiano). As sequências mais antigas estão relacionadas a grandes eventos de elevação do nível de base marítimo, enquanto as outras já estão relacionadas ao estágio de preenchimento intracontinental (Figura 57).

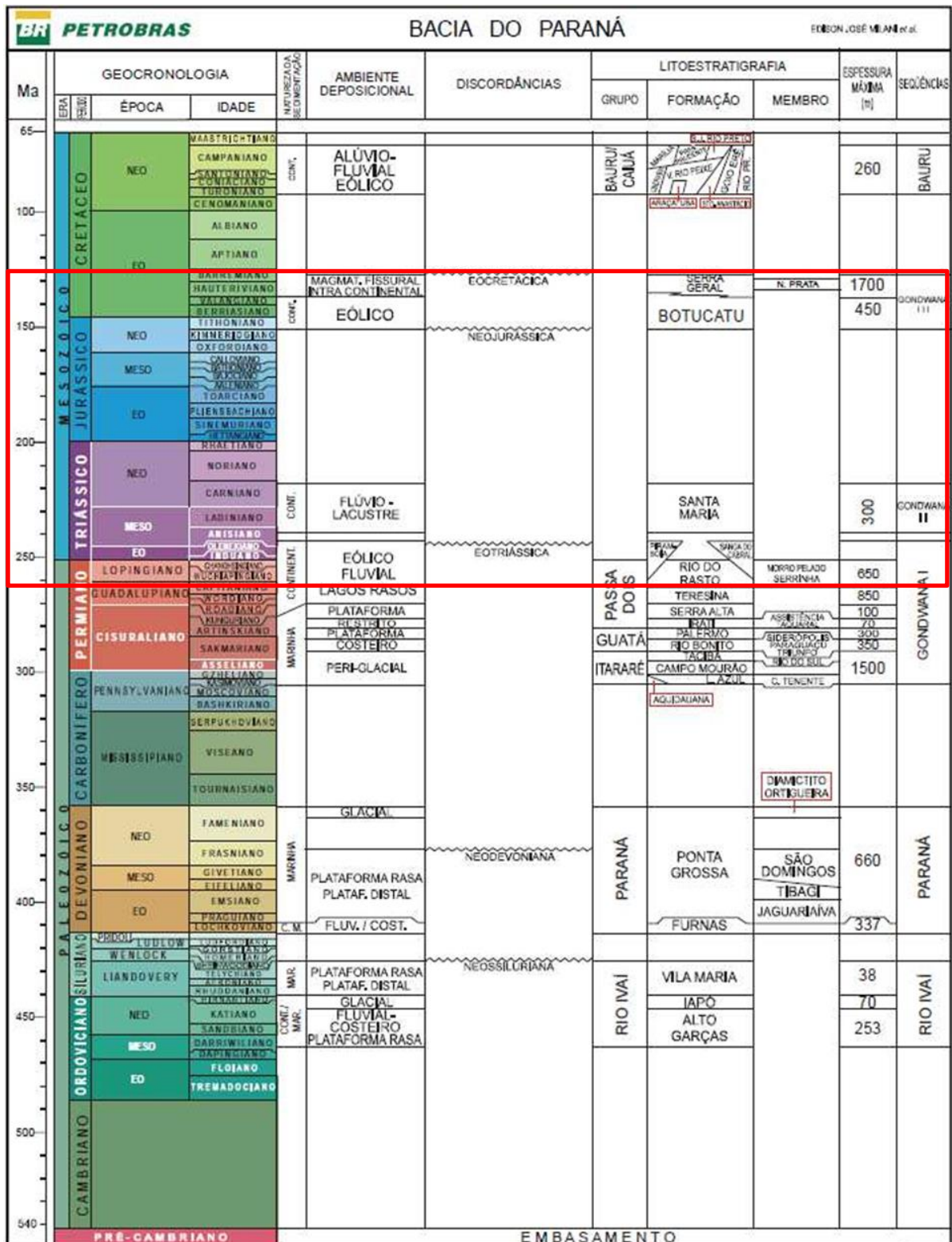


Figura 57 - Coluna litoestratigráfica da Bacia do Paraná (Milani, 2007). As seqüencia presentes na Área de Estudo estão delimitadas pelo polígono em vermelho.

A Área de Estudo dos segmentos rodoviários compreende a porção superior da Superseqüencia Gondwana I (Fm. Rio do Rastro e Fm. Piramboia), a Superseqüencia Gondwana II (Fm. Santa Maria) e a Superseqüencia Gondwana III (Fm. Botucatu e Fm. Serra Geral).

Milani (2007) descreve que a Supersequência Gondwana I é constituída pelo Grupo Itararé, Grupo Guatá e Grupo Passa Dois. O Grupo Guatá é formado pelas Fms. Palermo e Rio Bonito, e o Grupo Passa Dois pelas Fms. Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rastro. Esta supersequência demarca uma ampla mudança paleogeográfica, climática e tectônica no ambiente de deposição regional, e devido a estes temos uma lacuna de 45 M.a. no registro sedimentar causados, provavelmente, por *uplifts* Hercinianos com conseqüente peneplanação e escavação por processos de glaciação e deglaciação. Tal discordância limita os sedimentos da Fm. Ponta Grossa com os sedimentos glaciais das Formações Itararé e Aquidauana. Devido aos processos de deglaciação, uma nova subida no nível do mar levou ao trato transgressivo desde a base do Grupo Itararé até o topo da Fm. Palermo. A base do Grupo Itararé corresponde também à porção basal da Supersequência Gondwana I nas porções sul e central da Bacia do Paraná. Na porção Norte, a base da supersequência corresponde aos depósitos da Formação Aquidauana, sendo esta reconhecidamente gerada por feições glaciais, com diamictitos intercalados com grossos pacotes areníticos. A Formação Rio do Rastro marca uma progressiva continentalização da deposição da Bacia do Paraná, representativa dos estágios finais do trato de sistema de mar alto, compatível com tratos de sistema de quinta ordem. A formação Pirambóia é feita de arenitos finos a médios de coloração avermelhada, com estratificação cruzada planar e tangencial de média a larga escala, acumulada majoritariamente por processos eólicos e depósitos fluviais subordinados.

5.1.2.2.1.1 Formação Rio do Rastro

A Formação Rio do Rastro é formalmente subdivida nos membros Serrinha, na base, e Morro Pelado, no topo (Gordon Jr., 1947), constituindo uma sucessão de sedimentos de costa afora que transiciona para depósitos deltaicos e eólicos expresso no aumento de fácies de arenito associados a uma tendência de espessamento das camadas.

Segundo Castro *et al.* (1994) e Krebs (2002), o Membro Serrinha é constituído de arenitos finos, bem selecionados, intercalados com siltitos e argilitos cinza-esverdeados, amarronzados e avermelhados com ocorrência pontuais de lentes ou horizontes de calcário margoso. Os arenitos e siltitos possuem laminação cruzada, ondulada, *climbing* e *flaser*, sendo, às vezes, maciços. As camadas siltico-argilosas mostram laminação plano-paralela, *wavy* e *linsen*. Os siltitos e argilitos exibem desagregação esferoidal bastante desenvolvida, a qual serve como um critério para a identificação desta unidade. Schneider *et al.* (1974) referem que as litologias deste membro resultaram de avanços progracionais de clásticos de planícies de marés, caracterizando um ambiente de transição entre os depósitos de águas rasas da Formação Teresina e os continentais do Membro Pelado. Aboarrage & Lopes (1986) atribuem um ambiente marinho transicional para a deposição deste membro. As cores progressivamente mais avermelhadas do Serrinha indicam, claramente, condições ambientais mais oxidantes da base para o topo da unidade.

Ainda segundo Castro *et al.* (1994) e Krebs (2002), o Membro Morro Pelado é constituído por lentes de arenitos finos, avermelhados, intercalados em siltitos e argilitos arroxeados. O conjunto mostra também cores em tonalidades verdes, chocolate, amareladas e

esbranquiçadas. Suas principais estruturas sedimentares são a estratificação cruzada acanalada, laminação plano-paralela, cruzada, e de corte e preenchimento. As camadas apresentam geometria sigmoideal ou tabular. O ambiente deposicional deste membro é considerado por Schneider et al. (1974), como estritamente continental, com sedimentos de lagos e planícies aluviais sendo recobertos por dunas de areia sob condições climáticas áridas. Aboarrage & Lopes (1986) consideram este membro como depositado em ambiente flúvio-deltáico.

Na Área de Estudo, a Formação Rio do Rastro ocorre no segmento SE entre os quilômetros 414,5 e 425,5 e entre os quilômetros 434,5 e 440,5, nas proximidades da cidade de Nova Santa Rita e dos rios Caí e Sinos, em baixos topográficos de relevo suave. Não foram observados afloramentos rochosos, no entanto, extensa escavação de solo próximo ao quilômetro 439, lado direito, expõe os solos originados desta Formação, os quais se apresentam com coloração variegada entre branco, ocre e tons avermelhados, e texturas siltoargilosa e siltoarenosa com estruturas reliquias de estratificação laminar (Figura 58).

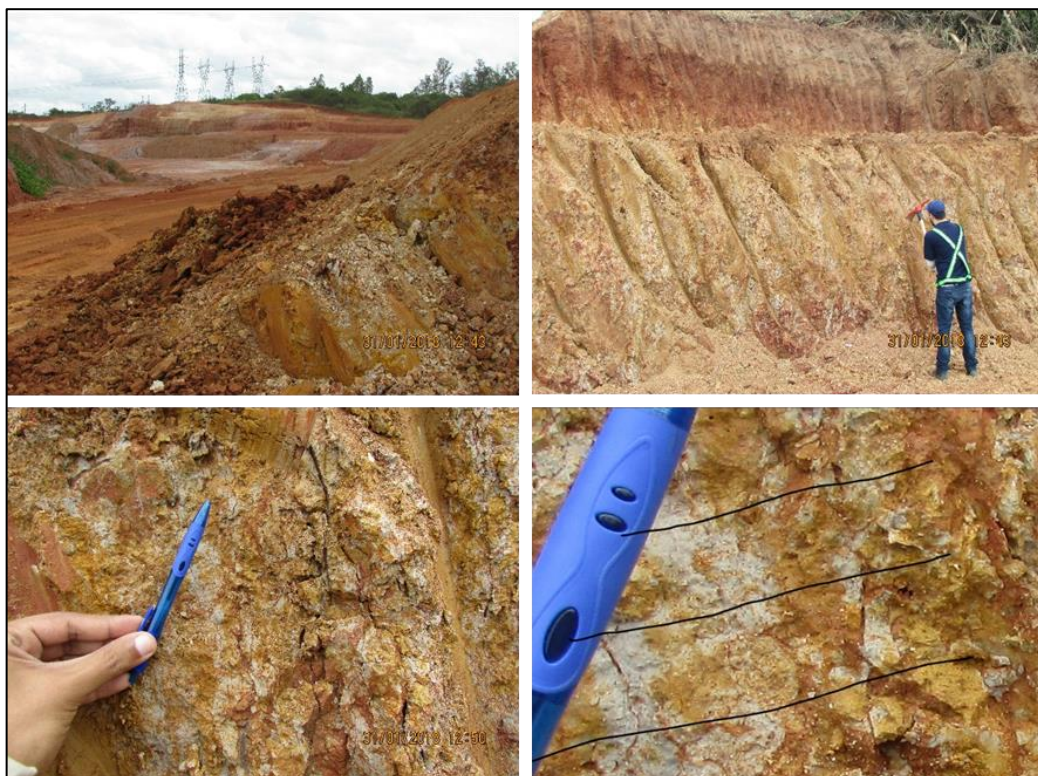


Figura 58 - Solo originado de protólito sedimentar da Fm. Rio do Rastro. Em detalhe, estrutura laminar reliquiar.

5.1.2.2.1.2 Formação Piramboia

A Formação Piramboia é constituída de depósitos eólicos sobrepostos aos sedimentos deltaicos do Rio do Rastro. Conforme descreve Soares (1973, 1975), assenta-se por discordância litológica com baixa angularidade sobre a Formação Rio do Rastro configurando uma feição tipo *toplap* (Strugale, 2002). É constituída de litologias essencialmente arenosas, friáveis, em pacote de até 20 m de espessura que apresenta reduzida quantidade de

afloramentos. Predominam arenitos muito-finos a finos, siltosos, brancos, com seleção regular e estratificações cruzadas acanaladas de baixo ângulo e sigmoidas (sets entre 1 e 3 m), além de estratificações e laminações plano-paralelas.

Conforme descreve Dias (2008), o contato basal é discordante entre os arenitos grossos de lençóis de areia eólicos e os estratos areno-pelíticos lacustres da Formação Rio do Rastro. E o contato superior também é marcado por discordância com os depósitos de dunas eólicas da Formação Botucatu. A Formação Piramboia é constituída por depósitos de lençóis de areia eólicos sucedidos por depósitos de dunas e interdunas.

Na Área de Estudo, a Formação Piramboia ocorre no segmento SE entre os quilômetros 389 e 414, nas proximidades da cidade de Tabaí, entre os rios Santa Cruz e Caí. Não são observados afloramentos rochosos ao longo da via, no entanto verificam-se taludes com perfis de até 5 metros de espessura de solo e decapeamento com exposição do solo. Este material apresenta coloração ocre avermelhado, texturas siltoarenosa, arenosiltosa e de areia fina e empastilhamento (Figura 59).



Figura 59 - Solo arenoso derivado de rochas da Fm. Piramboia. Observa-se estrutura de empastilhamento típico

A Supersequência Gondwana II é de idade Mesozóica (Milani, 2007) estruturada pela orogenia Cabo-La Ventana da margem sul de Gondwana. Esta orogênese é evento causal no uplift da região assim como uma tectônica transcorrente ao longo de lineamentos pré-existentes. Sugere-se que a discordância da base desta Supersequência é devido a este evento. Os sedimentos deste empilhamento estão presentes somente nas porções mais ao sul da Bacia do Paraná, provavelmente devido à um confinamento em grábens causados por eventos posteriores de relaxamento crustal. De forma geral, esta supersequência corresponde

à Formação Santa Maria e suas unidades associadas. Estas são basicamente compostas de arenitos finos a médios, esbranquiçados, localmente conglomeráticos, com estratificações cruzadas intercaladas com argilitos e siltitos avermelhados. Subordinadamente possui camadas de calcrete e gipsita. A formação apresenta vestígios de um amplo controle climático e possui abundante fauna fóssil de idade Ladiniana tardia-Noriana.

5.1.2.2.1.3 Formação Santa Maria

A Formação Santa Maria é constituída por uma sucessão de 100m de arenitos e pelitos depositados em condições continentais, provenientes de sistema deposicional flúvio-lacustre. Apresenta fósseis de vertebrados (tecodôncios, esfenodontídeos, rincossauros, cinodontes, dicinodontes, dinossauros e peixes), invertebrados (conchostráceos e insetos) e vegetais (coníferas) de idade Ladiniana-Eonoriana (Faccini, 1989). Limitada por discordâncias, compõe-se de três membros verticalmente empilhadas e interdigitadas dispostas litoestratigraficamente da base para o topo pela Unidade Passo das Tropas (psamítica), Unidade Alemoa (pelítica) e Formação Caturrita (psamítica). Ocorre de forma restrita em lineação leste-oeste ao sul da Bacia do Paraná.

A Formação Santa Maria situa-se localmente no extremo oeste da Área de Estudo do trecho SE, a cerca de 3,0 Km do ponto mais próximo da rodovia.

A Supersequência Gondwana III, segundo Milani (2007), apresenta porção inferior caracterizada por arenitos eólicos que constituem a Formação Botucatu e que é uma das mais expressivas ocorrências de sedimentos continentais do mundo. Tal supersequência marca transição de clima para desertificação de Gondwana. O topo desta formação é limitado por derrames basálticos que caracterizam o estágio inicial da separação de Gondwana e constitui espesso pacote rochas basálticas que definem a Formação Serra Geral.

5.1.2.2.1.4 Formação Botucatu

Presente na porção sul da Bacia do Paraná, Almeida (1981) descreveu que a Formação Botucatu é constituída por depósitos de areia eólica que constituem *sets* e *cosets* de estratos cruzados. Localmente ocorrem depósitos de conglomerados e arenitos conglomeráticos relacionados a drenagens efêmeras. Predominam litologias de dunas de areias ortoquartzíticas contendo estratificações cruzadas de grande porte e zonas de deflação interdunas.

A Formação Botucatu na Área de Estudo ocorre de forma restrita a NW do trecho SE e não é interceptado pela rodovia.

A ruptura e separação do Gondwana durante o Cretáceo Inferior foi acompanhada por expressivo evento vulcânico, o qual recobriu com lavas a porção centro-sul da América do Sul e o noroeste da Namíbia. Este extenso magmatismo, ao longo das margens recém criadas gerou, entre outras feições, o Platô de Abutment e as cadeias vulcânicas de Walvis Ridge e Rio Grande (Gladzenko et al., 1997), as quais constituem o traço fóssil da migração dos porções divididas do Continente Gondwanico. Este evento, responsável pela geração da

Província Paraná - Etendeka, uma das maiores províncias vulcânicas de basaltos de platô (LIPs) do planeta, está relacionado com a fragmentação do oeste gondwanico. (Hawkesworth et al., 1992; O'Connor e Duncan, 1990; Gallagher e Hawkesworth, 1994).

5.1.2.2.1.5 Formação Serra Geral

A Formação Serra Geral individualiza um extenso evento vulcânico de natureza fissural que recobriu cerca de 75% da Bacia Sedimentar do Paraná (NARDY et al., 2002). Esta Formação é composta essencialmente de rochas ígneas vulcânicas como basaltos toleíticos e andesitos basálticos. As principais estruturas primárias são contatos interderrames; zonas de basalto vesicular e amigdaloidal preenchidas principalmente por calcita, quartzo e zeólitas; áreas horizontes de basalto compacto, geralmente em diaclases, característicos de zonas de exclusão, além de tratos de base de derrame, raramente vesicular, com fraturas paralelas ao contato. Associados ao mesmo ciclo de vulcanismo ocorrem diques e soleiras de diabásio, faixas fraturadas sub-horizontais e sub-verticais, com juntas e falhas, diques de arenito injetados, tufos vulcânicos e aglomerados (Silva, 2007).

A Formação Serra Geral é encontrada ao longo de toda a Área de Estudo do trecho NW. O segmento rodoviário do quilômetro 444,2 ao 455,4 intercepta as fácies Gramado, Caxias e Paranapanema. A formação Serra Geral da fácies Gramado também ocorre distribuída em áreas isoladas ao longo do trecho SE onde verifica-se o aproveitamento mineral para brita devido sua localização próxima à região metropolitana de Porto Alegre.

Fácies Gramado

Esta fácies tem sua área tipo ao longo da escarpa sul da Serra Geral, e refere-se a um conjunto de derrames com espessura máxima em torno de 300 metros que representam as primeiras manifestações vulcânicas sobre os sedimentos arenosos do então deserto Botucatu. Estes primeiros eventos eruptivos possuem pequena expressão lateral, por estarem confinados a paleovales e a espaços interdúnicos existentes. Após o encerramento do aporte de areias do Botucatu, inicia-se um período francamente vulcânico, onde o relevo está condicionado ao arranjo formado pela coalescência entre derrames que encerraram o preenchimento da bacia.

As rochas que compõem esta fácies são derrames de basaltos maciços com espessuras entre 15 a 35 metros, frequentes texturas de fluxo, zonas vesiculares incipientes na base e bem desenvolvidas no topo preenchidas por zeólitas, carbonatos e apofilitas. e uma porção central formada por rocha granular homogênea, com disjunção colunar bem desenvolvida, textura microfanerítica, compacta e de coloração cinza-escuro a cinza-esverdeado.

Na Área de Estudo do trecho NW esta fácies ocorre entre os quilômetros 196 e 217, e também entre os quilômetros 303,6 e 350,1. Estes basaltos apresentam coloração cinza escuro a cinza avermelhado, estruturas maciças, disjunções tabulares e colunares espaçadas, fraturamento insipiente e vesículas preenchidas por zeólitas e carbonatos. (Figura 60).



Figura 60 - Basaltos maciços, vesiculados e pouco fraturados da Fácies Gramado.

Fácies Paranapanema

A Fácies Paranapanema é composta por basálticos intermediários constituídos por plagioclásio (essencialmente labradorita), piroxênio (eugita e peigonita), olivina (principalmente sob a forma de pseudomorfo) e os acessórios magnetita e ilmenita (Machado et al., 2007). granulares finos, contendo horizontes vesiculares espessos preenchidos por quartzo (ametista), zeólitas, carbonatos, seladonita, cobre nativo e barita. Compreende as maiores jazidas de ametista do estado.

Na Área de Estudo, esta fácies ocorre a norte do segmento NW, entre os quilômetros 180 e 196,5. São de coloração cinza clara, típica de basalto toleítico, e observa-se também a formação de geodos associados às ágatas. (Figura 61).

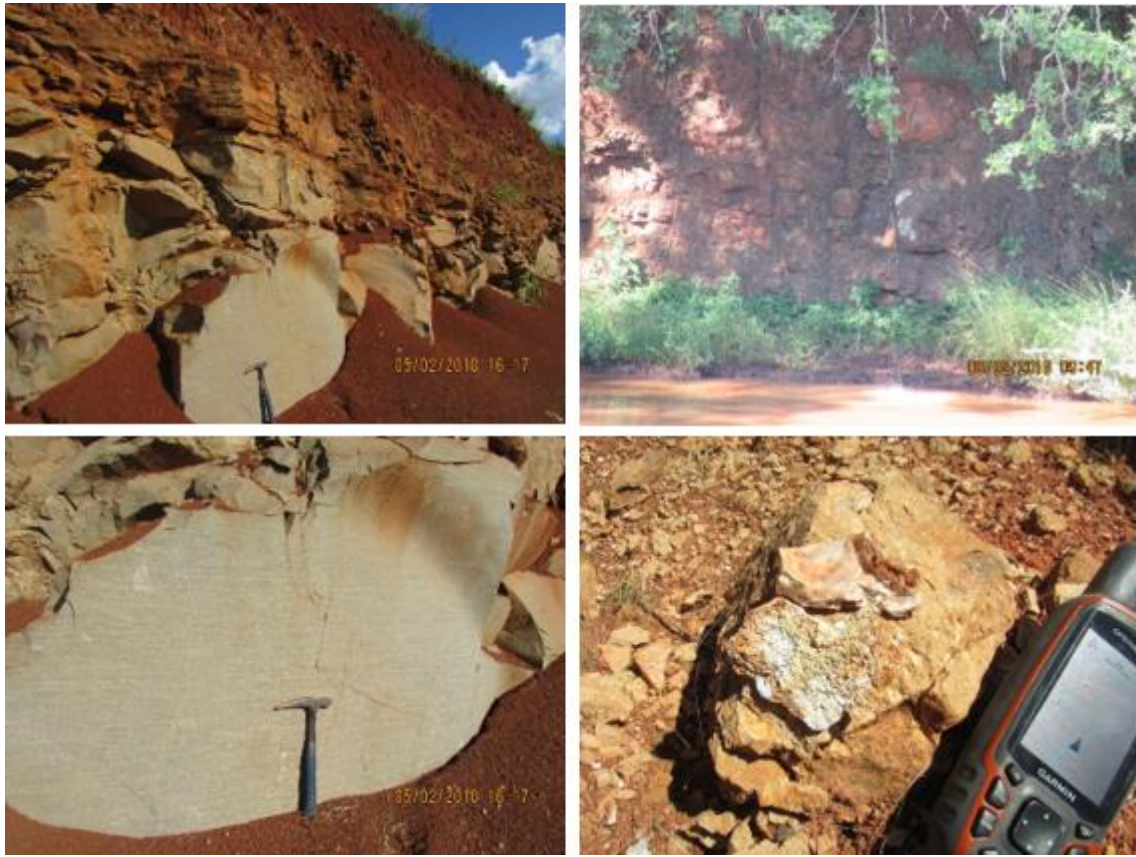


Figura 61 - Basaltos ricos em plagioclásio, tipo toleítos, da Fácies Parapanema.

Fácies Caxias

A Fácies Caxias é composta por derrames de composição intermediárias a ácida, riolitos a riolitos, mesocráticas, microgranulares a vitrofíricas, com textura esferulítica comum, disjunção tabular penetrativa no topo e maciço no centro. Dobras de fluxo e autobrechas são frequentes. Vesícula preenchidas por calcedônia e ágata, fonte de mineralização da região (Milani, 2007), Esta fácies ocorre entre as cidades de Tio Hugo e Pouso Novo (Figura 62).



Figura 62 - Afloramentos de basalto da fácies Caxias em que se observam disjunções tabulares penetrativas, dobras de fluxo, autobrechas e cloritização.

5.1.2.2.1.6 Formação Tupanciretã

O pacote litológico que constitui essa formação é composto por arenitos conglomeráticos, conglomerados basais e finas camadas de argila. A litologia predominante, entretanto, é representada pelos arenitos. São, via de regra, de cor avermelhada, às vezes amarelo esverdeados, com granulação variável de fina a média, mal classificados, eventualmente conglomeráticos e constituídos essencialmente de quartzo e, subordinadamente, de feldspato alterado a caulinita. Apresentam-se, de modo geral, muito friáveis e, às vezes, endurecidos por silicificação epigenética, sendo o cimento mais comum o óxido de ferro. São geralmente maciços, podendo, entretanto, exibir estratificação plano-paralela e cruzada do tipo fluvial. Os conglomerados ocorrem na base da sequência e são constituídos por uma matriz arenosa, de granulação fina a média, contendo seixos e blocos subangulosos de basalto amigdalóide e/ou efusivas ácidas, quase sempre totalmente alterados, calcedônia e quartzo leitoso. As camadas argilosas apresentam, de um modo geral, pequena espessura e intercalam-se com a sequência arenosa, particularmente próximo ao seu topo.

Rochas desta Formação estão presentes no extremo norte da Área de Estudo NW, no entanto não são interceptadas pela rodovia.

5.1.2.2.2 Depósitos Terciários

De idade recente, os depósitos colúvio-aluviais correspondem a sedimentos acumulados em regime fluvial de planícies. Possuem ampla variação granulométrica a depender da energia de fluxo do rio. A deposição é essencialmente siliciclástica com alguns depósitos de matéria orgânica (Figura 63).

Na Área de Estudo, estes depósitos estão associados aos principais rios e ocorrem nas planícies e encostas do rio Taquari, no trecho NW, e dos rios Santa Cruz, Caí e Sinos, no trecho SE.



Figura 63 - Depósito colúvio-aluvial do rio Caí constituído por sedimentos inconsolidados areno-argilosos.

5.1.2.2.3 Ocorrências Minerais

Na região compreendida pela Área de Estudo verifica-se a vocação e o potencial das substâncias minerais para uso na construção civil e indústria nas proximidades da região metropolitana de Porto Alegre, e a exploração de ametista nas regiões elevadas da Serra Geral.

As substâncias minerais para a construção civil são que ocorrem na Área de Estudo são areia, argila para cerâmica vermelha, brita, material de empréstimo, pedra de talhe, e saibro.

As areias naturais constituem agregado miúdo, explotado principalmente a partir de sedimentos aluvionares de leitos de rios e, em escala bem mais reduzida, de sedimentos das planícies aluviais. As bacias hidrográficas dos rios dos Sinos e Jacuí são as áreas de extração de areias mais relevantes.

A argila para cerâmica vermelha ocorre em planícies aluviais, leques aluviais, solos residuais e de rochas sedimentares da Bacia do Paraná.

As britas são obtidas a partir da exploração de basaltos e diabásios. As rochas basálticas da Formação Serra Geral constituem a matéria-prima mais intensamente explotada para produção de diversas categorias de brita.

O material de empréstimo para uso na construção civil tem ampla ocorrência na porção leste do segmento SE da rodovia, onde se observa relevo ondulado a suavemente ondulado, e encontra na própria rodovia o meio de viabilização da sua exploração para uso em obras de terraplenagem.

As pedras de talhe, na Área de Estudo, são obtidas a partir da exploração de arenitos da Formação Botucatu e basaltos da Formação Serra Geral.

O saibro de basalto é um tipo de produto usado na construção civil geralmente extraído, por saibreas pertencentes às prefeituras (CPRM, 2010).

Em fevereiro de 2018 havia 545 áreas requeridas junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) para exploração mineral. A maioria dos processos, 135, eram relativos à exploração de areia. Havia também 93 processos para requerimento de extração de basalto, 82 áreas requeridas para argila, 80 para saibro, 31 para cascalho, 16 para ametista, além de áreas para diabásio, turfa e água mineral, em fases, como pode-se verificar na Tabela 43.

Tabela 43 - Áreas requeridas para aproveitamento mineral. DNPM (28/02/2018)

PROCESSO	AREA HA	SUBSTÂNCIA	USO
810761/2008	24,1	AREIA	Construção civil
810104/2011	48,8	AREIA	Construção civil
810098/2011	47,8	AREIA	Construção civil
810099/2011	42,1	AREIA	Construção civil
810112/2011	49	AREIA	Construção civil
810102/2011	34	AREIA	Construção civil
810103/2011	46,2	AREIA	Construção civil

PROCESSO	AREA HA	SUBSTÂNCIA	USO
810100/2011	40,6	AREIA	Construção civil
810105/2011	47,3	AREIA	Construção civil
810106/2011	6,8	AREIA	Construção civil
810107/2011	45,8	AREIA	Construção civil
810108/2011	37,4	AREIA	Construção civil
810110/2011	44,1	AREIA	Construção civil
810111/2011	48,5	AREIA	Construção civil
810113/2011	48,5	AREIA	Construção civil
810114/2011	41,5	AREIA	Construção civil
810115/2011	46,6	AREIA	Construção civil
810109/2011	47,3	AREIA	Construção civil
810416/2009	1,2	AREIA	Construção civil
810619/2011	27,9	AREIA	Construção civil
810618/2011	2	AREIA	Construção civil
810690/2011	46,6	AREIA	Construção civil
810691/2011	45,3	AREIA	Construção civil
810803/2011	13,9	AREIA	Construção civil
810802/2011	2	AREIA	Construção civil
811049/2011	18	AREIA	Construção civil
810678/2011	47,1	AREIA	Construção civil
810680/2011	42,6	AREIA	Construção civil
810679/2011	47,7	AREIA	Construção civil
810719/2011	25,6	AREIA	Construção civil
810692/2011	36,5	AREIA	Construção civil
810714/2011	19,9	AREIA	Construção civil
810716/2011	32,2	AREIA	Construção civil
810689/2011	43,1	AREIA	Construção civil
810715/2011	42,7	AREIA	Construção civil
810717/2011	23,9	AREIA	Construção civil
810718/2011	41,4	AREIA	Construção civil
810174/2012	35,2	AREIA	Construção civil
810354/2012	27,1	AREIA	Construção civil
811411/2012	26,6	AREIA	Construção civil
810355/2012	26,6	AREIA	Construção civil
810358/2013	2	AREIA	Construção civil
810359/2013	2	AREIA	Construção civil
810982/2013	48,4	AREIA	Construção civil
810056/2014	11	AREIA	Construção civil
810309/2014	50	AREIA	Construção civil
810308/2014	50	AREIA	Construção civil
810063/2014	798,5	AREIA	Construção civil
810307/2014	50	AREIA	Construção civil
810306/2014	50	AREIA	Construção civil

PROCESSO	AREA HA	SUBSTÂNCIA	USO
810259/2009	7,6	AREIA	Construção civil
811527/2012	1,9	AREIA	Construção civil
810654/2014	4,1	AREIA	Construção civil
810687/2014	2	AREIA	Construção civil
810684/2014	2	AREIA	Construção civil
810310/2014	50	AREIA	Construção civil
810311/2014	50	AREIA	Construção civil
811557/2014	4,4	AREIA	Construção civil
811558/2014	7,3	AREIA	Construção civil
810553/2008	20,5	AREIA	Construção civil
810552/2008	18,4	AREIA	Construção civil
810418/1999	31,5	AREIA	Construção civil
810417/1999	16,6	AREIA	Construção civil
810417/1999	14,1	AREIA	Construção civil
810664/2015	47,8	AREIA	Construção civil
810857/2015	5	AREIA	Construção civil
810901/2015	49,5	AREIA	Construção civil
811296/2015	5	AREIA	Construção civil
811170/2010	46,2	AREIA	Construção civil
811256/2015	3,6	AREIA	Construção civil
810568/2015	30,2	AREIA	Construção civil
811688/2015	5	AREIA	Construção civil
810015/2016	49,8	AREIA	Construção civil
811580/2012	49,8	AREIA	Construção civil
810142/2014	23,2	AREIA	Construção civil
810389/2016	21,1	AREIA	Construção civil
810662/2016	5	AREIA	Construção civil
810572/2016	49	AREIA	Construção civil
810661/2016	44,4	AREIA	Construção civil
810896/2016	11	AREIA	Construção civil
810963/2016	4,4	AREIA	Construção civil
810289/2016	49,7	AREIA	Construção civil
811169/2016	4,2	AREIA	Construção civil
811234/2016	32	AREIA	Construção civil
810767/2007	29,1	AREIA	Construção civil
810222/2017	50	AREIA	Construção civil
810731/2013	11,1	AREIA	Construção civil
810459/2017	914,2	AREIA	Construção civil
811537/2015	7,2	AREIA	Construção civil
810712/2017	16,6	AREIA	Construção civil
810713/2017	14,1	AREIA	Construção civil
810820/2017	67,4	AREIA	Construção civil
810943/2017	50	AREIA	Construção civil

PROCESSO	AREA HA	SUBSTÂNCIA	USO
810987/2017	5	AREIA	Construção civil
810968/2017	16,6	AREIA	Construção civil
810996/2017	48,6	AREIA	Construção civil
811062/2014	5,8	AREIA	Construção civil
811165/2017	32	AREIA	Construção civil
810033/2018	914,2	AREIA	Construção civil
810045/2018	308,4	AREIA	Construção civil
810170/2018	26,6	AREIA	Construção civil
910571/1985	909,8	AREIA QUARTZOSA	Construção civil
910572/1985	631	AREIA QUARTZOSA	Construção civil
910600/1985	194,8	AREIA QUARTZOSA	Construção civil
910601/1985	188,1	AREIA QUARTZOSA	Construção civil
910598/1985	226,1	AREIA QUARTZOSA	Construção civil
811054/2011	0,2	ARENITO	Construção civil
810333/2012	0,7	ARENITO	Construção civil
810352/2012	3,4	ARENITO	Construção civil
810719/2015	0,5	ARENITO	Construção civil
811082/2015	1,1	ARENITO	Construção civil
810605/2016	3,7	ARENITO	Construção civil
810328/2017	4,3	ARENITO	Construção civil
810188/2018	0,3	ARENITO	Construção civil
810108/1991	48	ARGILA	Construção civil
810093/2010	8,7	ARGILA	Construção civil
811057/2010	665,3	ARGILA	Construção civil
810183/2011	50	ARGILA	Construção civil
810799/2011	14,2	ARGILA	Construção civil
811488/2011	2	ARGILA	Construção civil
811489/2011	2	ARGILA	Construção civil
811367/2011	2	ARGILA	Construção civil
810518/2012	49,4	ARGILA	Construção civil
810516/2012	49,4	ARGILA	Construção civil
810517/2012	49,4	ARGILA	Construção civil
811108/2012	21,3	ARGILA	Construção civil
811723/2012	2	ARGILA	Construção civil
810094/2013	441,4	ARGILA	Construção civil
811123/2013	2	ARGILA	Construção civil
810772/2013	2	ARGILA	Construção civil
810018/2014	4,4	ARGILA	Construção civil
810556/2014	49,4	ARGILA	Construção civil
810975/2014	50	ARGILA	Construção civil
810668/2015	44,7	ARGILA	Construção civil
810388/2015	2,1	ARGILA	Construção civil
810784/2015	6,4	ARGILA	Construção civil

PROCESSO	AREA HA	SUBSTÂNCIA	USO
810533/2015	23	ARGILA	Construção civil
810630/2016	4,1	ARGILA	Construção civil
810609/2016	5	ARGILA	Construção civil
810634/2016	1,5	ARGILA	Construção civil
810934/2016	6,5	ARGILA	Construção civil
811062/2016	1,1	ARGILA	Construção civil
811038/2016	15	ARGILA	Construção civil
811258/2016	9,9	ARGILA	Construção civil
810099/2017	2	ARGILA	Construção civil
810297/2017	2	ARGILA	Construção civil
810344/2017	17,1	ARGILA	Construção civil
810586/2017	100	ARGILA	Construção civil
810409/2017	3	ARGILA	Construção civil
810819/2017	539,1	ARGILA	Construção civil
810949/2017	9,9	ARGILA	Construção civil
810679/2017	33	ARGILA	Construção civil
810375/2012	2	ARGILA	Construção civil
810431/1999	48	BASALTO	Construção civil
810294/2004	48,9	BASALTO	Construção civil
810372/2008	50	BASALTO P/ BRITA	Construção civil
810941/2002	2,5	CASCALHO	Construção civil
810337/2004	3,5	CASCALHO	Construção civil
810318/2007	1,5	CASCALHO	Construção civil
810181/2008	0,3	CASCALHO	Construção civil
810842/2008	1,2	CASCALHO	Construção civil
810524/2009	2	CASCALHO	Construção civil
810826/2005	9,9	CASCALHO	Construção civil
811267/2011	3	CASCALHO	Construção civil
810994/2012	2,9	CASCALHO	Construção civil
810489/2013	50	CASCALHO	Construção civil
810546/2013	50	CASCALHO	Construção civil
810666/2013	9,1	CASCALHO	Construção civil
810490/2013	48,7	CASCALHO	Construção civil
810882/2014	12,1	CASCALHO	Construção civil
811030/2014	3,5	CASCALHO	Construção civil
811431/2015	1,3	CASCALHO	Construção civil
811289/2015	45,7	CASCALHO	Construção civil
810798/2016	4,8	CASCALHO	Construção civil
811421/2016	4	CASCALHO	Construção civil
811420/2016	1,1	CASCALHO	Construção civil
811422/2016	19,8	CASCALHO	Construção civil
811601/2014	3,8	CASCALHO	Construção civil
811419/2016	1,4	CASCALHO	Construção civil

PROCESSO	AREA HA	SUBSTÂNCIA	USO
810342/2017	39,7	CASCALHO	Construção civil
810179/2017	943,7	CASCALHO	Construção civil
811099/2017	0,6	CASCALHO	Construção civil
811378/2011	3,8	CASCALHO	Construção civil
810064/2001	3	SAIBRO	Construção civil
810728/2004	12	SAIBRO	Construção civil
810001/2007	8	SAIBRO	Construção civil
810076/2007	4,3	SAIBRO	Construção civil
810377/2007	1,5	SAIBRO	Construção civil
810695/2008	4	SAIBRO	Construção civil
810759/2008	4	SAIBRO	Construção civil
810694/2008	1,7	SAIBRO	Construção civil
810838/2008	0,2	SAIBRO	Construção civil
810840/2008	0,3	SAIBRO	Construção civil
810837/2008	0,4	SAIBRO	Construção civil
810449/2009	2	SAIBRO	Construção civil
810911/2009	2	SAIBRO	Construção civil
810006/2010	0,5	SAIBRO	Construção civil
810287/2010	0,3	SAIBRO	Construção civil
810900/2010	1,2	SAIBRO	Construção civil
810878/2010	1,8	SAIBRO	Construção civil
811016/2010	1,1	SAIBRO	Construção civil
811018/2010	0,4	SAIBRO	Construção civil
811017/2010	0,8	SAIBRO	Construção civil
810072/2011	2	SAIBRO	Construção civil
810278/1994	50	SAIBRO	Construção civil
810504/2011	9,3	SAIBRO	Construção civil
810875/2011	1,9	SAIBRO	Construção civil
811325/2011	2,1	SAIBRO	Construção civil
811393/2011	0,5	SAIBRO	Construção civil
810033/2012	1,5	SAIBRO	Construção civil
810260/2012	1,8	SAIBRO	Construção civil
810261/2012	1,5	SAIBRO	Construção civil
810316/2012	1,4	SAIBRO	Construção civil
810327/2012	5	SAIBRO	Construção civil
810356/2012	4,4	SAIBRO	Construção civil
811085/2012	2	SAIBRO	Construção civil
811707/2012	2	SAIBRO	Construção civil
810086/2013	1,4	SAIBRO	Construção civil
810383/2013	9,6	SAIBRO	Construção civil
810543/2013	2	SAIBRO	Construção civil
810668/2013	1	SAIBRO	Construção civil
810985/2013	0,4	SAIBRO	Construção civil

PROCESSO	AREA HA	SUBSTÂNCIA	USO
810986/2013	0,3	SAIBRO	Construção civil
811051/2013	2	SAIBRO	Construção civil
811231/2013	1,2	SAIBRO	Construção civil
810681/2013	2,4	SAIBRO	Construção civil
810339/2014	2	SAIBRO	Construção civil
810610/2014	0,9	SAIBRO	Construção civil
811045/2014	1,3	SAIBRO	Construção civil
811158/2014	2	SAIBRO	Construção civil
810269/2015	0,7	SAIBRO	Construção civil
810322/2015	2	SAIBRO	Construção civil
810387/2015	1	SAIBRO	Construção civil
810834/2015	9,8	SAIBRO	Construção civil
811359/2015	4,9	SAIBRO	Construção civil
811445/2015	5	SAIBRO	Construção civil
811532/2015	0,9	SAIBRO	Construção civil
811160/2015	0,1	SAIBRO	Construção civil
811769/2015	2,4	SAIBRO	Construção civil
811697/2015	42,4	SAIBRO	Construção civil
810271/2016	5	SAIBRO	Construção civil
810565/2016	0,9	SAIBRO	Construção civil
810799/2016	4	SAIBRO	Construção civil
810837/2016	2,6	SAIBRO	Construção civil
811424/2016	36,4	SAIBRO	Construção civil
810237/2017	235,5	SAIBRO	Construção civil
810585/2017	1,9	SAIBRO	Construção civil
810599/2017	0,9	SAIBRO	Construção civil
810512/2017	49,9	SAIBRO	Construção civil
810629/2017	49	SAIBRO	Construção civil
810627/2017	50	SAIBRO	Construção civil
810628/2017	39,6	SAIBRO	Construção civil
810694/2017	1,6	SAIBRO	Construção civil
810945/2017	49,7	SAIBRO	Construção civil
810823/2017	49,4	SAIBRO	Construção civil
810824/2017	48,5	SAIBRO	Construção civil
810944/2017	48,1	SAIBRO	Construção civil
811134/2017	2,8	SAIBRO	Construção civil
811161/2017	0,6	SAIBRO	Construção civil
810053/2018	1,4	SAIBRO	Construção civil

5.1.2.3 Geomorfologia

O estado do Rio Grande do Sul caracteriza-se por um diversificado conjunto de terrenos distintos que englobam desde extensas planícies litorâneas com imensos corpos lagunares, até planaltos alçados a mais de 1.000 m de altitude numa ampla variação altimétrica.

A região mais baixa da AE, que apresenta cotas inferiores a 125 metros, corresponde à depressão sul riograndense, a qual abrange todo o segmento SE e o sul do segmento NW da rodovia. As cotas mais elevadas, acima de 550 metros, situam-se na porção central do segmento NW e são sustentadas pelas rochas magmáticas riolíticas da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná. As cotas intermediárias ocorrem na transição entre a depressão e a região serrana e na porção norte do segmento NW, formada pelo relevo dissecado que configura o planalto da porção interna da Bacia do Paraná (Mapa 9 - Planialtimétrico).

A variação de cotas do relevo implica na declividade do terreno. Amplitudes altimétricas restritas, ou seja, que variam pouco, condicionam o relevo a declividades suaves. Amplitudes altimétricas de larga variação em áreas restritas delineiam relevos de declividade acentuada. A Embrapa (1979) define seis classes de relevo conforme a declividade do terreno (Tabela 44):

Tabela 44 - Relevos conforme classe de declividade (Embrapa, 1979)

Declividade (%)	Relevo
0 - 3	Plano
3 - 8	Suavemente ondulado
8 - 20	Ondulado
20 - 45	Fortemente ondulado
45 - 75	Montanhoso
> 75	Fortemente montanhoso

A declividade é um aspecto do relevo que influencia na susceptibilidade geológico-geotécnica por ser agente condicionante do movimento gravitacional de massas em declividades acentuadas e de inundações em áreas planas. Em projetos de engenharia, a declividade influencia as soluções do empreendimento definindo as rampas, as projeções dos taludes de corte e aterro e os dispositivos de superação de barreiras geográficas e de escoamento de drenagem. Na AE observa-se a compartimentação de relevos de acordo com a classe de declividade dos terrenos. Os terrenos que configuram áreas planas são associados principalmente às planícies dos rios na depressão sul riograndense, sendo o Sinos, o Caí e o Taquari os mais expressivos. Declividades acima de 8%, ondulada a fortemente ondulada, predominam na região serrana associadas à borda oriental da Serra Geral, porção central do segmento NW. Relevos suavemente ondulados ocorrem associados a Formações sedimentares entre as planícies aluviais e a Serra Geral e aos basaltos internos da Bacia do Paraná nas regiões de planalto, norte do segmento NW (Mapa 10).

A associação entre os parâmetros altimétrico, de declividade e geológico definem a fisiografia do terreno e a compartimentação em domínios geomorfológicos homogêneos. Destacam-se no estado do Rio Grande do Sul quatro domínios geomorfológicos principais: planícies

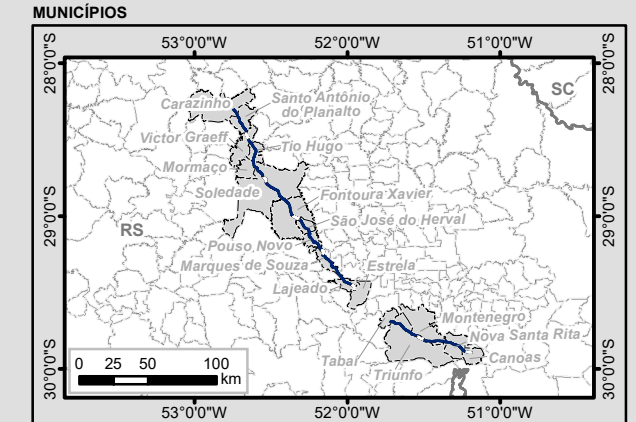
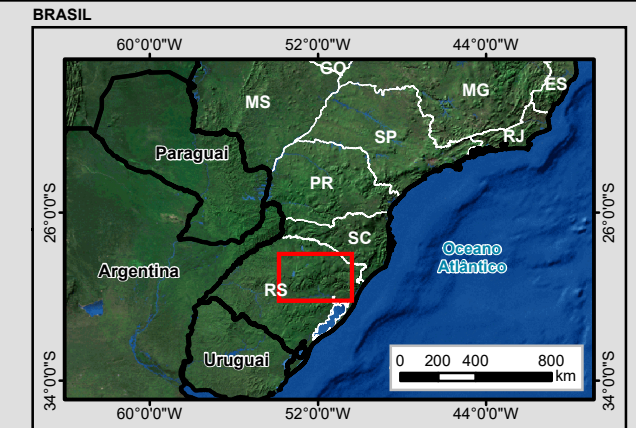
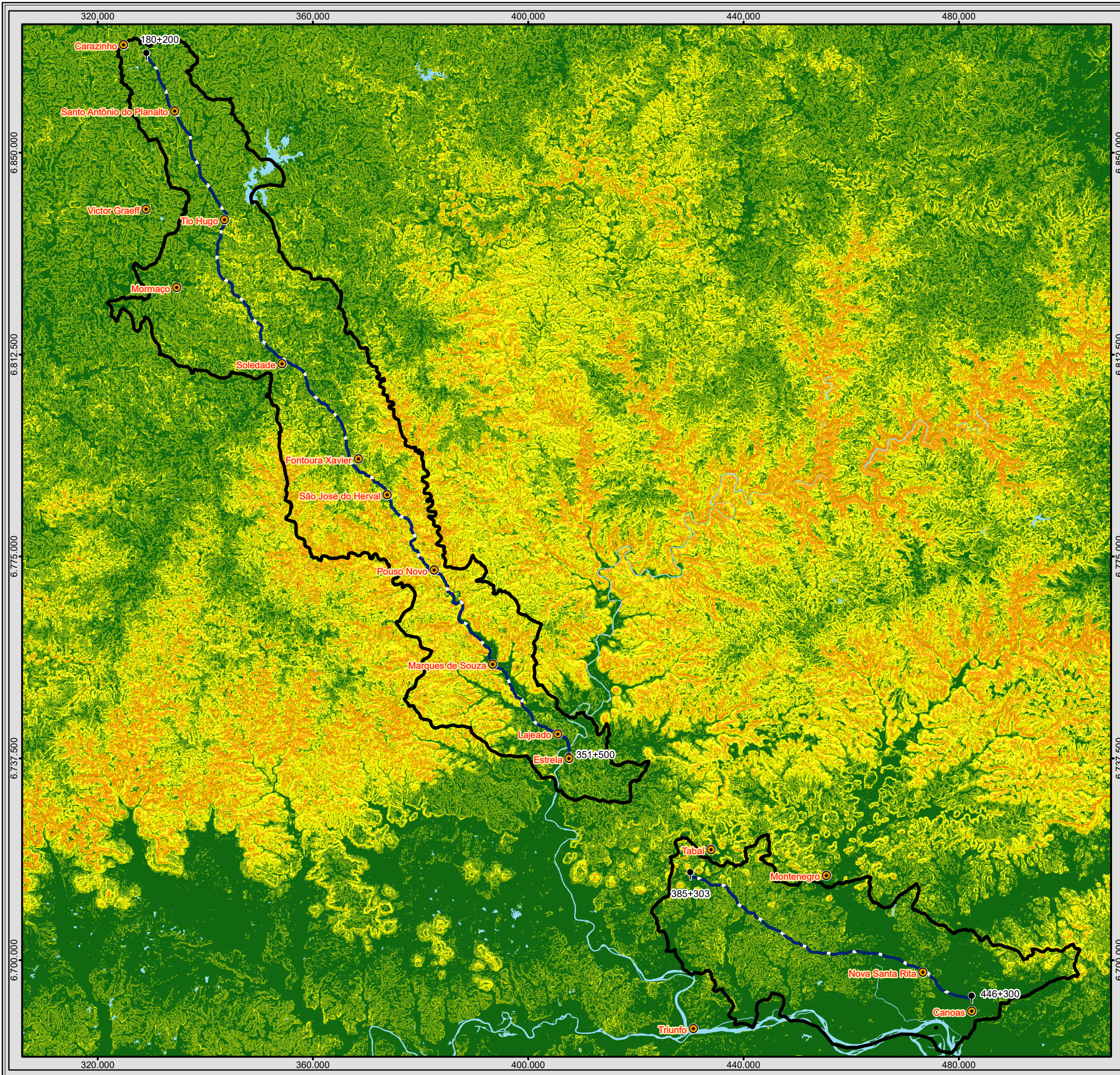
costeiras, constituídas por depósitos marinhos, eólicos e fluviolagunares de idade quaternária; planaltos alçados, embasados pela sequência vulcânica e vulcanossedimentar de idade mesozoica da Bacia do Paraná; depressões interplanálticas, embasadas pela sequência sedimentar de idades paleozoica e mesozoica da Bacia do Paraná; planaltos e serras baixas, modelados em rochas cristalinas de idade pré-cambriana do Escudo Sul-Rio-Grandense. Esses ambientes são condicionados a um regime climático subtropical e úmido, apresentando invernos frios no sul do estado e nas altas superfícies dos planaltos sob moderada atuação do intemperismo químico, devido às baixas temperaturas.

O cenário geomorfológico do estado do Rio Grande do Sul foi delineado a partir da fragmentação do Gondwana e da abertura do Atlântico Sul durante o Cretáceo (Almeida, 1952; Justus et al., 1986; Maack, 1947) e o soerguimento das cadeias montanhosas da Serra Geral, controlada pela tectônica associada ao levantamento epirogenético da própria plataforma sul-americana (Almeida et al., 2000). Esses relevos acidentados representam escarpas de borda de planalto. O levantamento a partir de fins do Cretáceo e ao longo de todo o Terciário produziu desnivelamentos atualmente superiores a 1.000m.

