

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA
CAMPUS CHAPECÓ

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA DO SISTEMA AQUÍFERO SERRA
GERAL POR MEIO DO IQASB ADAPTADO NO MUNICÍPIO DE CHAPECÓ-
SC**

LUCAS SOUSA BARBOSA

ORIENTADORA Profa. Dra. Aline de Almeida Mota

Abril - 2021

LUCAS SOUSA BARBOSA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA DO SISTEMA
AQUÍFERO SERRA GERAL POR MEIO DO IQASB ADAPTADO
NO MUNICÍPIO DE CHAPECÓ-SC**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito
para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária da
Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientadora: Profa. Aline de Almeida Mota

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e
aprovado pela banca em: 09/04/2021

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Aline de Almeida Mota - UFFS



Prof. Dr. Fernando Grison - UFFS



Prof. Dra. Janete Facco

AValiação da Qualidade de Água do Sistema Aquífero Serra Geral por meio do IQASB adaptado no Município de Chapecó-SC

WATER QUALITY ASSESSMENT OF THE SERRA GERAL AQUIFER SYSTEM USING THE IQASB ADAPTED IN CHAPECÓ-SC

Lucas Sousa Barbosa¹

Aline de Almeida Mota²

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da água subterrânea do Sistema Aquífero Serra Geral sob a fração do município de Chapecó-SC a partir da adaptação do Índice de Qualidade da Água Subterrânea Bruta – IQASB caracterizando-as espacialmente a partir dos parâmetros coliformes termotolerantes, ferro, manganês, cloreto, dureza, fluoreto, pH, sulfatos, turbidez e nitrato, através da função *Inverse Distance Weighted (IDW)*. Foram utilizados dados publicados referente aos parâmetros utilizados para determinar o IQASB das diferentes regiões do município, realizando uma adaptação do método original de cálculo para obter a melhor representação do uso e ocupação da terra e das características hidrogeológicas da área de estudo. Foram determinados IQASB para 100 poços, divididos igualmente entre zona rural e zona urbana, desses, 11 apresentaram classificação péssima devido à presença de coliformes termotolerantes em 100 mL de amostra. Os demais poços obtiveram água entre as classes boa e ótima. Com a espacialização do IQASB foi possível constatar a boa qualidade da água subterrânea do Sistema Serra Geral no município de Chapecó. Regiões com qualidade inferior a boa estão presentes apenas nas regiões próximas a poços com presença de coliformes termotolerantes. Considerou-se a adaptação do IQASB eficaz e uma boa ferramenta de gestão integrada de recurso hídrico, mas recomenda-se a adoção do glifosato, DBO e amônia para maior representação do uso e ocupação da terra da região.

Palavras-chave: IQASB, água subterrânea, inverse distance weighted (IDW), aquífero Serra Geral, Região Hidrográfica - RH2

Abstract: The objective of this paper was to evaluate the quality of groundwater of the Serra Geral Aquifer System under the Chapecó-SC city by applying an adaptation of the Quality Index of Raw Groundwater Quality Index - IQASB and characterizing it spatially from the parameters thermotolerant coliforms, iron, manganese, chloride, hardness, fluoride, pH, sulfates, turbidity and nitrate, through the Inverse Distance Weighted (IDW) function. Published data were used to determine the IQASB for the different regions of the municipality. An adaptation was carried out to the best representation of the land use and occupation and the hydrogeological characteristics of the study region to be achieved.

1. Acadêmico do curso de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul; lucas.um@hotmail.com

2. Professora do curso de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul; aline.mota@uffs.edu.br

IQASB was determined for 100 wells, equally divided between rural and urban areas. Of these, 11 presented a very poor classification due to the presence of thermotolerant coliforms in 100 mL of sample. The remaining wells obtained groundwater between good and excellent classes. With the IQASB spatialization it was possible to verify the good quality of the underground water of the Serra Geral System in the city of Chapecó, presenting regions with an inferior to good class good only near the wells with presence of thermotolerant coliforms. The IQASB adaptation was considered effective and a good management tool for the hydric resource, but the adoption of glyphosate, BOD and ammonia is recommended for a better representation of the land use and occupation in the region.

Keywords: IQASB, groundwater, inverse distance weighted (IDW), Aquifer, hydrographic region - RH2

1 INTRODUÇÃO

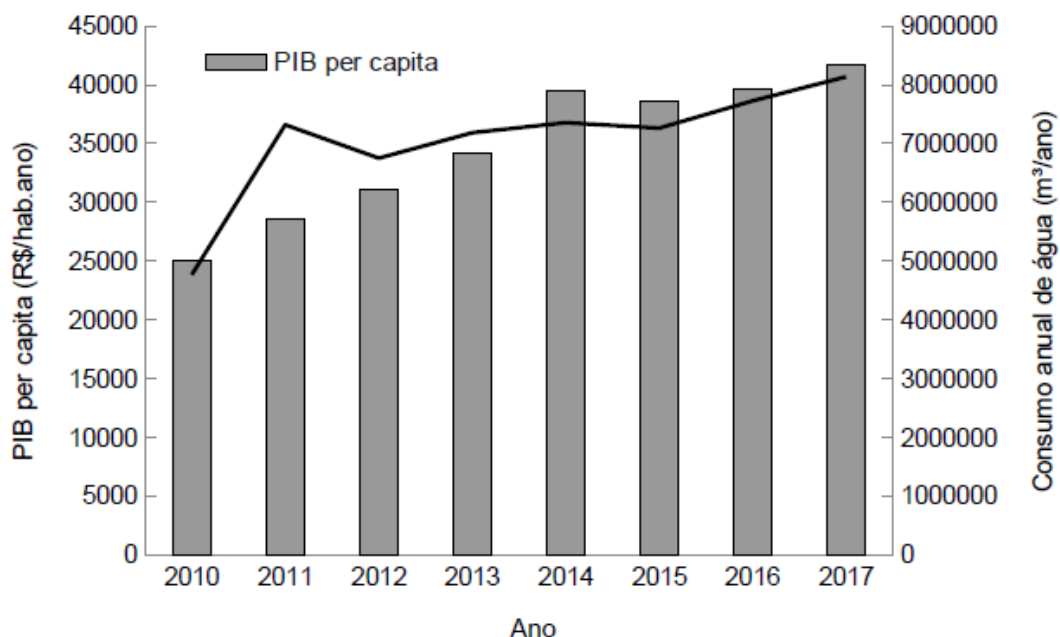
O desenvolvimento de uma sociedade está associado à disponibilidade de recursos hídricos. Para BRUNI (1994), as comunidades prosperam sempre quando há água em abundância e sucumbem quando há falhas no abastecimento. A água está presente desde a participação nas atividades antrópicas até a constituição dos organismos.

A diversidade de atividades relacionadas à água, além de contribuir com fatores positivos à sociedade, em períodos de boa disponibilidade, também pode gerar conflitos por demanda, em situações de escassez. A competição pelo recurso hídrico, em períodos de baixa oferta, pode acarretar atritos entre os setores industrial, agropecuário, energético, turismo e lazer, extrativismo e de abastecimento público. Apesar de haver prioridade para o consumo humano e dessedentação de animais em períodos de escassez (BRASIL, 1997), percebe-se durante esse período, pressões dos diversos setores para o favorecimento do abastecimento em quantidade e qualidade.

Devido à importância do recurso, com o passar das décadas, o consumo de água foi crescendo com a população e a complexidade das atividades humanas. Segundo o sistema de base de dados da agência especializada da ONU/FAO (Organização das Nações Unidas/*Food and Agriculture Organization*), AQUASTAT, consultado em 2020, a extração de água aumentou 1% por ano desde a década de 80. No Brasil, segundo o mesmo sistema, entre os anos de 1996 e 2017 houve um aumento no consumo de água de aproximadamente 0,9% por ano.

O município de Chapecó, seguindo a tendência mundial, também aumentou seu consumo de água com o passar dos anos. A partir da análise dos dados, consultados em 2020, referentes ao PIB (Produto Interno Bruto) e ao número de habitantes, disponibilizados pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e relacionando aos dados de consumo de água, fornecidos pelo SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento), pode-se observar nas Figuras 1 e 2 a tendência de crescimento do consumo do recurso.

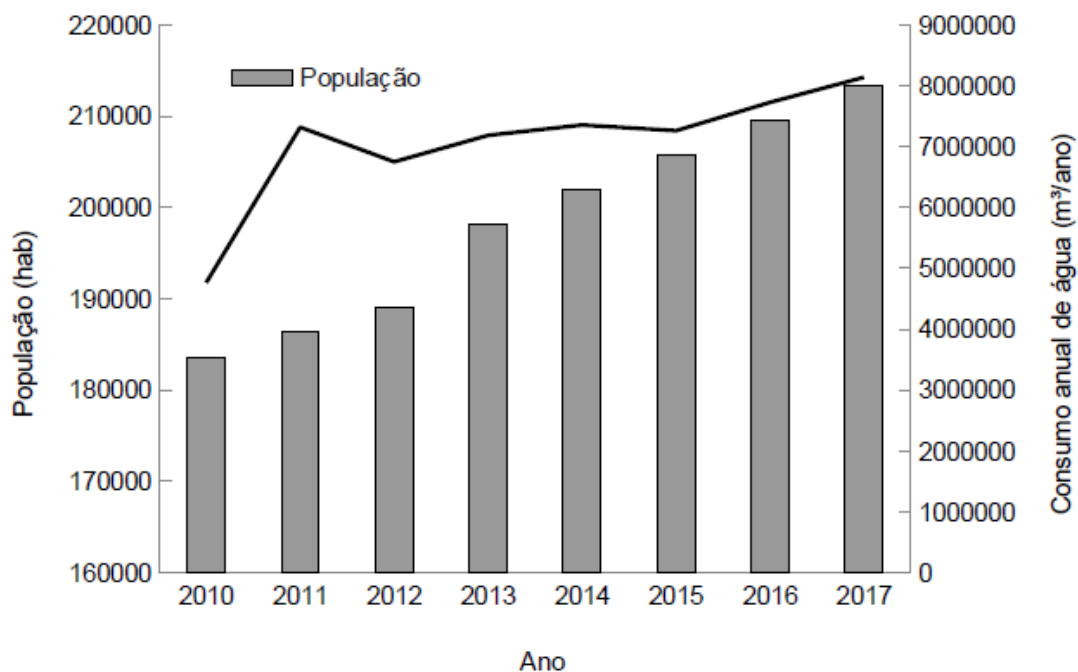
Figura 1 – Relação PIB per Capita X Consumo anual de água para o município de Chapecó – SC.



Fonte: IBGE e SNIS, 2020. Org.: Autores

Nota: Dados referentes ao PIB per capita obtidos do IBGE e dados referentes ao consumo anual de água obtidos do SNIS

Figura 2 – Relação População X Consumo anual de água para o município de Chapecó – SC



Fonte: IBGE e SNIS, 2020. Org.: Autores Nota: Dados referentes a população obtidos do IBGE e dados referentes ao consumo anual de água obtidos do SNIS

Para suprir o abastecimento de água do município, Chapecó-SC possui como manancial principal, o Lajeado São José, que em tempos de estiagem já apresenta déficit de disponibilidade hídrica, o que compromete o abastecimento urbano. Conforme apresentado por Freitas e De Oliveira (2017), o oeste catarinense apresentou 10 meses de estiagem entre os anos de 1979 e 2013 com média de 53 mm de precipitação. Dentre as cidades do oeste de Santa Catarina, Chapecó é o município com maior quantidade de registro de ocorrência de desastres de estiagem. Mais recentemente, no dia 29 de janeiro de 2020 foi decretado pela Prefeitura Municipal de Chapecó-SC (decreto nº 38.345 de 2020) estado de emergência devido ao baixo nível do principal manancial para o abastecimento público, decorrente do período de estiagem e da má gestão hídrica.

Outro fator que prejudica a segurança hídrica do município é a falta de rede coletora de esgoto. Atualmente, segundo o 24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2018 (BRASIL, 2019) divulgado no SNIS, Chapecó possui rede de coleta de esgoto apenas em sua malha urbana, sendo coletados 55,7% da água consumida.

A busca por, associada às características geológicas da região, gera no município alta procura por perfuração de poços tubulares para extração da água subterrânea do Sistema Aquífero Serra Geral. A necessidade de água durante esses períodos de escassez aumenta o número de perfurações de poços irregulares, o que pode prejudicar a qualidade da água subterrânea devido às condições de perfuração, revestimento e proteção desses poços.

Conforme o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS, acessado em 2020, Chapecó possui cerca de 354 poços registrados, sendo o último registro de perfuração realizado em 2018. Acredita-se que a quantidade de poços registrados não condiz com a situação atual da região. Devido à facilidade de exploração do aquífero Serra Geral e a desatualização dos dados, crê-se que esse número de poços, atualmente, seja maior que o número de poços cadastrados. Segundo FAPEU (2013), estima-se que no município de Chapecó-SC existam mais de mil poços sem registro sobre o SASG, distribuídos pelas zonas rural e urbana.

Esses poços tubulares sem registro são potenciais fontes de poluição à água subterrânea, pois por não apresentarem cadastro nos órgãos competentes, o projeto de captação não passa por avaliação, sendo assim podem apresentar diversas estruturas que, na maioria das vezes, não priorizam a qualidade ambiental do aquífero. A falta de um sistema de coleta de esgoto também contribui para a deterioração da qualidade das águas subterrâneas do município.

Associado ao grande número de poços, o município de Chapecó apresenta intensa atividade pecuária e baixo índice de coleta de esgoto. O restante é destinado a sumidouros, tanques sépticos e outras unidades de tratamento individual. Na zona rural é comum encontrar despejo de dejetos de animais sobre o solo, aplicação indiscriminada de defensivos agrícolas e fossas para destinação de dejetos humanos.

A existência de poços pode favorecer a contaminação, pois podem se tornar vias de entrada rápida ao aquífero, quando mal operados ou executados. A atuação do meio filtrante é reduzida devido ao caminho preferencial formado, logo a concentração de moléculas contaminantes será maior devido à alta condutividade hidráulica, reduzindo dessa forma, o potencial de retenção. Os poços tubulares ou estruturas de captação de água subterrânea mal executados, com manutenção ociosa ou abandonados são potenciais fontes de poluição à água subterrânea (CETESB,2021).

O perigo e o risco à contaminação são elevados no município devido ao uso e ocupação do solo na área urbana e das coleções hídricas e devido à atividade agrícola que representa a maior fração referente a área de ocupação (SOARES; MOTA, 2017). Sendo assim, o potencial de contaminação na região está associado à baixa abrangência das redes de coleta de esgoto e as práticas agrícolas com aplicação excessiva de fertilizantes e defensivos.

Considerando que a água potável disponível no planeta representa 16% do total do recurso, a água subterrânea compõe 2/3 de todo o recurso apto ao consumo. Porém, diferente das águas superficiais, a renovação da água subterrânea é lenta. Milhares de gerações podem não observar um ciclo completo da água subterrânea (FREEZE; CHERRY, 2017). A segurança hídrica diz respeito não apenas à quantidade de água, mas à qualidade também e a influência dos poços atua sobre esses dois parâmetros.

A união desses fatores contribui para a contaminação do solo, da água subterrânea e superficial por meio do incremento de microrganismos, matéria orgânica, nutrientes e alguns poluentes emergentes ao meio, por exemplo.

Buscando uma visão geral dos diversos parâmetros de qualidade das águas subterrâneas em um único índice e uma melhor representação deste recurso foram elaborados índices de qualidade para esses objetivos. Esses índices permitem macro análises da qualidade da água subterrânea, uni regiões com qualidades similares, podendo dessa forma, elaborar diretrizes específicas para cada região.

