

Vítor Motoaki Yabiku

**Análise de dados de poços tubulares através de ferramentas SIG na  
Bacia do Rio Jacutinga e Contíguos no Estado de Santa Catarina.**

Dissertação submetida ao  
Programa de Pós-Graduação da  
Universidade Federal de Santa  
Catarina para a obtenção do Grau  
de mestre em Geografia.  
Orientador: Prof. Dr. Luiz  
Fernando Scheibe

Florianópolis

2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor através do  
Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Motoaki Yabiku, Vitor

Análise de dados de poços tubulares através de  
ferramentas SIG na Bacia do Rio Jacutinga e Contiguos no  
Estado de Santa Catarina / Vitor Motoaki Yabiku ;  
orientador, Luis Fernando Scheibe - Florianópolis, SC, 2015.  
118 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Programa  
de Pós-Graduação em Geografia.

Inclui referências

1. Geografia. 2. Poços. 3. Hidrogeologia. 4. Bacia do  
Jacutinga. 5. Sistema de Informação Geográfica. I. Fernando  
Scheibe, Luis. II. Universidade Federal de Santa Catarina.  
Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

Vitor Motoaki Yabiku

**Análise de dados de poços tubulares através de ferramentas SIG na  
Bacia do Rio Jacutinga e Contíguos no Estado de Santa Catarina.**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós Graduação em Geografia.

Florianópolis, 28 de agosto de 2015.

---

Prof. , Dr. Aloysio Marthins de Araújo Junior  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Luiz Fernando Scheibe, Dr.  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Joel Robert Georges Marcel Pellerin, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof<sup>a</sup>. Gedalva Terezinha Ribeiro Filipini, Dr<sup>a</sup>.  
Universidade do Contestado

---

Prof. Vilmar Comassetto, Dr.  
Faculdade FABET - Campus Concórdia/SC



Este trabalho é dedicado aos meus pais  
e a todos aqueles que tiveram  
contribuição em seu desenvolvimento.



## **Agradecimentos**

Muitas pessoas compõem a história que está por trás desta dissertação mas as que estão citadas nestes agradecimentos possuem uma considerável importância para a finalização deste trabalho.

Agradeço à minha família e minha esposa Glétia que é minha companheira desde os tempos de graduação.

Ao professor Luiz Fernando Scheibe que foi um paciente orientador diante da minha indisponibilidade de tempo.

À Coordenação e Secretaria do Programa de Pós-Graduação, que em todos os momentos corresponderam às minhas necessidades.

Ao Comitê de Gerenciamento da Bacia do Jacutinga e Contíguos e ao Sr. Vilmar Comassetto, por fornecerem os dados de poços que foram coletados em campo para o desenvolvimento desta dissertação.

Ao Laboratório de Transportes e Logística, no qual trabalho, por fornecer um ambiente flexível para o desenvolvimento das minhas atividades de mestrado e com grande quantidade de informações de geoprocessamento.





“O sucesso é construído de 99 por cento de  
fracasso.”  
(Soichiro Honda)



## RESUMO

O foco desta dissertação é aprofundar o entendimento de dados de poços profundos para captação de água na Bacia do Jacutinga e Contíguos através de ferramentas de geoprocessamento e análise espacial. Esta bacia está localizada na região oeste do estado de Santa Catarina e compreende vinte municípios em que se inclui Concórdia que é o décimo sétimo do estado em quantidade de população. Os dados utilizados nesta dissertação foram fornecidos pelo Comitê de Gerenciamento da Bacia do Jacutinga e Contíguos em tabelas e através de padronização foi possível utilizar ferramentas de geoprocessamento para que fossem correlacionados espacialmente dados de vazão, profundidade, zoneamentos hidrogeológicos, modelos digitais de terreno, lineamentos geológicos, áreas urbanizadas e rodovias para que fossem realizadas correlações para identificação de influências na produtividade nos poços profundos. A metodologia empregada consiste na captação de dados de órgãos como o IBGE, CPRM, ANA, EPAGRI e NASA para o tratamento e utilização nas correlações através de ferramentas de geoprocessamento e análise espacial numa escala que varia de acordo com o dado utilizado, sendo assim, desenvolvidos mapas para o auxílio da visualização das informações. O propósito desta dissertação é de identificar se os cruzamentos destes dados podem demonstrar um padrão na produtividade dos poços de acordo com os itens utilizados nas análises, desta forma, sendo possível identificar melhores locais para a perfuração futura de poços. Os resultados desta dissertação são mapas, planilhas e arquivos em formato *shapefile* que podem ser utilizados para futuros estudos relativos à hidrogeologia.

## **ABSTRACT**

The focus of this dissertation is to deepen the understanding the data about deep wells to collect water in the Jacutinga and Contiguous Basin through geoprocessing tools and spatial analysis. This basin is located at the west region of the Santa Catarina State and comprehends twenty municipalities that include Concórdia that is the seventeenth in population amount. The used data in this dissertation were provided by the Management Committee of Jacutinga and Contiguous Basin in tables and through the standardization was possible to use geoprocessing tools to make spatial relationships between flow, deepness, hydrogeological zoning, terrain digital models, geological lineaments, urbanized areas and roads and make correlations to identify productivity influences in these water-wells. The method employed consist in the capitation of data in different agencies as IBGE, CPRM, ANA, EPAGRI and NASA to the treatment and utilization in different correlations through geoprocessing tools and spatial analysis in different scales that varies according to the used data and this way, being developed maps to help the visualization of the information. The purpose of this dissertation is to identify if the relationship between these data can show a pattern in the wells productivity according to the items used in the analysis, therefore, being possible to identify the better places to the drilling of deep weels. The results of this dissertation are maps, tables and shapefile archives that can be used to future researches about hydrogeology.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Situação da Bacia do Rio Jacutinga e Contíguos e municípios total ou parcialmente abrangidos. (Fontes: IBGE, CIRAM).....	29
Figura 2 - Registros de desastres naturais causados por secas ou estiagens no período de 1991 a 2010 em Santa Catarina (Fonte: CEPED, 2011) .....	35
Figura 3 - Mapa de população por setores censitários dos municípios que fazem contato com a Bacia do Rio Jacutinga (Fonte: IBGE).....	43
Figura 4 - Mapa hipsométrico da Bacia do Jacutinga e municípios que fazem contato (Fonte de dados de limite de Bacias: EPAGRI. Fonte de dados hipsométricos: SRTM).....	46
Figura 5 - Mapa de declividades da área da Bacia do Jacutinga (Fonte de dados de limite de Bacias: EPAGRI. Fonte de dados hipsométricos: SRTM) .....	48
Figura 6 - Gráfico de poços existentes em intervalos de declividades na bacia do Jacutinga e Contíguos. ....	49
Figura 7 - Mapa representando geologia para Bacia do Jacutinga (Fonte: adaptado do mapa geológico de SC – DNPM) .....	52
Figura 8 - Cotas e tendências da superfície de contato entre as formações Serra Geral e Botucatu e orientações de mergulho (Fonte: relatório do PROESC, (Freitas et. al., 2002, p. 06).....	55
Figura 9 - Mapa de limites de áreas do PROESC e Bacia do Jacutinga (Fonte: adaptado do relatório do PROESC).....	58
Figura 10 - Mapa demonstrando as zonas hidrogeológicas da Bacia do Jacutinga (Adaptado do mapa hidrogeológico de SC, CPRM, 2013)...	61

Figura 11 - Representação de fluxo de etapas para conclusão de atividades.....	69
Figura 12–Modelo Digital de Terreno com sombreados com ângulos de incidência de luz em 315° (Noroeste) e 45° (Nordeste) (Fonte: dados SRTM).....	75
Figura 13 - Diagrama de Roseta para direções de lineamentos identificados na Bacia do Jacutinga e Contíguos (Fonte: Autor) .....	78
Figura 14 - Mapa com lineamentos na área da Bacia do Jacutinga (Dados interpretados do MDT com sombreados 315° e 45° - SRTM - e Mapa Geológico de Santa Catarina (1986)).....	80
Figura 15 - Mapa de densidade de fraturas da Bacia do Jacutinga e Contíguos (Fonte: Autor) .....	82
Figura 16 - Método para realizar filtragem de dados de acordo com o tipo de aquífero atingido pelos poços. (Fonte: Autor).....	84
Figura 17 - Mapa de poços mantidos ou excluídos das análises (Fonte: dados vetoriais adaptados do CGBJC, CIRAM e IBGE) .....	86
Figura 18 - Mapa hidrogeológico da CPRM, com poços cadastrados pelo CGBJC na Bacia do Jacutinga e Contíguos (Fonte: dados vetoriais adaptados do CGBJC e CPRM – 2013) .....	88
Figura 19 - Frequência de poços e vazão média (m <sup>3</sup> /h) de acordo com as profundidades na zona hidrogeológica "na_3"(Fonte: dados adaptados do CGBJC e mapa hidrogeológico de Santa Catarina – 2014).....	90
Figura 20 - Frequência de poços e vazão média (m <sup>3</sup> /h) de acordo com a profundidade na zona hidrogeológica "app" (Fonte: dados adaptados do CGBJC e mapa hidrogeológico de Santa Catarina - 2014) .....	91

Figura 21 - Frequência de poços e vazão média (m <sup>3</sup> /h) de acordo com as profundidades, na zona hidrogeológica "af1_2"(Fonte: dados adaptados do CGBJC).....	92
Figura 22 - Gráfico de média geral da vazão por intervalo de profundidade para os 837 poços. (Fonte: dados adaptados do CGBJC)	94
Figura 23 - Comparativo de vazão por intervalos de profundidade. (Fonte: PROESC e CGBJC) .....	95
Figura 24 - Relação de número dos poços e vazão média de acordo com distância de lineamentos geológicos (Fonte: dados adaptados do CGBJC).....	97
Figura 25 - Média de vazão por orientação de lineamento mais próximo na Bacia do Jacutinga (Fonte: autor).....	99
Figura 26 - Áreas Urbanizadas e distribuição de poços dentro da Bacia do Jacutinga. (Fonte: Dados vetoriais de áreas urbanizadas adaptados do IBGE).....	102
Figura 27 - Mapa de poços e rodovias para a Bacia do Jacutinga (Fontes: Rodovias: Adaptado de Epagri/IBGE, 2004. Poços: Cadastro CGBJC. Elaboração do autor).....	109





## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Aumento de rebanho suíno em comparação ao estado de SC e demais regiões. (Coletti, 2009) .....	40
Tabela 2- Descrição do valor utilizado na construção do mapa de população por setores censitários dos municípios em contato com a Bacia .....	42
Tabela 3 - Caracterização da zona hidrogeológica "na_3" (Adaptado do mapa hidrogeológico de SC, CPRM 2013).....	62
Tabela 4 - Caracterização da zona hidrogeológica "app" (Adaptado do mapa hidrogeológico de SC, CPRM 2013).....	63
Tabela 5 - Caracterização da zona hidrogeológica "af1_2" (Adaptado do mapa hidrogeológico de SC, CPRM 2013).....	65
Tabela 6 - Quantidades de lineamentos extraídos através de imagens SRTM na Bacia do Jacutinga e Contíguos.....	77
Tabela 7 - Síntese de poços utilizados para análise .....	85
Tabela 8 - Quantidade de poços por zona hidrogeológica .....	89
Tabela 9 – Áreas, quantidades e densidades de poços dentro da área do município e das áreas urbanas.....	104
Tabela 10 - Quantidades de poços selecionados de acordo com a distância de rodovias.....	107



## LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ASTER	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
CASAN	Companhia Catarinense de Águas e Saneamento
CGBJC	Comitê de Gerenciamento da Bacia do Jacutinga e Contíguos
CIDASC	Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina
Embrapa Epagri	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
GIS	Geographic Information System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MDT	Modelo Digital de Terreno
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OSM	Open Street Maps
PROESC	Projeto Oeste de Santa Catarina
SAIG/SG	Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral
SASG	Sistema Aquífero Serra Geral
SDS	Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UTM	Universal Transversa de Mercator



## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	25
2.	PROBLEMÁTICA .....	33
3.	OBJETIVOS .....	38
3.1.	Objetivo Geral.....	38
3.2.	Objetivos Específicos.....	38
4.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	39
4.1.	Caracterização Econômica.....	39
4.2.	Distribuição demográfica na área de estudo.....	41
4.2.1.	Caracterização Topográfica.....	44
4.3.	Caracterização Geológica.....	50
4.4.	Caracterização Hidrogeológica.....	56
4.4.1.	O PROESC (Projeto Oeste de Santa Catarina).....	56
4.4.2.	Mapa Hidrogeológico de Santa Catarina.....	59
5.	METODOLOGIA .....	67
5.1.	Padronizações.....	70
6.	RESULTADOS .....	71
6.1.	ANÁLISE DE MDT E DADOS OBTIDOS.....	71

6.1.1.	DESENVOLVIMENTO DE MDT COM SOMBREAMENTO.....	71
6.1.2.	IDENTIFICAÇÃO DE LINEAMENTOS GEOLÓGICOS.....	77
6.2.	FILTRAGEM DE DADOS DOS POÇOS.....	83
6.3.	CORRELAÇÕES.....	87
6.3.1.	VAZÃO DE ACORDO COM REGIÕES HIDROGEOLÓGICAS.....	87
6.3.2.	RELAÇÃO ENTRE PROFUNDIDADE E PRODUTIVIDADE DE POÇOS PARA TODA A BACIA DO JACUTINGA E CONTÍGUOS.....	93
6.3.3.	CORRELAÇÃO DA VAZÃO DE POÇOS COM LINEAMENTOS GEOLÓGICOS.....	96
6.3.4.	CORRELAÇÃO DA VAZÃO DE POÇOS COM AS ORIENTAÇÕES DOS LINEAMENTOS GEOLÓGICOS.....	98
6.3.5.	CORRELAÇÃO DE DENSIDADE DE POÇOS, ÁREAS URBANIZADAS E RODOVIAS.....	100
7.	CONCLUSÕES.....	110
	REFERÊNCIAS.....	113





## 1. Introdução

Levando em consideração que o corpo humano possui em sua composição cerca de 70 a 75% de água, é possível afirmar que este componente é o mais importante e necessário para a vida humana.