Ao mesmo tempo em que ocorreu o soerguimento da Serra Geral, houve progressivo recuo das escarpas de borda de planalto ao longo do Cenozoico, o que proporcionou o estabelecimento de uma extensa baixada litorânea. Depósitos correlativos a essa fase de erosão regressiva da escarpa da Serra Geral encontram-se na plataforma continental e na planície emersa, constituídos por sedimentos neógenos de natureza continental (leques aluviais e planícies fluviais), transicional (planícies fluviolagunares e lagunares) ou marinha e eólica (feixes de cordões arenosos e dunas).

A erosão das escarpas basálticas devido ao recuo relativo do nível do mar acarretou extensas depressões periféricas no interior do estado em uma extensa zona de circundesnudação pós-cretácica (Ab'Saber, 1972; Valverde, 1957) caracterizadas por regiões de menor elevação altimétrica e onde se encontram as bacias de drenagem dos rios Jacuí e Ibicuí.

No planalto basáltico prevalecem processos de entalhamento pela ação dos rios e consequente formação de vales encaixados que se originam dos processos de dissecação de do paleorelevo dômica e de erosão por meio de uma extensa rede de drenagem de padrão aproximadamente radial. A Depressão Central Gaúcha é levada à subsidência e ao entulhamento parcial por espraiamento das planícies aluvionares dos rios Jacuí, Ibicuí e Santa Maria (CPRM, 2010).



Legenda

- Cidade
- Marco Quilométrico
- Trecho BR-386/RS
- Massa d'água
- Área de Estudo do Meio Físico (AE)

Declividade (%)

- Plano 0 - 3%
- Suave Ondulado 3 - 8%
- Ondulado 8 - 20%
- Forte Ondulado 20 - 45%
- Montanhoso 45 - 75%

Articulação das Folhas 1:250.000

54°0'0" W 51°0'0" W

28°0'0" S 28°0'0" S

30°0'0" S 30°0'0" S

1:700.000
Escala numérica em impressão A3
Projeção UTM
Datum Horizontal SIRGAS 2000
Zona 22 J

EPL

Identificação do Projeto
Obras de duplicação e regularização da rodovia federal BR-386/RS, trecho Carazinho/RS a Canoas/RS com extensão total de 232,11 km

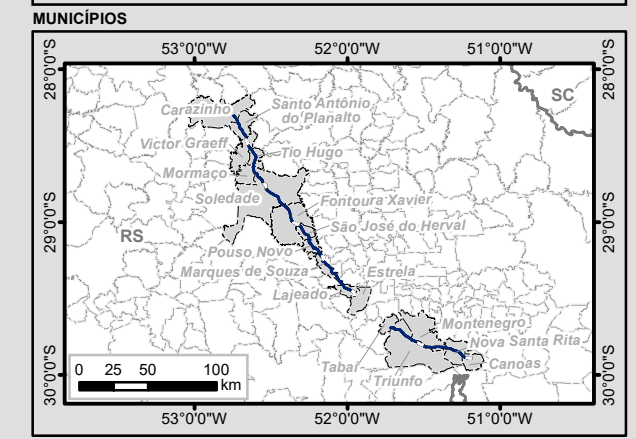
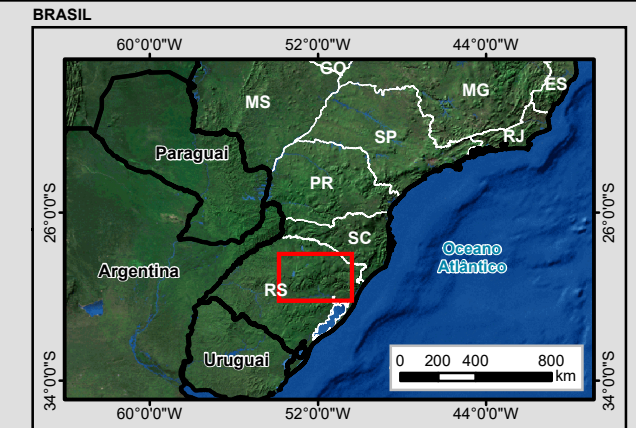
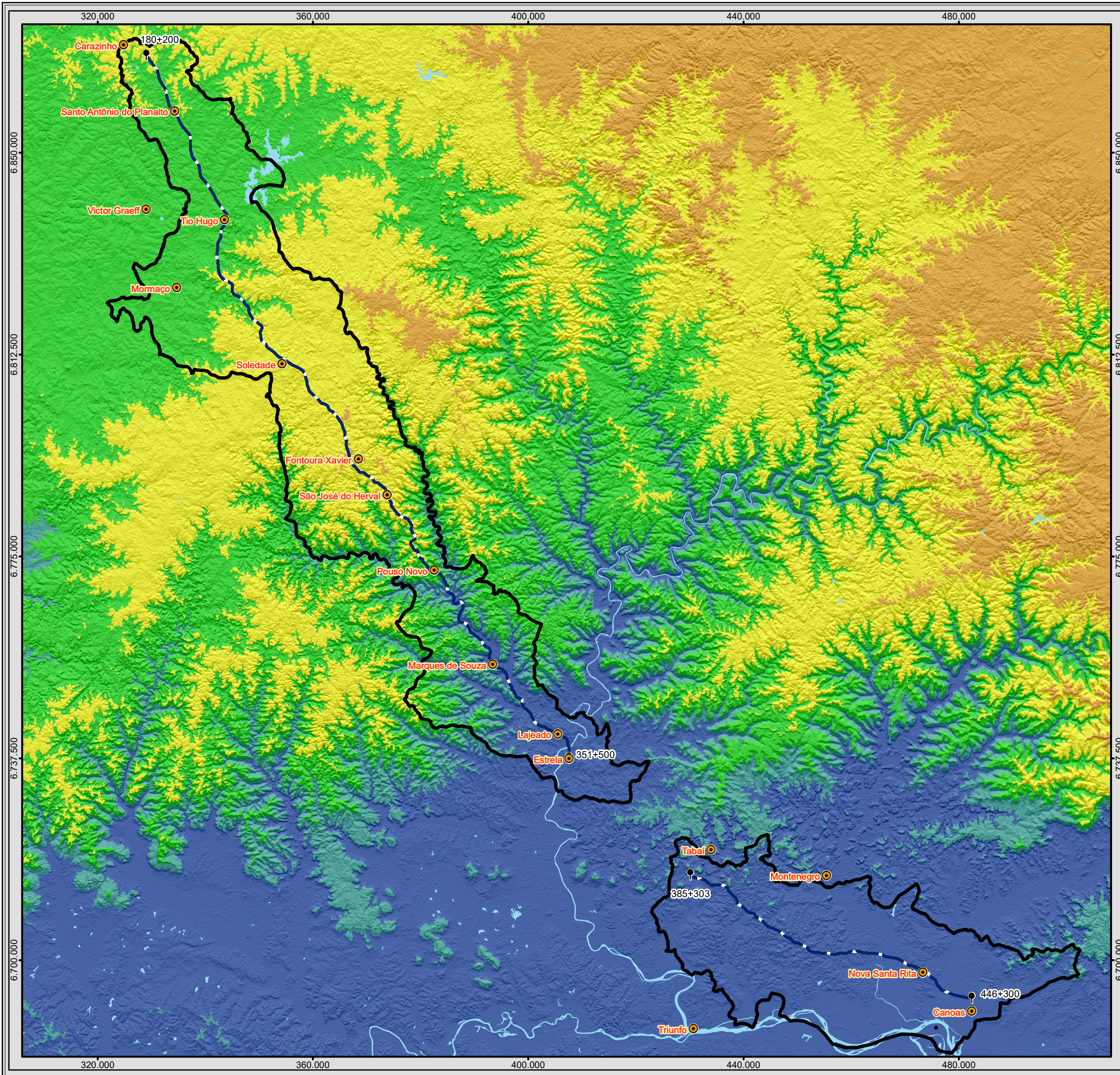
Título do Mapa
Altimetria

Empreendedor
EPL - Empresa de Planejamento e Logística S.A

Responsável Técnico
MRS
Estudos Ambientais

Data: Março/2018

Fonte:
Malha Digital: Municipal e Estadual, 1:250.000 (IBGE, 2015); Bases Cartográficas Contínuas, 1:250.000 (IBGE, 2015); Rodovias (DNIT, 2017); Declividade Geodiversidade (CPRM, 2006).

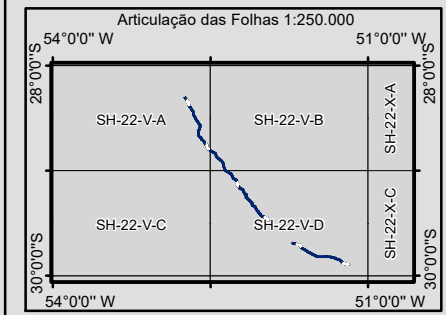


Legenda

- Cidade
- Marco Quilométrico
- Trecho BR-386/RS
- Massa d'água
- Área de Estudo do Meio Físico (AE)

Altimetria (m)

- 0 - 125
- 125 - 325
- 325 - 550
- 550 - 750
- 750 - 1.074



0 5 10 20 Km

1:700.000
Escala numérica em impressão A3
Projeção UTM
Datum Horizontal SIRGAS 2000
Zona 22 J

Identificação do Projeto		
Obras de duplicação e regularização da rodovia federal BR-386/RS, trecho Carazinho/RS a Canoas/RS com extensão total de 232,11 km		
Título do Mapa		
Altimetria		
Empreendedor		
EPL - Empresa de Planejamento e Logística S.A		
Responsável Técnico	Data: Março/2018	
MRS	Fonte:	
Estudos Ambientais	Malha Digital: Municipal e Estadual, 1:250.000 (IBGE, 2015); Bases Cartográficas Contínuas, 1:250.000 (IBGE, 2015); Rodovias (DNIT, 2017); Altimetria - Topodata (INPE, 2010).	

A CPRM (2010) propôs a compartimentação do estado do Rio Grande do Sul em oito domínios geomorfológicos (Figura 64)

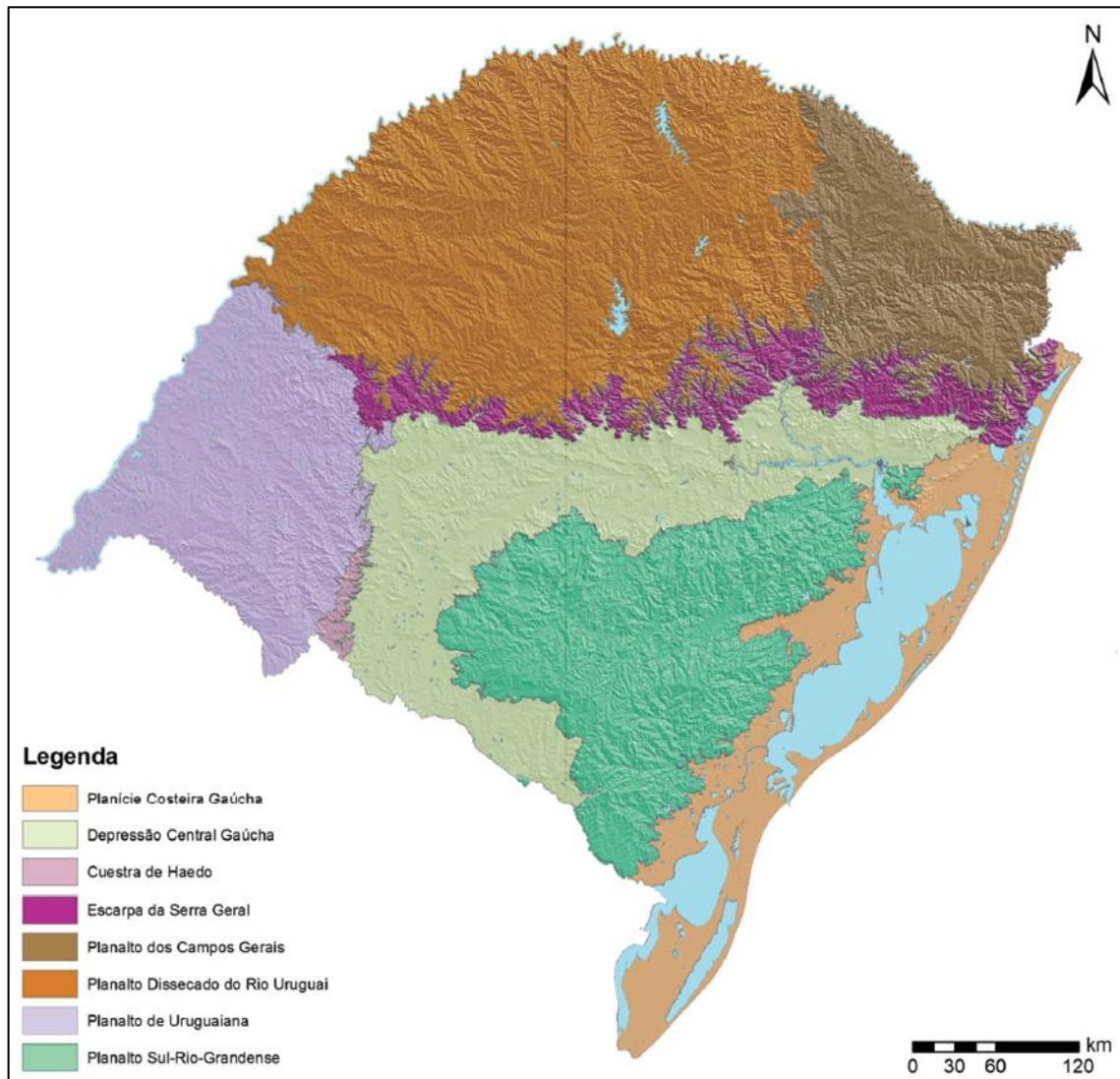


Figura 64 - Domínios geomorfológicos do estado do Rio Grande do Sul. CPRM, 2010.

Dentre estes domínios, os trechos rodoviários em estudo interceptam o Planalto Dissecado do Rio Uruguai, a Escarpa da Serra Geral e a Depressão Central Gaúcha. Estes domínios são constituídos por padrões de relevo padronizados pelos parâmetros adotados na Geodiversidade do Rio Grande do Sul.

Os padrões de relevo que se inserem na Área de Estudo da rodovia são: Planícies fluviais ou flúvio-lacustres (R1a), Vertentes Recobertas por Depósitos de Encosta (R1c), Planaltos (R2b3), Domínio de colinas dissecadas, Domínio de colinas amplas e suaves (R4a1), morros baixos (R4a2), Escarpas serranas (R4d) e Vales encaixados (R4f), conforme Tabela 45.

Tabela 45 - Padrões de relevo do território brasileiro (CPRM, 2010)

Padrões de Relevo	Declividade (graus)	Amplitude Topográfica (m)
Planícies Fluviais ou Flúviolacustres (R1a)	0 a 3	Zero
Planícies Flúviomarinhas (R1d)	0	Zero
Planícies Costeiras (R1e)	0 a 5	2 a 20
Campos de Dunas (R1f)	3 a 30	5 a 40
Tabuleiros (R2a1)	0 a 3	20 a 50
Tabuleiros Dissecados (R2a2)	2 a 5	0 a 20
Baixos Platôs (R2b1)	0 a 5	20 a 50
Baixos Platôs Dissecados (R2b2)	0 a 5	20 a 50
Planaltos (R2b3)	0 a 5	20 a 50
Chapadas e Platôs (R2c)	0 a 5	0 a 20
Superfícies Aplainadas Conservadas (R3a1)	0 a 5	0 a 10
Superfícies Aplainadas Degradadas (R3a2)	0 a 5	10 a 30
Inselbergs (R3b)	25 a 60	50 a 500
Colinas Amplas e Suaves (R4a1)	3 a 10	20 a 50
Colinas Dissecadas e Morros Baixos (R4a2)	5 a 20	30 a 80
Morros e Serras Baixas (R4b)	15 a 35	80 a 200
Escarpas Serranas (R4d)	25 a 60	300 a 2.000
Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos (R4e)	10 a 45	50 a 200
Vales Encaixados (R4f)	10 a 45	100 a 300

Os relevos são assim descritos conforme definições do CPRM (2010):

5.1.2.3.1 Planícies Fluviais ou Flúvio-Lacustres (R1a)

São superfícies sub-horizontais constituídas de depósitos arenoargilosos a argiloarenosos de gradientes extremamente suaves e convergentes em direção aos cursos d'água principais. Caracterizam-se por terrenos imperfeitamente drenados nas planícies de inundação, sendo periodicamente inundáveis,

Na Área de Estudo, o relevo R1a corresponde às planícies fluviais e de inundações dos principais rios: Taquari, Santa Cruz, Caí e Sinos em cotas baixas (Figura 65).



Figura 65 - Planície fluvial do rio Caí, relevo padrão R1a.

5.1.2.3.2 Vertentes Recobertas por Depósitos de Encosta (R1c)

Os tálus consistem de superfícies deposicionais fortemente inclinadas, constituídas por depósitos de encosta, de matriz arenoargilosa a argiloarenosa, rica em blocos, muito mal selecionados. Ocorrem, de forma disseminada, nos sopés das vertentes íngremes de terrenos montanhosos. Apresentam baixa capacidade de suporte.

As rampas de colúvio consistem de superfícies deposicionais inclinadas, constituídas por depósitos de encosta arenoargilosos a argiloarenosos, mal selecionados, em interdigitação com depósitos praticamente planos das planícies aluviais. Ocorrem, de forma disseminada, nas baixas encostas de ambientes colinosos ou de morros.

Verifica-se o acúmulo deposicional de material mal selecionado proveniente de movimentos de massa em sopés de encostas (Figura 66).



Figura 66 - Material coluvionar em sopés de encostas. Revelo R1c

5.1.2.3.3 Planaltos (R2b3)

Superfícies mais elevadas que os terrenos adjacentes, pouco dissecadas em formas tabulares ou colinas muito amplas. Sistema de drenagem principal com fraco entalhamento e deposição de planícies aluviais restritas ou em vales fechados.

Predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão). Eventual atuação de processos de laterização. Ocorrências esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e voçorocas).

Na Área de Estudo, o planalto corresponde à porção central do segmento NW, onde se situam as cotas mais elevadas, em torno de 650 metros de altitude, conforme Mapa 9 e Mapa 11. O planalto interceptado pela rodovia é caracterizado por colinas muito amplas e ausência de drenagens encaixadas e vales profundos (Figura 67).



Figura 67 - Situado a uma altitude de cerca de 650 m, o planalto gaúcho é caracterizado por colinas amplas e fraco entalhamento de drenagens. Relevo R2b3.

5.1.2.3.4 Domínio de Colinas Dissecadas, Domínio de Colinas Amplas e Suaves (R4a1)

Relevo de colinas pouco dissecadas, com vertentes convexas e topos amplos, de morfologia tabular ou alongada. Sistema de drenagem principal com deposição de planícies aluviais relativamente amplas.

Predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão). Ocorrências esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e voçorocas). Geração de rampas de colúvios nas baixas vertentes (Figura 68).

Observa-se na Área de Estudo que o padrão de relevo R4a1 ocorre nas cotas baixas da depressão gaúcha e é caracterizada por transição entre planícies e entre planícies e morros baixos ou escarpas serranas.



Figura 68 - Colinas amplas e dissecadas, típicas do padrão de relevo R4a1.

5.1.2.3.5 Morros Baixos (R4a2)

Relevo de colinas dissecadas, com vertentes convexo-côncavas e topos arredondados ou aguçados. Sistema de drenagem principal com deposição de planícies aluviais restritas ou em vales fechados.

Equilíbrio entre processos de pedogênese e morfogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com moderada suscetibilidade à erosão). Atuação frequente de processos de erosão laminar e ocorrência esporádica de processos de erosão linear acelerada (sulcos, ravinas e voçorocas). Geração de rampas de colúvios nas baixas vertentes.

O padrão de relevo R4a2 distribui-se em diversas porções da Área de Estudo, desde as cotas mais baixas às elevadas e em ambos segmentos. É um relevo intermediário associado tanto às depressões quanto às regiões de soerguimento (Figura 69).



Figura 69 - Morrotes baixos ao longo da BR-386 na região de planalto, à esquerda, e na depressão central, à direita. Relevo R4a2.

5.1.2.3.6 Escarpas Serranas (R4d)

Relevo montanhoso, muito acidentado. Vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, escarpadas e topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados, com sedimentação de colúvios e depósitos de tálus. Sistema de drenagem principal em franco processo de entalhamento. Representam um relevo de transição entre duas superfícies distintas alçadas a diferentes cotas altimétricas.

Franco predomínio de processos de morfogênese (formação de solos rasos em terrenos muito acidentados, em geral, com alta suscetibilidade à erosão). Atuação frequente de processos de erosão laminar e de movimentos de massa. Geração de depósitos de tálus e de colúvios nas baixas vertentes.

Na área de Estudo as escarpas serranas marcam o contato da Formação Serra Geral, Vulcano-sedimentar, com as demais formações sedimentares a sul da Bacia do Paraná. A faixa que define a escarpa serrana situa-se no centro sul do trecho NW e assinala variação abrupta de elevação do terreno (Mapa 9). Ao longo deste relevo a rodovia apresenta forte sinuosidade caracterizada por curvas fechadas, pontes elevadas e extensos taludes de corte (Figura 70).



Figura 70 - Paisagem ao longo da rodovia BR-386/RS configurada por serras elevadas, encostas com declividade acentuada e vales profundos. Relevo R4d.

5.1.2.3.7 Vales Encaixados (R4f)

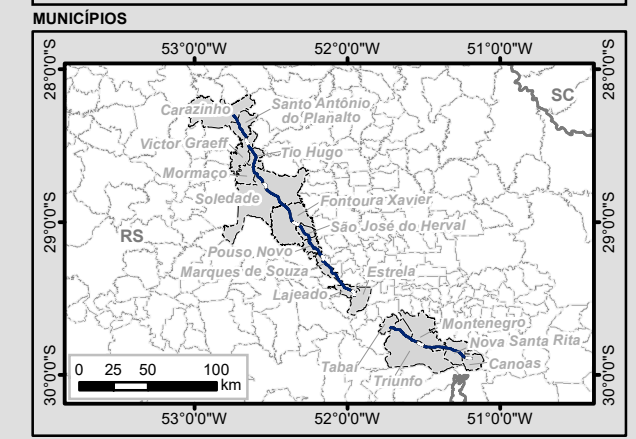
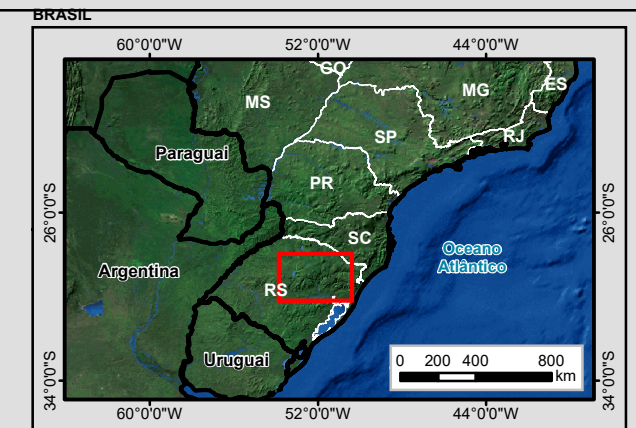
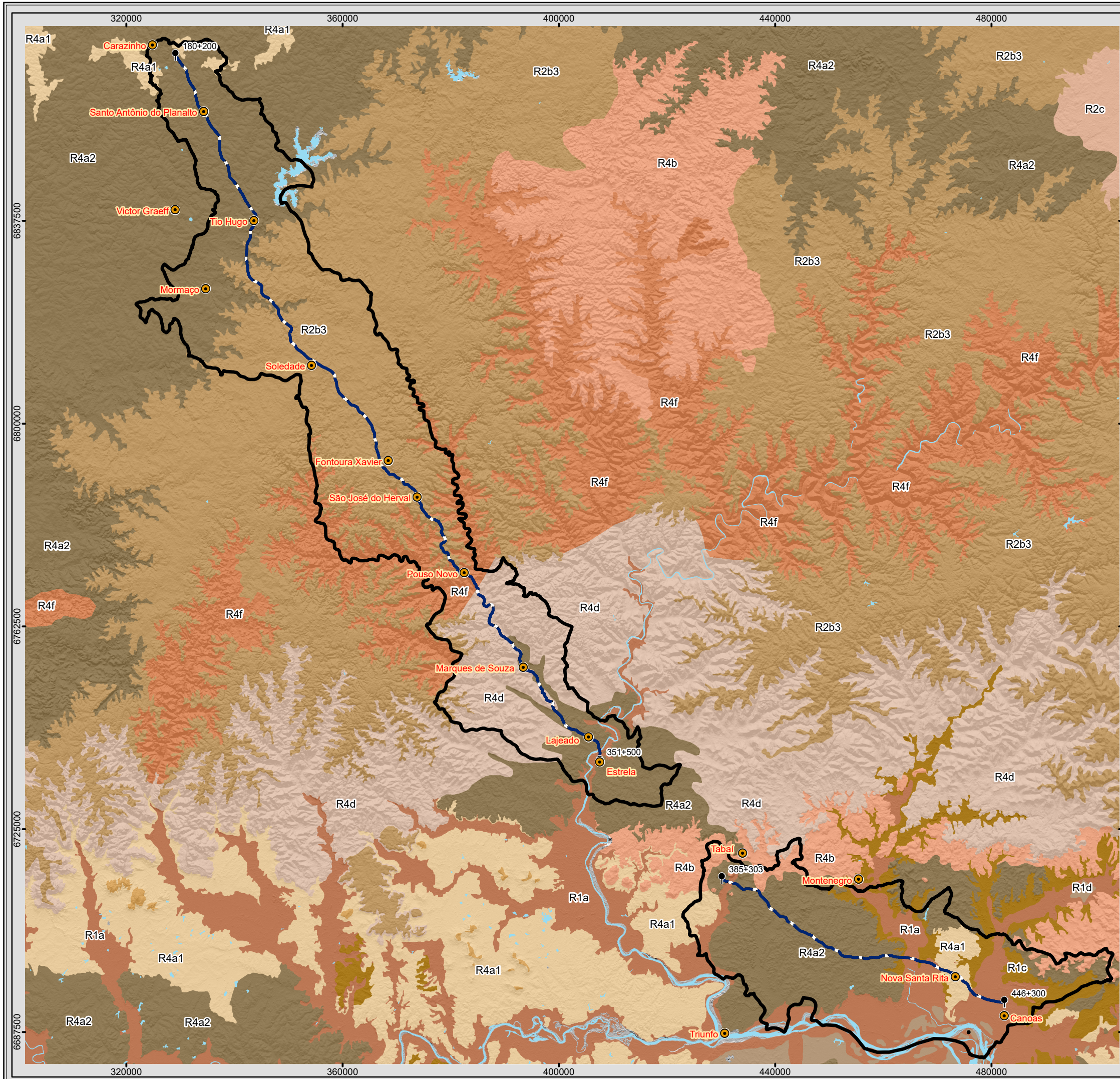
Relevo acidentado, constituído por vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, fortemente sulcadas, declivosas, com sedimentação de colúvios e depósitos de tálus. Sistema de drenagem principal em franco processo de entalhamento. Consistem em feições de relevo fortemente entalhadas pela incisão vertical da drenagem, formando vales encaixados e incisos sobre planaltos e chapadas, estes, em geral, pouco dissecados. Assim como as escarpas e os rebordos erosivos, os vales encaixados apresentam quebras de relevo abruptas em contraste com o relevo plano adjacente. Em geral, essas formas de relevo indicam uma retomada erosiva recente em processo de reajuste ao nível de base regional.

Franco predomínio de processos de morfogênese (formação de solos rasos, em geral, com alta suscetibilidade à erosão). Atuação frequente de processos de erosão laminar e de movimentos de massa. Geração de depósitos de tálus e de colúvios nas baixas vertentes.

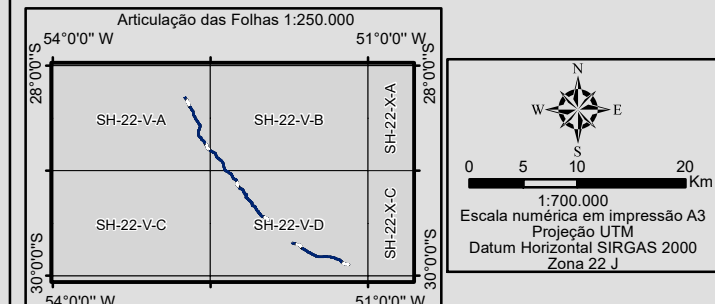
Na região serrana da Área de Estudo ocorrem rios encaixados em vales profundos de encostas escarpadas, como os rios Fão e Arroio Tigela (Mapa 11 e Figura 71).



Figura 71 - Na imagem à direita superior, vale profundo encaixado entre encostas escarpadas por onde corre o Arroio Tigela. As demais fotos mostram as encostas serranas que confinam o rio Fão a um vale entalhado. Relevo R4f.



- Legenda**
- Cidade
 - Marco Quilométrico
 - Trecho BR-386/RS
 - Massa d'água
 - Área de Estudo do Meio Físico (AE)
- Geomorfologia**
- LEGENDA**
- R1a - Planícies fluviais ou flúvio-lacustres
 - R1c - Vertentes Recobertas por Depósitos de Encosta
 - R1d - Planícies flúvio-marinhas
 - R2b3 - Planaltos
 - R2c - Chapadas e platôs
 - R3b - Inselbergs - Morros testemunho
 - R4a1 - Domínio de colinas amplas e suaves
 - R4a2 - Domínio de colinas dissecadas e morros baixos
 - R4b - Domínio de morros e de serras baixas
 - R4d - Escarpas serranas
 - R4f - Vales encaixados



Identificação do Projeto		
Obras de duplicação e regularização da rodovia federal BR-386/RS, trecho Carazinho/RS a Canoas/RS com extensão total de 232,11 km		
Título do Mapa		
Geomorfologia		
Empreendedor		
EPL - Empresa de Planejamento e Logística S.A		
Responsável Técnico	Data: Fevereiro/2018	
MRS	Fonte:	
Estudos Ambientais	Malha Digital: Municipal e Estadual, 1:250.000 (IBGE, 2015); Bases Cartográficas Contínuas, 1:250.000 (IBGE, 2015); Rodovias (DNIT, 2017); Geodiversidade 1:750.000 (CPRM, 2006).	

5.1.3 SOLOS E GEOTECNIA

Os produtos da interação entre o material mineral, fatores climáticos, condicionantes do relevo e elementos bióticos em determinada escala de tempo atuam no desenvolvimento e transformação dos solos por processos pedogenéticos específicos.

A formação do regolito pela intemperização do material geológico original varia com a profundidade em sequências características de ordem morfológica, física, químicas, biológica e mineralógicas que são identificadas na sequência vertical dos horizontes A-B-C.

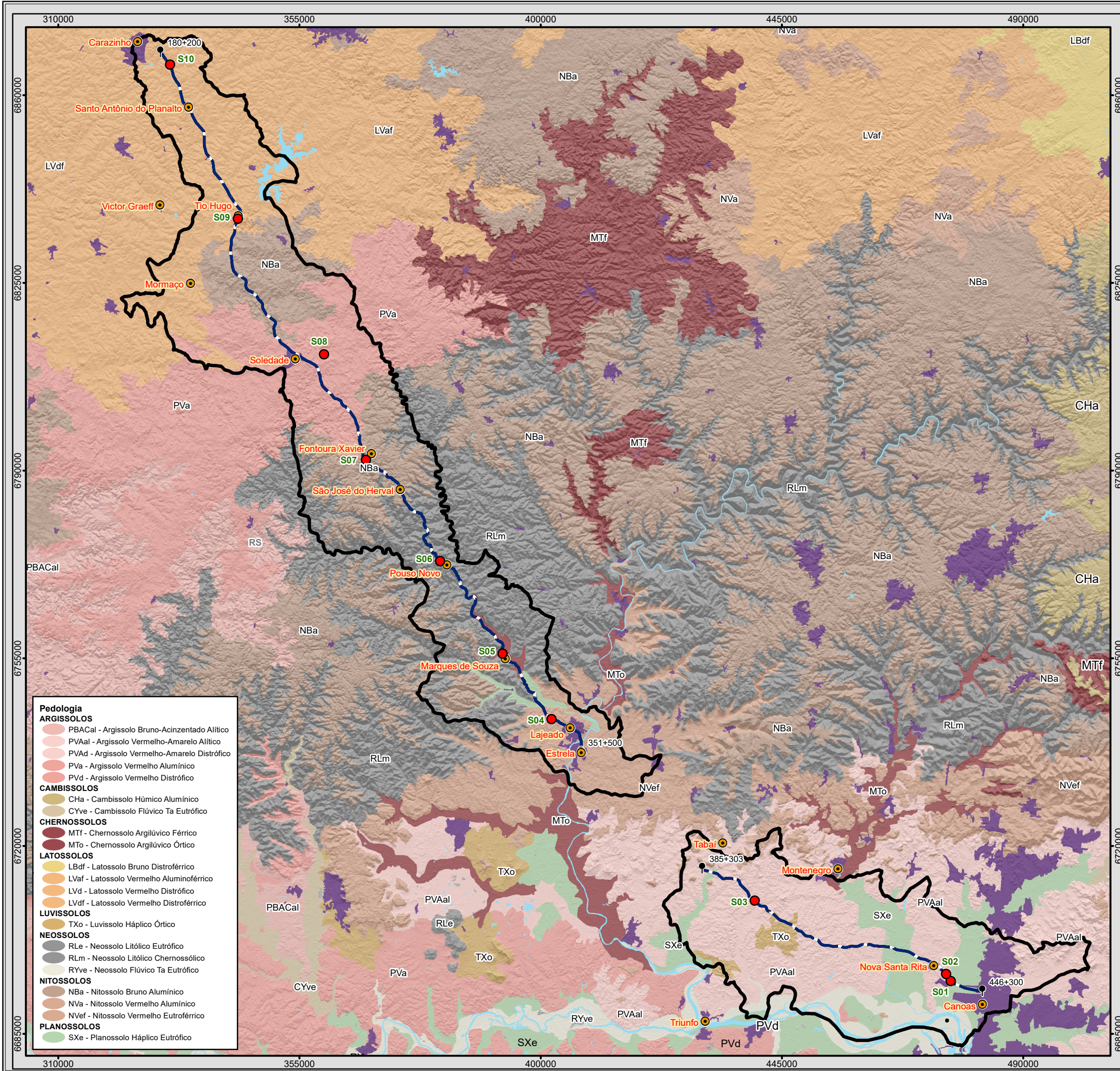
Os solos apresentam propriedades intrínsecas ao seu material fonte, por isso o conhecimento acerca da origem e da distribuição dos materiais geológicos contribui para melhor entendimento das características e da ocorrência das diversas classes de solos no estado. A cada classe de solo são relacionadas uma diversidade de usos potenciais correspondentes a partir de práticas de manejo a diversas situações (Streck et al., 2008).

5.1.3.1 Metodologia

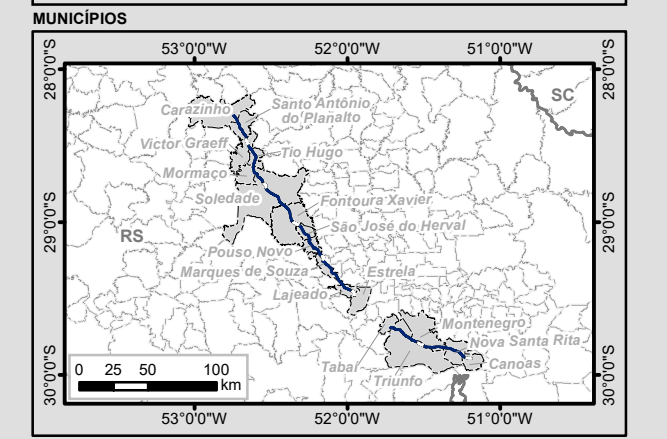
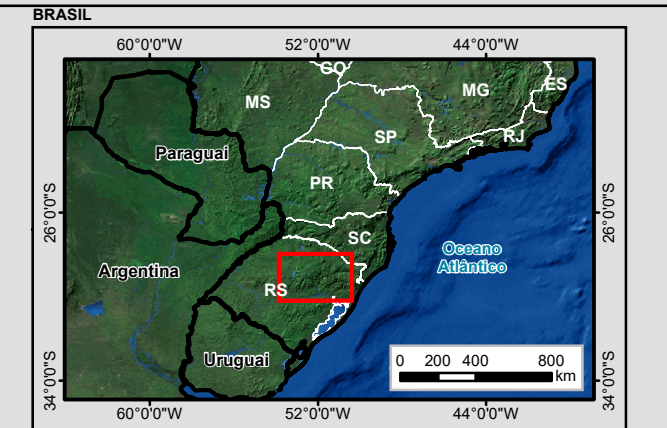
A caracterização do pedológica foi realizada sobre a base cartográfica da ocorrência e distribuição de solos do mapa temático de solos da Geodiversidade do Rio Grande do Sul (CPRM, 2010), com classes definidas conforme o sistema de classificação de solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 2010), em escala de 1:750.000.

De acordo com as informações cartográficas, os trechos rodoviários em estudo interceptam dez tipologias distintas de solos. As atividades de campo foram planejadas e executadas de forma a verificar a ocorrência e as propriedades de cada tipo de solo. Foram realizadas análises tátil-visuais para descrição de cor, textura e estruturação do solo, medição de espessura dos horizontes pedogênicos. Para tanto, foram utilizados cortes em taludes para análise de perfis. Dentre as classes de solos presentes na AID, apenas o solo aluvial não ocorre em cortes. Para sua caracterização realizou-se escavação até constatação do horizonte B textural. Para análise geotécnica foram coletadas dez amostras de solos representativas da variedade pedológica com objetivo de realizar-se a análise da granulometria, da plasticidade por meio do índice de plasticidade entre os limites de liquidez e de plasticidade e mensuração da massa específica. Estes ensaios foram realizados no laboratório de geotecnia do Centro Tecnológico (Cetec) da universidade de Passo Fundo (UPF) conforme as Fichas dos Ensaio Geotécnicos - CETEC no Tomo I – Anexos e Apêndices. O comportamento geológico-geotécnico frente a obras civis foi compartmentado e apresentado em conformidade com os estudos de geodiversidade publicado pela CPRM (2010).

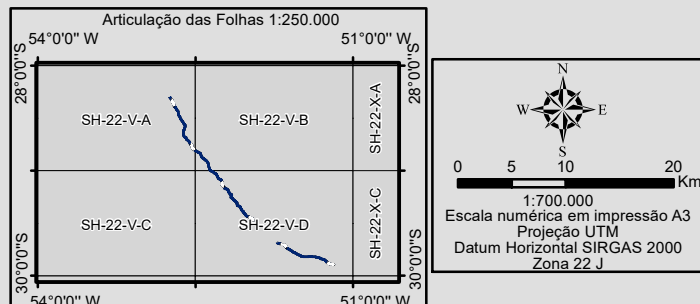
Foi realizado levantamento bibliográfico, de dados e de cartas de riscos dos municípios interceptados pela rodovia. Devido à carência de informações oficiais, foi realizada análise de vulnerabilidade a movimentos gravitacionais de massa e a inundações por modelagem espacial e interpolação dos valores de declividade em sistema de geoprocessamento.



- Pedologia**
- ARGISSOLOS**
- PBACal - Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico
 - PVAal - Argissolo Vermelho-Amarelo Alítico
 - PVAad - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico
 - PVa - Argissolo Vermelho Alumínico
 - PVd - Argissolo Vermelho Distrófico
- CAMBISSOLOS**
- CHa - Cambissolo Húmico Alumínico
 - CYve - Cambissolo Flúvico Ta Eutrófico
- CHERNOSSOLOS**
- MTf - Chernossolo Argilúvico Férrico
 - MTo - Chernossolo Argilúvico Órtico
- LATOSSOLOS**
- LBdf - Latossolo Bruno Distrófico
 - LVaf - Latossolo Vermelho Alumínico
 - LVd - Latossolo Vermelho Distrófico
 - LVdf - Latossolo Vermelho Distrófico
- LUVISSOLOS**
- TXo - Luvissolo Háptico Órtico
- NEOSSOLOS**
- RLe - Neossolo Litólico Eutrófico
 - RLm - Neossolo Litólico Chernossólico
 - RYve - Neossolo Flúvico Ta Eutrófico
- NITOSSOLOS**
- NBa - Nitossolo Bruno Alumínico
 - NVa - Nitossolo Vermelho Alumínico
 - NVef - Nitossolo Vermelho Eutrófico
- PLANOSSOLOS**
- SXe - Planossolo Háptico Eutrófico



- Legenda**
- Cidade
 - Pontos de Coleta de Solo
 - Marco Quilométrico
 - Trecho BR-386/RS
 - Massa d'água
 - Área Urbana
 - Área de Estudo do Meio Físico (AE)



EPL		MRS	
Identificação do Projeto			
Obras de duplicação e regularização da rodovia federal BR-386/RS, trecho Carazinho/RS a Canoas/RS com extensão total de 232,11 km			
Título do Mapa			
Pedologia			
Empreendedor			
EPL - Empresa de Planejamento e Logística S.A			
Responsável Técnico	Data: Março/2018		
MRS	Fonte:		
Estudos Ambientais	Malha Digital: Municipal e Estadual, 1:250.000 (IBGE, 2015); Bases Cartográficas Contínuas, 1:250.000 (IBGE, 2015); Rodovias (DNIT, 2017); Pedologia 1:250.000 (IBGE, 2013).		

5.1.3.2 Descrição Pedológica e Análise Geotécnica

Ao longo dos trechos rodoviários em estudo ocorrem dez tipos de solos compartimentados em cinco classes: latossolos, argissolos, neossolos, luvisolos e planossolos (Mapa 12)

5.1.3.2.1 Latossolos

Em geral são solos muito intemperizados, profundos e de boa drenagem. Caracterizam-se por sua grande homogeneidade ao longo do perfil, mineralogia da fração argila predominantemente caulínica ou caulínica-oxídica. Na AE, ocorre no extremo norte do segmento NW, entre Carazinho e Tio Hugo, dois tipos representativos: latossolo vermelho aluminoférrico húmico e latossolo vermelho típico.

5.1.3.2.1.1 Latossolo Vermelho Escuro Aluminoférrico Húmico (LVaf)

São solos de baixa fertilidade, ácido e alto teor de ferro que apresentam camada superficial delgada rica em matéria orgânica. São solos de moderada permeabilidade e baixa coesão, o que os torna sensíveis à degradação sob manejo agrícola. Na AE, estes solos ocorrem em relevos de movimentação suave onde se verificam extensas plantações de soja. Observa-se uniformidade do horizonte B e espessura superior a 4 metros em escavações de jazidas de empréstimo (Figura 72).

A amostra S10, referente a este solo, apresenta curva granulométrica de baixa amplitude constituída por cerca de 81% de argila, 9% de silte e 9 % de areia fina (Figura 73). Índice de plasticidade igual a 18,53%, correspondente à classe ML (siltes inorgânicos e areias muito finas, alteração de rocha, areias finas, siltosas ou argilosas com pequena plasticidade) e massa específica de 2,71g.



Figura 72 - Latossolo vermelho escuro aluminoférrico (LVaf) húmico. Solo profundo constituído por níveis pedológicos espessos e homogêneos.

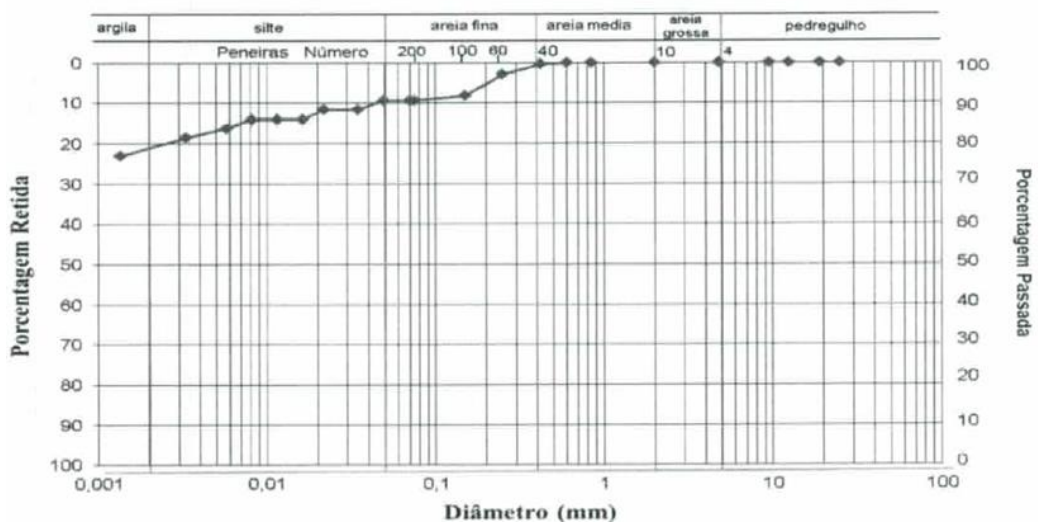


Figura 73 - Gráfico de curva granulométrica da amostra S10.

5.1.3.2.1.2 Latossolo Vermelho Distrófico Típico (LVd)

O Latossolo Vermelho possui horizonte B latossólico com baixa relação textural B/A, textura média e alto grau de intemperismo. Acúmulo de material lítico na base do horizonte B. Quando intensivamente cultivados, apresentam alta susceptibilidade à erosão hídrica com a formação

de sulcos profundos que rapidamente evoluem em voçorocas se utilizados inadequadamente (Figura 74).

A amostra S09, referente a este solo, apresenta curva granulométrica delineada por aproximadamente 70% de argila, 22% de silte e 7 % de areia fina (Figura 75). Índice de plasticidade igual a 15,3%, correspondente à classe ML (siltes inorgânicos e areias muito finas, alteração de rocha, areias finas, siltosas ou argilosas com pequena plasticidade) e massa específica de 2,4g.

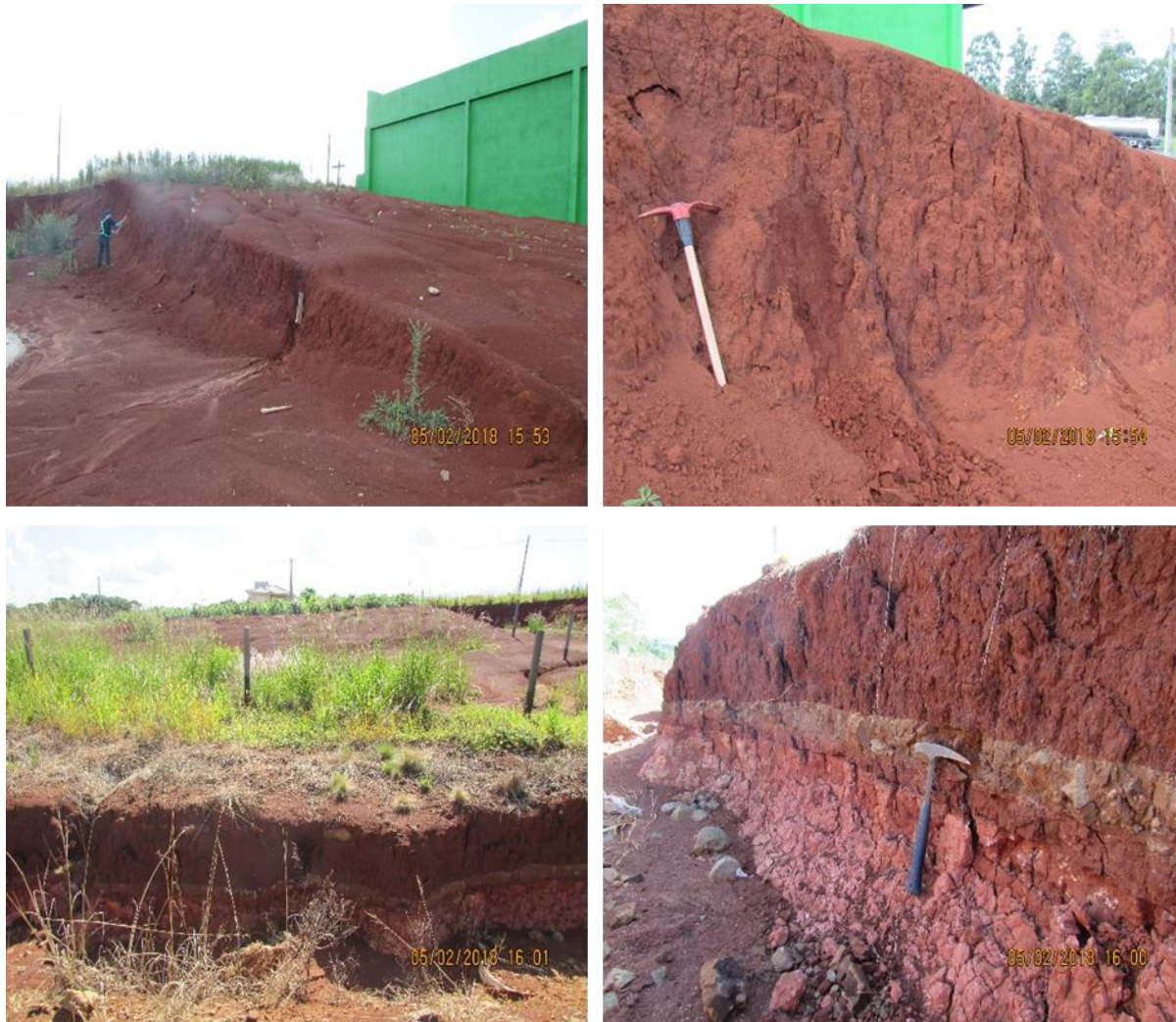


Figura 74 - Latossolo Vermelho típico com sulcos e erosões profundas

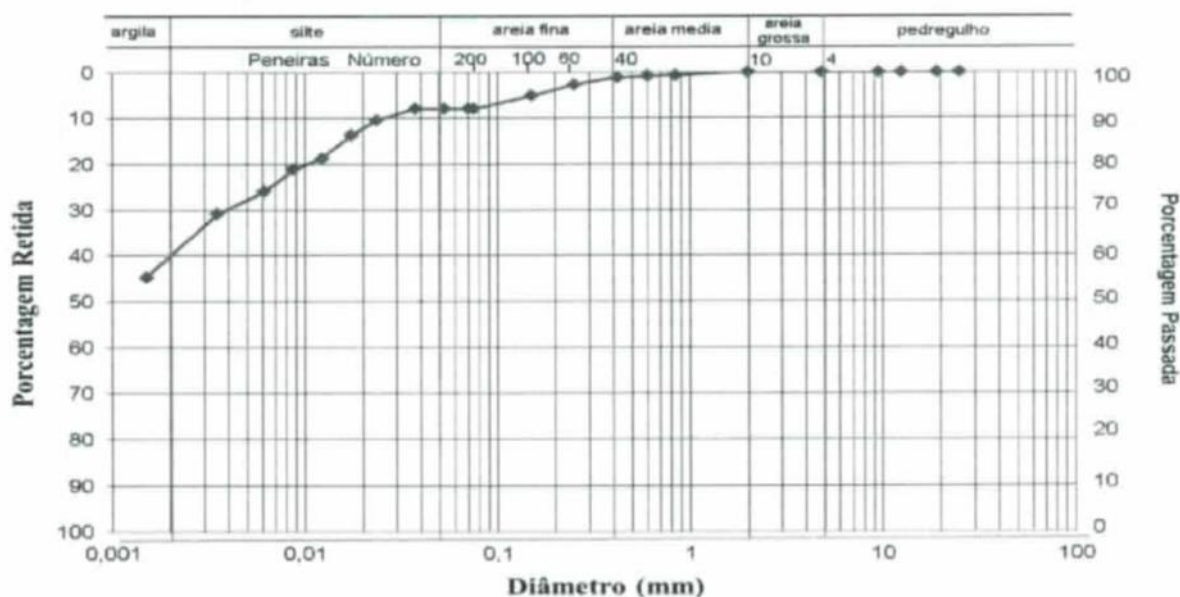


Figura 75 - gráfico da curva granulométrica da amostra S09

5.1.3.2.2 Argissolos

São solos medianamente profundos a profundos, moderadamente drenados, com horizonte B textural (horizonte diagnóstico que caracteriza a classe de solo), de cores vermelhas a amarelas e textura argilosa, abaixo de um horizonte A de cores mais claras e textura arenosa ou média, com baixos teores de matéria orgânica. Apresentam argila de atividade baixa e saturação por bases alta (proporção na qual o complexo de adsorção de um solo está ocupado por cátions alcalinos e alcalino-terrosos, expressa em porcentagem, em relação a capacidade de troca de cátions). Desenvolvem-se a partir de diversos materiais de origem, em áreas de relevo plano a montanhoso. A maioria dos solos desta classe apresenta um evidente incremento no teor de argila, com ou sem decréscimo, do horizonte B para baixo no perfil. A transição entre os horizontes A e B é, usualmente clara, abrupta ou gradual. Na AE ocorrem argissolo vermelho-amarelo distrófico, argissolo vermelho alumínico típico e argissolo bruno acinzentado.