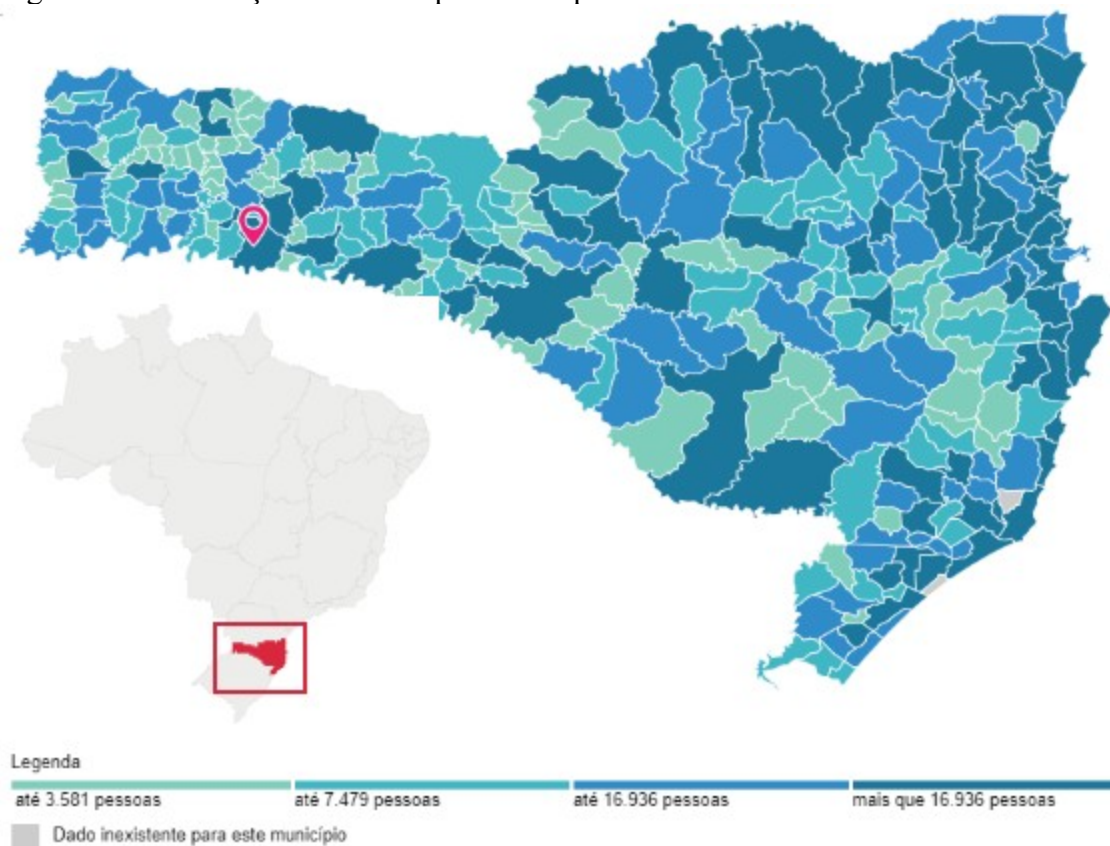
Dessa forma, o objetivo deste trabalho é avaliar a qualidade da água do Sistema Aquífero Serra Geral - SASG no município de Chapecó-SC a partir da adaptação do Índice de Qualidade da Água Subterrânea Bruta – IQASB e de dados publicados referentes aos parâmetros de coliformes termotolerantes, ferro, manganês, cloreto, dureza, fluoreto, pH, sulfatos, turbidez e nitrato.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Situada no oeste do estado de Santa Catarina, mais precisamente sobre a Região Hidrográfica 2 - Meio Oeste (RH2), Chapecó possui território de 624.846 km², sendo 113,2 km² de área urbana, 224.013 habitantes com aproximadamente 92% da população localizada no meio urbano e economia baseada na agroindústria (IBGE, 2020) (Figura 3).

Figura 3 – Localização do Município de Chapecó-SC

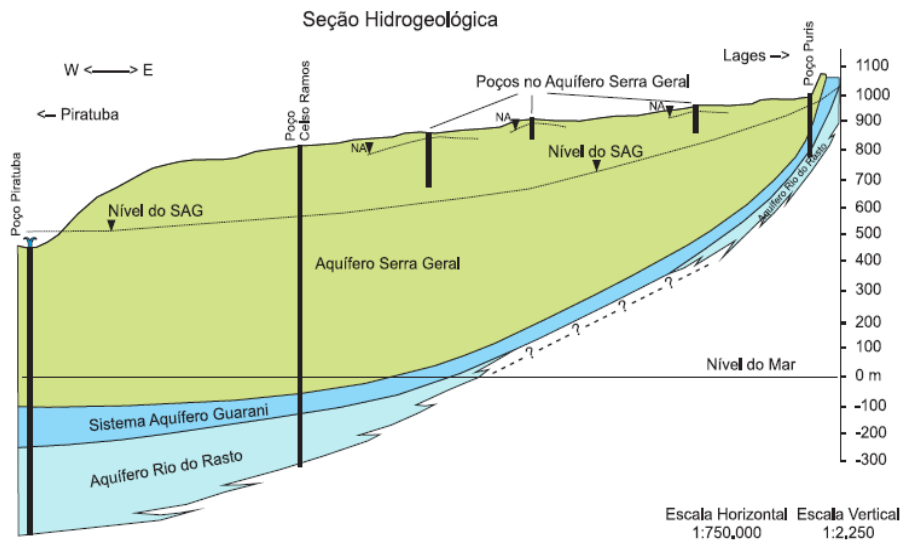


Fonte: Adaptado de IBGE, 2020

Na região RH2 (Figura - 5), sobre as bacias do rio Chapecó e Irani ocorrem precipitações médias anuais entre 1992 e 2315 mm, condição que indica boa pluviosidade na região. A área das bacias, o comprimento dos cursos d'água e densidade drenagem são respectivamente: 8302 km², 13066 km e 1,57 km/km² para a bacia do rio Chapecó e 1597 km², 2830 km e 1,77 km/km² para a bacia do rio Irani. Para a região há predominância de relevo forte-ondulado e montanhoso (SANTA CATARINA, 2018) (Figura 4).

O aquífero Serra Geral é do tipo freático a semiconfinado – fraturado, (Figura 4) constituído principalmente de derrames basálticos e atua como camada confinante ao aquífero Guarani. Presente na região oeste de Santa Catarina, possui cobertura correspondente a 49,73% da área do estado. Tratando-se de um aquífero freático a semiconfinado, o Serra Geral apresenta quantidade considerável de afloramentos. Suas nascentes fornecem vazões entre 2 e 3 m³/h (MACHADO, 2013).

Figura 4 - Perfil Hidrogeológico do Oeste de Santa Catariana

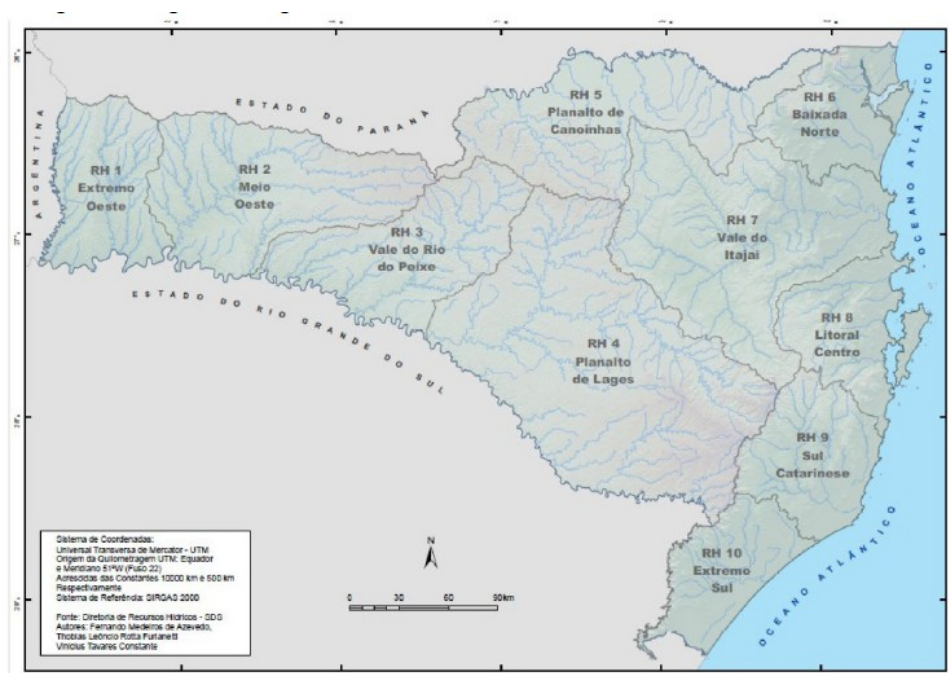


Fonte: Machado, 2013

Devido às características naturais do SASG, sua vulnerabilidade é baixa por quase toda sua extensão. Porém, na zona urbana central do município de Chapecó a vulnerabilidade é média (SOARES; MOTA, 2017). A baixa vulnerabilidade é expressa principalmente pela característica do solo da região, solos, latossolo roxo, latossolo Bruno vermelho e terra roxa que possuem predominância de argilas e maiores profundidades (SOARES; MOTA, 2017). Essas características fazem com o que o solo atue como meio filtrante. As moléculas contaminantes dissolvidas na água associam-se às partículas de solo aumentando assim a proteção do Serra Geral.

Ao analisarmos as características, o SASG, como a predominância de argilas, e as características superficiais da RH2 (figura 5), precipitação média, relevo e densidade de drenagem, podemos supor que a fração de precipitação que realmente contribui com o Sistema Serra Geral é muito menor do que o escoamento superficial. A característica argilosa do solo reduz o potencial de infiltração, assim como o relevo e a densidade de drenagem que reduzem o tempo de detenção da água sobre a bacia.

Figura 5 – Regiões Hidrográficas de Santa Catarina



Fonte: Santa Catarina, 2018

Bortolin (2018), para o mesmo domínio hidrogeológico com características similares de relevo, porém sob a Bacia Taquari Antas na fração do Rio Grande do Sul, estimou a recarga do Sistema Serra Geral em 1/3 da pluviosidade. Apesar das diversas variáveis que influenciam a recarga dos aquíferos, o resultado obtido por Bortolin (2018) corrobora com a suposição apresentada, de que a pluviosidade é contribuinte do aquífero. Dessa forma, a perfuração indiscriminada de poços tubulares pode, além de reduzir a qualidade da água subterrânea, ocasionar em reduções consideráveis no nível freático do SASG.

2.3 OBTENÇÃO DOS DADOS

Inicialmente pretendia-se realizar campanhas de amostragem sobre as propriedades rurais, centro comerciais, condomínios residenciais, centros de educação e outras comunidades do município para determinação dos parâmetros: coliformes termotolerantes, ferro, manganês, cloreto, dureza, fluoreto, pH, sulfatos, turbidez, nitrato, amônia, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e glifosato. Porém, devido ao alto risco biológico no estado de Santa Catarina e Brasil, oriundo da pandemia de pela COVID-19, foi necessário adaptar a execução do trabalho e utilizar dados já disponíveis na literatura.

Assim, os dados utilizados neste trabalho foram medidos por Facco (2018), que determinou, dentre outros parâmetros, coliformes termotolerantes, ferro, manganês, cloreto, dureza, fluoreto, pH, sulfatos, turbidez, nitrato e glifosato para o sistema integrado Guarani/Serra Geral, sendo 100 poços sobre o Aquífero Serra Geral e 5 sobre o Aquífero Guarani.

Facco (2018) realizou um levantamento histórico com o objetivo de contextualizar a região referente aos usos e ocupações do solo, ao clima e ao relacionamento da população com as águas subterrâneas. Em seu levantamento foram consultados registros históricos sobre os períodos de estiagem, paisagem natural e relatos da população sobre os diferentes usos das águas subterrâneas a partir de 1917. Após a contextualização, Facco (2018) definiu os 105 poços a partir do maior conjunto de dados cadastrados, buscou-se os poços com maior base de informações nas empresas de perfuração de poços tubulares do município. A definição da posição geográfica dos pontos foi obtida por meio de equipamento de posicionamento global (GPS) com variação de 15 m.

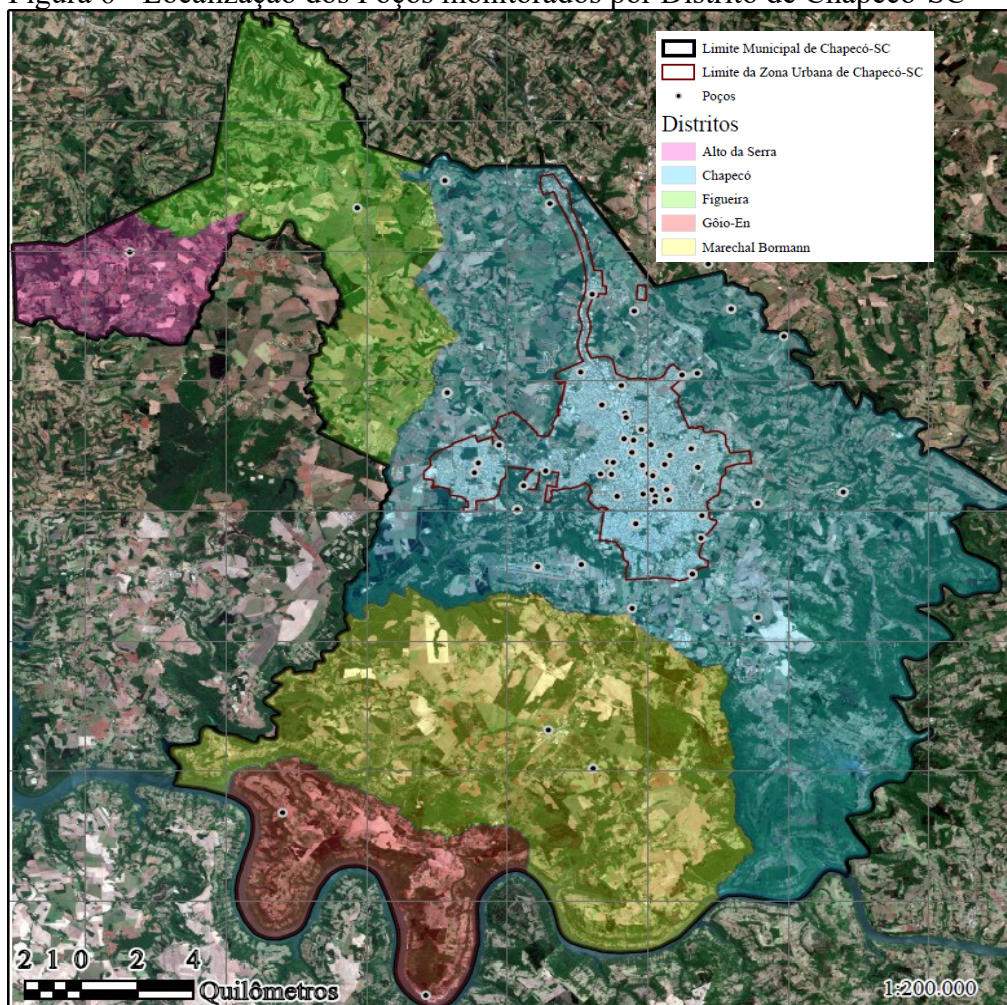
A campanha de amostragem foi realizada como sugerido pela bibliografia (APHA, 1998). Para determinação dos parâmetros elencados, foi coletado por ponto, 4,5 L e esses destinados aos laboratórios da Epagri, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - unidade Chapecó, Unochapecó, Universidade Comunitária da Região de Chapecó, ao Centro de Ciências Biológicas da UFSC em Florianópolis e ao Laboratório de Solos da Unoesc no município de Campos Novos.