A água sempre teve um papel histórico notório no desenvolvimento de tecnologias que facilitassem as atividades do ser humano além de ser essencial para o bem-estar do ser humano. A ausência de informações sobre os métodos de apropriação deste importante bem natural é grande, no entanto, a materialização de alguns elementos como o monjolo, chafarizes, rodas d'água e aquedutos pode demonstrar a importância deste elemento para o cotidiano do homem (ANA, 2007).

O planeta Terra é coberto em sua maior parte por água, no entanto, essa água não é diretamente passível de consumo humano. Cerca de 97,5% desta água é salgada e seu restante, portanto, 2,5% é de água doce. Da parcela de água doce, 68,9% encontram-se nas geleiras, calotas polares ou em regiões montanhosas, 29,9% em águas subterrâneas, 0,9% compõe a umidade do solo e dos pântanos e apenas 0,3% constitui a porção superficial de água doce presente em rios e lagos. A distribuição desta água não é homogênea entre todo o globo. Ela depende da composição de ecossistemas que existem no território e segundo o Programa Hidrológico Internacional da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), na América do Sul concentra-se 26% do total de água doce disponível para o planeta e apenas 6% da população mundial, enquanto o continente asiático possui cerca de 36% do total de água doce e abriga 60% da população mundial. (MMA, 2009)

Aquíferos são grandes formações geológicas onde a água pode estar armazenada e movimentam-se através de poros ou rachaduras, sendo esta característica dada de acordo com o tipo de rocha que os constituem. Os aquíferos podem ser confinados ou livres dependendo da sua situação geológica.

A recarga dos aquíferos é realizada, normalmente, através da precipitação e as áreas onde isso ocorre são denominadas de área de recarga, sendo estas caracterizadas por existir um afloramento da rocha, no caso de um aquífero poroso, ou uma falha ou diaclase, no caso de um aquífero fraturado. Além da precipitação também devem ser levados em

consideração a declividade da superfície, tipo de rocha, intensidade das chuvas e ângulo de mergulho das camadas que compõe o substrato<sup>1</sup> (ÁGUAS PARANÁ, 2014)

Aquíferos existem em várias partes do mundo. A UNESCO<sup>2</sup> disponibilizou em 2008 um mapeamento onde são demonstrados os limites dos grandes aquíferos existentes. Neste mapa, grande parte do Brasil é apresentado como contendo áreas onde existem águas subterrâneas e também é demonstrado que todos os continentes possuem aquíferos que podem ser caracterizados de acordo com sua geologia e parâmetros que o tornarão bom ou não para a captação de água de acordo com diversas finalidades.

Na região Oeste de Santa Catarina, que contém a área de estudo desta dissertação, dois aquíferos são de grande importância: o Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), que é fraturado, e o Sistema Aquífero Guarani (SAG), que é poroso e, em sua maior parte, coberto pelo SASG. Ambos, por estarem em contato direto, realizam trocas de água e também se influenciam mutuamente, vindo a constituir o Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG) (Scheibe; Hirata, 2008).

A captação de águas subterrâneas nessa região ocorre com maior intensidade no Serra Geral, devido à sua menor profundidade, sendo mais viável economicamente para o consumidor individual ou até o comunitário de acordo com a vazão requisitada; no entanto, algumas vertentes de empreendimentos realizam perfurações de maior profundidade devido à baixa vazão do Aquífero Serra Geral com a intenção de obter maiores volumes de água e também a retirada de águas com maior temperatura do subsolo, como no caso das estâncias hidrominerais, a partir do Aquífero Guarani. A existência de áreas em que realmente a perfuração de poços no Serra Geral não resulta em vazões consideráveis gera a necessidade eventual de uma perfuração mais profunda e, desta forma, alcançando o Guarani.

O oeste catarinense, mesorregião que é o alvo deste estudo hídrico, tem-se feito reconhecer principalmente pelo seu alto poder produtivo na área de agronegócios (dentre outros), abrigando e sendo o berço de grandes empresas como Sadia, Aurora e BRF (alimentos frigoríficos), Cooperativa Agroindustrial Alfa (comercialização e

---

<sup>1</sup>Fonte: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=63>

<sup>2</sup> Fonte: [http://www.whymap.org/whymap/EN/Downloads/Global\\_maps/globalmaps\\_node\\_en.html](http://www.whymap.org/whymap/EN/Downloads/Global_maps/globalmaps_node_en.html)

armazenagem de produção agrícola), Vonpar e Aпти (bebidas e alimentos), Nutron e Nutract (nutrição animal). Além destas empresas do ramo agroindustrial podem ser encontradas indústrias de outros setores e com grande porte como a Açotec (construções e estruturas civis), Canguru e Brasplast (produtos plásticos), Thermo Sara (implementos rodoviários), Semil e High Tech (equipamentos industriais).

A quantidade de indústrias de diversos segmentos localizadas na região e também a população têm aplicado uma demanda continuamente crescente sobre os recursos hídricos da região. A captação de águas superficiais é problemática devido à existência de contaminações orgânicas provenientes dos esgotos domésticos e diversos ramos da economia, e essa causa somada a períodos de estiagem resultam num aumento de perfurações de poços por parte de empresas e particulares que buscam recursos hídricos livres de contaminação e em abundância.

Essa busca desordenada pode gerar impactos nestes reservatórios subterrâneos, tanto no aspecto hidráulico (diminuindo o volume armazenado naturalmente em função da grande demanda e não capacidade de recarga na mesma velocidade) quanto no aspecto qualitativo. Segundo o Projeto Oeste de Santa Catarina – PROESC (Freitas et al., 2003) e Nanni (2012), no noroeste do estado do Rio Grande do Sul, os problemas relacionados à contaminações dos recursos hídricos subterrâneos ainda seriam muito incipientes e localizados, geralmente relacionados a poços mal construídos ou abandonados que sofrem influências da superfície, sendo, no entanto, necessário um estudo constante com análises destas águas e correlação a outros fatores que as podem influenciar. Esta situação, no entanto, vem piorando, como demonstrado, entre outros, por Francielli Rohden et al.<sup>3</sup> (2007). Em seu artigo, esses autores descrevem a coleta e análise de águas de 149 poços em 14 diferentes municípios da região extremo oeste de Santa Catarina, sendo nestas realizadas análises de coliformes que resultaram em mais de 50% das amostras contaminadas para os anos de 2005 e 2006.

De fato, possuir um poço na empresa ou em sua residência desenvolveu um significado de independência hídrica para a população, além da promessa de captação de uma água de qualidade livre de coliformes ou de outros infectantes; no entanto, novos dados coletados

---

<sup>3</sup> Fonte: <http://www.scielo.br/pdf/csc/v14n6/27.pdf>

em 2013 através do Comitê de Gerenciamento da Bacia do Jacutinga e Contíguos, com o apoio do Projeto REDE GUARANI/SERRA GERAL, também demonstram que muitos poços estão com a qualidade da água alterada para a utilização humana (de acordo com a legislação – Portaria nº 2914 de 12/12/2011<sup>4</sup>), levando em consideração, localmente, parâmetros como Coliformes totais, *Escherichia coli*, Alcalinidade total, Alumínio, Amônia - NH<sub>3</sub>, Cloretos, Cloro DPD, Cor aparente, Dureza em Cálcio, Dureza em Magnésio, Dureza Total, Ferro Total, Flúor, Manganês, Nitrato (como N), Nitrito (como N), pH, Sulfato, Condutividade, Sólidos Dissolvidos totais e Sólidos Totais secos.

A área deste estudo compreende a Bacia do Rio Jacutinga e Contíguos, no oeste catarinense, que abriga um conjunto de afluentes do rio Uruguai. A área de uma Bacia hidrográfica é limitada por seus divisores de águas, que são definidos levando em consideração suas altitudes, e a partir disso é possível identificar suas vertentes. A Bacia do Rio Jacutinga e Contíguos, que é o alvo deste estudo, é composta por 7 sub Bacias, sendo elas nomeadas de acordo com seu rio principal. São elas a do Rancho Grande, do Suruvi, do Queimados, do Jacutinga, do Engano, do Ariranhazinho, do Ariranha, e também contribuições independentes. O descrito pode ser visualizado na Figura 1.

---

<sup>4</sup> Disponível em: [http://www.cvs.saude.sp.gov.br/zip/Portaria\\_MS\\_2914-11.pdf](http://www.cvs.saude.sp.gov.br/zip/Portaria_MS_2914-11.pdf)

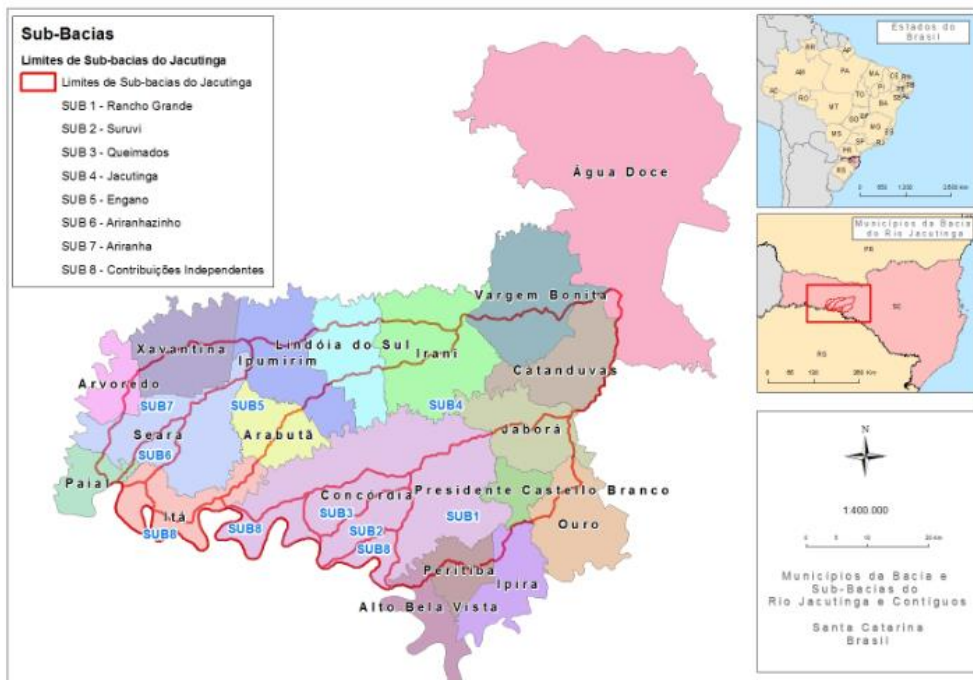


Figura 1 - Situação da Bacia do Rio Jacutinga e Contíguos e municípios total ou parcialmente abrangidos. (Fontes: IBGE, CIRAM)

Existe um total de 19 municípios total ou parcialmente abrangidos pela Bacia do Jacutinga e Contíguos: Alto Bela Vista, Arabutã, Arvoredo, Catanduvras, Concórdia, Ipira, Ipumirim, Irani, Itá, Jaborá, Lindóia do Sul, Ouro, Paial, Peritiba, Presidente Castello Branco, Seara, Vargem Bonita, Xavantina e Água Doce. Para estes municípios, foram adquiridos dados de poços, através de coletas realizadas pelo Comitê de Gerenciamento da Bacia do Jacutinga e Contíguos, que serão utilizados para análises de vazões e cruzamento de dados com informações geológicas e topográficas.