5.1.3.2.2.1 Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd)

São solos de baixa fertilidade e baixa estruturação de suporte devido sua fácil escavabilidade a frio. Ocorre em ampla área nas proximidades de Soledade associado a lavoura extensiva de soja e à ocorrência de ametista associada a geodos. A espessura do horizonte B apresenta ampla variação desde inexistente até dimensão superior a 3 metros (Figura 76).

A constituição granulométrica é constituída por 65% de argila, 20% de silte e 12 % de areia fina. Possui massa específica de 2,5g e IP de 17,5%, sendo classificado como CL - argila arenosa, conforme ensaios laboratoriais da amostra S08 (Figura 77).



Figura 76 - Argissolo Vermelho típico (PVA), de boa escavabilidade a frio e com presença de sulcos e erosões profundas

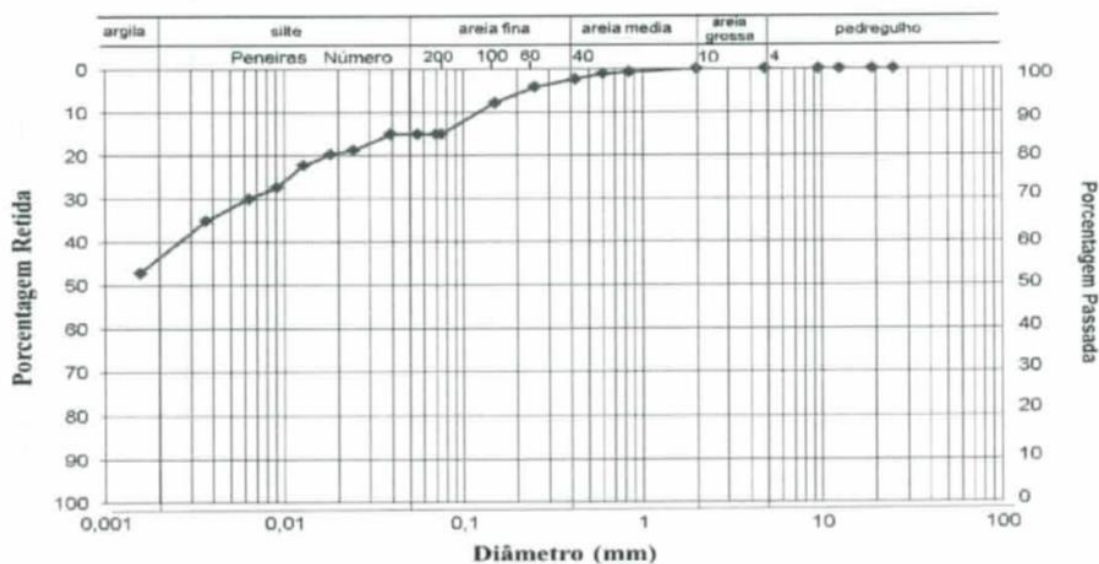


Figura 77 - gráfico da curva granulométrica da amostra S08

5.1.3.2.2 Argissolo Vermelho alumínico Típico (PVa)

Estes solos são caracterizados pelos teores muito elevados de alumínio. Horizontes O, A e B são bem definidos e distinguem-se pela coloração escura, clara e ocre-avermelhada, respectivamente. O horizonte A apresenta espessura média de 1,5 metro e o horizonte B supera 3 metros. Este solo ocorre na região mais elevada da AE e deriva de riolitos e riodacitos (Figura 78).

As análises laboratoriais forneceram valores de índice de plasticidade de 12% e massa específica de 2,38g. A constituição granulométrica é de cerca de 70% de argila, 16% de silte e 14% de areias. Este solo é demandado para utilização em aterros devido suas propriedades de compactação (Figura 79).



Figura 78 - Argissolo Vermelho alumínico com horizontes pedológicos bem definidos em cada de jazida de empréstimo para aterro.

Distribuição Granulométrica

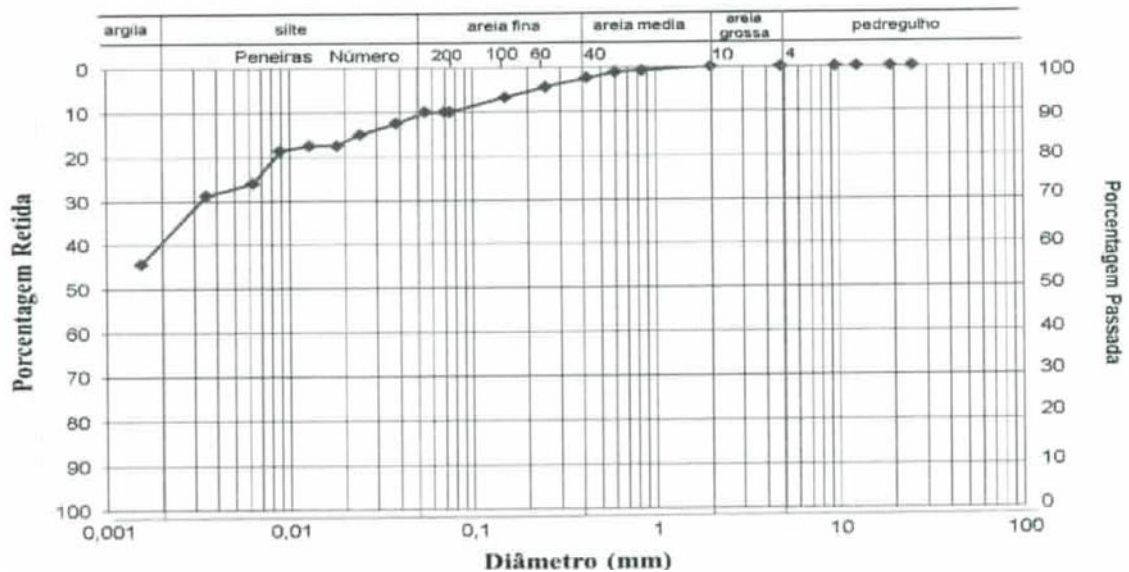


Figura 79 - gráfico da curva granulométrica da amostra S07

5.1.3.2.2.3 Argissolo Bruno Acinzentado

Este é um tipo de solo caracterizado pela cor bruno-acinzentada devido à restrição de drenagem e, cores mais escuras na parte superior do solo devido aos elevados teores de matéria orgânica, mais facilmente acumulada e preservada em regiões de clima temperado.

As principais limitações de uso são de origem física relacionadas à lenta permeabilidade, forte retenção de água e possível encharcamento em época específica do ano ou pela presença de alta concentração de alumínio trocável (Alíticos).

Na AE verificou-se sua ocorrência das áreas baixas. Foram coletadas duas amostras de locais distintos desta tipologia (Figura 80 e Figura 82).

Ambas apresentam comportamento semelhante das curvas granulométricas na faixa de areia fina caracterizado por gap granulométrico em torno de 0,1mm. A Amostra S02 possui cerca de 62% de argila, 8% de silte e 30% de material arenoso, valores comuns à ocorrência em tálus. O índice de plasticidade é de 10,58% e a massa específica é 2,60g (Figura 81).

A amostra S03 também é própria de tálus devido ao teor de granulometria maior sobre a menor e ao local declivoso de coleta do material. A fração argila representa 34% do total granulométrico, o silte 13% e a areia 53% (Figura 83).



Figura 80 – Perfil de Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico de coloração variegada ao longo de via de acesso a BR-386. Solo com espessura variada de até 4 metros, erodível.

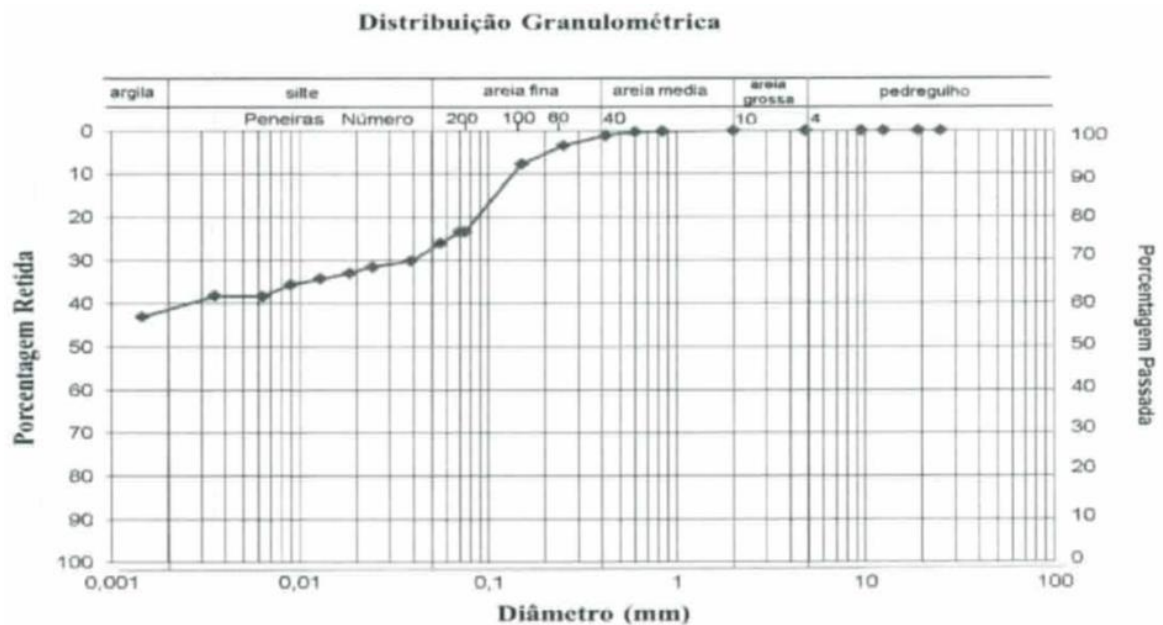


Figura 81 - gráfico da curva granulométrica da amostra S02

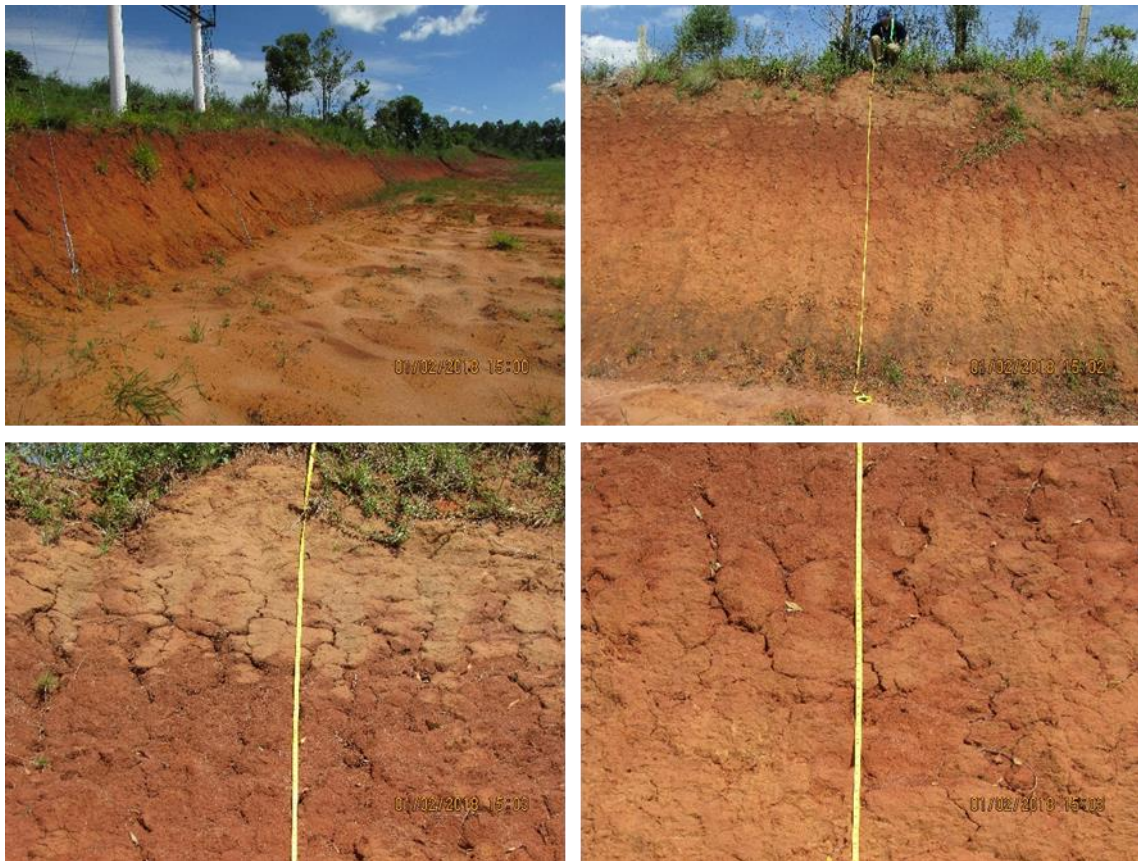


Figura 82 – Argissolo com estrutura de empastilhamento, típico de solos expansivos

Distribuição Granulométrica

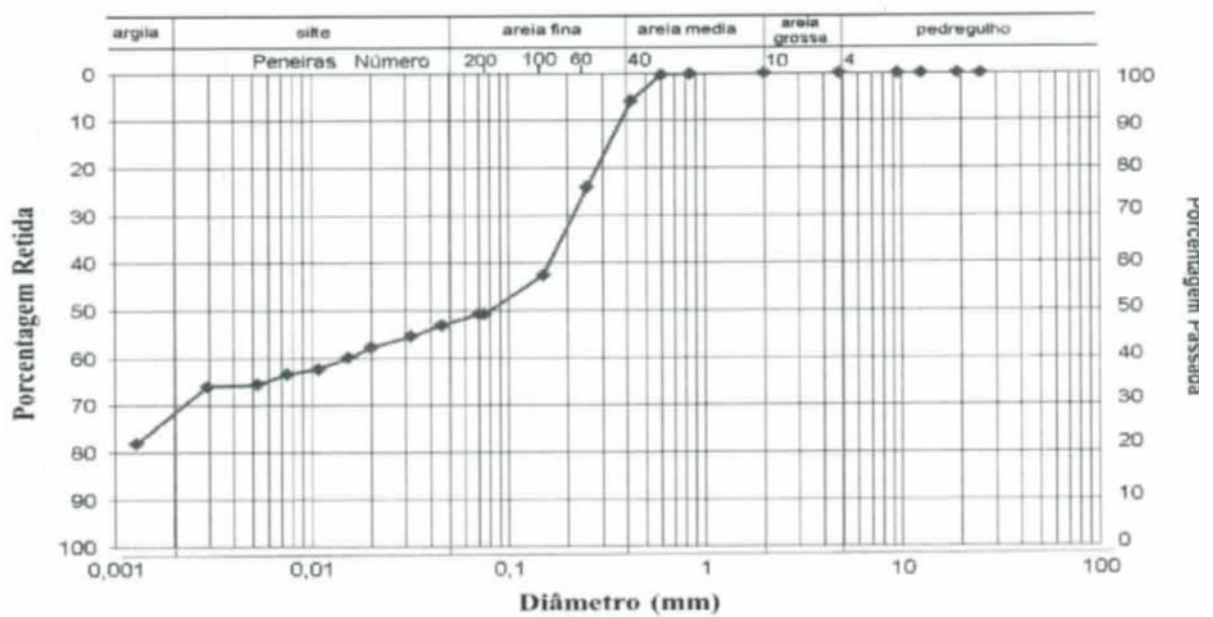


Figura 83 - gráfico da curva granulométrica da amostra S03

5.1.3.2.3 Neossolos

São constituídos por material mineral pouco espesso (menos de 30 cm de espessura), sem apresentar qualquer tipo de horizonte B e satisfazendo alguns requisitos como, ausência de horizonte glei, ausência de horizonte vértico imediatamente abaixo de horizonte A, ausência de horizonte plúntico e coloração variegada ou com mosqueado.

5.1.3.2.3.1 Neossolo Regolítico

Os Neossolos Regolíticos apresentam uma profundidade média, horizonte de A-C com baixa reserva de nutrientes, presentes na região escarpada serrana (Figura 84).

Possui massa específica de 2,62g, índice de plasticidade de 1,99% e distribuição granulométrica de 38% de argila, 33% de silte e 27% de areias (Figura 85).

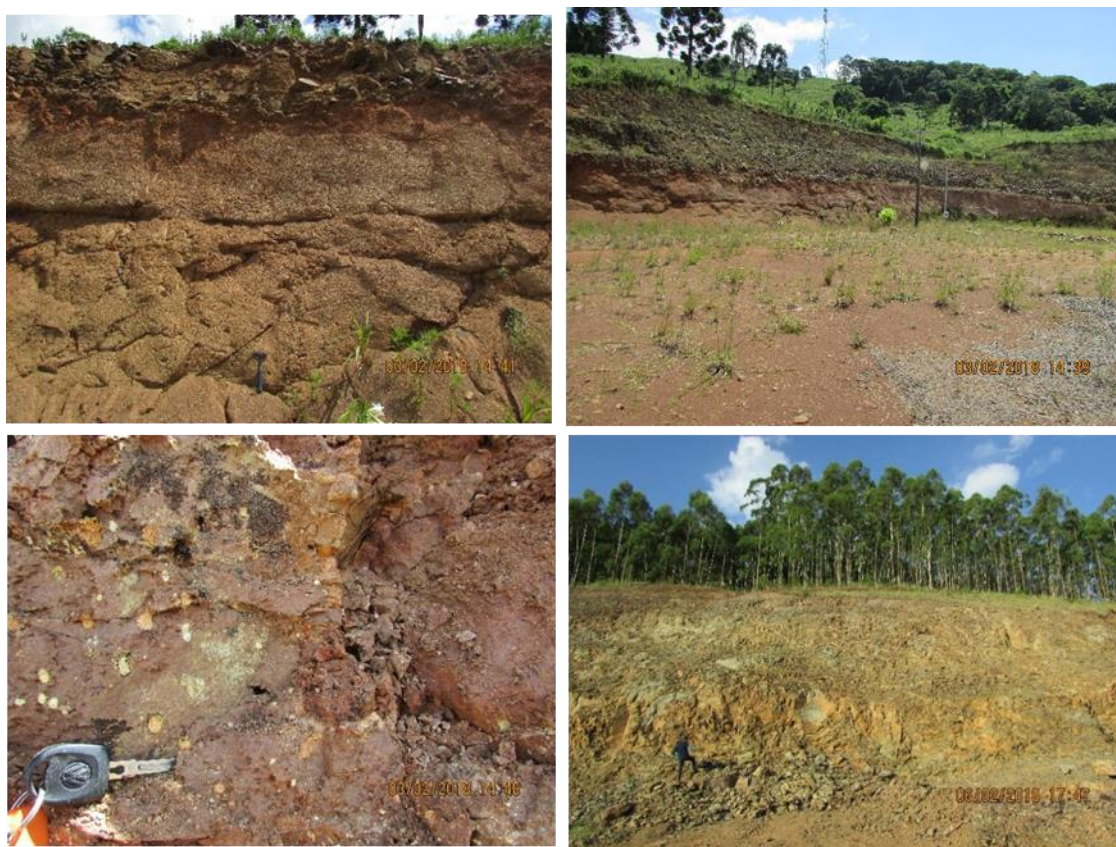


Figura 84 – Neossolos vom presença e constituição lítica

Distribuição Granulométrica

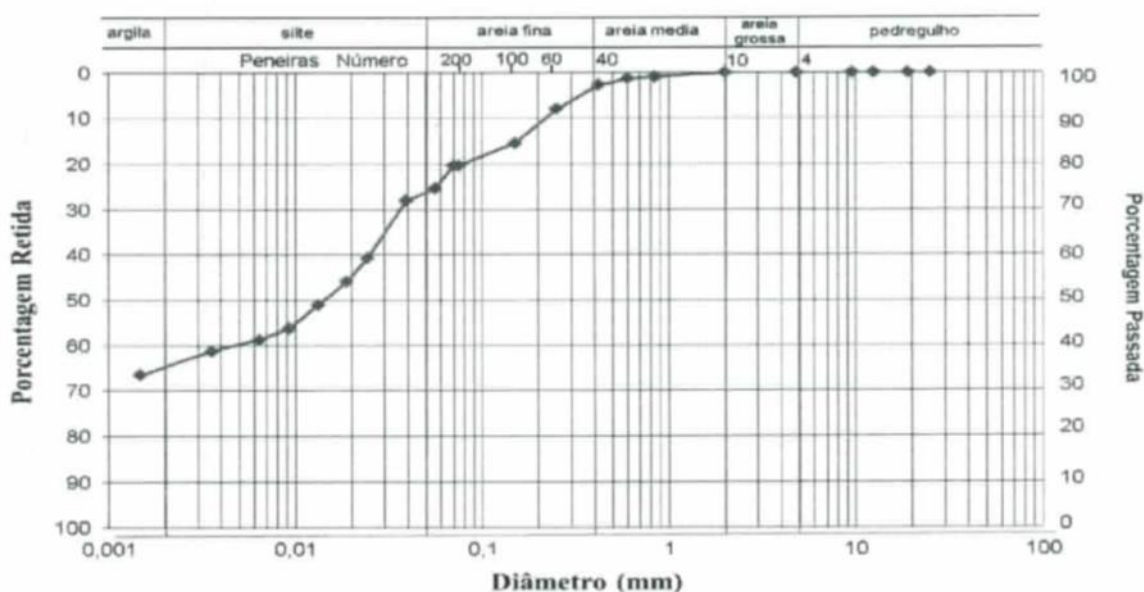


Figura 85 - gráfico da curva granulométrica da amostra S06

5.1.3.2.4 Luvisso

Compreendem solos minerais, com horizonte B textural, argila de atividade alta e concentração de argila relativamente acentuada no horizonte subsuperficial, sendo marcante a diferenciação entre os horizontes. Podem apresentar ou não mudança textural abrupta, além disso, têm morfologia e feições de hidromorfismo semelhante às dos Planossolos, diferindo destes por apresentar o topo do horizonte B mais escurecido, cores brunas, bruno-amareladas ou bruno-acinzentadas mais vivas e estrutura menos desenvolvida. Nestes, os valores da soma de bases são mais baixos e os teores de alumínio trocável, normalmente elevados, mesmo nos solos eutróficos. São bastante susceptíveis à erosão, o que é evidenciado pela ocorrência de voçorocas, necessitando de práticas conservacionistas adequadas quando utilizados com culturas anuais. Grande parte destes solos é utilizada com pastagens, podendo também dar bons resultados

5.1.3.2.4.1 Luvisso Saprólítico

Estes solos ocorrem no leito das principais drenagens na área serrana (Figura 86). Apresenta índice de plasticidade de 18,43%, curva granulométrica quase linear entre silte e areia fina, com 42 % de argila, 25% de silte e 32% de areias (Figura 87).



Figura 86 – Solos eluviais em canais de drenagem

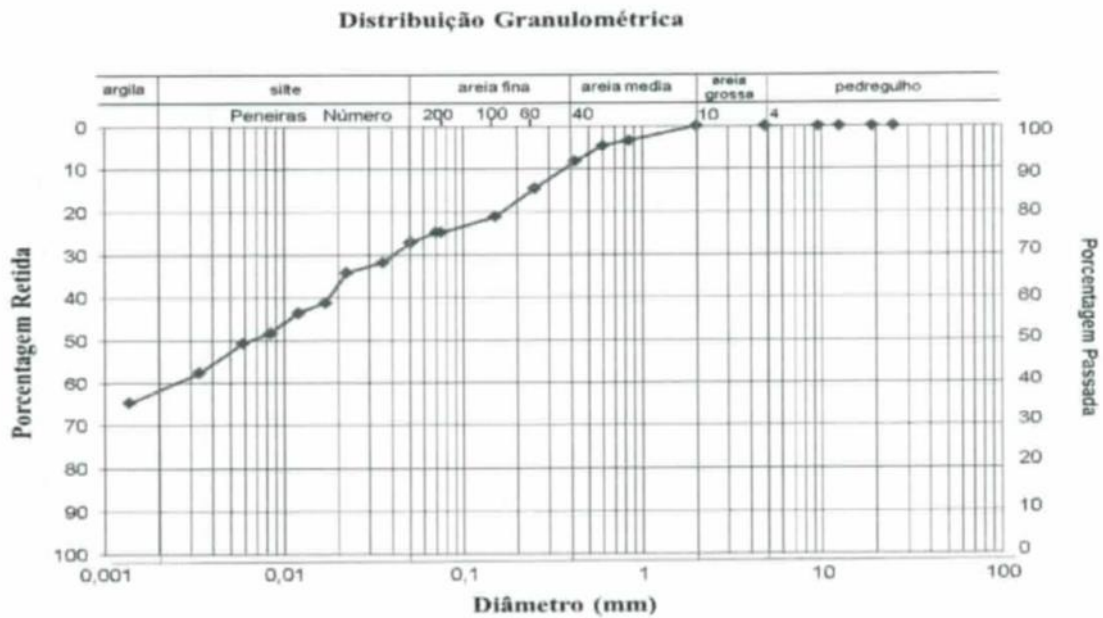


Figura 87 - gráfico da curva granulométrica da amostra S05

5.1.3.2.5 Nitossolo

Compreendem solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural, argila de atividade baixa, estrutura em blocos subangulares moderadamente desenvolvida, cerosidade em grau e quantidade variáveis, mas sempre presente. Apresentam sequência de horizontes do tipo A, Bt e C, com baixo gradiente textural, derivados de rochas efusivas básicas, com teores de Fe_2O_3 sempre superiores a 15,0%. Possuem fertilidade natural variável e baixa disponibilidade de fósforo. Ocorrem na Unidade de Relevo Planalto das Araucárias, normalmente em relevo ondulado e forte ondulado, sob vegetação de Savana e Floresta Ombrófila Mista. Os solos desta classe são predominantemente utilizados com milho, trigo, soja e pastagem.

5.1.3.2.5.1 Nitossolo Vermelho

Os nitossolos são produtos de transformação do basalto fácies Gramado na AE, conhecido como terra roxa com estruturação mineral no horizonte B (Figura 88). É tipicamente argilo siltoso, apresenta 50% de argila, 26% de silte e 13% de areias. Apresenta índice de plasticidade de 1,77% e massa específica 2,8g (Figura 89).



Figura 88 – Nissolo com estruturas reliquias



Figura 90 - Solo areno argiloso em planícies de inundação dos grande rios de cotas baixas

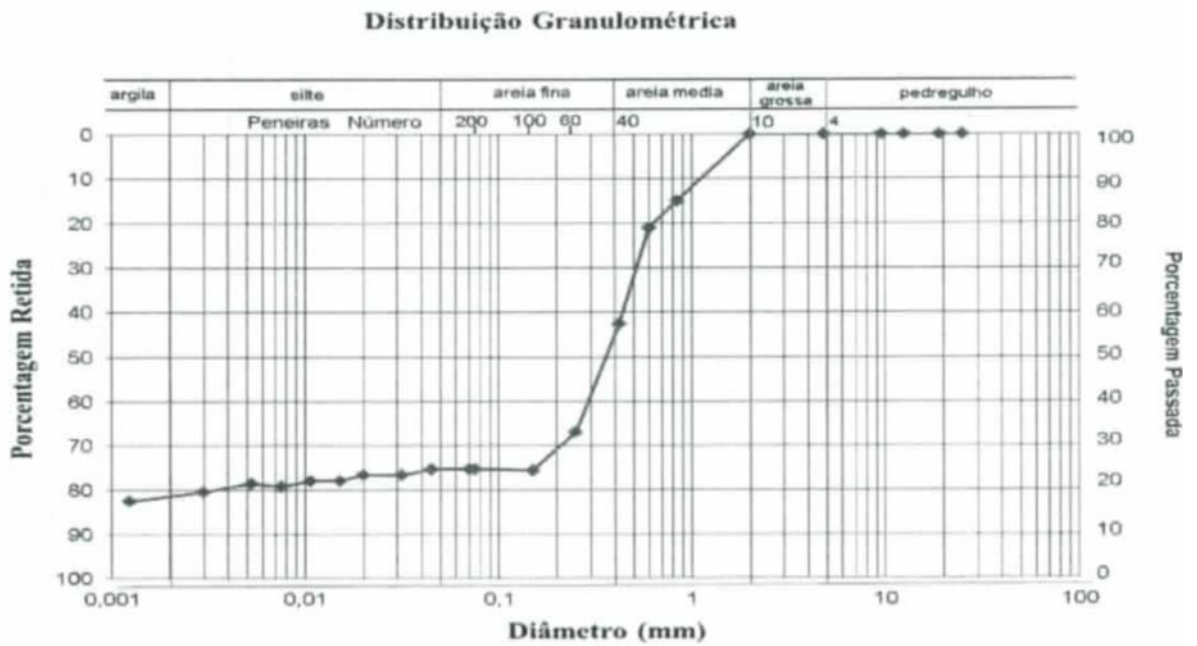


Figura 91 - gráfico da curva granulométrica da amostra S01

5.1.3.3 Domínios Geoambientais

As propriedades geotécnicas e ambientais são similares em conjuntos de unidades geológicas distintas. As características físicas homogêneas definem compartimentos classificados em domínios geoambientais (CPRM, 2010) que apresentam o mesmo comportamento geotécnico frente a usos específicos. No âmbito deste estudo, é relevante o conhecimento do comportamento geotécnico e da vulnerabilidade ambiental frente à execução de obras civis.

Na AE ocorrem três grandes domínios geoambientais (Mapa 13):

5.1.3.3.1 Domínio do Vulcanismo Fissural Mesozoico do Tipo Platô (DVM)

Esse domínio compreende o segmento NW da AE. É constituído pelas rochas magmáticas da Formação Serra Geral, um dos maiores eventos vulcânicos ocorridos no planeta o qual se encerra com a abertura do Atlântico Sul e a ruptura do supercontinente Gondwana (Giffoni *et al.*, 2004).

Devido às variações composicionais entre magmatismo extrusivo e intrusivo, o domínio é subdividido na AE nas unidades geoambientais DVMB (Predomínio de Basaltos) e DVMrrd (Predomínio de Riolitos e Riodacitos).

O DVMB compreende os basaltos, predominantemente, e andesitos que representam o magmatismo básico-intermediário e abrange as fácies Gramado e Paranapanema da Formação Serra Geral na AE.

O DVMrrd compreende os riolitos e riodacitos, rochas formadas pelo magmatismo ácido e que constituem a fácies Caxias na AE.

Conforme caracterização efetuada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2010):

As rochas do domínio DVM possuem alto grau de coesão e textura fina. Dentre elas, as ácidas da unidade DVMrrd possuem maior resistência ao intemperismo físico-químico. Quando são, comportam-se como rochas duras. Apresentam alta resistência ao corte e à penetração sendo necessário o uso de explosivos para o seu desmonte. Em geral, apresentam boa capacidade de suporte para obras de grande porte.

Os solos residuais de basaltos, inseridos na unidade DVMB, apresentam baixa capacidade de carga para subleito de estradas e para aterros e não oferecem problemas com relação a fundações, comportando-se como pré-adensado, conforme descrição de Maciel Filho (1990) na região de Santa Maria.

Os solos residuais do domínio DVM, quando bem desenvolvidos, apresentam boa escavabilidade. Nos relevos mais planos, onde os solos em geral apresentam pelo menos 1,5 metros de espessura, essa característica, aliada às baixas declividades, torna essas áreas adequadas à ocupação. No entanto, não é indicada a utilização de sumidouros nesses terrenos, em função da baixa permeabilidade dos solos e grande quantidade de juntas e fraturas nas rochas, por meio das quais pode haver percolação de poluentes.

Entre as rochas desse domínio, podem ocorrer níveis amigdaloides, brechados, arenitos intertrápicos ou mesmo sedimentos vulcanogênicos, com comportamentos hidráulico e geomecânico distintos dos basaltos, andesitos, riolitos e riodacitos. São materiais menos coesivos e mais permeáveis.

As rochas possuem muitas fendas e fraturas que podem comprometer a estabilidade de taludes de corte. No entanto, na ausência de fraturamentos e em se tratando de rocha coesa, os taludes podem ser estáveis mesmo na vertical.

Nos terrenos da unidade DVMb, situados na região oeste, e em terrenos da unidade DVMrrd, em relevo de Planaltos, no leste do estado, ocorrem solos com argilominerais expansivos que provocam seu fendilhamento e a instabilização de taludes de corte. São solos muito plásticos e pegajosos na presença de água e muito duros em sua ausência. São sujeitos à compactação e de muito difícil manejo.

Nos relevos do tipo Colinas Dissecadas e Morros Baixos, com encostas declivosas, estão sujeitos à erosão e à ocorrência de movimentos de massa lentos do tipo rastejo.

Nos relevos do tipo Inselberg e Morros-Testemunhos, Morros e Serras Baixas, Escarpas Serranas, Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos e Vales Encaixados, podem ocorrer problemas de escavabilidade, devido à existência de depósitos de encosta de composição bastante heterogênea, incluindo fragmentos de rocha. Nessas áreas, onde as declividades podem ser muito elevadas, é alta a suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa, como escorregamentos, quedas de blocos e corridas.



Figura 92 - À esquerda, solo profundo com feições erosivas na unidade geoambiental DVMb; à direita, talude em rochas sãs de basalto e riolito.

5.1.3.3.2 Domínio das Coberturas Sedimentares e Vulcanossedimentares Mesozoicas e Paleozoicas, Pouco a Moderadamente Consolidadas, Associadas a Grandes e Profundas Bacias Sedimentares do Tipo Sinéclise (DSVMP)

Esse domínio ocorre no segmento SE na porção oeste e central entre as planícies dos rios Sinos e Caí e caracteriza-se pela constituição geológica de rochas sedimentares depositadas em ambientes glacial, continental, marinho e desértico, desde o Permiano, há cerca de 270 milhões de anos, até o Cretáceo, há cerca de 100 milhões de anos, conformando a denominada Bacia do Paraná.

Em função das características texturais e dos ambientes deposicionais das rochas, esse domínio, no estado do Rio Grande do Sul, foi subdividido em oito unidades geoambientais, das quais apenas a DVMPaef (Predomínio de Espessos Pacotes de Arenitos de Deposição

Mista - Eólica e Fluvial) ocorre na AE e está associada às Formações Piramboia, Rio do Rastro e Santa Maria na depressão periférica sul riograndense.

As características da unidade DVMPaef frente ao uso em obras de engenharia são apresentadas pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2010):

Os terrenos são constituídos predominantemente por areias finas, friáveis, bastante erosivas. Possuem boa capacidade de suporte para obras de pequeno a médio porte e necessitam de tratamento para fundações de obras de grande porte. Os taludes de cortes podem ser instáveis, especialmente quando em rocha alterada. Os solos, quando mais arenosos, podem apresentar o fenômeno da liquefação (tipo areia movediça).

Os solos e a rocha alterada podem ser escavados por métodos de escavação a frio.

As áreas com relevo mais plano, como nos Tabuleiros, Colinas Amplas e Suaves e Superfícies Aplainadas Degradadas, são mais adequadas para ocupação urbana que aquelas situadas em relevos mais acidentados, tais como os Morros e Serras Baixas, as encostas dos Morros-Testemunhos, as Escarpas Serranas e os Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos, onde as declividades podem ser superiores a 30%.

Os solos apresentam-se frequentemente afetados por erosão linear, como ravinas e voçorocas, em especial quando apresentam gradiente textural e situam-se em encostas convergentes próximo às cabeceiras de cursos de água.



Figura 93 - Solos argilosiltosos pouco arenosos da unidade geoambiental DSVMPaef. À esquerda. Erosão em talude de corte; à direita, escavabasilções em área de empréstimo na região de Nova Santa Rita.

5.1.3.3.3 Domínio dos Sedimentos Cenozoicos Inconsolidados ou Pouco Consolidados Depositados em Meio Aquoso (DC)

Esse domínio compreende as planícies dos grandes rios nas cotas baixas, terrenos geologicamente mais novos e que se encontram em processo de construção. Correspondem às áreas de deposição de sedimentos erodidos em terrenos mais altos que foram transportados pelos rios. A unidade presente na AE se enquadra como DCa (Ambiente de Planície Aluvionar Recente) e é associada às planícies de inundação dos rios Taquari, Santa Cruz, Caí e Sinos nas cotas baixas, e às várzeas dos rios serranos.

Frente às obras de engenharia, o Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2010) atribui as seguintes características, adequabilidades e limitações:

Os materiais do domínio DC apresentam baixa resistência ao corte e à penetração. Dependendo do nível do depósito sedimentar, em especial de cascalhos, essa característica pode ser alterada.

Os terrenos da unidade DCa caracterizam-se por um empilhamento de camadas horizontalizadas de materiais inconsolidados, com granulometrias bastante distintas, o que lhes confere características geomecânicas e hidráulicas muito diferentes. A presença de fragmentos de rochas duras e abrasivas dificulta a execução de escavações, perfurações e sondagens, além de acarretar maior desgaste nos equipamentos.

Nos terrenos do domínio DC, em geral, as declividades são praticamente nulas e o lençol freático situa-se próximo à superfície. Adicionalmente, os solos, frequentemente, apresentam más condições de drenagem. Tais características oferecem risco de alagamento e de desestabilização das paredes de escavações de obras civis.

Na unidade DCa ocorrem áreas sujeitas a inundações periódicas.



Figura 94 -Unidade geoambiental DCa. À esquerda, solo arenoargiloso da planície de inundação do rio Sinos; à direita, cultivo de arroz nas várzeas de Marques de Souza.

5.1.3.3.4 Domínio dos Sedimentos Cenozoicos Inconsolidados do Tipo Coluvião e Tálus (DCICT)

Esse domínio compreende depósitos de sedimentos erodidos em terrenos mais elevados que sofreram transporte, principalmente pela ação da gravidade, até áreas mais baixas. Na AE, correspondem aos colúvios nos sopés das encostas dos vales dos rios Caí e Sinos e aos tálus nas escarpas serranas.

Esta unidade geológica compreende depósitos heterogêneos constituídos por sedimentos de ampla variação granulométrica. A textura e a composição do material são vinculadas ao protólito.

Os colúvios e tálus ocorrem em formas de relevo denominadas Vertentes Recobertas por Depósitos de Encosta. Este relevo é resultante de acumulação de material que pode ocorrer na forma de cones de tálus e de rampas de colúvios. Os cones são superfícies deposicionais

de declividade acentuada constituídas por matriz arenoargilosa a argiloarenosa com blocos e sedimentos mal selecionados. Ocorrem de forma disseminada nos sopés das vertentes íngremes. Já as rampas de colúvio se diferenciam pelas declividades mais baixas e por apresentarem interdigitação com depósitos praticamente planos das planícies aluviais. Ocorrem, de forma disseminada, nas baixas encostas de ambientes colinosos ou de morros. A amplitude de relevo é variável, dependendo da extensão do depósito na encosta; as declividades das vertentes situam-se entre 5 e 20° nas rampas de colúvio e entre 20 e 45° nos cones de tálus (CPRM, 2010).

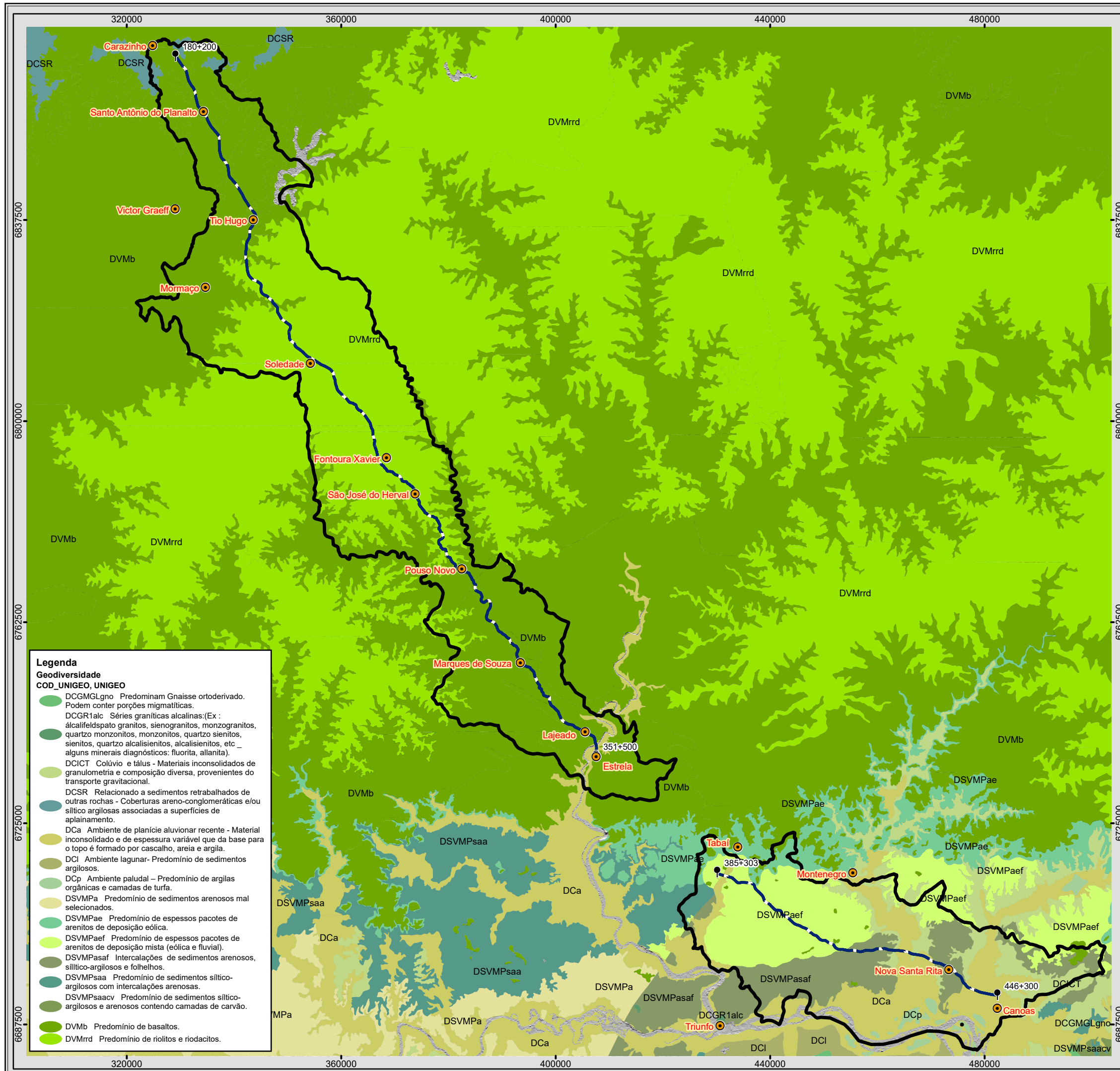
A diversidade textural e composicional dos colúvios e tálus determina a variabilidade dos comportamentos geomecânico e hidráulico desses depósitos. Com isso, também é variável a permeabilidade dos solos. Em geral, os colúvios apresentam baixa resistência ao cisalhamento.

A presença de fragmentos de rochas duras e abrasivas dificulta a execução de escavações, perfurações e sondagens, ocasionando maior desgaste dos equipamentos.

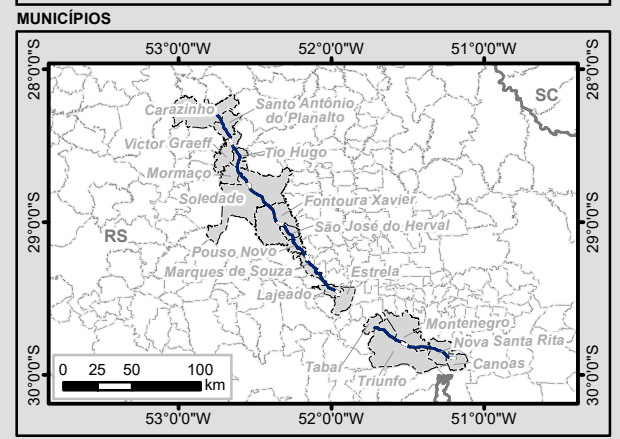
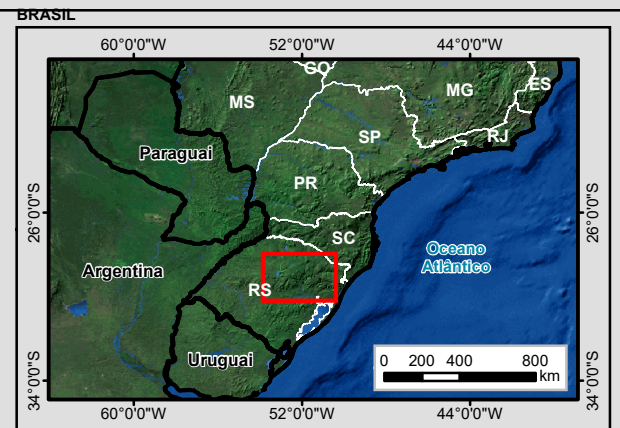
As encostas recobertas por depósitos de colúvio e de tálus são naturalmente instáveis e sujeitas a movimentos de massa. Como recobrem as porções inferiores das encostas, esses depósitos, frequentemente, encontram-se saturados, o que reduz a estabilidade dos maciços. Os tipos mais comuns de movimentos de massa são rastejo e escorregamentos. Em obras viárias, normalmente são necessárias obras de contenção das encostas para evitar a instabilidade dos taludes de corte e naturais.



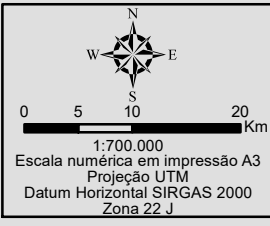
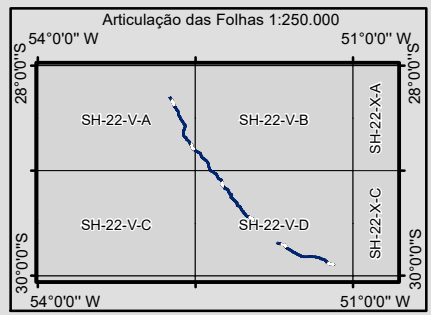
Figura 95 – À esquerda, colúvio nas regiões baixas de relevo suavemente ondulado (Solo S03); à direita, muro de contenção em sopé de tálus na região serrana.



- Legenda**
Geodiversidade
COD_UNIGEO, UNIGEO
- DCGMGLgno Predominam Gnaise ortoderivado. Podem conter porções migmatíticas.
 - DCGR1alc Séries graníticas alcalinas:(Ex : álcalifeldspato granitos, sienogranitos, monzogranitos, quartzo monzonitos, monzonitos, quartzo sienitos, sienitos, quartzo alcalisienitos, alcalisienitos, etc _ alguns minerais diagnósticos: fluorita, allanita).
 - DCICT Colúvio e tálus - Materiais inconsolidados de granulometria e composição diversa, provenientes do transporte gravitacional.
 - DCSR Relacionado a sedimentos retrabalhados de outras rochas - Coberturas areno-conglomeráticas e/ou silítico argilosas associadas a superfícies de aplainamento.
 - DCa Ambiente de planície aluvionar recente - Material inconsolidado e de espessura variável que da base para o topo é formado por cascalho, areia e argila.
 - DCI Ambiente lagunar- Predomínio de sedimentos argilosos.
 - DCp Ambiente paludal - Predomínio de argilas orgânicas e camadas de turfa.
 - DSVMPa Predomínio de sedimentos arenosos mal selecionados.
 - DSVMPae Predomínio de espessos pacotes de arenitos de deposição eólica.
 - DSVMPaef Predomínio de espessos pacotes de arenitos de deposição mista (eólica e fluvial).
 - DSVMPasaf Intercalações de sedimentos arenosos, silítico-argilosos e folhelhos.
 - DSVMPsaa Predomínio de sedimentos silítico-argilosos com intercalações arenosas.
 - DSVMPsaacv Predomínio de sedimentos silítico-argilosos e arenosos contendo camadas de carvão.
 - DVMb Predomínio de basaltos.
 - DVMrrd Predomínio de riolitos e riocactos.



- Legenda**
- Cidade
 - Marco Quilométrico
 - Trecho BR-386/RS
 - Área de Estudo do Meio Físico (AE)



EPL

Identificação do Projeto
 Obras de duplicação e regularização da rodovia federal BR-386/RS, trecho Carazinho/RS a Canoas/RS com extensão total de 232,11 km

Título do Mapa
 Unidades Geoambientais

Empreendedor
 EPL - Empresa de Planejamento e Logística S.A

Responsável Técnico	Data: Abril/2018
MRS	Fonte:
Estudos Ambientais	Malha Digital: Municipal e Estadual, 1:250.000 (IBGE, 2015); Bases Cartográficas Contínuas, 1:250.000 (IBGE, 2015); Rodovias (DNIT, 2017); Geodiversidade 1:750.000 (CPRM, 2006).

5.1.3.4 Locais previstos para construção de Obras de Arte Especiais (OAE)

Considerando as ampliações de caráter obrigatório consideradas no Estudo de Viabilidade Técnica para Concessão – Lote Rodoviário BR-101/290/386/448/RS, apresentado pela Triunfo Participações e Investimentos à Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), foram cadastrados os trechos para as duplicações de pista simples, as adequações de duplicações em trechos do tipo multifaixas, faixas adicionais em trechos já duplicados, implantação de obras-de-arte especiais nos trechos de duplicação, alargamento de obras-de-arte especiais existentes para atendimento à Classe 1-A.

Dentre as 67 obras de arte previstas, 47 já estão instaladas. E dentre as 20 OAE a construir, 19 são pontes paralelas a existentes e uma OAE contempla passagem inferior.

No quadro a seguir (Tabela 46), verifica-se que todas as OAE a serem construídas encontram no domínio geoambiental do Vulcanismo Fissural Mesozoico do Tipo Platô (DVM) que, como descrito, é constituída por rochas que possuem alto grau de coesão e textura fina. Quando são, comportam-se como rochas duras e apresentam boa capacidade de suporte para obras de grande porte não oferecendo problemas com relação a fundações.

Tabela 46 - Obras de arte especiais da BR-386 nos trechos em estudo.

