

LEGENDA

- Sede municipal
 - ⬜ Rodovia
 - ⬜ Rios principais
 - ⬜ Limite municipal
 - Rio Jacuí**
 - ⬜ Subtrecho A
 - ⬜ Subtrecho B
 - ⬜ Subtrecho C
- | | | | | |
|-------------------|-------|-------------|-------------|-------------|
| DBO (mg/l) | ○ 1,0 | ○ 1,1 - 2,0 | ○ 2,1 - 3,0 | ○ 3,1 - 4,0 |
|-------------------|-------|-------------|-------------|-------------|
- | | | | |
|--|-------------|-------------|-------------|
| Classes de Qualidade d'água CONAMA 357/05 | ○ 4,1 - 5,0 | ○ 5,1 - 6,0 | ○ 6,1 - 7,0 |
|--|-------------|-------------|-------------|
- | | |
|------------|------------|
| ● Classe 1 | ● Classe 2 |
|------------|------------|



RT8 - RELATÓRIO DE DIAGNÓSTICO CONSOLIDADO,
ANÁLISE INTEGRADA E ZONEAMENTO AMBIENTAL

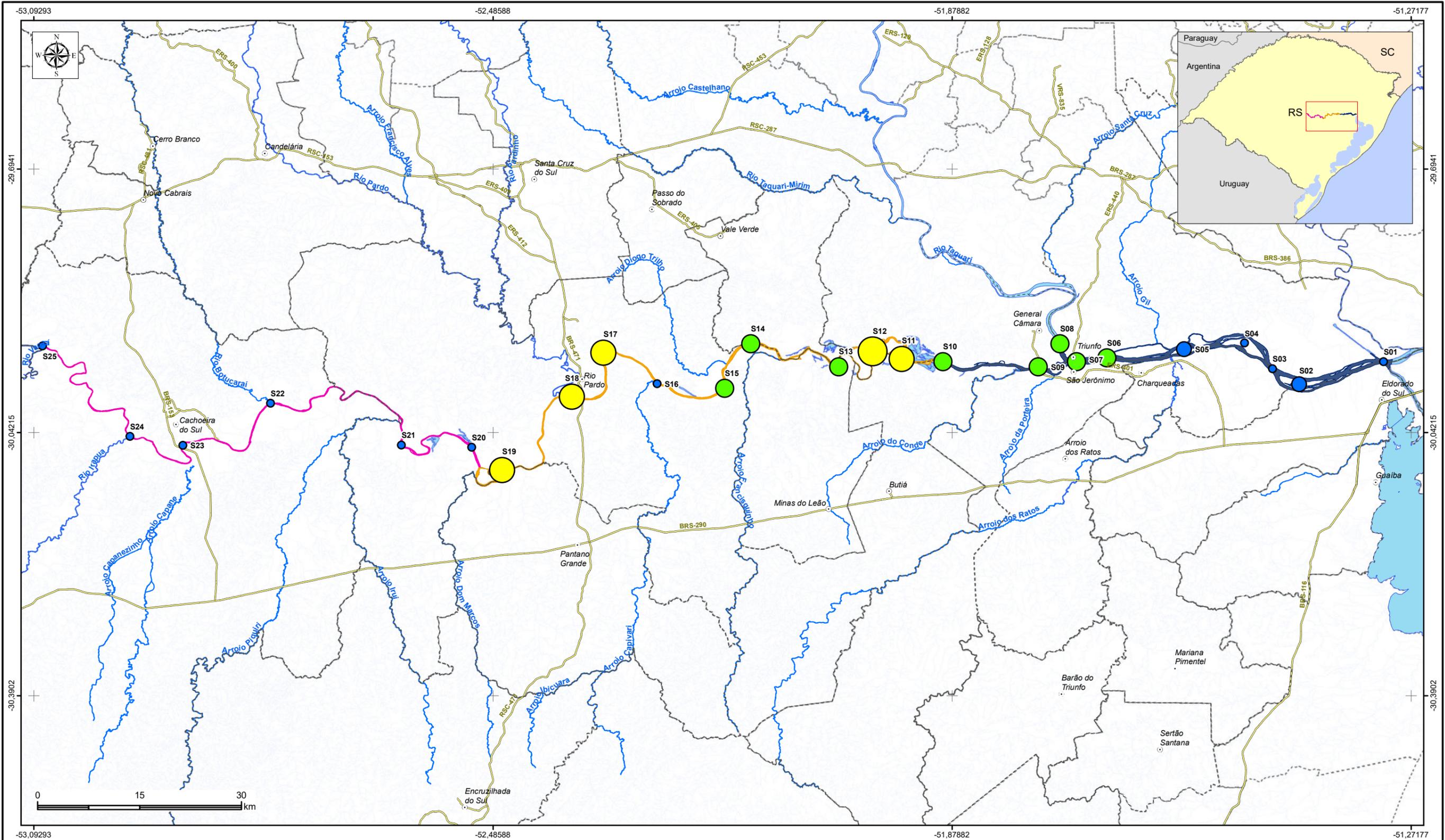
**ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO
DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ**



Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: 1:550.000

**Mapa 3.9 - Campanha de amostragem de água superficial
Vazão de Cheia - Parâmetro: DBO**

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Dados de qualidade da água: Profill, 2019



LEGENDA

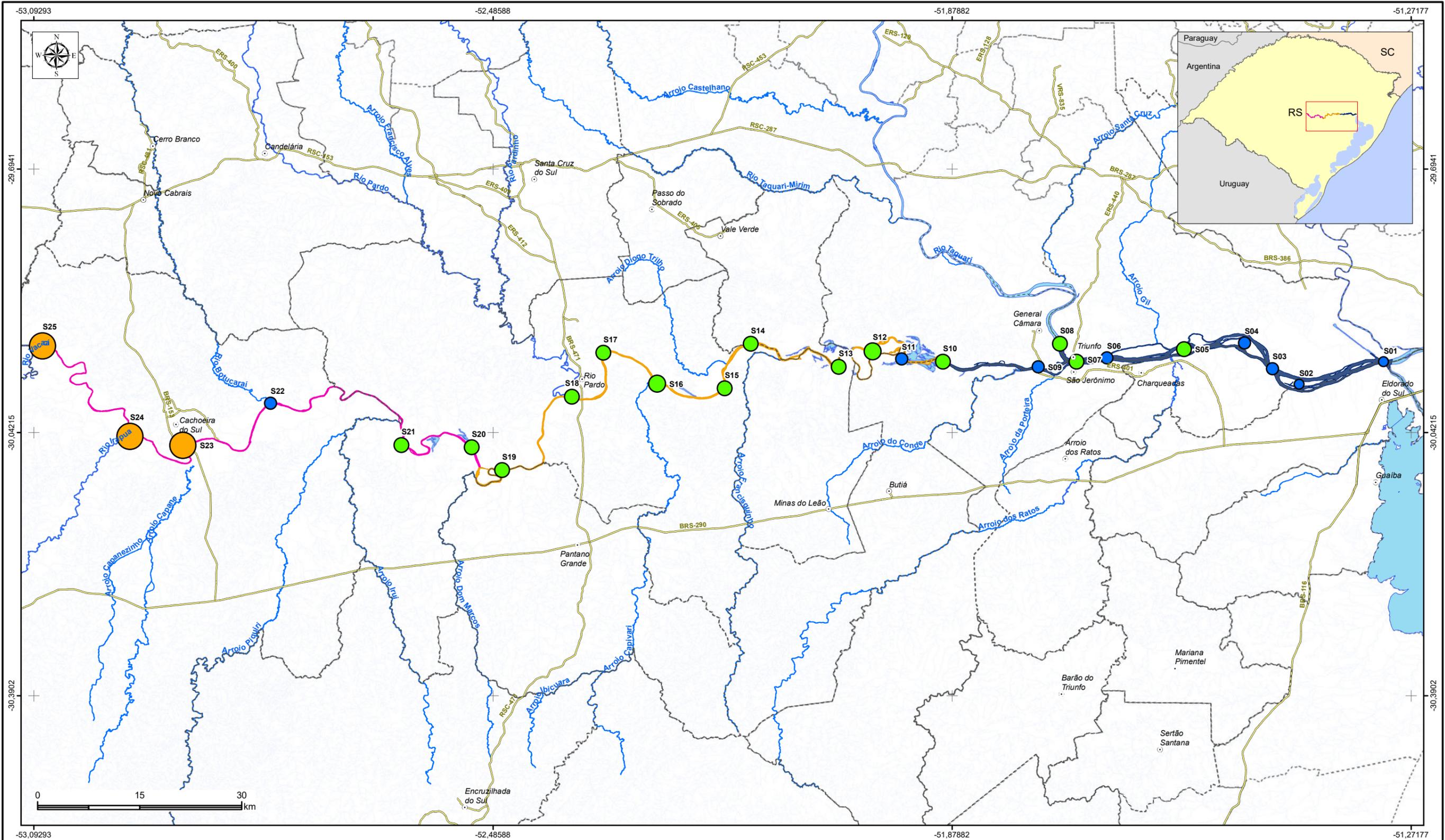
- | | | | |
|---|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ● Sede municipal — Rodovia — Rios principais - - - Limite municipal Rio Jacuí — Subtrecho A — Subtrecho B — Subtrecho C | <p>DBO (mg/l)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 1,0 ○ 1,1 - 2,0 ○ 2,1 - 3,0 ○ 3,1 - 4,0 | <p>Classes de Qualidade d'água CONAMA 357/05</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Classe 1 ● Classe 2 ● Classe 3 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 4,1 - 5,0 ○ 5,1 - 6,0 ○ 6,1 - 7,0 |
|---|---|--|---|

RT8 - RELATÓRIO DE DIAGNÓSTICO CONSOLIDADO,
 ANÁLISE INTEGRADA E ZONEAMENTO AMBIENTAL

**ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO
 DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ**

Elaboração
PROFILL
Contratação e fiscalização
Fepam

<p>Sistema de Coordenadas Geodésicas Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000 Escala: 1:550.000</p>	<p>Mapa 3.10 - Campanha de amostragem de água superficial Vazão de Estiagem - Parâmetro: DBO</p>	<p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sede municipal: SEMARS (2018) - Limite municipal: SEMARS (2018) - Hidrografia: SEMARS (2018) - Limite estadual: IBGE (2019) - Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015) - Dados de qualidade da água: Profill, 2019
---	---	---



LEGENDA

- | | | |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Sede municipal Rodovia Rios principais Limite municipal Rio Jacuí Subtrecho A Subtrecho B Subtrecho C | <p>Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)</p> <ul style="list-style-type: none"> 1,1 - 100,0 100,1 - 200,0 200,1 - 500,0 500,1 - 1.000,0 2.500,1 - 3.800,0 | <p>Classes de Qualidade d'água CONAMA 357/05</p> <ul style="list-style-type: none"> Classe 1 Classe 2 Classe 4 |
|--|---|---|



RT8 - RELATÓRIO DE DIAGNÓSTICO CONSOLIDADO,
ANÁLISE INTEGRADA E ZONEAMENTO AMBIENTAL

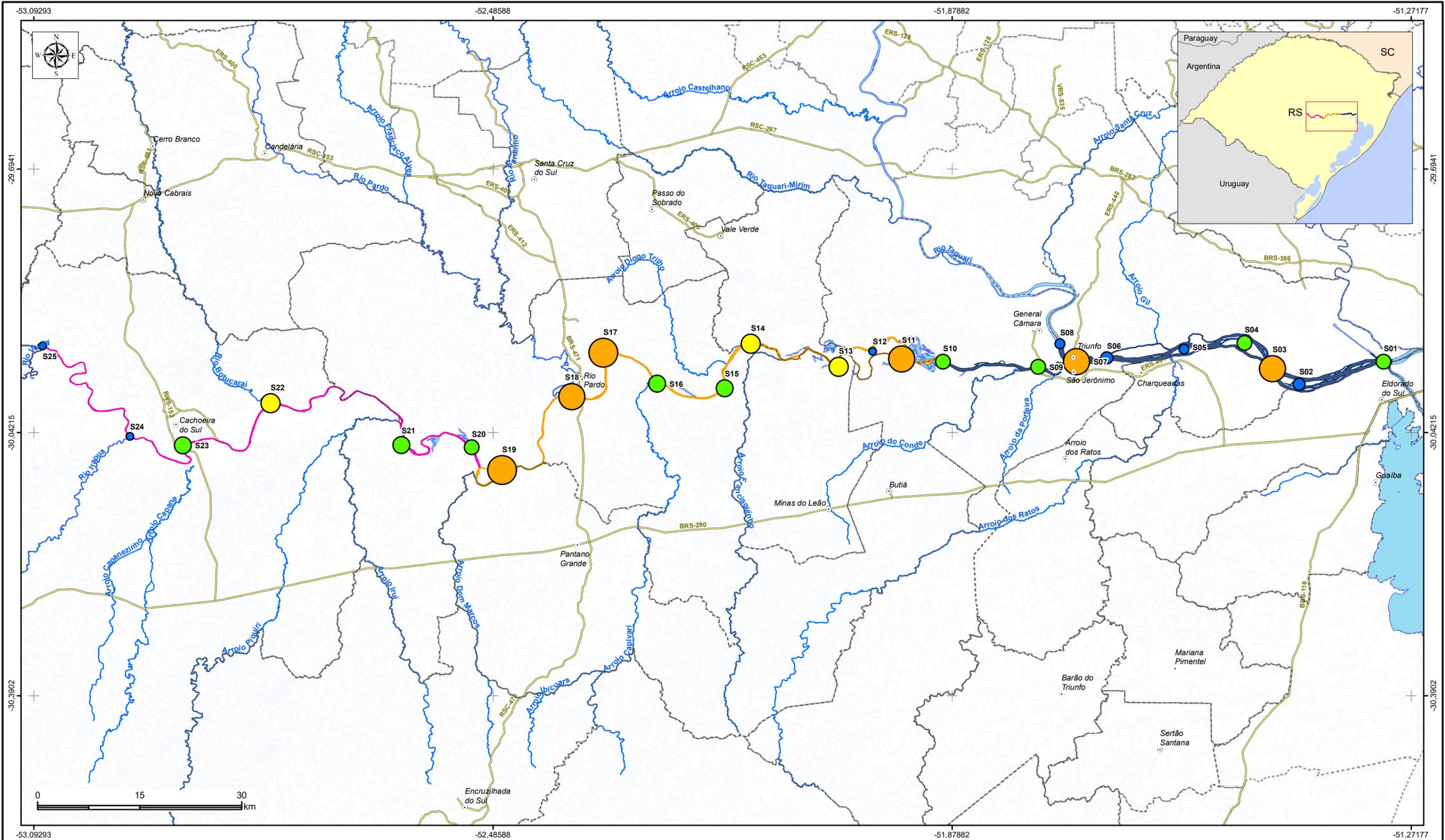
**ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO
DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ**



Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: 1:550.000

**Mapa 3.11 - Campanha de amostragem de água superficial
Vazão de Cheia - Parâmetro: Coliformes Termotolerantes**

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Hidrografia: IBGE (2019)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Dados de qualidade da água: Profill, 2019