O somatório total de população dentro dos municípios que são intersectados pela área da Bacia era de 192.905 habitantes de acordo com o IBGE (Censo 2010), sendo que destes 19 municípios o que possui uma maior quantidade de população é Concórdia, que abriga 35,57% do total.

O Comitê de Gerenciamento da Bacia do Jacutinga e Contíguos (CGBJC) coletou e atualizou dados do total de 2.477 poços do SIAGAS (CPRM) formando um banco de dados com informações de identificação do poço, uso da água, localização, situação do poço e vazão. Após o contato com Vilmar Comassetto estes dados foram disponibilizados em formato de planilha com dados de localização em coordenadas UTM ou em coordenadas geodésicas (em formato de Latitude e Longitude), as quais foram convertidas em UTM. Utilizando-se o software ArcGis os dados foram sobrepostos a informações de limites municipais provenientes do IBGE. Os dados referentes a 488 poços foram descartados por não estarem inseridos na Bacia do Jacutinga e nem nos limites dos municípios total ou parcialmente abrangidos por ela. Do total de 1.989 poços remanescentes, 1.602 estão dentro da área da Bacia, e os demais em áreas municipais contíguas a ela.

Para estes poços foram coletadas informações técnicas como vazão, profundidade, quantidade de famílias atendidas, proprietário, coordenadas geográficas, localidade onde está inserido o poço, empresa perfuradora, data de perfuração, situação atual do poço, se é comunitário ou não e outras observações. Além destes dados também foi realizada coleta de amostras de água de 100 poços tubulares destinadas a análises de qualidade de água. Nestas análises são apontadas presenças ou anomalias quanto a pH, coliformes totais, ferro, Escherichia Coli, alcalinidade, alumínio, amônia, cloretos, cloro, cor e aparência, flúor, manganês, nitrato, sulfato e condutividade. Dentre os poços destinados à

análise de qualidade de água, um total de 94 estão dentro da área da Bacia do Jacutinga e Contíguos e destes, entretanto, foram utilizados somente os dados descritos inicialmente neste parágrafo, pois a correlação dos dados físico-químicos não é o foco desta dissertação.

Correlacionar estes dados possui como objetivo determinar locais de maiores incidências de altas vazões e também servir como subsídio para o desenvolvimento de novas propostas na atividade de perfuração de poços para que os aquíferos, tanto fraturado como poroso, não seja explorado demasiadamente e podendo chegar ao ponto de não ser mais uma alternativa viável de captação de água para a população da região. Os poços profundos são responsáveis por uma grande parte do abastecimento de água da região oeste dos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul e também sua região norte e nordeste têm como principal fonte de águas subterrâneas o SASG e sua utilização têm crescido exponencialmente. Deve-se lembrar de que apesar da maior parte das águas subterrâneas captadas serem do Sistema Aquífero Serra Geral, uma pequena parte é captada do Sistema Aquífero Guarani, que é poroso e, nas áreas de afloramento, mais suscetível a contaminações. Apesar da grande possibilidade de altas vazões e propriedades térmicas normalmente encontradas da exploração de águas do SAG, o mais utilizado é o SASG, que é mais explorado através de poços relativamente rasos e geralmente tem ligação direta com águas da superfície. Isso as torna mais acessíveis e também muito mais vulneráveis a processos de contaminação tanto pelas próprias fraturas de rochas quanto a defeitos construtivos de poços.

A perfuração de poços pode ser destinada a várias finalidades, dependendo da necessidade do usuário. Ela pode ser avaliada devido à quantidade de vazão que é obtida através de uma perfuração e da qualidade da água extraída, sendo esta última, intimamente ligada à metodologia aplicada na execução da obra. A vazão normalmente é associada à profundidade da perfuração e através dos dados fornecidos pelo Comitê da Bacia do Jacutinga e Contíguos serão demonstradas vazões de acordo com os intervalos de profundidade com a finalidade de avaliar qual destes intervalos é o mais produtivo.

No estado de Santa Catarina o Sistema Aquífero Guarani, formado pelos arenitos das formações Botucatu e Pirambóia, distribui-se por aproximadamente 49.200 km<sup>2</sup> e encontra-se encoberto em quase toda sua extensão pela Formação Serra Geral, o que o torna pouco vulnerável a contaminações. Pequenas faixas aflorantes no Serra Geral

podem ser consideradas como áreas vulneráveis à contaminação, sendo necessário um monitoramento com relação a contaminações possíveis próximas a estas áreas (Zanatta, 2002)

Desenvolver mais informações para subsidiar esta importante questão, tanto para a população quanto para os comitês, é de grande importância para a saúde e prevenção dos usos abusivos da água subterrânea. Este recurso é de grande importância para o desenvolvimento populacional tanto qualitativamente quanto quantitativamente. No Brasil, apenas 67% da população total e 88% da população urbana do país são atendidos por serviços de abastecimento de água, sendo que estes valores podem ser alterados de acordo com a área analisada. De acordo com a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária – ABES, somente 31% da população brasileira são atendidos com rede de captação de esgotamento sanitário, sendo que deste percentual somente 8% recebe tratamento adequado (SINTAE, apud M. A. Tomasoni, et al. 2009).

O mapeamento e análise de informações de poços serão de grande importância pois a forma gráfica será de maior amplitude de entendimento pela utilização de mapas e também de documentação gerada. Mapas, em sua maioria, significam uma forma de levantamento de dados e de apresentá-los, ou ainda um instrumento facilitador para a compreensão da estrutura de um fenômeno qualquer, que pode ou não ser geográfico (Loch, p 32, 2006).

Para este trabalho acadêmico são utilizados mapas e dados em formatos de planilha para que sejam realizadas correlações que poderão ser utilizadas como informações para a perfuração de poços dentro da área de estudo levando em consideração principalmente as vazões de poços e outros dados técnicos obtidos através do Comitê de Bacia do Rio Jacutinga e Contíguos.

A coleta de informações para o desenvolvimento de mapas sempre foi importante para o avanço das informações das sociedades, entretanto, com a evolução das tecnologias foi possível o armazenamento destes dados de maneira que pudessem ser trabalhados e representados num ambiente computacional, desta forma abrindo espaço para o Geoprocessamento que neste contexto representa a utilização de técnicas computacionais e matemáticas para o tratamento dos dados geográficos.

É de costume dizer que Geoprocessamento é uma tecnologia interdisciplinar, que permite a convergência de diferentes disciplinas



científicas para o estudo de fenômenos ambientais e urbanos. Ou ainda, que “o espaço é uma linguagem comum” para as diferentes disciplinas do conhecimento. Entretanto, para que estas diferentes realidades provenientes de diferentes ciências possam ser representadas espacialmente são utilizadas reduções de conceitos para que se adequem às tecnologias empregadas. Desta forma, nem sempre todas as informações podem ser representadas de maneira total no desenvolvimento de mapas e relações entre dados. (Câmara, et. al. 2004)

Uma das vantagens da utilização destes softwares é a possibilidade de manipulação de dados captados de maneira remota, isso é, através de sensores espaciais como radares e satélites que captam informações através de sensores térmicos ou imagens de alta resolução para seu processamento. Estes dados além de conter informações visuais também podem agregar dados planialtimétricos que geram modelos numéricos de terreno e simulam a topografia do local desejado de maneira computacional como o demonstrado no item 6 (Desenvolvimento de MDT e identificação e lineamentos geológicos) desta dissertação.

Os softwares GIS (Geographic Information System) ou SIG (Sistema de Informação Geográfica) interpretam dados tratados em formato de tabelas, *shapefiles*, *kml*, *kmz* e outros formatos para que sejam exibidas informações espacializadas e uma ferramenta de grandes utilidade é a possibilidade de realização de análises espaciais relacionando dois ou mais dados para o desenvolvimento de uma conclusão.

## **2. Problemática**

Apesar da região sul do Brasil ser caracterizada como tendo uma boa regularidade e distribuição pluviométrica a realidade do oeste catarinense nem sempre pode ser descrita desta maneira. As estiagens são características da região e prejudicam a agricultura e pecuária, sendo estas atividades responsáveis pela economia catarinense (Sacco, 2010).

O estado de Santa Catarina ocupa o sexto lugar na produção de alimentos do país, sendo o maior produtor de suínos e destacando-se na produção de cebolas e maçãs além de ocupar a segunda colocação na

produção de frangos, alho, fumo e mel. O agronegócio contribui com cerca de 60% das exportações do estado e em seu território estão inseridos 3 mil estabelecimentos de indústrias agrícolas e agroalimentares que respondem por 19% da renda, empregando 35 mil pessoas (Benez, et al., 2010).

Pelo fato desta atividade econômica ser de grande importância para a região oeste de Santa Catarina as ocorrências de estiagens é ainda mais prejudicial. Ainda de acordo com Sacco (2010) os eventos como El Niño, bloqueios atmosféricos e as Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) podem interferir na configuração atmosférica gerando estes períodos de estiagens. A Figura 2 é proveniente do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (CEPED, 2011) e pode ser observada a seguir.

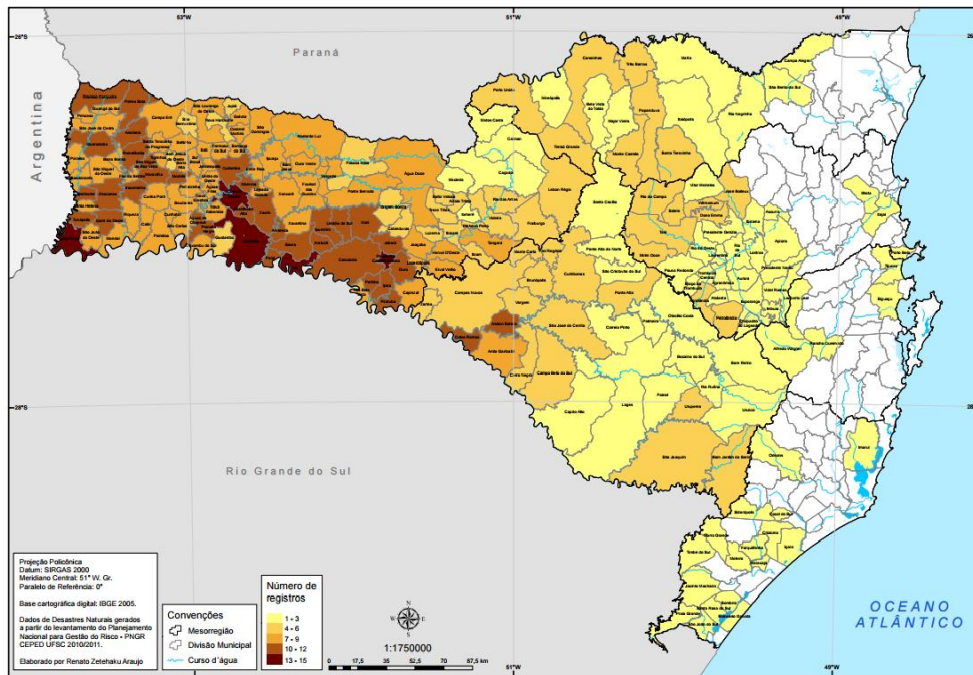


Figura 2 - Registros de desastres naturais causados por secas ou estiagens no período de 1991 a 2010 em Santa Catarina (Fonte: CEPED, 2011)

De acordo com o mapa demonstrado é possível perceber que quanto mais ao oeste do estado maior a incidência de registros de desastres naturais causados por secas e estiagens. Na área que compreende os municípios que estão em contato com a Bacia do Jacutinga e Contíguos os municípios que mais sofreram com estes desastres são Itá e Presidente Castelo Branco que estão com a cor mais intensa do mapa, portanto, tendo um número de registros entre 13 a 15 durante os anos de 1991 a 2010. Já os municípios de Vargem Bonita e Catanduvas possuem de 7 a 9 registros para estes anos.