Item	Descrição (km de Cadastro)	Pista	Localidade (Município)	Projeto (Km+m)	
				Inicial	Final
1	Ponte sobre o Rio Glória (km 183+150)	Existente	Carazinho	183+090	183+135
2	Ponte sobre o Rio Glória (km 183+150)	A construir	Carazinho	183+090	183+135
3	Ponte sobre o Arroio do Herval (km 197+350)	Existente	Santo Antônio do Planalto	197+350	197+383
4	Ponte sobre o Arroio do Herval (km 197+350)	A construir	Santo Antônio do Planalto	197+350	197+383
5	Ponte sobre o Arroio Grande (km 206+700)	Existente	Tio Hugo	206+770	206+798
6	Ponte sobre o Arroio Grande (km 206+700)	A construir	Tio Hugo	206+770	206+798
7	Ponte sobre o Rio Jacuí (km 216+100)	Existente	Tio Hugo	216+110	216+176
8	Ponte sobre o Rio Jacuí (km 216+100)	A construir	Tio Hugo	216+110	216+176
9	Ponte sobre o Rio Porongos (km 220+300)	Existente	Tio Hugo	220+350	220+406
10	Ponte sobre o Rio Porongos (km 220+300)	A construir	Tio Hugo	220+350	220+406
11	Ponte sobre o Rio Espriado (km 232+400)	Existente	Soledade	232+290	232+345
12	Ponte sobre o Rio Espriado (km 232+400)	A construir	Soledade	232+290	232+345
13	Passagem Inferior em Soledade	A construir	Soledade	245+330	245+330
14	Ponte sobre o Arroio Tatim (km 252+100)	Existente	Soledade	252+090	252+115

Item	Descrição (km de Cadastro)	Pista	Localidade (Município)	Projeto (Km+m)	
				Inicial	Final
15	Ponte sobre o Arroio Tatim (km 252+100)	A construir	Soledade	252+090	252+115
16	Ponte sobre o Arroio Penteadado (km 257+700)	Existente	Soledade	257+415	257+436
17	Ponte sobre o Arroio Penteadado (km 257+700)	A construir	Soledade	257+415	257+436
18	Ponte sobre o Arroio Tigela (km 275+200)	Existente	Fontoura Xavier	274+360	274+445
19	Ponte sobre o Arroio Tigela (km 275+200)	A construir	Fontoura Xavier	274+360	274+445
20	Ponte sobre o Arroio Fão (km 308+750)	Existente	Pouso Novo	308+590	308+763
21	Ponte sobre o Arroio Fão (km 308+750)	A construir	Pouso Novo	308+590	308+763
22	Ponte sobre a Sanga Picada May (km 312+900)	Existente	Marques de Souza	312+630	312+663
23	Ponte sobre a Sanga Picada May (km 312+900)	A construir	Marques de Souza	312+630	312+663
24	Ponte sobre o Arroio Tamanduá (km 315+200)	Existente	Marques de Souza	314+980	315+080
25	Ponte sobre o Arroio Tamanduá (km 315+200)	A construir	Marques de Souza	315+490	315+590
26	Ponte sobre o Arroio Tigrinho (km 324+000)	Existente	Marques de Souza	323+660	323+713
27	Ponte sobre o Arroio Tigrinho (km 324+000)	A construir	Marques de Souza	323+660	323+713
28	Ponte sobre a Várzea Marques de Souza I (km 324+600)	Existente	Marques de Souza	324+360	324+413
29	Ponte sobre a Várzea Marques de Souza I (km 324+600)	A construir	Marques de Souza	324+360	324+413
30	Ponte sobre a Sanga Picada Flor (km 328+300)	Existente	Marques de Souza	328+030	328+082
31	Ponte sobre a Sanga Picada Flor (km 328+300)	A construir	Marques de Souza	328+030	328+082
32	Ponte sobre a Várzea Marques de Souza II (km 328+750)	Existente	Marques de Souza	328+490	328+530
33	Ponte sobre a Várzea Marques de Souza II (km 328+750)	A construir	Marques de Souza	328+490	328+530
34	Ponte sobre a Várzea Marques de Souza III (km 329+500)	Existente	Marques de Souza	329+300	329+340
35	Ponte sobre a Várzea Marques de Souza III (km 329+500)	A construir	Marques de Souza	329+300	329+340
37	Ponte sobre a Várzea Marques de Souza IV (km 330+030)	Existente	Marques de Souza	329+730	329+770
38	Ponte sobre a Várzea Marques de Souza IV (km 330+030)	A construir	Marques de Souza	329+730	329+770

Item	Descrição (km de Cadastro)	Pista	Localidade (Município)	Projeto (Km+m)	
				Inicial	Final
39	Ponte sobre o Arroio Forquetinha (km 337+700)	Existente	Lajeado	337+390	337+448
40	Ponte sobre o Arroio Forquetinha (km 337+700)	A construir	Lajeado	337+390	337+448
41	Viaduto de acesso a Lajeado – L (km 345+650)	Existente	Lajeado	345+350	345+387
42	Viaduto de acesso a Lajeado - O (km 345+650)	Existente	Lajeado	345+350	345+386
43	Viaduto sobre a Várzea do Rio Taquari - L (km 347+650)	Existente	Lajeado	347+430	347+537
44	Viaduto sobre a Várzea do Rio Taquari - O (km 347+650)	Existente	Lajeado	347+430	347+505
45	Ponte sobre o Rio Taquari - L (km 347+850)	Existente	Lajeado	347+650	347+925
46	Ponte sobre o Rio Taquari – O (km 347+850)	Existente	Lajeado	347+650	347+935
47	Ponte sobre o Arroio Boa Vista - L (km 348+600)	Existente	Estrela	348+350	348+478
48	Ponte sobre o Arroio Boa Vista - O (km 348+600)	Existente	Estrela	348+350	348+440
49	Viaduto sobre a R.F.S. - L (km 349+050)	Existente	Estrela	348+800	348+857
50	Viaduto sobre a R.F.S. - O (km 349+050)	Existente	Estrela	348+800	348+846
51	Ponte sobre o Arroio Santa Cruz (km 385+750)	Existente	Triunfo	385+350	385+420
52	Ponte sobre o Arroio Santa Cruz (km 385+750)	Existente	Triunfo	385+350	385+446
53	Ponte sobre o Arroio Porto (km 395+900)	Existente	Triunfo	394+120	394+140
54	Ponte sobre o Arroio Porto (km 395+900)	Existente	Triunfo	394+120	394+148
55	Ponte (km 398+200)	Existente	Triunfo	396+450	396+482
56	Ponte (km 398+200)	Existente	Triunfo	396+450	396+486
57	Ponte sobre o Arroio Eufrázia (km 398+700)	Existente	Triunfo	396+990	397+010
58	Ponte sobre o Arroio Eufrázia (km 398+700)	Existente	Triunfo	396+990	397+018
59	Viaduto sobre a Estrada de ferro (km 419+600)	Existente	Montenegro	417+780	417+812
60	Viaduto sobre a Estrada de ferro (km 419+600)	Existente	Montenegro	417+780	417+816
61	Ponte sobre a Várzea do Caí (km 424+850)	Existente	Montenegro	423+000	423+043
62	Ponte sobre a Várzea do Caí (km 424+850)	Existente	Montenegro	423+000	423+048

Item	Descrição (km de Cadastro)	Pista	Localidade (Município)	Projeto (Km+m)	
				Inicial	Final
63	Ponte sobre o Rio Caí (km 427+000)	Existente	Montenegro	425+120	425+377
64	Ponte sobre o Rio Caí (km 427+000)	Existente	Montenegro	425+120	425+384
65	Ponte sobre o Rio dos Sinos (km 439+840)	Existente	Nova Santa Rita	437+800	438+010
66	Ponte sobre o Rio dos Sinos (km 439+840)	Existente	Nova Santa Rita	437+800	437+980
67	Viaduto sobre Ferrovia (km 439+630)	A construir	Canoas	439+608	439+650

As pontes em plataforma simples (pista simples) já instaladas e paralelas às pontes previstas, construídas com fundações nas rochas basálticas e riolíticas da Formação Serra Geral variam em dimensões devido à variedade de relevos (elevados nas regiões serranas e baixos entre os morros suavemente ondulados, chapadas e várzeas) conforme pode ser observado nas Figura 96 a Figura 99:



Figura 96 - Pontes sobre o rio Glória (esq. no alto), arroio do Herval (dir. no alto), arroio Grande (esq. inferior) e rio Jacuí (dir. inferior).



Figura 97 - Pontes sobre rio Ponrongos (esq.) e rio Espreado (dir.)



Figura 98 - Pontes sobre arroios Tatim (esq.) e Tigela (dir.)



Figura 99 - Pontes sobre arroio Tamanduá (esq.) e rio Fão (dir.)

5.1.3.5 Susceptibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações

5.1.3.5.1 Movimentos Gravitacionais de Massa

Os movimentos de massa (deslizamentos, fluxos e quedas de blocos) são ocasionados pela ação da força gravitacional sobre uma determinada vertente quando a força de coesão do

solo entra em colapso fazendo com que a vertente sofra deformações e adquira novas formas, caracterizando a dinâmica geomorfológica do local. Wicander (2009) diz que os fatores de coesão que ajudam a manter a estabilidade incluem a declividade e a coesão do material da vertente, o atrito entre os grãos e qualquer sustentação externa da mesma. Esses fatores representam, em conjunto, a resistência ao cisalhamento da vertente, o qual se encontra em oposição à força gravitacional.

Em geral, os movimentos de massa são deflagrados por eventos de pluviosidade. O aumento da umidade do solo modifica as condições de coesão, suporte e estabilidade do material. A declividade do terreno e o fluxo das águas condicionam o equilíbrio dinâmico das forças. Assim, Wicander (2009) afirma que a gravidade opera verticalmente, mas possui um componente que age paralelamente à vertente causando sua instabilidade.

Na AE, as regiões baixas e de planalto são caracterizadas por relevo plano a suavemente ondulado em que a declividade é pouco significativa para a ocorrência de movimentos gravitacionais de massa. Por outro lado, a região serrana na porção central da AE apresenta relevo com encostas íngremes indutora de movimento gravitacional de massas. Nesta região os solos são geralmente pouco espessos nos topos, ausentes nas vertentes e acumulam-se nas bases das encostas em formações de tálus.

O levantamento de feições erosivas por imagens de satélite na ADA não revelou dados históricos de movimentos de massa, no entanto foi verificado durante os levantamentos de campo (ocorridos entre os dias 30 de janeiro e 09 de fevereiro de 2018) trechos com muros de contenção que indicam a necessidade de estabilização de encostas (Figura 95).

Na região serrana, os cortes no terreno expõem paredões de rocha em taludes verticalizados. Os taludes altos em rochas muito fraturadas fornecem risco de queda de blocos (Figura 100).



Figura 100 - Lonas utilizadas para mitigar os efeitos de possível desprendimento de blocos de rocha de talude alto subvertical na região serrana, próximo à ponte sobre o rio Fão.

5.1.3.5.2 Inundações

As inundações são processos naturais que são relacionadas às características da geometria da bacia hidrográfica, do relevo, da permeabilidade do solo, das dimensões e dinâmicas fluviais e da pluviosidade.

Os terrenos planos e pouco permeáveis favorecem a ocorrência de inundações. Durante os períodos de alta vazão e cheia dos rios, as planícies marginais são áreas de amortização das correntes fluviais. Na AE, ocorrem grandes áreas de inundação nas regiões baixas associadas aos rios Sinos e Caí e nas várzeas dos rios Santa Cruz e Taquari.

O Serviço Geológico do Brasil (CPRM) elaborou carta de susceptibilidade à inundação de dois municípios interceptados pelos trechos rodoviários em estudo: Fontoura Xavier e Estrela.

Em Fontoura Xavier os setores suscetíveis a inundações são pontuais e isolados, associam-se a pequenas drenagens e não se inserem na AID.

As áreas suscetíveis a inundações em Estrela encontram-se às margens do rio Taquari. Parte da cidade, inclusive da rodovia, insere-se na planície de inundação natural. Os setores suscetíveis a inundações são marginais ao rio Taquari e aos seus afluentes.

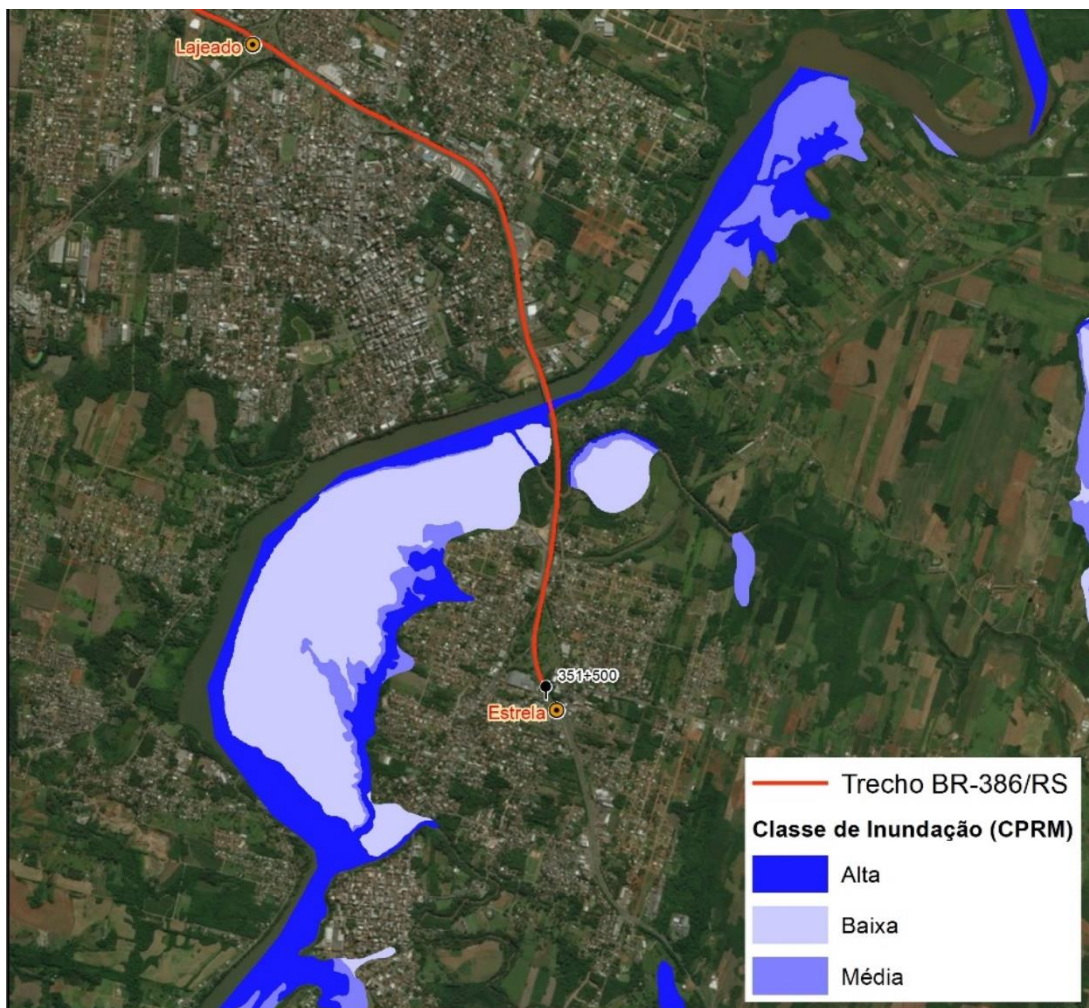


Figura 101 – Croqui das áreas suscetíveis a inundações em Estrela, margem esquerda do rio Taquari (CPRM, 2014)



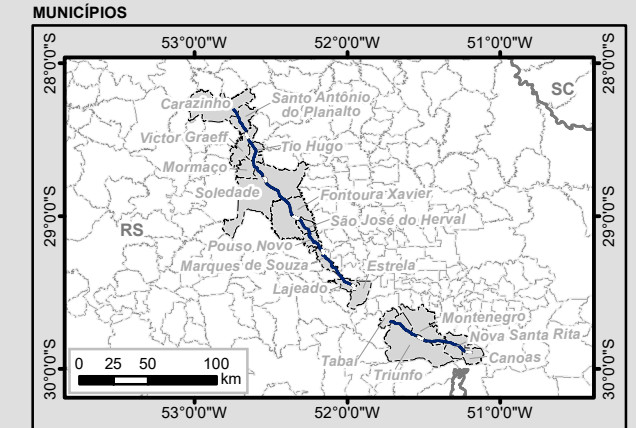
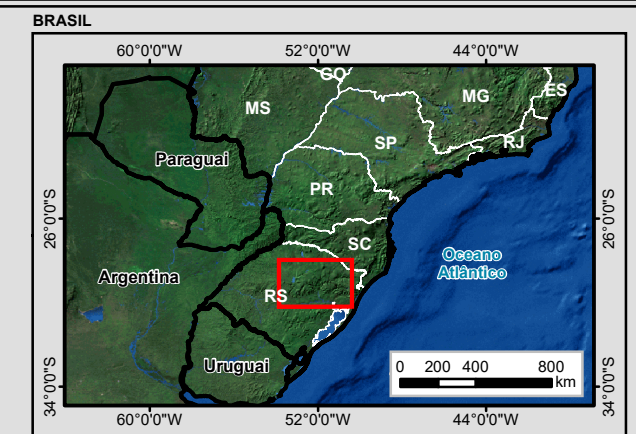
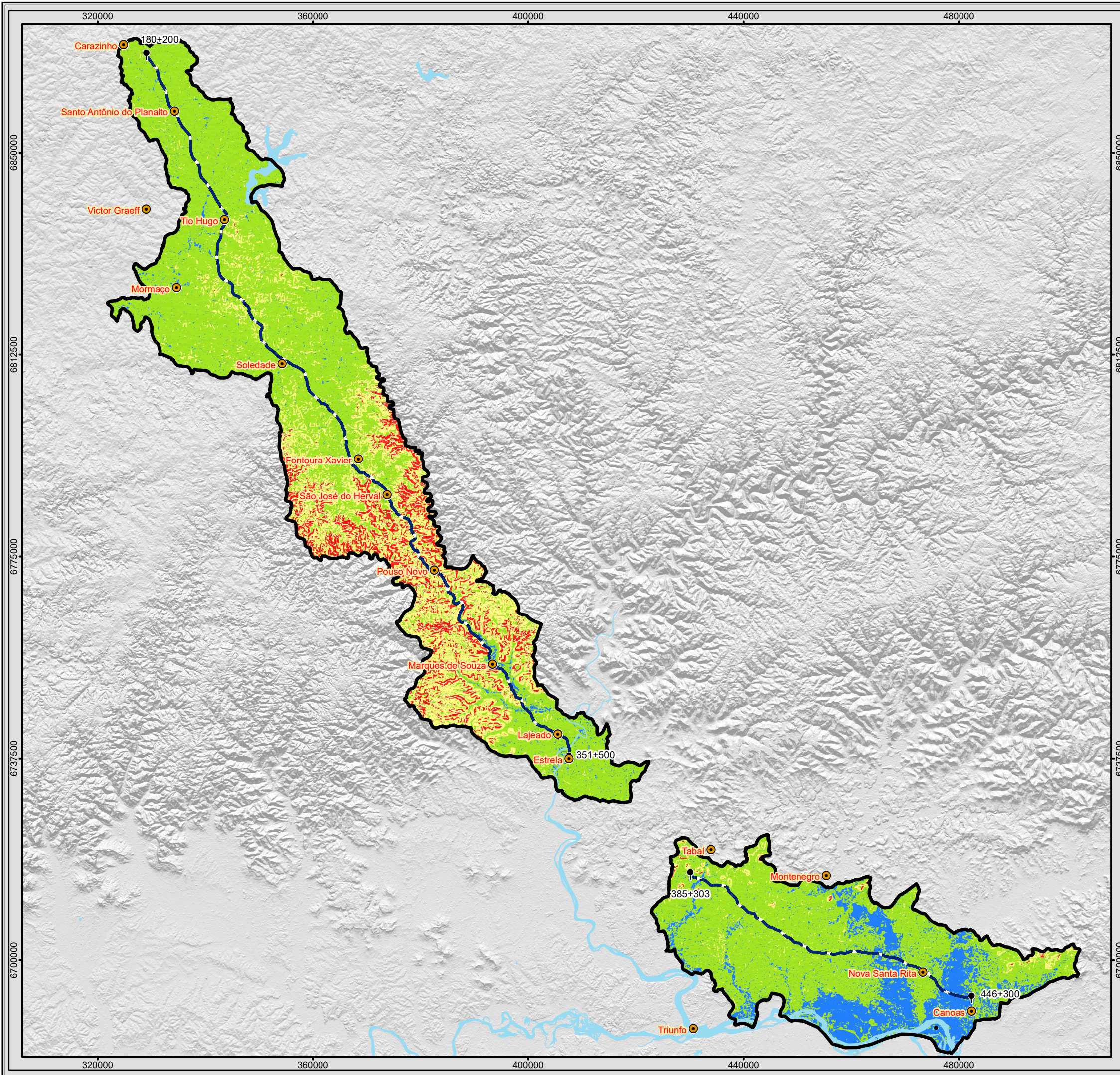
Figura 102 – À esquerda, ponte da BR-386 sobre rio Caí; à direita, diadema sobre arroio Boa, afluente do rio Caí, com planície de inundação ao fundo, município de Estrela.

5.1.3.5.3 Modelagem de susceptibilidade a movimentos gravitacionais de massa e a inundações

O reconhecimento de áreas vulneráveis a eventos que possam comprometer a estabilidade do terreno e a segurança da rodovia são determinados, em grande parte, pela declividade do terreno e pelo aporte hídrico. O primeiro é invariável, portanto, pode ser considerado como um elemento de propriedade constante, a inclinação. Já o aporte hídrico é dinâmico, condicionado pelos momentos meteorológicos e hidrológicos.

Conforme metodologia proposta por De Biase (1992) para elaboração de cartas de susceptibilidade, o terreno pode ser classificado de acordo com faixas de declividade associadas à probabilidade de ocorrência de eventos de susceptibilidade. Terrenos muito íngremes são mais propícios a escorregamentos, deslizamentos, erosões, quedas de blocos e demais movimentos gravitacionais de massa. Terrenos planos são sujeitos à inundação em eventos hidrológicos propícios.

Para a elaboração do modelo de susceptibilidade da AE foram adotadas as seguintes faixas de declividade: 0 - 0,8%, 0,8 - 8%, 8 - 20% e >20%. Estes valores determinam a probabilidade qualitativa de ocorrência de movimentos de massa e de inundação proporcionalmente ao aumento das condições hidrológicas, isto é, quanto maior a pluviosidade, maior a probabilidade de ocorrência de deslizamentos em zonas de alta susceptibilidade a movimento de gravitacionais, e de inundação em áreas de declividade muito baixa (Mapa 3D).

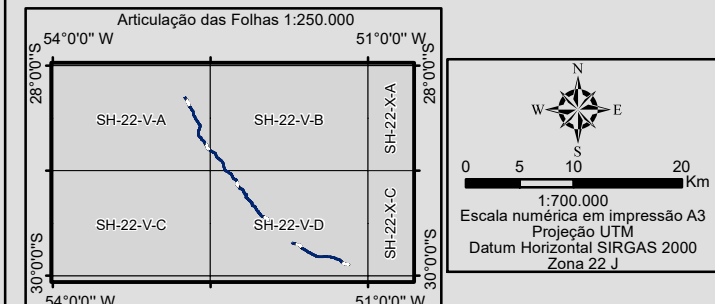


Legenda

- Cidade
- Marco Quilométrico
- Trecho BR-386/RS
- Massa d'água
- Área de Estudo do Meio Físico (AE)

Susceptibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundação

- Susceptível à Inundação
- Alta Susceptibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa
- Média Susceptibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa
- Baixa Susceptibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa



EPL

Identificação do Projeto
Obras de duplicação e regularização da rodovia federal BR-386/RS, trecho Carazinho/RS a Canoas/RS com extensão total de 232,11 km

Título do Mapa
Susceptibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundação

Empreendedor
EPL - Empresa de Planejamento e Logística S.A

Responsável Técnico
MRS
Estudos Ambientais

Data: Abril/2018
Fonte:
Malha Digital: Municipal e Estadual, 1:250.000 (IBGE, 2015); Bases Cartográficas Contínuas, 1:250.000 (IBGE, 2015); Rodovias (DNIT, 2017); Declividade Geodiversidade (CPRM, 2006).

5.1.4 ESPELEOLOGIA

As cavidades naturais em rocha que se originam de processos geológicos e que apresentam dimensões que permitem acesso humano são denominadas cavernas, grutas ou furnas. Dependendo das características e dimensões, estas formações podem constituir um ecossistema próprio.

Considerando a necessidade de licenciamento ambiental das atividades que afetem ou possam afetar o patrimônio espeleológico ou a sua área de influência, nos termos da Resolução CONAMA no 237, de 19 de dezembro de 1997 e, quando couber, a Resolução nº 001 de 1986, foi realizada a caracterização do potencial espeleológico na Área de Estudo.

5.1.4.1 Metodologia

Foi realizado o levantamento preliminar das cavidades naturais existentes na Área de Estudo e observadas as premissas dos Decretos nº 4340/2002, nº6640/2008 nº 9956/1900, das Instruções Normativas MMA nº 2/2009 e 100/2006, Lei 3924/1961, Portaria MMA nº 358/2009, Portaria IBAMA nº887/1990 e Resolução CONAMA nº 347/2004. Em campo foi realizada observações no âmbito da Área Diretamente Afetada (ADA) da rodovia para verificação de ocorrência de cavidades naturais, entendido aqui (de acordo com o Decreto nº 6.640, de 7 de novembro de 2008) como: “todo e qualquer espaço subterrâneo acessível pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecido como caverna, gruta, lapa, toca, abismo, furna ou buraco, incluindo seu ambiente, conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora ali encontrados e o corpo rochoso onde os mesmos se inserem, desde que tenham sido formados por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou tipo de rocha encaixante”.

A Lei Estadual 10.116/94, que institui a Lei do Desenvolvimento Urbano, estabelece que prédios, monumentos, conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, artístico, arquitetônico, paisagístico, arqueológico, paleontológico e científico, de proteção ou preservação permanente, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira, não poderão, no todo ou em parte, ser demolidos, desfigurados ou modificados sem autorização.

No levantamento em campo, ocorrido entre os dias 31 de janeiro e 09 de fevereiro de 2018, foram observados afloramentos rochosos em uma faixa de 250 metros, conforme implicação de área de influência exposta no parágrafo 3º do artigo 4º da resolução CONAMA 347/2004, ao longo da rodovia nos trechos de média potencialidade. Nos segmentos de baixa potencialidade espeleológica, foram realizadas verificações em afloramentos isolados dentro da faixa indicada.

Não foram observadas cavidades no contexto da AID e da faixa de 250 metros. Caso fossem identificadas cavernas, a metodologia para sua caracterização compreenderia a descrição da sua localização, identificação das litologias e estruturas geológicas que a sustentam, além da descrição do estado de intemperismo e dos processos geológicos e hidrogeológicos que

atuam tanto na mesma e no seu entorno. Também seria realizada a análise morfológica (altura, largura, profundidade e volume interno) para compreensão da dinâmica e evolução da cavidade natural. Em seguida, elaborado um croqui, em escala adequada, da planta baixa e perfil, além de registro fotográfico. Por fim, ressaltados a presença de espeleotemas, sedimentos, além de potencial para novos estudos (fauna, flora e etc).

5.1.4.2 Definição de Caverna

De acordo com o Decreto nº 6.640, de 7 de novembro de 2008, no seu Art. 1º “As cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional deverão ser protegidas, de modo a permitir estudos e pesquisas de ordem técnico-científica, bem como atividades de cunho espeleológico, étnico-cultural, turístico, recreativo e educativo”.

Como citado anteriormente, entende-se por cavidade natural subterrânea todo e qualquer espaço subterrâneo acessível pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecido como caverna, gruta, lapa, toca, abismo, furna ou buraco, incluindo seu ambiente, conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora ali encontrados e o corpo rochoso onde os mesmos se inserem, desde que tenham sido formados por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou tipo de rocha encaixante.

O conceito é essencialmente o mesmo da redação original do Decreto nº 99.556/90, cuja mudança perceptível é a substituição do termo “homem” por “ser humano”. Os principais aspectos de importância desta conceituação são: as cavernas podem ter ou não aberturas identificadas, ou seja, podem estar oclusas no maciço e vir a serem descobertas por processos naturais ou antrópicos, por exemplo, mineração. Não importa o termo utilizado, inclusive nomes diferentes daqueles descritos no parágrafo único (fenda, gruta, etc.). Mas, caracterizada a cavidade natural subterrânea, esta será regida pelas regras deste Decreto.

5.1.4.3 Cavidades Naturais nas Área Diretamente Afetadas (ADA), Área de Influência Direta (AID) e Área De Estudo (AE)

De acordo com o Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE) do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV), não há registros de cavernas ou grutas na ADA e na AID. Na AE há cinco cavernas registradas (Tabela 47), situadas entre 2 e 6 quilômetros da rodovia (Mapa 15).

Tabela 47 - Cavidades naturais situadas na Área de Estudo. Fonte: CANIE/CECAV, 2018.

CÓDIGO CANIE	NOME	LATITUDE	LONGITUDE	MUNICÍPIO	VAL	LITOLOGIA
006188.00022.43.08300	Gruta da Barra do Galvão	-29,1324	-52,3427	Fontoura Xavier	1	Basalto / Riolito
006204.00024.43.04614	Gruta de Rui Barbosa (Gruta de N. S. de Lourdes)	-29,2935	-52,1920	Canudos do Vale	1	Rocha Vulcânica
006220.00027.43.06205	Toca dos Corvos	-29,5173	-51,9881	Cruzeiro do Sul	1	Basalto

CÓDIGO CANIE	NOME	LATITUDE	LONGITUDE	MUNICÍPIO	VAL	LITOLOGIA
006252.00043.43. 12401	Abrigo do Dedo de Deus	-29,7333	-51,5610	Montenegro	1	Arenito
019682.00001.43. 20859	Caverna do Rildo	-29,6695	-51,7001	Tabaí	1	Quartzo Arenito

De acordo com o CANIE, as informações referentes às cinco cavernas apresentam nível de validação 1, conferida pelos administradores do sistema quando se verifica que as coordenadas correspondem aos municípios informados pelos cadastrantes. Estas informações não são conferidas in loco conforme diretrizes metodológicas do Projeto Inventário Anual do Patrimônio Espeleológico Nacional do CECAV.

Os levantamentos indiretos acerca destas cavidades mostraram tratar-se de abrigos e lapas, conforme sugerem a própria toponímia, e não apresentam dimensões consideráveis e compatíveis para a constituição de um ecossistema, e não há legislações estaduais ou municipais que regram sobre suas relevâncias.

5.1.4.4 Potencial espeleológico

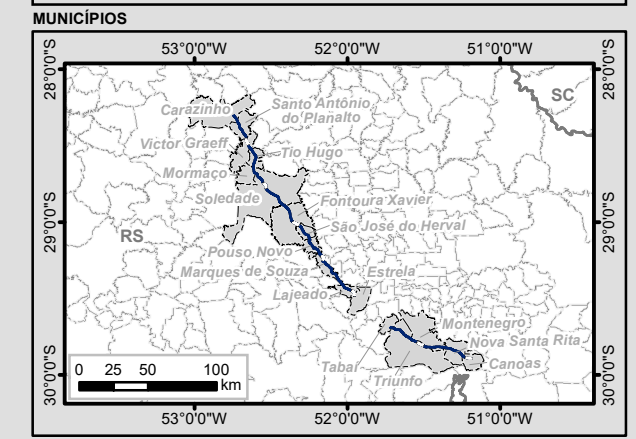
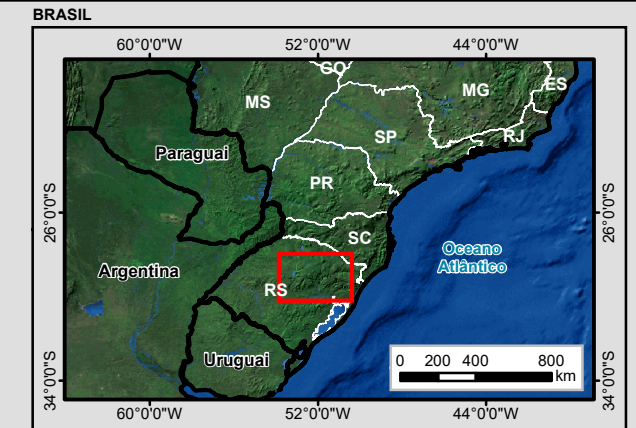
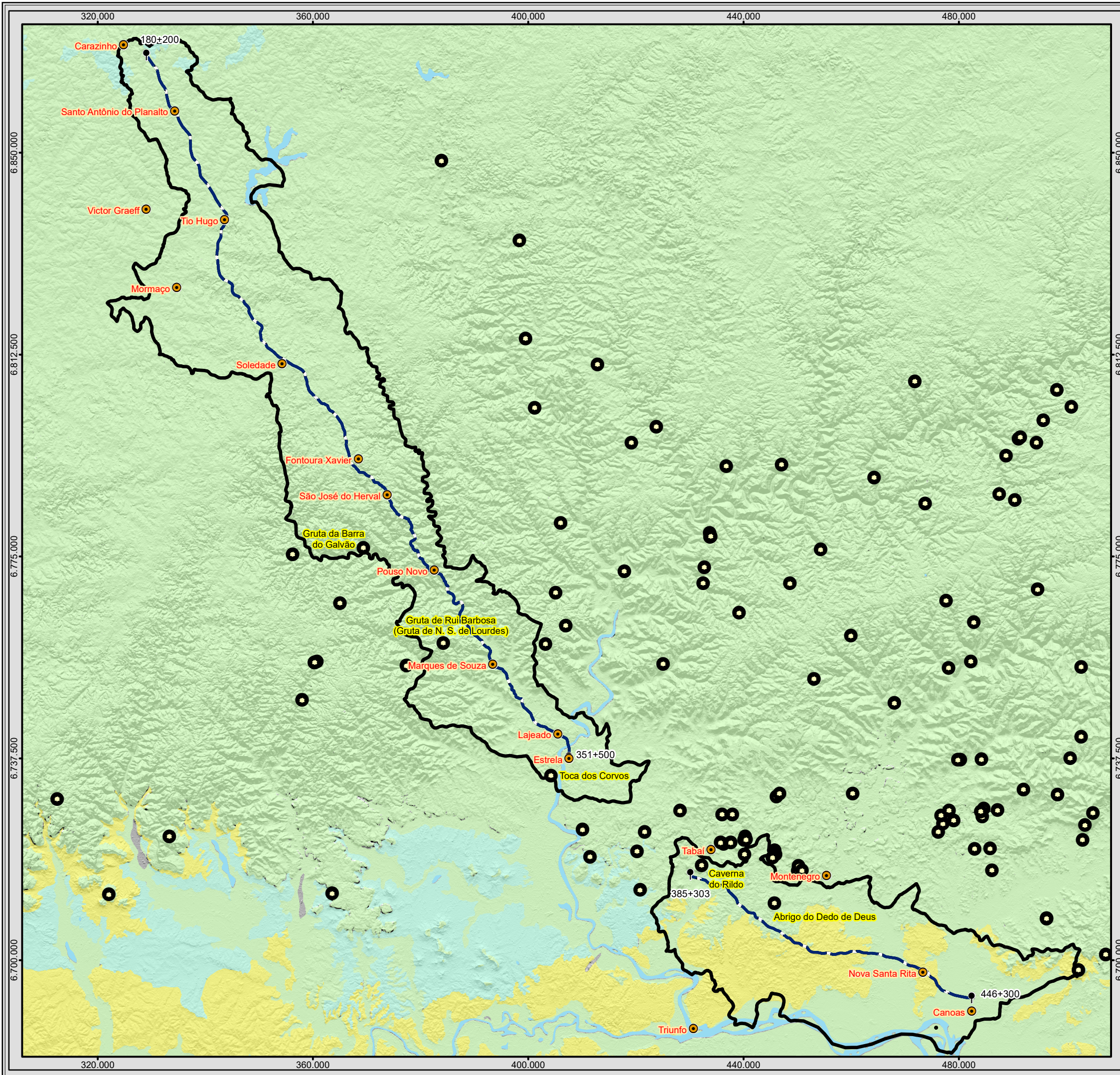
Segundo Piló e Auler (2011), apesar de o potencial espeleológico brasileiro situar-se na faixa de algumas centenas de milhares de cavernas, menos de 5% das cavidades naturais subterrâneas brasileiras são conhecidas. Esses autores defendem a adoção de um referencial para construção de modelo do potencial espeleológico no país, a partir da relação entre o número de cavernas conhecidas nas principais litologias, com o provável potencial ainda não conhecido.

Um estudo realizado por Jansen, Cavalcanti e Lamblém (2012) e adotado pelo CECAV (Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas) do ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade) resultou em uma metodologia na qual, pela classificação litológica, foram geradas cinco classes de grau de potencialidade espeleológica, conforme Figura 103.

LITOTIPO	GRAU DE POTENCIALIDADE
Calcário, Dolomito, Evaporito, Formação ferrífera bandada, Itabirito e Jaspilito.	MUITO ALTO
Calcrete, Carbonatito, Mármore, Metacalcário e Marga.	ALTO
Arenito, Conglomerado, Filito, Folhelho, Fosforito, Grauvaca, Metaconglomerado, Metapelito, Metassilito, Micaxisto, Milonito, Quartzito, Pelito, Riolito, Ritmito, Rocha calci-silicática, Silito e Xisto.	MÉDIO
Demais litotipos (Anortosito, Arcóseo, Augengnaisse, Basalto, Charnockito, Diabasio, Diamictito, Enderbitto, Gabro, Gnaisse, Granito, Granitóide, Granodiorito, Hornfels, Kinzigito, Komatito, Laterita, Metachert, Migmatito, Monzogranito, Oliva gabro, Ortoanfíbilito, Sienito, Sienogranito, Tonalito, Trondhjemito, entre outros).	BAIXO
Aluvião, Areia, Argila, Cascalho, Lamito, Linhito, Demais sedimentos, Turfa e Tufo.	OCORRÊNCIA IMPROVÁVEL

Figura 103 - Grau de potencialidade espeleológica. Fonte: Jansen, Cavalcanti e Lamblém (2012).

Utilizando-se essa metodologia, o Mapa 15 apresenta o potencial espeleológico na Área de Estudo. Verifica-se ampla predominância do baixo potencial espeleológico no trecho NW. No segmento SE ocorrem áreas de médio potencial espeleológico, indicando necessidade de observação criteriosa do terreno durante a fase executiva. No entanto, estas áreas situam-se em terrenos constituídos por solos espessos.



Legenda

- Cavernas Naturais
- Cidade
- Marco Quilométrico
- Trecho BR-386/RS
- Massa d'água
- Área de Estudo do Meio Físico (AE)

Grau de Potencial Espeleológico

- Muito Alto
- Alto
- Médio
- Baixo
- Ocorrência Improvável

Articulação das Folhas 1:250.000

SH-22-V-A	SH-22-V-B	SH-22-X-A
SH-22-V-C	SH-22-V-D	SH-22-X-C

0 5 10 20 Km
 1:700.000
 Escala numérica em impressão A3
 Projeção UTM
 Datum Horizontal SIRGAS 2000
 Zona 22 J

EPL

Identificação do Projeto
 Obras de duplicação e regularização da rodovia federal BR-386/RS, trecho Carazinho/RS a Canoas/RS com extensão total de 232,11 km

Título do Mapa
 Cavernas Naturais

Empreendedor
 EPL - Empresa de Planejamento e Logística S.A

Responsável Técnico
 MRS

Data: Março/2018

Fonte:
 Malha Digital: Municipal e Estadual, 1:250.000 (IBGE, 2015); Bases Cartográficas Contínuas, 1:250.000 (IBGE, 2015); Rodovias (DNIT, 2017); Cavernas Naturais (CANIE, 2017); Potencial Espeleológico (CECAV, 2012).

5.1.5 RECURSOS HÍDRICOS

5.1.5.1 Hidrologia e Hidrogeologia

Os recursos hídricos ao longo dos trechos rodoviários são constituídos pelas drenagens componentes das bacias hidrográficas do Alto Jacuí, Taquari-Antas, Baixo Jacuí, Caí e Sinos, e pelos recursos hídricos subterrâneos, os quais são associados às propriedades hidrogeológicas que configuram os aquíferos da região.

O reconhecimento da hidrologia, demanda, disponibilidade e potencial hídricos e qualidade das águas são parâmetros de caracterização dos recursos hídricos.

5.1.5.1.1 Metodologia

O regime hidrológico das bacias hidrográficas da AE foi caracterizado por meio do dimensionamento das feições hidrográficas (extensões dos rios e perímetros e áreas das bacias) em Sistema de Informações Geográficas a partir de dados da ANA e de imagens georreferenciadas com a plotagem do empreendimento e de todos os corpos d'água interceptados ou tangenciados pela rodovia. Também foram mapeadas as áreas alagáveis localizadas na ADA, com a localização e identificação dos principais mananciais de abastecimento público, sobretudo nas proximidades à jusante da ADA do empreendimento. Da mesma forma, também foram mapeadas as nascentes e áreas hidrologicamente sensíveis na área de estudo com identificação das captações de água e outros usos relevantes dos corpos hídricos.

Estes mapas, imagens e informações dos corpos hídricos serão apresentados no Atlas de Áreas Protegidas.

5.1.5.1.2 Hidrologia

A área de estudo do empreendimento está inserida na região hidrográfica do Atlântico Sul (ANA), e conforme divisão estadual, na região hidrográfica do Guaíba (SEMA-RS), a qual é formada pelas bacias da porção norte e central do Estado que drenam para o Lago Guaíba, o qual também foi subdividido em uma bacia individualizada; as bacias que drenam para o lago são: Gravataí, Sinos, Caí e Baixo Jacuí; outras bacias drenam para o Baixo Jacuí, são elas: Alto Jacuí, Taquari-Antas, Pardo, Vacacaí e Vacacaí-Mirim. O exutório de toda esta bacia é a Laguna dos Patos (Mapa 16).

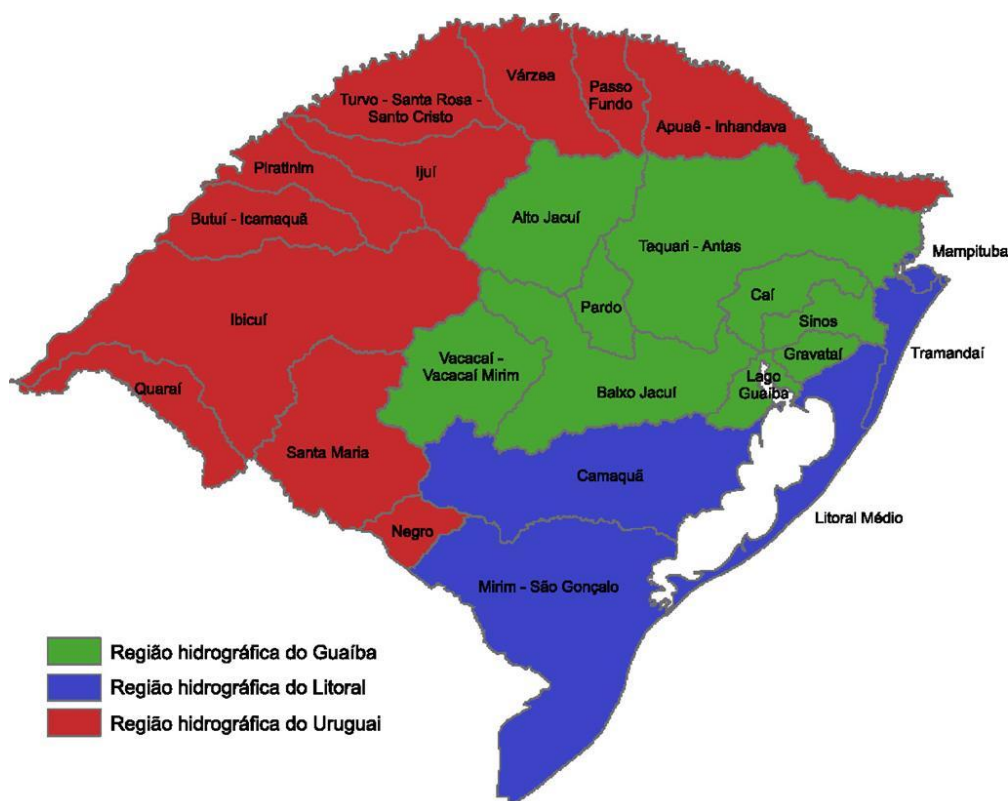


Figura 104 - Regiões e bacias hidrográficas do RS

Os trechos em estudo da BR-386/RS interceptam as bacias Alto Jacuí, Taquari-Antas, Baixo Jacuí, Caí e Sinos (Mapa 16). Foram caracterizados os regimes hidrológicos dessas bacias. Também foram mapeadas as áreas alagáveis localizadas na ADA, a localização e identificação dos principais mananciais de abastecimento público, sobretudo nas proximidades à jusante da ADA do empreendimento e os pontos de captação na AE. Também foram mapeadas as nascentes e áreas hidrológicamente sensíveis na ADA, com identificação dos usos relevantes dos corpos hídricos.

Estes mapas, imagens e informações dos corpos hídricos são apresentados no Atlas de Áreas Protegidas.

5.1.5.1.2.1 Regime Hidrológico

A forma superficial da bacia hidrográfica é importante devido ao tempo de concentração a partir do início da precipitação, necessário para que toda a bacia contribua na seção em estudo, ou seja, estima o tempo que a água leva para percorrer desde os limites da bacia até chegar à saída dela. Para o cálculo da forma superficial da bacia foram utilizados os parâmetros de Coeficiente de Compacidade (Kc) e de Fator de Forma (Kf).

O Coeficiente de Compacidade (Kc) é um valor adimensional definido pela relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. O Kc é sempre um valor > 1 (se fosse 1 a bacia seria um círculo perfeito). Quanto menor o Kc (mais próximo da unidade), mais circular é a bacia, menor o tempo de concentração (Tc) e maior a tendência

de haver picos de enchente. O Fator de Forma (Kf) representa a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia, na fórmula: $Kf = A/(L)^2$. Mede-se o comprimento da bacia (L) seguindo o curso d'água mais longo desde a desembocadura até a cabeceira mais distante na bacia. A largura média é obtida quando se divide a área pelo comprimento da bacia (Christofolletti, 1980).

O sistema de drenagem de uma bacia é constituído pelo rio principal e seus tributários, o estudo das ramificações e do desenvolvimento do sistema é importante, pois indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica. O índice denominado Densidade de Drenagem (Dd) expressa a relação entre o comprimento total dos cursos d'água da bacia e sua área total. Seus valores podem variar entre 0,5 Km/Km² para as bacias de drenagem pobre; e 3,5 Km/Km² ou mais, para bacias excepcionalmente bem drenadas.

- Bacias com drenagem pobre → $Dd < 0,5 \text{ km/km}^2$
- Bacias com drenagem regular → $0,5 \leq Dd < 1,5 \text{ km/km}^2$
- Bacias com drenagem boa → $1,5 \leq Dd < 2,5 \text{ km/km}^2$
- Bacias com drenagem muito boa → $2,5 \leq Dd < 3,5 \text{ km/km}^2$
- Bacias excepcionalmente bem drenadas → $Dd \geq 3,5 \text{ km/km}^2$

A declividade dos terrenos controla, em boa parte, a velocidade com que se dá o escoamento superficial, afetando o tempo que leva a água da chuva para concentrar-se nos leitos fluviais que constituem a rede de drenagem das bacias. A magnitude dos picos de enchente e a maior ou a menor oportunidade de infiltração e susceptibilidade para erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento sobre os terrenos da bacia, (Christofolletti, 1980).

Por fim, as equações para os cálculos dos elementos do regime hidrológicos são:

Equação 1: $Dd = \sum L / A$

Equação 2: $Kc = 0,28 \times P / \sqrt{A}$

Equação 3: $Kf = A / L^2$

Para os cálculos desses elementos hidrológicos foram obtidos por técnicas de geoprocessamento utilizando-se para tal as bases cartográficas disponíveis por informações oficiais dos estudos de enquadramento das águas dos rios publicadas como resoluções pelo estado do Rio Grande do Sul, conforme Resoluções de enquadramento da qualidade da Água – SEMA/RS no Tomo I – Anexos e Apêndices.

Bacia do Alto Rio Jacuí

Em dezembro de 2012, a Secretaria do Meio Ambiente do estado do Rio Grande do Sul aprovou, por meio do seu Conselho de Recursos Hídricos, a Resolução nº 122 que define o enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí. O estudo apresentado no relatório sobre os usos da água na bacia hidrográfica do Alto Jacuí caracteriza esta bacia da seguinte forma:

A Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí está localizada na porção centro-norte do Estado do Rio Grande do Sul, na região do Planalto Médio, entre as coordenadas geográficas -28°08' - 53°09' N, -29°28' -53°00' S, -28°14' - 52°15' E e -2 9°03' -53°50' W. É composta por 41 municípios, ocupa uma área territorial de cerca de 13.072,14 km², representando 4,64% do total da área territorial do Rio Grande do Sul.

De acordo com a subdivisão do Sistema Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul (SERH-RS) esta bacia pertence à Região Hidrográfica do Guaíba e limita-se a NW com a bacia do rio Ijuí, a N com a bacia do rio Várzea, a N-NE com a bacia do rio Passo Fundo, a E com a bacia dos rios Taquari-Antas, a SE com a bacia do rio Pardo, a S com a bacia do baixo Jacuí e a SW com a bacia do rio Ibicuí.

O rio Jacuí nasce no Planalto, nos municípios de Passo Fundo e Marau, e toda a sua área de drenagem caracteriza-se pelo uso intensivo do solo para agricultura e pecuária.

O seu trecho superior caracteriza-se também pelo aproveitamento energético, onde estão instaladas as UHEs Ernestina, Passo Real, Salto do Jacuí, Itaúba e Dona Francisca.

O rio Jacuí tem suas principais nascentes localizadas no Planalto, cerca de 10 km a leste da cidade de Passo Fundo, numa altitude aproximada de 730 m. Seu comprimento total aproximado é de 710 km. Corre, na direita, o rio Jacuí-mirim; muda para a direção sul até a Depressão Central, onde recebe as águas dos rios Vacacaí-mirim e Vacacaí na margem direita. Daí toma a direção oeste-leste, com a denominação de Baixo Jacuí recebe a contribuição do rio Taquari na margem esquerda, e percorrendo cerca de 300 km até sua foz, com a formação do Delta do Jacuí, onde desembocam os rios Gravataí, Sinos e Caí.

As drenagens desta bacia que foram caracterizadas nos pontos de interceptação com a rodovia são: o próprio rio Jacuí (a cerca de 25 Km de sua nascente); à direita, o rio Glória, arroio do Herval e arroio Grande e, à esquerda, o arroio Porongas e o arroio Espriado.

Para determinar a densidade de drenagem do rio Jacuí foi realizado um levantamento a partir das bases cartográficas disponibilizadas pelo IBGE e constituídas por dados da ANA, em escala de 1:250.000.

Para determinar a propensão da sub-bacia a enchentes foram calculados os parâmetros hidrológicos densidade de drenagem, coeficiente de compacidade (Kc) e fator de forma (Kf):

$$Kc = 0,28 \times P / \sqrt{A} \rightarrow Kc = 3,40$$

$$Kf = A / L^2 \rightarrow Kf = 0,20$$

$$Dd = \sum L / A \rightarrow Dd = 0,53 \text{ Km/Km}^2$$

O coeficiente de compacidade e o fator de forma indicam que a sub-bacia apresenta características de uma bacia que não é propensa a grandes enchentes. A densidade de drenagem indica que a sub-bacia possui drenagem pobre.

Bacia do Baixo Rio Jacuí

Em julho de 2015, a Secretaria do Meio Ambiente do estado do Rio Grande do Sul aprovou, por meio do seu Conselho de Recursos Hídricos, a Resolução nº 172 que define o

enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí. O estudo apresentado no relatório sobre os usos da água na bacia hidrográfica do Baixo Jacuí caracteriza esta bacia da seguinte forma:

A Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí está localizada na porção centro-leste do estrado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas geográficas 53°41'48" W a 51°18'27" W e 29°13'51" S a 30°48'03" S. Inserida na Região Hidrográfica do Guaíba, esta bacia abrange total ou parcialmente 40 municípios e ocupa uma área territorial de 17.332,9 Km², representando cerca de 6,15% da área territorial do Rio Grande do Sul, com uma população inserida estimada em mil habitantes, em 2010. Dentre os principais cursos d'água estão o rio Jacuí, o rio Soturno e o rio Botucaraí, afluentes da margem esquerda do rio Jacuí, os rios Irapuá e Iruí, e os arroios Capané, Capanezinho, Piquiri, Dom Marco, Tabatingaí, Capivari, Francisquinho, do Conde, dos Ratos e dos Cachorros, afluentes da margem direita do rio Jacuí (integrante da bacia do Alto Jacuí), o rio Vacacaí, o rio Vacacaí-Mirim, o rio Pardo e o rio Taquari.

A bacia do Baixo Jacuí recebe águas de drenagens das bacias Alto Jacuí, Taquari-Antas, Pardo e Vacacaí-Vacacaí Mirim.

A rodovia intercepta duas drenagens menores, arroio Gil e drenagem sem nome, que desagüam diretamente no rio Jacuí.

Os parâmetros referentes ao balanço hídrico da bacia e vazão não foram identificados em estudos pretéritos. No entanto, os parâmetros apresentados neste estudo são resultado de metodologia de geoprocessamento e representam resultados confiáveis posto que foram calculados e delimitados especificamente para essa sub-bacia.