Mais detalhes sobre a metodologia de coleta e para discussão dos resultados podem ser obtidos em Facco (2018).

As determinações de Facco (2018) podem ser observação do Apêndice A1.

Desta maneira, adaptou-se a pesquisa aos parâmetros similares entre Facco (2018) e os inicialmente previstos no presente trabalho. Sendo assim, foram utilizados os 100 poços, divididos igualmente entre zona rural e urbana, distribuídos pelos distritos do município, sobre o SASG (Figura 6) e retirados da pesquisa os fatores amônia e DBO, por não terem sido determinados por Facco (2018) e o glifosato, por ter sido determinado entre períodos de sua aplicação, fora do período de meia vida do poluente e pelo alto limite de detecção empregado no método de determinação (500 µg/L).

Figura 6 - Localização dos Poços monitorados por Distrito de Chapecó-SC



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.2 ADAPTAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA SUBTERRÂNEA BRUTA - IQASB

O Índice de Qualidade das Águas – IQA é uma metodologia utilizada para quantificar a qualidade de mananciais superficiais. Foi desenvolvido em 1970 pela NSF (*National Sanitation Foundation*), nomeado como WQI (*Water Quality Index*), e adaptado à realidade brasileira pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (PORTO, 1991).

Apesar de sua boa descrição quanto à qualidade das águas superficiais, quando analisamos seus parâmetros em relação às águas subterrâneas, percebemos a necessidade de parâmetros mais fidedignos às características das águas subterrâneas.

Almeida e Oliveira (2010) apresentam o Índice de Qualidade da Água Subterrânea Bruta – IQASB desenvolvido para avaliar a qualidade da água subterrânea bruta de aquíferos sedimentares utilizada para o abastecimento de municípios da região metropolitana de Salvador – BA. O índice baseia-se na metodologia tradicional de produtório, alterando os parâmetros e pesos referentes às características do solo e da água subterrânea da região.

O IQASB utiliza a classificação do IQA-CETESB para quantificar a qualidade da água subterrânea. A partir de pesos e parâmetros são atribuídas categorias ao recurso. Almeida e Oliveira (2010) utilizaram como parâmetros de análise do IQASB: cloreto, dureza, fluoreto, pH, sulfatos, turbidez, nitrato, amônia, mercúrio total e benzeno.

A definição dos parâmetros buscou a melhor representação das características hidrogeológicas e das atividades humanas sobre a bacia de estudo. Também foi atribuído grau de importância aos parâmetros de acordo com a escala em ordem crescente: importância relativa e muito importante. No trabalho de Almeida e Oliveira (2010) o ferro e o manganês, por exemplo, apesar de serem frequentes em águas subterrâneas, foram classificados com importância relativa, devido à baixa concentração desses minerais nas águas subterrâneas da Bahia, diferente do oeste catarinense, onde as concentrações podem ser altas em decorrência do basalto. O benzeno, também foi um composto adotado buscando representar as atividades sobre a bacia. Devido à origem industrial do benzeno, referente às atividades econômicas ao entorno do petróleo na região, e ao potencial danoso à saúde pública, definiram grau de muita importância.

O índice desenvolvido por Almeida e Oliveira (2010) apresenta a seguinte relação em função dos parâmetros de análises e pesos (Tabela 1).

Tabela 1 - Índices e Pesos para IQASB

Índice	Parâmetros de análise	Importância Atribuída	Peso Temporário	Peso Final
IBIO	Coliformes termotolerantes	Muito importante	1,5	0,19
IFEMN	Ferro e manganês	Importância Relativa	0,5	0,06
IMS	Cloreto, Dureza, Fluoreto, pH e Sulfatos	Muito Importante	1,5	0,19
IPS	Turbidez	Importância Relativa	0,5	0,06
INIT	Nitrato	Muito Importante	1,5	0,19
IAMO	Amônia	Importância Relativa	0,5	0,06
IMIN	Mercúrio total	Importância Relativa	0,5	0,06
IORG	Benzeno	Muito Importante	1,8	0,19
Soma dos pesos			8	1

Fonte: Almeida e Oliveira, 2010.

A adaptação realizada neste trabalho partiu do princípio de alterar os pesos dos parâmetros para melhor representação da realidade do uso e ocupação do solo e da hidrogeologia da região de estudo e remover os índices que não foram contemplados nas determinações de Facco, (2018) (IAMO, IMIN e IORG).

O peso para ferro e manganês foi alterado, pois a importância relativa aplicada é produto das baixas concentrações encontradas no solo da região metropolitana de

Salvador – BA (ALMEIDA; OLIVEIRA, 2010), diferente do solo do oeste catarinense rico em ferro (MACHADO,2013). O peso determinado para o parâmetro buscou aumentar a representatividade do IFEMN, porém não tornando-o fator determinante para a qualidade da água. Foi realizado o cálculo do IQASB com diferentes pesos para o IFEMN, entre 0,6 e 1,8. Ao fim desse cálculos, notou-se que valores abaixo de 0,8 não apresentaram influência significativa para IQASB, enquanto valores acima de 1 tornaram o IFEMN um dos fatores de maior influência no índice. Sendo assim, adotou-se peso de 1 para o parâmetro IFEMN, aumentando sua representatividade no índice, mas sem torná-lo fator determinante, como IBIO.

Os parâmetros IBIO, IMS e INIT foram mantidos com o mesmo grau de importância, pois são fatores primordiais para saúde pública e ambiental.

O parâmetro IBIO faz referência ao número de comunidades de microrganismos presentes na água, em específico às bactérias Gram-Negativas que fermentam a lactose entre 44 e 45 °C. Essas bactérias são denominadas com coliformes termotolerantes ou fecais. São bactérias que vivem do trato intestinal dos mamíferos, sendo dessa forma um bioindicador de qualidade de água à contaminação por dejetos e estão ligadas a muitas patologias, como Gastroenterites Agudas e Diarreias. (BRASIL, 2013). Devido ao seu alto grau de dano à saúde pública considerou-se esse parâmetro com a maior magnitude de importância.

Quanto ao IMS são um conjunto de parâmetros que em pequenas variações de suas concentrações podem alterar o equilíbrio ambiental do meio e, também, prejudicar a saúde pública.

Grande ingestão de água com elevadas concentrações de cloretos pode gerar efeito laxativo no consumidor. Enquanto o fluoreto pode reduzir a incidência da cárie infantil ou por outro lado gerar fluorose em concentrações elevadas. Já a dureza além de gerar cálculos renais, é um grande empecilho ao resfriamento de maquinário (BRASIL, 2013).

Outro elemento que eleva o grau de importância do parâmetro IMS é o pH. Pequenas alterações desencadeiam em desequilíbrios químicos, como por exemplo a relação entre pH e amônia. Em baixas concentrações de pH há predominância de amônio (NH_4^+), o amônio é uma molécula de baixa reatividade em atóxica, enquanto em pH elevados há predominância de amônia (NH_3), substância de alto grau de toxicidade podendo causar a morte de indivíduos em concentrações acima de 1,5 g/L de NH_3 . (CETESB, 2021).

A soma dos pesos temporários para a adaptação do IQASB foi igual a 6, o qual foi normalizado para uma resultante de pesos finais igual a 1, como pode ser visto na Tabela - 2. O fluxo de adaptação pode ser visto no apêndice.

Tabela 2 - Índices e Pesos utilizados na Adaptação do IQASB para este trabalho

Índice	Parâmetro	Importância	Peso Temporário	Peso Final
IBIO	Coliformes termotolerantes	Muito Importante	1,5	0,25
IFEMN	Ferro e manganês	Importância Relativa	1	0,17
IMS	Cloreto, Dureza, Fluoreto, pH e Sulfatos	Muito Importante	1,5	0,25
IPS	Turbidez	Importância Relativa	0,5	0,08
INIT	Nitrato	Muito Importante	1,5	0,25
Soma dos Pesos			6	1

Fonte: Adaptado de Almeida e Oliveira, 2010

Para obtenção do IQASB é necessário aplicar notas aos parâmetros analisados antes da execução do produtório.

Almeida e Oliveira (2010) elaboraram regressões para classificar a alteração dos parâmetros de qualidade a partir de notas de 0 a 100, tendo 0 como concentração altamente modificada e 100 como parâmetro encontrado em concentrações naturais no meio ambiente.

As regressões basearam-se nos valores máximos permitidos (VMPs) para as águas subterrâneas de abastecimento, com base na Resolução CONAMA N° 396/2008 de águas subterrâneas (BRASIL, 2008), e na Portaria MS N° 518/04 (BRASIL, 2004), além das recomendações da Organização Mundial da Saúde, quando a legislação nacional não contemplava tais caracterizações, como é o caso VMP dos sulfatos. As regressões buscaram, para notas elevadas, a conformidade com a legislação nacional (ALMEIDA; OLIVEIRA, 2010). A Tabela - 3 apresenta as equações e seus limites.

Tabela 3 - Regressão por parâmetro de qualidade

Índice	Parâmetros	Limites de Validade da Equação	Equação da nota versus intensidade do parâmetro
IBIO	Coli. Termotolerantes	$X < 1$	$Y = 100$ (Ausência)
		$X \geq 1$	$Y = 0$ (Presença)
IFEMN	Ferro	$X \leq 0,09$ mg/L	$Y = 100$
		$X > 0,09$ mg/L	$Y = 35,081 X^{-0,4261}$
	Manganês	$X \leq 0,02$ mg/L	$Y = 100$
		$X > 0,02$ mg/L	$Y = 22,847 X^{-0,3803}$
IMS	Cloreto	$X \leq 51$ mg/L	$Y = 100$
		$X > 51$ mg/L	$Y = 596,79 X^{-0,4553}$
	Dureza	$X \leq 10$ mg/L	$Y = 100$
		$X > 10$ mg/L	$Y = -13,603 \cdot \ln(X) + 130,16$
	Fluoreto	$X \leq 0,1$ mg/L	$Y = 20$
		$0,1 < X \leq 0,8$ mg/L	$Y = 116,79 X^{0,7001}$
$0,8 < X \leq 2$ mg/L		$Y = 56,798 X^{-1,1589}$	
$X > 2$ mg/L		$Y = 20$	
pH	$X < 2,0$	$Y = 20$	
	$2,0 \leq X \leq 5,0$	$Y = 16,1 + (3,0 \cdot X)$	
	$5,1 \leq X \leq 7,4$	$Y = -142,67 + (32 \cdot X)$	
	$7,5 \leq X \leq 10,0$	$Y = 316,96 - (29,2 \cdot X)$	
	$10,1 \leq X \leq 12,0$	$Y = 98,0 + (8,0 \cdot X)$	
	$X > 12$ mg/L	$Y = 20$	
	Sulfatos	$X \leq 20$ mg/L	$Y = 100$
		$X > 20$ mg/L	$Y = 409,02 X^{-0,4705}$
IPS	Turbidez	$X \leq 0,2$ NTU	$Y = 100$
		$X > 2$ NTU	$Y = 60,638 X^{-0,2338}$
INIT	Nitrato	$X \leq 1,5$ mg/L	$Y = 100$
		$X > 1,5$ mg/L	$Y = 115,78 X^{-0,3314}$

Fonte: Adaptado de Almeida e Oliveira, 2010.

Os índices IFEMN e IMS apresentam mais de um parâmetro de qualidade, dessa forma necessitam ser quantificados antes do produtório do IQASB de acordo com as seguintes equações, descritas por Almeida e Oliveira (2010):

$$IFEMN = Y_{Fe}^{0,5} \cdot Y_{Mn}^{0,5} \quad (1)$$

$$IMS = Y_{Cloretos}^{0,3} \cdot Y_{Dureza}^{0,3} \cdot Y_{Fluoretos}^{0,1} \cdot Y_{pH}^{0,1} \cdot Y_{sulfatos}^{0,2} \quad (2)$$

Sendo:

Y_{Fe} = concentração de Fe (mg/L)

Y_{Mn} = concentração de Mn (mg/L)

$Y_{Cloretos}$ = concentração de Cloretos (mg/L)

Y_{Dureza} = concentração de Dureza (mg/L)

$Y_{Fluoretos}$ = concentração de Fluoretos (mg/L)

Y_{pH} = concentração de pH (mg H_3O^+ /L)

$Y_{sulfatos}$ = concentração de Sulfatos (mg/L)

Após a determinação dos índices anteriores obteve-se o IQASB adaptado à realidade da região chapecoense a partir da Equação 3:

$$IQASB = IBIO^{0,25} \cdot IFEMN^{0,17} \cdot IMS^{0,25} \cdot IPS^{0,08} \cdot INIT^{0,25} \quad (3)$$

Por fim, o IQASB é dividido em 5 classes iguais ao IQA-CETESB (Figura 7). A definição do número de classes baseou-se na consolidação do IQA e pela facilidade para definição de enquadramento. Um maior número de classes aumentaria a descrição das regiões, porém dificultaria medidas para controle devido à alta possibilidade de enquadramento. Já redução de classes facilitaria a definição de medidas para gestão integrada, porém reduz a descrição das regiões.

Figura 7 - Classificação do IQASB (igual ao IQA)

Classe	Intervalo
Ótima	$79 < IQASB \leq 100$
Boa	$51 < IQASB \leq 79$
Regular	$36 < IQASB \leq 51$
Ruim	$19 < IQASB \leq 36$
Péssima	$IQASB \leq 19$

Fonte: Elaborado pelo Autor

2.3 ESPACIALIZAÇÃO DO IQASB

A distribuição do IQASB foi realizada a partir do *software* ArcGis 10.5 desenvolvido pela ESRI. Após a organização dos dados do IQASB em Excel, exportou-se a planilha para o ArcMap para as devidas análises. Utilizando a ferramenta Spatial Analyst foi possível interpolar os valores de IQASB. Dessa maneira foi possível estimar a qualidade da água subterrânea em locais onde não houve amostragem por Facco (2018) através da função *Inverse Distance Weighted (IDW)*.

O tamanho da célula de saída, pixel, utilizado representa 10,15 x 10,15 m das distâncias reais. Optou-se em manter o tamanho do pixel devido ao baixo número de pontos a serem interpolados. A redução do tamanho da célula, sem alteração do raio de influência, teria como produto, pontos com baixa interação entre si. Reduzindo-se as proporções dos pixels e aumentando o raio de influência, haveria como resultado da interpolação pontos com influência de células com baixa representatividade. Sendo assim, manteve-se as relações sugeridas pelo software (pixel 10,15 x 10,15 m e raio de influência variável) para melhor interação entre os pontos.

O método utiliza o inverso do quadrado da distância para estimar valores de pontos a distâncias relativas aos pontos de influência. Os pontos não medidos são produtos da influência dos dados mensurados em relação à distância, logo a semelhança entre os valores é inversamente proporcional à distância entre eles.