Além da possibilidade de estiagens e secas a preocupação com a quantidade de efluentes urbanos e a disposição final dos dejetos pecuários é preocupante quanto à qualidade das águas superficiais, e a prática de outras atividades poluidoras contribuem para que águas superficiais sejam consideradas como de baixa confiabilidade devido à sua qualidade e degradação hídrica. Trabalhos anteriores indicam que a área da Bacia do Jacutinga é insuficiente para a quantidade de dejetos produzidos na fertilização agrícola, sobrecarregando os mananciais. A densidade aceitável seria de 15 animais por hectare de terras agricultáveis e a Bacia tem em média 97 animais por hectare, sendo aproximadamente 6 vezes maior do que o aceitável. (Filipini, 2013)

Os períodos de estiagem somados à utilização das águas para a agroindústria além do abastecimento populacional geram uma sobrecarga na demanda hídrica que tem como consequência uma maior quantidade de perfuração de poços na região. Trata-se de uma Bacia em que se observa um crescimento populacional com intenso processo de urbanização, desenvolvimento de atividades agropecuárias e implantação de indústrias que, conjuntamente, são apontadas como principais responsáveis pelo aumento da demanda de água na região. Com o desenvolvimento dessas atividades, além do aumento no consumo de água, observa-se também o comprometimento de sua qualidade, especialmente da água superficial, que tem como principais fontes de contaminação o setor agropecuário, industrial e os esgotos gerados nas cidades. O comprometimento da qualidade da água superficial para determinados usos, associado à crescente demanda, tem levado a um aumento significativo na exploração e consumo de água subterrânea, principalmente daquela do Aquífero Serra Geral (Comassetto, et. al. 2014).

De acordo com Lopes (2012, p. 311), em função da grande atividade agropecuária, principalmente suína além da avicultura, as águas superficiais da Bacia do Rio do Peixe (vizinha à Bacia do Rio Jacutinga) se encontram abaixo de um nível bom para a utilização até mesmo de produção suína e de aves. Em geral a água utilizada para a manutenção destas granjas de suínos provém de exploração subterrânea devido ao perigo sanitário no uso das águas superficiais na criação de porcos e aves, desta forma, aumentando a quantidade de perfurações também nessa bacia.

Desta forma torna-se necessário o desenvolvimento de mais informações de como conseguir um gerenciamento integrado dos recursos hídricos nessas bacias, garantindo a continuidade das vazões nos poços, de uma maneira que atenda a necessidade de consumo da região e possibilite uma atividade econômica sustentável.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo Geral**

Com base no cadastramento de poços tubulares profundos na Bacia do Jacutinga e Contíguos, correlacionar dados relevantes coletados através de referências bibliográficas e processamento de dados em softwares GIS para a compreensão do comportamento das águas do Sistema Aquífero Serra Geral nessa Bacia, e determinação de áreas mais favoráveis para exploração de águas subterrâneas através de poços tubulares.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

- Criar mapas apresentando informações especializadas de poços tubulares e apresentando as informações técnicas neles presentes de maneira temática;
- Verificar a existência de padrões entre os poços mapeados com relação a vazões;
- Confirmar se as classificações dadas para as Zonas Hidrogeológicas no mapa disponibilizado pela CPRM em 2013 representam a realidade dos dados coletados para os poços dentro da Bacia do Jacutinga;
- Gerar conclusões sobre localizações propícias para implantação de poços de acordo com a possibilidade de encontrar vazões sustentáveis.

## 4. Caracterização da Área de estudo

### 4.1. Caracterização Econômica

O desenvolvimento econômico da região ocorreu com a extração madeireira que alcança seu apogeu entre 1930 e 1950. A maior empresa extratora foi conhecida como *Lumber* (autorizada a entrar em funcionamento em 1909) e possuía a autorização de exploração de um total de 276 mil alqueires (sendo aproximadamente 669 mil hectares) na região oeste catarinense. O declínio da atividade ocorre na década de 1960 com o esgotamento dos pinhais de corte e de outras madeiras nobres (Corazza, p. 10).

A atividade agroindustrial já integrava a economia da região em 1960, mas foi em 1980 que esta atividade mais se desenvolveu. O sistema anteriormente era realizado com base no desenvolvimento completo da cadeia produtiva por parte do produtor rural e atualmente o sistema é baseado numa divisão que leva o processamento do material por empresas, restando ao produtor rural atividades como a criação ou terminação do leitão. As empresas com os quais estes produtores rurais mantêm a atividade por um sistema de parceria são, por exemplo, BRF, Perdigão e Aurora, o que resultou numa mobilização populacional para as cidades e outras regiões.

Na avicultura a qualidade da água é de extrema importância. Para as aves é considerada o nutriente mais importante, pois é necessário em maior volume, sendo consumida em pequenas quantidades e em grande frequência. Também é utilizada para higienização das instalações e como veículo de vacinas e nutrientes (Gama, at. al.2008)

Grande parte da região está inserida em áreas de topografia imprópria para a agricultura de lavouras anuais, sendo somente cerca de 20% própria para este cultivo. De qualquer maneira a produção agropecuária na região é expressiva destacando o Estado na produção de maçã, fumo, cebola, trigo, milho, soja e pecuária. (Coletti, 2003)

O oeste catarinense é uma região que sofre constantemente com secas e também, devido ao ser perfil econômico que é voltado à agropecuária, demanda grande quantidade de água para suprir suas necessidades. A região conta com um rebanho bovino que evoluiu percentualmente no valor de 6,72% do ano de 2009 até o ano de 2012,

valor maior que a média do Estado que é de 2,43%. Em valores absolutos isto equivale a um aumento de 1.836.984 cabeças de gado para 1.960.607 cabeças no ano de 2012. Este aumento, em valores absolutos, é de 123.623 cabeças de gado. (CEPA, 2013).

O rebanho suíno também é de grande representação no estado e em sua região oeste, sendo o seu crescimento maior que nas demais regiões de Santa Catarina, como pode ser verificado na Tabela 1.

**Tabela 1- Aumento de rebanho suíno em comparação ao estado de SC e demais regiões. (Coletti, 2009)**

Ano	REBANHO SUINOS Nº CABEÇAS				PARTICIPAÇÃO REBANHO NACIONAL		
	Brasil	SC	Reg. Oeste	Demais reg. – SC	SC (%)	Reg. Oeste - SC (%)	Demais reg. – SC (%)
1990	33.623.186	3.330.516	2.217.430	456.501	9,91	6,59	3,31
1991	34.290.275	3.275.024	2.179.577	448.258	9,55	6,36	3,19
1992	34.532.168	3.417.586	2.306.330	437.304	9,90	6,68	3,22
1993	34.184.187	3.727.711	2.581.987	441.955	10,90	7,55	3,35
1994	35.141.839	4.088.621	2.775.439	446.075	11,63	7,90	3,74
1995	36.062.103	4.404.480	3.056.931	503.679	12,21	8,48	3,74
1996	29.202.182	4.532.654	3.408.102	505.526	15,52	11,67	3,85
1997	29.637.109	4.558.963	3.405.166	499.514	15,38	11,49	3,89
1998	30.006.946	4.704.545	3.524.854	488.230	15,68	11,75	3,93
1999	30.838.616	4.814.297	3.618.279	474.631	15,61	11,73	3,88
2000	31.562.111	5.093.888	3.788.836	507.390	16,14	12,00	4,13
2001	32.605.112	5.516.818	4.184.431	632.872	16,92	12,83	4,09
2002	31.918.749	5.354.113	4.110.065	504.387	16,77	12,88	3,90
2003	32.304.905	5.432.143	4.152.966	471.380	16,82	12,86	3,96
2004	33.085.299	5.775.890	4.456.242	475.206	17,46	13,47	3,99
2005	34.063.934	6.309.041	4.868.346	595.039	18,52	14,29	4,23
2006	35.173.824	7.158.596	5.491.599	591.404	20,35	15,61	4,74
2007	35.945.015	7.156.013	5.499.834	705.768	19,91	15,30	4,61

Devido às atividades destacadas e sua industrialização também aumentam as demandas hídricas, resultando em maior procura tanto de fontes superficiais quanto de fontes subterrâneas. As fontes de águas superficiais são as mais impactadas em curto prazo pela ocupação e utilização dos recursos naturais de forma não sustentável representada por desmatamento, erosão do solo, assoreamento de cursos d'água, uso massivo de dejetos suínos, agrotóxicos e falta de tratamento de esgoto para as áreas urbanas. Desta maneira, como forma de recorrer a uma



alternativa de captação de água com melhor qualidade ocorreu uma exploração da água subterrânea de forma desorganizada pela população, através de perfuração de poços profundos.

## 4.2. Distribuição demográfica na área de estudo

A caracterização da área com base na demografia vai partir de dados do levantamento censitário desenvolvido em 2010 pelo IBGE. Através destes dados de setores censitários é possível tomar conhecimentos em escala mais aproximada para que seja possível cruzar com informações de poços posteriormente neste trabalho.

As informações utilizadas são provenientes do FTP do IBGE<sup>5</sup> e devem ser acessadas utilizando o navegador “Internet Explorer”. Para a utilização dos dados são disponibilizadas diversas planilhas e também uma pasta exclusiva de documentos explicativos sobre os diversos códigos demonstrados como nomenclaturas de colunas. As colunas possuem valores que devem ser agregados para o formato *shapefile*, caso seja desejada a representação das informações em formato de mapas.

O total de população nos 20 municípios que são abrangidos pela área de estudo é de cerca de 196.946 habitantes e para que a representação da distribuição demográfica seja adequada à escala trabalhada não foi realizada a apresentação da quantidade de população de acordo com o município, mas de acordo com seus setores censitários. Os dados de setores censitários podem ser representados em uma escala mais adequada à área, que é apresentada na escala de 1:200.000.

O benefício da utilização da base de dados de setores censitários é a maior divisão de acordo com o município, sendo possível encontrar as áreas inseridas dentro destes que possuem uma maior quantidade de população. O valor que foi utilizado para a inserção de valores nos polígonos dos setores censitários possui sua descrição no arquivo em formato .pdf de nome “*Básico*” que também é disponibilizado pelo

---

5

Fonte:

[ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo\\_Demografico\\_2010/Resultados\\_do\\_Universo/Agregados\\_por\\_Setores\\_Censitarios/](ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/Resultados_do_Universo/Agregados_por_Setores_Censitarios/)

IBGE no mesmo endereço onde as tabelas de censo demográfico são visualizadas. O nome que identifica o valor na tabela original e sua descrição são as seguintes:

**Tabela 2- Descrição do valor utilizado na construção do mapa de população por setores censitários dos municípios em contato com a Bacia**

<b>Identificação da coluna</b>	<b>Descrição</b>
V002	Moradores em domicílios particulares permanentes ou população residente em domicílios particulares permanentes

Para que seja possível o desenvolvimento de um mapa representando esta distribuição demográfica são necessários dois arquivos, sendo um destes o arquivo que irá representar os polígonos dos respectivos setores censitários e outro em formato de tabela, ambos disponibilizados pelo IBGE. A escala deste mapeamento, segundo o órgão, é de 1:250.000. O mapa de população por setor censitário pode ser observado na Figura 3.