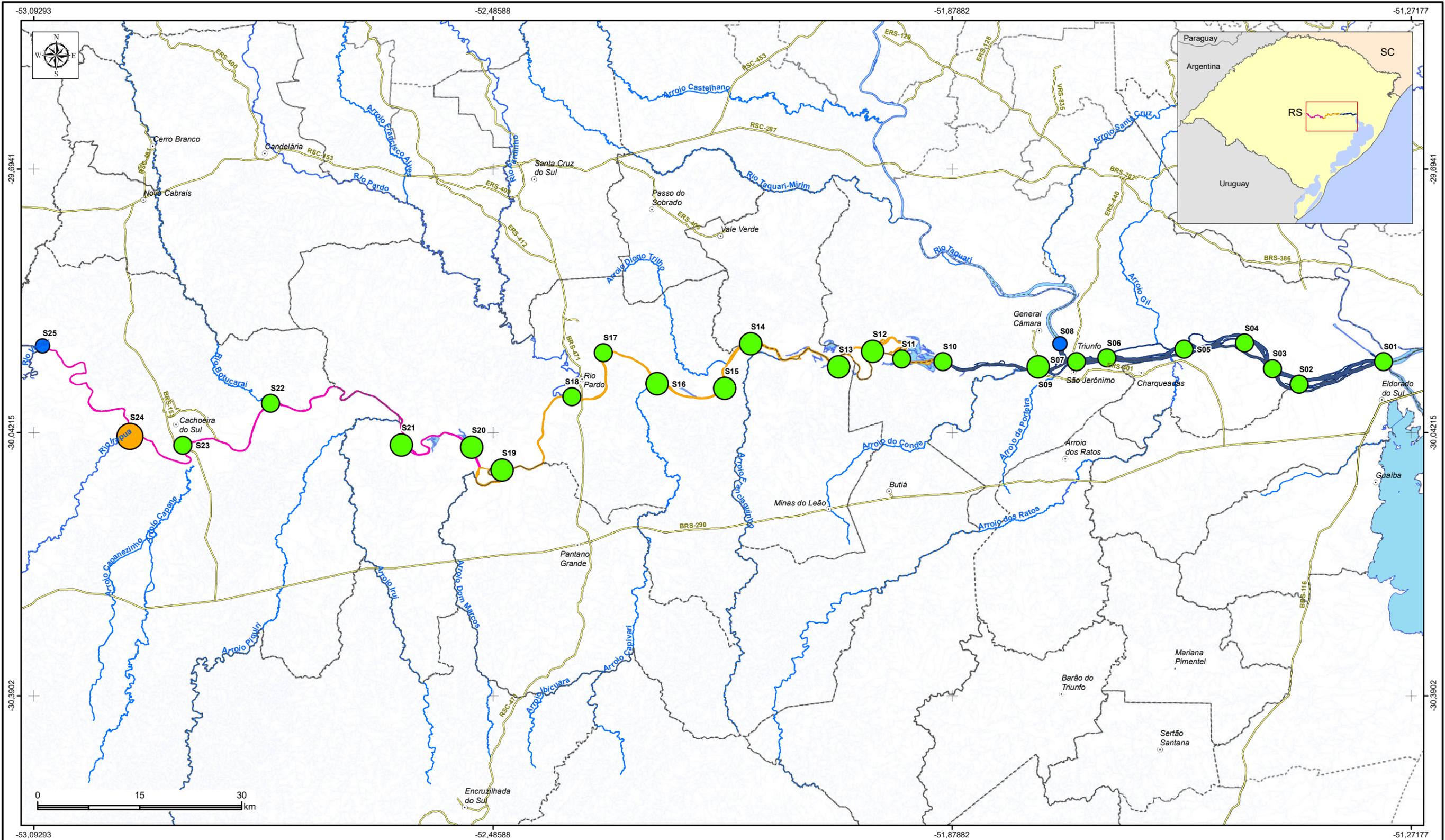


LEGENDA

<ul style="list-style-type: none"> ○ Sede municipal — Rodovia — Rios principais - - - Limite municipal Rio Jacuí — Subtrecho A — Subtrecho B — Subtrecho C 	<p>Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ <1 ○ 1,1 - 100,0 ○ 100,1 - 200,0 ○ 200,1 - 500,0 ○ 500,1 - 1.000,0 ○ 1.000,1 - 1.500,0 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1.500,1 - 2.000,0 ○ 2.000,1 - 2.500,0 ○ 2.500,1 - 10.000,0 ○ 10.000,1 - 73.000,0 	<p>Classes de Qualidade d'água CONAMA 357/05</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Classe 1 ● Classe 2 ● Classe 3 ● Classe 4
---	---	---	--

Elaboração: **PROFILL** Contratação e fiscalização: **Fepam**
RT8 - RELATÓRIO DE DIAGNÓSTICO CONSOLIDADO, ANÁLISE INTEGRADA E ZONEAMENTO AMBIENTAL
ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

<p>Sistema de Coordenadas Geodésicas Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000 Escala: 1:550.000</p>	<p>Mapa 3.12 - Campanha de amostragem de água superficial Vazão de Estiagem - Parâmetro: Coliformes Termotolerantes</p>	<p>Fonte de dados: - Sede municipal: SEMARS (2018) - Limite municipal: SEMARS (2018) - Hidrografia: SEMARS (2018) - Limite estadual: IBGE (2019) - Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015) - Dados de qualidade da água: Profill, 2019</p>
---	--	--



LEGENDA

<ul style="list-style-type: none"> Sede municipal Rodovia Rios principais Limite municipal Rio Jacuí <ul style="list-style-type: none"> Subtrecho A Subtrecho B Subtrecho C 	<p>Turbidez (NTU)</p> <ul style="list-style-type: none"> 31,2 - 40,0 40,1 - 80,0 80,1 - 100,0 100,1 - 114,0 	<p>Classes de Qualidade d'água CONAMA 357/05</p> <ul style="list-style-type: none"> Classe 1 Classe 2 (para a turbidez o limite de concentração das classes 2 e 3 é coincidente) Classe 4
---	--	---

Elaboração

RT8 - RELATÓRIO DE DIAGNÓSTICO CONSOLIDADO,
ANÁLISE INTEGRADA E ZONEAMENTO AMBIENTAL

**ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO
DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ**

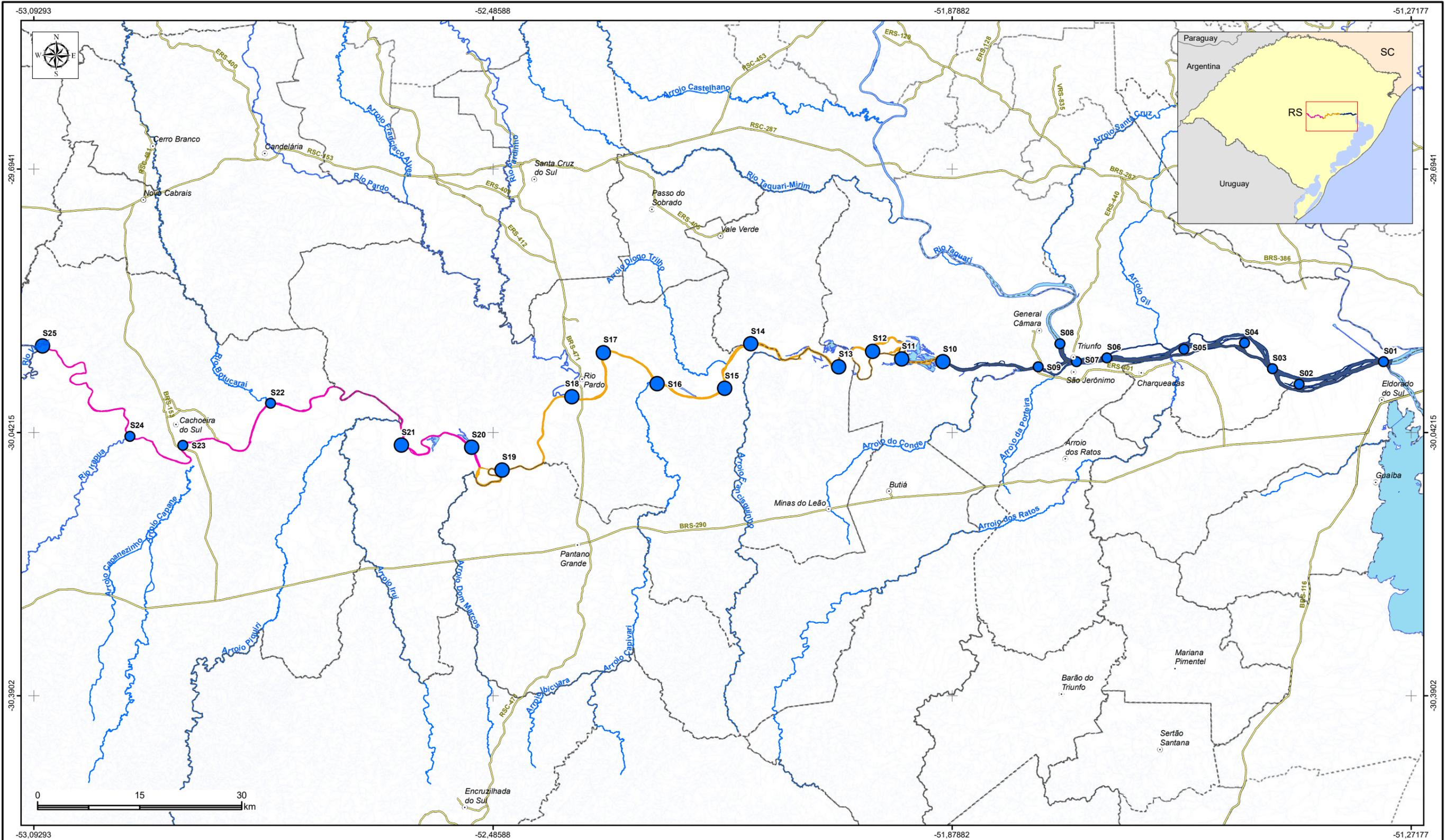
Contratação e fiscalização

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: 1:550.000

**Mapa 3.13 - Campanha de amostragem de água superficial
Vazão de Cheia - Parâmetro: Turbidez**

Fonte de dados:

- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Dados de qualidade da água: Profill, 2019



LEGENDA

- Sede municipal
 - Rodovia
 - Rios principais
 - - - Limite municipal
 - Rio Jacuí**
 - Subtrecho A
 - Subtrecho B
 - Subtrecho C
- | | |
|--|---------------|
| Turbidez (NTU) | ○ 6,9 - 20,0 |
| | ○ 20,1 - 40,0 |
| Classes de Qualidade d'água CONAMA 357/05 | ● Classe 1 |

Elaboração: 
Contratação e fiscalização: 

RT8 - RELATÓRIO DE DIAGNÓSTICO CONSOLIDADO, ANÁLISE INTEGRADA E ZONEAMENTO AMBIENTAL
ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Sistema de Coordenadas Geodésicas
 Sistema Geodésico de Referência
 SIRGAS2000
 Escala: 1:550.000

Mapa 3.14 - Campanha de amostragem de água superficial Vazão de Estiagem - Parâmetro: Turbidez

Fonte de dados:
 - Sede municipal: SEMARS (2018)
 - Limite municipal: SEMARS (2018)
 - Hidrografia: SEMARS (2018)
 - Limite estadual: IBGE (2019)
 - Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
 - Dados de qualidade da água: Profill, 2019



3.1.4.2 Análise dos pontos monitorados pela FEPAM

A análise dos dados provenientes do monitoramento da FEPAM contempla dados secundários de 03 estações: Cachoeira do Sul (85642010), Rio Pardo (85658000) e General Câmara (85930000), próximo aos limites do município de Triunfo, disponíveis no portal HIDROWEB da Agência Nacional de Águas (ANA), cujo detalhamento é apresentado no RT7. Os dados utilizados referem-se ao ano de 2019. Para a estação de General Câmara os dados foram apresentados no Relatório RT2, para os anos de 2017 e 2018, sendo analisados em conjunto com os dados de 2019. A localização dos pontos é apresentada na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 –Localização dos pontos monitorados pela Fepam.

Estação	Nome da Estação	Município	Corpo Hídrico	Latitude	Longitude
85642010	Cachoeira do Sul	Cachoeira do Sul	Rio Jacuí	-30.01	53.0158
85658000	Rio Pardo	Rio Pardo	Rio Jacuí	-29.9389	-52.3189
85930000	General Câmara	General Câmara	Rio Jacuí	-29.9544	-51.7625

Fonte: Hidroweb ANA (2020)

De acordo com as informações disponíveis pode-se observar que o pH está dentro da faixa de classe 1 (6,0-9,0) de acordo com a Resolução CONAMA nº357/05. Da mesma forma, OD se mantém acima do limite da classe 1 (>6,0 mg/L) ao longo de todo período e trecho monitorado. Entretanto, consistentemente abaixo da saturação. A condutividade elétrica apresenta valores usuais para águas superficiais (<100 µmhos/cm) ao longo de todo o trecho, sem apresentar variações bruscas que poderiam indicar fontes de poluição relevantes.

A concentração de DBO é baixa (entre 1 e 2 mg/L), consistentemente abaixo dos limites da classe 1 (3,0 mg/L). A relação DBO:DQO também é baixa (10-20%) indicando baixa labilidade da matéria orgânica de origem alóctone produzida na bacia somada à elevada capacidade de diluição do Rio Jacuí.

Nesse sentido, a concentração de Nitrogênio amoniacal, que pode ser um indicador de despejos de esgotos domésticos recentes, também é baixa (< 0,1 mg/L, classe 1), representando menos de 20% do NTK em média. Fósforo Total também apresenta valores dentro dos limites da classe 1 (0,10 mg/L) e alguns momentos levemente acima desse limiar (20% acima em uma única campanha na seção Triunfo). Para E.coli, na média, os valores ficam dentro do limite da classe 1 (200 NMP/100 ml). Mesmo considerando que esse indicador represente 80% dos coliformes termotolerantes, os dados disponíveis indicam baixa densidade de coliformes.