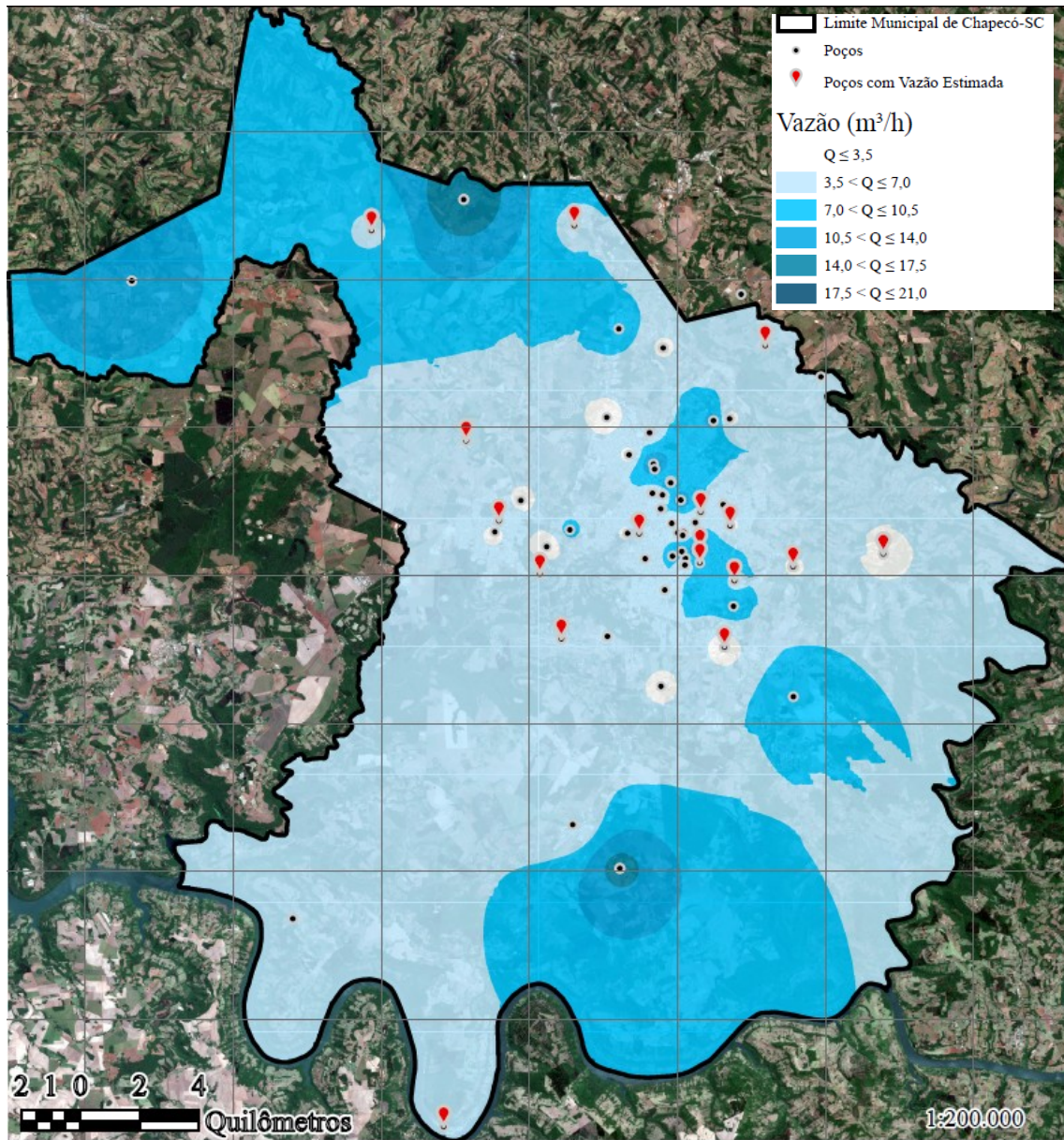
Para obtenção do índice para todo o município de Chapecó foi necessário definir uma camada de extensão, pois a área abrangida pelo arquivo matricial resultante da interpolação foi menor do que a área desejada. Sendo assim, aplicou-se o polígono do limite municipal para extrapolação da relação entre as distâncias. Para delimitar a área de expansão, também utilizou-se o arquivo vetorial que representa o limite municipal para garantir o fim do método nos limites da área de estudo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 POTENCIAL PARA EXTRAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

Dos 100 poços analisados, Facco (2018) mensurou vazão em 76. Para realização deste trabalho foram então estimadas as 24 vazões faltantes através da média das vazões coletadas em campo. A vazão estimada para os poços sem medição *in loco* foi aproximadamente 6,5 m³/h. A partir das vazões medidas e estimadas dos pontos de análise, foi realizada a interpolação com o intuito de estimar o potencial para extração da água nas diferentes regiões do município. A figura 8 apresenta a estimativa das vazões de extração no município.

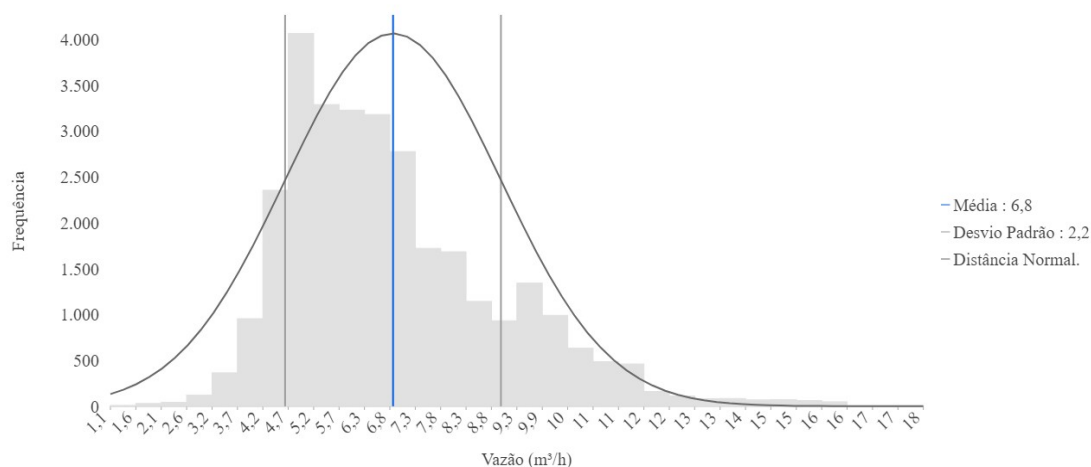
Figura 8 - Vazão de extração da água subterrânea do Sistema Aquífero Serra Geral no município de Chapecó - SC.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Por quase todo o território do município, o potencial de extração da água subterrânea apresenta-se entre 3,5 e 7 m³/h, sendo a moda aproximadamente 5,0 m³/h. A distribuição normal dos pontos estimados pelo método indica uma média de 6,8 m³/h, tendo 68,26% das vazões dentro do intervalo de 4,6 a 9 m³/h (Figura 9). Tratando-se de uma estimativa através da interpolação de dados coletados, foi considerado satisfatória a fração observada. Machado (2013) apresentou a frequência dos intervalos de vazões retiradas do aquífero, tendo o intervalo de 1 a 10 m³/h representando 37,53% das vazões praticadas no aquífero.

Figura 9 - Distribuição de frequência das vazões estimadas e interpoladas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A tabela contendo os pontos, as concentrações e os cálculos podem ser consultados no Apêndice A, assim como os mapas georreferenciados.

3.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Conforme o Apêndice A2, dos 100 poços analisados, 11 apresentaram Coliformes Termotolerantes (IBIO = 0), sendo 8 na zona urbana de Chapecó - SC. Fato que está fortemente ligado à falta rede de coleta de esgoto e à falta de tratamento para esse efluente acarretando, provavelmente, em contaminação por dejetos humanos, afetando dessa forma a qualidade ambiental e a saúde pública.

A presença dos coliformes termotolerantes foi decisiva para a redução da qualidade da água subterrânea do município. A exclusão desse parâmetro refletiria em uma classificação do IQASB em melhor ou igual à boa.

Quanto à presença de Ferro e Manganês, 4 poços apresentaram concentração fora da magnitude encontrada naturalmente nas águas do SASG ($IFEMN \leq 36$), 7 poços apresentaram qualidade regular ($36 \leq IFEMN \leq 51$).

Para o IMS, os parâmetros Cloretos e Sulfatos apresentaram-se satisfatórios na grande maioria dos poços. Destaca-se apenas um ponto no qual se mediu alta concentração de sulfatos. A presença considerável de sulfato no ponto ($115,2 \text{ mg SO}_4^{2-} / \text{L}$) pode ser produto da dissolução de rochas, como a pirita, ou através da degradação da matéria orgânica presente em lançamento de efluentes sem tratamento (FREEZE; CHERRY, 2017). Como o poço está localizado em uma zona urbana sem tratamento de efluentes, acredita-se que a concentração elevada de sulfatos possa ser produto da contaminação por esgoto doméstico, apesar de não ser encontrada presença de coliformes termotolerantes em 100 mL de amostra.

Diferente do que se esperava, a dureza apresentou-se baixa em todos os poços analisados. A pior classificação encontrada para a dureza foi enquadrada na classe boa. Já os fluoretos e pH apresentaram alta variabilidade. Ambos possuem limites mínimos e máximos de concentração que quando ultrapassados podem ocasionar em danos ao ambiente e a saúde pública, porém as baixas classificações encontradas para os fluoretos

são referentes às concentrações abaixo de 0,1 mg/L. O risco à fluorose dentária é baixa no município, mas baixas concentrações de fluoretos na água podem ocasionar em outros problemas à saúde bucal da população. Considera-se prejudicial à saúde pública, concentrações de fluoretos acima de 1 mg/L para consumo humano e 2 mg/L para dessedentação animal. (BRASIL, 2008). Recomenda-se entre 0,6 e 0,9 mg/L para redução de cárie dentária (FRAZÃO et al., 2010)

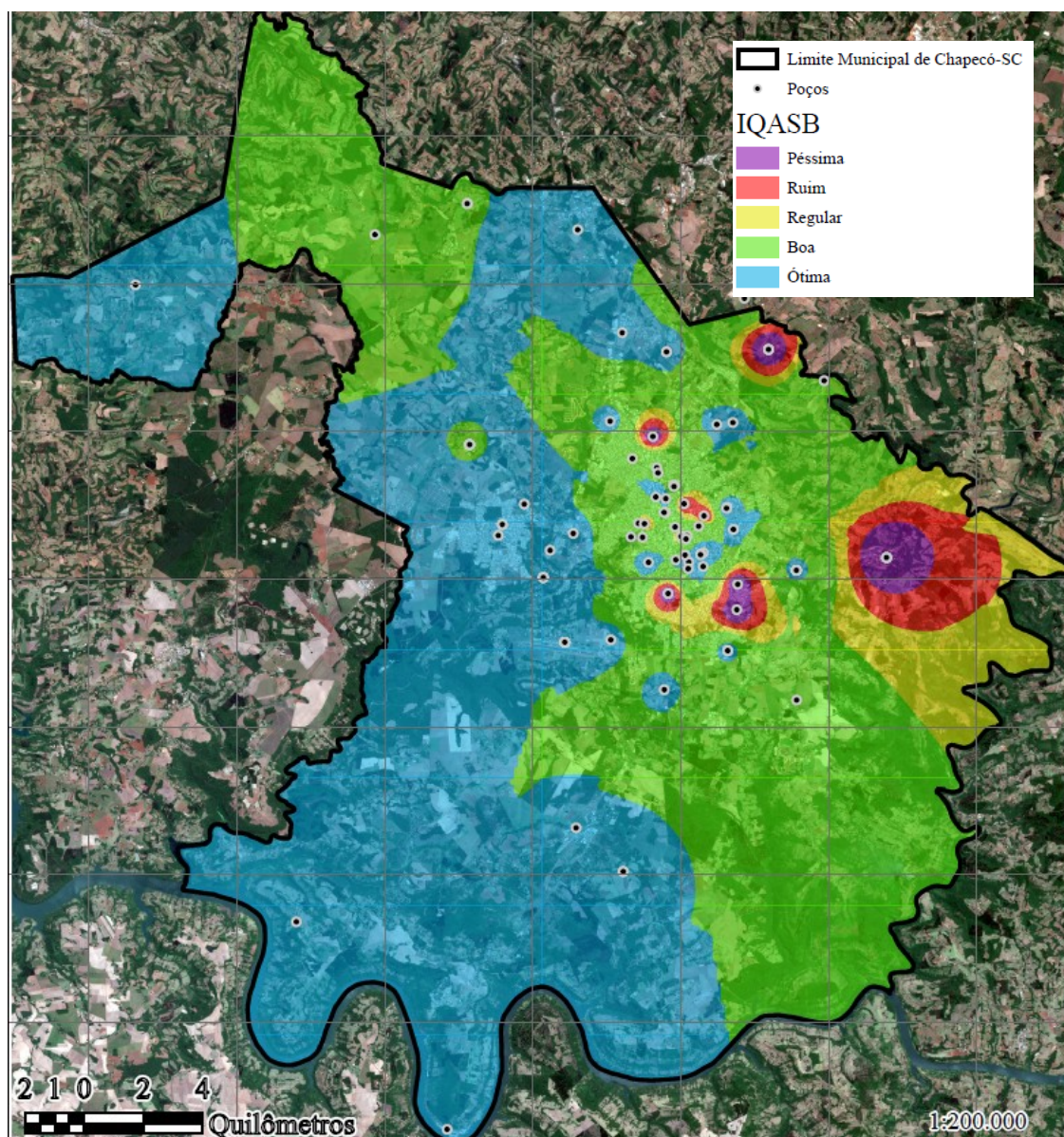
Todos os poços apresentaram classificação ao IMS melhor ou igual à boa.

Os índices IPS e NIT apresentaram variabilidade considerável em comparação aos demais índices. A variabilidade do IPS está ligada às diferentes coberturas do solo na região, às condições de proteção dos poços e à dissolução das rochas (FREEZE; CHERRY, 2017).

O NIT é um parâmetro importante para investigação de contaminação das águas subterrâneas. A contaminação por nitrato pode ser devido à aplicação de fertilizantes, lançamento de efluentes industriais, dejetos animais e humanos. Sua determinação indica contaminação antiga por substâncias compostas por nitrogênio e em grandes quantidades pode ocasionar sérios problemas à saúde pública, a exemplo e metemoglobinemia aguda (Xing et al., 2013). Apesar da variabilidade, a classificação do NIT apresentou-se melhor ou igual à boa em todos os poços.

Pode-se notar na Figura 10 a influência dos poços que apresentaram coliformes termotolerantes (IQASB = 0) sobre a região de estudo. Devido às magnitudes dos índices e ao método aplicado para espacialização do IQASB, os poços influenciaram na redução da qualidade da água subterrânea na região. A baixa qualidade está apenas sobre o raio de influência desses poços para a zona rural, caracterizando-se como fontes de contaminação pontuais e não descrevendo a região ao entorno do ponto.

Figura 10 - Índice de Qualidade da Água Subterrânea Bruta – IQASB do Município de Chapecó - SC

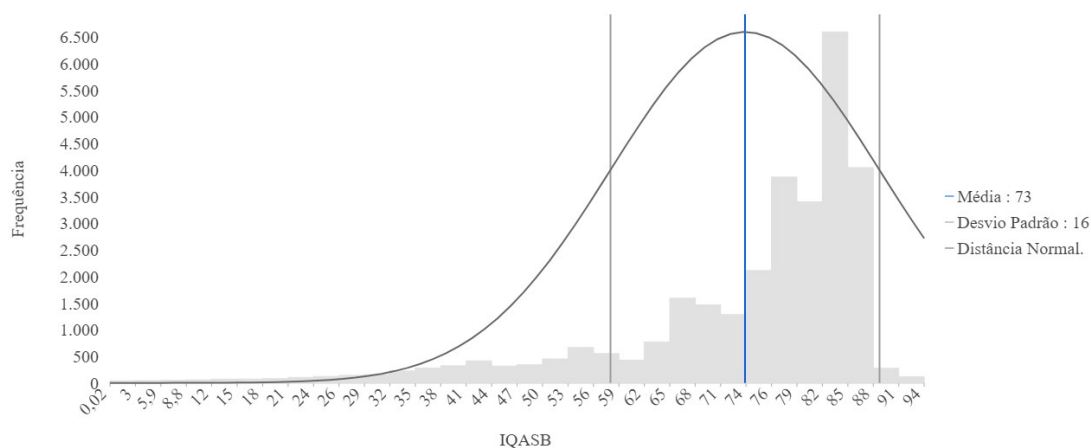


Fonte: Elaborado pelo autor.