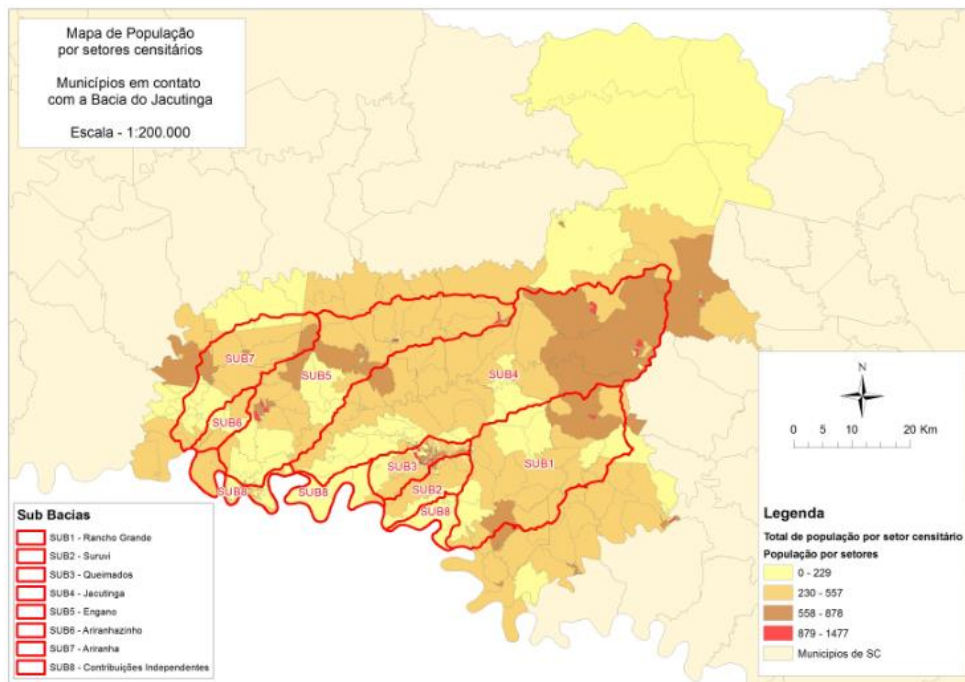


Figura 3 - Mapa de população por setores censitários dos municípios que fazem contato com a Bacia do Rio Jacutinga (Fonte: IBGE)

A vinculação destes dados de tabela com os dados de geometria foi realizada através do código de identificação destes setores censitários que existem nos dois arquivos disponibilizados pelo IBGE e em seguida foi realizada a homologação desta representação gráfica para que fossem averiguadas possíveis más disposições desta distribuição. Esta verificação foi realizada utilizando o software Google Earth, em que todos os polígonos foram exportados para o formato “.kml” e realizada a análise visual, não sendo encontradas inconsistências.

#### **4.2.1. Caracterização Topográfica**

A área da Bacia do Jacutinga e Contíguos são de aproximadamente 2.710,866 km<sup>2</sup>. A bacia, de acordo com uma análise visual de seu mapa hipsométrico (Figura 4), é constituída ao sul, onde é concentrada a maior parte da população, por terrenos com cotas mais baixas e baixa dissecação, enquanto ao norte o terreno possui maiores altitudes e alta dissecação.

O mapa hipsométrico da área da bacia foi obtido através da utilização de dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) que é proveniente de uma missão enviada ao espaço pela NASA para o desenvolvimento de um mapeamento de maneira remota da superfície terrestre. Este mapeamento consistiu na utilização de sensores de radar nas extremidades da nave, sendo uma destas extremidades alongada através de um braço, possibilitando uma imagem semelhante à de uma visão estereoscópica. Esta missão obteve informações topográficas de aproximadamente 80% do planeta e o lançamento da aeronave foi realizado no ano de 2000 (FARR, 2007)

Um dos produtos finais disponibilizados para utilização pública deste projeto é, além da documentação explicativa no idioma inglês, um conjunto de imagens do tipo raster que podem ser utilizadas para a extração de informações de altimetria com a utilização de softwares de GIS adequados como o QGis e ArcGis. Nestas imagens cada pixel equivale a uma área de aproximadamente 90x90 m e cada um destes possui um valor que deve ser compreendido como o valor de altimetria.

As representações das elevações no terreno foram feitas utilizando um buffer de 10 km além da área dos municípios que estão em contato com a Bacia, levando em consideração também Joaçaba.

Isso para que possa ser realizada uma visualização e análise das feições levando em consideração suas continuidades para além da área de estudo. Um mapa demonstrando valores de altitude por intervalos pode ser visualizado na Figura 4, que exhibe as variações através de cores.

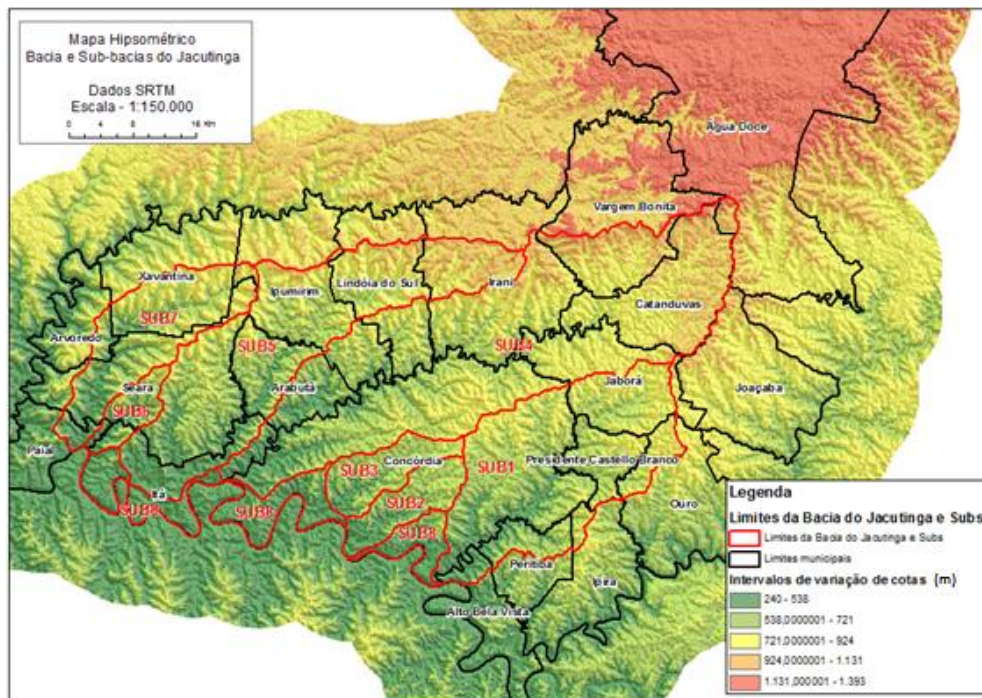


Figura 4 - Mapa hipsométrico da Bacia do Jacutinga e municípios que fazem contato (Fonte de dados de limite de Bacias: EPAGRI. Fonte de dados hipsométricos: SRTM)

No norte da Bacia é possível identificar as cotas mais elevadas na área, sendo evidente um aumento de dissecação do terreno e diminuição de valores de altimetria em direção ao sudoeste, na direção da sub-Bacia do rio Ariranha que é representado pelo rótulo “SUB 7”. A maior cota atinge o valor de 1.393 metros e é situada no município de Água Doce, que possui uma pequena porção de sua área dentro dos limites da Bacia do Jacutinga. Já a menor cota é de 240m, situada no município de Paial, na confluência com o Rio Uruguai.

Através da utilização de imagem georreferenciada SRTM também é possível identificar as declividades do terreno (Figura 5). A demonstração destas declividades é um complemento na interpretação do terreno e evidencia a dissecação do local; desta forma, é possível verificar que existem grandes declividades no local que atingem até aproximadamente 61 graus (equivalente a 180,4% de inclinação).

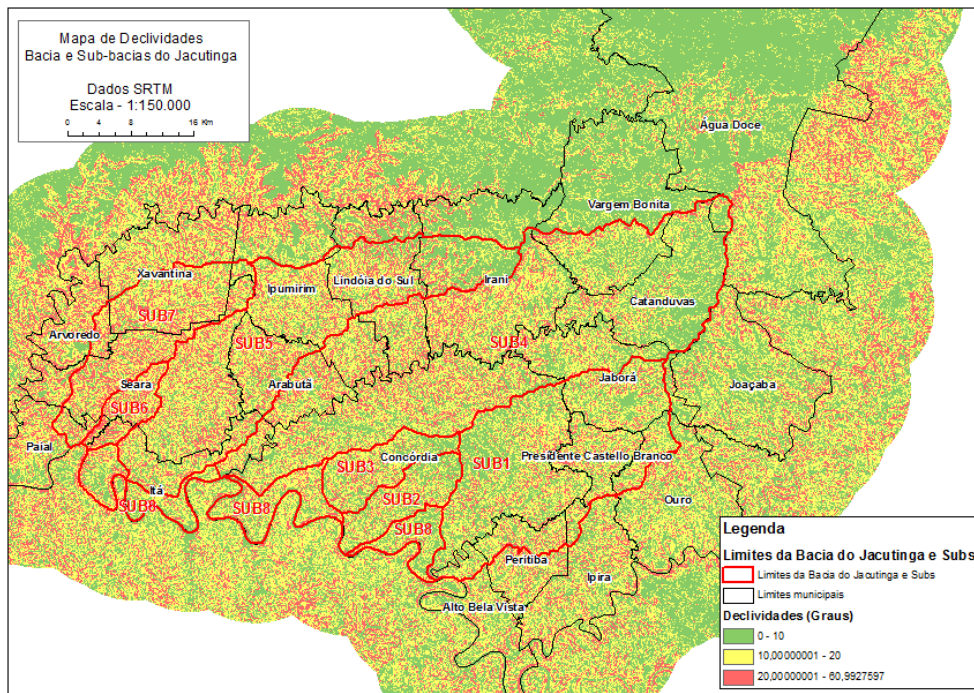


Figura 5 - Mapa de declividades da área da Bacia do Jacutinga (Fonte de dados de limite de Bacias: EPAGRI. Fonte de dados hipsométricos: SRTM)



Realizando a sobreposição dos poços ao mapa de declividades é verificado que a maioria dos poços, aproximadamente mil e oitocentos, estão localizados em áreas de até 20° de declividade e uma minoria em áreas superiores à isso. O poço localizado na maior declividade está numa inclinação de 39° e resulta numa vazão de 18 m<sup>3</sup>/h. A Figura 6 demonstra a quantidade de poços por intervalos de declividades na Bacia do Jacutinga e Contíguos.



**Figura 6 - Gráfico de poços existentes em intervalos de declividades na bacia do Jacutinga e Contíguos.**

A localização dos poços está vinculada à ocupação do solo que é mais propensa em de áreas com menores inclinações. A lei n° 12.651 de 25 de maio de 2012 (Brasil, 2012) dispõe que áreas com declividade maior do que 45° ou 100% em projeções horizontais são consideradas Áreas de Preservação Permanente (APP) e de acordo com este parâmetro de declividade não existem poços localizados em áreas de Preservação Permanente.

### 4.3. Caracterização Geológica

De acordo com Scheibe (1986), de leste para o oeste do estado catarinense, afloram sedimentos recentes do litoral, uma faixa de rochas magmáticas e metamórficas mais antigas, uma sucessão de rochas sedimentares gondwânicas e os derrames de lavas básicas, intermediárias e ácidas da Serra Geral. Estas rochas vulcânicas, cuja ocorrência se estende até o extremo oeste catarinense, recebem a denominação de Formação Serra Geral e depositaram-se nos períodos Jurássico e Cretáceo.

Nos municípios que fazem parte da Bacia do Rio Jacutinga a principal litologia encontrada, pertencente à Formação Serra Geral, é caracterizada por rochas vulcânicas de composição predominantemente básica e com teores de sílica variando entre 45% a 52%, implicando na designação da rocha como basalto (Comassetto et. al., 2014).

Ainda de acordo com Scheibe (1986), as rochas vulcânicas que não foram erodidas e constituem hoje toda a porção do oeste do território catarinense são predominantemente de composição basáltica, mas trabalhos de reconhecimento a nível regional, bem como a própria cobertura radargramétrica efetuada pelo Projeto RADAMBRASIL, tem possibilitado uma distinção dos tipos litológicos presentes. A formação Serra Geral seria, portanto, constituída por rochas vulcânicas basálticas, de textura afanítica, amigdaloidal no topo dos derrames, de coloração cinza escura a negra e com intercalações de arenitos intertrapeanos; e por efusivas ácidas e intermediárias, representadas por dacitos/riodacitos felsíticos e riolitos felsíticos, pórfiros ou não.

O aquífero constituído pela Formação Serra Geral está condicionado à presença, dimensões e geometria de descontinuidades estruturais e algumas variações de litologias ou estados de alteração. Isso devido ao fato de que a retenção e movimentação das águas estão submetidas às condições das fraturas, desta forma, uma das grandes características relativas à prospecção de águas neste aquífero é a variação da vazão entre os poços e suas localidades, sendo frequente a perfuração de poços secos.

Através do georreferenciamento do mapa geológico de Santa Catarina (Awdziej et. al., 1986) disponibilizado pelo DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral) é possível verificar que a

área da Bacia do Jacutinga, inserida na Formação Serra Geral, abrange as duas classificações da Formação Serra Geral:

- JKsg: rochas vulcânicas em derrames basálticos de textura afanítica, amigdaloidal no topo dos derrames, coloração cinza escura a negra, com intercalações de arenito intertrápico.
- JKsgα: Efusivas ácidas representadas por dacitos e riocacitos felsíticos e riolitos felsíticos pórfiros ou não.