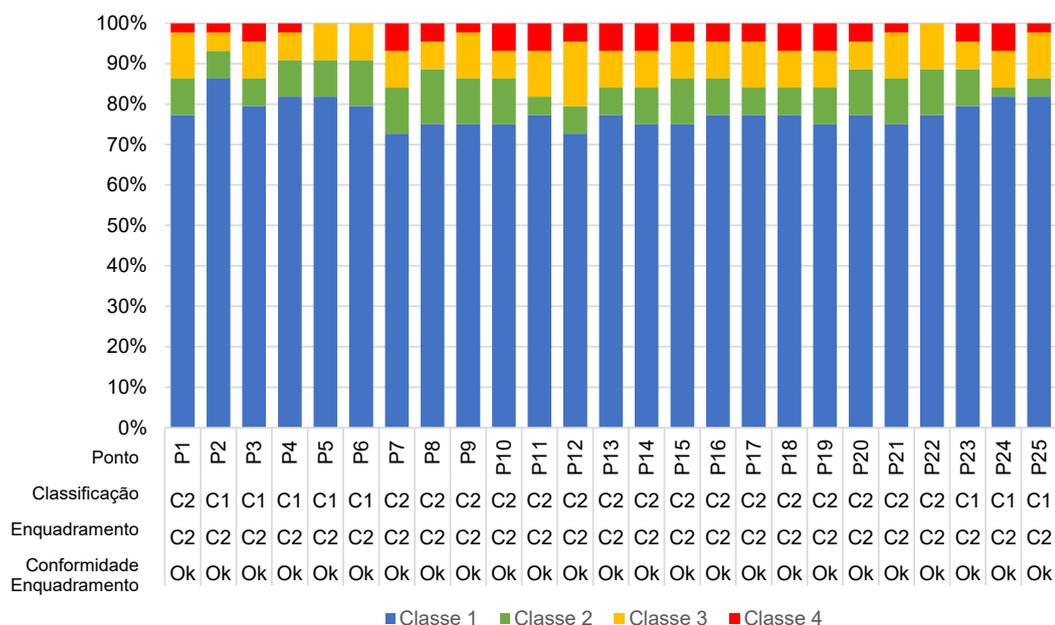


Portanto, de uma maneira geral, o trecho possui boa qualidade da água. Consistentemente as concentrações dos parâmetros monitorados ficam dentro dos limites da Classe 1 da Resolução CONAMA nº 357/2005. A elevada capacidade de diluição do manancial e ausência de fontes orgânicas relevantes explicam essa condição de qualidade da água.

3.1.4.3 Análise da Conformidade com o Enquadramento

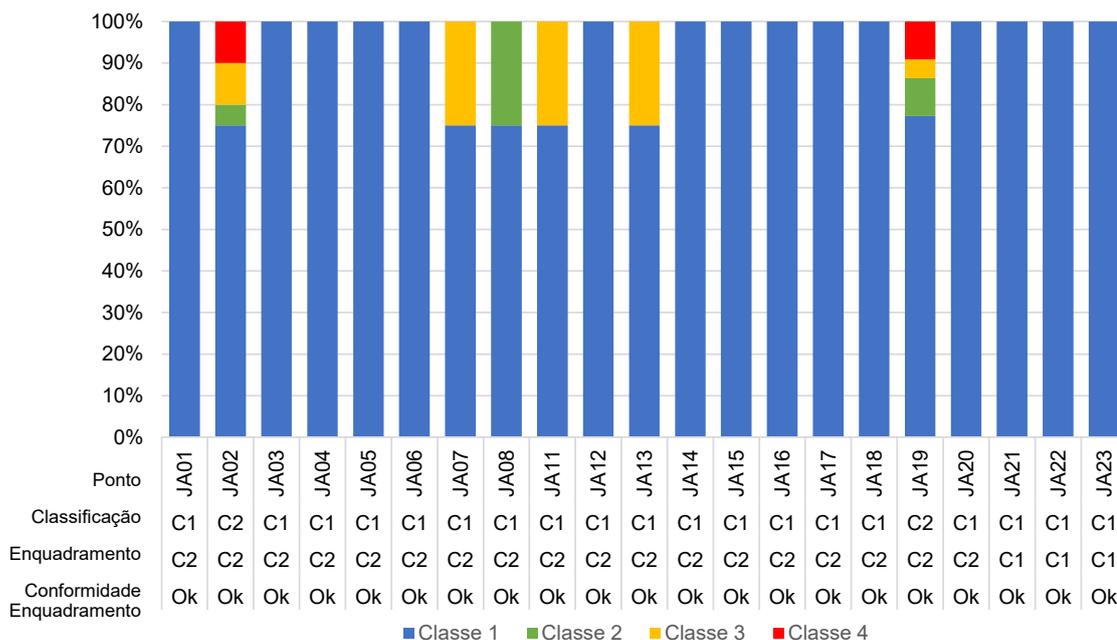
Complementarmente, os dados oriundos do Plano de Bacia do Baixo Jacuí e os dados levantados neste estudo de subsídio ao zoneamento, foram analisados de modo a verificar a classe equivalente ao enquadramento e a verificação da conformidade com o Enquadramento atual, definido pelo Comitê de Bacia e pelo Conselho de Recursos Hídricos, conforme estabelecido no Plano de Bacia. O critério para classificação do ponto, conforme usualmente feito pela FEPAM, foi o Percentil 80% dos parâmetros. O detalhamento deste estudo pode ser obtido no RT7.

As informações da análise são sintetizadas nas figuras a seguir, que apresentam a frequência de parâmetros nas classes, a classificação do ponto (percentil 80% dos parâmetros), o enquadramento atual, e a análise de conformidade, dos pontos monitorados ao longo do estudo de subsídio ao zoneamento (Figura 3.22) e nos pontos analisados no Plano de Bacia do Baixo Jacuí (Figura 3.23).



Nota: C1: Classe 1; C2: Classe 2; Ok: Condição atual de acordo com o Enquadramento.

Figura 3.22 – Frequência de parâmetros nas classes, classificação do ponto, enquadramento e análise de conformidade dos 25 pontos monitorados ao longo do estudo de subsídio ao zoneamento.



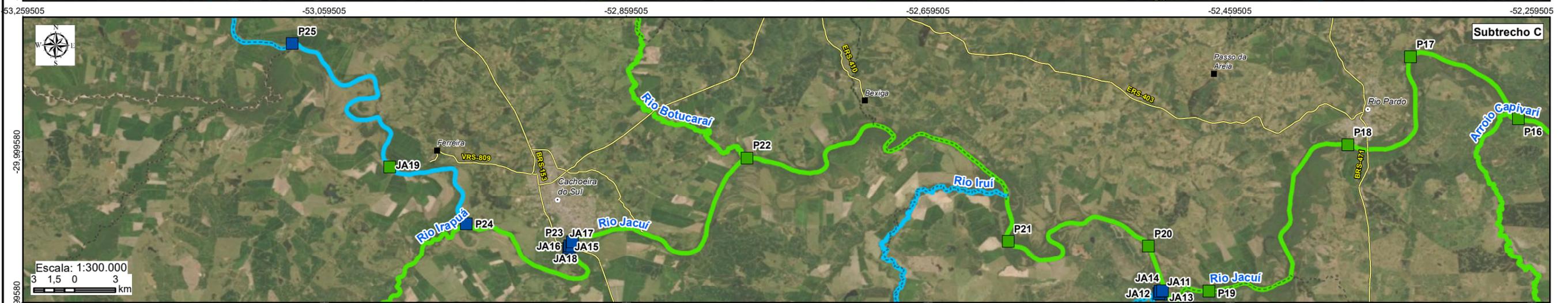
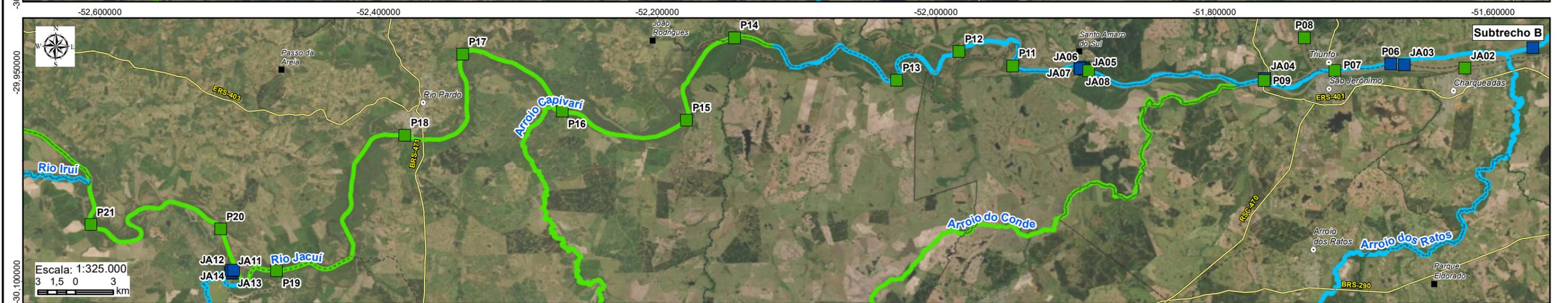
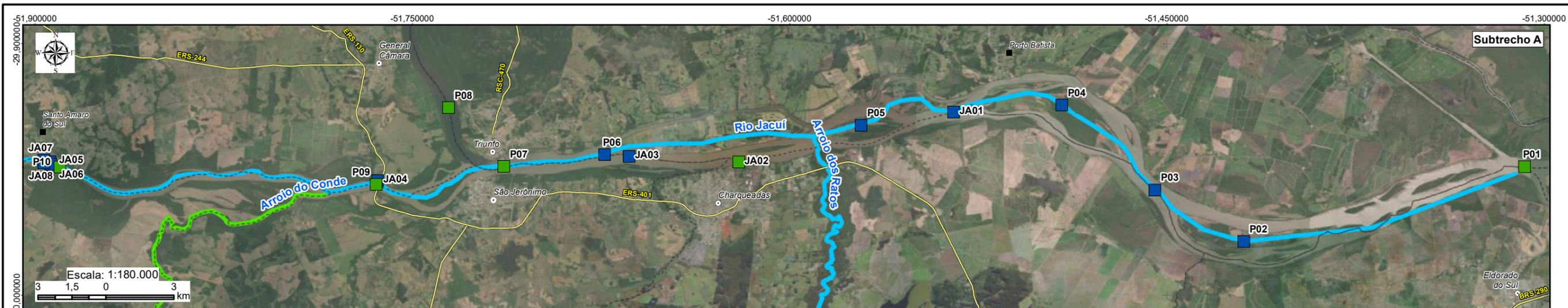
Nota: C1: Classe 1; C2: Classe 2; Ok: Condição atual de acordo com o Enquadramento.

Figura 3.23 – Frequência de parâmetros nas classes, classificação do ponto, enquadramento e análise de conformidade dos pontos do Plano do Baixo Jacuí.

As figuras ilustram que, nos pontos em análise do Rio Jacuí, o Enquadramento é verificado, uma vez que a qualidade é compatível com a meta estabelecida. O “Ok” nas figuras evidencia que a classificação atual (percentil 80 dos parâmetros) está de acordo com o Enquadramento. Na Figura 3.22, observa-se que os pontos P2, P3, P4, P5, P6, P23, P24, P25 possuem qualidade compatível com a classe 1 (C1), e os demais pontos, com a classe 2 (C2), sendo o Enquadramento (C2) atendido em todos os pontos. Já nos pontos do Plano Baixo Jacuí (Figura 3.23), os pontos JA02 e JA19, possuem qualidade compatível com classe 2 (C2), e os demais, com a classe 1 (C1), atendendo, também o Enquadramento que varia entre as classes 1 e 2.

Além da comparação com a Metas do Enquadramento, verifica-se um comportamento bastante satisfatório dessa variável com águas classificadas como de boa qualidade em todos os pontos, sendo baixas as frequências (até 25%) nas classes 3 e 4.

O Mapa 3.15 ilustra os resultados obtidos para a qualidade das águas, onde se percebe que não há variação entre os pontos, todos atendendo ao Enquadramento.



LEGENDA

- Sede municipal
 - Vila
 - Rodovia
 - - - Limite municipal
- Classificação da qualidade da água conforme CONAMA 357**
- Classe 1
 - Classe 2
- Classe de Enquadramento**
- Classe 1
 - Classe 2



Elaboração: **PROFILL**

RT8 - RELATÓRIO DE DIAGNÓSTICO CONSOLIDADO, ANÁLISE INTEGRADA E ZONEAMENTO AMBIENTAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: **Fepam**

Sistema de Coordenadas Geodésicas: Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 3.15 – Pontos de Monitoramento de Qualidade das Águas Classificados conforme CONAMA 357, e Enquadramento do Rio Jacuí no trecho em estudo

Fonte de dados:
 - Sede municipal: SEMARS (2018)
 - Limite municipal: SEMARS (2018)
 - Limite estadual: IBGE (2019)
 - Rodovia: SEMARS (2018)
 - Qualidade da água: PROFILL (2020)
 - Classe de Enquadramento: DRH/SEMA (2015)



3.1.4.4 Análise de parâmetros associados à atividade de mineração

Uma análise complementar relativa à qualidade das águas foi realizada, considerando as variáveis relacionadas à atividade de mineração, de modo a verificar se o caráter de pouca variação e boa qualidade da água se mantém neste contexto. Ao mesmo tempo, esta análise possibilita a verificação dos impactos da mineração na qualidade da água do Rio Jacuí. Assim, foram analisados exclusivamente os parâmetros relacionados com a atividade de mineração da areia (Cor, turbidez e Sólidos Totais) para as seguintes fontes de dados: campanhas de diagnóstico realizadas em 25 seção para as condições de estiagem e cheia e dados oriundos da rede de monitoramento da FEPAM.

Quanto a Cor, os dados avaliados correspondem àqueles obtidos nas campanhas de diagnóstico (Figura 3.24), onde verifica-se uma variação de 14,50 UC (Ponto 21) a 78,90 UC (Ponto 13) com média de 37,86 UC na campanha 1, e na campanha 2 a variação associada as seções de avaliação foi de 12,20 UC (Ponto 07) a 392,00 UC (Ponto 11) com média de 112,61 UC, concentrando os maiores valores entre a sede urbana de Rio Pardo e a ponte da RS-401 nas imediações de São Jerônimo/Triunfo – a partir deste ponto, apresentam forte redução junto a contribuição do rio Taquari (ponto 7 e 8), passando a um comportamento de elevação em direção ao Lago Guaíba. Este comportamento de forma geral, foi verificado em ambas as campanhas, ainda que com diferentes ordens de grandeza, por conta da sazonalidade dos períodos de coleta (seca/cheia).

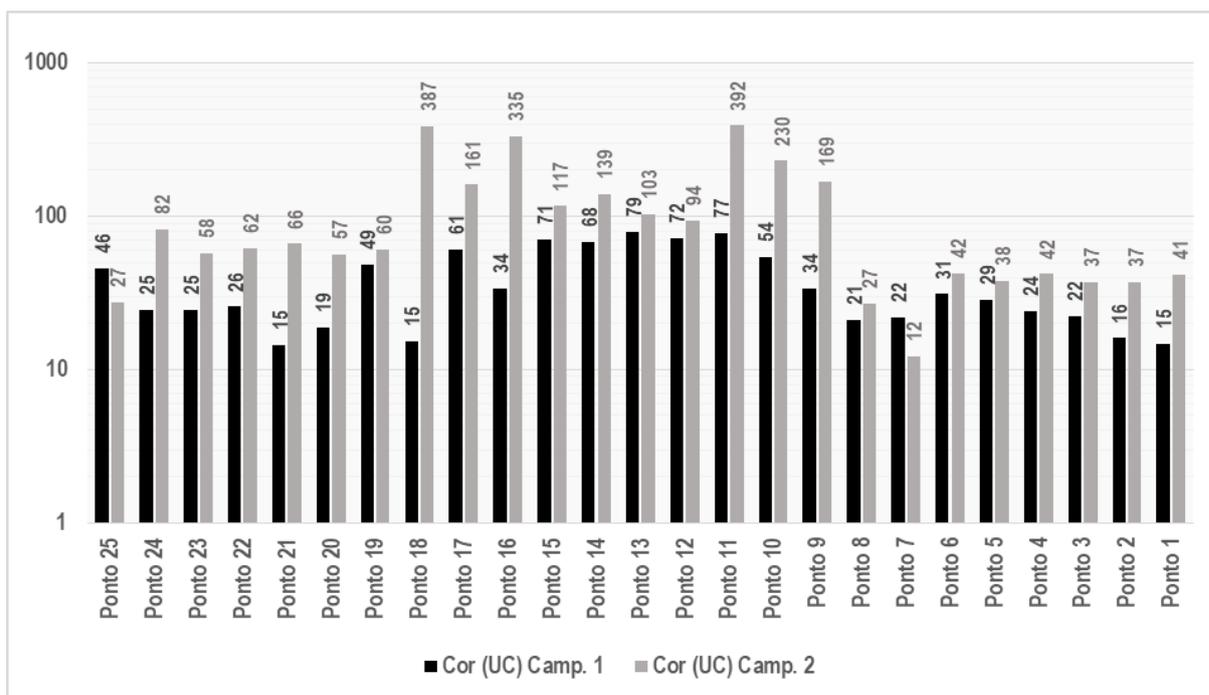


Figura 3.24 – Espacialização da variação dos teores de Cor nas campanhas de diagnóstico.