A baixa densidade de poços analisados na região rural gera representações da qualidade da água muito próxima às características desses poços isolados, ou seja, a qualidade da água subterrânea nessas zonas de baixa densidade de poços é uma pequena variação da qualidade apresentada por esse poço isolado. A exemplo dessa interpolação, temos os poços ao sul do município, ótimo IQASB, e ao leste do município, péssimo IQASB.

A interpolação dos dados medidos e calculados do IQASB apresentou classificação ótima e boa em 68,26% dos pontos interpolados na área de estudo, sendo a moda aproximadamente 85, o que corresponde a classificação ótima. Tendo com maior frequência os valores de IQASB entre 82 e 85 e média de 73 (Figura 11).

Figura 11 - Distribuição de frequência dos dados interpolados para o IQASB municipal



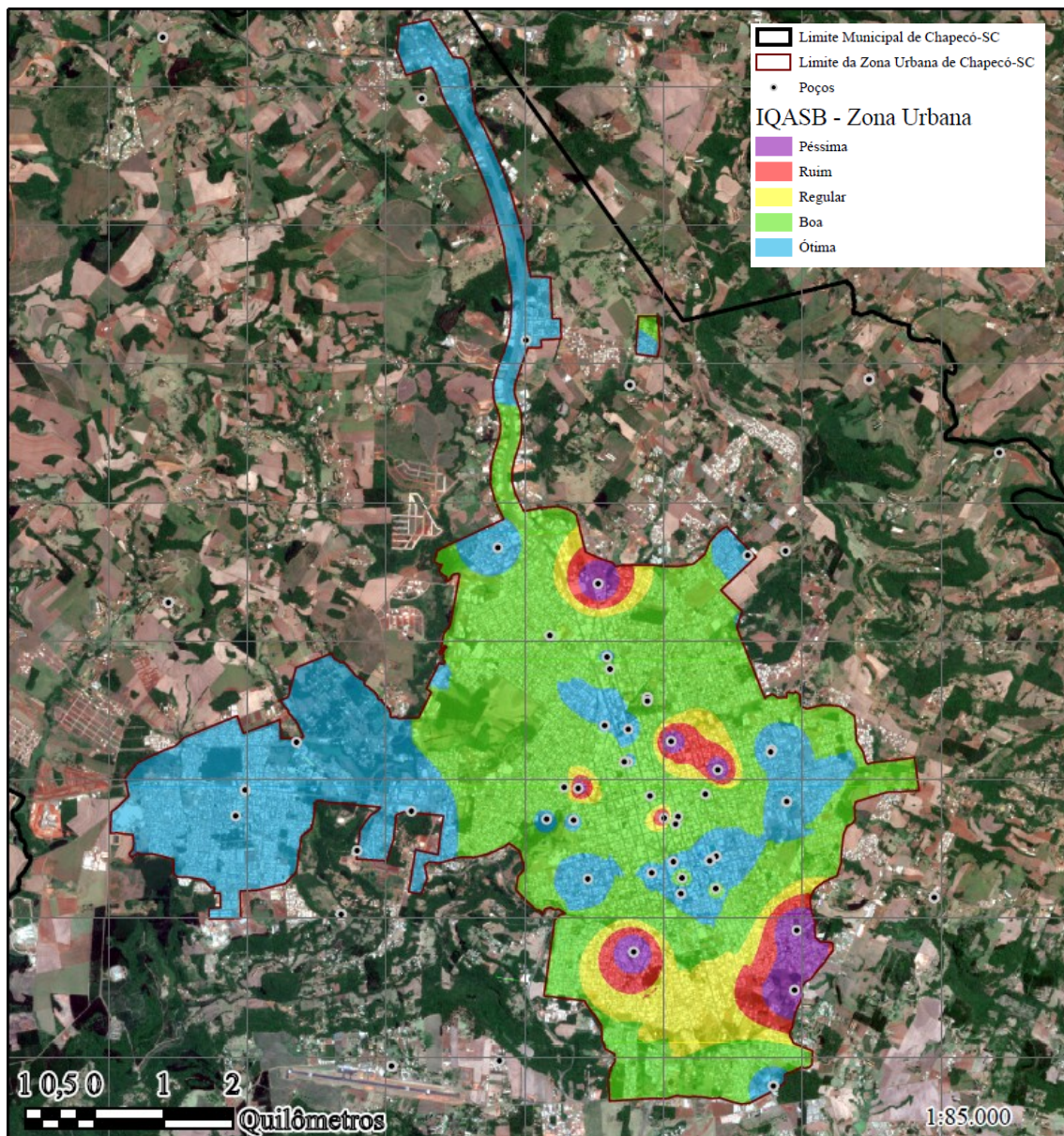
Fonte: Elaborado pelo autor.

Devido à alta densidade de poços na zona urbana, a interpolação dos dados e, por consequência, a representatividade da qualidade da água subterrânea tornam-se mais fíéis às reais características do recurso (Figura 12).

Nota-se na área urbana de Chapecó-SC zonas com classificação péssima, não sendo apenas pontos isolados. A baixa classificação, como dito anteriormente, se deve principalmente à presença de coliformes termotolerantes nas amostras, pois os demais parâmetros estão muito próximos às concentrações encontradas na natureza.

A contaminação por coliformes termotolerantes é, provavelmente, devido à ineficiência ou inexistência dos sistemas de tratamento de esgoto do município, tendo vista que 81% das unidades detentoras dos poços não possuem sistema de tratamento de esgoto. Todas as unidades que apresentaram sistema de tratamento de esgoto estão na zona urbana de Chapecó-SC, representando 38% das propriedades urbanas.

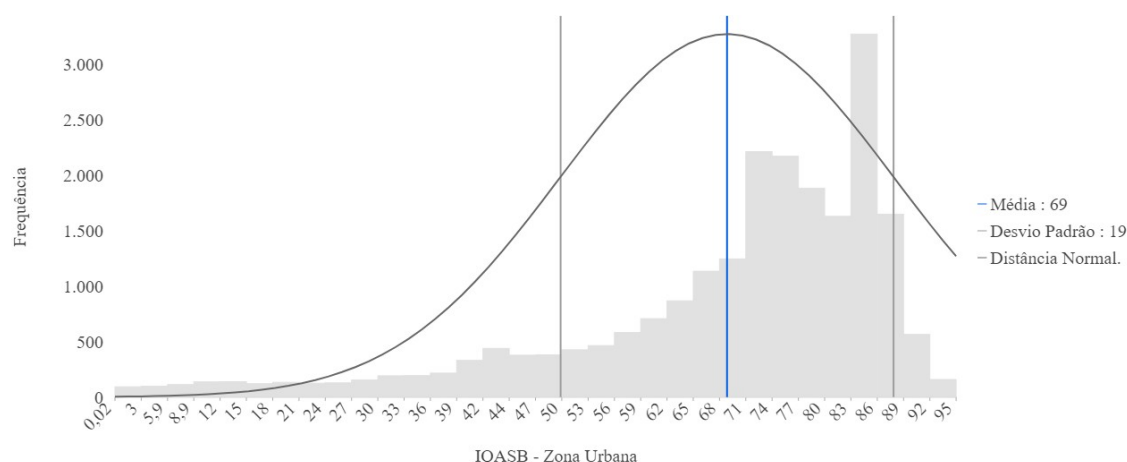
Figura 12 - Índice de Qualidade da Água Subterrânea Bruta – IQASB na Zona Urbana do Município de Chapecó - SC



Fonte: Elaborado pelo Autor

A interpolação dos dados medidos e calculados do IQASB - Zona Urbana apresentou classificação entre regular e ótima em 68,26% dos pontos interpolados na área de estudo. Tendo com maior frequência os valores de IQASB- Zona Urbana entre 83 e 86 e média de 69, o que corresponde à classificação boa (Figura 13).

Figura 13 - Distribuição de frequência dos dados interpolados para o IQASB - Zona Urbana



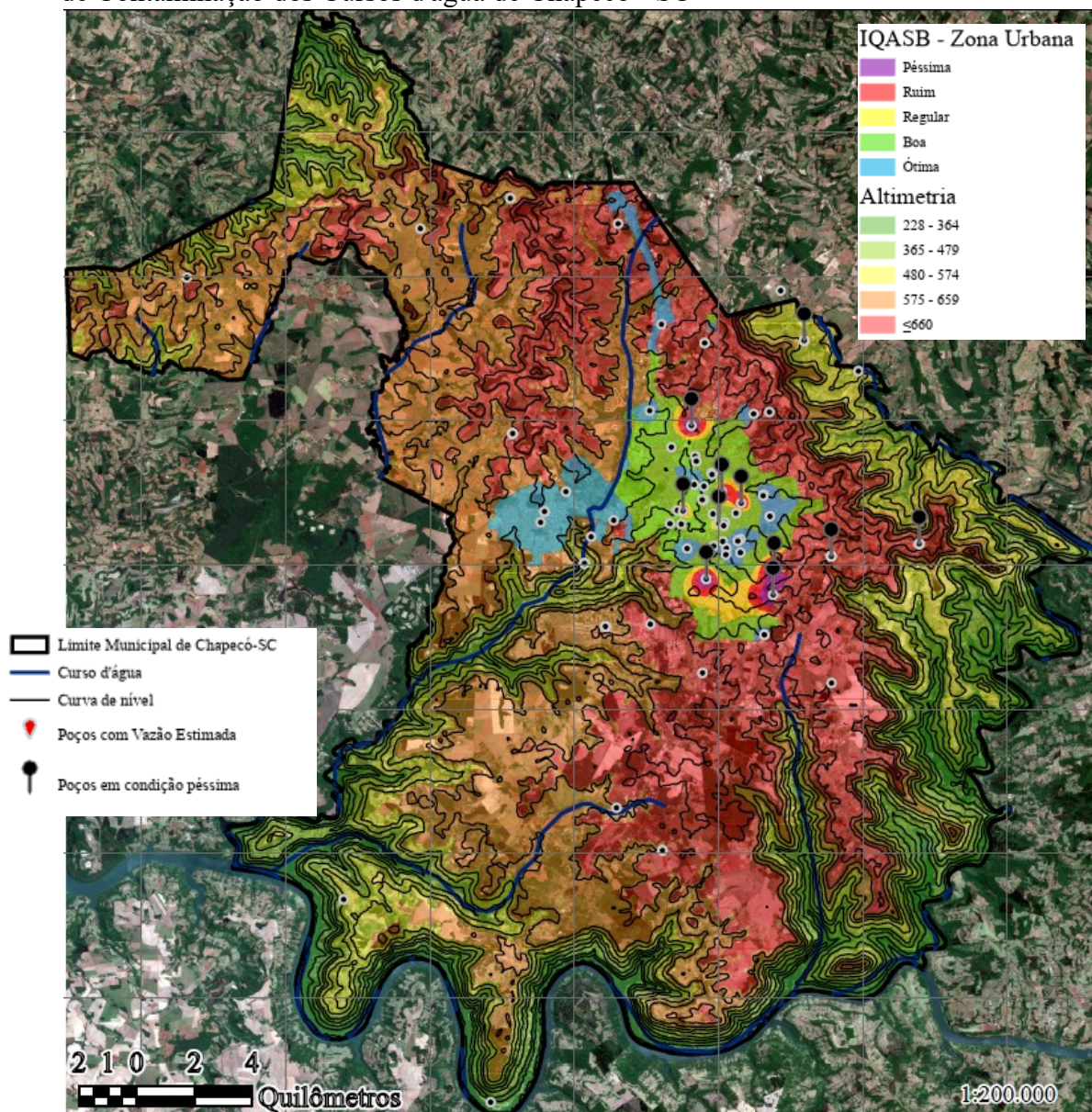
Fonte: Elaborado pelo Autor

Apesar de apresentar moda de IQASB - Zona Urbana maior, quando comparado à moda do IQASB do município, os vários focos de contaminação reduziram a média da região. Além disso, nota-se maior dispersão dos dados, como pode ser analisado ao comparar o desvio padrão das duas distribuições. A variabilidade apresentada é oriunda das diferentes estruturas de proteção ao poço e à destinação final dos efluentes urbanos.

Além da contaminação do Sistema Serra Geral, os focos de qualidade péssima, encontrados na zona urbana, ainda podem estar contribuindo para a redução da qualidade das águas superficiais do município.

A região contaminada por coliformes termotolerantes está em uma localidade de alta altitude, que aliada à declividade considerável pode favorecer o deslocamento da pluma de contaminação às regiões de fundo de vale do município (Figura 14).

Figura 14 - Índice de Qualidade da Água Subterrânea Bruta – IQASB e o Seu Potencial de Contaminação dos Cursos d'água de Chapecó - SC



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como visto na Figura 13, a jusante da região urbana, temos dois corpos d'água que recebem a contribuição das águas superficiais e subterrâneas de montante. Devido à alta impermeabilização do centro urbano, concentrações de contaminantes nesses cursos d'água podem ser respostas da contaminação do SASG por poços com manutenção ociosa ou inexistente, além de possíveis lançamentos superficiais de efluentes a montante do trecho analisado.

4 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A adaptação e espacialização do IQASB mostrou-se eficaz para estimar a qualidade da água subterrânea do Sistema Aquífero Serra Geral no município de

Chapecó-SC e mostrou-se uma boa ferramenta para a gestão dos recursos hídricos. A adaptação e espacialização auxilia a tomada de decisão dos órgãos competentes, pois agrega diversos fatores de qualidade em um único índice, referencia este índice geograficamente e possibilita estimar a qualidade em regiões onde não é possível perfurar um poço de monitoramento. Recomenda-se para futuras pesquisas a busca por mais pontos amostrais para melhor representação de áreas com baixa densidade de poços apresentados neste estudo.

Também recomenda-se a adoção inicial da adaptação do IQASB. Devem ser considerados no índice: glifosato, DBO e amônia. O glifosato é o princípio ativo mais vendido em Santa Catarina e como descrito por Olivo et al. (2014), já é encontrado em concentrações consideráveis na água subterrânea do município. A demanda bioquímica de oxigênio - DBO seria um dos fatores mais importantes para região, pois como mencionado por Santa Catarina (2017), o lançamento de carga orgânica nas águas subterrâneas de RH2 é o maior do estado, tendo as águas superficiais classificadas como péssimo, dessa forma, recomenda-se a inclusão desse parâmetro buscando inserir ao IQASB um parâmetro de alta influência na região meio - oeste de Santa Catarina. O peso para DBO deve apresentar importância alta e peso igual a 1,5. E a amônia que pode representar junto ao nitrato as contaminações por excreções e dejetos de humanos e animais, além das provindas do uso de defensivos agrícolas. Para futuras adaptações, recomenda-se a adesão da amônia com grau de importância relativo e o peso deve apresentar quantificação de 0,05.

Com base nos parâmetros analisados, a qualidade da água subterrânea do SASG no município de Chapecó-SC é classificada, em quase toda sua extensão territorial, em boa e ótima.

Por fim alerta-se sobre o uso indiscriminado da água subterrânea do Sistema Aquífero Serra Geral. Esse recurso deve ser utilizado como reserva estratégica e não como manancial principal ou complementar, pois como apresentado, o ciclo da água subterrânea não apresenta tempo de residência similar às águas superficiais e essas devem atuar como recarga dos corpos superficiais de água. Deve-se aumentar o gerenciamento e fiscalização dos poços já perfurados e futuros para preservação e controle da qualidade do aquífero.

REFERÊNCIAS

APHA (American Public Health Association). **Standard Methods for Examination of water and wastewater**. 20. ed. Washington D. C., 1998.