A área representada por JKsgα é muito menor em relação à outra classificação, abrangendo parcialmente os municípios de Lindóia do Sul, Irani e Vargem Bonita. Nestes municípios esta classificação também está inserida dentro da área da Bacia, como demonstrado na Figura 7.

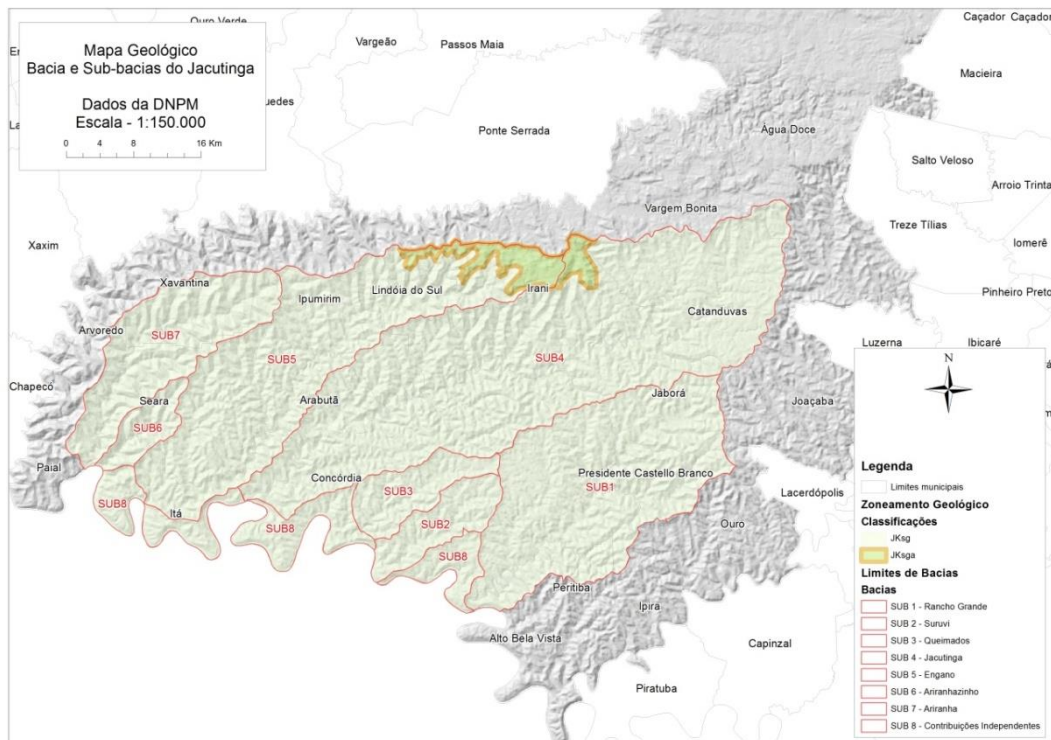


Figura 7 - Mapa representando geologia para Bacia do Jacutinga (Fonte: adaptado do mapa geológico de SC – DNPM)

O mapa geológico demonstrado foi desenvolvido utilizando o georreferenciamento do mapa geológico de Santa Catarina e foram vetorizadas as áreas de caracterização geológica representadas. Esta vetorização, para uma melhor representação geométrica, foi realizada na escala de 1:25.000 continuamente, e em seguida, foi selecionada somente a área de interesse interna à Bacia para sua representação.

Também foram realizadas complementações de informações para este mapa geológico. Foram vetorizadas linhas representando os lineamentos geológicos identificados dentro da área da Bacia e também para os municípios que fazem contato com a mesma. Esta vetorização foi realizada em 3 etapas:

Identificação de lineamentos em escala de 1:100.000

Identificação de lineamentos em escala de 1:300.000

Identificação de lineamentos em escala de 1:500.000

A identificação destes lineamentos seguiu o que foi descrito por Liu (1984) que descreve o reconhecimento destes lineamentos da seguinte forma:

“Para o reconhecimento e extração destes lineamentos, os critérios são as expressões dos elementos topográficos retilíneos do relevo, tais como: linhas ou segmentos de escarpas, alinhamentos de cristas, vales, trechos de rios e lagos, linhas de costa alongadas, depressões alongadas (dolinas), etc. Outros lineamentos são identificados através de feições lineares que separam terrenos com diferentes texturas e feições tonais lineares (causadas por alinhamentos de vegetação ou por linhas que mostram diferenças na umidade do solo)”(LIU, 1984, p. 01)

Da maneira descrita por Liu (1984) foram identificados um total de 93 lineamentos geológicos, sendo estes comparados com a hidrografia do local através de imagens de satélite do Google Earth e também através de dados de hidrografia disponibilizados em formato *shapefile* pela ANA (Agência Nacional de Águas) para que não houvessem enganos na atividade de vetorização, diminuindo as probabilidades de erros. Os lineamentos sobrepostos ao mapa geológico serão apresentados no Capítulo 6.1.2 deste trabalho que é relativo ao desenvolvimento do Modelo Digital do Terreno e da identificação destes lineamentos para a área da Bacia.

Das conclusões do relatório do PROESC (Freitas et. al., 2002, p. 80) consta que a região oeste catarinense conta com dois aquíferos principais, sendo um fraturado e outro poroso, respectivamente o Aquífero Serra Geral e o Aquífero Guarani. O poroso seria constituído pelas formações Botucatu, Pirambóia e Rio do Rasto, enquanto o fraturado é constituído pelas rochas vulcânicas da Formação Serra Geral.

De acordo com o citado relatório, o contato entre o substrato da Formação Serra Geral e o topo da Formação Botucatu pode variar entre zero e mil e trezentos metros de profundidade, com mergulho geral W-NW no extremo oeste de Santa Catarina, como demonstrado na Figura 8.

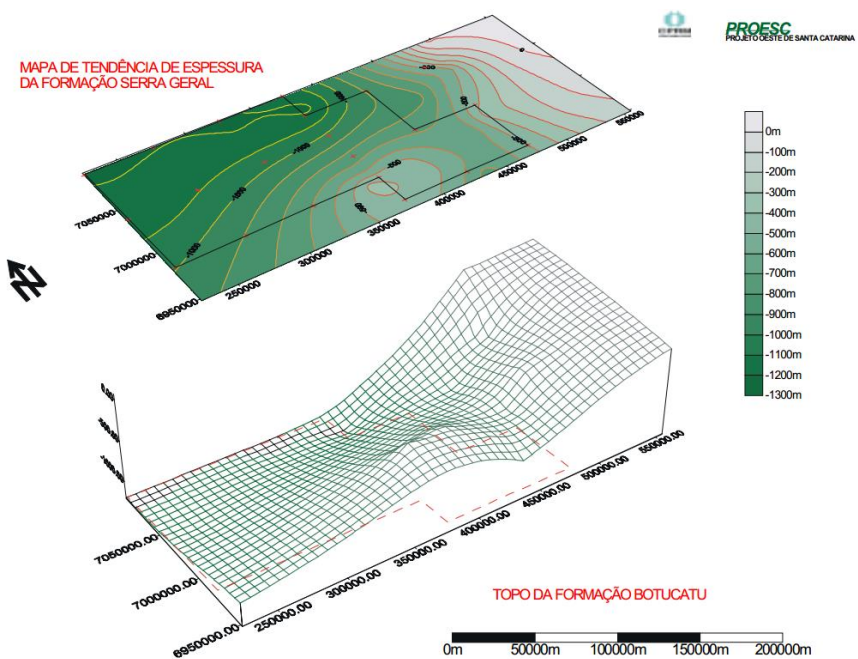


Figura 8 - Cotas e tendências da superfície de contato entre as formações Serra Geral e Botucatu e orientações de mergulho (Fonte: relatório do PROESC, (Freitas et. al., 2002, p. 06)

## **4.4. Caracterização Hidrogeológica**

### **4.4.1. O PROESC (Projeto Oeste de Santa Catarina)**

O PROESC (Projeto Oeste de Santa Catarina) foi um projeto desenvolvido entre os anos de 1998 e 2002 tendo como área de estudo a mesorregião oeste catarinense, que engloba a área de estudo desta dissertação. Foi concebido através de uma cooperação entre a CPRM e o Governo do Estado de Santa Catarina e compreendeu estudos multidisciplinares, de campo e laboratório, dentro de toda sua área de estudo (Freitas et. al., 2002).

O projeto teve como principal objetivo a avaliação dos recursos hídricos subterrâneos da região estudada, e expõe algumas conclusões que serão importantes para este trabalho:

- Os aquíferos porosos representam a principal reserva estratégica de água subterrânea, com grande potencialidade para o aproveitamento turístico e industrial devido às suas condições geotérmicas. Ocorrem em profundidades que variam de cerca de 360 m e 1.267 m e são explorados na região somente por sete poços tubulares profundos;
- O PROESC inventariou em campo 2.723 poços tubulares entre abril de 1998 e junho de 2001, em uma área de 22.500 km<sup>2</sup> que abrangeu 110 municípios. As sedes municipais de Chapecó, Concórdia e São Miguel d'Oeste possuem uma grande concentração de poços tubulares particulares, principalmente em edifícios



residenciais. Em tais áreas verificam-se vários casos de interferências entre poços, causando rebaixamento dos níveis do aquífero e diminuição nas vazões;

- Os poços construídos no Aquífero Fraturado Serra Geral apresentam profundidades máximas de 310 metros e média de 117 metros, com 70,27% das entradas de água ocorrendo no intervalo de 20 a 100 metros de profundidade;
- Em geral as áreas mais propícias para perfuração de poços se dão quando existem pequenos derrames empilhados que são separados por rochas porosas e estão localizados em terreno de topografia suavizada e pouco dissecada.

De acordo com o PROESC (p. 81), as áreas com menor condições de ocorrência de água subterrânea dão-se em terrenos com alta declividade e dissecados, característica que é apresentada em grande parte da bacia do Jacutinga e Contíguos.

É válido destacar que a área de estudo deste trabalho não se superpõe integralmente com a do Projeto PROESC, como pode ser observado na Figura 9.

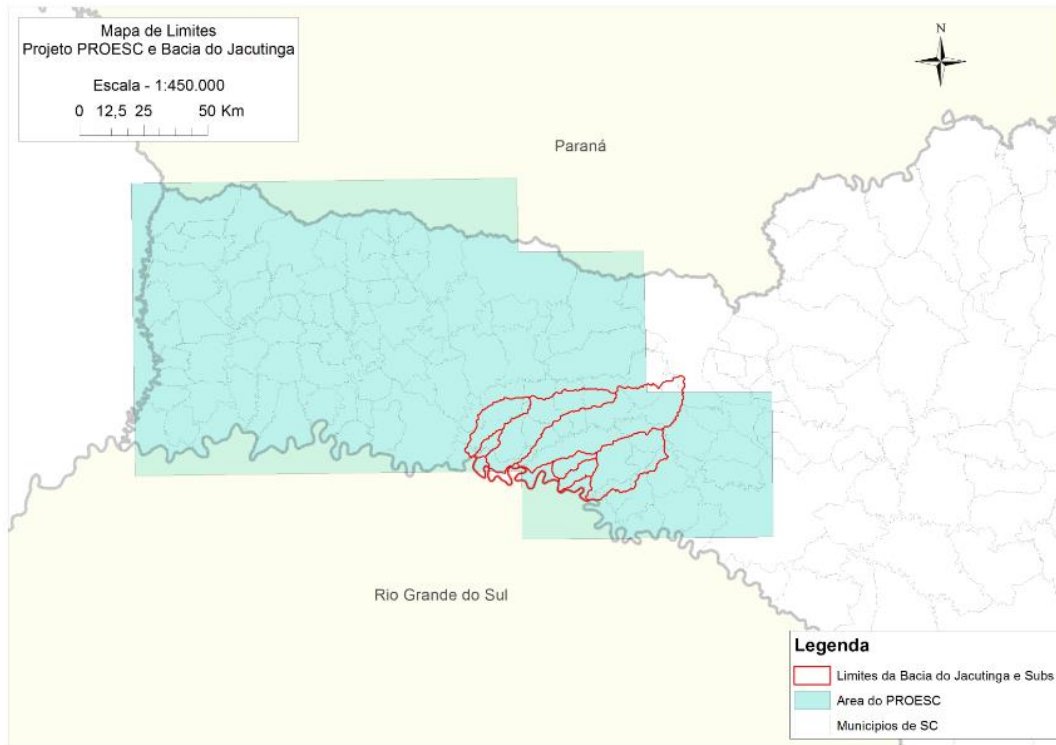


Figura 9 - Mapa de limites de áreas do PROESC e Bacia do Jacutinga (Fonte: adaptado do relatório do PROESC)

O mapa de limites apresentado na Figura 9 foi desenvolvido através do georreferenciamento do mapa contido no relatório do Projeto Oeste de Santa Catarina e em seguida realizada a vetorização da bacia sobre a imagem. Este georreferenciamento da imagem que continha os limites do projeto foi possível devido à existência de uma grade de coordenadas além dos limites do estado de Santa Catarina.