Quanto à turbidez da água, os dados obtidos nas campanhas de diagnóstico (Figura 3.25) indicam na campanha 1 uma variação de 6,94 NTU (Ponto 06) a 36,00 NTU (Ponto 14) com média de 20,61 NTU, e na campanha 2 uma variação de 31,20 NTU a 114,00 NTU (Ponto 24) associado a uma média de 70,06 NTU – de forma geral, espacialmente e temporalmente, os dados apresentam comportamento semelhante, verificando-se uma tendência de incremento dos valores de montante para jusante, até as seções 10 (jusante da Barragem Amarópolis) e 09 (montante da contribuição do rio Taquari), queda dos teores após contribuição do Rio Taquari, passando a apresentar elevação sustentada dos teores até o Lago Guaíba, ainda que com diferentes ordens de grandeza, por conta da sazonalidade dos períodos (seca/cheia). Na campanha de seca ou de baixa vazão a classe 1 (<40 NTU) é atendida ao longo de todo o trecho. Por outro lado, no período de chuvas a turbidez é elevada para a condição de classe 2.

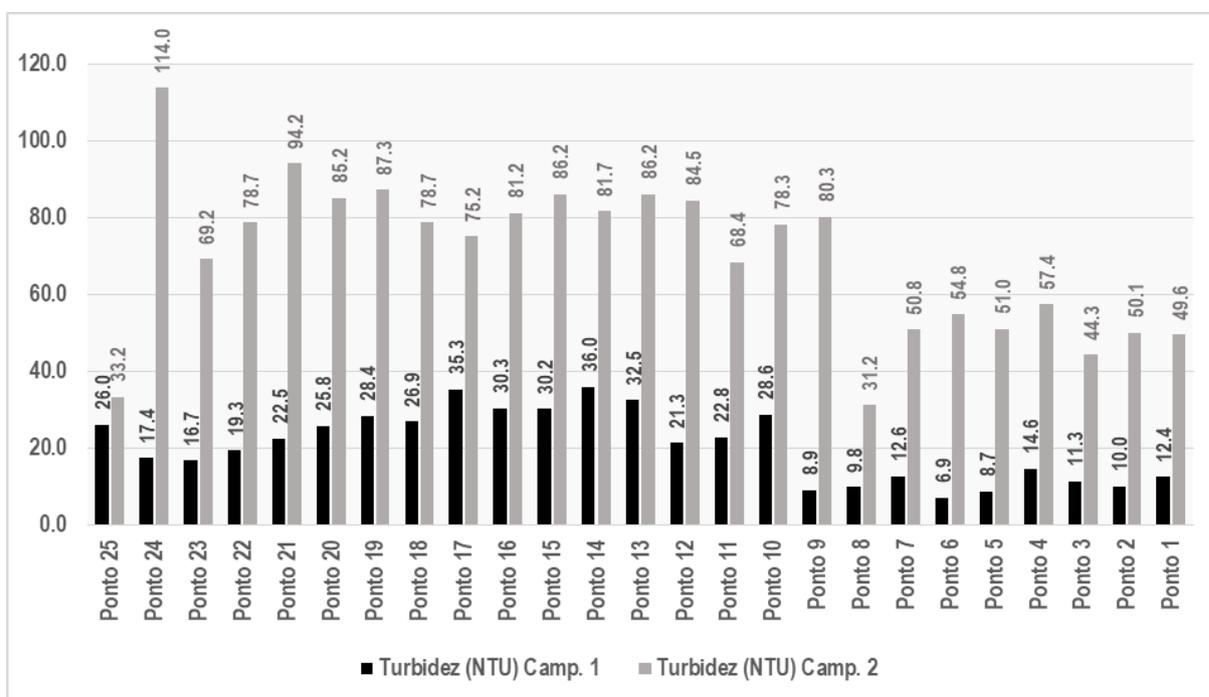


Figura 3.25 – Espacialização da variação dos teores de Turbidez nas campanhas 1 e 2 de diagnóstico.

Quanto aos Sólidos Totais (ST), na campanha 1 de diagnóstico (Figura 3.26) verificou-se uma variação de 35,0 mg/L (Ponto 04) a 121,0 mg/L (Ponto 25) com média de 78,92 mg/L, enquanto que na campanha 2, os teores de sólidos totais apresentaram valores variando de 75,0 mg/L (Ponto 25) a 143,0 mg/L (Ponto 24) com média de 117,44 mg/L, constituindo-se, de forma geral, em valores mais elevados em relação a campanha 1. De forma geral os teores de ST apresentam comportamento semelhante ao observado para de turbidez e cor, quanto a sazonalidade.



Nesse caso a variação espacial é mais pronunciada na situação de baixa vazão, enquanto na campanha de cheia, como esperado, uma maior homogeneidade foi observada. Verifica-se, portanto, novamente um incremento de sólidos no trecho médio (entre a confluência do Rio Pardo e a confluência do Rio Taquari), seguido de uma queda na concentração e novamente uma ascensão em direção ao final do trecho monitorado. Para esse parâmetro destacam-se também as concentrações mais elevadas no início do trecho monitorado na condição de baixa vazão.

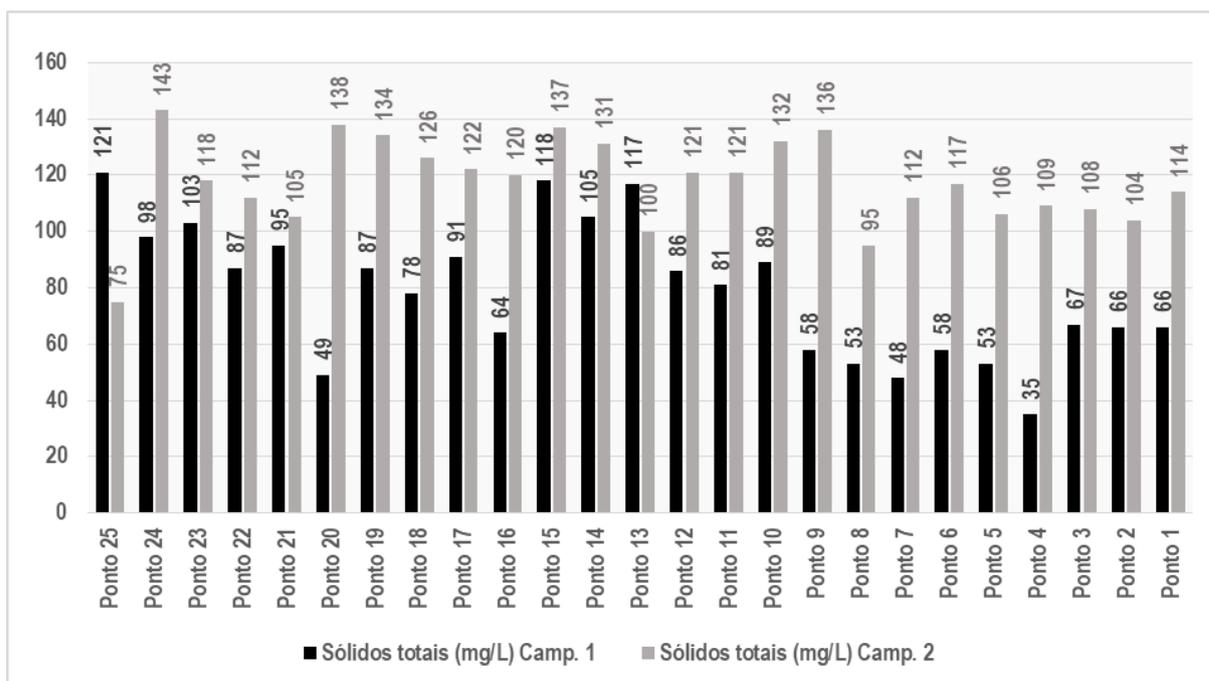


Figura 3.26 – Espacialização da variação dos teores de Sólidos totais nas campanhas 1 e 2 de diagnóstico.

O comportamento sazonal evidenciado nos dados obtidos no presente estudo é também verificado nos dados de turbidez da rede da FEPAM (Figura 3.27) ao longo do trecho de interesse ao estudo, notadamente junto à estação General Câmara (cod. 85930000), onde os dados coletados nos meses de julho e outubro se destacam, de forma geral, frente aqueles registrados em janeiro e abril, associados a menores vazões, consequentemente de menor carga de sedimentos. Em razão da correlação entre Turb x SST, o mesmo comportamento também é verificado nos dados de sólidos suspensos totais da rede da FEPAM. Vale destacar que nesse caso foi adotado sólidos suspensos.

Para Turbidez os dados amostrais variam entre classe 1 e 2. Para sólidos suspensos, com base na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 01/08, a classe 1 é atendida amplamente nas seções amostrais da FEPAM.

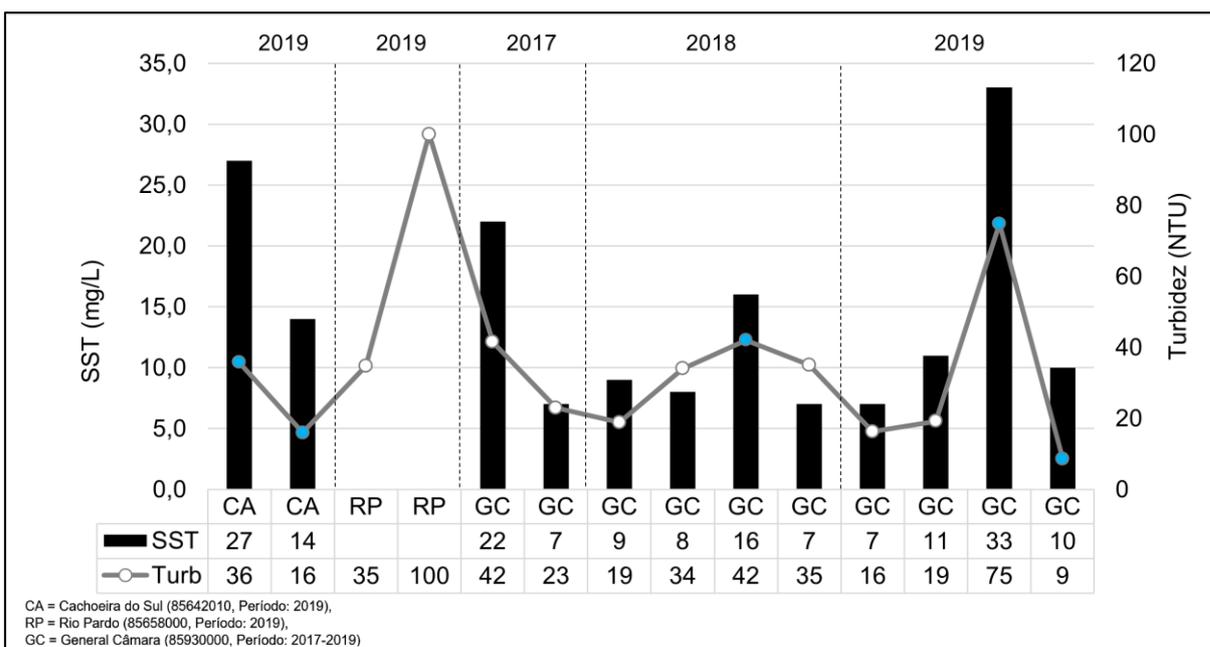


Figura 3.27 – SST e Turbidez – Estações FEPAM.

Vale ressaltar que a análise de cor, turbidez e sólidos numa condição de cheia ou estação chuvosa fica de certa forma comprometida já que o transporte de sedimentos é relevante nesse período. A condição de cheia tende a homogeneizar o trecho, dificultando a relação causa-efeito com a atividade mineradora. Esse cenário pode ser constatado através da comparação das campanhas amostrais realizadas neste contrato. Foi clara a diferença sazonal (baixa e alta vazão) para esses parâmetros, bem como a homogeneidade das concentrações ao longo do trecho na condição de cheia.

A análise espacial também não é simples para a condição de estiagem ou de baixa vazão, pois dispõe-se de apenas uma campanha. Entretanto, os dados para essa condição considerando as 25 seções amostrais mostraram resultados interessantes quando a variabilidade espacial.

Na análise espacial para a condição de baixa vazão, portanto, verifica-se uma tendência desses parâmetros serem mais elevados no trecho médio (entre os pontos 20 e 9), entre a confluência com o Rio Pardo e a confluência com o Rio Taquari. Na confluência com o Rio Taquari nota-se redução em resposta ao aporte de água deste manancial, passando a apresentar elevação sustentada até o Lago Guaíba – no período de chuvas o comportamento se mantém, mas com teores mais elevados e mais homogêneos. Estes dados podem refletir somente a influência das bacias de contribuição no curso hídrico em destaque. Por outro lado, a atividade mineradora pode estar contribuindo para essa variabilidade espacial constatada sobretudo na situação de vazão baixa.



Sendo assim, recomenda-se, caso necessário, a realização de análises complementares com base em imagens de satélite, que permitem avaliar a concentrações de sólidos em suspensão, por meio da reflectância da luz na superfície da água com base em equações de regressão, conforme a metodologia descrita por Fagundes et al (2019). Essa análise permite avaliar a variação espacial da concentração de sólidos, que pode ser relacionada à atividade de mineração de areia no Rio Jacuí, em dias específicos, como por exemplo, quando da operação de dragagem no trecho.

3.1.5 Caracterização da rede hidrográfica

Conforme a Divisão Hidrográfica do Estado do Rio Grande do Sul, estabelecida pelo Decreto Estadual nº 53.885 (16 de janeiro de 2018), o Rio Jacuí abrange mais de uma Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos, que também se constituem em Bacias Hidrográficas.

De acordo com a Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA), a **bacia hidrográfica do Baixo Jacuí** está inserida na Região Hidrográfica do Guaíba, sendo a rede de drenagem que forma a bacia hidrográfica subdividida em cinco unidades de planejamento do Sistema Estadual de Recursos Hídricos listadas a seguir com seus respectivos códigos: Taquari-Antas (G040); Vacacaí – Vacacaí-Mirim (G060); Baixo Jacuí (G070); Alto Jacuí (G050); Pardo (G090).