ALMEIDA, R. A. S.; OLIVEIRA, I, B. Índice de Qualidade da Água Subterrânea Bruta (IQASB) utilizada na produção de água potável. **Águas Subterrâneas**, v.24, n.01, p.31-45, 2010.

AQUASTAT. Global Information System on Water Resources and Agricultural Water Management. Food and Agriculture Organization of United Nations. Disponível em: <<http://www.fao.org/aquastat/en/overview/methodology/water-use>>. Acesso em: 01 de novembro de 2020.

BORTOLIN, T. A. **Estudo da recarga do Sistema Aquífero Serra Geral na bacia hidrográfica Taquari-Antas**. Tese - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água / Fundação Nacional de Saúde – 4. ed.** – Brasília: Funasa, 2013. 150 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518/04. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Brasília, DF, 2004.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS: **24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2018**. Brasília: SNS/MDR, 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução Nº 396, de 3 de Abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências**. Brasília, 2008.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989**. Brasília, 8 de janeiro de 1997.

BRUNI, J. C., A água e a vida. *Tempo Social; Rev. Sociol. USP*, S. Paulo, 5(1-2): 53-65, 1993 (editado em nov. 1994).

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Poluição das Águas Subterrâneas**. São Paulo, 2021. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/informacoes-basicas/poluicao-das-aguas-subterraneas/#:~:text=Po%C3%A7os%20mal%20constru%C3%ADdos%20ou%20operados,la%C3%A7amento%20do%20poluente%20no%20solo>>. Acesso em: 22/01/2021.

FACCO, J. Os Usos e a Qualidade das Águas do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral no Município de Chapecó – SC. Tese de doutorado. Programa de pós-graduação em geografia pela Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2018.

FAPEU. Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária. Projeto Rede Guarani/Serra Geral. Florianópolis, 2013. Disponível em: <https://rgsgsc.files.wordpress.com/2013/09/projeto_rgsg.pdf>. Acessado em: 10 de novembro de 2020.

FRAZÃO, P.; PERES, M. A.; CURY, J. A. Qualidade da água para consumo humano e concentração de fluoreto. Rev. Saúde Pública vol.45 no.5. São Paulo, 2011.

FREEZE, R. A.; CHERRY, J.A. **Água Subterrânea**. Traduzido de Groundwater por Everton de Oliveira et al. São Paulo, 2017.

FREITAS, M. J. C. C.; DE OLIVEIRA, F. H., **Estiagem no Oeste Catarinense: Diagnóstico e Resiliência. Relatório Técnico-Científico**. Florianópolis, 2017.

GABOARDI, S. C., Notas sobre a Utilização de Agrotóxicos em Santa Catarina (2009-2017). Rev. Ambientes vol. 1, No. 1, 219-245, 2019.

IBGE. Instituto Geral de Geografia e Estatística. Cidades – Santa Catarina – Chapecó. 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sc/chapeco.html>>. Acesso em: 01 de novembro de 2020.

MACHADO, J. L. F., **Mapa Hidrogeológico do Estado de Santa Catarina**. Porto Alegre: CPRM, 2013.

OLIVO, V. E.; et al. Rapid Method for Determination of Glyphosate in Groundwater Using High Performance Liquid Chromatography and Solid-Phase Extraction After Derivatization. **Rev. Ambient. Água** vol. 10 n. 2 Taubaté – Apr. / Jun. 2014

PORTO, R. L. L. **Hidrologia ambiental**. [S.l: s.n.], 1991.

SANTA CATARINA. Secretaria de estado do desenvolvimento econômico Sustentável – SDS. **Diagnóstico Da Situação Atual Dos Recursos Hídricos De Santa Catarina**. 2017.

SANTA CATARINA. Secretaria de estado do desenvolvimento econômico Sustentável – SDS. Recursos Hídricos De Santa Catarina. 2018.

SOARES, M. U. G.; MOTA, A. A. Mapeamento do Risco à Contaminação do Sistema Serra Geral no Município de Chapecó (SC). **Águas Subterrâneas**, v. 31, n. 4, p. 299-309, 2017. 308

XING, X.; LIU, W.; WANG, Z.; HU, J. Relationship of nitrate isotopic character to population density in the Loess Plateau of Northwest China. **Applied Geochemistry**. 2013

APÊNDICE

APÊNDICE A1 - Parâmetros analisados

Poço	Vazão (m³/h)	pH	Turbidez (NTU)	Cloreto mg/L	Fluoreto mg/L	Nitrato mg/L	Sulfatos mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Coli.Ter 1 = presença 0 = ausência	Dureza mg/L
1	4,2	8,73	0,19	6,7	0,16	6,43	5,6	18,02	0,27	0,15	0,06	0	46,17
2	6,5	5,92	0,07	6,7	0,09	6	5	27,17	1,67	0,18	0,08	0	74,9
3	3,5	6	0,12	5,6	0,03	3,81	5	25,95	2,13	0,19	0,08	0	73,75
4	6,5	6,54	0,33	0,8	0,08	0,05	5	10,57	0,97	0,17	0,08	0	30,45
5	16	6,78	4,59	1,6	0,1	0,15	5	15,72	0,57	0,29	0,07	0	41,66
6	2	6,57	0,99	3,1	0,08	3,8	8,4	29,27	7,8	0,16	0,06	0	105,69
7	25	5,45	0,09	6,7	0,04	6,59	5	14,34	0,16	0,31	0,27	0	36,52
8	7	7,51	0,64	1,3	0,29	1,62	5	19,03	4,74	0,21	0,07	0	67,3
9	6,5	6,57	18	3,5	0,2	7,72	5	26,46	4,27	1,86	0,15	0	83,94
10	9	9,1	0,24	4,3	0,31	2,83	5	14,29	1,29	0,14	0,06	0	41,11
11	7	9,45	0,32	4,3	0,29	3,53	5	6,86	0,03	0,19	0,06	0	17,26
12	12	7,8	0,54	3,1	0,32	0,48	6,2	26,75	7,74	0,16	0,07	0	99,1
13	1,5	6,64	0,8	2,1	0,18	0,13	5	13,14	2,06	0,18	0,09	0	41,44
14	6,5	6,98	2,5	1,8	0,48	0,21	5	20,59	6,62	0,37	0,86	0	79,06
15	6,5	7,32	0,32	2,7	0,28	0,07	5	12,46	0,49	0,15	0,07	0	33,2
16	15	7,42	0,33	2,1	0,27	1,88	5	26,81	6,41	0,2	0,06	0	93,73

APÊNDICE

Poço												Coli.Ter	
	Vazão (m³/h)	pH	Turbidez (NTU)	Cloreto mg/L	Fluoreto mg/L	Nitrato mg/L	Sulfatos mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	1 = presença	Dureza mg/L
												0 = ausência	
17	6,5	6,98	0,63	1,6	0,35	0,43	18,9	30,28	3,17	1,35	0,38	0	88,9
18	6,5	5,19	0,13	2,8	0,23	5,83	5	14,06	2,46	0,14	0,11	0	45,42
19	6,5	7,09	0,16	1,8	0,32	0,02	5	34,77	3,16	0,08	0,07	0	100,11
20	6,5	7,95	0,39	5	0,31	3,53	5	18,14	0,46	0,12	0,06	0	47,28
21	1	6,71	0,29	3,8	0,28	3,47	5	27,03	5,23	0,11	0,07	0	89,35
22	8	7,24	0,11	9	0,28	3,21	6,7	60,38	0,75	0,08	0,06	0	154,07
23	3,7	7,33	0,42	1,8	0,34	1	40,8	31,98	3,89	0,12	0,07	0	96,16
24	2,8	6,55	0,23	2,4	0,34	0,01	5	11,14	1,15	0,12	0,07	0	32,62
25	6	9,37	0,39	1,1	0,44	0,3	5,6	6,48	0,2	0,09	0,01	0	17,03
26	2	7,53	1,44	3,1	0,38	0,17	5	29,36	3,6	0,13	0,09	0	88,39
27	6,5	6,67	0,35	3,8	0,29	6,1	5	22,52	5,78	0,11	0,02	0	80,4
28	4,5	7,35	1,64	5,3	0,19	2,49	5,3	18,11	3,72	0,43	0,05	0	60,79
29	4,2	9,9	0,16	0,5	0,44	0,08	5	6,75	0,02	0,1	0,01	0	16,95
30	5	9,38	0,22	1,6	0,4	0,68	5	9,5	1,16	0,08	0,02	0	28,6
31	3	9,74	1,53	1	0,52	0,32	5,4	7,01	0,46	0,33	0,05	0	19,44
32	7	8,45	0,25	9,1	0,16	5,63	5	8,7	0,04	0,07	0,03	1	21,92
33	3,6	8	0,21	3,6	0,32	3,49	5	22,72	2,63	0,11	0,04	0	67,78

APÊNDICE

Poço												Coli.Ter	
	Vazão (m³/h)	pH	Turbidez (NTU)	Cloreto mg/L	Fluoreto mg/L	Nitrato mg/L	Sulfatos mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	1 = presença	Dureza mg/L
												0 = ausência	
34	10	5,78	1,21	4	0,16	4,62	5,7	18,16	1,7	0,54	0,12	0	52,47
35	3	7,9	0,54	1,3	0,31	1,02	5	20,93	4,55	0,1	0,02	0	71,3
36	4,5	9,43	0,21	0,8	0,34	0,17	5	6,16	0,16	0,07	0,02	0	16,05
37	6,5	8,74	0,86	1,1	0,27	5,86	5	9,87	0,14	0,07	0,02	1	25,26
38	3	7,14	0,11	3	0,34	5,09	5	29,9	4,46	0,11	0,04	0	93,33
39	4,5	6,17	0,16	1,4	0,27	1,11	6,1	15,24	3,03	0,15	0,1	1	50,73
40	15,8	8,84	3,96	1,4	0,55	1,18	5	9,99	0,22	1,92	0,14	1	25,88
41	6,5	6,76	0,61	2,9	0,4	3,5	5,6	30,73	1,28	0,18	0,12	1	82,17
42	6,5	9,56	0,62	1,1	0,53	0,25	22	7,88	0,02	0,15	0,04	0	19,79
43	1	6,81	1,6	0,5	0,2	0,38	5	16,94	1,63	0,19	0,1	0	49,14
44	3	7,23	17,6	1,1	0,3	0,07	5,9	36,78	14,47	1,53	0,62	1	152,22
45	6,5	7,34	1,54	5,3	0,54	0,07	7,1	23,23	1,44	0,15	0,18	0	64,08
46	6,5	6,67	0,33	1,3	0,31	1,98	5	16,55	2	0,21	0,03	1	49,72
47	3	7,16	0,09	5,8	0,3	5,07	5	20,83	0,6	0,05	0,02	0	54,56
48	10	6,13	0,44	2,8	0,21	0,13	5	9,06	0,75	0,21	0,03	0	25,79
49	1,5	6,65	0,51	1,1	0	026	5	15,49	1,904	0,116	0,072	0	46,66

APÊNDICE

50	6,5	5,74	0,2	2,7	0	0,66	5	9,89	1,01	0,15	0,1	0	28,95
Poço												Coli.Ter	
	Vazão (m³/h)	pH	Turbidez (NTU)	Cloreto mg/L	Fluoreto mg/L	Nitrato mg/L	Sulfatos mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	1 = presença 0 = ausência	Dureza mg/L
51	8	6,2	0,71	9,4	0,06	5,74	5	23,77	3,57	0,11	0,11	0	74,29
52	1	6,08	1,01	2,3	0,1	0,24	5	7,58	0,37	0,28	0,11	0	20,48
53	6,5	9,21	0,16	0,9	0,92	0,33	5	6,53	0,01	0,05	0,06	0	16,37
54	10,4	6,63	1,92	1,6	0,66	1,98	5	25,3	2,16	0,19	0,06	0	72,27
55	1	7	0,2	2,1	0,32	0,12	5	14,71	1,11	0,16	0,04	0	41,41
56	10,6	6,07	1,19	3,2	0,14	3,08	5	18,61	2,75	0,18	0,09	0	58
57	7	7,11	1,12	0,4	0	1,61	5	19,45	0,8	0,33	0,07	0	51,94
58	4	9,73	0,68	0,4	0,98	0,02	5	5,78	0,03	0,16	0,05	0	14,58
59	1,5	8,86	0,95	1,8	0,47	1,3	18,2	11,79	0,01	0,06	0,1	0	29,5
60	11	6,35	4,8	4,3	0,13	0,34	5	13,44	1,54	0,67	0,1	0	40,03
61	1	8,83	0,86	14,6	0,15	5,98	5	8,6	0,04	0,16	0	0	21,68
62	5	9,72	0	7,8	0,17	2,6	2,2	45,11	6,05	0,2	0,27	0	137,98
63	7	4,32	0,21	5,5	0,08	6,99	5	10,55	1,26	0,06	0,86	0	31,64
64	3	7,11	1,48	0	0,57	0,6	5	21,29	1,37	0,31	0,05	0	58,94
65	5	6,37	0,78	7,8	0,13	4,62	5	8,86	0,28	0,38	0,1	0	23,31
66	3,5	9,26	0,64	6,7	0,17	3,35	5	7,62	0,12	0,09	0,1	0	19,54
67	3,6	8,57	2,69	12,3	0,4	5,28	5	8,85	0,23	0,4	0,06	0	23,1

APÊNDICE

Poço												Coli.Ter	
	Vazão (m³/h)	pH	Turbidez (NTU)	Cloreto mg/L	Fluoreto mg/L	Nitrato mg/L	Sulfatos mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	1 = presença 0 = ausência	Dureza mg/L
68	2	6,05	0,18	13,8	0,13	3,9	5	11,77	1,85	0	0,09	0	37,13
69	2	6,48	0,14	3,9	0,17	3,39	5	27,33	7,94	0,06	0,03	0	101,42
70	6,5	7,09	5,97	0	0,86	0,09	5	26,15	3,63	1,56	0,29	0	80,48
71	3,5	9,25	0,09	13,1	0,26	5,54	5	5,55	0,04	0,05	0,08	0	14,06
72	6,5	9,33	2,67	2,1	0,55	2,56	5	5,18	0,01	0,12	0,04	0	13,01
73	3,5	8,98	0,11	7	0,28	3,74	5	9,56	0,18	0,04	0,03	0	24,65
74	12	6,39	0,68	4,8	0,19	4,77	5	29,15	2,29	0,08	0,04	0	82,42
75	5	6,87	4,61	1,8	0	0,54	5	29,37	1,59	0,13	0,06	0	80,05
76	6,5	5,64	0,9	2,2	0,45	1,9	5	9,41	0,9	0,48	0,09	0	27,27
77	6,5	5,91	0,73	1,1	0,11	1,12	5	12,49	1,44	0,21	0,07	0	37,22
78	19,3	8,01	0	2,8	0,09	1,05	1,2	19,38	4,25	0,1	0,27	0	66,16
79	2	8,19	0	0,7	0,21	0,14	3	6,37	1,2	0,29	0,27	0	20,93
80	14,7	9,8	0,34	2,7	0,17	2,1	5	23,29	3,06	0,2	0,09	0	70,95
81	8	6,36	0,32	0,9	0,34	0,63	5	18,89	2,26	0,07	0,02	1	56,66
82	2,6	6,48	0,09	12,6	0,47	0,81	5	16,56	1,27	0,14	0,05	0	46,7
83	3,5	6,38	0,36	11,3	0,13	4,33	5	22,81	2,85	0,28	0,11	1	68,9
84	4	7,27	0,27	13,1	0,12	6,17	5	17,94	1,25	0,05	0,09	0	50,06