#### **4.4.2. Mapa Hidrogeológico de Santa Catarina**

No ano de 2013 foi disponibilizado o mapa hidrogeológico de Santa Catarina pelo CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais)<sup>6</sup>. Nele existem informações relativas à qualidade das águas subterrâneas, vazões e outros dados de poços e hidrogeologia, inclusive da Bacia do Rio Jacutinga. No desenvolvimento deste mapa hidrogeológico foram inventariados um total de 2.000 poços, que foram somados aos dados de 5.200 poços de projetos anteriores (como o PROESC) e agregados ao SIAGAS, totalizando 7.200 poços para o estado de SC. As fontes para a captação destas informações foram as seguintes instituições e empresas: CASAN, FATMA, CIDASC, EPAGRI, CPRM, SAMAE/FUNASA, UFSC e as empresas de perfuração de poços como Hidropel Hidrogeologia e Perfurações, Água Azul Poços Artesianos, Leão Poços Artesianos, Cristal Poços Artesianos e Hidroani Perfurações (Machado, 2013).

O mapa hidrogeológico de Santa Catarina distingue as regiões hidrogeológicas por zonas delimitadas por polígonos. Estas, por sua vez, possuem características diferenciadas quanto à geologia e prováveis vazões no quesito de exploração de água. Além do mapa divulgado na versão PDF é possível, através do *geobank*<sup>7</sup>, ter acesso aos dados vetoriais que delimitam as regiões hidrogeológica, sendo desnecessária a vetorização dos polígonos como o ocorrido para o mapa geológico de Santa Catarina.

---

<sup>6</sup> Fonte: [http://www.cprm.gov.br/publique/media/mapa\\_hidro\\_sc.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/mapa_hidro_sc.pdf)

<sup>7</sup> Fonte: <http://geobank.cprm.gov.br/>

A Bacia do Jacutinga, de acordo com o mapa hidrogeológico de Santa Catarina disponibilizado pela CPRM em 2013, possui características bem distintas de acordo com a vazão, sendo nela possível encontrar as classificações “na\_3” e “app”, que apresentam baixa vazão, e também a classificação “ft1\_2”, na qual é possível verificar boas vazões, na ordem de 5 a 40m<sup>3</sup>/h. Esta última classificação é dominante na área da Bacia do Jacutinga, como pode ser verificado pelo mapa da Figura

10

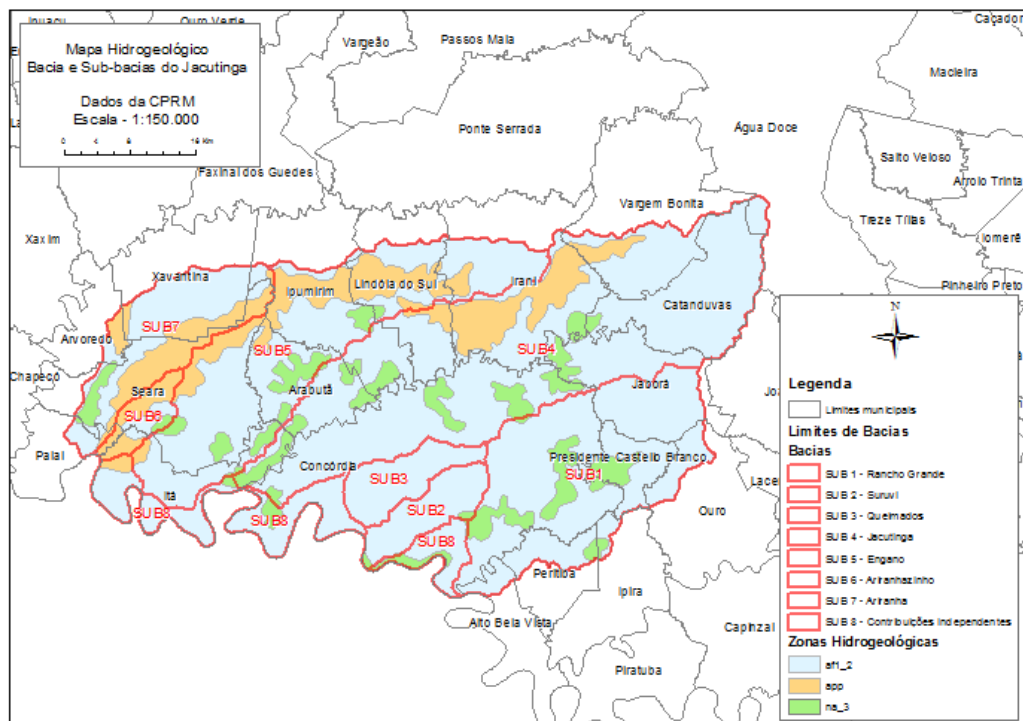


Figura 10 - Mapa demonstrando as zonas hidrogeológicas da Bacia do Jacutinga (Adaptado do mapa hidrogeológico de SC, CPRM, 2013)

A caracterização sintetizada destas classificações, dada pelo mapa hidrogeológico de Santa Catarina, consta das tabelas 3, 4 e 5, abaixo:

**Tabela 3 - Caracterização da zona hidrogeológica "na\_3" (Adaptado do mapa hidrogeológico de SC, CPRM 2013)**

<b>“na_3”</b>	
<b>Litologias, Dimensões ou Feições estruturais</b>	Rochas basálticas ocupando cristas orientadas, caracterizando-se por uma condição topo-estrutural desfavorável
<b>Unidade Hidroestratigráfica</b>	Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral;
<b>Condições Hidrogeológicas</b>	Aquicludes e Aquifugos, raramente ocorrem aquíferos localizados restritos a zonas fraturadas ou suspensos.
<b>Condições Morfológicas</b>	Relevo ruíniforme com alta declividade e interflúvios sob a forma de cristas alinhadas, em áreas intensamente dissecadas pelas drenagens mais importantes. Caracteriza-se também por litologias vulcânicas em elevadas altitudes, de morros isolados.
<b>Vazões Prováveis e Variação de Nível Estático (NE)</b>	Zona aquífera com escassas possibilidades para a perfuração de poços tubulares profundos. O aproveitamento se dá por captação de fontes, quando houver aquíferos restritos suspensos.
<b>Qualidade da Água e Total de Sais Dissolvidos (TSD)</b>	Esta zona aquífera caracteriza-se pelas escassas possibilidades para água subterrânea. Quando ocorrem aquíferos suspensos a potabilidade química é boa e o TSD não ultrapassa os 50 mg/L.
<b>Tipos de Obras de captação de</b>	As litologias vulcânicas, associadas com terrenos montanhosos geralmente de grande altitude,

<b>profundidade estimada (m)</b>	desaconselham a perfuração de poços tubulares profundos, existindo a possibilidade de aproveitamento de fontes.
<b>Importância Hidrogeológica do local</b>	Aquitardos e aquícludes, raramente aquíferos suspensos localizados e de pequena profundidade, que ocupam áreas escassamente povoadas no topo de regiões montanhosas, caracterizando uma pequena importância hidrogeológica.
<b>Vulnerabilidade e risco à contaminação</b>	Áreas praticamente sem aquíferos, representadas por litologias associadas a derramamentos vulcânicos pouco fraturados, com baixa vulnerabilidade. Devido à geomorfologia desfavorável, as áreas escassamente povoadas não apresentam riscos de contaminação.

Apesar da área caracterizada como “na\_3” não representar a maioria da Bacia do Jacutinga, é perceptível a ênfase desta caracterização como sendo improdutivo, principalmente como descrita no tópico “Vazões prováveis e variação de nível estático”, em que é colocada a escassa possibilidade de aproveitamento de águas subterrâneas.

**Tabela 4 - Caracterização da zona hidrogeológica "app" (Adaptado do mapa hidrogeológico de SC, CPRM 2013)**

<b>“app”</b>	
<b>Litologias, Dimensões ou Feições estruturais</b>	Engloba todas as litologias que propiciam pouca produção de água. Destacam-se camadas pelíticas, como folhelhos cinzas a pretos, siltito com concreções, lentes calcárias e, em menor proporção camadas pouco espessas de arenitos finos a muito finos. Esta camada também está associada a derrames vulcânicos diversos.

<b>Unidade Hidroestratigráfica</b>	Unidades hidroestratigráficas permianas (Rio do Sul, Palermo, Irati e Serra Alta e Cretácicas (Botucatu e Serra Geral)).
<b>Condições Hidrogeológicas</b>	Aquitardos e aquíferos locais e limitados, com porosidade intergranular, associados com aquíferos com porosidade por fraturas, descontínuos, heterogêneos e anisotrópicos.
<b>Condições Morfológicas</b>	Relevo residual ruiforme fortemente entalhado e superfície escalonada em degraus marcando contato entre derrames basálticos, caracterizado por uma declividade média a alta e solos pouco desenvolvidos e pedregosos nas encostas.
<b>Vazões Prováveis e Variação de Nível Estático (NE)</b>	Zona aquífera onde as vazões dos poços raramente ultrapassam os 3,0 m <sup>3</sup> /h.. Existem regiões com aquíferos locais com poços que captam até 10,0 m <sup>3</sup> /h. Os níveis estáticos variam de 10,0 a 30,0 metros. As fontes proporcionam boas vazões.
<b>Qualidade da Água e Total de Sais Dissolvidos (TSD)</b>	Esta zona aquífera caracteriza-se pela ocorrência de fontes, representando águas relacionadas a infiltrações recentes de precipitações. Poços tubulares são em geral profundos e as águas captadas com maior mineralização e com TSD superior a 300mg/L.
<b>Tipos de Obras de captação de profundidade estimada (m)</b>	A predominância de pelitos associados a terrenos de encosta e derrames vulcânicos, localmente de grande altitude, exigem estudos geológicos, hidrogeológico e geofísicos para o sucesso do poço. Aconselha-se que os poços tubulares profundos não ultrapassem os 120m de profundidade.
<b>Importância</b>	A presença de aquíferos pobres e aquitardos em



<b>Hidrogeológica do local</b>	unidades hidroestratigráficas permianas e cretácicas, associadas a condições morfológicas desfavoráveis e áreas escassamente povoadas, resulta em uma pequena importância hidrogeológica local.
<b>Vulnerabilidade e risco à contaminação</b>	Aquíferos porosos muito consolidados e derrames vulcânicos básicos e ácidos que possuem baixa vulnerabilidade. Ocupam áreas rurais com pouca população e eventualmente encostas abruptas com pequeno risco de contaminação.

Esta caracterização, quando analisada em relação à Bacia, é coincidente com o descrito no tópico relativo à caracterização geológica nesta dissertação em que a área no norte do município de Água Doce até o norte da sub Bacia 7 (Ariranha) possuem uma maior dissecação e diminuição de cotas. A Tabela 5 demonstra a caracterização da última – e mais importante - das zonas hidrogeológicas mapeadas na área da Bacia do Jacutinga e Contíguos.

**Tabela 5 - Caracterização da zona hidrogeológica "af1\_2" (Adaptado do mapa hidrogeológico de SC, CPRM 2013)**

<b>"af1_2"</b>	
<b>Litologias, Dimensões ou Feições estruturais</b>	Na área ocorrem derrames vulcânicos basálticos típicos e andesíticos, dacitos afíricos, zonas amigdaloides e ocasionalmente arenitos "intertrapps".
<b>Unidade Hidroestratigráfica</b>	Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral.
<b>Condições Hidrogeológicas</b>	Aquífero livre a semiconfinado de extensão regional, com porosidade por faturamento, descontínuo, heterogêneo e anisotrópico.
<b>Condições Morfológicas</b>	Relevo residual ruiforme fortemente entalhado a plano-ondulado no norte da área. Vales amplos e

	superfície escalonada em degraus marcando contato entre derrames basálticos.
<b>Vazões Prováveis e Variação de Nível Estático (NE)</b>	As vazões capturadas por poços bem construídos variam entre 5,0 e 40,0m <sup>3</sup> /h. Os níveis estáticos variam entre 5,0 a 30,0 metros.
<b>Qualidade da Água e Total de Sais Dissolvidos (TSD)</b>	Esta zona aquífera caracteriza-se por apresentar água com qualidade química boa para todos os fins: abastecimento doméstico e público, agrícola e industrial. O valor de TSD geralmente é inferior a 500 mg/L.
<b>Tipos de Obras de captação de profundidade estimada (m)</b>	São aconselhados poços tubulares profundos, com profundidades na ordem de 150 metros.
<b>Importância Hidrogeológica do local</b>	Aquíferos de boa produtividade, ocupando área rural muito povoada e importantes centros urbanos, o que lhe confere uma condição de grande importância hidrogeológica.
<b>Vulnerabilidade e risco à contaminação</b>	Aquíferos associados a derrames vulcânicos básicos e ácidos, localmente muito vulneráveis. Possuem baixo risco de contaminação nas áreas rurais e médio risco nas áreas urbanas.