A **bacia hidrográfica do Taquari-Antas (G040)** corresponde ao principal afluente da margem esquerda do Rio Jacuí, sendo descrita por RS (2011), como sendo composta total ou parcialmente por 119 municípios, os quais abrangem 26.415,45 km², área correspondente a 9,38% da área territorial do Rio Grande do Sul.

A **bacia hidrográfica dos rios Vacacaí – Vacacaí Mirim (G060)**, notadamente o Rio Vacacaí, corresponde ao principal afluente da margem direita do Rio Jacuí, e, conforme informado pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA), ainda não possui o plano de recursos hídricos. A área dessa unidade de planejamento e gestão compreende parcial ou totalmente 14 municípios e contempla 11.077,34 km², representando 3,93% da área territorial do Rio Grande do Sul.

Segundo RS (2005), a **bacia hidrográfica do Rio Pardo (G090)** corresponde a outro importante contribuinte da margem esquerda do Rio Jacuí, com área de drenagem correspondente a 3.636,79 km², distribuída entre 13 municípios, o que representa 1,29% da área do Rio Grande do Sul.



Finalmente, as áreas de contribuição direta ao Rio Jacuí configuram duas unidades de planejamento e gestão (conforme o Decreto anteriormente citado): o Alto Jacuí (G050) e o Baixo Jacuí (G070). A **bacia hidrográfica do Alto Jacuí (G050)** representa a contribuição de montante ao baixo Rio Jacuí (RS, 2012), abrangendo total ou parcialmente 41 municípios em uma área de 13.070,06 km², o que representa 4,64% do território gaúcho. Já a **bacia hidrográfica do Baixo Jacuí (G070)** contempla 40 municípios, os quais abrangem 17.332,9 km², equivalentes a 6,15% da área territorial do Rio Grande do Sul (RS, 2014).

A área de estudo deste trabalho, denominada como “**médio e baixo curso do Rio Jacuí**” se estende às seguintes bacias hidrográficas: Baixo Jacuí (G070), Vacacaí-Vacacaí Mirim (G060), Rio Pardo (G090) e Taquari - Antas(G040). No entanto, entende-se como válida a apresentação da área das bacias contribuintes do Rio Jacuí, uma vez que a hidrografia do trecho de interesse, Médio e Baixo Jacuí, reflete os efeitos do escoamento que vem dos cursos de água situados nas partes altas da bacia hidrográfica.

O Mapa 3.16 apresenta a hidrografia das bacias contribuintes do Rio Jacuí, descritas anteriormente, com indicação dos principais formadores. Este mapa foi elaborado a partir do modelo hidrológico SWAT, tendo como base o modelo digital de elevação para o estado do Rio Grande do Sul fornecido por Weber *et al.* (2004).



LEGENDA

- Sede municipal
- Hidrografia
- Rodovia
- Sub-bacias afluentes (Unidades de Planejamento)
- Bacia do Baixo Jacuí
- Limite municipal

Elaboração: **PROFILL** Contratação e fiscalização: **Fepam**

RT8 - RELATÓRIO DE DIAGNÓSTICO CONSOLIDADO, ANÁLISE INTEGRADA E ZONEAMENTO AMBIENTAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: 1:1.400.000

Mapa 3.16 – Hidrografia da bacia hidrográfica do Rio Jacuí, com indicação das principais sub-bacias de formadoras

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Rodovia: SEMARS (2018)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- Sub-bacias e bacia: DRH/SEMA (2015)



3.1.5.1 Parâmetros morfométricos referentes à análise da rede hidrográfica da Região Hidrográfica do Lago Guaíba

A análise morfométrica de bacias hidrográficas permite a identificação de suas características gerais (SOARES E SOUZA, 2012), sendo importantes para o entendimento da transformação da chuva em escoamento superficial. A Tabela 3.5 apresenta a descrição e significado dos índices morfométricos (adaptado de Villela e Mattos, 1975).

Tabela 3.5 – Descrição e significado dos índices morfométricos.

Índices morfométricos	Descrição	Equação
Coefficiente de compacidade de (Kc):	<p>O Coeficiente de Compacidade (Kc) relaciona a forma da bacia com um círculo. É um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho, sendo que quanto maior a irregularidade da bacia, maior será o coeficiente de compacidade.</p> <p>O coeficiente de compacidade igual a unidade corresponde a uma bacia circular, com maior tendência a ocorrência de cheias. Ao passo que o valor se afasta da unidade, a indicação da ocorrência de cheias é reduzida.</p>	$c = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$ <p>Onde: Kc = Coeficiente de compacidade, adimensional; P = Perímetro da bacia em km; A = Área da bacia em km².</p>
Fator de forma (Ff)	<p>O Fator de forma (Ff) relaciona a forma da bacia com um retângulo (ou um quadrado), correlacionando a razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia da foz até o ponto mais distante do espigão.</p> <p>Uma bacia com fator de forma baixo (retangular) é menos suscetível a enchentes, enquanto valores próximos a unidade (bacia quadrada) indicam maior propensão a cheias.</p>	$Ff = \frac{A}{L^2}$ <p>Onde: Ff = Fator de forma, adimensional; A = Área da bacia em km²; L = comprimento axial da bacia em km.</p>
Índice de Sinuosidade e (Is)	<p>O Índice de Sinuosidade (Is) representa a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial do canal principal (medida em linha reta), expressando a capacidade do curso d'água de desenvolver o escoamento em maiores velocidades.</p> <p>Quanto maior a sinuosidade (mais curvas, e conseqüentemente maior comprimento), maior será a dificuldade de se atingir o exutório do canal, portanto, a velocidade de escoamento será menor. Canais menos sinuosos (mais retos) terão maior facilidade ao escoamento e maiores velocidades.</p> <p>Valores de Is próximos a 1 indicam canais retilíneos, valores de Is superiores a 2 indicam canais sinuosos e os valores intermediários indicam formas transicionais.</p>	$Is = \frac{Lc}{Lv}$ <p>Onde: Is = Índice de sinuosidade, adimensional; Lc = comprimento do canal principal em km; Lv = comprimento vetorial do canal principal em km.</p>

Fonte: adaptado de Villela e Mattos (1975)

Na Tabela 3.6 são apresentados parâmetros morfométricos para as bacias hidrográficas no Rio Jacuí, com as informações obtidas na geração da drenagem pelo modelo hidrológico SWAT.



Tabela 3.6 – Parâmetros morfométricos para as bacias hidrográficas do Rio Jacuí.

Bacias hidrográficas	Taquari-Antas (G040)	Alto Jacuí (G050)	Vacacaí (G060)	Baixo Jacuí (G070)	Pardo (G090)
Área (km ²)	26368,60	13069,33	11127,04	17414,89	3640,20
Perímetro (km)	1112,09	641,50	599,74	1065,80	356,03
Comprimento do canal principal (km)	512,12	221,06	219,04	361,36	134,28
Comprimento do eixo (km)	157,12	124,54	138,81	198,24	86,68
Cota máxima (m)	1293,00	773,00	463,00	617,00	733,00
Cota mínima (m)	1,00	75,00	19,00	1,00	6,00
Amplitude altimétrica (m)	1.292,00	698	444	616	727
Coefficiente de compacidade	1,93	1,58	1,6	2,28	1,66
Fator de forma	1,07	0,84	0,58	0,44	0,48
Índice de Sinuosidade	3,26	1,78	1,58	1,82	1,55

Em função do uso do modelo SWAT para geração das informações apresentadas, observam-se algumas diferenças nas áreas estimadas em cada unidade de planejamento da região de estudo, que compreende o conjunto das bacias afluentes ao Baixo Jacuí, em relação aos dados oficiais. Ainda que as diferenças sejam quase insignificantes (inferiores a 1% em todos os casos): a área obtida foi 0,18% inferior no Taquari-Antas; 1% inferior no Alto Jacuí; 0,45% superior na bacia do Vacacaí – Vacacaí Mirim; 0,47% superior na bacia hidrográfica do Baixo Jacuí; e 0,09% superior na bacia hidrográfica do rio Pardo.

Os valores de sinuosidade encontrados e apresentados acima, são superiores ao valor de 1,5 em todas as bacias hidrográficas, indicando que os canais apresentam a formação de meandros, com destaque para o Taquari-Antas, com valor superior a 3, indicando canais sinuosos.

Quanto ao Fator de Forma, conforme explica Ferreira *et al.* (2010), ao comparar bacias de tamanhos equivalentes, a bacia hidrográfica do Alto Jacuí é mais propensa a enchentes em relação às bacias hidrográficas do Baixo Jacuí e do Vacacaí, por ter valor mais alto (mais próximo a unidade). A Bacia do Taquari-Antas, também apresenta valor próximo a 1, ainda que tenha dimensão superior às demais aqui analisadas.

Finalmente, o Coeficiente de Compacidade, percebe-se que todas as bacias têm valores distantes da unidade, sendo o Alto Jacuí o menor valor observado, indicando maior propensão a cheias.



3.1.5.2 Conceitos associados à evolução dos cursos de água, hipsometria e transporte de sedimentos

Dada a importância do conhecimento de fatores formadores das bacias hidrográficas, além da formação e do transporte de sedimentos para o trabalho em pauta, este item resume os conceitos e informações de maior relevância, como hipsometria (variação de altitude na área de estudo), erosão e transporte de sedimentos em uma bacia hidrográfica.

Em uma bacia hidrográfica, a rede de drenagem é composta por um canal principal e todos os seus tributários, os quais drenam a água dos pontos de maior altitude para os de menor altitude. No caso do Rio Jacuí, os cursos de água que formam a hidrografia apresentam-se divididos em três partes, nomeadamente: curso superior; curso médio; e curso inferior.

No curso superior (zonas de maior altitude), normalmente predomina o transporte seixo e cascalho, no curso médio (zonas de altitude média) passa a predominar o transporte de areia e no trecho inferior (zonas de altitude baixa) predomina o silte e a argila. Tais características são percebidas em bacias hidrográficas naturais sem intervenção humana nos cursos de água.

A área da bacia hidrográfica que não está contida na rede de drenagem composta pelos rios, é conhecida como interflúvios ou vertentes. Os interflúvios ou vertentes são descritos por Paz (2004) como áreas nas quais ocorrem a captação da precipitação e consequente produção de sedimentos. Por sua vez, a rede de drenagem responde pelo caminho preferencial de transporte de água e sedimentos, e as planícies aluviais, ou várzeas, conforme explica Paz (2004), respondem por pontos marginais à calha do rio, principalmente nas áreas baixas da bacia hidrográfica, sendo uma área que funciona estocando e produzindo sedimentos para o rio. Em períodos de estiagem, ao ocorrer alguma precipitação, essas áreas produzem sedimentos para o rio, enquanto em períodos de cheia, quando o escoamento ultrapassa a calha principal do rio e passa a escoar sobre a planície, observa-se a deposição de sedimentos nessas zonas, devido a menores velocidades nessa região com profundidades menores e obstáculos ao escoamento.

Naturalmente, são observadas deformações na hidrografia de uma bacia hidrográfica, podendo ser de curta duração (minutos) a longa duração (anos). Em termos de curta duração pode-se citar erosão localizada nas margens côncavas dos rios e deposição nas margens convexas. Já se tratando de longa duração, verifica-se a migração de meandros e assoreamento da planície.



Nesse sentido, verifica-se que os fenômenos responsáveis pela auto deformação dos canais fluviais são os processos de erosão e depósito, o que impacta diretamente na largura do rio, cota de fundo e rugosidade.

A Figura 3.28 apresenta a curva hipsométrica do Rio Jacuí, no qual se verifica o relevo em relação ao percentual acumulado da área referente a cada cota. Observa-se elevação mínima de 1 m, elevação máxima de 1.293 m, e a elevação média de 633 m.

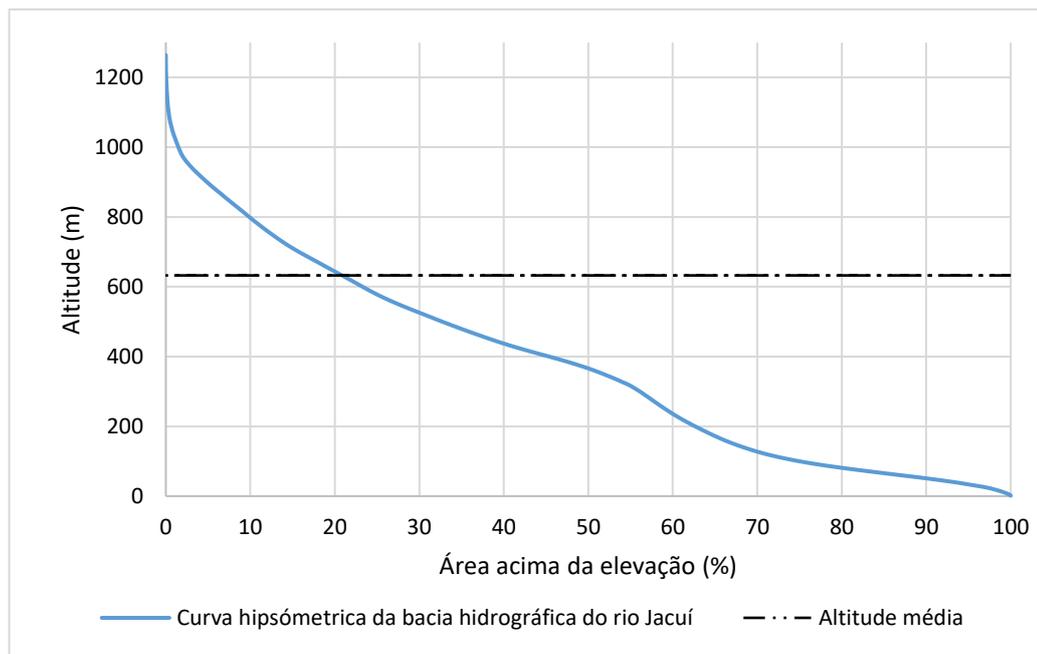
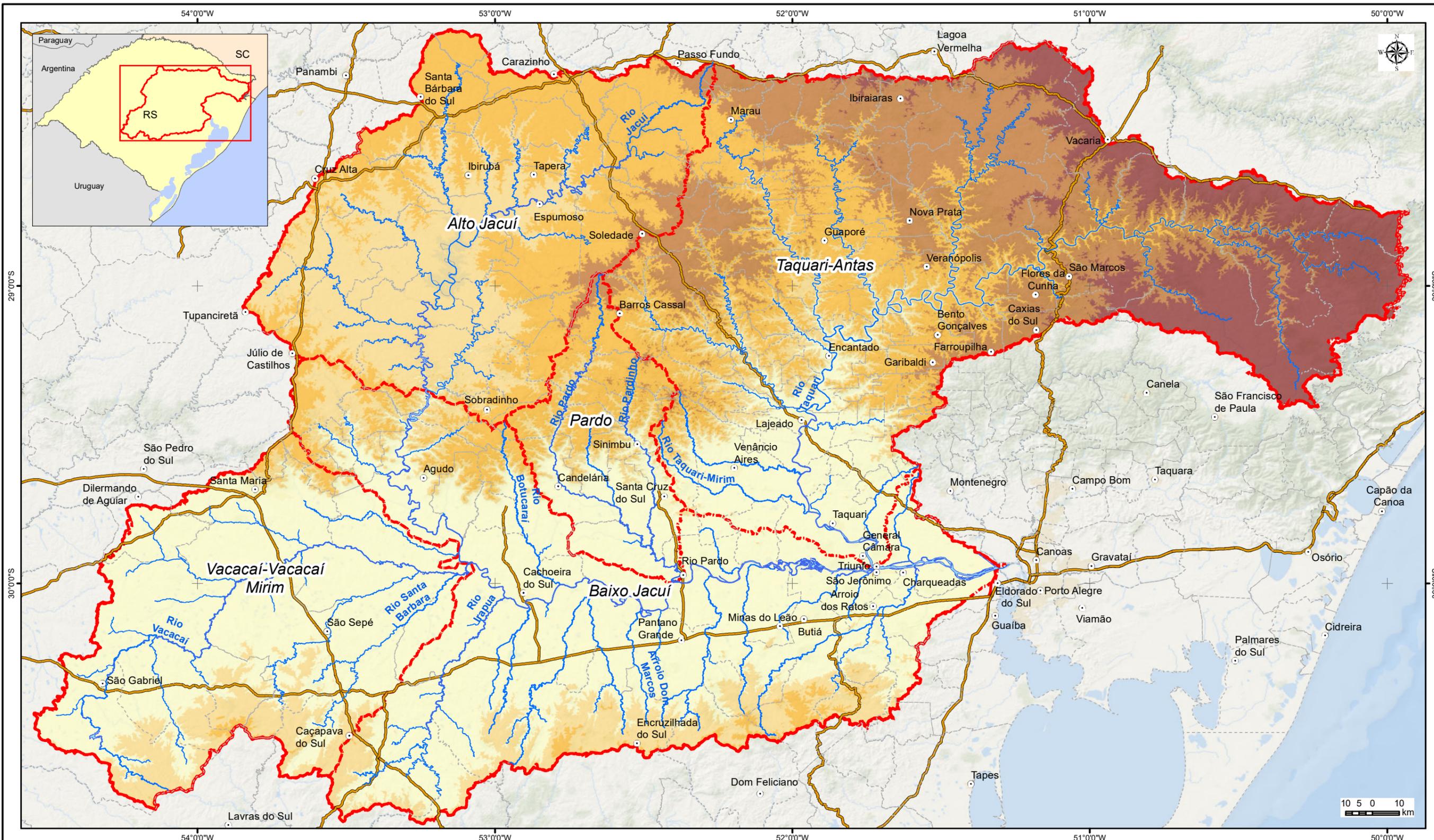