Para determinar a densidade de drenagem da sub-bacia do rio foi realizado um levantamento a partir das bases cartográficas disponibilizadas pelo IBGE, com escala de 1:250.000. A soma total da extensão dos cursos d'água é de 3.475 km.

O coeficiente de compacidade e fator de forma calculados para essa sub-bacia, utilizando as bases cartográficas disponíveis para esse estudo, resultaram em:

$$Kc = 0,28 \times P / \sqrt{A} \rightarrow Kc = 2,51$$

$$Kf = A / L^2 \rightarrow Kf = 0,21$$

$$Dd = \sum L / A \rightarrow Dd = 0,55 \text{ Km/Km}^2$$

O coeficiente de compacidade e o fator de forma indicam que a sub-bacia apresenta características de uma bacia que não é propensa a grandes enchentes. A densidade de drenagem indica que a sub-bacia possui drenagem pobre.

Bacia Taquari-Antas

Em dezembro de 2012, a Secretaria do Meio Ambiente do estado do Rio Grande do Sul aprovou, por meio do seu Conselho de Recursos Hídricos, a Resolução nº 121 que define o enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas. O estudo apresentado no relatório sobre os usos da água na bacia hidrográfica do Taquari-Antas caracteriza esta bacia da seguinte forma:

A Bacia Hidrográfica do rio Taquari-Antas pertence à região hidrográfica do Guaíba e tem uma área de 26.415 Km², o que a faz a segunda maior bacia do estado. Abrange total ou parcialmente 118 municípios e uma população de 1,282 milhão de pessoas.

O rio Taquari-Antas nasce no extremo leste da Bacia com a denominação Antas até a foz do rio Carreiro, quando passa a denominar-se Taquari, desembocando no rio Jacuí. Possui uma extensão de 546 Km desde a nascente até a foz, sendo que por 259 Km é denominado rio das Antas e por 187 Km rio Taquari. É o principal afluente do rio Jacuí, maior formador do lago Guaíba. Seus principais afluentes pela margem esquerda são os rios Camisas, Tainhas e Lajeado Grande, e pela margem direita os rios Quebra-Dentes, da Prata, Carreiro, Guaporé, Forqueta e Taquari-Mirim.

A rodovia intercepta o rio Taquari na altura das cidades de Lajeado e Estrela. Além do rio Taquari, foram analisadas as águas do arroio Santa Cruz, afluente da margem esquerda, e sete afluentes da margem direita: Tatim, Penteado, Tigela, Fão, Tamanduá, Tigrinho e Forquetinha.

Para determinar a densidade de drenagem da sub-bacia do rio Itiquira foi realizado um levantamento a partir das bases cartográficas disponibilizadas pelo IBGE, com escala de 1:250.000. A soma total dos cursos d'água é de 470km.

O coeficiente de compacidade e fator de forma calculados para essa sub-bacia, utilizando as bases cartográficas disponíveis para esse estudo, resultaram em:

$$Kc = 0,28 \times P / \sqrt{A} \rightarrow Kc = 2,06$$

$$Kf = A / L^2 \rightarrow Kf = 0,10$$

$$Dd = \sum L / A \rightarrow Dd = 0,53 \text{ Km/Km}^2$$

O coeficiente de compacidade e o fator de forma indicam que a sub-bacia apresenta características de uma bacia que pode ser propensa a grandes enchentes. A densidade de drenagem indica que a sub-bacia possui drenagem regular.

Bacia do Caí

Em novembro de 2008, a Secretaria do Meio Ambiente do estado do Rio Grande do Sul aprovou, por meio do seu Conselho de Recursos Hídricos, a Resolução nº 050 que define o enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica dos rios Caí, Pardo, Tramandaí e do Lago Guaíba. O estudo de alerta hidrológico da bacia do rio Caí sobre concepção e implantação do sistema, descreve a bacia da seguinte forma:

A bacia do rio Caí localiza-se integralmente no Estado do Rio Grande do Sul, na região Hidrográfica do Guaíba, e possui uma área de drenagem de 4.938km² (cerca de 2% da área do RS, a qual compreende, total ou parcialmente, 42 municípios) e 550 mil habitantes (5% da população total do RS).

Na bacia do rio Caí, 46% do PIB é gerado pelas atividades industriais (com destaque para as indústrias coureiro-calçadista, de alimentos e bebidas, metal-mecânica e petroquímica), 31% por atividades de serviços e 23% por atividades agropecuárias (com destaque para as culturas de arroz, olerícolas e fruticulturas e os rebanhos bovinos, suínos e aves).

O rio Caí tem seus formadores no planalto da Serra Geral, no município de São Francisco de Paula, entre as altitudes de 900 e 1000m, recebendo inicialmente o nome de Santa Cruz, até a divisa dos municípios de Canela e Gramado, desembocando no delta rio do Jacuí, em frente a Ilha Grande dos Marinheiros, nas proximidades do povoado de Morretes, após um percurso de aproximadamente 195km. Seus principais afluentes são os seguintes cursos d'água: Caracol, Pinto, Pirajá e Cadeia (pela margem esquerda) e Divisa, Muniz, Macaco, Piaí, Pinhal, Ouro, Mauá e Maratá (pela margem direita).

A rodovia intercepta o rio Caí a cerca de 22 Km de sua foz.

O coeficiente de compacidade e fator de forma calculados para essa sub-bacia, utilizando as bases cartográficas disponíveis para esse estudo, resultaram em:

$$Kc = 0,28 \times P / \sqrt{A} \rightarrow Kc = 3,95$$

$$Kf = A / L^2 \rightarrow Kf = 0,06$$

$$Dd = \sum L / A \rightarrow Dd = 0,54 \text{ Km/Km}^2$$

O coeficiente de compacidade e o fator de forma indicam que a sub-bacia apresenta características de uma bacia que pode ser propensa a grandes enchentes. A densidade de drenagem indica que a sub-bacia possui drenagem regular.

Bacia do Sinos

Em julho de 2014, a Secretaria do Meio Ambiente do estado do Rio Grande do Sul aprovou, por meio do seu Conselho de Recursos Hídricos, a Resolução nº 149 que define o enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do rio dos Sinos. O Comitê Sinos caracteriza esta bacia da seguinte forma:

A bacia hidrográfica do Rio dos Sinos é formada por 32 municípios (total ou parcialmente dentro desta configuração geológica), que ocupam uma área de 3.693 km². Ocupando cerca de 1,3% do território estadual, a bacia do Rio dos Sinos é responsável pela geração de aproximadamente 21% do seu Produto Interno Bruto – PIB e abriga uma população estimada em 1.350.000 habitantes.

Localiza-se na região leste do Estado do Rio Grande do Sul, tendo ao norte a Serra Geral, onde faz divisa com o curso superior do Caí. O vale do Caí continua sendo seu vizinho a oeste até o encontro de ambos no Delta do Jacuí. Ao sul fica a cadeia de morros que faz o divisor de águas do Sinos e Gravataí, que é outro formador do Guaíba. A leste fica a cadeia montanhosa onde o rio nasce no interior do município de Caraá, a cerca de 600 metros de altitude.

O Rio dos Sinos – curso principal da bacia homônima - é um dos principais rios de domínio do Estado, e forma, junto com mais sete rios, a Região Hidrográfica do Guaíba. Com cerca de 190 km de extensão, de Caraá (nascente) ao município de Canoas (foz), o Rio dos Sinos recebe contribuições de corpos d'água que totalizam uma rede de drenagem de 3.471 km. Seus principais afluentes são, no sentido das cabeceiras para a foz: o Rio Rolante, o Rio da Ilha e o Rio Paranhama, todos pela margem direita e com nascentes na região serrana (municípios de São Francisco de Paula e Canela). Na porção inferior recebe, ainda, contribuições dos arroios Sapiranga, Pampa, Luís Rau, Portão, João Corrêa, Sapucaia e outros. O Rio dos Sinos tem três modos diferentes de correr, que são definidos pela

declividade do seu fundo: o trecho superior – primeiros 25km, entre as cotas 600 e 60m onde o fluxo do rio é bastante rápido e encachoeirado; o trecho médio – com 125km entre as cotas 60 e 5m onde o rio se desloca normalmente; e o trecho inferior – com 50km e cuja declividade é praticamente nula, apresentando um escoamento muito lento.

A rodovia intercepta o rio dos Sinos a cerca de 6 Km de sua foz.

O coeficiente de compacidade e fator de forma calculados para essa sub-bacia são

$$Kc = 0,28 \times P / \sqrt{A} \rightarrow Kc = 1,95$$

$$Kf = A / L^2 \rightarrow Kf = 0,08$$

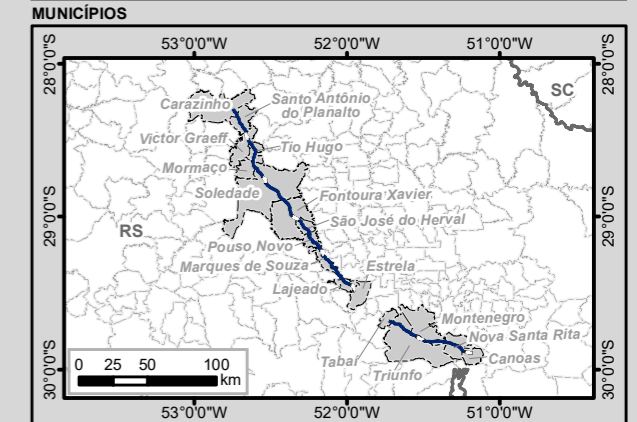
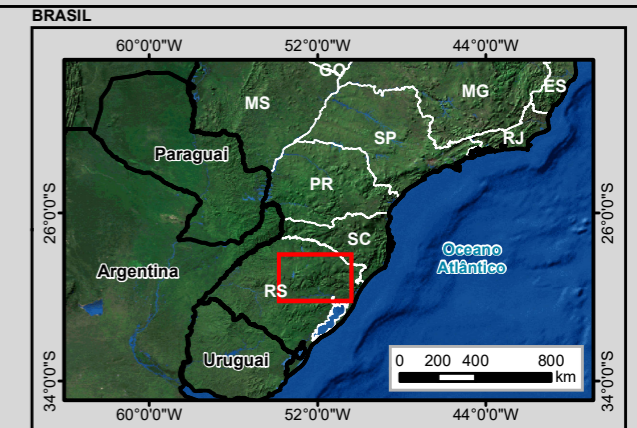
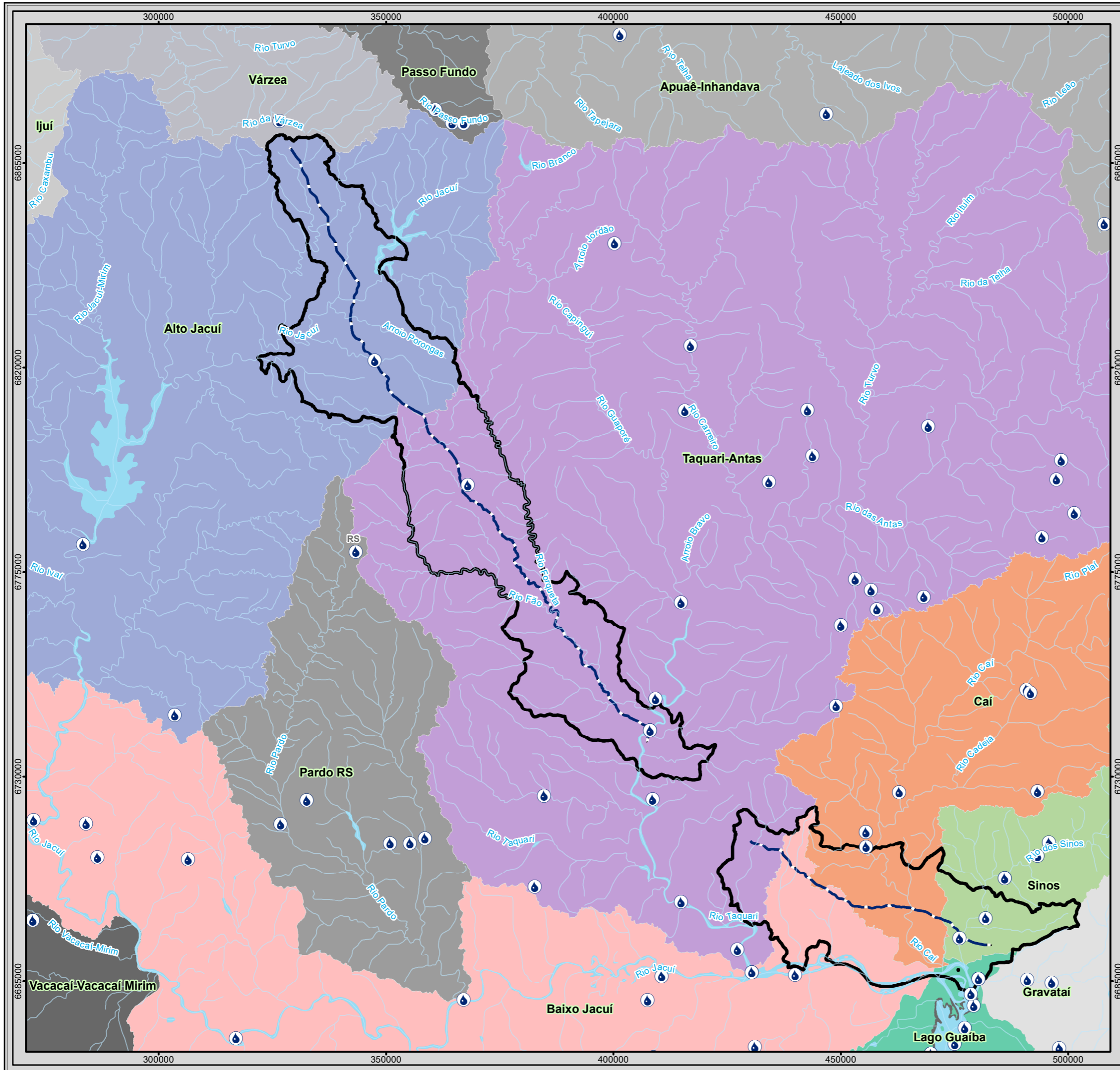
$$Dd = \sum L / A \rightarrow Dd = 0,93 \text{ Km/Km}^2$$

O coeficiente de compacidade e o fator de forma indicam que a sub-bacia apresenta características de uma bacia que pode ser propensa a grandes enchentes. A densidade de drenagem indica que a sub-bacia possui drenagem regular.

Interferência da Rodovia Existente com a Dinâmica de Fluxo de Água

No trecho da rodovia BR 386 a ser duplicada, as interceptações dos rios e riachos se faz por meio de pontes já existentes, e interferência indireta pelo paralelismo.

Para atender o solicitado no TR, se encontra no Atlas de Áreas Protegidas (Tomo III): Imagem georreferenciada com todos os corpos d'água interceptados, mapeamento das nascentes, áreas úmidas e alagáveis, além da descrição, localização e identificação dos mananciais de abastecimento público da ADA.



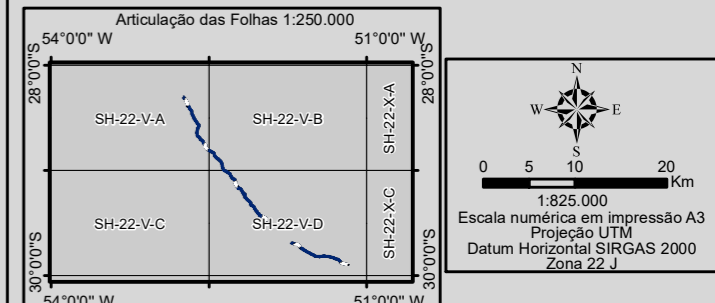
Legenda

- Pontos de Captação de Água para Abastecimento Urbano
- Trecho BR-386/RS
- Curso d'água
- Massa D'água
- Área de Estudo do Meio Físico (AE)
- Divisa Estadual

Regiões Hidrográficas

Nome

- Alto Jacuí
- Apuaê-Inhandava
- Baixo Jacuí
- Cai
- Gravataí
- Ijuí
- Lago Guaíba
- Pardo RS
- Passo Fundo
- Sinos
- Taquari-Antas
- Vacacai-Vacacai Mirim
- Várzea



EPL

Identificação do Projeto
Obras de duplicação e regularização da rodovia federal BR-386/RS, trecho Carazinho/RS a Canoas/RS com extensão total de 232,11 km

Título do Mapa
Regiões Hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul Interceptadas pelo Empreendimento

Empreendedor
EPL - Empresa de Planejamento e Logística S.A

Responsável Técnico
MRS

Data: Janeiro/2018

Fonte: Malha Digital: Municipal e Estadual, 1:250.000 (IBGE, 2015); Bases Cartográficas Contínuas, 1:250.000 (IBGE, 2015); Rodovias (DNIT, 2017); Unidades Estaduais de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos - UEPGRH (ANA, 2014); Pontos de Captação de Água para Abastecimento Urbano (ANA, 2015).

5.1.5.1.3 Hidrogeologia

A hidrogeologia da área de estudo está relacionada aos parâmetros específicos da geologia estrutural, que imprimem feições relevantes à porosidade secundária, como falhas e fraturas, e da litoestratigrafia, que promove as condições da porosidade primária por meio do arranjo textural das sequencias sedimentares.

Os aquíferos do Rio Grande do Sul são compostos de 21 sistemas categorizados em seis grupos:

- Grupo 1: Aquíferos com Alta a Média Possibilidade para Águas Subterrâneas em Rochas e Sedimentos com Porosidade Intergranular.
- Grupo 2: Aquíferos com Média a Baixa Possibilidade para Águas Subterrâneas em Rochas e Sedimentos com Porosidade Intergranular.
- Grupo 3: Aquíferos com Alta a Média Possibilidade para Águas Subterrâneas em Rochas com Porosidade por Fraturas.
- Grupo 4: Aquíferos com Média a Baixa Possibilidade para Águas Subterrâneas em Rochas com Porosidade por Fraturas.
- Grupo 5: Aquíferos Limitados de Baixa Possibilidade para Água Subterrânea em Rochas com Porosidade Intergranular ou por Fraturas.
- Grupo 6: Aquíferos Praticamente Improdutivos em Rochas com Porosidade Intergranular ou por Fraturas.

Os grupos 1 e 3, que afloram em 26,8% da área do estado, são considerados aquíferos de bom potencial.

Os grupos 2 e 4 têm médio potencial e abrangem 39,9% do Rio Grande do Sul.

Os grupos 5 e 6 têm pequeno potencial e ocorrem em 33,3% do território gaúcho.

A área de estudo intercepta os aquíferos Serra Geral 1, Serra Geral 2 e Botucatu Piramboia, conforme demonstrado no Mapa 17.

5.1.5.1.3.1 Sistema Aquífero Serra Geral 1

Pertencente ao Grupo 3, esse sistema aquífero ocorre no centro-oeste do Planalto Sul-Rio-Grandense. Ocupa cerca de 27% da área do estado e é delimitado pelos municípios de Soledade, Tupanciretã, Santo Antônio das Missões, Santa Rosa, Tenente Portela, Nonoai, Erechim e Passo Fundo. Esse sistema aquífero, de modo geral, é composto por rochas basálticas, amigdaloides e fraturadas, capeadas por espesso solo avermelhado.

Suas capacidades específicas são muito variáveis, predominando valores entre 1,0 e 4,0 m³/h/m. Por se tratar de aquíferos fraturados, muitas vezes ocorrem poços pouco produtivos próximos a outros com excelentes vazões.

A salinidade, em geral, é baixa, com média de 200 mg/L. Poços que captam águas mais salinas, sódicas e de elevado pH (entre 9 e 10), provavelmente correspondem a porções do aquífero influenciadas por águas ascendentes do Sistema Aquífero Guarani.

Esse sistema aquífero é muito utilizado para abastecimento humano nas sedes municipais, em pequenas comunidades rurais e em assentamentos do INCRA.

5.1.5.1.3.2 Sistema Aquífero Serra Geral 2

Pertencente ao Grupo 4, esse sistema está presente na porção oeste do estado; no norte, junto ao rio Uruguai; na região central, bordejando a Depressão Periférica; e na região nordeste do Planalto. As litologias predominantes nesse sistema aquífero, que ocupa 84.614,8 km², são riolitos, riocacitos e basaltos.

A capacidade específica geralmente é inferior a 0,5 m³/h/m, embora em áreas mais fraturadas ou com arenitos na base do sistema (região oeste do estado) possa alcançar valores superiores a 2,0 m³/h/m.

Os sais dissolvidos, de modo geral, apresentam valores inferiores a 250 mg/L. Altos valores de pH, salinidade e teores de sódio podem ser encontrados nas áreas influenciadas por descargas ascendentes do Sistema Aquífero Guarani.

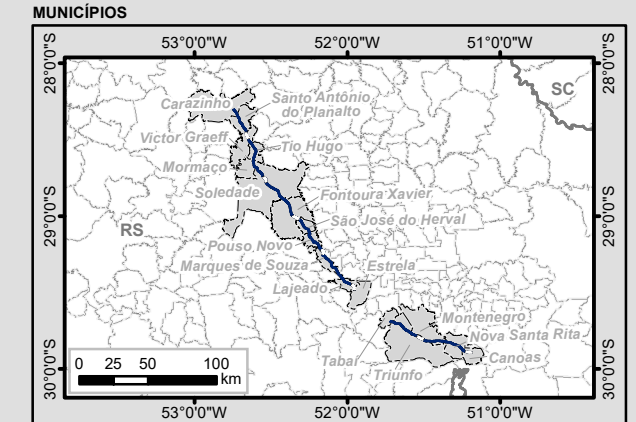
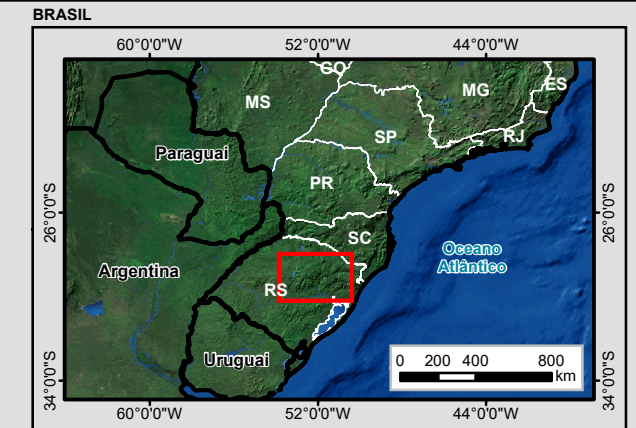
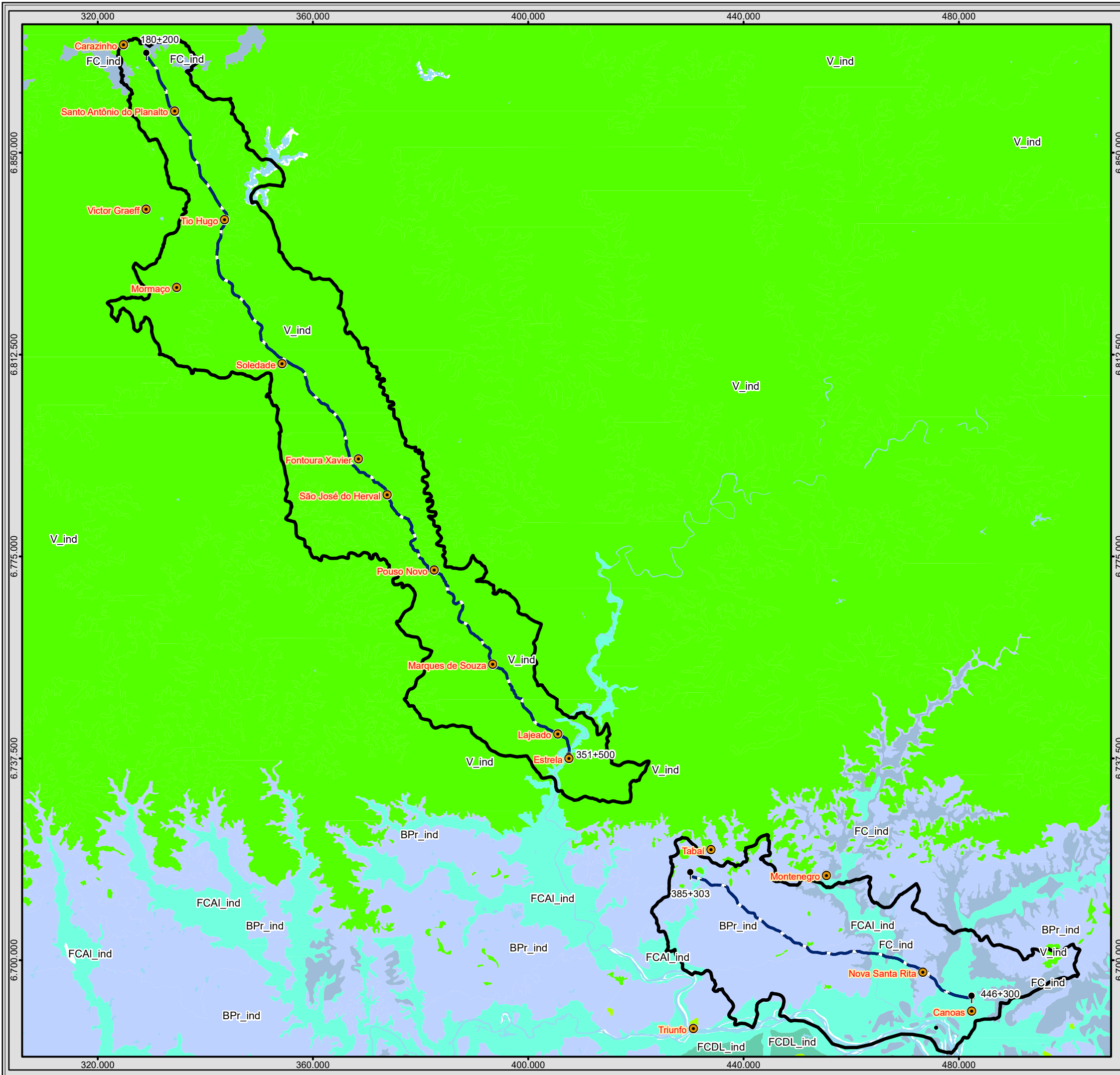
São aquíferos muito utilizados para abastecimento público e industrial. Por possuírem pouca espessura de solo e manto de alteração, em áreas muito fraturadas apresentam alta vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas.

5.1.5.1.3.3 Sistema Aquífero Botucatu Piramboia

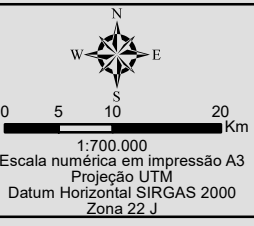
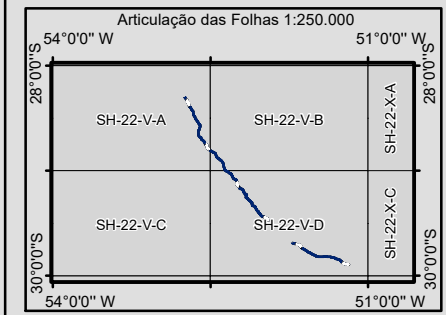
Pertencente ao Grupo 2, ocorre entre o município de Taquara e Santo Antônio da Patrulha, na Região Metropolitana de Porto Alegre. É constituído por arenitos médios, róseos, endurecidos em afloramentos e com condições topoestruturais, em geral, desfavoráveis ao armazenamento de águas subterrâneas.

As capacidades específicas raramente excedem a 0,5 m³/h/m. Poços mais produtivos estão relacionados à presença de falhas ou fraturas que aumentam a possibilidade de se encontrar água subterrânea pelo critério estrutural.

A salinidade das águas é geralmente inferior a 250 mg/L. Mesmo em se tratando de um aquífero de capacidade mediana, é muito explorado nas bacias dos rios Caí e Sinos, principalmente para uso industrial e abastecimento público.



- Legenda**
- Cidade
 - Marco Quilométrico
 - Trecho BR-386/RS
 - Massa d'água
 - Área de Estudo do Meio Físico (AE)
- Hidrogeologia**
- Subdomínio**
- BPr_ind - Bacia do Paraná
 - C_ind - Cristalino
 - FCAI_ind - Aluviões
 - FCDL_ind - Depósitos litorâneos
 - FC_ind - Formações cenozoicas indiferenciadas
 - V_ind - Vulcânicas



EPL		
Identificação do Projeto		
Obras de duplicação e regularização da rodovia federal BR-386/RS, trecho Carazinho/RS a Canoas/RS com extensão total de 232,11 km		
Título do Mapa		
Hidrogeologia		
Empreendedor		
EPL - Empresa de Planejamento e Logística S.A		
Responsável Técnico	Data: Março/2018	
MRS	Fonte:	
Estudos Ambientais	Malha Digital: Municipal e Estadual, 1:250.000 (IBGE, 2015); Bases Cartográficas Contínuas, 1:250.000 (IBGE, 2015); Rodovias (DNIT, 2017); Hidrogeologia (CPRM, 2015).	

5.1.5.1.4 Nascentes e Áreas Hidrologicamente Sensíveis

As nascentes foram identificadas por meio de técnicas geoprocessamento e podem ser visualizadas juntamente com as áreas hidrologicamente sensíveis, apresentadas no Atlas de Áreas Protegidas. Foram identificadas a partir das bases cartográficas disponíveis e técnicas de geoprocessamento, além de pontos detectados na visita de campo.



Figura 105 - Várzea do rio Caí



Figura 106 - APA Delta do Jacuí



Figura 107 - Várzea de Marques de Souza



Figura 108 - Várzea de Forquetinha



Figura 109 - Manancial de captação do rio Espraiado



Figura 110 - Nascente d'água em Faixa de Domínio



Figura 111 - Várzea S/N



Figura 112 - Várzea do rio Taquari

5.1.5.1.5 Uso da Água

Os principais usos da água observados foram:

5.1.5.1.5.1 Abastecimento Humano

A Tabela 48 apresenta os mananciais utilizados para abastecimento público nos municípios interceptados, conforme informações da ANA (Agência Nacional de Águas).

Tabela 48 - Mananciais utilizados para abastecimento público. Fonte: ANA, 2016

Município	Sub-bacia	Categoria da Operadora	População (2015)	Demanda Média (L/s)	Manancial	Tipo Manancial	Tipo Sistema
Canoas	Sinos	Companhia Estadual	347.243	1.210	Arroio das Garças	Superficial	Isolado
Canoas	Sinos	Companhia Estadual	347.243	1.210	Rio dos Sinos (Canal Petrobrás)	Superficial	Integrado
Canoas	Sinos	Companhia Estadual	347.243	1.210	Arroio das Garças	Superficial	Isolado
Canoas	Sinos	Companhia Estadual	347.243	1.210	Arroio das Garças	Superficial	Isolado
Carazinho	Alto Jacuí	Companhia Estadual	58.869	161	Rio da Várzea	Superficial	Isolado
Ernestina	Alto Jacuí	Serviço Municipal	1.713	4	Poço 01 Ernestina	Subterrâneo	Isolado
Ernestina	Alto Jacuí	Serviço Municipal	1.713	4	Poço 02 Ernestina	Subterrâneo	Isolado
Ernestina	Alto Jacuí	Serviço Municipal	1.713	4	Poço 03 Ernestina	Subterrâneo	Isolado
Estrela	Taquari/Antas	Companhia Estadual	27.060	85	Poço 1 Estrela	Subterrâneo	Isolado
Fontoura Xavier	Taquari/Antas	Companhia Estadual	4.962	12	Arroio Pedras Brancas	Superficial	Isolado
Fontoura Xavier	Taquari/Antas	Companhia Estadual	4.962	12	Poço 1 Fontoura Xavier	Subterrâneo	Isolado
Ibirapuitã	Alto Jacuí	Serviço Municipal	2.478	6	Poço Ibirapuitã	Subterrâneo	Isolado

Município	Sub-bacia	Categoria da Operadora	População (2015)	Demanda Média (L/s)	Manancial	Tipo Manancial	Tipo Sistema
Lajeado	Taquari/Antas	Companhia Estadual	73.650	201	Rio Taquari	Superficial	Integrado
Lajeado	Taquari/Antas	Companhia Estadual	73.650	201	Rio Taquari	Superficial	Integrado
Lajeado	Taquari/Antas	Companhia Estadual	73.650	201	Aquífero Lajeado	Subterrâneo	Integrado
Lajeado	Taquari/Antas	Companhia Estadual	73.650	201	Aquífero Lajeado	Subterrâneo	Integrado
Marques de Souza	Taquari/Antas	Companhia Estadual	1.641	4	Poço 1 Marques de Souza	Subterrâneo	Isolado
Marques de Souza	Taquari/Antas	Companhia Estadual	1.641	4	Poço 1 Marques de Souza	Subterrâneo	Isolado
Montenegro	Caí	Companhia Estadual	54.959	150	Rio Caí	Superficial	Isolado
Montenegro	Caí	Companhia Estadual	54.959	150	Rio Caí	Superficial	Isolado
Mormaço	Alto Jacuí	Serviço Municipal	767	2	Poço Mormaço	Subterrâneo	Isolado
Nova Santa Rita	Caí	Companhia Estadual	22.260	60	Rio dos Sinos	Superficial	Isolado
Pouso Novo	Taquari/Antas	Serviço Municipal	579	1	Conjunto de poços	Subterrâneo	Isolado
Santo Antônio do Planalto	Alto Jacuí	Serviço Municipal	1.403	3	Poço 01 Santo Antônio do Planalto	Subterrâneo	Isolado
Santo Antônio do Planalto	Alto Jacuí	Serviço Municipal	1.403	3	Poço 02 Santo Antônio do Planalto	Subterrâneo	Isolado
São José do Herval	Taquari/Antas	Companhia Estadual	1.034	3	Poço 1 São José do Herval	Subterrâneo	Isolado
Soledade	Alto Jacuí	Companhia Estadual	23.915	91	Rio Espraiado	Superficial	Isolado
Soledade	Alto Jacuí	Companhia Estadual	23.915	91	poços - soledade	Subterrâneo	Isolado
Soledade	Alto Jacuí	Companhia Estadual	23.915	91	poços - soledade	Subterrâneo	Isolado
Tabaí	Taquari/Antas	Serviço Municipal	1.316	3	Poço 01 Tabaí	Subterrâneo	Isolado
Tabaí	Taquari/Antas	Serviço Municipal	1.316	3	Poço 02 Tabaí	Subterrâneo	Isolado
Travesseiro	Taquari/Antas	Serviço Municipal	1.019	3	Poço 01 Travesseiro	Subterrâneo	Isolado
Travesseiro	Taquari/Antas	Serviço Municipal	1.019	3	Poço 02 Travesseiro	Subterrâneo	Isolado
Triunfo	Baixo Jacuí	Companhia Estadual	17.220	56	Rio Taquari	Superficial	Isolado
Triunfo	Baixo Jacuí	Companhia Estadual	17.220	56	Rio Jacuí	Superficial	Isolado
Victor Graeff	Alto Jacuí	Companhia Estadual	1.444	4	Poço 1 Victor Graeff	Subterrâneo	Isolado

Município	Sub-bacia	Categoria da Operadora	População (2015)	Demanda Média (L/s)	Manancial	Tipo Manancial	Tipo Sistema
Victor Graeff	Alto Jacuí	Companhia Estadual	1.444	4	Poço 2 Victor Graeff	Subterrâneo	Isolado

5.1.5.1.5.2 Irrigação

Ao longo de todo o trecho foram observadas imensas fazendas ocupadas com plantações de soja e arroz, em sua maioria, e milho em menor escala. De forma que o uso dos recursos hídricos para fins de irrigação é essencial para o desenvolvimento da economia local e apresenta valores maiores nas planícies baixas (Figura 113)

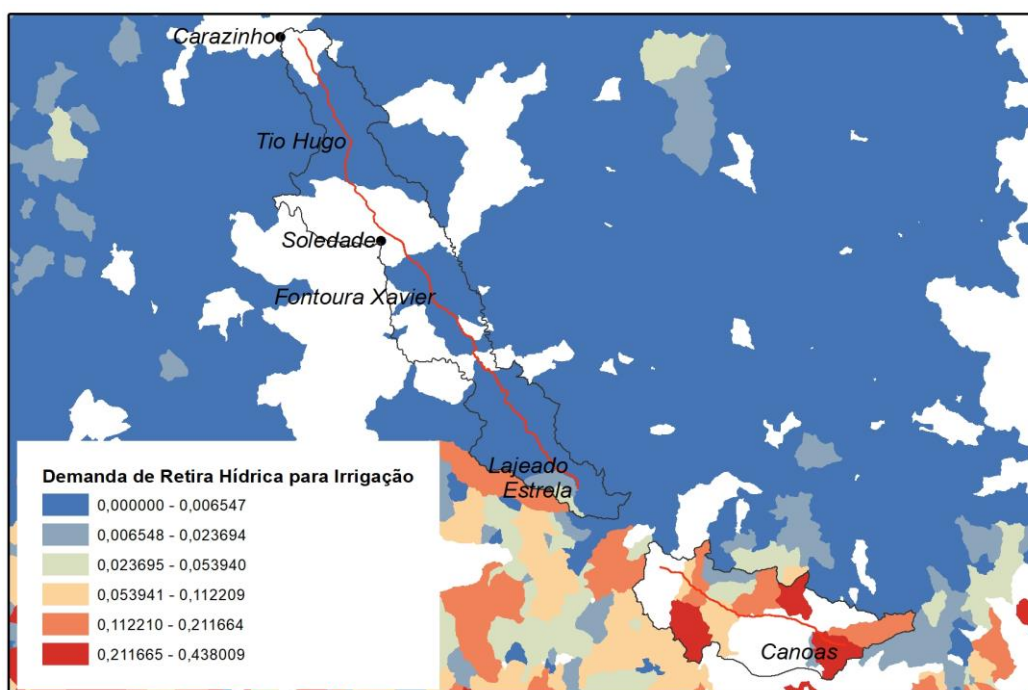


Figura 113 - Demanda hídrica para irrigação por ottobacia nível 6 (m³/s). Fonte: SNIRH/ANA, 2018.

5.1.5.1.5.3 Dessedentação de Animais

Consiste no uso dos recursos hídricos para mitigar a sede dos animais. Além das fazendas de soja, está presente em diversos pontos ao longo da rodovia os pastos, destinados à criação de gado os quais fazem uso dos recursos hídricos da região.

5.1.5.2 Qualidade da Água

5.1.5.2.1 Metodologia

Foram avaliadas as propriedades físicas, químicas e biológicas das águas da Área de Influência Direta, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/05, visando o controle da qualidade principalmente nos cursos d'água utilizados para abastecimento público e

manutenção de ecossistemas. Os parâmetros analisados foram: turbidez, sólidos totais, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), pH, nitrogênio total, amônia, nitrato, fósforo total, coliformes termotolerantes, óleos e graxas e vazão, disponibilizados nas Fichas das Análises de Qualidade das Águas – ACQUALANT, no Tomo I – Anexos e Apêndices.

A metodologia para a escolha da rede amostral levou em consideração a densidade e importância dos cursos d'água que interceptam o empreendimento para seleção de uma rede amostral. Nesse sentido, optou-se por rios maiores que representam uma importante fonte de dispersão no caso de contaminação desses recursos hídricos durante a instalação do empreendimento, também buscou-se incluir os rios utilizados no abastecimento público dos municípios interceptados (Figura 114).

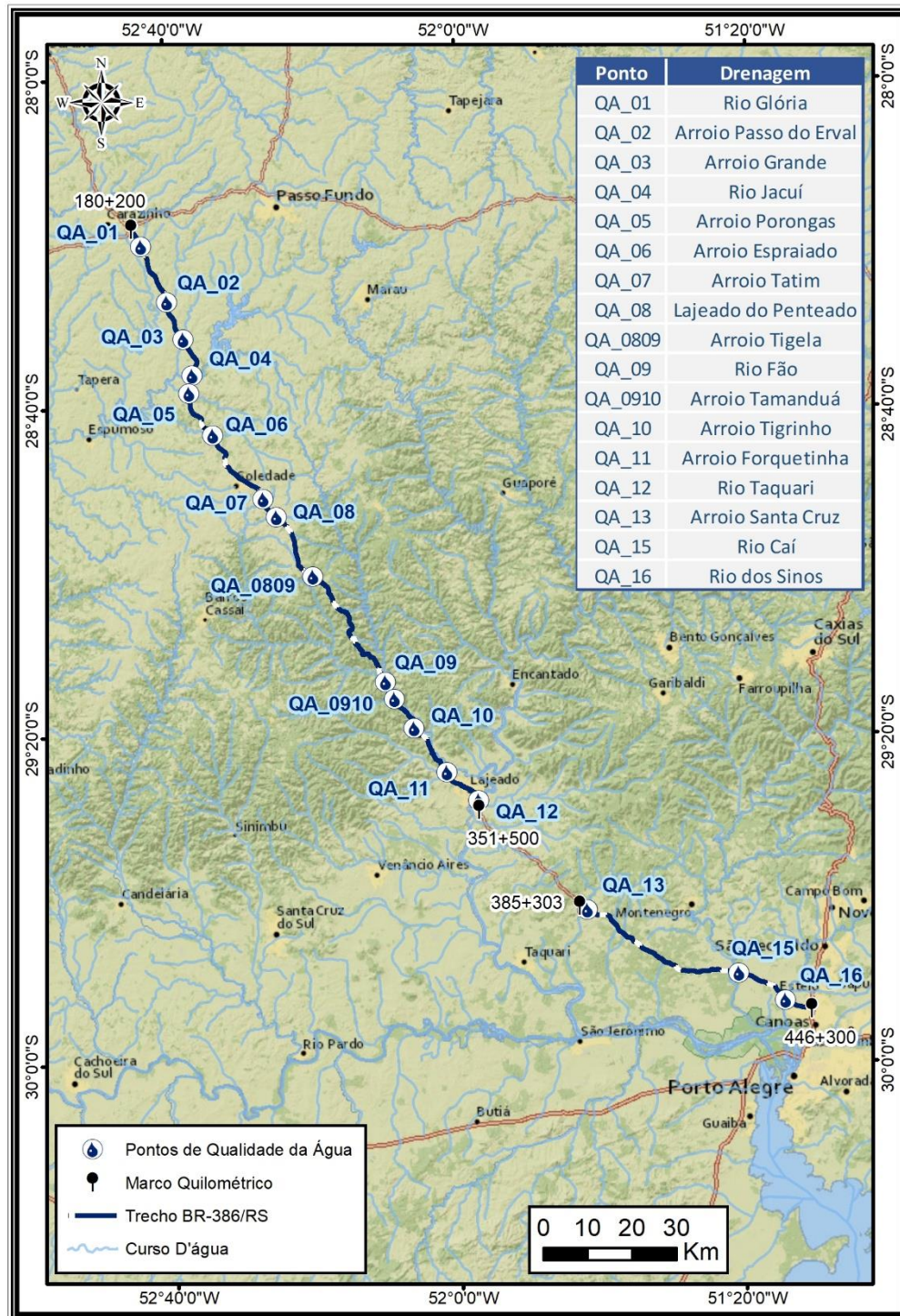


Figura 114 – Croqui de localização dos pontos de amostragem de água

As coletas de água foram realizadas em rios selecionados em pontos imediatamente à jusante das pontes durante um período de pelo menos 11 dias sem ocorrência de chuvas ao longo da AE. A captura da amostra se deu com um vaso de platina, em seguida as amostras foram armazenadas em recipiente de plástico translúcido, até a chegada ao laboratório. O método

para a preservação das amostras consiste em manter as amostras entre 1°C e 4°C o que preserva as características físicas, químicas e biológicas, além da adição de agentes químicos para oferece um maior grau de estabilização da amostra por maior espaço de tempo. As coletas e as análises laboratoriais foram realizadas pela empresa Acquaplant LTDA, que possui certificados de calibração e atestados de acreditação de análises pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). As medições de vazão foram realizadas pela equipe técnica de

A metodologia e os parâmetros para as análises adotadas estão de acordo com o “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, APHA (2005), tendo como objetivo principal a análise da qualidade da água antes do início das obras, para ser utilizada como base de comparação após o início da instalação do empreendimento.

Amostra	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	pH	Nitrato-N (mg/L)	Fósforo (µg/L)	Turbidez (NTU)	Amônia (mg/L)	DQO (mg/L)	Cond. (µS/cm)	DBO (5 dias) (mg/L)	Escherichia coli (NMP/100 ml)	T. (°C)	Nitrogênio Total (mg/L)	Óleos e Graxas Totais (mg/L)	Sólidos Suspensos (mg/L)	Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)
QA01 Rio da Glória	6,4	6,97	0,36	17	9,9	< 0,700	< 30	100,8	2,4	24	24,2	< 0,60	< 10,0	31	< 15,0	31	58
QA02 Arroio Passo do Erval	7,57	7,16	0,52	28,2	11	< 0,700	< 30	64,2	2,5	24	22,1	0,6	< 10,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0
QA03 Arroio Grande	6,03	7,27	0,74	24,5	12,3	< 0,700	< 30	77,8	2,6	24	20,9	1	< 10,0	45	< 15,0	39	60
QA04 Rio Jacuí	7,79	7,49	0,35	19,5	3,34	< 0,700	< 30	66,2	2	< 1,1	21,4	0,6	< 10,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	94
QA05 Arroio Porongos	7,58	7,35	0,47	33,6	9,43	< 0,700	< 30	44,9	2,9	< 1,1	22,5	0,8	< 10,0	44	< 15,0	44	114
QA06 Arroio Espreado	7,92	7,57	0,42	18,5	13,7	< 0,700	< 30	41,3	2,1	24	23,7	0,7	< 10,0	57	< 15,0	57	87
QA07 Arroio Tatim	8,32	7,76	0,31	16,8	9,07	< 0,700	< 30	40,4	2,6	240	20,9	< 0,60	< 10,0	29	< 15,0	29	85
QA08 Lajeado do Penteado	7,04	7,5	0,51	51,4	15,7	< 0,700	< 30	45,3	2,9	240	21	1	< 10,0	34	< 15,0	32	43
QA0809 Arroio Tigela	8,41	7,57	0,67	22,6	4,95	< 0,700	< 30	47,1	< 1,7	< 1,1	20,8	1	< 10,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	122
QA09 Rio Fão	8,5	7,88	0,33	36	11,5	< 0,700	< 30	47,3	3,4	24	22,3	< 0,60	< 10,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	63
QA0910 Arroio Tamanduá	7,92	7,81	1,2	20,6	12,9	< 0,700	< 30	64,3	1,9	< 1,1	25,1	1,5	< 10,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	324
QA10 Arroio tigrinho	7,66	7,25	0,68	44,5	6,33	< 0,700	< 30	161,8	3,1	24	25,3	1,1	< 10,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	136
QA11 Arroio Forquetinha	8,23	7,77	0,55	36,7	11,9	< 0,700	< 30	88	2,4	< 1,1	24,4	0,6	< 10,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0
QA12 Rio Taquari	7,18	7,63	0,84	46,5	17,2	1,51	< 30	65,3	2,8	< 1,1	24,3	2,1	< 10,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	107

Amostra	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	pH	Nitrato-N (mg/L)	Fósforo (µg/L)	Turbidez (NTU)	Amônia (mg/L)	DQO (mg/L)	Cond. (µS/cm)	DBO (5 dias) (mg/L)	Escherichia coli (NMP/100 ml)	T. (°C)	Nitrogênio Total (mg/L)	Óleos e Graxas Totais (mg/L)	Sólidos Suspensos (mg/L)	Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)
QA13 Arroio Santa Cruz	7,58	7,34	0,3	29,9	9,57	< 0,700	< 30	121,6	2,5	< 1,1	23,3	< 0,60	< 10,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	110
QA15 Rio Cai	6,72	7,38	0,98	20,4	6,93	0,92	< 30	154,1	1,9	< 1,1	22,4	1,8	< 10,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	144
QA16 Rio dos Sinos	5,96	7,24	2,1	66,6	19	2,83	< 30	186,4	3,4	24	21,6	4,4	< 10,0	36	< 15,0	36	64

5.1.5.2.2 Enquadramento dos Corpos Hídricos

Foi realizada consulta aos Comitês de Bacias Hidrográficas da área de estudo acerca do enquadramento dos corpos hídricos interceptados pelo empreendimento. Em caso de não enquadramento pelo Comitê, os corpos hídricos são considerados como classe 2, conforme indica o Art. 42 da Resolução CONAMA N° 357/2005:

Art. 42. Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente.

5.1.5.2.2.1 Temperatura

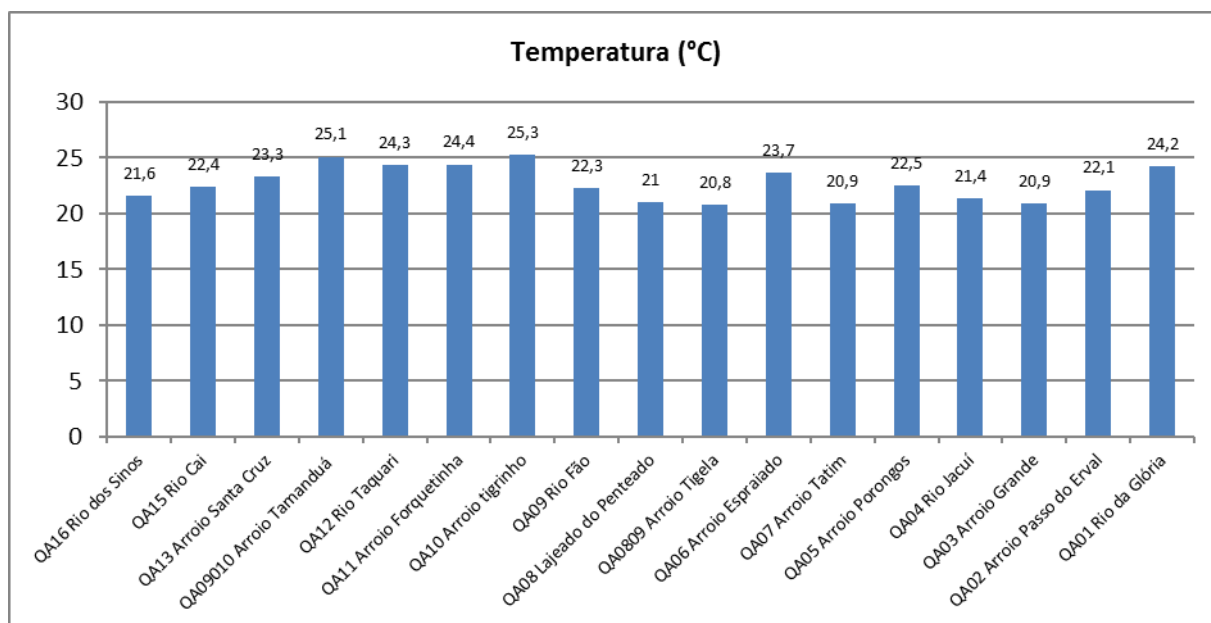


Figura 115 – Temperatura

As variações de temperatura da água podem estar relacionadas com o regime climático normal, sazonalidade e estratificação vertical.

A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, diferença de densidade, estação do ano, período do dia, e profundidade. Para os organismos aquáticos, sabe-se que estes podem possuir limites de tolerância térmica, sendo assim, existem temperaturas ótimas para seu crescimento, desenvolvimento, atividades de migração, desova, incubação do ovo e outros, que dependem de determinadas condições específicas (CETESB, 2009).

A maior temperatura durante amostragem foi observada foi de 25,1 °C na amostra QA09010 Arroio Tamanduá, rio largo e raso, com assoalho constituído por seixos subarredondados de quartzo; a menor temperatura é de 20,8 °C na QA0809 Arroio Tigela. rio profundo em vale encaixado na região serrana e coberto por densa vegetação.

Não há temperatura máxima ou mínima prevista em resolução.

5.1.5.2.2.2 Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) é um componente essencial para o metabolismo dos microrganismos aeróbicos presentes em águas naturais, sendo indispensável para os seres vivos, especialmente os peixes, os quais geralmente podem não resistir a concentrações de OD na água inferiores a 4,0 mg.L⁻¹ (Bagley *et al.*, 1997).