APÊNDICE

Poço												Coli.Ter	
	Vazão (m³/h)	pH	Turbidez (NTU)	Cloreto mg/L	Fluoreto mg/L	Nitrato mg/L	Sulfatos mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	1 = presença	Dureza mg/L
												0 = ausência	
85	6,5	6,96	1,13	1,4	0,57	1,3	5,9	26,97	6,38	0,3	0,05	0	94,02
86	12	9,27	0,33	57,2	0,91	0,01	115,2	16,31	0,97	0,09	0,07	0	44,83
87	8,3	6,53	0,26	2,3	0,16	0,06	5	18,1	0,7	0,32	0,03	0	48,18
88	31,7	6,24	0,06	6,8	0,19	3,33	5	16,04	3	0,04	0,01	0	52,6
90	5	6,51	0,19	16	0,31	5,57	5	33,09	2,9	0,2	0,03	1	94,8
93	15	7,29	0	1,4	0,11	1,27	1,4	11,97	1,57	0,32	0,27	0	36,47
94	2,5	7,51	1,55	2,8	0,32	1,2	2,7	17,18	1,49	0,38	0,17	0	49,16
95	2	7,66	0,72	3,1	0,02	1,25	5	25,39	2,35	0,24	0,1	0	73,25
96	3	7,37	0,09	1,8	0,17	0,66	5	15,11	1,52	0,17	0,08	0	44,11
98	6,5	6,35	1,18	5,3	0,36	3,47	8,7	22,07	2,54	0,28	0,11	0	65,77
100	6,5	6,98	4,1	2,5	0,08	5,54	3,1	13,95	1,09	0,02	0,06	1	39,4
101	10	7,02	1,3	4,3	0,33	1,35	2,6	14,6	1,41	0,09	0,21	0	42,38
102	20	7,28	0,42	3,5	0,27	3,8	3,3	5,54	3,79	0,28	0,12	0	29,64
103	3	9,55	0,71	2,2	0,31	0,3	3,4	3,56	0,6	0,27	0,11	0	11,4
104	1,8	8,42	0,19	2,6	0,19	0,24	4,3	3,5	0,6	0,31	0,11	0	11,25
105	1,8	7,4	1,2	2,1	0,43	1,3	0,9	13,97	5,99	0,23	0,11	0	59,88

APÊNDICE

APÊNDICE A2 - Parâmetros IQASB adaptado

Poço	IBIO	Q. Fe	Q. Mn	FEMN	Q. cloreto	Q. dureza	Q. fluoreto	Q. pH	Q. sulfatos	IMS	IPS	INIT	IQASB
1	100	79	67	72	100	78	32	62	100	79	100	62	79
2	100	74	60	66	100	71	20	47	100	71	100	64	77
3	100	71	59	65	100	72	20	49	100	72	100	74	79
4	100	75	60	67	100	84	20	67	100	77	79	100	86
5	100	60	61	61	100	79	20	74	100	77	42	100	80
6	100	76	67	72	100	67	20	68	100	73	61	74	78
7	100	58	37	46	100	81	20	32	100	71	100	62	72
8	100	68	62	65	100	73	49	98	100	85	67	99	86
9	100	27	47	36	100	70	38	68	100	78	31	59	63
10	100	82	66	73	100	80	51	51	100	82	85	82	85
11	100	71	65	68	100	91	49	41	100	83	79	76	82
12	100	77	61	69	100	68	53	89	100	82	70	100	87
13	100	73	58	65	100	79	35	70	100	81	64	100	85
14	100	54	24	36	100	71	70	81	100	85	49	100	76
15	100	78	62	70	100	83	48	92	100	87	79	100	89
16	100	70	67	68	100	68	47	100	100	83	79	94	86
17	100	31	33	32	100	69	56	81	100	83	68	100	76

APÊNDICE

Poço	IBIO	Q. Fe	Q. Mn	FEMN	Q. cloreto	Q. dureza	Q. fluoreto	Q. pH	Q. sulfatos	IMS	IPS	INIT	IQASB
18	100	80	53	65	100	78	42	23	100	74	100	65	77
19	100	100	65	80	100	68	53	84	100	82	100	100	92
20	100	86	65	75	100	78	51	85	100	85	76	76	84
21	100	89	64	75	100	69	48	72	100	80	81	77	83
22	100	100	68	83	100	62	48	89	100	79	100	79	86
23	100	85	61	72	100	68	55	92	71	78	74	100	87
24	100	88	63	74	100	83	55	67	100	85	86	100	90
25	100	100	100	100	100	92	66	43	100	86	76	100	94
26	100	83	57	69	100	69	59	97	100	85	56	100	86
27	100	92	100	96	100	70	49	71	100	81	78	64	82
28	100	50	74	61	100	74	37	93	100	82	54	86	80
29	100	96	100	98	100	92	66	28	100	82	100	100	95
30	100	100	100	100	100	85	61	43	100	83	86	100	94
31	100	56	72	64	100	90	74	33	100	84	55	100	84
32	0	100	88	94	100	88	32	70	100	83	84	65	0
33	100	91	79	85	100	73	53	83	100	84	87	77	86
34	100	46	52	49	100	76	32	42	100	76	58	70	72
35	100	96	100	98	100	72	51	86	100	84	70	100	93
36	100	100	100	100	100	92	55	42	100	84	87	100	95
37	0	100	100	100	100	86	47	62	100	84	63	64	0

APÊNDICE

Poço	IBIO	Q. Fe	Q. Mn	FEMN	Q. cloreto	Q. dureza	Q. fluoreto	Q. pH	Q. sulfatos	IMS	IPS	INIT	IQASB
38	100	91	82	86	100	68	55	86	100	83	100	68	84
39	0	78	54	65	100	77	47	55	100	81	100	100	0
40	0	27	49	36	100	86	77	59	100	88	44	100	0
41	0	73	52	61	100	70	61	74	100	83	68	76	0
42	100	78	78	78	100	90	75	38	96	84	68	100	89
43	100	71	54	62	100	77	38	75	100	82	54	100	83
44	0	29	27	28	100	62	50	89	100	80	31	100	0
45	100	78	44	58	100	74	76	92	100	88	55	100	84
46	0	68	93	79	100	77	51	71	100	84	79	92	0
47	100	100	100	100	100	76	50	86	100	85	100	68	87
48	100	68	90	78	100	86	39	53	100	82	73	100	89
49	100	88	62	74	100	78	20	70	100	76	71	100	86
50	100	79	55	66	100	84	20	41	100	74	100	100	86
51	100	91	53	69	100	72	20	56	100	73	66	65	75
52	100	60	54	57	100	89	20	52	100	77	60	100	82
53	100	100	66	81	100	92	63	48	100	87	100	100	93
54	100	71	66	68	100	72	87	69	100	86	52	92	84
55	100	77	78	77	100	80	53	81	100	86	100	100	92
56	100	74	57	65	100	75	29	52	100	76	58	80	79

APÊNDICE

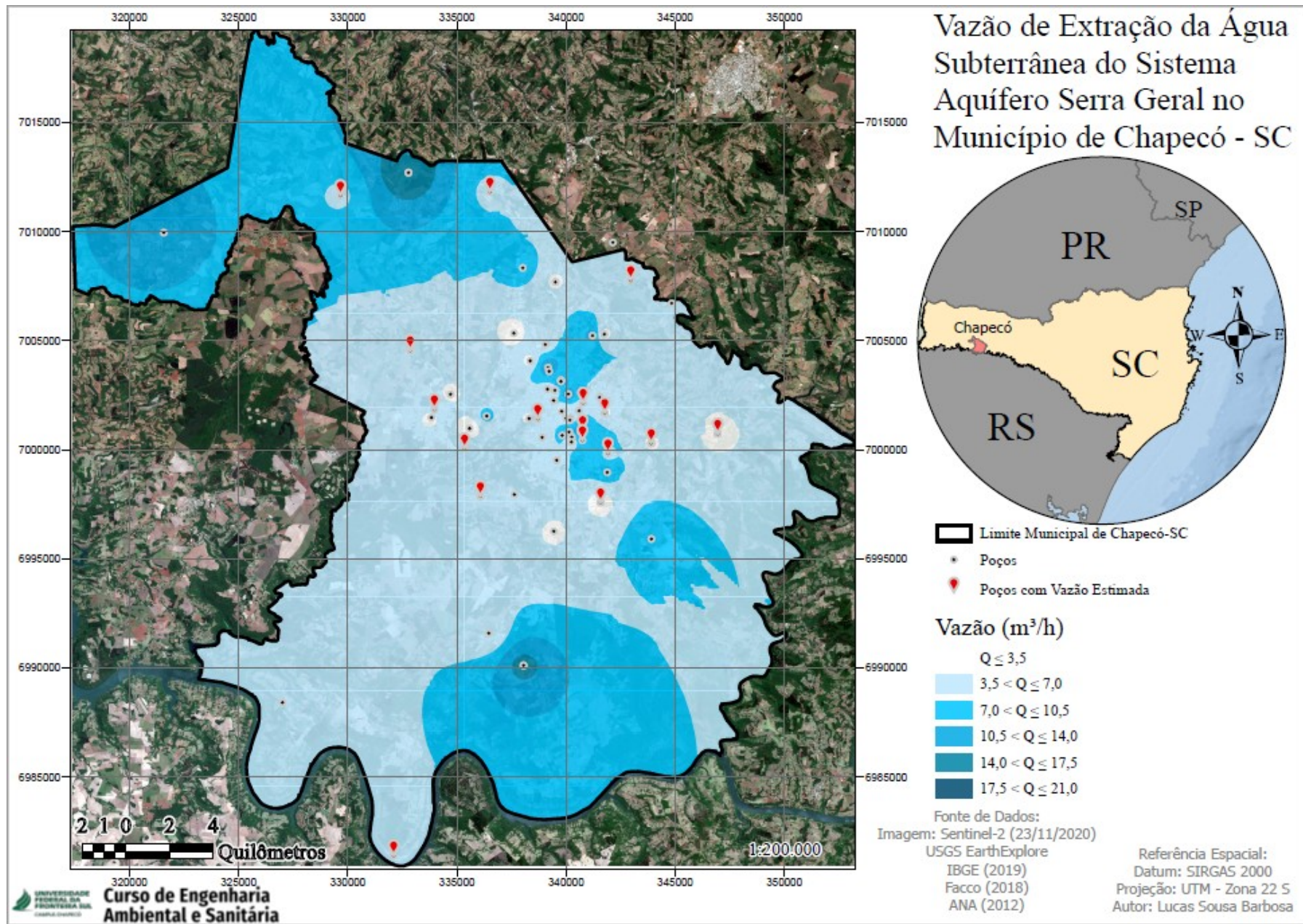
Poço	IBIO	Q. Fe	Q. Mn	FEMN	Q. cloreto	Q. dureza	Q. fluoreto	Q. pH	Q. sulfatos	IMS	IPS	INIT	IQASB
57	100	56	62	59	100	76	20	85	100	77	59	99	82
58	100	76	70	73	100	94	58	33	100	83	66	100	88
59	100	100	55	74	100	84	69	58	100	87	61	100	88
60	100	42	54	48	100	80	28	61	100	78	42	100	77
61	100	77	100	88	100	88	31	59	100	81	63	64	80
62	100	70	37	51	100	63	34	33	100	70	100	84	78
63	100	100	24	49	100	83	20	29	100	71	87	61	71
64	100	58	72	64	100	75	79	37	100	81	55	100	84
65	100	53	54	54	100	87	28	61	100	80	64	70	75
66	100	97	56	73	100	90	34	47	100	80	67	78	82
67	100	52	68	59	100	87	61	67	100	88	48	67	76
68	100	100	58	76	100	81	28	51	100	77	100	74	83
69	100	100	84	91	100	67	34	65	100	76	100	77	86
70	100	29	36	33	100	70	68	84	100	85	40	100	74
71	100	100	59	77	100	94	45	47	100	84	100	66	82
72	100	87	76	81	100	95	77	45	100	89	48	85	85
73	100	100	88	94	100	87	48	55	100	84	100	75	88
74	100	100	81	90	100	70	37	62	100	77	66	69	81
75	100	83	67	75	100	71	20	77	100	75	42	100	83

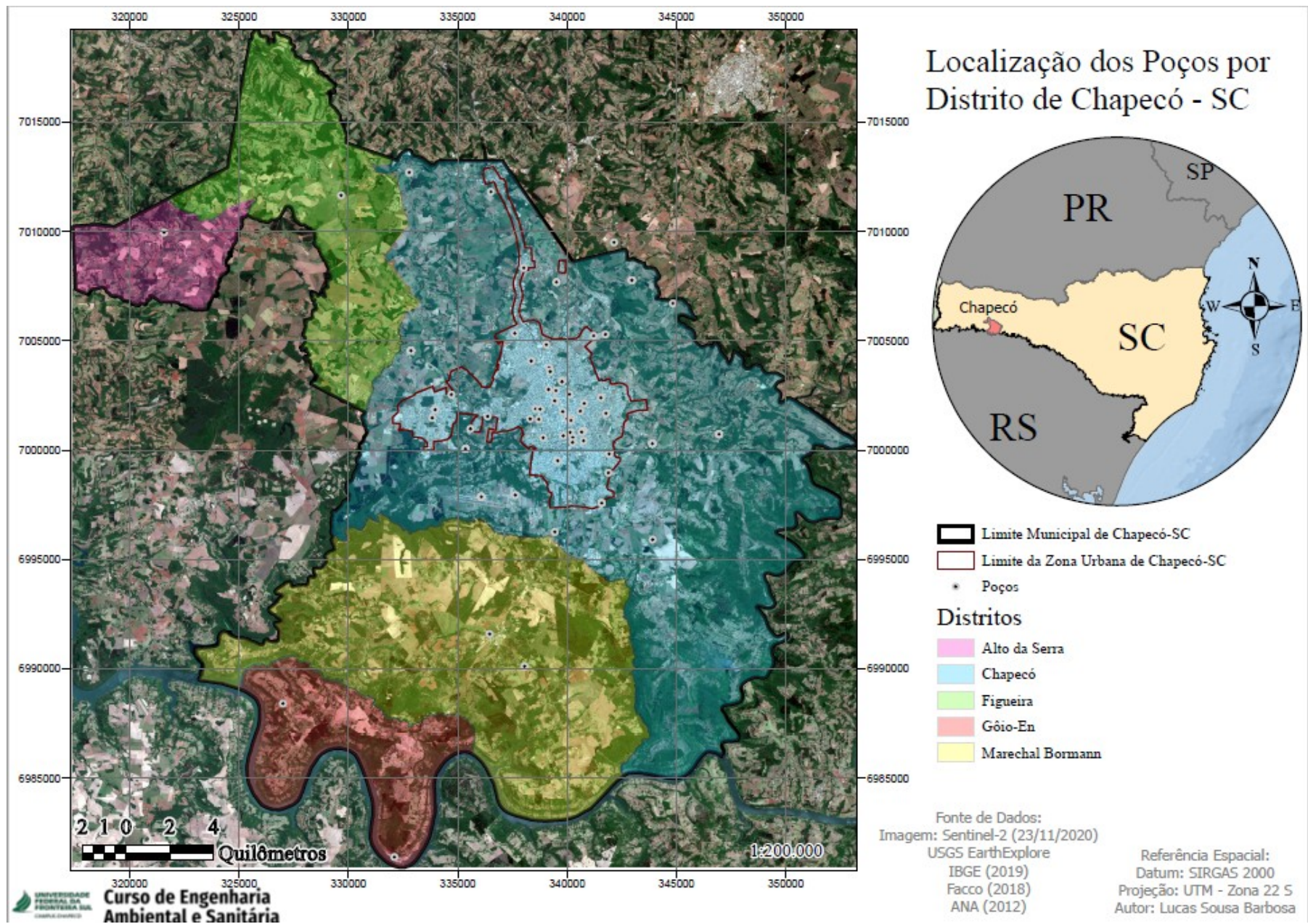
APÊNDICE

Poço	IBIO	Q. Fe	Q. Mn	FEMN	Q. cloreto	Q. dureza	Q. fluoreto	Q. pH	Q. sulfatos	IMS	IPS	INIT	IQASB
76	100	48	56	52	100	85	67	38	100	83	62	94	81
77	100	68	62	65	100	81	25	46	100	76	65	100	84
78	100	95	38	60	100	73	20	83	100	76	100	100	86
79	100	59	38	47	100	89	39	78	100	86	100	100	85
80	100	70	58	64	100	72	34	31	100	72	78	91	82
81	0	100	94	97	100	75	55	61	100	82	79	100	0
82	100	80	74	77	100	78	69	65	100	86	100	100	92
83	0	61	53	57	100	73	28	61	100	76	77	71	0
84	100	100	57	75	100	77	26	90	100	80	82	63	79
85	100	59	74	66	100	68	79	80	100	85	59	100	86
86	100	100	62	79	95	78	63	46	44	69	79	100	86
87	100	57	86	70	100	77	32	66	100	79	83	100	87
88	100	100	100	100	100	76	37	57	100	79	100	78	88
90	0	70	90	80	100	68	51	66	100	80	100	66	0
93	100	57	37	46	100	81	25	91	100	81	100	100	83
94	100	53	45	48	100	77	53	98	100	87	55	100	81
95	100	64	55	60	100	72	20	93	100	77	65	100	83
96	100	75	60	67	100	79	34	93	100	83	100	100	89
98	100	60	53	56	100	73	57	61	100	82	58	77	77