Figura 3.28 – Curva hipsométrica do Rio Jacuí.

O Mapa 3.17 apresenta a hipsometria das bacias contribuintes do Rio Jacuí, considerando cinco classes de altitude, espaçadas a cada 211 m.



LEGENDA

- Sede municipal
 - Hidrografia
 - Rodovia
 - Sub-bacias afluentes (Unidades de Planejamento)
 - Bacia do Baixo Jacuí
 - Limite municipal
- | Elevação (m) | |
|---------------|-------------|
| 1 - 211 | 211,1 - 422 |
| 422,1 - 633 | 633,1 - 844 |
| 844,1 - 1.293 | |



RT8 - RELATÓRIO DE DIAGNÓSTICO CONSOLIDADO,
ANÁLISE INTEGRADA E ZONEAMENTO AMBIENTAL

**ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO
DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ**



Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: 1:1.400.000

**Mapa 3.17 – Mapa hipsométrico das bacias contribuintes
do rio Jacuí, com indicação dos formadores**

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Rodovia: SEMARS (2018)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- Sub-bacias e bacia: DRH/SEMA (2015)
- Elevação: SRTM



- **Erosão dos solos e modificações nos leitos dos rios**

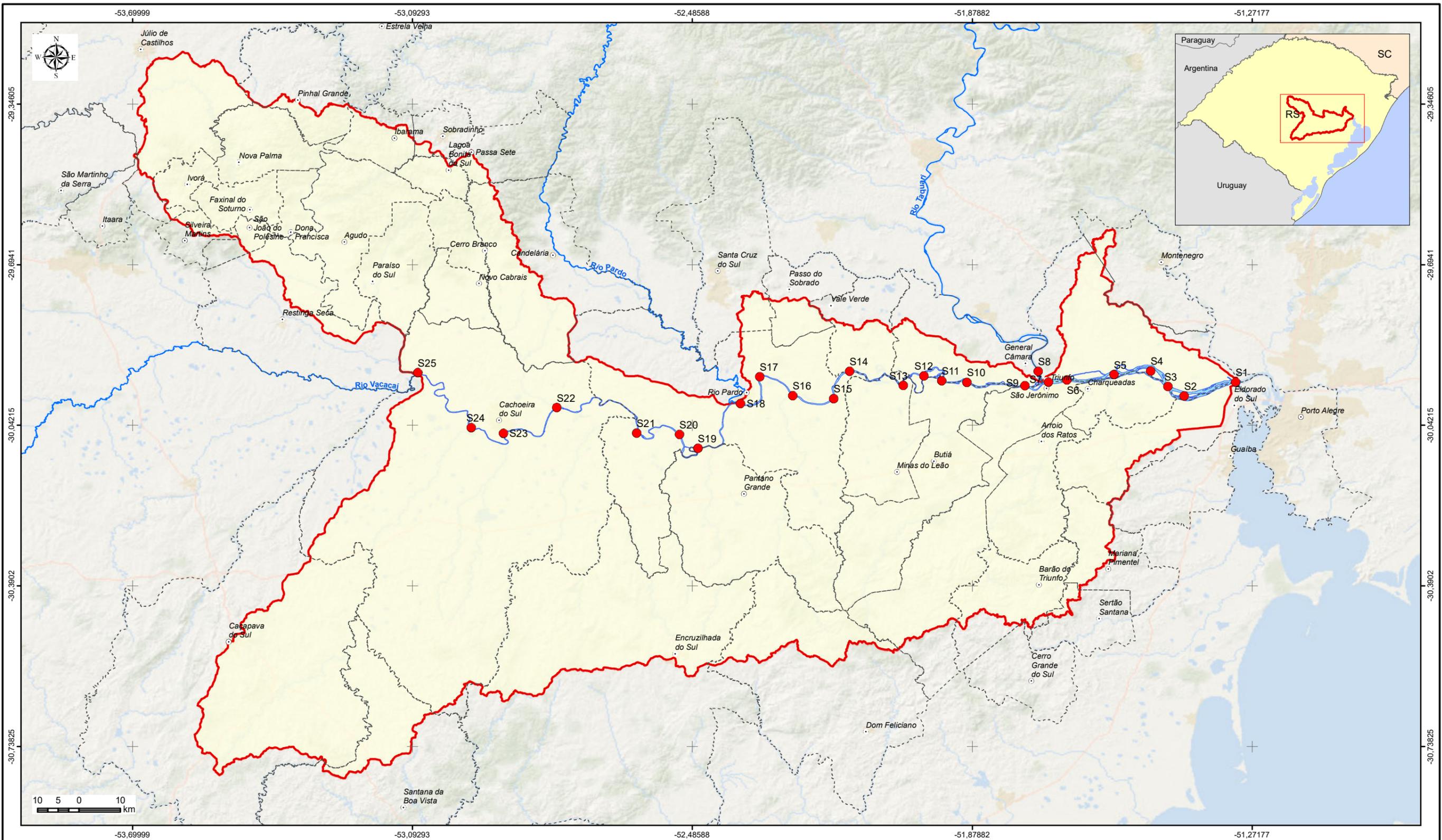
A erosão dos solos é um dos fatores associados à formação das bacias hidrográficas e ao transporte de sólidos na rede de drenagem. A erosão compreende ao desprendimento de partículas do solo, das rochas ou dos sedimentos, do seu local original por meio da ação da água ou de outro agente de intemperismo, podendo ser potencializada pela ação do homem sobre o ambiente. Os processos erosivos ocorrem em razão do clima, do solo, do relevo, da cobertura vegetal e do uso da terra, sendo que os sedimentos que foram desprendidos e transportados serão depositados em zonas favoráveis a tal deposição, sejam nos pés das vertentes, nos vales ou nos leitos dos rios.

Na observação dos cursos de água, verifica-se que o nível do manancial apresenta variações ao longo do tempo. A variação do nível do rio faz com que ele ocupe determinadas áreas da calha natural, as quais são conhecidas como leito menor, leito médio e leito maior. No Rio Jacuí, em seu curso médio, foram monitoradas 25 seções de referência, as quais apresentaram largura da seção transversal conforme elencado na Tabela 3.7.

Tabela 3.7 - Seções monitoradas e suas respectivas larguras da seção transversal.

Seção de Referência	Largura (m)	Seção	Largura (m)
PTS-S1	1.056,44	PTS-S12	344,55
PTS-S2 ME	850,66	PTS-S13	566,15
PTS-S2 MD	838,49	PTS-S14	568,75
PTS-S3	1.137,15	PTS-S15	782,76
PTS-S4 ME	555,07	PTS-S16	613,09
PTS-S4 MD	868,17	PTS-S17	487,69
PTS-S5 ME	1.168,06	PTS-S18	563,14
PTS-S5 MD	686,86	PTS-S19	391,82
PTS-S6	1.222,02	PTS-S20	564,05
PTS-S7	827,96	PTS-S21	437,08
PTS-S8	1.017,91	PTS-S22	353,90
PTS-S9	731,25	PTS-S23	557,79
PTS-S10	768,28	PTS-S24	413,60
PTS-S11	597,81	PTS-S25	447,86

A localização das seções de referência e a hidrografia disponibilizada pela FEPAM (2019) na base cartográfica para o Rio Grande do Sul estão apresentadas no Mapa 3.18.



LEGENDA

- Sede municipal
- Seções monitoradas
- ~ Rios principais
- - - Limite municipal
- ~ Limite Bacia do Baixo Jacu



RT8 - RELATÓRIO DE DIAGNÓSTICO CONSOLIDADO,
ANÁLISE INTEGRADA E ZONEAMENTO AMBIENTAL

**ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO
DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ**



Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: 1:900.000

Mapa 3.18 – Hidrografia do Baixo Jacu, com base nos dados da FEPAM (2019), indicando as seções monitoradas

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- Seções monitoradas: Profil (2019)



- **Deformações da seção transversal**

Com o escoamento ao longo da seção transversal de um rio, verifica-se o surgimento de deformações que ocorrem no fundo ou nas margens do rio ao longo do tempo. No fundo do rio o processo erosivo consiste na perda de solo, principalmente pela capacidade de transporte ser maior que a de sedimentação. Por sua vez, a sedimentação no fundo do rio ocorre quando a capacidade de transporte é menor que a de sedimentação. Nas margens pode ocorrer a construção, devido ao aporte de sedimentos oriundos de pontos a montante da bacia hidrográfica, ou a erosão destas margens, devido à energia da água ser maior que a do solo em resistir ao escoamento.

A construção das margens é favorecida em zonas de águas paradas, pois favorecem o depósito nas margens, uma vez que o escoamento superficial contém material em suspensão em zonas de baixa velocidade e apresenta profundidades baixas, favorecendo assim o depósito de sedimentos. Por sua vez, a erosão das margens tende a ocorrer quando a tensão de cisalhamento provocada pelo escoamento é maior que a força de resistência do solo.

Os seguintes fatores contribuem com as deformações da seção transversal: Coesão do terreno; Vegetação; Variação do nível de água; Sedimentação maior que a capacidade de transporte, que é quando ocorre a formação de depósitos que favorecem a ação erosiva nas margens; Sedimentação menor que a capacidade de transporte, quando erosões de fundo causam desabamento das margens e o talude perde a condição de equilíbrio.

Observa-se, assim, um conjunto de fatores que contribuem com deformações na seção transversal de um manancial. Nesse sentido, qualquer atividade humana – a exemplo da dragagem de areia, da implantação de barramentos, da construção de pilares para pontes, entre outros – que modifique as características naturais de um corpo hídrico tende a provocar efeitos no que diz respeito à erosão e à deposição de sedimentos na calha do corpo hídrico.



3.1.6 **Medição de vazão, sedimentos em suspensão e sedimentos em arraste**

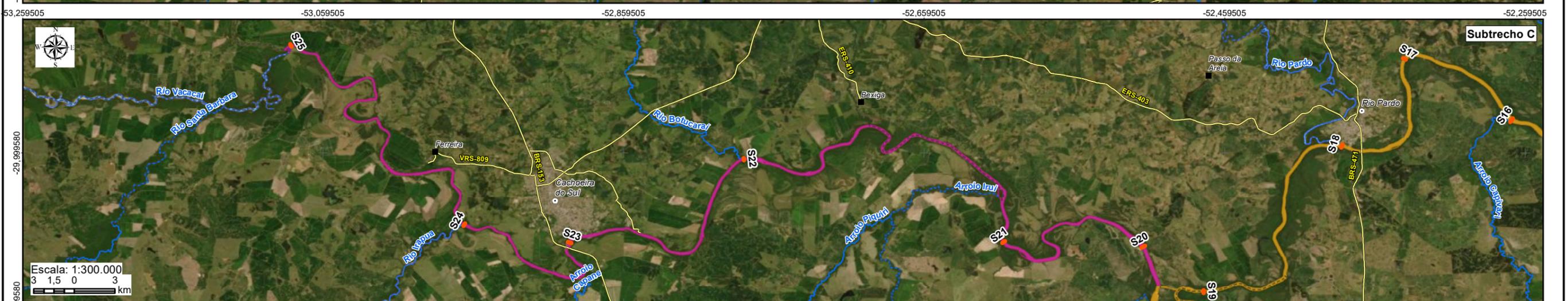
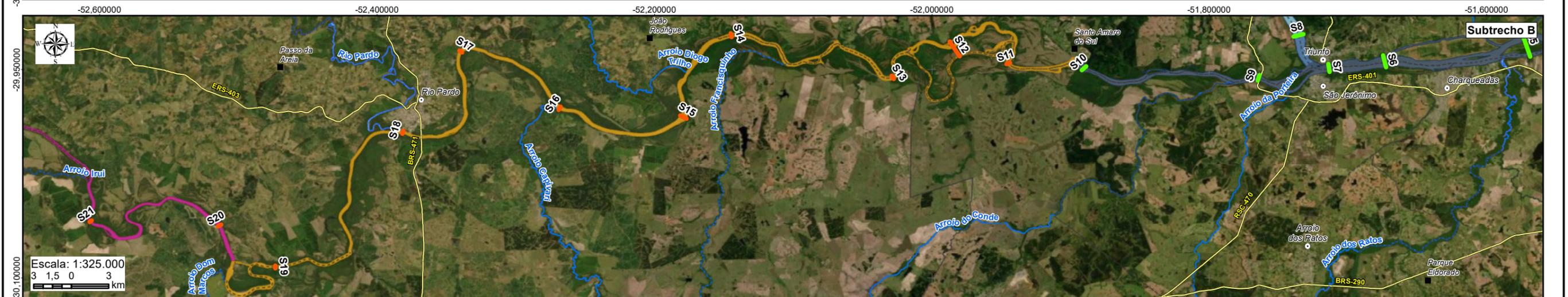
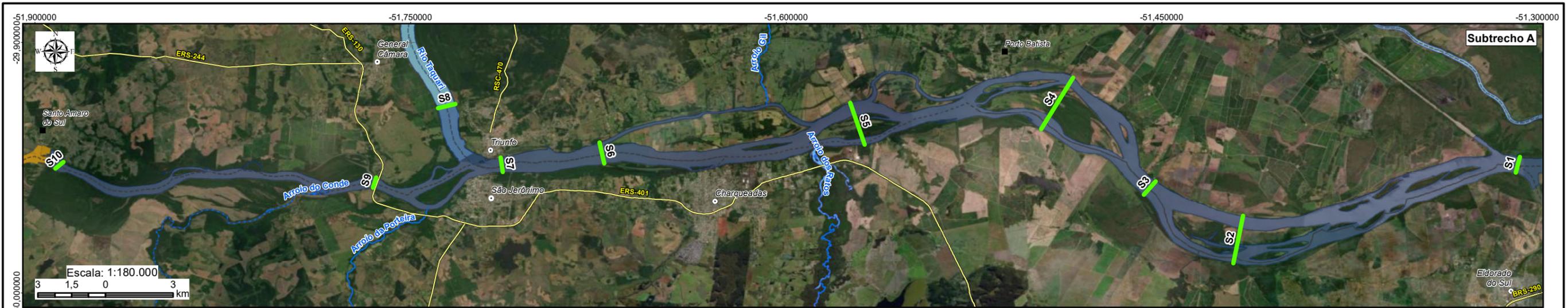
A fim de obter subsídios ao zoneamento, foram realizadas duas campanhas para medição de vazão e sedimentos em suspensão e arraste nas 25 seções do estudo, sendo a primeira detalhada no RT3 – Levantamento de dados primários e a segunda no RT6 – Diagnóstico Preliminar, onde podem ser obtidos os dados detalhados para as duas campanhas.