Na superfície onde a água está em contato com o ar, há geralmente a saturação por OD devido a movimentação, temperatura e produção primária das plantas aquáticas e/ou plâncton.

Sendo assim, uma quantidade anormal de OD poderia ser observada em situações de temperaturas mais elevadas ou mesmo durante processos iniciais de eutrofização do corpo hídrico (Clesceri *et al.*, 1998).

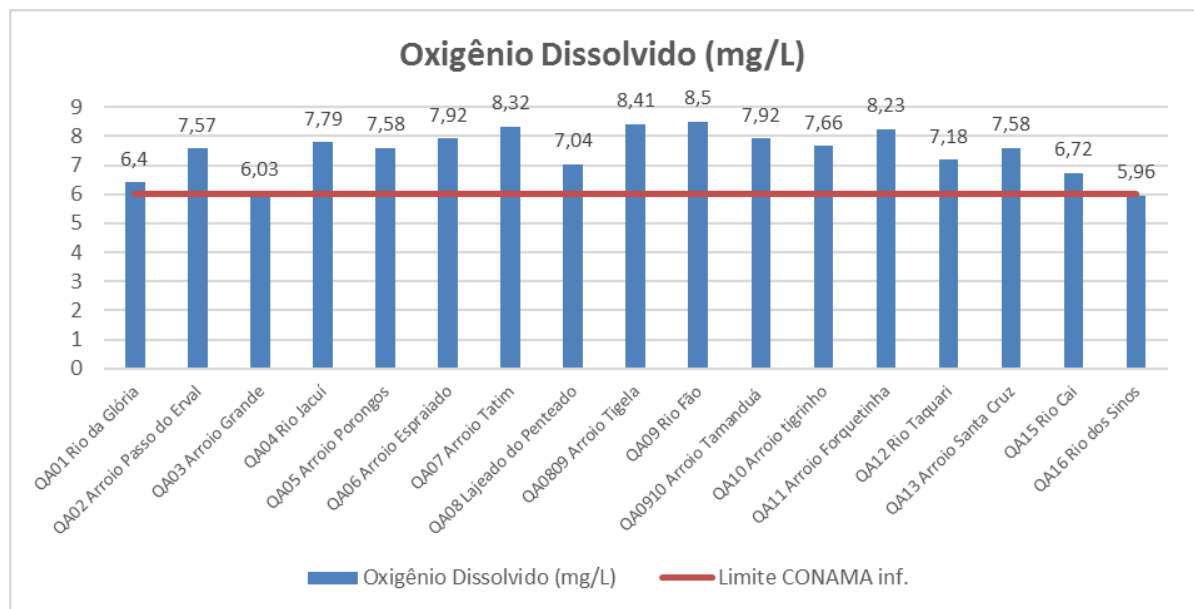


Figura 116 – Oxigênio Dissolvido

A resolução CONAMA 357/2005 estabelece que o OD, em qualquer amostra, não deve ser inferior a 6 mg/L. O valor mínimo observado foi de 5,96 mg/L na QA16 Rio dos Sinos e o valor máximo foi observado foi de 8,41 na QA0809 Arroio Tigela.

5.1.5.2.2.3 PH

O potencial hidrogeniônico (pH) da água é uma grandeza que pode variar de 0 a 14, indicando intensidade da acidez (pH<7,0), neutralidade (pH=7,0) ou alcalinidade (pH>7,0). É uma ferramenta importante e, amplamente utilizada nas avaliações da qualidade da água.

A relação do pH com o ambiente se dá devido a sua influência nos ecossistemas aquáticos, em especial na fisiologia das espécies. Sabe-se também que este contribui com efeitos indiretos, onde determinadas condições de pH podem aumentar/diminuir a precipitação de elementos químicos tóxicos, tais como metais pesados (Piveli & Kato, 2005).

As águas naturais, frequentemente, possuem pH na faixa de 4 a 9, sendo a maioria ligeiramente básica, devido à presença de bicarbonatos e carbonatos dos metais alcalinos e alcalinos terrosos (Clesceri *et al.*, 1998). Para Esteves (1998) o pH ideal dos ecossistemas aquáticos naturais deve estar entre 6-9, isto para não gerar influência na fisiologia de diversas espécies.

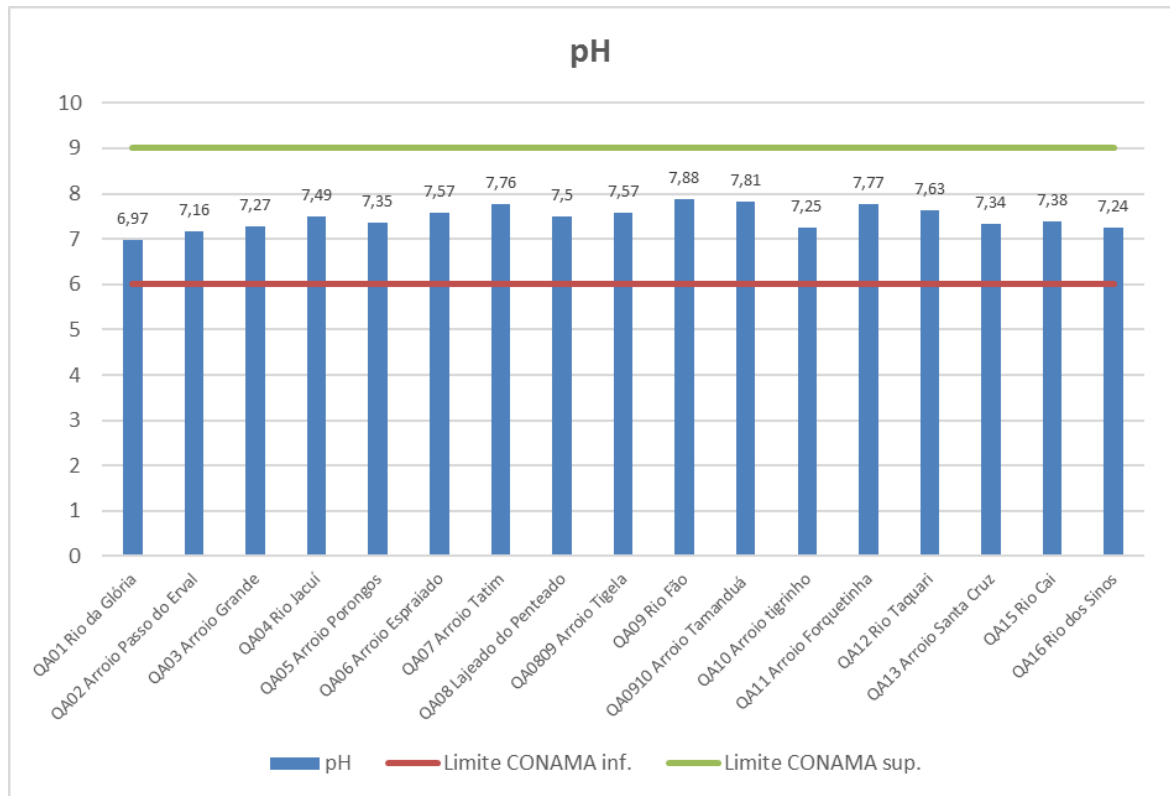


Figura 117 – pH

A CONAMA estabelece valores aceitáveis de pH entre 6 e 9. O valor mínimo de pH é igual a 6,97 na amostra QA01 Rio da Glória e o valor máximo é de 7,88 na amostra QA09 Rio Fão.

De acordo com a resolução CONAMA 357 todas as amostras são adequáveis à tabela classificatória de águas doces presente na Seção II, Art. 14 – Tabela 1 – Classe 1 – Águas Doces.

5.1.5.2.2.4 Turbidez

Define-se turbidez como a dificuldade da água para transmitir a luz, provocada pelos sólidos em suspensão (silte, argila, matéria orgânica, microorganismos e partículas inorgânicas). Em geral, a turbidez é medida através do turbidímetro ou nefelômetro e os valores são dados em UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez).

O espalhamento ou absorção da luz que ocorre devido à turbidez se dá pela presença de partículas ou sólidos em suspensão, porque estes possuem comprimento de onda maior do que a luz branca. Relaciona-se a presença excessiva de sólidos em suspensão a redução dos processos fotossintéticos devido ao déficit que este pode produzir quanto à penetração de luz (Piveli & Kato, 2006).

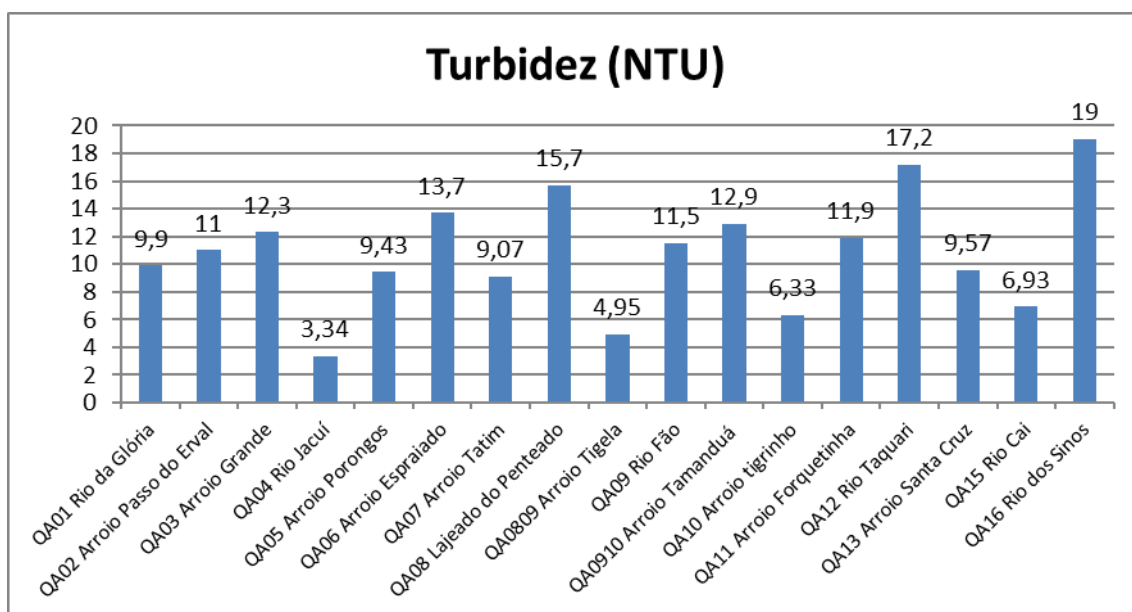


Figura 118 – Turbidez

O índice de turbidez mínimo observado foi de 3,34 Na QA04 Rio Jacuí e a máxima de 19 na QA16 Rio dos Sinos.

De acordo com a resolução CONAMA 357 todas as amostras estão adequadas ao Art 14. (Item h) turbidez até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT).

5.1.5.2.2.5 Condutividade

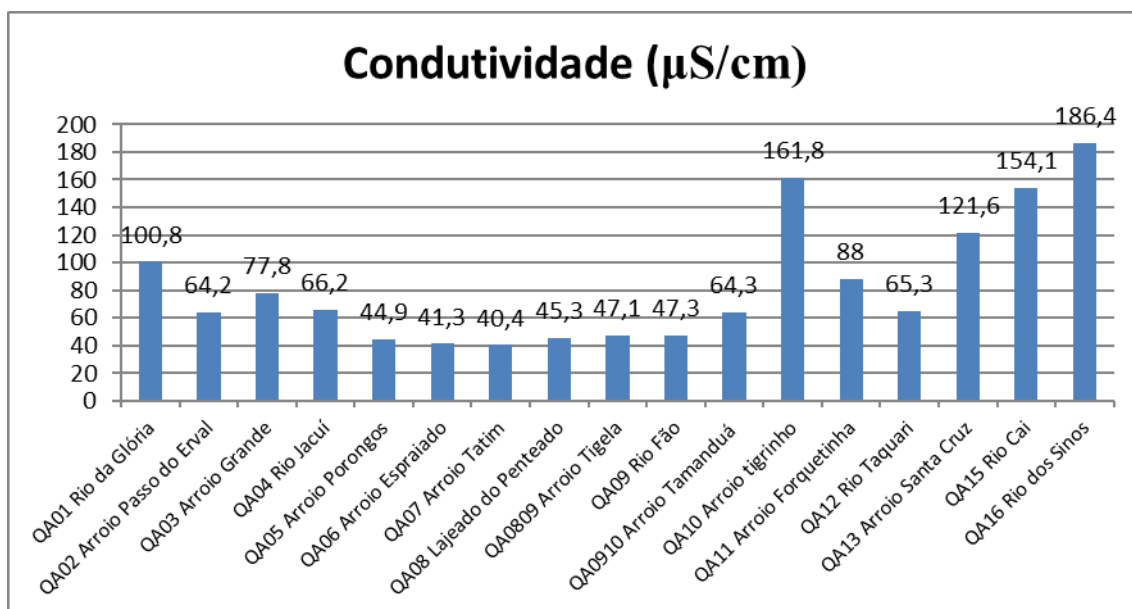


Figura 119 – Condutividade

A condutividade elétrica da água representa a facilidade ou dificuldade de passagem da eletricidade na água. Os compostos orgânicos e inorgânicos contribuem ou interferem na condutividade, de acordo com sua concentração na amostra, e a correta representação da temperatura possui um fator preponderante na medição correta da condutividade elétrica. Seus valores representam a carga mineral presente na água, a geologia local ou regional.

Os valores de condutividade estão associados aos sais presentes em cada solução. O menor valor observado foi de 40,4 na QA07 Arroio do Tatim e o maior foi de 186,4 na QA16 Rio dos Sinos.

5.1.5.2.2.6 Fósforo

O fósforo é um dos principais nutrientes para os processos biológicos e fator limitante ao desenvolvimento de algas e plantas no meio aquático. O fósforo é encontrado na água como polifosfato, moléculas constituídas por dois ou mais átomos de fósforo; ortofosfato, moléculas com apenas um átomo de fósforo diretamente correlacionado ao pH; e fósforo orgânico. A determinação de fósforo total compreende todas as suas formas.

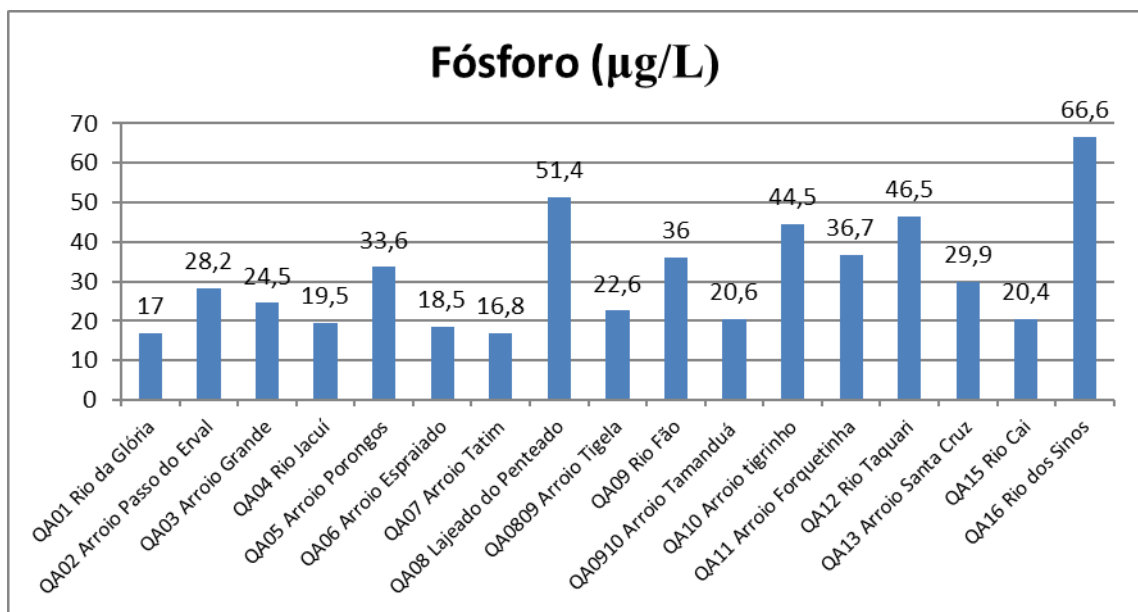


Figura 120 – Fósforo

A CONAMA estabelece como limite máximo 100mg/L de fósforo total em ambiente lótico.

O valor máximo de Fósforo observado nas amostras foi de 66,6 µg/L na QA16 Rio dos Sinos e o valor mínimo observado foi de 17µg/L na QA01 Rio da Glória.

De acordo com a resolução CONAMA 357/05, as amostras QA8 e QA16 não são adequadas à tabela classificatória de águas doces presente na Seção II, Art. 14 – Tabela 1 – Classe 1 – Águas Doces.

5.1.5.2.2.7 DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio)

A DBO de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de 20°C é frequentemente usado e referido como DBO

Analogamente, a DQO é a estimativa de consumo de oxigênio por agentes químicos em compostos orgânicos. O poder de oxidação por processos químicos é, normalmente, muito maior do que o resultante da ação microbiológica, por isso são esperados resultados maiores de DQO em relação a DBO.

Esta medida da quantidade de oxigênio consumido no processo biológico de oxidação da matéria orgânica permite chegar à conclusão: grandes quantidades de matéria orgânica utilizam grandes quantidades de oxigênio, assim, quanto maior o grau de poluição, maior a DBO.

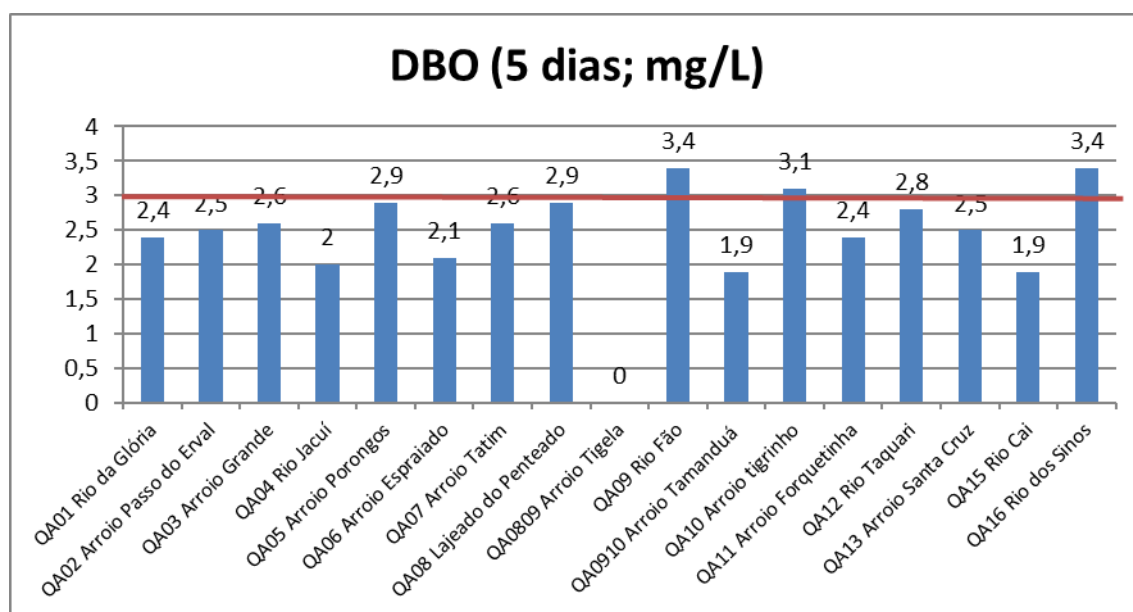


Figura 121 – DBO

O menor valor observado corresponde à amostra QA0809 Arroio tigela, com valor menor que 1,7 mg/L. O maior valor observado é de 3,4, correspondente às amostras QA16 Rio dos Sinos e QA09 Rio Fão. O Arroio Tigrinho também apresenta valor excedente ao limite estabelecido.

A resolução CONAMA 357 estabelece valor máximo de 3 mg/L, então somente as amostras supracitadas e a QA10 Arroio Tigrinho não se adequam à esta legislação.

5.1.5.2.2.8 DQO

Todas as amostras possuem intervalo de detecção menor que 30 mg/L.

5.1.5.2.2.9 Nitrogênio Total

A avaliação da concentração de nitrogênio total é um indicador importante no auxílio à avaliação do estágio de eutrofização do corpo hídrico. O aumento do teor de nutrientes no corpo d'água pode causar aumento do número de algas, podendo resultar em superpopulações que, na camada superficial, impedem a penetração da energia luminosa para as camadas inferiores do corpo d'água (UFF/FEC, 2010).

Nos corpos d'água o nitrogênio pode ocorrer nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. Os nitratos são tóxicos aos seres humanos, e em altas concentrações causa uma doença chamada metahemoglobinemia infantil, que é letal para crianças.

Pelo fato de os compostos de nitrogênio serem nutrientes nos processos biológicos, seu lançamento em grandes quantidades nos corpos d'água, junto com outros nutrientes tais como o fósforo, causa um crescimento excessivo das algas, processo conhecido como eutrofização, o que pode prejudicar o abastecimento público, a recreação e a preservação da vida aquática.

As fontes de nitrogênio para os corpos d'água são variadas, sendo uma das principais o lançamento de esgotos sanitários e efluentes industriais. Em áreas agrícolas, o escoamento da água das chuvas em solos que receberam fertilizantes também é uma fonte de nitrogênio, assim como a drenagem de águas pluviais em áreas urbanas.

Também ocorre a fixação biológica do nitrogênio atmosférico pelas algas e bactérias. Além disso, outros processos, tais como a deposição atmosférica pelas águas das chuvas também causam aporte de nitrogênio aos corpos d'água.

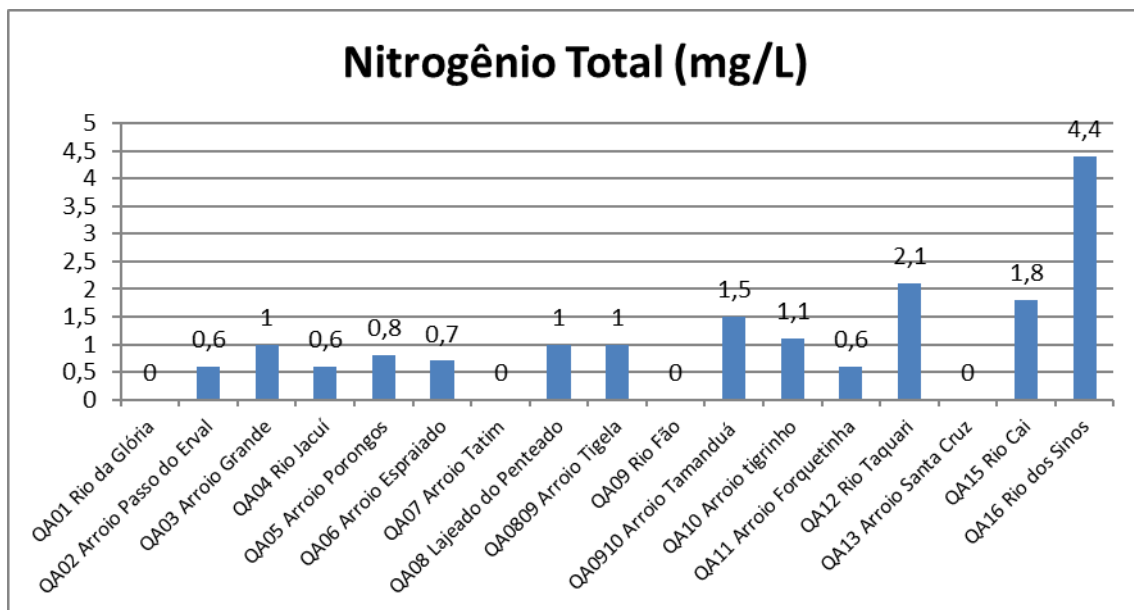


Figura 122 – Nitrogênio Total

O maior teor de nitrogênio observado corresponde ao valor de 4,4 mg/L na amostra QA16 Rio dos Sinos, e os menores valores observados estão abaixo do valor de detecção de 0,60 mg/L.

Não há valores estabelecidos para nitrogênio total.

5.1.5.2.2.10 Amônia

A presença de amônia pode ocasionar depleção na concentração do oxigênio dissolvido no processo de nitrificação, dando origem ao nitrito e nitrato. O nitrato, quando em altas concentrações, é tóxico para os seres vivos, e, dependendo da temperatura e do pH, a

amônia, na sua forma não ionizada, também é tóxica para os organismos aquáticos (Baird, 2002).

As frações de nitrogênio orgânico e amoniacal são formas reduzidas enquanto nitrito e nitrato são formas oxidadas. Segundo CETESB (2008), pode-se associar a idade da poluição com a relação entre as formas de nitrogênio.

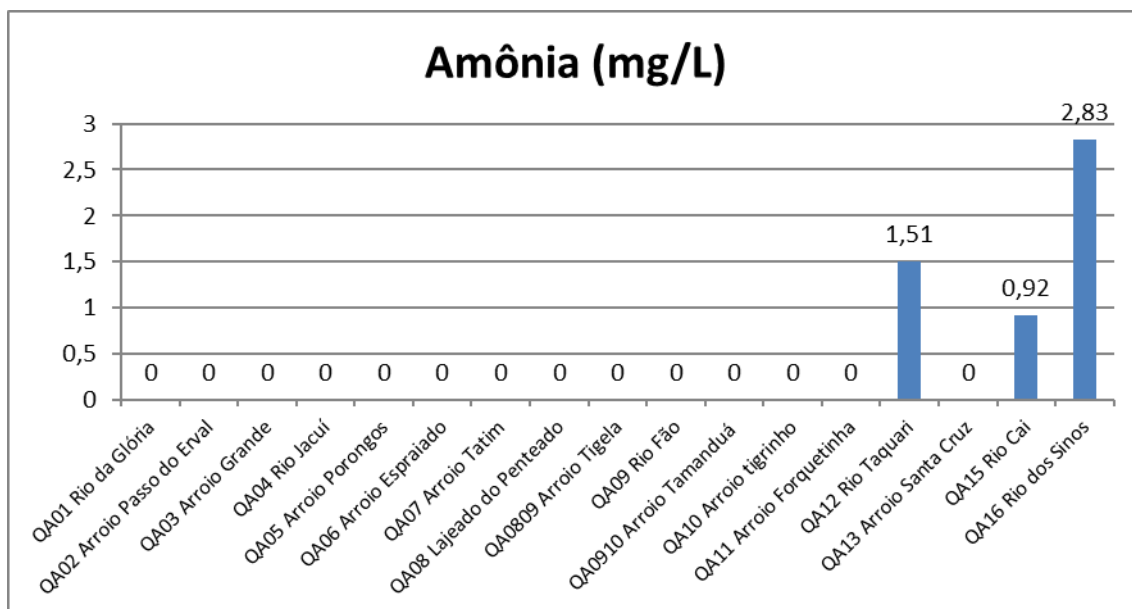


Figura 123 – Amônia

As amostras que não possuem resultados apresentados possuem concentração em Amônia menor que 0,700 mg/L estando fora do intervalo de detecção. O maior valor observado foi de 2,83 mg/L na amostra QA16 Rio dos Sinos.

A legislação estabelece amplitudes de Ph para a adequação à Classe 1 de águas. Como apresentado, não há grande variabilidade em Ph no espaço amostral aqui apresentado, valendo salientar que a amostra QA16 possui um Ph de 7,24.

De acordo com a resolução CONAMA 357 todas as amostras são adequáveis à tabela classificatória de águas doces presente na Seção II, Art. 14 – Tabela 1 – Classe 1 – Águas Doces.

Nitrogênio amoniacal total:

- 3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5
- 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0
- 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5
- 0,5 mg/L N, para pH > 8,5

5.1.5.2.2.11 Nitrato

O contaminante inorgânico de maior preocupação em águas subterrâneas é o íon nitrato, NO₃⁻, que normalmente ocorre em aquíferos de zonas rurais e suburbanas. O nitrato em águas subterrâneas origina-se principalmente de quatro fontes: aplicação de fertilizantes com

nitrogênio, bem como inorgânicos e de esterco animal, em plantações; cultivo do solo; esgoto humano depositado em sistemas sépticos e deposição atmosférica (Baird; Cann, 2011).

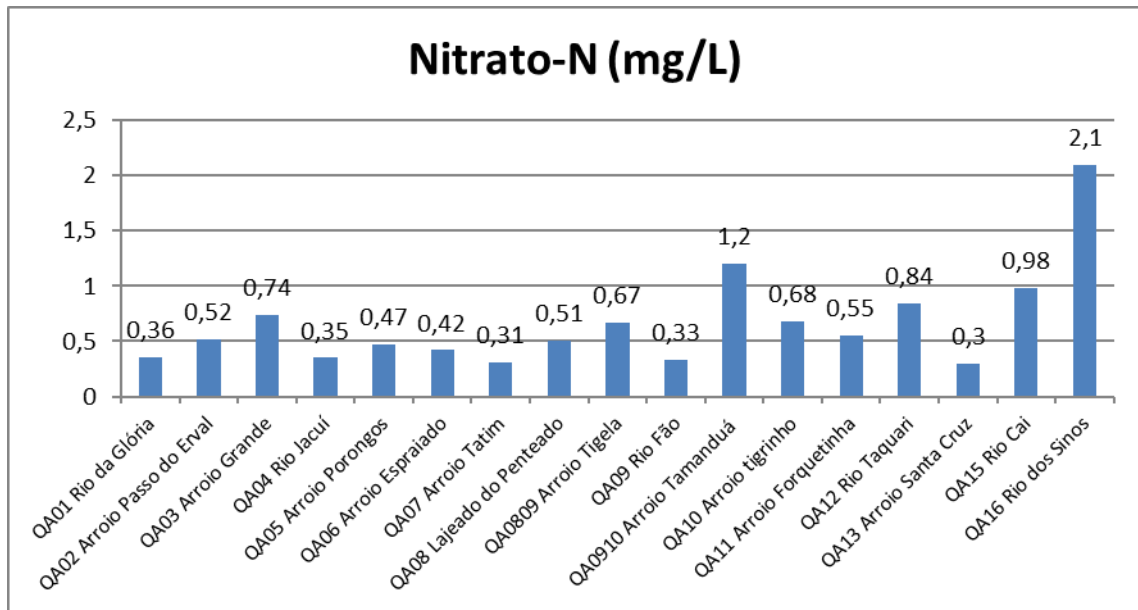


Figura 124 – Nitrato

O valor máximo de Nitrato – N observado nas amostras corresponde ao valor de 2,1 na QA16 Rio dos Sinos e o valor mínimo observado foi de 0,3 na QA13 Arroio Santa Cruz.

De acordo com a resolução CONAMA 357 todas as amostras são adequáveis à tabela classificatória de águas doces presente na Seção II, Art. 14 – Tabela 1 – Classe 1 – Águas Doces.

5.1.5.2.2.12 Óleos e Gorduras

De acordo com a Resolução CONAMA N°357/2005, a qualidade das águas Classe 1 devem também ser avaliadas com relação a condições visuais, tais como óleos e graxas. Os resultados de tal parâmetro demonstram que, de maneira geral, os ambientes amostrados não apresentaram materiais indicativos de poluição por fontes antrópicas nos pontos amostrados, uma vez que em todas as amostras estas substâncias foram.

Todas as amostras apresentaram índice de óleos e gorduras abaixo do intervalo de 10,0 mg/L, estando adequadas ao item c do Art. 14 da resolução CONAMA 357.

5.1.5.2.2.13 Sólidos Totais

O parâmetro sólidos totais dissolvidos (STD) é a soma de todos os constituintes químicos dissolvidos na água, medindo a concentração de substâncias iônicas e sendo expresso geralmente em mg.L-1.

A principal aplicação da determinação dos STD é de qualidade estética da água potável e como um indicador da presença de produtos químicos contaminantes. As fontes primárias de STD em águas receptoras são agrícolas e residenciais, lixiviados de contaminação do solo e

de fontes pontuais de descarga de poluição das águas industriais ou estações de tratamento de esgoto.

Dentre os sólidos dissolvidos na água pode haver íons orgânicos e íons inorgânicos, tais como o carbonato, bicarbonato, cloreto, sulfato, fosfato, nitrato, cálcio, magnésio e sódio, os quais em concentrações elevadas podem ser prejudiciais à vida aquática (EMBRAPA, 2011).

A Resolução CONAMA 357/2005 não estabelece limites para os sólidos totais dissolvidos (STD) em águas salinas e salobras, uma vez que a ocorrência de sólidos é uma característica intrínseca a estas águas, correlacionando-se com a salinidade.

De acordo com os resultados, todos os pontos apresentaram concentrações acima de 30.000 mg/L, indicando o aporte de material para tais áreas.

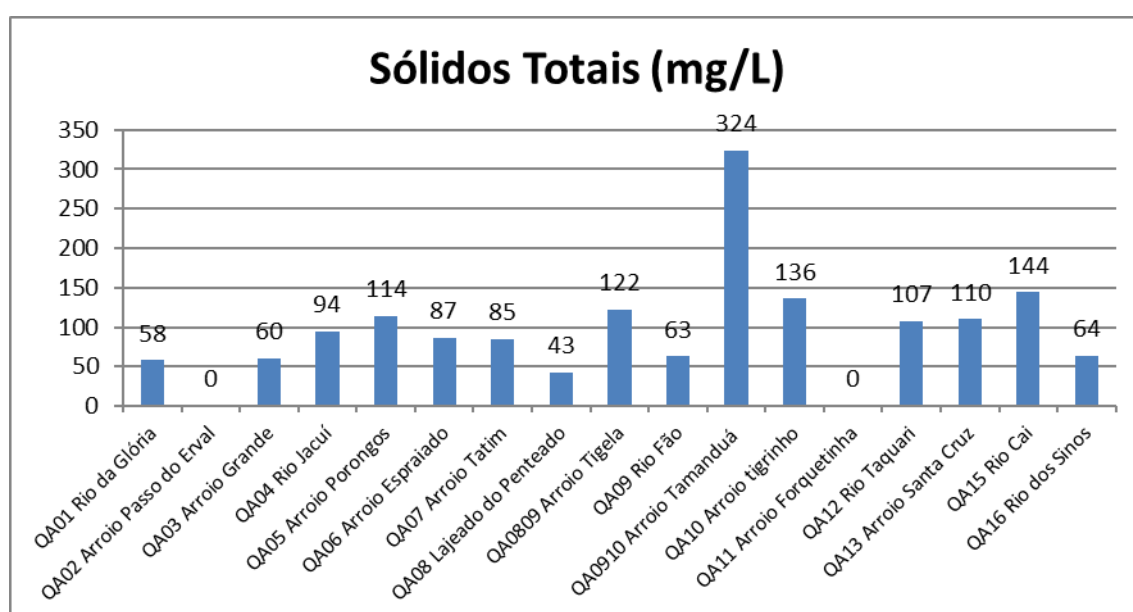


Figura 125 – Sólidos Totais

O maior valor observado nos sólidos totais corresponde ao valor de 324 mg/L na amostra QA09010, e o menor valor observado corresponde a um intervalo menor que o de detecção de 15,0 mg/L.

De acordo com a resolução CONAMA 357 todas as amostras são adequáveis à tabela classificatória de águas doces presente na Seção II, Art. 14 – Tabela 1 – Classe 1 – Águas Doces.

5.1.5.2.2.14 Coliformes Termotolerantes

O grupo coliformes refere-se a bactérias que normalmente habitam o trato intestinal dos animais de sangue quente, servindo, portanto, como indicadoras da contaminação de uma amostra de água por fezes. A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, desintéria bacilar e cólera. A *Escherichia coli* é o principal grupo de bactérias que identificam contaminação fecal (SPERLING, 2007).

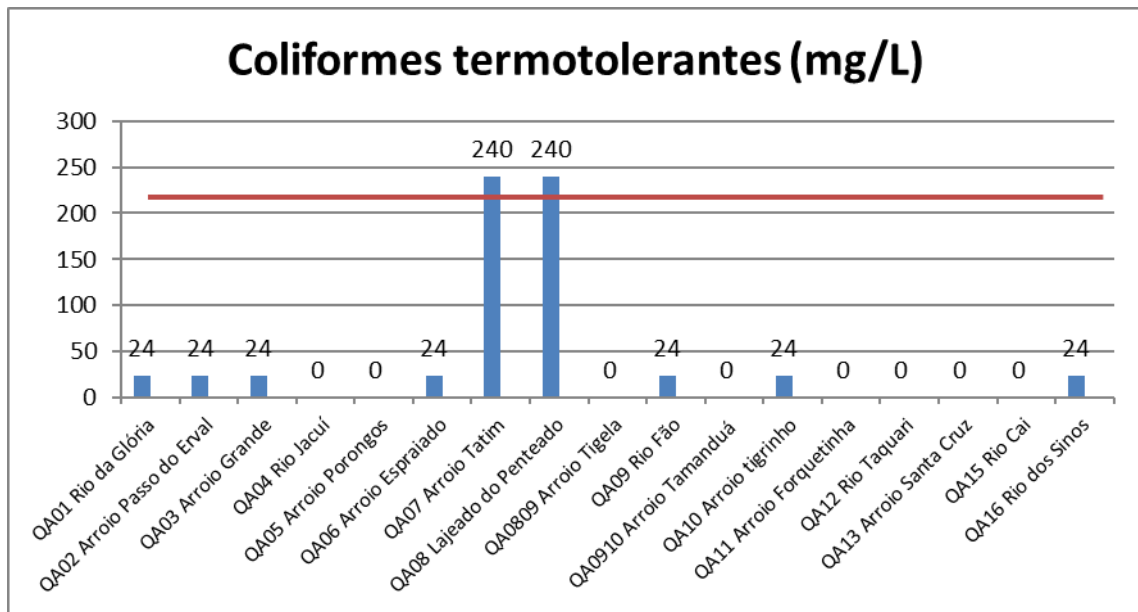


Figura 126 – Coliformes Termotolerantes

Os maiores valores observados correspondem a 240 NMP/100ml correspondentes às amostras QA08 Lajeado do Penteadão e QA07 Arroio Tatim. Os menores valores estão abaixo do intervalo de detecção de 1,1 NMP/100ml.

A resolução CONAMA 357. Secção II Art. 14. Item g. Estabelece um valor máximo de 200 NMP/100ml, excluindo, então as amostras de máximo supracitadas.

5.1.5.2.2.15 Escherichia Coli

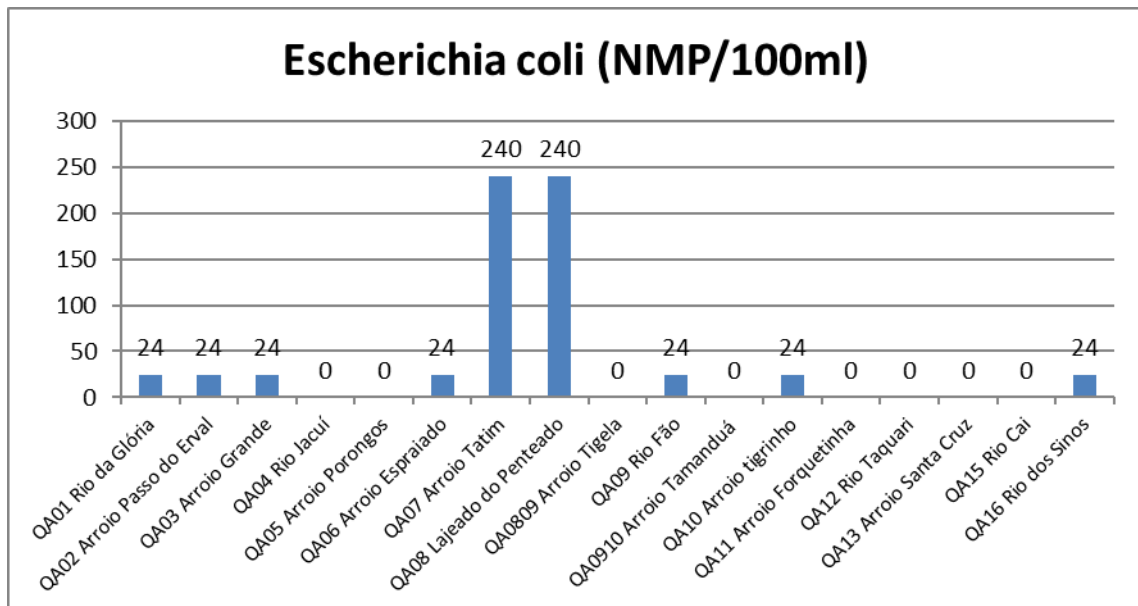


Figura 127 – Escherichia Coli

Os menores valores observados correspondem a intervalos fora do intervalo de detecção de 1,1. O maior valor observado é de 240 NMP/100 ml, correspondentes às amostras QA08 Lajeado do Penteadão e QA07 Arroio do Tatim.

A E. Coli poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

5.1.5.2.2.16 Vazão

A vazão representa a condição hídrica de corrente e volume do rio no momento da amostragem. As vazões foram medidas nos pontos de coleta d'água utilizando-se o método da boia flutuante, que consiste em medir a seção cruzada do rio, e a partir desta seção, foi utilizada uma boia para o cálculo da velocidade da corrente ao longo de um trecho retilíneo. Cada medida foi realizada até três vezes para cálculo da média.

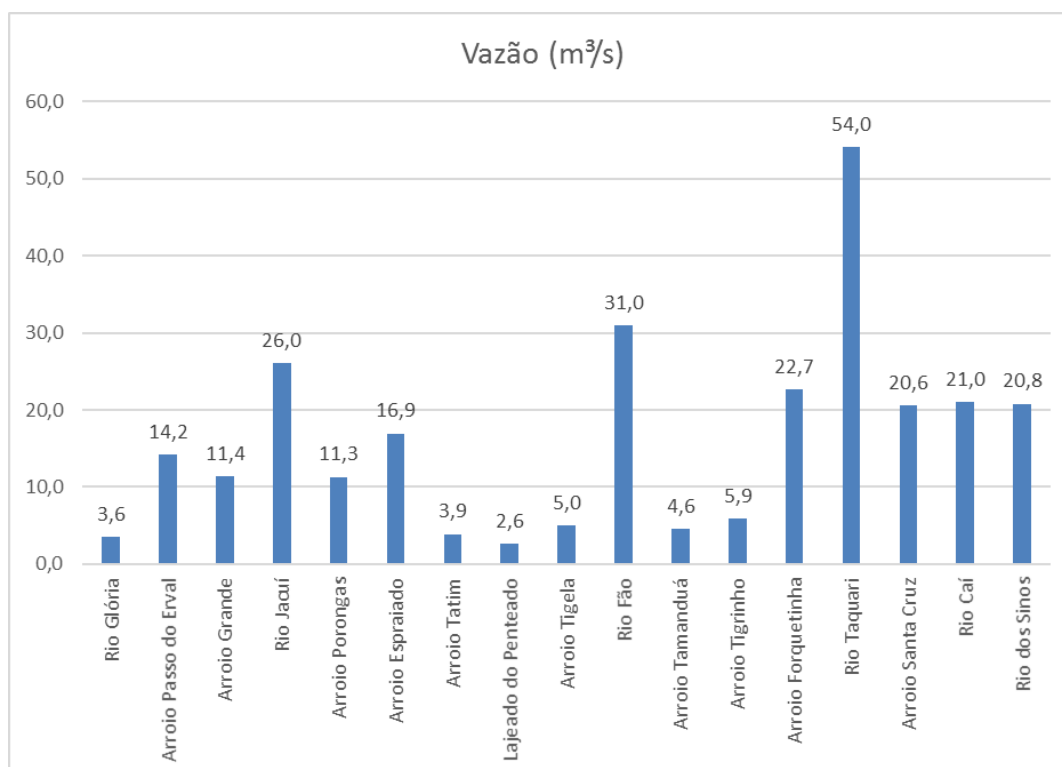


Figura 128 – Vazão

Tabela 49 – Vazões dos rios nos pontos de coleta no momento da amostragem.

Ponto	X	Y	Dren	Bacia	L	A	P	Q
QA_01	331339	6864220	Rio Glória	Alto Jacuí	8,6133	50,44	1500	3,6
QA_02	337245	6851740	Arroio Passo do Erval	Alto Jacuí	35,4427	220,954	1500	14,2
QA_03	340838	6843400	Arroio Grande	Alto Jacuí	12,4622	148,015	1500	11,4
QA_04	342936	6835260	Rio Jacuí	Alto Jacuí	69,6718	1130,87	1500	26,0
QA_05	342165	6831170	Arroio Porongas	Alto Jacuí	33,32	147,169	1500	11,3
QA_06	347600	6821700	Arroio Espreado	Alto Jacuí	43,202	321,293	1500	16,9
QA_07	358876	6807430	Arroio Tatim	Taquari-Antas	11,8532	44,2648	1350	3,9

Ponto	X	Y	Dren	Bacia	L	A	P	Q
QA_08	361945	6803400	Lajeado do Penteadado	Taquari-Antas	24,8	37,6161	1350	2,6
QA_0809	370116	6790020	Arroio Tigela	Taquari-Antas	9,144	50,4225	1350	5,0
QA_09	386518	6766200	Rio Fão	Taquari-Antas	81,7652	1286,56	1350	31,0
QA_0910	388492	6762460	Arroio Tamanduá	Taquari-Antas	12,5025	48,003	1350	4,6
QA_10	392912	6755910	Arroio Tigrinho	Taquari-Antas	11,4	56,835	1350	5,9
QA_11	400285	6746010	Arroio Forquetinha	Taquari-Antas	47,45	457,07	1350	22,7
QA_12	407541	6739630	Rio Taquari	Taquari-Antas	409,55	22584,5	1350	54,0
QA_13	431986	6715110	Arroio Santa Cruz	Taquari-Antas	41,79	353,088	1350	20,6
QA_15	466109	6700820	Rio Caí	Caí	220,368	4972,97	1100	21,0
QA_16	476547	6694790	Rio dos Sinos	Sinos	158,065	3750,34	1100	20,8



Figura 129 – Medidas da profundidade do rio por régua graduada (imagens superior esquerdo e centro direito) e por cordas com pesos (inferior esquerdo) para reconhecimento da seção transversal do rio; monitoramento do tempo do percurso da boia ao longo de um trecho com com distância conhecida (superior direito, centro esquerdo e inferior direito) para reconhecimento da velocidade de corrente.

5.1.5.2.3 Classificação das águas conforme resolução CONAMA 357/2005

Nove amostras de águas ao longo da BR-386/RS apresentam classificação compatível à Classe 1. No entanto, a classificação encontrada para o rio Jacuí não é a mesma estabelecida no enquadramento da SEMA-RS. Seis amostras apresentam-se como de Classe 2, devido, principalmente, aos teores de coliformes e fósforo. Uma amostra corresponde à Classe 4 (Tabela 50).

Tabela 50 - Enquadramento das águas conforme resolução CONAMA 357/2005

Rio	Classe	
	EIA	SEMA-RS
Rio Glória	1	-
Arroio Passo do Erval	1	-
Arroio Grande	1	-
Rio Jacuí	1	4
Arroio Porongas	1	-
Arroio Espraiado	1	-
Arroio Tatim	2	-
Lajeado do Penteado	2	-
Arroio Tigela	1	-
Rio Fão	2	2
Arroio Tamanduá	1	-
Arroio Tigrinho	2	-
Arroio Forquetinha	1	-
Rio Taquari	2	2
Arroio Santa Cruz	1	-
Rio Caí	2	2
Rio dos Sinos	4	4

5.1.5.2.4 Índice de Qualidade da Água – IQA

O índice de qualidade de água é calculado a partir de dados, relacionados a parâmetros importantes para abastecimento público, com pesos fixados de acordo com o seu grau de importância (Tabela 51). Estes parâmetros são indicadores de poluição por lançamento de efluentes domésticos. Este tipo de avaliação é restrito, pois não considera dados de substâncias tóxicas, protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água.

Tabela 51 - Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e respectivo peso.

Parâmetro de Qualidade da Água	Peso
Oxigênio Dissolvido	0,17
Coliformes Fecais/Termotolerantes	0,15
Potencial Hidrogeniônico	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,1
Temperatura da Água	0,1

Parâmetro de Qualidade da Água	Peso
Nitrogênio Total	0,1
Fósforo Total	0,1
Turbidez	0,08
Sólidos Totais	0,08

Fonte: <http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx>

O IQA é calculado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice, a partir da seguinte fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Onde:

- O IQA é o Índice de Qualidade das Águas;
- q_i é a qualidade do i -ésimo parâmetro, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade” (Figura 67), em função de sua concentração ou medida;
- w_i é o peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Onde n corresponde ao número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

A definição da qualidade relativa de cada parâmetro foi estabelecida em curvas de variação que relacionam o respectivo valor do parâmetro a uma nota, variável entre 0 e 100, sendo o valor 100 para a melhor qualidade (Tabela 52).

Tabela 52 - Classificação do Índice de Qualidade da Água (CETESB)

Valor	Qualificação
$0 < IQA \leq 20$	Muito Ruim
$25 < IQA \leq 37$	Ruim
$50 < IQA \leq 52$	Médio
$70 < IQA \leq 80$	Bom
$90 < IQA \leq 100$	Excelente

Neste estudo foi aplicado um método computacional para ajustar uma equação para cada nuvem de pontos “valor da característica x nota”, a fim de facilitar o cálculo da qualidade relativa (q_i).

5.1.5.2.4.1 Resultados do IQA

Aplicando-se o Índice de Qualidade de Água (IQA) para os resultados obtidos nas análises efetuadas, verifica-se que as águas dos cursos d'água avaliados podem ser consideradas

como de qualidade “média” ($50 < IQA \leq 70$) e “bom” ($70 < IQA \leq 90$). A tabela a seguir apresenta os resultados do cálculo de IQA para cada amostra.

Tabela 53 - IQA de amostras de água ao longo da BR-386/RS

Rio	IQA	Classificação
Rio Glória	82	Ótima
Arroio Passo do Erval	82	Ótima
Arroio Grande	79	Boa
Rio Jacuí	92	Ótima
Arroio Porongas	89	Ótima
Arroio Espreado	83	Ótima
Arroio Tatim	77	Boa
Lajeado do Penteadado	73	Boa
Arroio Tigela	91	Ótima
Rio Fão	82	Ótima
Arroio Tamanduá	88	Ótima
Arroio Tigrinho	82	Ótima
Arroio Forquetinha	90	Ótima
Rio Taquari	86	Ótima
Arroio Santa Cruz	90	Ótima
Rio Caí	89	Ótima
Rio dos Sinos	74	Boa

Conforme metodologia da CETESB para classificação das águas, todos os rios apresentam índice de qualidade bom a ótimo. A renovação hídrica constante e a generalização de tratamento de efluentes domésticos contribuem para a qualidade dos recursos hídricos.

Para observação individualizada, foi realizada uma análise de comparação das mesmas bases de parâmetros para todas as amostras, conforme IQA da *National Sanitation Foundation* que demonstra, por meio gráfico:

- Porcentagem do qi^w máximo possível para cada parâmetro: permite comparar os parâmetros na mesma base;
- o valor de 100% indica que o parâmetro está na melhor qualidade possível.