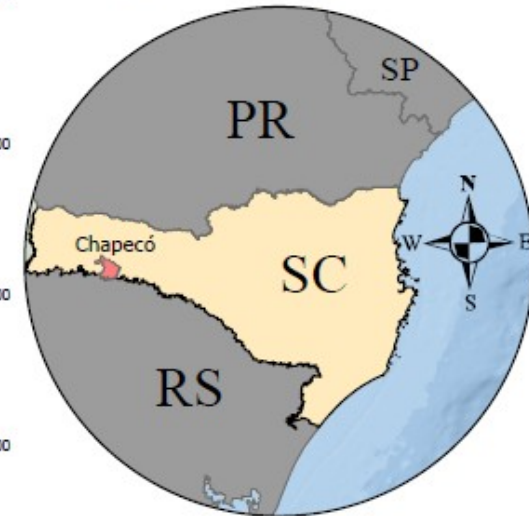
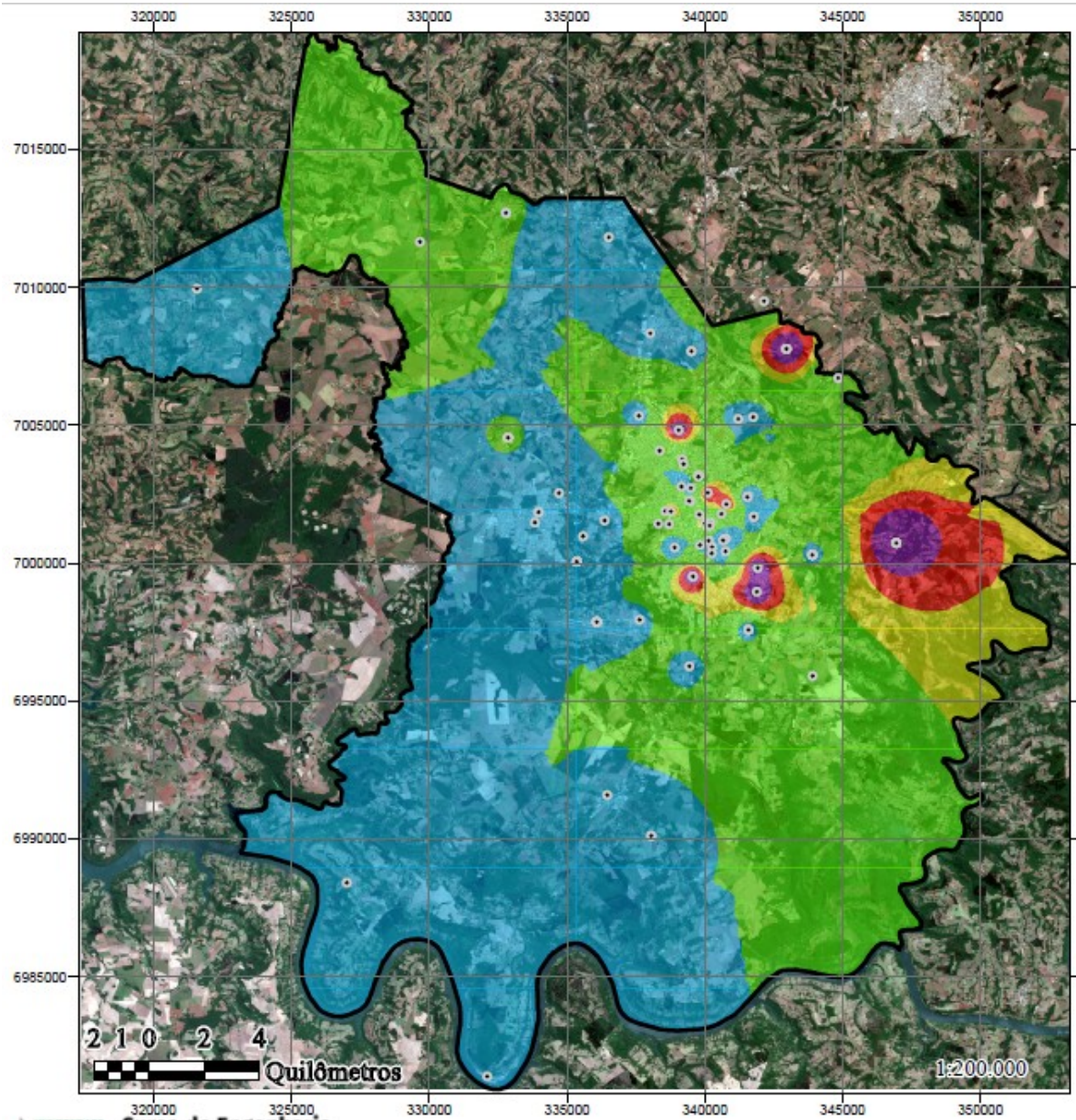
APÊNDICE

Poço	IBIO	Q. Fe	Q. Mn	FEMN	Q. cloreto	Q. dureza	Q. fluoreto	Q. pH	Q. sulfatos	IMS	IPS	INIT	IQASB
100	0	100	69	83	100	80	20	81	100	78	44	66	0
101	100	97	42	63	100	79	54	82	100	86	57	100	85
102	100	60	52	56	100	84	47	90	100	87	74	74	79
103	100	61	52	57	100	97	51	38	100	84	66	100	84
104	100	57	52	55	100	97	37	71	100	87	100	100	87
105	100	65	53	59	100	74	65	94	100	87	58	100	85





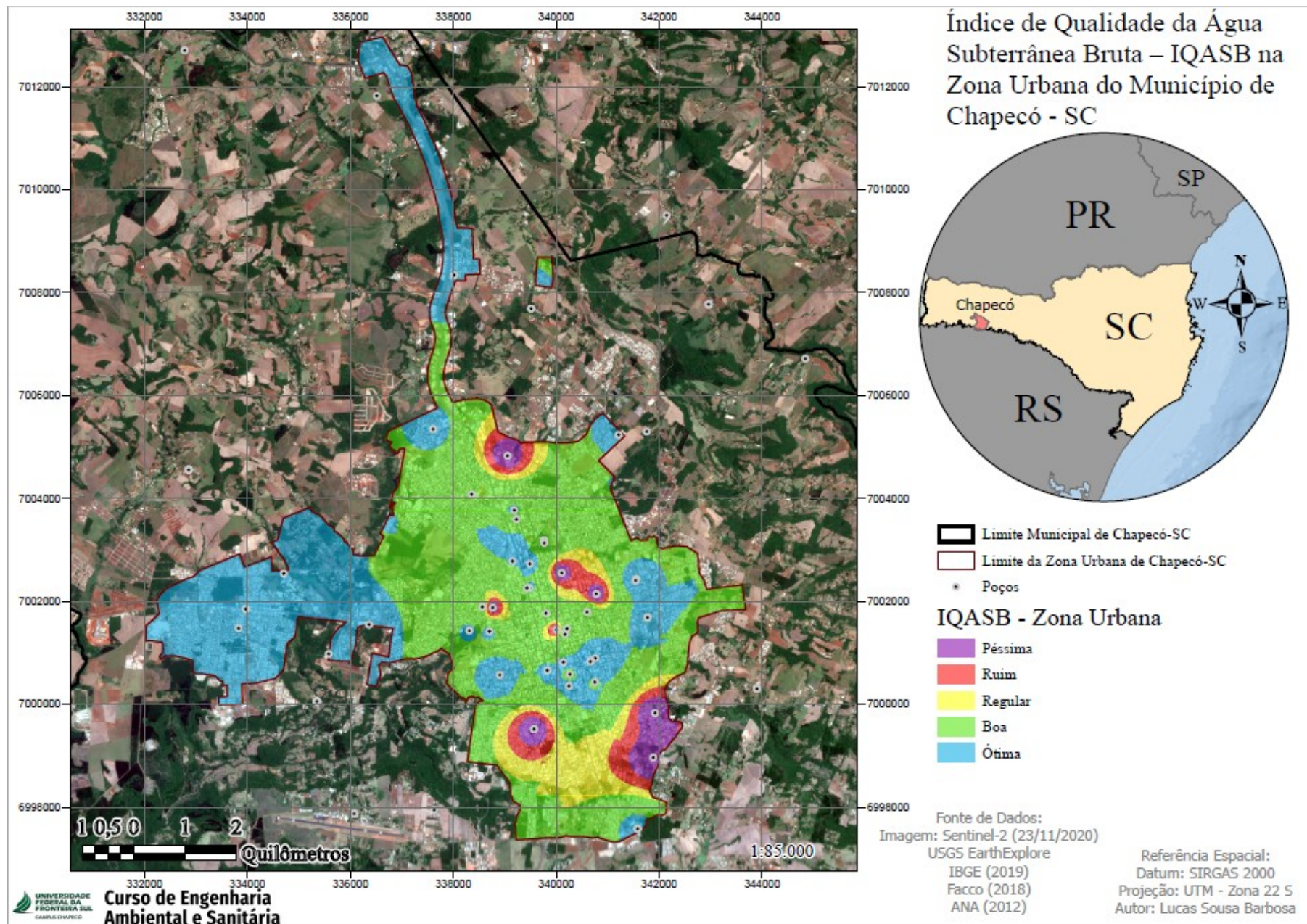
Índice de Qualidade da Água Subterrânea Bruta – IQASB do Município de Chapecó - SC

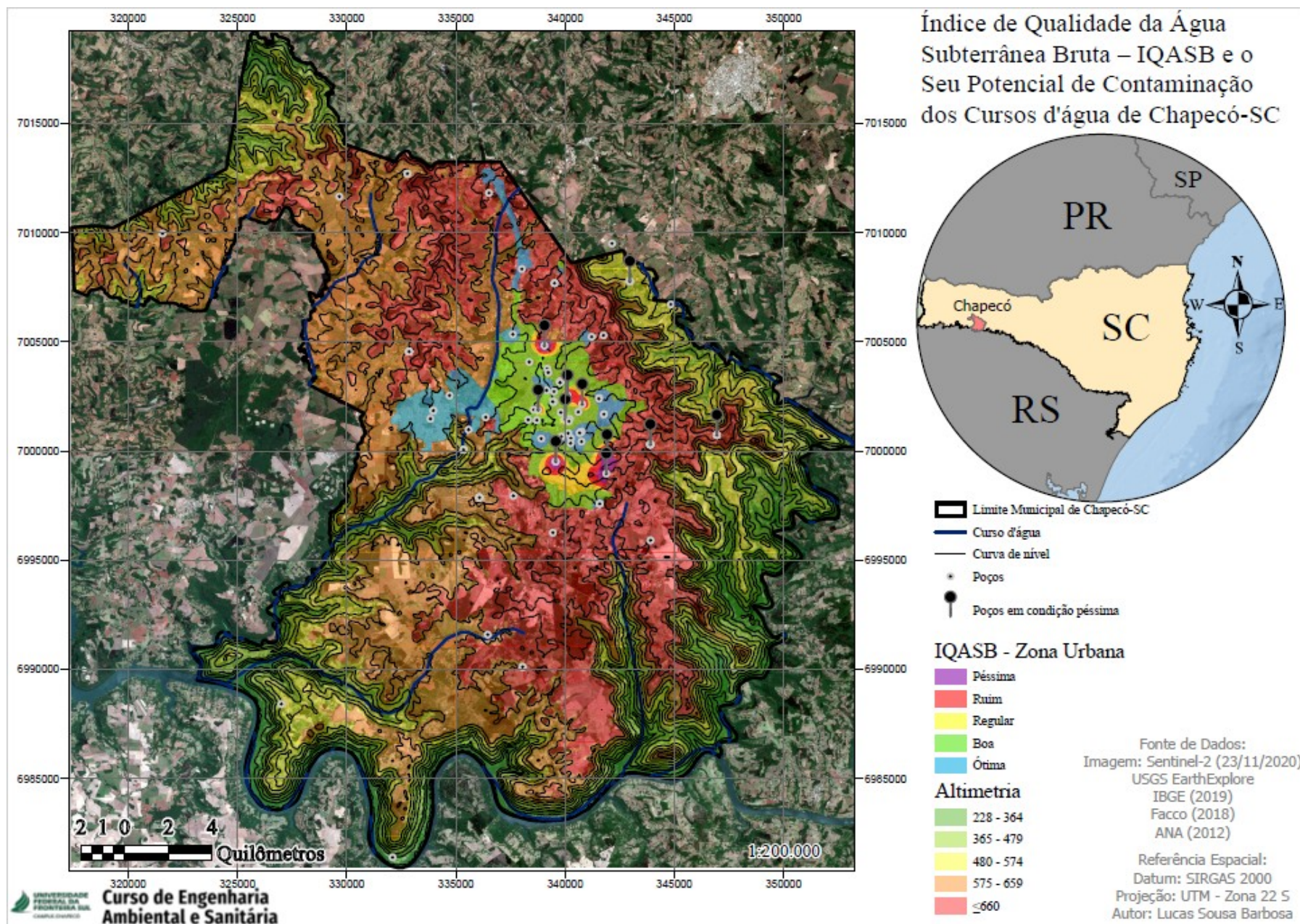


- Limite Municipal de Chapecó-SC
- Poços
- IQASB**
- Péssima
- Ruim
- Regular
- Boa
- Ótima

Fonte de Dados:
 Imagem: Sentinel-2 (23/11/2020)
 USGS EarthExplore
 IBGE (2019)
 Facco (2018)
 ANA (2012)

Referência Espacial:
 Datum: SIRGAS 2000
 Projeção: UTM - Zona 22 S
 Autor: Lucas Sousa Barbosa





Adaptações IQA



Oxigênio Dissolvido	Coliformes termotolerantes	pH
DBO	Temperatura	Nitrogênio Total
Fósforo Total	Turbidez	Resíduo Total

Porto, 1991

0,19 IORG	0,06 IMIN	0,19 IBIO
0,06 IAMO		0,06 IFEMN
0,19 INIT	0,06 IPS	0,19 IMS

Almeida e Oliveira, 2010

0,25 IBIO		0,17 IFEMN
	0,25 IMS	
0,08 IPS		0,25 INIT

Adaptação, 2020