A **medição de vazão** em hidrometria pode ser entendida como todo processo utilizado para determinar o volume escoado em determinado tempo em uma seção de controle. Normalmente, se tratando de medição de vazão em rios, o volume é dado em metro cúbico (m^3) e o tempo em segundos (s). Dentre as técnicas frequentemente adotadas na medição de vazão, destacam-se a medição da velocidade da água com molinete hidrométrico e o método acústico. Em ambos os métodos, a determinação da vazão é obtida através da multiplicação entre a área da seção transversal e a velocidade do escoamento. A diferença entre eles consiste na forma de determinação dos referidos parâmetros.

O equipamento utilizado para a medição de vazão na primeira campanha foi o *Acoustic Doppler current profiler* (ADCP) da Sontek® modelo 500 Mhz. Na segunda, utilizou-se o ADCP River PRO de 1200 kHz da empresa RDI, alocado em um trimarã, sendo os dados processados no Software WinRiverII.

Além dos dados de vazão, foram medidos os sedimentos em suspensão e sedimentos em arraste, nas 25 seções de referência ao longo do Baixo Jacuí. Para a medição do transporte de **sedimentos em suspensão** foi utilizado o método do IIL com o amostrador USDH-59, sendo escolhida a travessia do ADCP, a qual apresentou o valor mais próximo à vazão média entre todas as travessias efetuadas na seção de monitoramento. Para a medição do transporte de **sedimentos em arraste** foi utilizado o método do IIL com o amostrador Helley-Smith, sendo escolhida a travessia do ADCP, a qual apresentou o valor mais próximo à vazão média entre todas as travessias efetuadas na seção de monitoramento. Os dados da referida travessia foram processados no programa Hidro Sedimentos.

Após coletadas, as amostras foram devidamente armazenadas e encaminhadas para o laboratório de sedimentos para obtenção da concentração de sedimentos em suspensão, que foi feita pelo método de evaporação ou de filtração, e para análise granulométrica dos sedimentos em arraste. O Mapa 3.19 apresenta a localização das seções para medição de descarga líquida e sólida mencionadas.



LEGENDA

- Sede municipal
- Vila
- ⚡ Rodovia
- 🌊 Rios principais
- ⋯ Limite municipal
- Rio Jacuí**
- 🔵 Subtrecho A
- 🟡 Subtrecho B
- 🟠 Subtrecho C
- Seção**
- 🟢 Monitorada
- 🟠 Não monitorada



Elaboração
PROFILL

RT8 - RELATÓRIO DE DIAGNÓSTICO CONSOLIDADO,
ANÁLISE INTEGRADA E ZONEAMENTO AMBIENTAL

**ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO
DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ**

Contratação e fiscalização
Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 3.19 - Localização das seções monitoradas com dados de vazão, sedimentos em suspensão e sedimentos em arraste. Campanha de Outubro 2019

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Rodovia: SEMARS (2019)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Seções: Perfil (2019)



O monitoramento das seções PTS-S1 e PTS-S25 foi dividido entre duas campanhas de campo realizadas nos meses de outubro e dezembro de 2019. No mês de outubro foram feitas as seções PTS-S1 a PTS-S10 e no mês de dezembro as seções PTS-S11 a PTS-S25. A síntese do resultado para as seções monitoradas, considerando as informações das duas campanhas para medição de vazão, nível, concentração de sólidos em suspensão (CSS) e arraste (CSA), bem como as cargas de sólidos, pode ser acompanhada na Tabela 3.8.

Tabela 3.8 – Resumo dos resultados do monitoramento da vazão, concentração de sedimentos em suspensão e sedimentos em arraste para as 25 seções monitoradas.

AMOSTRA/ PERFIL	CAMPANHA	DATA/ COLETA	NÍVEL (m)	CSS (mg/l)	Q (m³/s)	Qss (Ton/dia)	Qsa (Ton/dia)	Qst (Ton/dia)
PTS-S1	1	28/02/2019	1,06		709,81			
	2	31/10/2019	3,12	61,7	4.854,64	25.879,50	1,33	25.880,83
PTS-S2	1	28/02/2019 - MD	1,12		251,8			
		28/02/2019 - ME	1,13		553,67			
		28/02/2019	1,12		805,47			
2	27/10/2019	2,94	54,5	2.231,06	10.505,60	1,89	10.507,49	
PTS-S3	1	28/02/2019	1,14		1039,7			
	2	27/10/2019	2,9	47,4	2.373,10	9.718,70	2,41	9.721,11
PTS-S4	1	28/02/2019 - MD	1,18		541,99			
		28/02/2019 - ME	1,18		473,65			
		28/02/2019	1,18		1015,64			
2	28/10/2019	2,78	63,2	2.604,41	14.221,32	0,15	14.221,47	
PTS-S5	1	08/03/2019 - MD	0,92		254,22			
		08/03/2019 - ME	0,9		505,07			
		08/03/2019	0,91		759,29			
2	28/10/2019	2,68	52,9	2.927,22	13.379,05	4,22	13.383,27	
PTS-S6	1	08/03/2019	0,93		985,05			
	2	29/10/2019	2,78	50,9	2.790,43	12.271,65	0,01	12.271,66
PTS-S7	1	01/03/2019	1,18		520,74			
	2	29/10/2019	2,78	44,9	2.759,44	10.704,86	0,01	10.704,87
PTS-S8	1	01/03/2019	1,2		440,78			
	2	29/10/2019	2,92	41,2	1.189,63	4.234,70	0,32	4.235,02
PTS-S9	1	01/03/2019	1,39		526			
	2	30/10/2019	3,06	60,9	1.818,48	9.568,41	0,01	9.568,42
PTS-S10	1	01/03/2019	1,64					
	2	30/10/2019	3,06	62	1.892,40	10.137,21	0	10.137,21
PTS-S11	1	22/01/2019	5,55		2286,8			
	2	04/12/2019	1,54	29,4	554,73	1.409,10	0,04	1.409,14
PTS-S12	1	23/01/2019 - RV	7,13		676,87			
		23/01/2019 - RN	7,01		1656,2			
		23/01/2019	7,07		2333,07			
2	05/12/2019	3,62	18,6	607,26	975,89	0,42	976,31	
PTS-S13	1	23/01/2019	7,8		2551,66			
	2	05/12/2019	4,65	29,7	542,62	1.392,41	0,75	1.393,16
PTS-S14	1	05/02/2019	5,19		1192,94			
	2	05/12/2019	5,65	17,4	563,05	846,47	0,12	846,59
PTS-S15	1	05/02/2019	5,54		1263,3			



AMOSTRA/ PERFIL	CAMPANHA	DATA/ COLETA	NÍVEL (m)	CSS (mg/l)	Q (m³/s)	Qss (Ton/dia)	Qsa (Ton/dia)	Qst (Ton/dia)
	2	05/12/2019	6,65	18,3	545,36	862,28	0,52	862,8
PTS-S16	1	05/02/2019	5,95		1608,4			
	2	06/12/2019	6,73	21,2	561,3	1.028,12	0,07	1.028,19
PTS-S17	1	21/01/2019	11,07		2988,3			
	2	06/12/2019	6,73	17,8	617,94	950,34	0,52	950,86
PTS-S18	1	21/01/2019	11,97		2685,5			
	2	06/12/2019	6,69	19	566,74	930,36	0,32	930,68
PTS-S19	1	21/01/2019	13,88		2777,6			
	2	07/12/2019	8,58	24	502,23	1.041,42	0,04	1.041,46
PTS-S20	1	05/02/2019	13,74		2634,8			
	2	07/12/2019	10,08	17,1	486,56	718,86	0,1	718,96
PTS-S21	1	04/02/2019	14,4		1416,3			
	2	07/12/2019	10	10,8	469,58	438,17	0,13	438,3
PTS-S22	1	03/02/2019	15,35		1085			
	2	07/12/2019	13	21,9	440,05	832,65	0	832,65
PTS-S23	1	02/02/2019	15,86		602,21			
	2	08/12/2019	14,98	19,4	433,27	726,23	0,15	726,38
PTS-S24	1	01/02/2019	17,76		1325,2			
	2	08/12/2019	18,4	27,9	436,84	1.053,03	0,3	1.053,33
PTS-S25	1	01/02/2019	17,92		1348,2			
	2	08/12/2019	19,4	28,6	418,27	1.033,56	0,19	1.033,75

Onde: CSS (mg/l): concentração de sedimentos em suspensão; Q (m³/s): Vazão líquida; Qss (Ton/dia): Descarga sólida em suspensão; Qsa (Ton/dia): Descarga sólida em arraste; Qst (Ton/dia): Descarga sólida total.

Observa-se maiores valores de transporte de sedimentos totais das seções PTS-S1 a PTS-S10, devido ao monitoramento nessas seções terem sido realizados durante evento de cheia (segunda campanha), além de serem pontos localizados na porção baixa da bacia hidrográfica.

Por sua vez, as seções PTS-S11 a PTS-S25 apresentaram valores reduzidos em relação às 10 primeiras seções, fato esse explicado pelo monitoramento dessas seções terem ocorrido em condições estáveis do manancial, além de estarem localizadas a montante dos pontos monitorados inicialmente, o que implica em uma menor área de captação natural. Ressalta-se que os valores encontrados estão condizentes com a literatura em geral, que informa que a maior parte da quantidade de sedimentos é transportada durante eventos de cheia. A Figura 3.29 apresenta as vazões medidas na primeira e segunda campanha, e vazões médias.

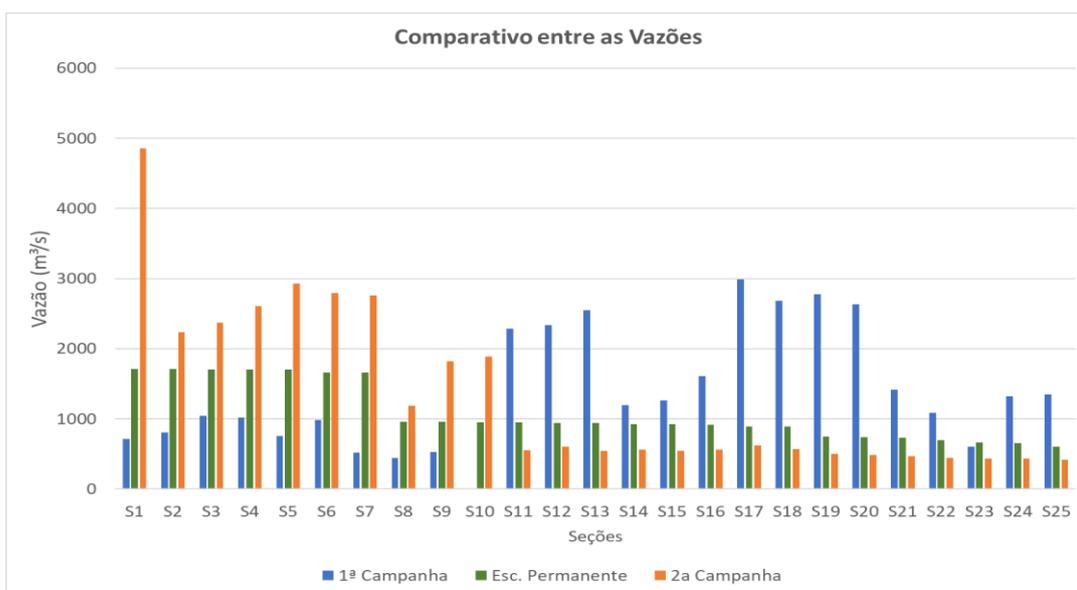


Figura 3.29 – Vazões medidas na primeira e segunda campanha, e vazões médias.

O RT5 apresenta com maior detalhe a caracterização granulométrica das seções. De acordo com a classificação textural das 25 seções, pelo método de Shepard, a maioria das 25 seções de referência apresentam a textura de areia e cascalho, e em algumas delas uma mistura de areia e lama.



3.1.7 Avaliação geoquímica dos sedimentos de fundo

A fim de caracterizar as propriedades geoquímicas do sedimento de fundo, as amostras foram coletadas concomitantemente à primeira campanha de coleta de água e biota aquática nas 25 seções de referência. As amostras de sedimento serviram para avaliação da qualidade ambiental, por meio da comparação dos resultados obtidos com os limites estabelecidos na Resolução Conama 454/2012, a fim de averiguar uma possível condição de contaminação ambiental nos cursos médio e baixo do Rio Jacuí.

Em relação à avaliação geoquímica dos sedimentos de fundo, permitiram inferir que atualmente o sedimento nos cursos médio e baixo do Rio Jacuí apresenta qualidade satisfatória e grau de interferência antrópica relativamente baixa no que se refere às características geoquímicas investigadas. Desta forma, entende-se que o presente estudo atendeu o objetivo de caracterizar as propriedades geoquímicas do sedimento e auxiliar na avaliação da qualidade ambiental, dos cursos médio e baixo do Rio Jacuí.