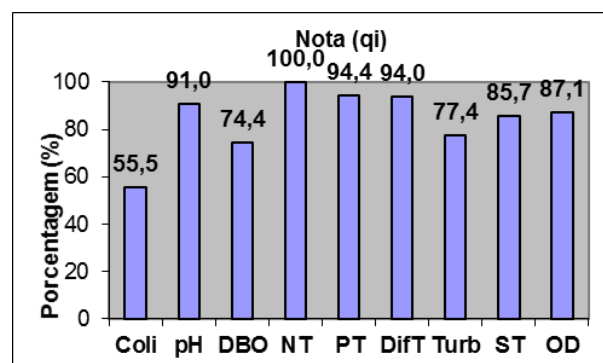


Figura 130 - IQA da NSF para rio Glória

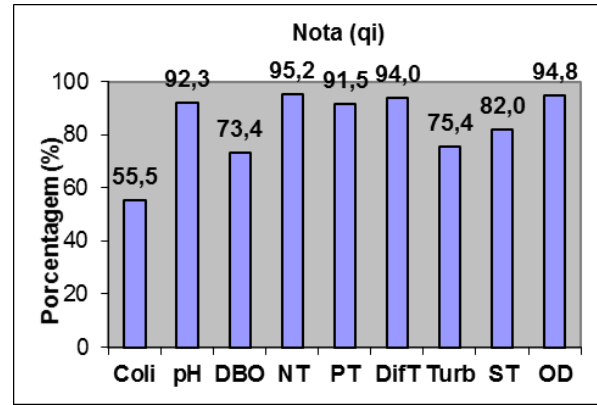


Figura 131 - IQA da NSF para arroio passo do Herval

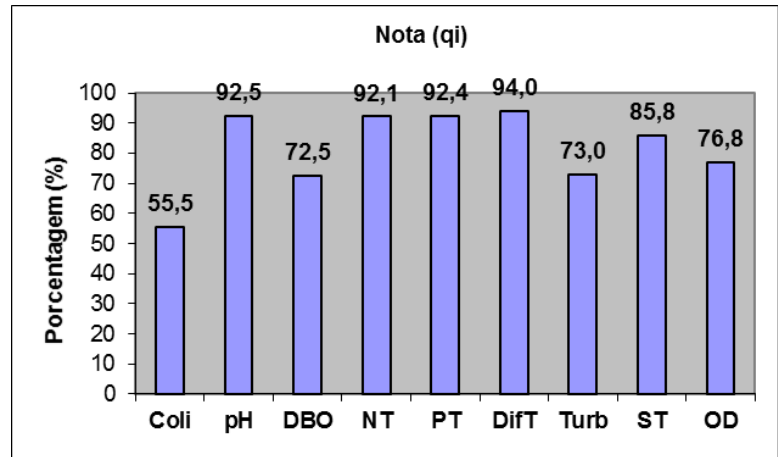


Figura 132 - IQA da NSF para arroio Grande

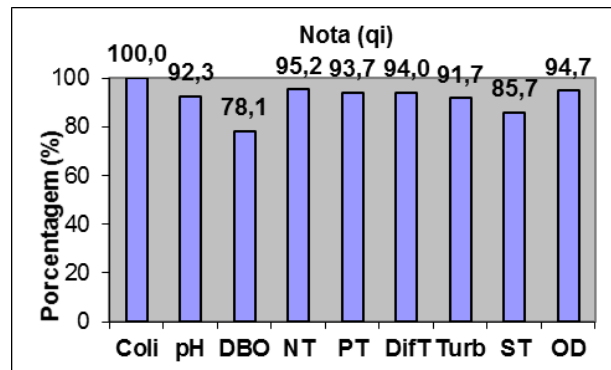


Figura 133 - IQA da NSF para rio Jacuí

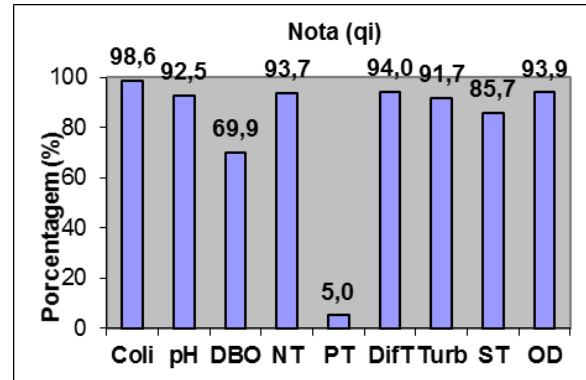


Figura 134 - IQA da NSF para rio Porongas

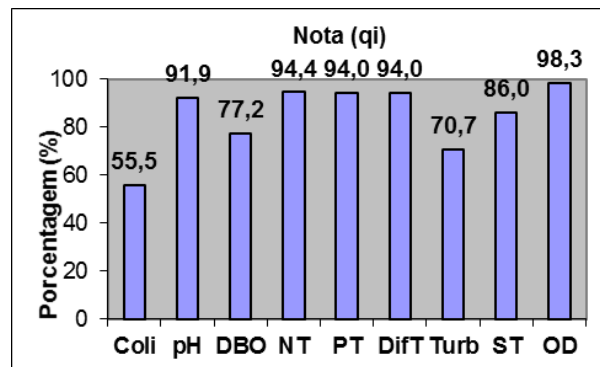


Figura 135 - IQA da NSF para rio Espiraído

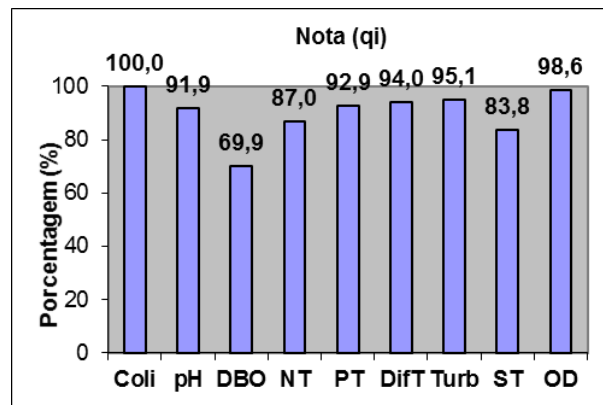
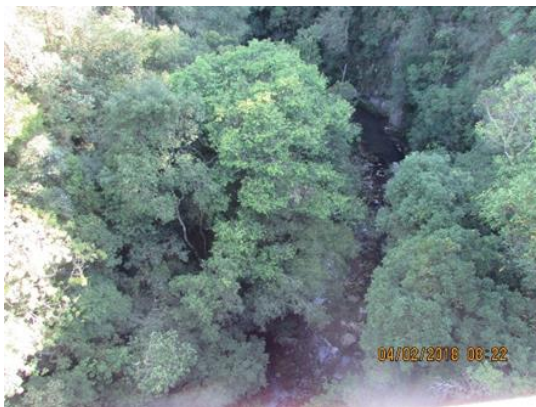


Figura 136 - IQA da NSF para rio Tigela

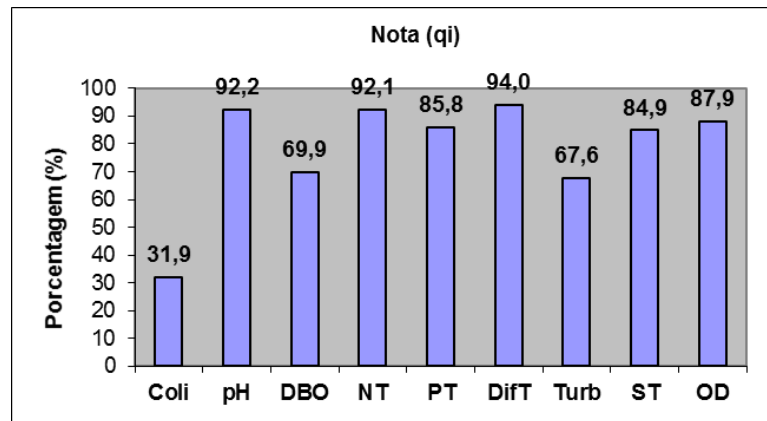


Figura 137 - IQA da NSF para arroio Penteado

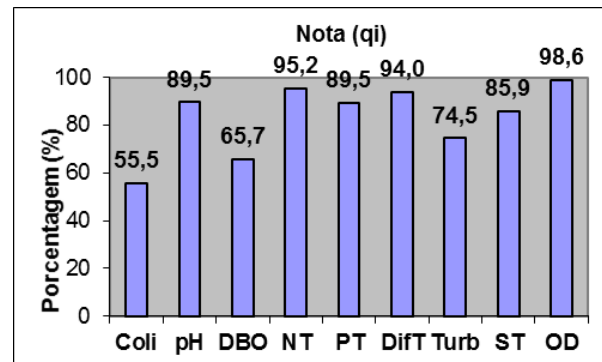


Figura 138 - IQA da NSF para rio Fão

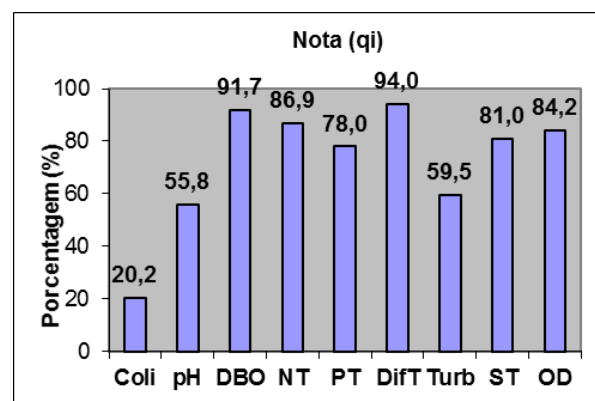


Figura 139 - IQA da NSF para arroio Tamanduá

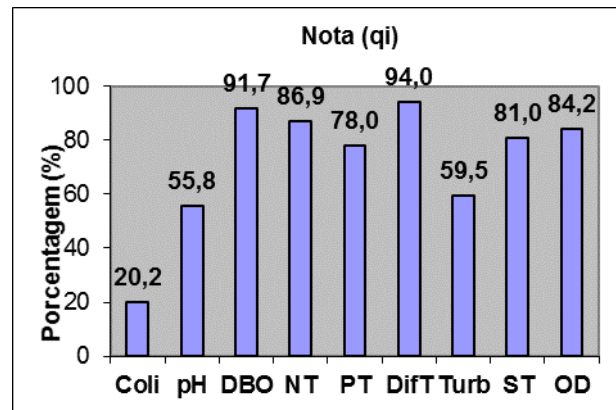


Figura 140 - IQA da NSF para arroio Tigrinho

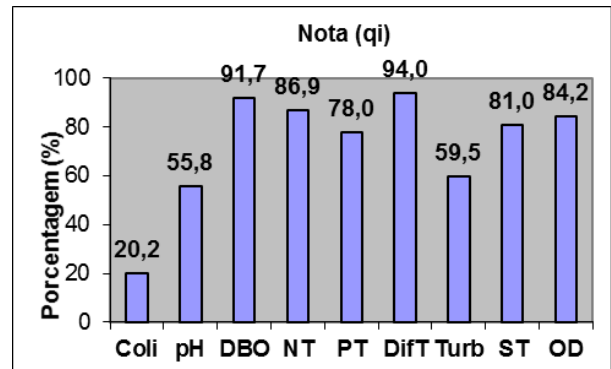


Figura 141 - IQA da NSF para arroio Forquetinha

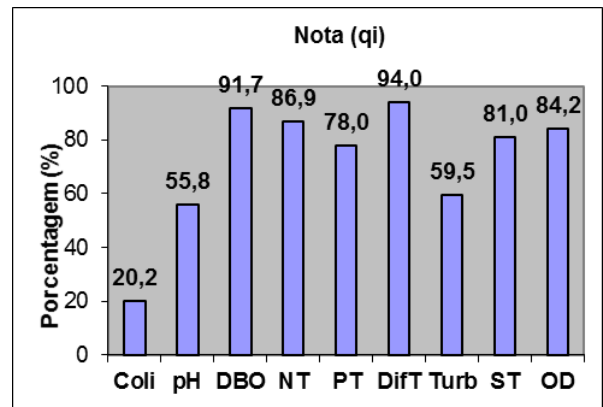


Figura 142 - IQA da NSF para rio Taquari

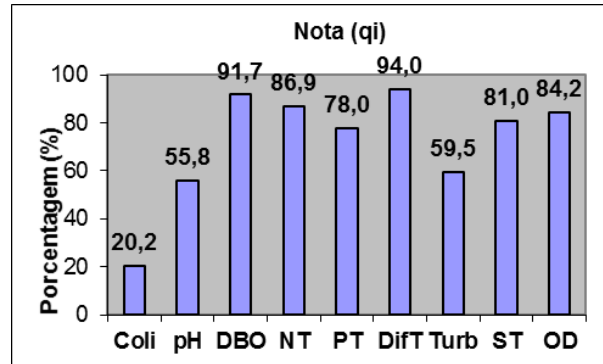


Figura 143 - IQA da NSF para arroio Santa Cruz

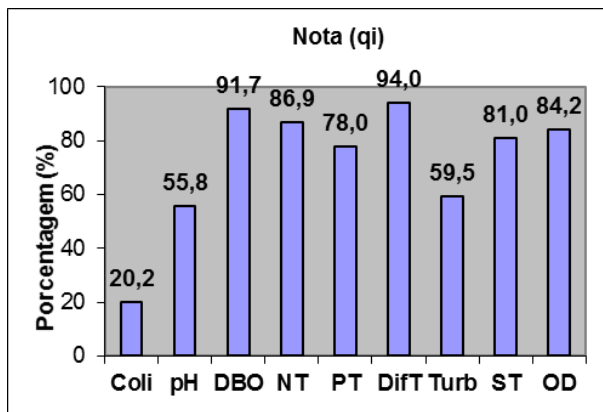


Figura 144 - IQA da NSF para rio Caí

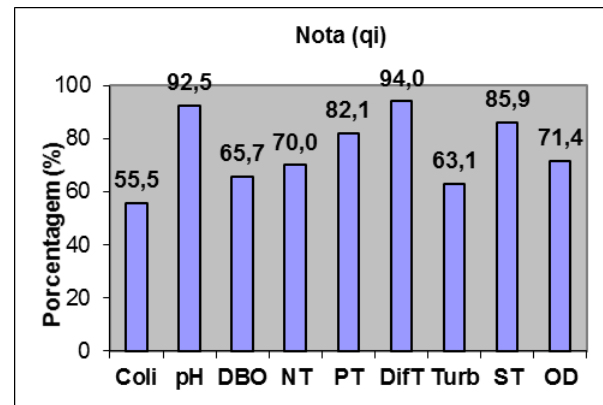


Figura 145 - IQA da NSF para rio dos Sinos

Observa-se que há atendimento de cada parâmetro em mais de 50% dos níveis possíveis de qualidade. Os rios que apresentam maiores índices na maioria dos aspectos, são os que também os que apresentam maior IQA conforme metodologia CETESB.

5.1.6 RUÍDO E VIBRAÇÃO

5.1.6.1 Ruído

O som é um fenômeno físico decorrente de vibrações mecânicas propagadas em um meio elástico (como o ar) perceptível ao aparelho auditivo humano na faixa de frequência de 16 Hz a 20 KHz. O som ou conjunto de sons constituído pela superposição aleatória de vibrações compõem movimentos oscilatórios não harmônicos denominado ruídos (Calixto, 2002). O som que, direta ou indiretamente, é ofensivo ou nocivo à saúde, à segurança e ao bem-estar da coletividade é considerado poluição sonora (GDF, 2008).

Conforme a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº. 6.938/1981), a poluição é a “degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: i) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; ii) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; iii) afetem desfavoravelmente a biota; iv) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; v) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos”.

A exposição prolongada do ouvido humano a ambientes com ruídos elevados e constantes pode provocar a perda da audição. Outros sons menos intensos, mesmo que não conduzam danos graves, influem negativamente no bem-estar físico, psíquico e social. Os níveis máximos de ruído recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) para ambientes de convivência humana são apresentados na Tabela 54.

Tabela 54 - Níveis limites de ruído segundo a OMS.

Locais	Nível de ruído
	Limite dB(A)
Interferência na comunicação – torna difícil a conversa entre duas pessoas, ou dificulta falar no telefone, ou ouvir rádio ou televisão.	50
Risco de perda auditiva – a pessoa exposta pode contrair perda de audição induzida por ruído para exposições de 8 horas diárias.	75
Perturbação do sono – a pessoa não relaxa totalmente durante o sono, não atingindo os estágios mais profundos do sono e reduzindo o tempo.	30
Estresse leve com excitação do sistema nervoso e produção de desconforto acústico.	55
Perda da concentração e do rendimento em tarefas que exijam capacidade de cálculo.	60
Escolas – no interior das salas de aulas.	30
Hospitais – em quartos e apartamentos.	35

No Brasil, as diretrizes e normativas para medição e avaliação do ruído em ambientes são fixados pela NBR 10.151/2003, que trata da avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade, e a NBR 10.152/1987, que fixa níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes internos diversos.

As características da transmissão sonora são vinculadas aos meios de propagação. Qualquer estimativa para tentar identificar a influência junto às comunidades que vivem próximas ao empreendimento deve considerar uma série de fenômenos físicos.

Os principais fatores que intervêm na propagação e que contribuem significativamente para a atenuação do som são os seguintes:

- Dispersão da energia no meio-;
- Atenuação do ruído no ar;
- Reflexão e difração em obstáculos sólidos (valas, muros, barreiras vegetais, etc.);
- Reflexão causada por variações de vento, umidade e temperatura;
- Reflexão e absorção pelo solo.

O nível de intensidade sonora, ao afastar-se da fonte de ruído, diminui em 6 dB cada vez que se duplica a distância à fonte. Isto é devido, principalmente, à divergência das ondas irradiadas desde a fonte (Figura 146).

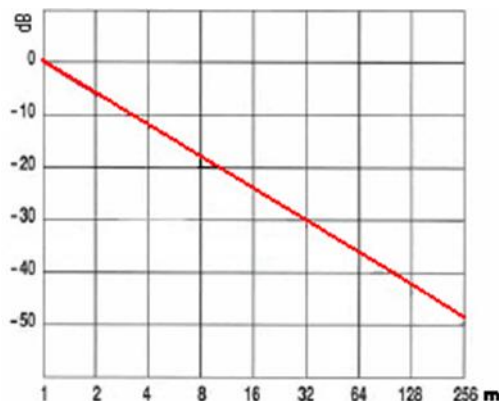


Figura 146 - Diminuição da intensidade sonora em relação ao afastamento da fonte.
<http://www.sengpielaudio.com/calculator-distance.htm>

A atenuação do som no ar, que pode ser expresso em dB por metro, compõe-se de duas partes bem diferenciadas: uma que aparece para as frequências elevadas, devido ao efeito combinado da condutividade térmica do ar, a absorção de energia das moléculas e a viscosidade, e outra que depende fortemente dos valores de umidade do ar e que é devida à vibração molecular.

A atenuação é tão menor quanto maior seja o grau de umidade relativa do ar. Assim, pode-se dizer que os níveis de ruído são maiores em dias com névoa, em que as atenuações são mais baixas do que em dias limpos.

5.1.6.1.1 Metodologia

5.1.6.1.1.1 Medições de Ruído Ambiental

A caracterização do ruído ambiental na área de estudo do empreendimento foi feita a partir de dados levantados em campo e os dados foram tratados conforme metodologia disposta na NBR 10.151/2000 “Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento” da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Os levantamentos *in situ* ocorreram entre os dias 31 de janeiro e 08 de fevereiro de 2018 nos períodos diurno e noturno.

O método de avaliação envolve as medições do nível de pressão sonora equivalente (Leq). Foi utilizado o medidor de nível de pressão sonora ajustado na curva de ponderação "A", na faixa de 30 a 130 dB, com a constante de tempo de resposta lenta (Slow = RMS da pressão sonora em 1 segundo) e tomada de medida a cada 5 segundos num período de 5 minutos, mantendo-se o medidor afastado aproximadamente 1,20 m do chão e pelo menos 2,00 m de quaisquer outras superfícies refletoras.

5.1.6.1.1.2 Definição dos Pontos de Medição

Os locais selecionados para amostragem de ruídos situam-se às margens da rodovia. Foram priorizadas dez áreas sensíveis que apresentam escola, núcleos residenciais e elevadas concentração e fluxo de pessoas.

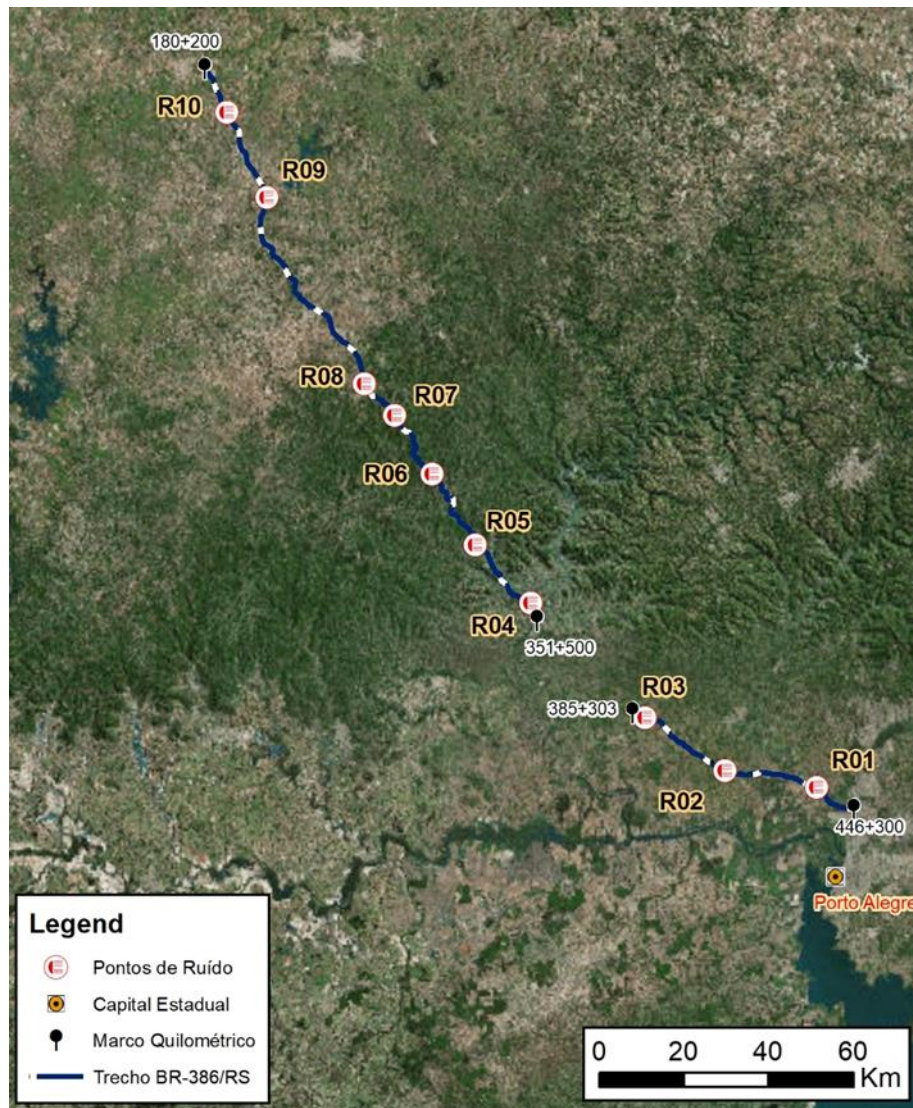


Figura 147 – Localização dos pontos de amostragem de ruídos

5.1.6.1.2 Definição dos Parâmetros Avaliados

As medidas foram realizadas utilizando o filtro de frequência no modo (A). Foram avaliados os seguintes parâmetros acústicos: Nível equivalente de pressão sonora (L_{eq}), L_{90} , L_{10} , L_{min} e L_{max} que estão definidos a seguir.

Nível equivalente de pressão sonora - L_{eq}

Nível contínuo equivalente ao som produzido durante um dado período de tempo. Nível de pressão sonora equivalente, L_{eq} , em dB, é calculado de acordo com NBR 10.151/2000 pela Equação 1:

Equação 1

$$L_{eq} = 10 \times \log_{10} \left(\frac{1}{T} \int_0^T \frac{P(t)^2}{P_0^2} dt \right)$$

Onde, T é a duração do período de referência (tempo total de medida); P(t) é a pressão sonora instantânea; P_0 é pressão sonora de referência ($2,0 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$). O L_{eq} é medido no modo de ponderação A.

L_{90} , L_{10} , L_{min} e L_{max} :

L_{90} - nível de pressão sonora excedido em 90% do tempo de medida efetiva;

L_{10} - nível de pressão sonora excedido em 10% do tempo de medida efetiva;

L_{min} - menor nível de pressão sonora num determinado intervalo de tempo;

L_{max} - maior nível de pressão sonora num determinado intervalo de tempo.

5.1.6.1.2.1 Equipamentos Utilizados

As medições dos níveis de ruído foram realizadas com o equipamento eletrônico citado abaixo. Este aparelho atende às especificações da EB 386 da ABNT e IEC 651, conforme descrição do equipamento:

Tipo: Decibelímetro;

Marca: Instrutherm;

Modelo: IEC 61672 class 1;

Frequência: 31,5 a 8.000 Hz;

Curvas: "A" e "C";

Temperatura de atuação: 0º a 40ºC;

Resposta: Lenta (*slow*) e Rápida (*fast*);

Erro de precisão: não superior a 0,21 Db.

5.1.6.1.2.2 Procedimento de Calibração

Para aferição da precisão dos dados medidos foi utilizado calibrador de decibelímetro e dosímetro da marca Instrutherm, modelo CAL-3000, em conformidade com a IEC 942, classe 2, e a NBR 10.151/2003. O decibelímetro foi calibrado antes e depois das medições.

5.1.6.1.3 Critério Legal

Os limites para a constatação de poluição sonora são definidos pelo Nível de Critério de Avaliação (NCA), de acordo com a atividade em questão. Para comparar se os valores identificados na área em estudo encontram-se dentro dos valores permitidos tomou-se como base seguintes limites admissíveis de ruído dispostos na norma NBR 10.151/2000 (Tabela 55).

Tabela 55 - Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)

Tipos de Áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

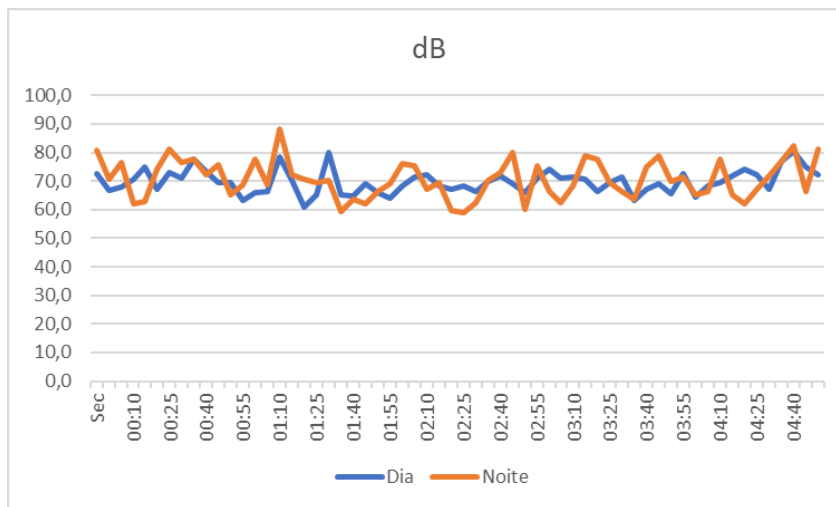
5.1.6.1.4 Resultados e Discussões

A seguir são apresentadas as fichas com a caracterização dos pontos de medição de ruído, nos períodos diurno e noturno, de forma individual, contendo as seguintes informações:

- Número do ponto de medição;
- Data;
- Hora inicial da medição;
- Hora final da medição;
- Ponderação da curva de amostragem;
- Resposta do ruído;
- Faixa de medição em dB;
- Coordenadas X e Y em Universal Transversa de Mercator (UTM) – SIRGAS2000;
- Estimativa in situ da radiação solar;
- Estimativa in situ da condição de cobertura das nuvens;
- Estimativa in situ da intensidade dos ventos;
- Estimativa in situ da Umidade relativa do ar;
- Ruído de fundo;
- IH - Interferência humana;

- IA - Interferência animal;
- VGP - Veículo de grande porte;
- VMP - Veículo de médio porte;
- VPP - Veículo de pequeno porte;
- RRR - Ruído de resposta rápida;
- EO - Equipamentos de obras.
- Observações de ruído de fundo;
- Descrição da área.

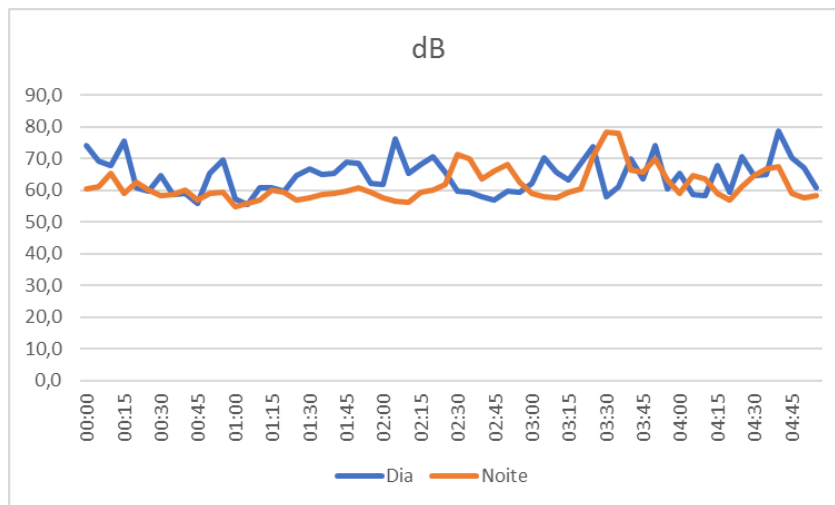
Ponto	Local	Período	Data	Hora Inicial	Hora Final
R1		Diurno			
		Noturno			
Dados de Configuração do Equipamento					
Ponderação:	Low	Resposta:	Slow	Faixa:	30-130 (dB)
Coordenadas UTM SIRGAS 2000 Zona 22					
X			Y		
473567			6698160		



		Ruído amostrado (dB/5s)																		
Diurno	72,6	66,6	67,9	70,5	74,8	67,3	73,0	71,1	77,7	73,5	69,3	69,4	63,1	66,0	66,3	78,3	70,1	60,9	65,0	80,0
	65,0	64,9	69,2	66,0	64,0	68,3	71,6	72,1	68,5	67,0	68,5	66,5	70,0	71,7	69,0	65,8	71,1	74,3	71,1	71,3
	70,8	66,4	69,3	71,6	63,1	67,0	69,0	65,5	72,7	64,3	68,5	69,4	71,9	74,1	72,4	67,1	76,9	80,3	74,8	72,2
Noturno	80,9	70,7	76,5	62,0	63,0	74,1	81,0	76,6	77,7	72,3	75,7	65,1	68,8	77,7	68,7	88,1	72,4	70,6	69,4	70,2
	59,5	63,8	61,9	66,3	69,0	76,3	75,3	67,1	69,5	59,6	58,8	62,5	70,2	72,8	80,0	60,1	75,4	66,2	62,3	68,4
	79,0	77,8	69,4	66,2	63,5	74,9	79,0	70,0	71,4	65,3	66,5	77,7	65,1	62,1	67,1	72,0	76,7	82,4	66,4	81,1

Período	Radiação Solar	Vento	Umidade	Nebulosidade	Ruído de Fundo
Diurno	Alta	Fraco	Baixa	Parcial	VGP, EO
Noturno	-	Fraco	Baixa	Parcial	VGP, EO

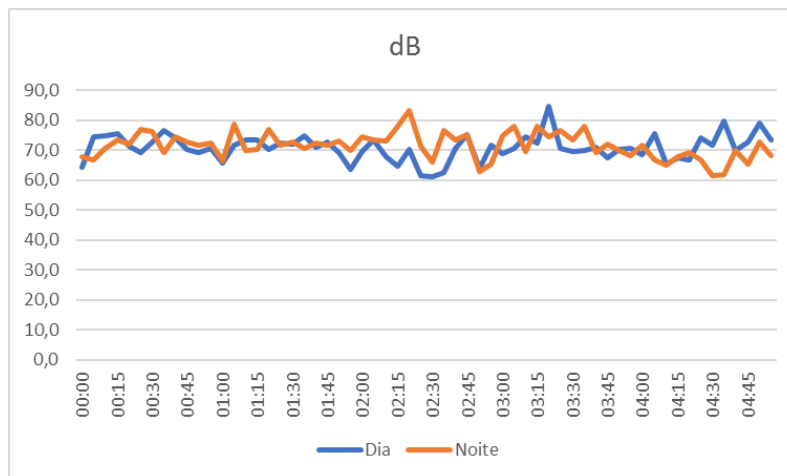
Ponto	Local	Período	Data	Hora Inicial	Hora Final
R2		Diurno			
		Noturno			
Dados de Configuração do Equipamento					
Ponderação:	Low	Resposta:	Slow	Faixa:	30-130 (dB)
Coordenadas UTM SIRGAS 2000 Zona 22					
X			Y		
452029			6702100		



		Ruído amostrado (dB/5s)																			
Diurno		74,3	69,4	67,8	75,5	60,8	59,7	64,5	58,8	58,9	55,8	65,3	69,7	57,2	55,5	60,9	60,7	59,7	64,8	66,9	65,1
		65,2	68,9	68,6	62,1	61,8	76,3	65,3	68,2	70,6	65,6	59,7	59,4	58,0	56,9	59,8	59,5	62,1	70,4	65,8	63,2
		68,7	73,7	58,0	61,0	70,1	63,5	74,0	60,3	65,3	58,7	58,4	67,9	59,5	70,5	64,8	64,9	78,6	70,2	67,0	60,7
Noturno		60,3	61,3	65,2	59,2	62,4	60,1	58,2	58,7	60,0	57,0	59,0	59,4	54,8	55,8	57,1	60,0	59,5	56,9	57,8	58,8
		59,1	59,8	60,8	59,4	57,8	56,7	56,4	59,4	60,2	62,0	71,3	69,9	63,7	66,0	68,0	62,4	59,2	58,1	57,5	59,4
		60,4	70,7	78,2	78,0	66,5	65,6	70,0	63,1	59,1	64,7	63,7	59,1	57,1	61,2	64,8	66,9	67,4	59,1	57,5	58,5

Período	Radiação Solar	Vento	Umidade	Nebulosidade	Ruído de Fundo
Diurno	Alta	Fraco	Baixa	Parcial	VGP, EO
Noturno	-	Fraco	Baixa	Parcial	VGP, EO

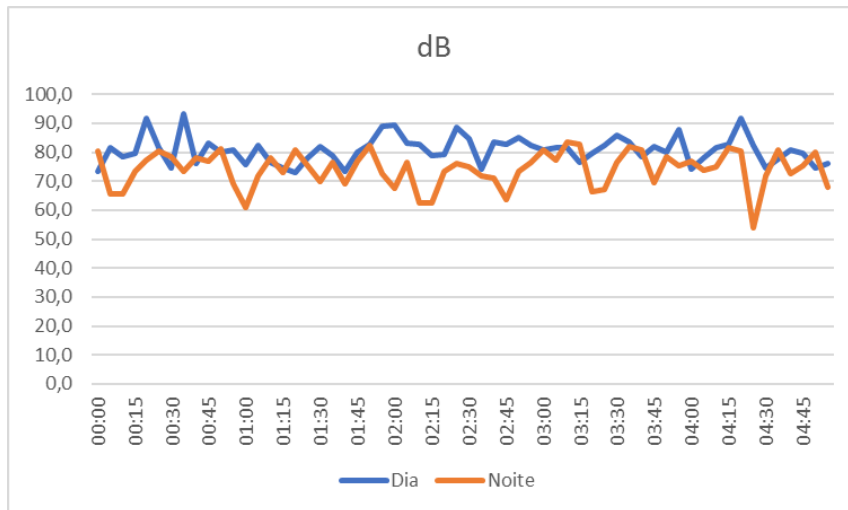
Ponto	Local	Período	Data	Hora Inicial	Hora Final
R3		Diurno			
		Noturno			
Dados de Configuração do Equipamento					
Ponderação:	Low	Resposta:	Slow	Faixa:	30-130 (dB)
Coordenadas UTM SIRGAS 2000 Zona 22					
X			Y		
433158			6714670		



Ruído amostrado (dB/5s)																				
Diurno	64,3	74,5	74,8	75,7	71,4	69,4	72,8	76,6	74,0	70,3	69,2	70,6	65,7	71,7	73,6	73,4	70,2	72,4	72,0	74,8
	71,0	72,7	69,4	63,5	69,5	73,6	67,8	64,6	70,4	61,4	61,1	62,6	70,5	75,3	63,8	71,6	69,0	70,6	74,6	72,3
	84,5	70,7	69,5	70,1	71,1	67,6	70,2	70,6	68,5	75,6	65,5	67,6	66,9	74,2	71,8	79,8	70,0	72,6	79,0	73,3
Noturno	67,7	66,9	70,7	73,5	72,1	77,1	76,3	69,2	74,4	72,6	71,6	72,4	66,4	78,6	69,9	70,4	77,0	71,8	72,6	70,8
	72,5	71,7	73,2	69,9	74,6	73,4	73,1	77,9	83,4	71,3	66,0	76,6	73,3	75,2	62,8	65,5	74,7	78,0	69,6	77,9
	74,6	76,6	73,5	77,9	69,2	72,2	69,9	68,1	71,6	66,8	65,0	67,7	69,2	66,6	61,4	61,7	70,0	65,5	72,8	68,2

Período	Radiação Solar	Vento	Umidade	Nebulosidade	Ruído de Fundo
Diurno	Alta	Fraco	Baixa	Parcial	VGP, EO
Noturno	-	Fraco	Baixa	Parcial	VGP, EO

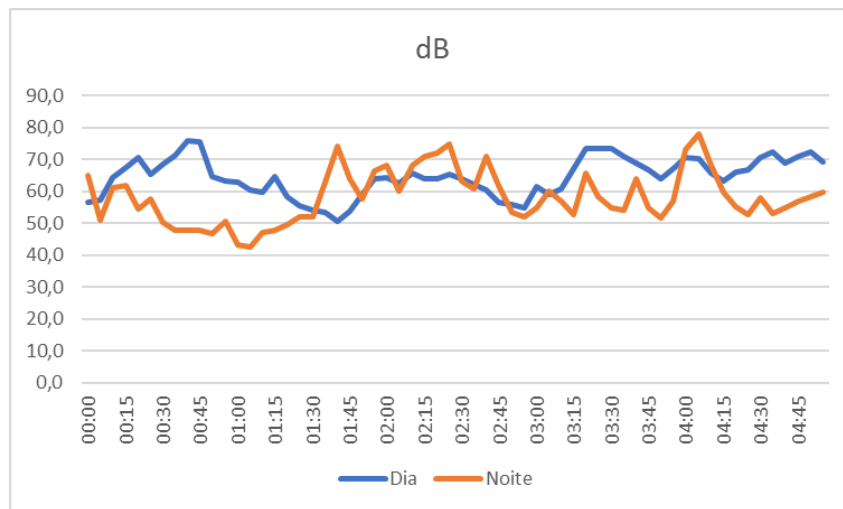
Ponto	Local	Período	Data	Hora Inicial	Hora Final
R4		Diurno			
		Noturno			
Dados de Configuração do Equipamento					
Ponderação:	Low	Resposta:	Slow	Faixa:	30-130 (dB)
Coordenadas UTM SIRGAS 2000 Zona 22					
X			Y		
406052			6741750		



		Ruído amostrado (dB/5s)																		
Diurno	73,4	81,5	78,6	79,6	91,6	81,7	74,4	93,2	76,1	83,2	80,1	81,0	75,9	82,5	76,5	74,6	73,1	78,1	82,1	78,8
	73,5	80,0	82,7	89,1	89,3	83,3	82,8	78,8	79,3	88,8	84,7	74,0	83,6	82,9	85,0	82,5	80,7	81,4	81,6	76,6
	79,6	82,5	86,0	83,7	78,6	82,0	80,2	87,8	74,3	78,1	81,7	82,6	91,9	82,2	74,4	77,6	80,7	79,6	74,4	76,3
Noturno	80,3	65,5	65,8	73,3	77,3	80,5	78,5	73,3	78,2	76,8	81,2	69,2	60,8	71,8	78,1	73,2	80,8	75,4	70,0	76,6
	69,2	77,1	82,4	72,7	67,5	76,4	62,4	62,6	73,6	76,3	74,8	71,9	71,0	63,5	73,5	76,7	81,0	77,4	83,5	82,8
	66,3	67,3	76,6	82,0	81,0	69,7	78,6	75,2	76,9	73,8	75,0	81,7	80,5	54,1	72,0	81,0	72,5	75,4	80,0	68,1

Período	Radiação Solar	Vento	Umidade	Nebulosidade	Ruído de Fundo
Diurno	Alta	Fraco	Baixa	Parcial	VGP, EO
Noturno	-	Fraco	Baixa	Parcial	VGP, EO

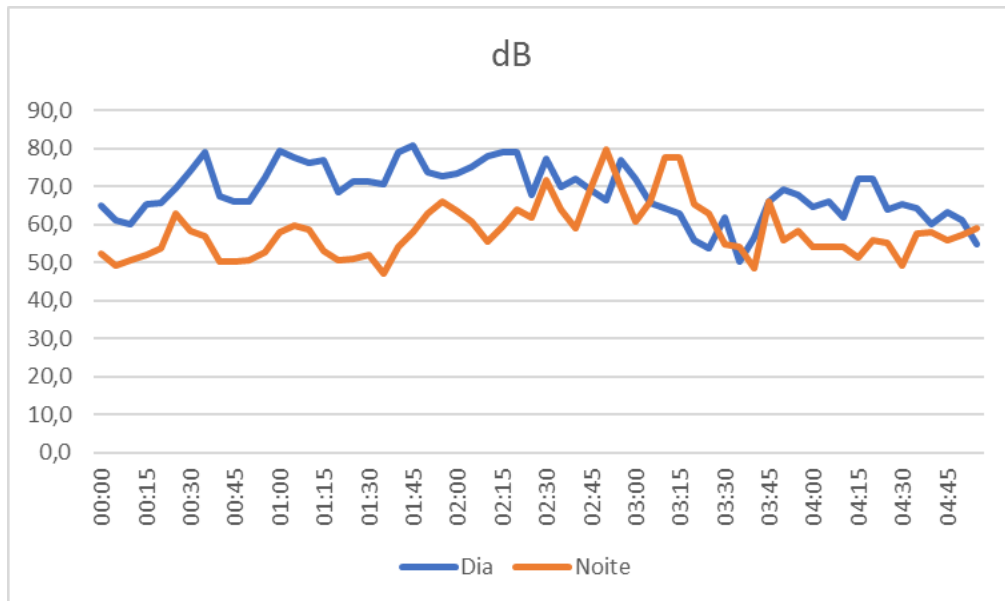
Ponto	Local	Período	Data	Hora Inicial	Hora Final
R5		Diurno			
		Noturno			
Dados de Configuração do Equipamento					
Ponderação:	Low	Resposta:	Slow	Faixa:	30-130 (dB)
Coordenadas UTM SIRGAS 2000 Zona 22					
X			Y		
392967			6755460		



		Ruído amostrado (dB/5s)																			
Diurno	56,5	57,3	64,3	67,3	70,7	65,4	68,6	71,4	75,9	75,6	64,7	63,1	63,0	60,5	59,6	64,5	58,4	55,6	54,0	53,6	
	50,8	53,8	59,0	63,9	64,3	62,6	65,6	64,1	64,1	65,2	63,8	62,3	60,3	56,6	55,8	55,0	61,6	59,2	60,9	67,1	
	73,3	73,4	73,5	71,0	68,8	66,9	63,9	67,0	70,6	70,3	65,6	63,2	66,1	66,8	70,7	72,4	69,0	70,9	72,4	69,4	
Noturno	64,9	51,0	61,0	61,8	54,5	57,8	50,3	47,8	47,8	47,7	46,9	50,8	43,4	42,5	47,1	48,0	49,5	52,1	52,2	62,8	
	74,1	63,9	57,8	66,3	68,3	60,0	68,1	70,9	72,2	74,7	63,2	60,9	71,1	61,8	53,3	51,9	55,0	60,2	56,8	52,8	
	65,8	58,4	54,9	54,0	63,8	54,8	51,7	56,9	73,2	77,9	68,0	59,9	55,2	52,9	58,1	53,1	54,8	56,8	58,4	59,8	

Período	Radiação Solar	Vento	Umidade	Nebulosidade	Ruído de Fundo
Diurno	Alta	Fraco	Baixa	Parcial	VGP, EO
Noturno	-	Fraco	Baixa	Parcial	VGP, EO

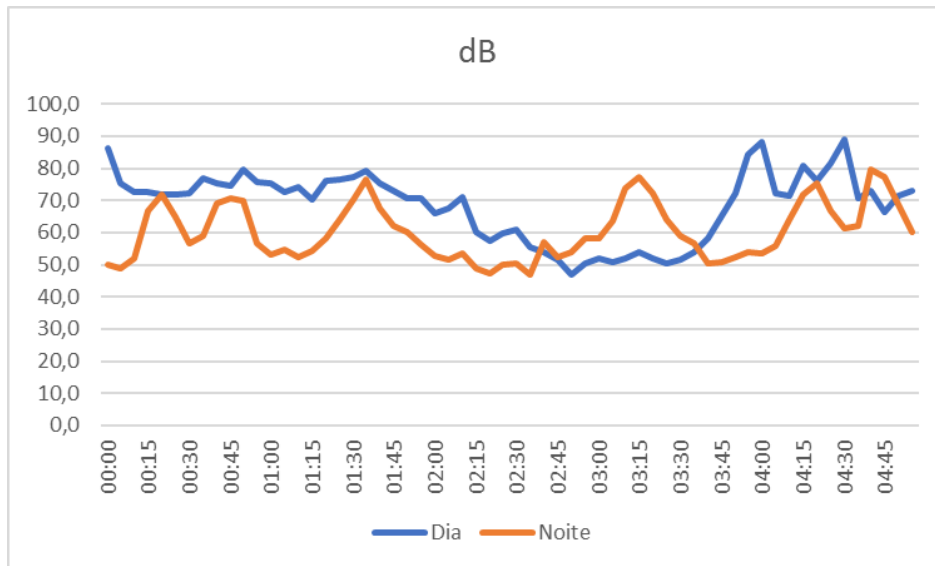
Ponto	Local	Período	Data	Hora Inicial	Hora Final
R6		Diurno			
		Noturno			
Dados de Configuração do Equipamento					
Ponderação:	Low	Resposta:	Slow	Faixa:	30-130 (dB)
Coordenadas UTM SIRGAS 2000 Zona 22					
X			Y		
382717			6772340		



Ruído amostrado (dB/5s)																				
Diurno	64,9	61,2	60,0	65,4	65,6	69,6	74,1	79,0	67,5	66,2	66,1	72,3	79,3	77,6	76,2	77,0	68,4	71,4	71,4	70,5
	78,9	80,9	73,9	72,7	73,6	75,2	77,9	79,2	79,2	67,7	77,4	70,0	72,0	69,2	66,5	76,8	72,0	65,6	64,3	62,8
	55,8	53,9	61,9	50,3	56,6	65,9	69,1	67,9	64,7	66,1	62,0	72,2	72,2	64,1	65,3	64,3	60,0	63,2	61,0	55,0
Noturno	52,4	49,3	50,8	51,9	53,8	62,9	58,4	56,9	50,4	50,3	50,8	52,9	57,9	59,8	58,7	53,1	50,8	51,1	52,0	47,0
	54,3	58,0	62,8	66,2	63,7	60,8	55,4	59,3	64,1	61,8	71,8	64,1	59,2	69,1	79,8	69,8	60,8	66,0	77,7	77,8
	65,2	62,8	54,9	54,2	48,7	66,2	55,8	58,3	54,1	54,1	54,3	51,3	55,8	55,1	49,3	57,8	58,0	56,0	57,4	59,0

Período	Radiação Solar	Vento	Umidade	Nebulosidade	Ruído de Fundo
Diurno	Alta	Fraco	Baixa	Parcial	VGP, EO
Noturno	-	Fraco	Baixa	Parcial	VGP, EO

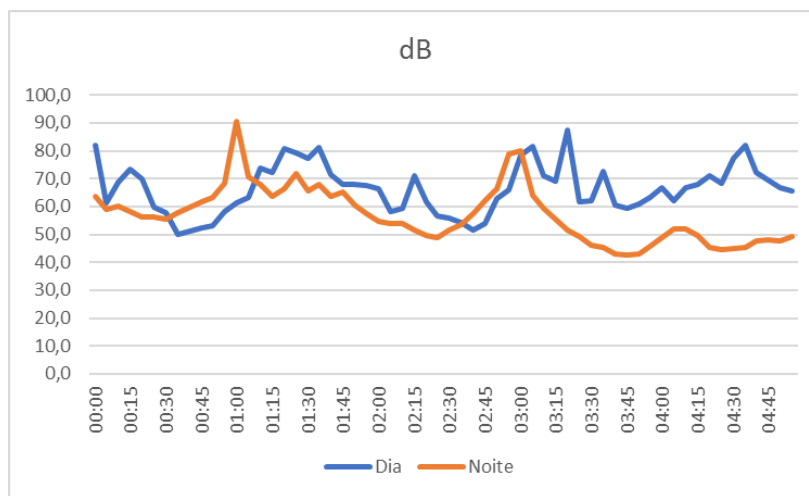
Ponto	Local	Período	Data	Hora Inicial	Hora Final
R7		Diurno			
		Noturno			
Dados de Configuração do Equipamento					
Ponderação:	Low	Resposta:	Slow	Faixa:	30-130 (dB)
Coordenadas UTM SIRGAS 2000 Zona 22					
X			Y		
373883			6786140		



Ruído amostrado (dB/5s)																				
Diurno	86,1	75,5	72,6	72,8	71,8	71,8	72,1	77,0	75,5	74,6	79,6	75,6	75,4	72,5	74,1	70,1	76,2	76,6	77,5	79,3
	75,2	73,1	70,8	70,8	66,2	67,5	71,2	60,0	57,6	59,7	61,0	55,6	54,1	51,7	47,1	50,5	51,9	50,9	52,1	53,9
	52,0	50,3	51,6	53,8	58,2	65,4	72,1	84,3	88,3	72,4	71,5	80,7	76,0	81,4	88,9	70,6	73,2	66,5	71,3	73,2
Noturno	50,0	49,0	51,9	66,7	71,8	65,0	56,6	58,8	69,0	70,8	69,9	56,5	53,1	54,6	52,2	54,3	58,1	64,0	70,2	76,5
	67,4	62,2	60,2	56,1	52,8	51,7	53,7	48,8	47,4	50,1	50,5	47,0	57,1	52,5	53,8	58,3	58,2	63,6	73,8	77,2
	72,2	64,1	58,8	56,7	50,3	50,8	52,4	54,1	53,6	56,0	63,9	71,8	75,5	66,6	61,5	62,1	79,7	77,5	68,7	60,0

Período	Radiação Solar	Vento	Umidade	Nebulosidade	Ruído de Fundo
Diurno	Alta	Fraco	Baixa	Parcial	VGP, EO
Noturno	-	Fraco	Baixa	Parcial	VGP, EO

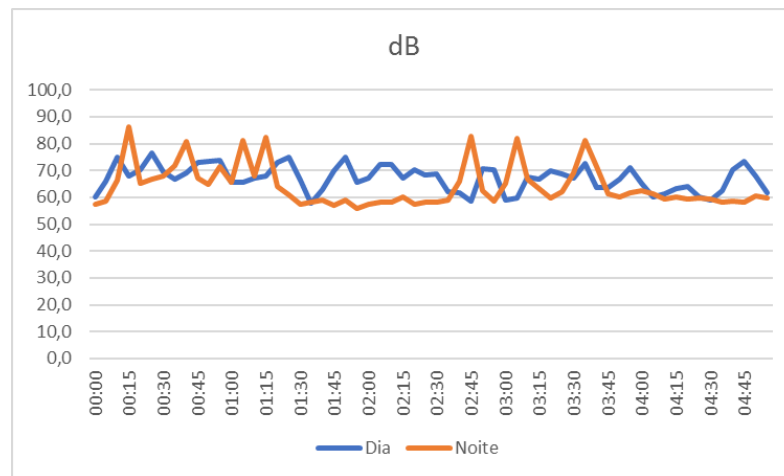
Ponto	Local	Período	Data	Hora Inicial	Hora Final
R8		Diurno			
		Noturno			
Dados de Configuração do Equipamento					
Ponderação:	Low	Resposta:	Slow	Faixa:	30-130 (dB)
Coordenadas UTM SIRGAS 2000 Zona 22					
X			Y		
366750			6793660		



Ruído amostrado (dB/5s)																				
Diurno	82,1	61,4	68,8	73,3	69,9	59,7	57,7	50,0	51,3	52,3	53,2	58,2	61,2	63,2	73,7	72,1	80,8	79,4	77,2	81,2
	71,3	68,1	68,1	67,7	66,4	58,1	59,3	71,0	61,7	56,6	55,9	54,4	51,7	53,8	62,8	66,1	78,5	81,5	71,2	69,1
	87,3	61,8	62,1	72,6	60,6	59,5	61,1	63,4	66,8	62,0	66,7	68,1	70,9	68,4	77,5	82,1	72,4	69,4	66,6	65,5
Noturno	63,7	58,8	60,0	58,1	56,3	56,1	55,5	57,9	59,8	61,6	63,1	68,4	90,5	70,5	67,9	63,7	66,4	72,0	65,8	67,8
	63,8	65,4	60,5	57,6	54,7	54,1	54,0	51,6	49,5	48,8	51,6	53,5	57,3	62,1	66,5	78,8	79,9	64,1	59,2	55,4
	51,5	49,3	46,0	45,4	43,2	42,6	43,2	45,8	48,8	51,9	52,0	49,5	45,4	44,4	44,8	45,2	47,7	48,1	47,7	49,1

Período	Radiação Solar	Vento	Umidade	Nebulosidade	Ruído de Fundo
Diurno	Alta	Fraco	Baixa	Parcial	VGP, EO
Noturno	-	Fraco	Baixa	Parcial	VGP, EO

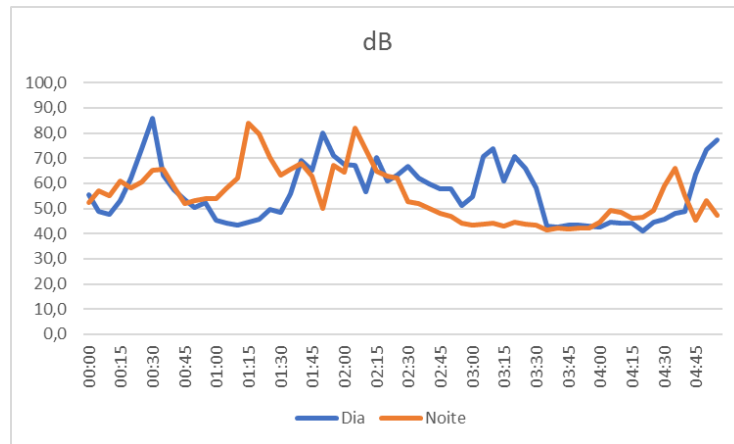
Ponto	Local	Período	Data	Hora Inicial	Hora Final
R9		Diurno			
		Noturno			
Dados de Configuração do Equipamento					
Ponderação:	Low	Resposta:	Slow	Faixa:	30-130 (dB)
Coordenadas UTM SIRGAS 2000 Zona 22					
X			Y		
343767			6837620		



		Ruído amostrado (dB/5s)																		
Diurno	60,3	66,0	74,9	67,8	70,2	76,4	69,5	66,8	69,0	73,0	73,4	73,9	65,5	65,5	67,1	67,8	73,0	75,1	66,4	57,9
	63,0	69,9	74,8	65,8	67,3	72,1	72,4	67,2	70,3	68,3	68,7	62,3	61,7	58,5	70,5	70,4	59,0	59,9	67,6	66,8
	69,8	68,9	67,2	72,7	63,6	63,7	66,9	71,0	65,4	60,3	61,3	63,4	64,1	60,0	59,0	62,4	70,1	73,3	68,1	61,9
Noturno	57,5	58,5	66,5	86,3	65,3	66,9	68,0	71,8	80,9	67,0	64,7	71,4	65,8	81,3	68,0	82,4	64,0	61,1	57,3	58,1
	59,1	57,1	58,8	55,7	57,3	58,2	58,1	60,0	57,5	58,1	58,4	59,0	66,2	82,8	62,4	58,6	65,3	82,0	66,8	63,2
	59,8	62,2	69,1	81,1	71,3	61,3	60,2	61,8	62,4	61,5	59,5	60,0	59,5	59,9	59,2	58,2	58,5	58,2	60,7	59,8

Período	Radiação Solar	Vento	Umidade	Nebulosidade	Ruído de Fundo
Diurno	Alta	Fraco	Baixa	Parcial	VGP, EO
Noturno	-	Fraco	Baixa	Parcial	VGP, EO

Ponto	Local	Período	Data	Hora Inicial	Hora Final
R10		Diurno			
		Noturno			
Dados de Configuração do Equipamento					
Ponderação:	Low	Resposta:	Slow	Faixa:	30-130 (dB)
Coordenadas UTM SIRGAS 2000 Zona 22					
X			Y		
334320			6857830		



Ruído amostrado (dB/5s)																				
Diurno	55,4	48,7	47,6	53,2	62,2	73,9	85,8	63,4	57,4	53,6	50,3	52,3	45,2	44,0	43,4	44,6	45,6	49,7	48,4	55,7
	69,2	65,2	80,0	71,1	67,7	67,0	56,7	70,4	61,0	63,1	66,8	62,0	59,6	58,0	57,9	51,2	54,6	70,5	73,8	61,1
	70,8	66,0	58,1	43,2	42,8	43,3	43,5	43,2	42,7	44,4	44,2	44,2	40,9	44,7	45,6	47,9	48,8	63,8	73,3	77,3
Noturno	52,3	56,9	55,0	61,0	58,2	60,4	65,4	65,6	58,5	51,8	53,2	54,0	54,1	58,2	62,2	84,1	79,5	70,4	63,3	65,8
	68,0	62,7	49,9	67,2	64,3	81,9	73,6	64,7	63,0	62,1	52,7	52,0	50,2	47,9	46,8	44,0	43,5	43,7	44,0	43,1
	44,4	43,6	43,3	41,6	42,3	41,8	42,3	42,4	44,5	49,2	48,3	46,2	46,4	49,3	58,9	66,1	55,2	45,4	53,1	47,3

Período	Radiação Solar	Vento	Umidade	Nebulosidade	Ruído de Fundo
Diurno	Alta	Fraco	Baixa	Parcial	VGP, EO
Noturno	-	Fraco	Baixa	Parcial	VGP, EO

Os valores de ruído equivalente - Leq foram correlacionados aos limites estabelecidos na NBR 10.151/2000 e classificados em “conforme” e “não conforme”. Devido à localização marginal à rodovia e considerando seu lineamento como vetor de influência econômica ao seu entorno, todas as áreas amostradas inserem-se na classe de área mista com vocação comercial e administrativa, pois valem-se de sua posição para a oferta de serviços. A exceção é o ponto R2, o qual insere-se na área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas, visto que apresenta instalação de ensino sujeita aos ruídos emitidos pelo trânsito rodoviário. O gráfico dos valores Leq de ruídos diurno e noturno (Figura 148) apresentam o NCA limite correspondente à classe da área conforme a NBR 10.151/00.

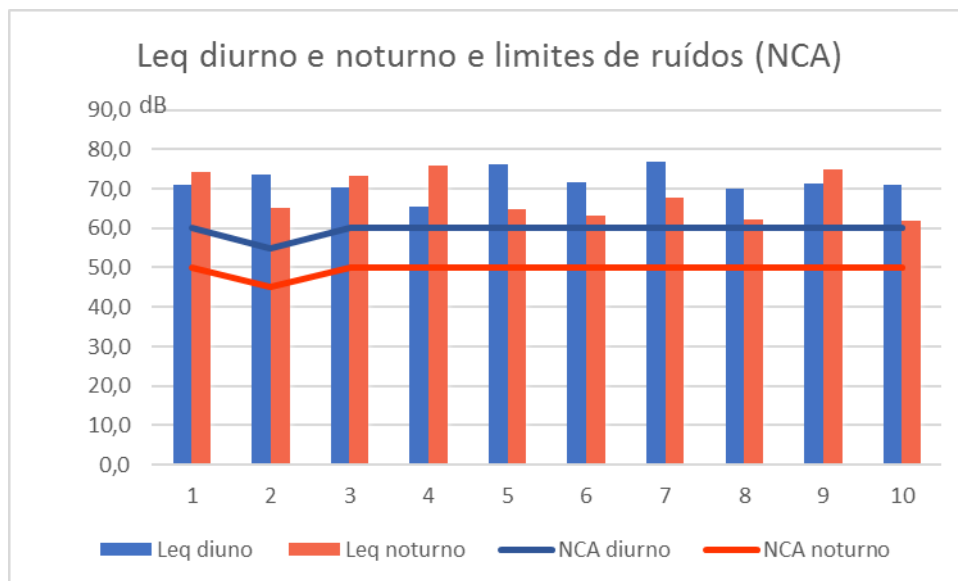


Figura 148 - Valores de ruídos obtidos (Leq) e os limites máximos definidos na NBR 10.151/00

Todas as amostragens registraram como principal fonte de ruídos o trânsito de veículos de grande, médio e pequeno portes. Foram observados como ruídos secundários interferência humana, equipamentos de obras e ruídos de resposta rápida, como especificados nas fichas de campo. Em quatro pontos, R1, R3, R4 e R9, o índice Leq de ruído noturno foi maior que o diurno.

Os pontos R1, R5, R6, R8, R9 e R10 localizam-se próximos aos acessos, respectivamente, das cidades de Nova Santa Rita, Marques de Souza, Pouso Novo, Fontoura Xavier, Tio Hugo e Santo Antônio do Planalto, em postos de combustíveis.

O ponto R2 localiza-se no distrito de Vendinha, em frente à escola estadual de ensino fundamental Adão Martini, espaço de maior criticidade à exposição de ruídos.

As áreas amostradas nos pontos R3 e R7, respectivamente em Tabaí e São José do Herval, são comerciais com domicílios urbanos próximos.

Por fim, o ponto R4 foi alocado nas proximidades do shopping Lajeado, na área de grande concentração e circulação de veículos e pedestres, representativo da conurbação de Lajeado e Estrela.

Os ruídos equivalentes (Leq) obtidos cada ponto apresentam não conformidade aos limites de ruído estabelecidos na NBR 10.151/2000 para ambos os períodos, diurno e noturno. Por tanto, os níveis de ruídos amostrados não se enquadram nos limites estabelecidos para as classes das áreas, conforme verifica-se nas tabelas a seguir.

Tabela 56 – Níveis de ruído amostrados no período diurno

Ponto	Leq diurno	Lmax	Lmin	Lmed	L10	L90	NCA diurno	Leq - NCA	Conformidade com a NBR 10.151/2000
1	70,9	80,3	60,9	69,8	74,8	65,0	60	10,9	Não conforme
2	73,5	78,6	55,5	64,6	73,7	58,4	55	18,5	Não conforme
3	70,5	84,5	61,1	70,9	75,6	64,6	60	10,5	Não conforme
4	65,3	93,2	73,1	80,8	88,8	74,4	60	5,3	Não conforme
5	76,0	75,9	50,8	64,5	72,4	55,8	60	16,0	Não conforme
6	71,6	80,9	50,3	68,5	78,9	60,0	60	11,6	Não conforme
7	76,8	88,9	47,1	68,5	80,7	51,9	60	16,8	Não conforme
8	70,0	87,3	50,0	66,4	80,8	54,4	60	10,0	Não conforme
9	71,3	76,4	57,9	67,2	73,4	60,3	60	11,3	Não conforme
10	71,0	85,8	40,9	56,6	73,3	43,4	60	11,0	Não conforme

Tabela 57 - Níveis de ruídos amostrados no período noturno

Ponto	Leq noturno	Lmax	Lmin	Lmed	L10	L90	NCA noturno	Leq - NCA	Conformidade com a NBR 10.151/2000
1	74,3	88,1	58,8	70,7	80,0	62,1	50	24,3	Não conforme
2	65,1	78,2	54,8	61,7	69,9	57,1	45	20,1	Não conforme
3	73,4	83,4	61,4	71,5	77,9	66,0	50	23,4	Não conforme
4	75,9	83,5	54,1	74,2	81,2	65,8	50	25,9	Não conforme
5	64,9	77,9	42,5	58,2	71,1	47,8	50	14,9	Não conforme
6	63,3	79,8	47,0	58,4	69,1	50,8	50	13,3	Não conforme
7	67,6	79,7	47,0	60,3	73,8	50,3	50	17,6	Não conforme
8	62,2	90,5	42,6	56,9	68,4	45,4	50	12,2	Não conforme
9	74,9	86,3	55,7	64,2	81,1	58,1	50	24,9	Não conforme
10	61,8	84,1	41,6	55,1	68,0	43,3	50	11,8	Não conforme

Os níveis de pressão sonora extrapolam os limites definidos na NBR 10.151/2000 em ambos os períodos em todos os locais amostrados. As principais fontes de ruído são veículos de grande porte, em geral veículos de transporte de carga pesada. Foi observado grande fluxo de caminhões com carregamentos de grãos, provavelmente devido à vocação agrícola no oeste do estado, e ao intenso fluxo de escoamento de mercadorias para acesso à região metropolitana de Porto Alegre, donde há concentração de indústrias. Nos pontos onde há maior concentração e tráfego de caminhões, como acessos a postos de combustível, os ruídos são mais elevados e frequentes. Locais críticos como áreas mistas, onde há residências, e área escolar, apresentam maior sensibilidade aos elevados níveis de ruído, os quais ocasionam incômodo às comunidades lindeiras.

5.1.6.2 Vibração

5.1.6.2.1 Metodologia

Assim como o ruído, a vibração é um fenômeno físico que causa perturbação do meio pela ação de ondas mecânicas que deslocam a matéria em movimentos oscilatórios. Estes movimentos podem ser examinados por sua amplitude, velocidade e aceleração num arranjo espacial ortogonal tridimensional.

A ação dinâmica aplicada ao solo ocasiona a propagação de dois tipos básicos de ondas: as ondas de corpo e as ondas de superfície. As ondas de corpo são constituídas pelas ondas de compressão (ondas P) e pelas ondas de cisalhamento (ondas S), enquanto que a onda de superfície é a onda de Rayleigh (ondas R) (Figura 149).

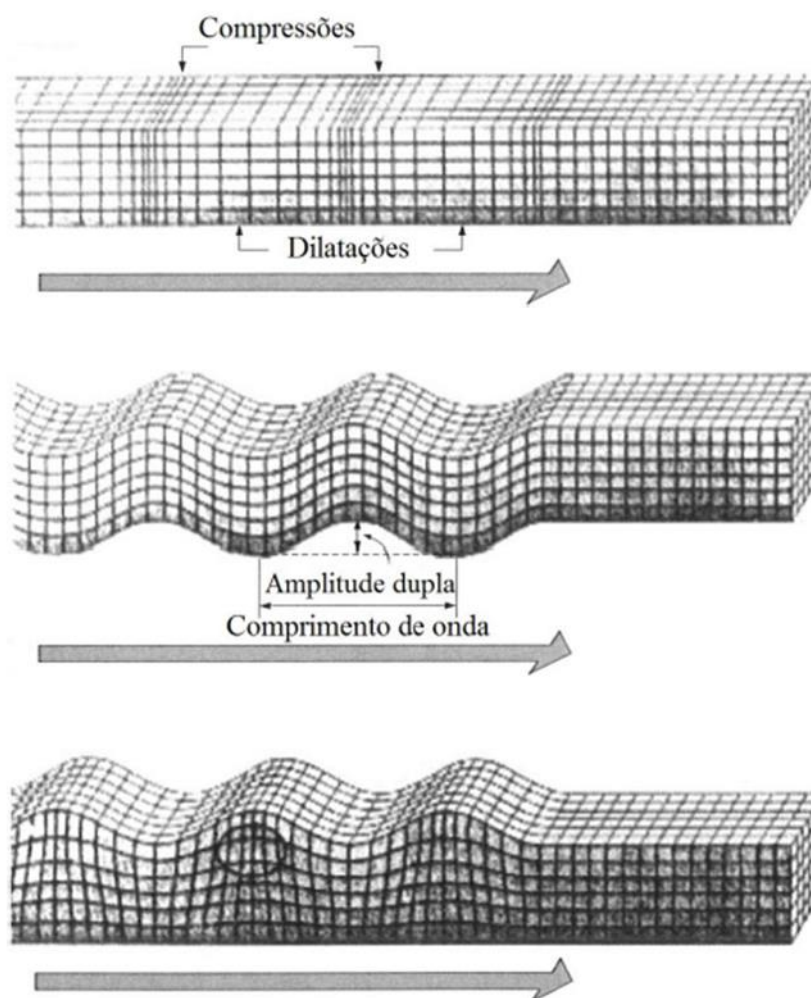


Figura 149 - Acima, forma de propagação da onda P; ao centro, onda S; e a figura inferior representa a propagação da onda de Rayleigh. Fonte: Clough & Penzien, 2003.

As vibrações de interesse para este estudo são definidas como ondas que se propagam na superfície. Estas vibrações são geradas por transferência de energia mecânica e cinética de uma fonte. No âmbito deste trabalho, o tráfego de veículos é a fonte preponderante de ondas de vibração.

O tráfego de rodoviário de veículos pesados pode gerar ondas de vibração cuja propagação no solo induz a pequenas deformações. De acordo com Al-Hunaidi et al. (1996), Ávila (1999), Ávila e Marinho Filho (2001) e Pyl et al. (2002), as vibrações induzidas pelo tráfego de veículos podem atingir intensidade capaz de afetar o funcionamento de equipamentos sensíveis de alta precisão.

O objetivo do estudo de vibração no contexto deste projeto é a verificação dos potenciais danos ao meio, especialmente ao terreno e às obras de infraestrutura. No entanto, é importante ressaltar que não é apenas o nível de vibração que pode interferir na estabilidade de terrenos e de construções, mas também a morfologia, a geologia e os solos, bem como as estruturas, materiais e qualidade das construções.

É necessário considerar também as próprias características das vibrações, ou seja, a frequência, a repetitividade e a duração do fenômeno. Segundo Bacci (2003), pode-se dizer que um edifício sofre danos se os impulsos dinâmicos provocados pelas vibrações se sobrepõem aos impulsos estáticos, levando a uma superação das condições de resistência da estrutura. Utilizando esta mesma linha para análise da estabilidade de encostas frente à vibração, Silva (2006) verificou que um talude em solo numa encosta de declividade subvertical, sem tratamento, e exposta às vibrações constantes de tráfego de veículos pesados não é desestabilizada antes pela vibração do que por seu próprio peso. Portanto, mesmo na porção serrana da Área de Estudo, região de relevo susceptível ao movimento de massa nas encostas devido a amplitude topográfica local, as vibrações usuais derivadas do tráfego viário não são causadoras de desestabilização do terreno.

Para verificação das vibrações frente às construções, foram levantadas as normativas de segurança adotadas em diversos cenários, condições e localidades. Como observa Bacci (2003), o Bureau of Mines americano se destaca como pioneiro nos estudos das vibrações, tendo como preocupação o estabelecimento de um limite de segurança para evitar danos estruturais em construções civis. Os parâmetros adotados por esta instituição podem ser verificados na Tabela 58.

Tabela 58 - Níveis seguros de vibração da partícula para estruturas civis. Fonte: Bacci, 2000

Tipo de Estrutura	Vp (mm/s)	
	A baixas frequências f < 40 Hz	A altas frequências f > 40Hz
Edificações modernas - paredes interiores pré-moldadas em gesso, sem revestimento	19	50
Edificações antigas - paredes interiores com gesso ou revestimento de madeira	12,7	50

A normativa brasileira mais utilizada conforme verificado no levantamento de dados secundários é CETESB D7.013 de 1992, na qual se fixam as condições exigíveis para a atividade de mineração a céu aberto que utiliza explosivos. Esse critério avalia o incômodo gerado à população e não se refere aos danos em estruturas civis.

A normativa NBR 9653, de 1983, estabelece a velocidade de vibração de partícula (Vp) igual a 15mm/s como limite máximo de vibração admissível nos arredores da área de operação das

pedreiras. Esta mesma norma determina a velocidade resultante de vibração de partícula deve ser calculada com base na seguinte fórmula:

$$VR = [(VL)^2 + (VT)^2 + (VV)^2]^{1/2}$$

onde:

VR = velocidade resultante de vibração da partícula, em mm/s.

VL = velocidade de vibração na direção longitudinal, em mm/s.

VT = velocidade de vibração na direção transversal, em mm/s.

VV = velocidade de vibração na direção vertical, em mm/s.

Para que não haja incômodo à população, o valor máximo considerado nesta norma para a velocidade resultante de partícula é de 4,2mm/s.

Outros parâmetros internacionais podem ser verificados na Tabela 59.

Tabela 59 - Parâmetros de referência para frequência e velocidade de vibrações segundo as principais normas internacionais. Fonte: Bacci, 2017.

Países	Velocidade (mm/s)		Frequência (Hz)	
	mín.	máx.	mín.	máx.
Alemanha	3	50	<10	100
EUA	12,7	50	<40	>40
Itália	3	50	<10	100
Suíça	10	90	8	30
França	2,5/4,0	75/15	<10/4	>10/100
Portugal	2,5	60	<10	>40
Suécia	18	70	<40	>40
Inglaterra	15	50	4	>40
Austrália	2	25	<40	>40
Índia	2	25	<24	>24
Brasil	-	15	-	>40

5.1.6.2.2 Equipamento Utilizado

As medições dos níveis de vibração foram realizadas com o equipamento medidor de vibração eletrônico MV-710 INSTRUTHERM. Este aparelho as seguintes especificações técnicas:

- Tipo de sensor: Acelerômetro piezoelétrico de cerâmica
- Escala de medição de aceleração: 0,1 a 199,9m/s² pico
- Escala de medição de velocidade: 0,1 a 199,9mm/s rms
- Escala de medição de deslocamento: 0,001 a 1,999mm pico a pico
- Precisão: ±5% ±2 dígitos
- Frequência de medição em aceleração: 10Hz a 1kHz (LO) / 1kHz a 15kHz (HI)
- Frequência de medição em velocidade: 10Hz a 1kHz (LO)

- Frequência de medição em deslocamento: 10Hz a 1kHz (LO)

5.1.6.2.3 Procedimento de Calibração

Para aferição da precisão dos dados medidos foi feita calibração conduzida em comparação com acelerômetro padrão e medidor de vibração, sendo realizados 3 ciclos de medição para cada ponto calibrado conforme certificado RBC5-9396-406 do laboratório Highmed de 05/09/2017.

5.1.6.2.4 Metodologia de Amostragem

A escolha dos pontos de amostragem, Figura 150, foi baseada na interação entre a via de tráfego e os elementos críticos próximos, visando contemplar aspectos ambientais, sociais e estruturais em oito pontos, representativos da variabilidade espacial.

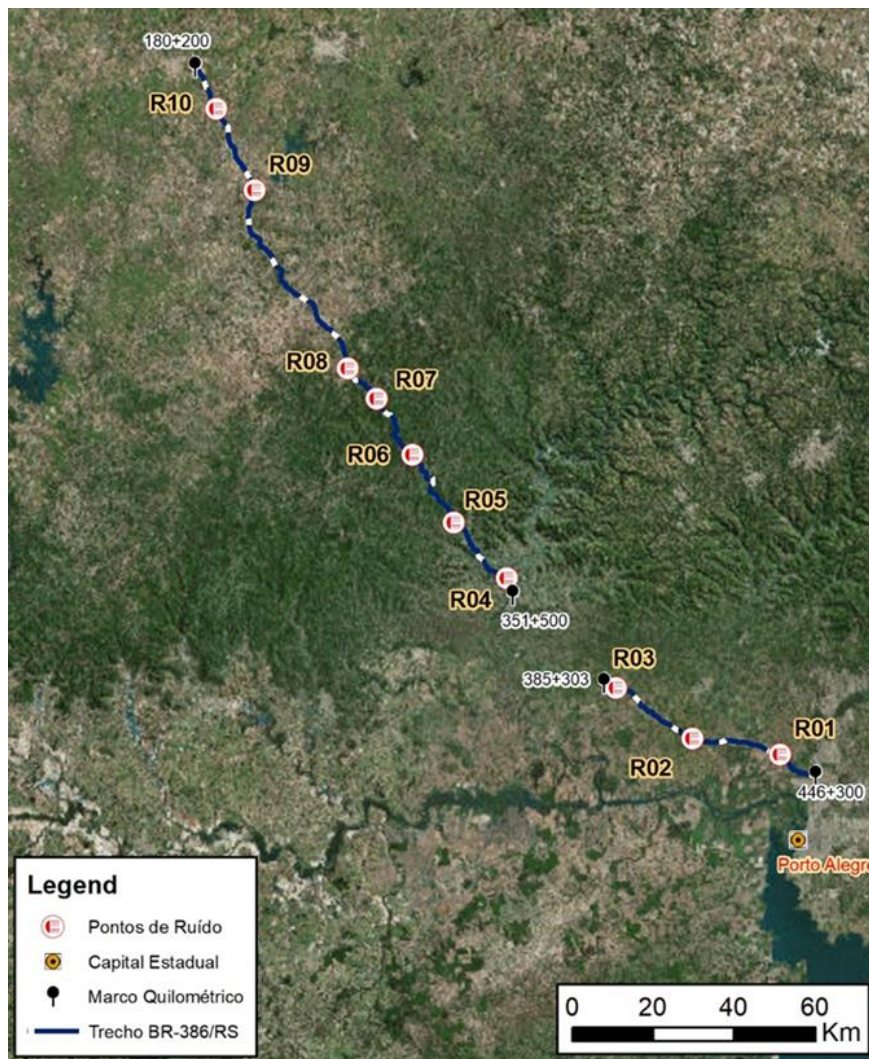


Figura 150 – Pontos de Amostragens de Vibração

Ponto	Data	Hora Inicial	Intervalo	Coordenadas	
01	31/01/2018	10:23	3s	477238	6694270

Local: Pilar de concreto de sustentação de viaduto da BR-448, próximo à faixa de dutos de óleo e gás da Petrobrás.

Observações: Não foram detectadas vibrações sensíveis ao sensor de medição (>0,1mm/s).

Ponto	Data	Hora Inicial	Intervalo	Coordenadas	
02	31/01/2018	16:04	3s	570289	9714624

Local: Base de concreto de pilar do viaduto sobre via férrea e acesso rodoviário.


Observações: Não foram detectadas vibrações sensíveis ao sensor de medição (>0,1mm/s).

Ponto	Data	Hora Inicial	Intervalo	Coordenadas	
03	31/01/2018	11:03	3s	570289	9714624


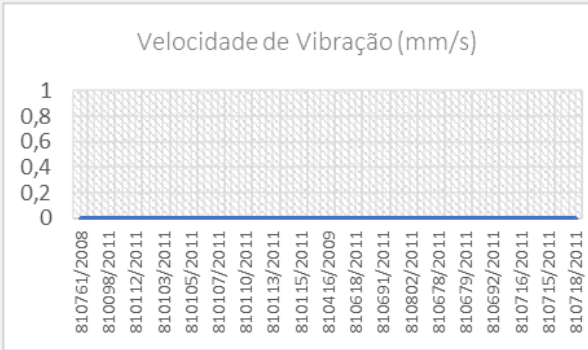

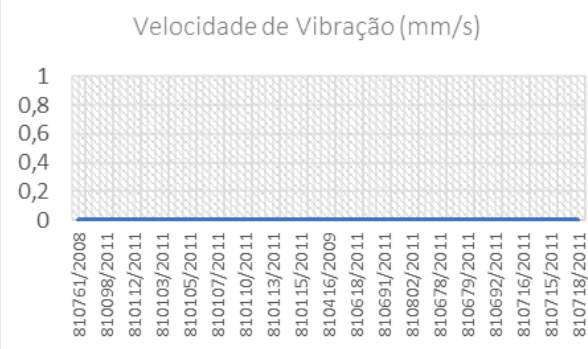
Local: Pilar de concreto da ponte sobre rio dos Sinos


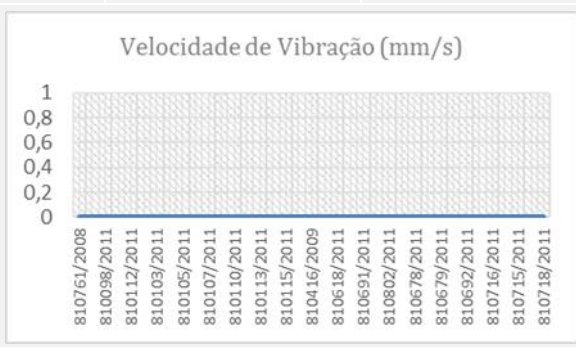
Observações: Não foram detectadas vibrações sensíveis ao sensor de medição (>0,1mm/s).

Ponto	Data	Hora Inicial	Intervalo	Coordenadas	
04	31/01/2018	11:42	3s	570289	9714624
					
Local	Borda de plataforma de ponte de concreto sobre a várzea do rio Caí				
Observações:	Pico de velocidade de vibração de 3,4mm/s.				

Ponto	Data	Hora Inicial	Intervalo	Coordenadas	
05	01/02/2018	14:34	3s	570289	9714624
					
					
Local	Borda de plataforma de ponte de concreto sobre linha férrea.				
Observações:	No pilar da ponte não foi detectada velocidade de vibração de pelo menos 1mm/s. Na plataforma da ponte o tráfego de veículos ocasionou picos de velocidade de vibração de até 3,3mm/s.				

Ponto	Data	Hora Inicial	Intervalo	Coordenadas	
06	02/02/2018	14:57	3s	570289	9714624
					
Local	Borda de plataforma de ponte de concreto sobre rio Fão.				
Observações:	Pico de velocidade de vibração de 7,7mm/s.				

Ponto	Data	Hora Inicial	Intervalo	Coordenadas	
07	03/02/2018	15:26	3s	570289	9714624
					
					
Local	Talude de rocha basáltica fraturada (LD) e base asfáltica de estrutura de cobertura de ponto de parada (LE).				
Observações:	Não foram detectadas vibrações sensíveis ao sensor de medição (>0,1mm/s).				

Ponto	Data	Hora Inicial	Intervalo	Coordenadas	
08	08/02/2018	15:26	3s	570289	9714624
					
Local	Base de pilar de aço de cobertura de posto de gasolina em Tio Hugo.				
Observações:	Não foram detectadas vibrações sensíveis ao sensor de medição (>0,1mm/s).				

5.1.6.2.5 Análise dos Dados de Vibração

Os valores dos dados obtidos indicam nenhuma ou muito pouca interferência das vibrações no meio. Em condições naturais, a velocidade de vibração de sólidos abaixo de 0,1 mm/s é imperceptível ao sensor e às pessoas. As ondas de vibração geradas por trânsito de veículos pesados se dissipam no solo logo após sua geração e não atingem ou afetam os alvos amostrados. No entanto, os altos valores verificados nos pontos 4, 5 e 6, em que se observou picos de velocidade de vibração de, respectivamente, 3,4 mm/s, 3,3 mm/s e de 7,7 mm/s respectivamente, decorrem do tráfego de veículos pesados sobre plataforma suspensa (ponte). Nestes casos os alvos amostrados são ao mesmo tempo o meio de transmissão de vibrações e as próprias estruturas. Estes valores refletem a natureza do meio. Os valores de velocidade de vibração abaixo de 0,5mm/s são esperados para meios de maior elasticidade, propriedade material que indica maior absorção de energia, como o solo. Os valores mais elevados de velocidade de vibração, como verificado nos pontos 4, 5 e 6, são indicativos de material com propriedades rígidas. No entanto, soma-se ao fato de a extensão do solo possuir dimensões ilimitadas para dispersão da quantidade de energia provocada pelo tráfego, enquanto as plataformas suspensas apresentam dimensões limitadas, o que leva à dissipação da energia de vibração por meio de energia cinética, ocasionando assim a movimentação da própria estrutura de transmissão. Ressalta-se que valores de vibração elevadas são esperadas para estruturas delgadas suspensas dentro dos limites estabelecidos no projeto de engenharia para que não ocorra colapso estrutural.

5.1.6.3 **Síntese da Amostragem de Ruídos e Vibrações**

Os ruídos ao longo dos trechos em estudo da BR-386 derivam principalmente do tráfego viário, em especial dos veículos pesados, e excedem os limites estabelecidos nos padrões normativos da NBR 10.151/2000 em ambos os períodos de amostragem ocasionando incômodo às comunidades lindeiras.

A vibração é um elemento imperceptível ao ambiente. Os valores de vibração mostram-se irrelevantes à segurança das edificações marginais e ao incômodo de moradores e usuários

próximos à via. Apenas as obras de arte especiais, como pontes e viadutos, sofrem reflexo direto do tráfego viário.

5.1.7 PATRIMÔNIO PALEONTOLÓGICO

O estado do Rio Grande do Sul é reconhecido por conter grande quantidade de jazimentos fossilíferos. O banco de dados do CPRM (Geobank) apresenta 279 registros de fósseis no estado. A maioria dessas ocorrências concentra-se na Formação triássica Santa Maria, exclusiva da região central do Rio Grande do Sul, que configura a zona de transição entre os períodos Permiano e Jurássico em disposição linear leste-oeste.

A relevância desta Formação geológica aos estudos paleontológicos foi elemento motivador para a constituição do geoparque Paleorrota, uma rota turística que utiliza a rodovia BR-287, no trecho entre Canoas e Mata, como eixo de acesso a diversos sítios e outras áreas de interesse à paleontologia nos municípios interceptados (Figura 151 - Áreas de ocorrência de afloramentos rochosos da Fm. Santa Maria. Fonte: Da-Rosa, 2004.).

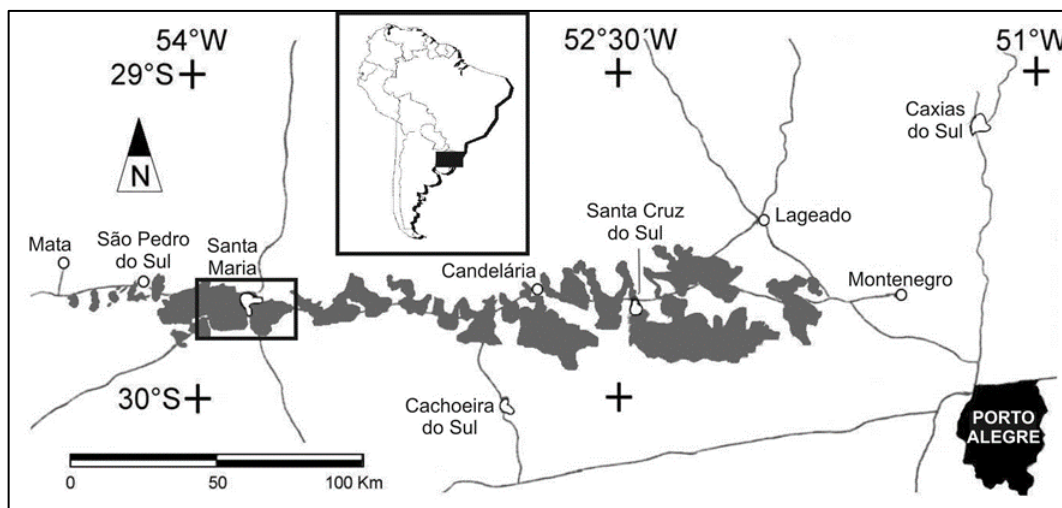


Figura 151 - Áreas de ocorrência de afloramentos rochosos da Fm. Santa Maria. Fonte: Da-Rosa, 2004.

A avaliação preliminar do contexto paleontológico no âmbito da caracterização ambiental dos trechos em estudo da BR-386 tem como objetivo fornecer subsídios, por meio da análise de potencialidade de ocorrência fossilífera, para consideração dos aspectos paleontológicos nas obras de duplicação e melhoria da rodovia.

5.1.7.1 Metodologia

Foi realizado levantamento paleontológico preliminar da área de estudo do meio físico, conforme metodologia a seguir:

1. Levantamento bibliográfico com o objetivo de conhecer os principais fósseis existentes e qual sua associação com as formações geológicas presentes na Área de Estudo. A coleta de informações e ferramentas de investigação considera

conhecimento prévio acerca da geologia/estratigrafia, ocorrências paleontológicas comprovadas e dados históricos.

2. Visitas a campo para checagem da estrutura geológica *in situ*.
3. Identificação de possíveis locais significativos que possam representar áreas importantes para implantação futura do Programa de Monitoramento e Salvamento Paleontológico, como medida eficaz de se garantir a total integridade de possíveis jazimentos fossilíferos passíveis de serem interferidos pelas obras do empreendimento.

De acordo com o Decreto-Lei nº 4.146, de 4 de março de 1942 os depósitos fossilíferos são propriedades da Nação, e, como tais, a extração de espécimes fósseis depende de autorização prévia e fiscalização do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

Assim, o estudo contemplou apenas o levantamento de dados secundários e avaliação não interventiva em campo para obtenção de dados primários. As atividades de campo foram desenvolvidas entre 30 de janeiro e 09 de fevereiro de 2018.

5.1.7.2 Legislação Pertinente

A Constituição do Estado do Rio Grande do Sul dispõe que os órgãos de pesquisa e as instituições científicas oficiais e de Universidades somente poderão realizar, no âmbito do Estado, a coleta de material, experimentação e escavações para fins científicos mediante licença do órgão fiscalizador e dispensando tratamento adequado ao solo. Toda área com indícios ou vestígios de sítios paleontológicos ou arqueológicos será preservada para fins específicos de estudo.

A Lei Estadual 10.116/94, que institui a Lei do Desenvolvimento Urbano, estabelece que prédios, monumentos, conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, artístico, arquitetônico, paisagístico, arqueológico, paleontológico e científico, de proteção ou preservação permanente, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira, não poderão, no todo ou em parte, ser demolidos, desfigurados ou modificados sem autorização.

A Lei 11.520/00, que institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul, define patrimônio paleontológico e arqueológico, como o conjunto dos sítios e afloramentos paleontológicos de diferentes períodos e épocas geológicas, e dos sítios arqueológicos, pré-históricos e históricos de diferentes idades, bem com todos os materiais desta natureza, já pertencentes a coleções científicas e didáticas dos diferentes museus, universidades, institutos de pesquisa, existentes no território estadual.

Compete ao Estado a proteção ao patrimônio paleontológico e arqueológico, objetivando a manutenção dos mesmos, com fins científicos, culturais e socioeconômicos impedindo sua destruição na utilização ou exploração. Todo o empreendimento ou atividade que possa alterar o patrimônio paleontológico e arqueológico, só poderá ser licenciado pelo órgão competente após parecer de técnico habilitado.

Legislação Relativa ao Patrimônio Cultural do Estado do Rio Grande do Sul:

- **Lei 11.499/00** Declara integrantes do patrimônio cultural do Estado áreas históricas da cidade de Pelotas
- **Lei 11.585/01** Declara integrantes do patrimônio cultural do estado conjuntos urbanos e edificações nos municípios de Rio Grande, Piratini, Jaguarão, São José do Norte, Mostardas e Arroio Grande
- **Lei 11.724/02** Declara bens integrantes do patrimônio cultural do Estado as ruínas de São Miguel, a área da antiga praça fronteira e a edificação do museu das Missões, de São Miguel das Missões, as Ruínas do povo de São Loureço, de São Luiz Gonzaga, as Ruínas do Povo de São João, de Entre-Ijuís, e as Ruínas do Povo de São Nicolau, de São Nicolau
- **Lei 11.725/02** Declara a Igreja de São Pelegrino, de Caxias do Sul, integrante do Patrimônio/Cultural do Estado do Rio Grande do Sul
- **Lei 11.738/02** Declara integrantes do Patrimônio Cultural do Estado os Sítios Paleontológicos localizados em Municípios do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências
- **Lei 11.891/03** Declara integrantes do Patrimônio Cultural do Estado o Complexo de Santa Thereza, no Município de Bagé
- **Lei 11.895/03** Declara integrantes do Patrimônio Cultural do Estado o Arroio Pelotas
- **Lei 12.003/03** Declara integrantes do Patrimônio Cultural do Estado a área histórica da Cidade de Rio Pardo
- **Lei 12.001/03** Declara integrantes do Patrimônio Cultural do Estado o Rio Gravataí
- **Lei 12.002/03** Declara integrantes do Patrimônio Cultural do Estado o Morro Itacolomi, localizado no Município de Gravataí
- **Lei 11.917/03** Declara como bem integrante do patrimônio cultural e histórico do Estado o Jardim Botânico de Porto Alegre
- **Lei 11.936/03** Declara como bem integrante do patrimônio cultural e histórico do Estado do Rio Grande do Sul o prédio do antigo seminário Jesuítico de Pareci Novo/RS
- **Lei 11.918/03** Declara como bem integrante do patrimônio cultural e histórico do Estado do Rio Grande do Sul os Ranchos da Escola Técnica de Agricultura - ETA - de Viamão/RS.
- **Lei 12.150/04** Declara como bem integrante do patrimônio cultural e histórico do Estado do Rio Grande do Sul o Cipreste Farroupilha de Guaíba

5.1.7.3 Registros Fósseis e Potencial Fossilífero

De acordo com a base de dados do CPRM, não há registros fossilíferos na ADA e na AID e há um registro na AE (Tabela 60), situado a cerca de 8 quilômetros da rodovia na porção sul da AE do segmento NW, a oeste da cidade de Lajeado (Tabela 60) (Mapa 18).

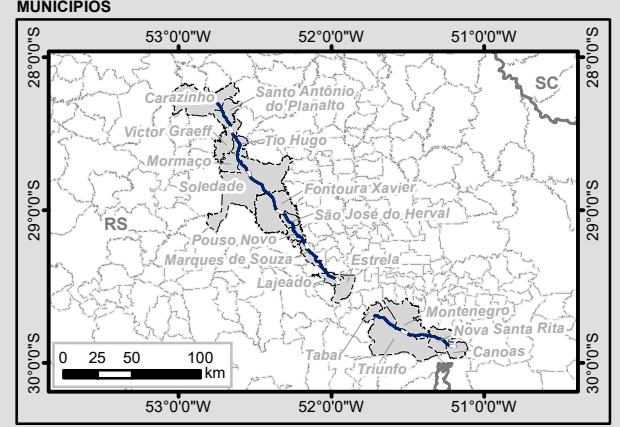
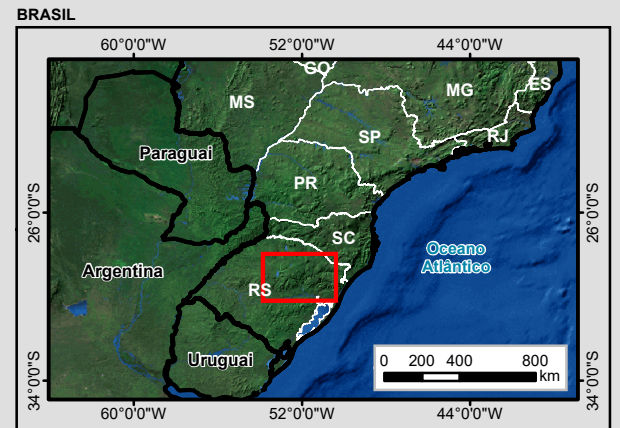
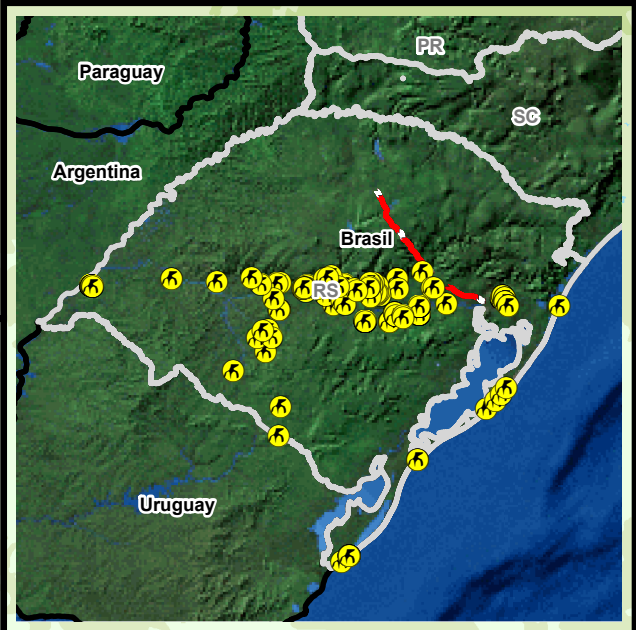
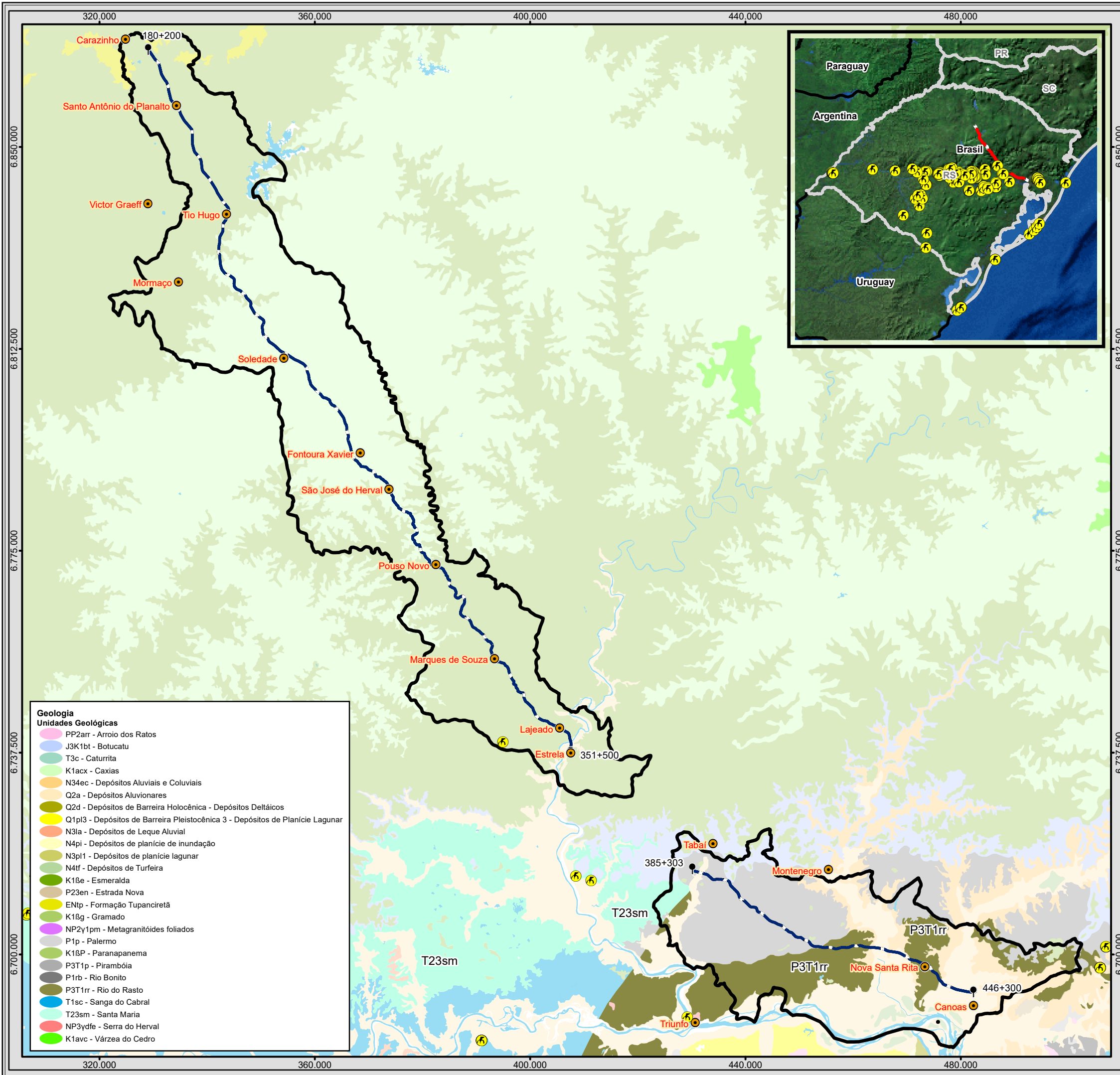
Tabela 60 - Dados da ocorrência fossilífera na AE. Fonte: CPRM, ANO

LAT	LONG	LOCAL	MODO	IDADE	UNIDADE	LITOLOGIA	FÓSSEIS	BIOZONA
- 29,4697	- 52,084	Venâncio Aires	Afloramento	Período Triássico, Era Mesozóico	Fm. Santa Maria - Membro Alemoa	Pelitos vermelhos alternados com camadas lenticulares de arenito fino.	Fragmentos de ossos	Biozona de Rhynchosauria e Therapsida

O material fossilífero descoberto na AE provém da unidade geológica constituída pelo Membro Alemoa da Formação Santa Maria. A constituição pelito-psamítica e a evolução geológica dos terrenos de sedimentação de idade Triássica ao sul da Bacia do Paraná constituem ambientes favoráveis à preservação fóssil. Afloramentos das Formações fossilíferas são observados entre os segmentos NW e SE, porção compreendida entre Tabai e Estrela. Ocasionalmente, podem ocorrer afloramentos desta unidade em pontos isolados da AE.

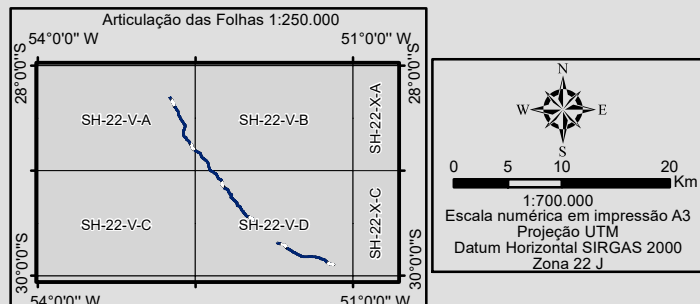
Com base na associação entre registros fósseis e contexto geológico, verifica-se ausência de ocorrência fossilífera nas sequencias vulcano-sedimentares da Formação Serra Geral, a qual compreende a quase totalidade da AE no segmento NW. A SE, a ausência de afloramentos rochosos é fator limitante ao registro fóssil, indicando baixa probabilidade de ocorrência fossilífera também neste segmento.

No entanto, mesmo em vista da baixa probabilidade de ocorrência de fósseis na ADA, caso sejam encontrados materiais paleontológicos, é necessário que sejam acionadas instituições de estudo para o resgate, como as universidades locais (Unisinos, UFSM e UFRS) que apresentam centro de pesquisa. Esta instituição deve ser responsável por requerer junto ao DNPM, através do COPAL (Sistema de Controle de Pesquisa Paleontológica do Brasil), processo de obtenção de autorização para realizar os trabalhos e manter a informada a empreendedora das obras sobre a situação e prazos de atividades (Mapa 18).



- Geologia**
- Unidades Geológicas**
- PP2arr - Arroio dos Ratos
 - J3K1bt - Botucatu
 - T3c - Caturrita
 - K1acx - Caxias
 - N34ec - Depósitos Aluviais e Coluviais
 - Q2a - Depósitos Aluvionares
 - Q2d - Depósitos de Barreira Holocênica - Depósitos Deltáicos
 - Q1p13 - Depósitos de Barreira Pleistocênica 3 - Depósitos de Planície Lagunar
 - N3la - Depósitos de Leque Aluvial
 - N4pi - Depósitos de planície de inundação
 - N3p1 - Depósitos de planície lagunar
 - N4tf - Depósitos de Turfeira
 - K18e - Esmeralda
 - P23en - Estrada Nova
 - EN1p - Formação Tupanciretã
 - K18g - Gramado
 - NP2y1pm - Metagranitóides foliados
 - P1p - Palermo
 - K18P - Paranapanema
 - P3T1p - Pirambóia
 - P1rb - Rio Bonito
 - P3T1rr - Rio do Rasto
 - T1sc - Sanga do Cabral
 - T23sm - Santa Maria
 - NP3ydf - Serra do Herval
 - K1avc - Várzea do Cedro

- Legenda**
- Sítio Paleontológico
 - Cidade
 - Marco Quilométrico
 - Trecho BR-386/RS
 - Massa d'água
 - Área de Estudo do Meio Físico (AE)



EPL

Identificação do Projeto
Obras de duplicação e regularização da rodovia federal BR-386/RS, trecho Carazinho/RS a Canoas/RS com extensão total de 232,11 km

Título do Mapa
Sítios Paleontológicos

Empreendedor
EPL - Empresa de Planejamento e Logística S.A

Responsável Técnico
MRS Estudos Ambientais

Data: Março/2018

Fonte:
Malha Digital: Municipal e Estadual, 1:250.000 (IBGE, 2015); Bases Cartográficas Contínuas, 1:250.000 (IBGE, 2015); Rodovias (DNIT, 2017); Sítios Paleontológicos - Geodiversidade 1:750.000 (CPRM, 2006).