Todavia, ressalta-se que alguns dos pontos amostrados demandam um aprofundamento investigativo no que se refere principalmente à concentração de metais como cobre, cromo e níquel, haja vista as concentrações em desconformidade com a legislação de referência. Por esta razão, entende-se oportuno que projetos futuros considerem aumentar o esforço amostral de monitoramento, bem como investigar possíveis fontes de contaminação no entorno dos pontos com a qualidade já comprometida pela alta concentração destes metais, e também ampliar a frequência da amostragem de forma a identificar eventuais variações sazonais destes parâmetros.



3.1.8 Modelo hidrodinâmico

A simulação hidrossedimentológica realizada nos cursos médio e baixo do Rio Jacuí, teve como objetivo principal avaliar as alterações do escoamento e do leito devido às atividades de mineração, sendo listados os seguintes objetivos secundários:

- Mostrar os padrões de escoamento no trecho do Rio Jacuí, quando submetido às condições hidrológicas simuladas;
- Estimar o aporte de sedimentos ao trecho de interesse considerando as contribuições de montante e dos afluentes;
- Avaliar o comportamento das seções topobatimétricas com relação às variações do leito, classificando os trechos como “deposição”, “erosão” ou “sem alteração”;
- Avaliar as alterações nos padrões de escoamento e no comportamento das seções, resultantes de um cenário quando alteradas pela mineração.

Para caracterizar a região de estudo referente ao trecho de aproximadamente 246 km do Rio Jacuí, entre a Barra do Rio Vacacaí e a foz do Rio Jacuí, foram delimitadas 14 sub-bacias com base em trabalhos já consolidados na base cartográfica disponível para o Estado. As sub-bacias consideradas no estudo foram delimitadas para os seguintes afluentes: Rio Jacuí (trecho montante), Rio Vacacaí, Rio Irapuã, Arroio Capané, Rio Botucaraí, Arroio Iruí, Arroio Dom Marco, Arroio Tabatingai, Rio Pardo, Arroio Capivari, Arroio Francisquinho, Arroio do Conde, Rio Taquari e Arroio dos Ratos. A delimitação dessas sub-bacias e seus principais afluentes é apresentada no Mapa 3.16.

Com relação às condições hidrológicas utilizadas para as simulações hidrodinâmica e de sedimento, foram adotadas as condições médias de escoamento, ou seja, foram utilizados dados de vazões médias e a sazonalidade do regime hidrológico da bacia.

A modelagem numérica foi realizada utilizando o modelo HEC-RAS, o qual foi desenvolvido para simular cálculos hidráulicos unidimensionais em sistemas fluviais naturais ou canais artificiais. Trata-se de um programa computacional gratuito e vem sendo continuamente desenvolvido, possui uma boa interatividade com o usuário e interface gráfica (Graphical User Interface - GUI), ainda mantém alta eficiência e agilidade nos cálculos solicitados (USACE, 2016).



A simulação foi realizada em duas etapas: a simulação hidráulica (regime de escoamento permanente) e a simulação de sedimentos (regime de escoamento quase-permanente), conforme descrito com mais detalhes nos próximos itens.

3.1.8.1 Simulação Hidráulica

Essa simulação tem como objetivo principal estimar o perfil da linha d'água do canal, nas condições de escoamento adotada, e sendo resolvida pela expressão da conservação da energia, na qual é representada pelo programa HEC-RAS pela seguinte equação:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2 \cdot g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2 \cdot g} + h_e$$

Em que: Y_1 e Y_2 são as profundidades da água nas seções transversais; Z_1 e Z_2 são as cotas de fundo no canal principal; V_1 e V_2 são as velocidades médias (vazão total / área total de escoamento); α_1 e α_2 são os coeficientes de ponderação da velocidade; g é aceleração gravitacional e h_e é a perda de energia.

Para essa simulação foi adotado o regime de escoamento permanente, utilizando como condição de contorno os dados de entrada vazão média de longo termo e níveis médios (condição de jusante). Esse ajuste do perfil da linha d'água é obtido a partir da calibração do coeficiente de Manning e da comparação visual de níveis observados e calculados. Os valores do coeficiente de Manning resultantes da simulação variam de 0.040 a 0.045 para as margens e 0.022 a 0.033 para a calha do Rio.

3.1.8.2 Simulação do Transporte de Sedimentos

A simulação do transporte de sedimentos aborda uma série de equações e funções dentre as quais se destacam: A equação da continuidade de sedimento, capacidade de transporte, funções de capacidade de transporte, velocidade de queda e o método de classificação ou mistura do leito. Essas equações e funções são descritas com mais detalhes no relatório RT5.

Para simulação do transporte de sedimentos foi adotado o regime de escoamento quase permanente, o qual é uma simplificação que consiste em aproximar um hidrograma de escoamento não permanente em uma série de trechos de escoamento permanente. Neste estudo, a vazão inserida foi obtida através do hidrograma sintético para um ano hidrológico utilizando as médias mensais e sua sazonalidade.

Além dos dados de vazão, é necessário definir também outros dados tais como:



- Granulometria: obtida a partir das curvas granulométricas das 25 seções de referência no levantamento de campo;
- Curva de descarga: opção adotada para condição de contorno a montante do Rio Jacuí, obtida a partir das curvas-chaves de sedimentos das estações a montante;
- Profundidade máxima de erosão: representa a camada máxima em que pode ocorrer alteração do leito da seção (erosão). Essa profundidade foi obtida a partir dos perfis de sondagem das seções de referência, através do cálculo da diferença entre a cota do “bedrock¹” e o fundo da seção.

O ajuste do leito móvel (calibração para simulação de sedimentos) foi realizado a partir da escolha do método da capacidade de transporte de sedimento, sendo validado a escolha do método pela comparação entre os resultados das descargas de sedimentos calculadas pelas funções e os resultados das descargas de sedimentos medidas de estações localizadas no Rio Jacuí.

A avaliação da qualidade do ajuste dos métodos de transporte de sedimentos foi realizada a partir de dois critérios: a razão entre a descarga de sedimento calculada e medida (r), ou seja, quando mais próximo de 1 for o valor de r melhor será o ajuste e; o índice de dispersão (ID), ou seja, quanto mais próximo de zero for o valor do ID melhor é a eficiência.

Dentre todos os métodos avaliados, o que melhor se ajustou aos critérios foi o método de Meyer-Peter e Müller. Para todas as simulações foram adotados o método de Rubey para equação da velocidade de queda e o método Copeland para a classificação do leito.

3.1.8.3 Cenários

Para atender os objetivos propostos desse estudo, foram definidos dois cenários com base na geometria utilizada para construção do modelo hidrodinâmico, denominados de cenários 1 e 2.

3.1.8.3.1 Cenário 1

O Cenário 1 representa a geometria elaborada a partir dos dados primários (levantamento de campo de 25 seções topobatimétricas, relatório RT3) e complementados com dados secundários (dados de batimetria de 29 processos de licenciamento ambiental, dados de batimetria do Projeto de Estruturação do Desenvolvimento Hidroviário no Rio Grande do Sul e base cartográfica vetorial contínua do Estado do Rio Grande do Sul). De

¹ Substrato Rochoso, cuja profundidade foi obtida a partir da sondagem a percussão SPT



posse dessas informações vetoriais (pontos e curvas de nível) foi elaborado o Modelo Numérico do Terreno (MNT).

3.1.8.3.2 Cenário 2

O Cenário 2 representa a mesma geometria do Cenário 1, porém com alteração da seção nas áreas com atividades de mineração. Essas áreas representam os ativos da ANM e os ativos que possuem licença na FEPAM. Para definição dessa alteração nas seções, foram adotados alguns critérios, tais como: (i) afastamento das margens e das ilhas em 50 metros; (ii) afastamento das estruturas (pontes e outras obras) conforme a legislação; (iii) limitação em relação ao bedrock² em 1 metro, ou seja, mantém uma espessura de 1 metro entre o bedrock e a cota de fundo da seção (Figura 3.30a) e; (iv) Lança máxima de mineração em 11 metros a partir do nível d'água (Figura 3.30b).

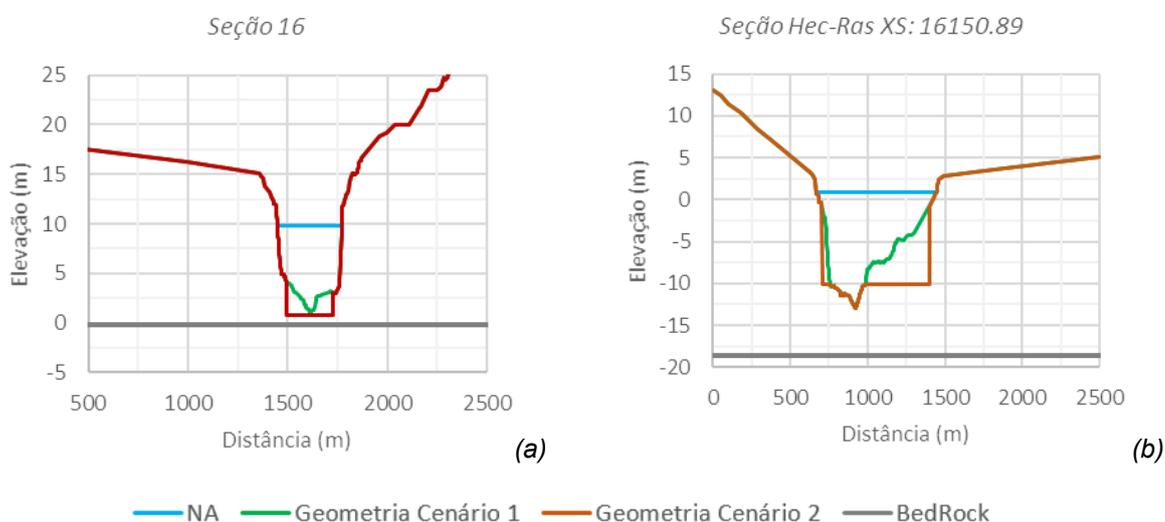


Figura 3.30 – Exemplo da seção alterada, critérios (iii) e (iv).

3.1.8.4 Resultados

Os resultados do transporte de sedimentos do Rio Jacuí, obtidos a partir da simulação do transporte de sedimentos ao longo de um ano hidrológico, são apresentados para os dois cenários considerados no estudo, conforme apresentados nos itens seguintes.

3.1.8.4.1 Volumes de sedimentos: taxas de transporte de sedimentos

As taxas de transporte de sedimentos são apresentadas para as 25 seções topobatimétricas de referência nos dois cenários simulados, conforme o Quadro 3.3.

² Substrato Rochoso, cuja profundidade foi obtida a partir da sondagem a percussão SPT



Quadro 3.3 – Taxas de Transporte de sedimentos para o trecho do Rio Jacuí.

Taxas de Transporte de Sedimentos (ton/ano)			Taxas de Transporte de Sedimentos (ton/ano)		
Seções	Cenário 1	Cenário 2	Seções	Cenário 1	Cenário 2
Seção 1	116 605	116 556	Seção 14	68 408	-62 433
Seção 2	72 218	71 593	Seção 15	-181 681	-234 726
Seção 3	-10 863	-34 477	Seção 16	-9 875	2 019
Seção 4	14 540	13 614	Seção 17	8 123	11 406
Seção 5	9 865	8 513	Seção 18	21 117	33 761
Seção 6	11 019	24 560	Seção 19	53 761	56 284
Seção 7	2 072	62 053	Seção 20	-51 323	-51 072
Seção 8	200 172	207 770	Seção 21	-2 177	-2 172
Seção 9	65 315	79 306	Seção 22	-6 281	-6 270
Seção 10	99 213	106 641	Seção 23	41 518	41 757
Seção 11	-65 305	-34 714	Seção 24	14 992	15 064
Seção 12	62 241	81 462	Seção 25	30 107	30 132
Seção 13	-21 823	3 032			

As taxas de transporte de sedimento que apresentam valores negativos, indicam que naquela seção e nas proximidades a variação do leito é erosivo, já para os valores positivos a variação do leito é deposicional. Fazendo uma análise individual dos cenários, observa-se que no Cenário 1, a maioria das seções (68%) apresentam taxas positivas e os outros 32% taxas negativas. Para o Cenário 2, esse percentual aumenta um pouco, cerca de 72% e consequentemente diminui o percentual em 28%.

Com relação ao balanço de massa acumulado total de sedimentos resultante da simulação, o trecho do Rio Jacuí apresentou um saldo positivo em ambos os cenários (Quadro 3.4), isso demonstra que o Rio Jacuí apresenta tendência de deposição de sedimento ao longo de um ano hidrológico simulado.

Quadro 3.4 – Taxas de transporte de sedimentos acumuladas para os cenários 1 e 2.

Cenários	Taxas de Transporte de Sedimentos (ton/ano)
Cenário 1	2 546 033
Cenário 2	2 548 526

3.1.8.4.2 Análise comparativa entre os cenários

A análise comparativa dos resultados da simulação entre os dois cenários foi realizada para o comportamento das 25 seções topobatimétricas (variação do leito) e também para o padrão de velocidade devido a alteração da geometria (Cenário 2). Para melhor caracterizar os resultados com relação a variação do leito, foi adotado um critério de classificação em que



se essa alteração fosse menor que 20 cm (tanto para erosão ou deposição do sedimento) a seção foi considerada como seção “sem alteração”.

A análise foi realizada com relação ao Cenário 2 procurando identificar, a partir daquelas seções que sofreram alteração na geometria, as tendências deposicional, erosiva ou sem nenhuma alteração do leito. Dentre as 25 seções de referência, observou-se que as seções 7, 12, 17 e 18 apresentam tendência deposicional, ou seja, a seção tende a voltar a geometria anterior (Cenário 1); nas seções 11 e 14 ocorre o contrário, apresentam tendência erosiva que se acentua com alteração da geometria; e as seções 4, 5, 6, 13 e 16 não apresentaram alteração do leito em função da alteração da geometria. Observou-se também que no resultado do Cenário 2, algumas seções que não tiveram alteração na geometria, apresentaram tendências diferentes comparadas com o Cenário 1, ou seja, seções que antes apresentavam tendência deposicional e passaram a apresentar tendência erosiva ou sem nenhuma alteração no leito e, em outras seções ocorre também o contrário, mas essas mudanças são mais visíveis nas seções interpoladas. No Mapa 3.20 é apresentada essa análise comparativa da alteração do leito entre as seções

Com relação aos resultados do padrão de velocidade, observa-se que para o Cenário 1 a velocidade máxima de escoamento foi igual a 2,4 m/s; já para o Cenário 2, a velocidade máxima foi igual a 3,5 m/s. Fazendo uma análise na diferença de velocidade entre os dois cenários, nota-se que em alguns trechos essa diferença é da ordem de 2,8 m/s a mais da velocidade e em outros é da ordem de 1,2 m/s a menos comparado com a velocidade no Cenário 1. Esse aumento de velocidade acontece num determinado trecho em que há estrangulamento da seção, principalmente com a elevação natural do leito, resultando em pequenas lâminas d'água. Com relação a diminuição da velocidade de escoamento, ocorre o contrário, com a alteração da geometria da seção, em alguns trechos há uma melhora da eficiência das condições hidráulicas de escoamento. No Mapa 3.21 é apresentada essa diferença de velocidade entre os cenários 1 e 2, onde é possível identificar esses trechos da variação da velocidade.