As médias de vazões podem ser analisadas de acordo com a inserção do poço dos limites de cada polígono destas regiões hidrogeológicas, desta forma, sendo realizado um comparativo entre os dados fornecidos pela CPRM e os dados do Comitê de Gerenciamento da Bacia do Jacutinga, para que seja verificada a consistência dos dados descritos pelo CPRM. Esta análise está descrita no Capítulo 6.3.1.

## 5. Metodologia

O interesse em ingressar no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina foi motivado pelo vínculo profissional já existente com a temática de abastecimento hídrico em municípios da região Oeste de Santa Catarina através da sede em Chapecó da empresa CASAN.

A importância das águas subterrâneas para a região direcionou a obtenção de dados de poços que foi possível através de um encontro realizado e intermediado pelo Professor Dr. Luiz Fernando Scheibe com o Dr. Vilmar Comassetto, especialista em recursos hídricos da EPAGRI, num curso ministrado pela CAP-NET (Capacity Development in Sustainable Water Management). Este encontro resultou na introdução aos dados de poços coletados pelo CGBJC e sua necessidade de tratamento para o desenvolvimento de mapas e análises espaciais para apresentação ao público e em forma de artigo científico que foi divulgado em parceria com o Projeto REDE GUARANI/ SERRA GERAL (Comassetto et al., 2014).

Os dados foram disponibilizados em forma de planilhas que continham as coordenadas geográficas, profundidade, vazão, proprietário, data de conclusão da perfuração, número de famílias atendidas, se são comunitários ou não, localidade, município, situação e uso da água.

Estes dados foram tratados para que fosse possível a interpretação pelo software de Sistema de Informação Geográfica que foi empregado no desenvolvimento dos mapas que foram utilizados no desenvolvimento desta dissertação. Este software é o ARCGis, que tem como empresa desenvolvedora a ESRI e é amplamente difundido no mercado.

Além dos dados técnicos hidráulicos também foi realizada a análise de amostras de água de 100 poços comunitários, no Laboratório de Águas FUnC/CIDASC em Concórdia. Nesta análise foram verificados parâmetros bacteriológicos: coliformes totais, fecais e *Escherichia Coli*. Os parâmetros físico-químicos analisados foram: Temperatura, pH, dureza total, condutividade elétrica, alcalinidade total, sólidos totais secos, Amônia, nitrogênio total, cloro DPD, flúor, nitrato, alumínio, ferro total, manganês total, cloreto, sulfato, dureza em cálcio, e sólidos dissolvidos totais. O principal problema observado nas análises

bacteriológicas e físico-químicas é a presença de coliformes totais nas águas, além da expressiva incidência de parâmetros em desacordo com a legislação quanto à potabilidade (Comassetto et. al., 2014).

Estas tabelas com dados originais, apesar de serem de fácil compreensão das informações, não estavam uniformes quanto ao seu formato, portanto, seus valores precisaram ser padronizados e organizados de acordo com suas respectivas colunas para que fossem gerados atributos corretamente para os elementos a serem criados nos mapas.

Também foram disponibilizados arquivos de imagens de aerolevanteamento em escala 1:10.000 (SDS – Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável). A ideia preliminar era de que, através destas imagens, poderia ser desenvolvida a atividade de identificação dos fotolineamentos no terreno; no entanto, esta atividade não foi possível de ser concluída devido à enorme quantidade de pixels gerados a partir das imagens, que demandaria a necessidade de hardware de maior capacidade para o processamento destes dados.

Os dados empregados neste trabalho de identificação de lineamentos foram obtidos através de imagens de satélite da NASA da missão Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)<sup>8</sup>. Esta missão teve como objetivo realizar o mapeamento de aproximadamente 80% da superfície terrestre, incluindo a área de estudo. Este mapeamento foi realizado através de radares e neles é possível identificar cotas de feições do terreno através de pixels com 90 metros. A precisão vertical absoluta para o Brasil é de 6.2m, sendo somente maior na Austrália com 6.0m e África com 5.6m (Rodriguez, 2005, p. 20).

Foram realizadas buscas constantes durante o desenvolvimento do documento em sites de órgãos que disponibilizam dados que estão ou que pudessem ser espacializados. Foram adquiridos dados no IBGE e CPRM, além das consultas em diversos outros sites em busca de informações que pudessem ser correlacionadas aos dados de poços existentes. Também foram desenvolvidos dados espacializados através da vetorização de informações que não foram encontradas no formato digital na internet.

A Figura 11 representa o desenvolvimento das tarefas através de um fluxograma para que fosse alcançado o documento final desta dissertação de mestrado com suas conclusões.

---

<sup>8</sup> Fonte: [http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/SRTM\\_paper.pdf](http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/SRTM_paper.pdf)

## FLUXOGRAMA

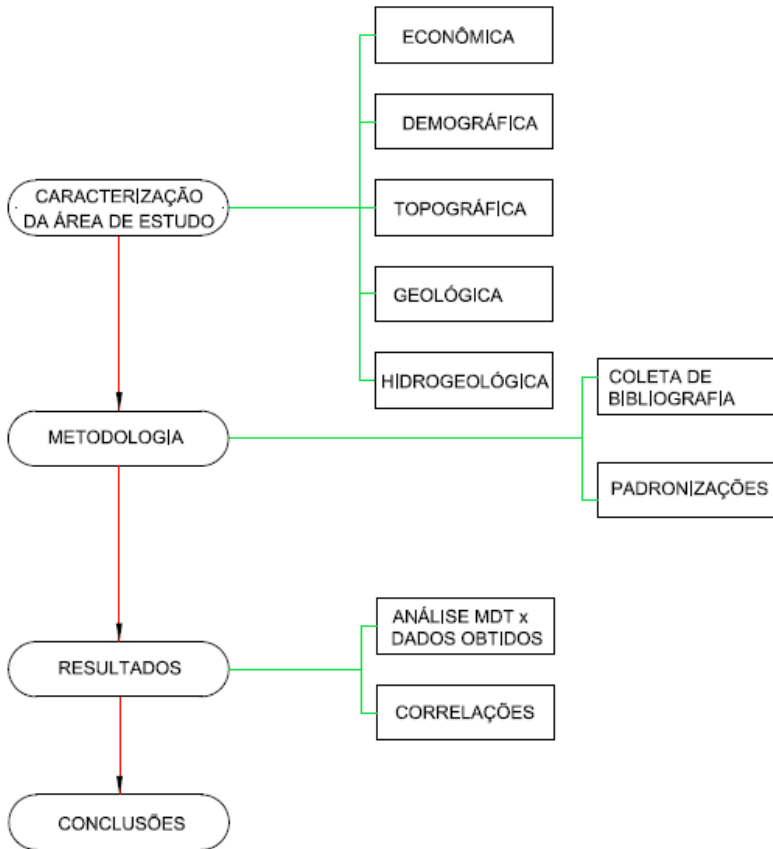


Figura 11 - Representação de fluxo de etapas para conclusão de atividades.

A etapa da Metodologia descreve o tratamento dos dados originais disponibilizados pelo Comitê de Gerenciamento da Bacia do Rio Jacutinga e Contíguos e também a coleta de mais informações bibliográficas para o desenvolvimento das posteriores correlações. A etapa dos Resultados trata do desenvolvimento do Modelo Digital de

Terreno (MDT), a identificação de lineamentos e correlações com os dados de poços e a terceira etapa apresenta dados finais com relação às correlações que puderam ser verificadas entre os dados trabalhados.

## 5.1. Padronizações

Como descrito anteriormente, foram disponibilizadas planilhas contendo dados técnicos sobre os poços que foram cadastrados ou atualizados pelo Comitê de Gerenciamento da Bacia do Jacutinga e Contíguos. Foram fornecidas duas planilhas: uma contendo coordenada geográficas, profundidade, vazão, proprietário, data do término de perfuração, número de famílias atendidas, se são comunitários ou não, município em que está inserido, localidade, situação e uso da água; e outra planilha contendo os dados dos 100 poços em que foram realizadas as análises físico-químicas para qualidade de água.

Os dados da primeira planilha foram padronizados para que a interpretação e utilização no software ArcGis fosse mais simples e rápida. A padronização destes dados consiste na uniformização de valores que constam originalmente, para que apresente de maneira sintética o que se deseja representar e utilizar num mapa.

Realizar estas alterações e filtragens, principalmente para os dados de vazão e profundidade, tem como finalidade a possibilidade de utilização de funções lógicas para a seleção de dados em mapas como, por exemplo, a seleção de poços “com vazão acima de 5 m<sup>3</sup>/h e profundidade inferior a 100 m”.

Um exemplo de alteração foi a uniformização de formato de dados contidos numa célula. Os dados da coluna “vazão”, originalmente formatada com dados de texto e contendo valores como “P” ou “-” ou “Seco”, foram convertidos para o valor zero (0). O mesmo ocorreu para os dados de profundidade.

As colunas que representavam os valores de “Situação” e “Uso da Água” eventualmente também demonstraram valores numéricos ou mesmo texto que foram padronizados. Nestes campos o tipo de formato mantido foi o de texto, sendo que os valores originais quando demonstrados por números (zero, por exemplo) foram convertidos para “Sem Informação”. Também foram encontrados nestes dois campos o valor “SECO” e estes foram interpretados como “0” (zero) e transferido para a coluna de Vazão.

Para os outros campos existentes na tabela houve alterações de textos que continham necessidade de ajustes na escrita. A maior ocorrência foi a necessidade de ajuste de caixa-alta nos textos, sendo assim, ajustados os mesmos de forma que ficassem somente com a primeira letra em caixa-alta.

Na segunda planilha também ocorreu a necessidade de padronização de dados, mas em menor quantidade. Os dados desta tabela apresentavam-se em formato numérico e representando o teor de cada um dos elementos analisados quimicamente, portanto, sendo necessário o tratamento somente dos dados de localização.

Os valores que representavam a localização dos poços, como dito na Introdução deste documento, foram dispostos em formatos que diferenciavam entre si, sendo dispostos em valores UTM, sexagesimais e também decimais. Para a normatização destes dados todos foram convertidos para coordenadas UTM (fuso 22 Sul com meridiano central -51) através do software PROGRID disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Foi verificado que após a normatização destas coordenadas para o mesmo formato (UTM) alguns valores (tanto N, quanto E) eram iguais, resultando numa sobreposição dos pontos que representam os poços. Devido a esta inconsistência de informação de localização os dados destes poços foram excluídos da análise, restando 1872 poços.

Os dados referentes a estes 1872 poços foram exportados, de acordo com sua localização UTM, para um arquivo do tipo *shapefile*.

## **6. Resultados**

### **6.1. Análise de MDT e dados obtidos.**

#### **6.1.1. Desenvolvimento de MDT com sombreamento**

Segundo a DPI (Divisão de Processamento de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), o Modelo Numérico de Terreno (MNT) ou MDT (Modelo Digital de Terreno) é:

Uma representação matemática da distribuição espacial da característica de um fenômeno vinculado a uma superfície real. A superfície é em geral contínua e o fenômeno que representa pode ser variado. Dentre alguns usos do MNT pode-se citar:

- Armazenamento de dados de altimetria para mapas topográficos;
- Análise de corte e aterro para projeto de estradas e barragens;
- Elaboração de mapas de declividade e exposição para apoio e análise de geomorfologia e erodibilidade;
- Análise de variáveis geofísicas e geoquímicas;
- Apresentação tridimensional (em combinação com outras variáveis).

Os MDTs são amplamente utilizados academicamente e profissionalmente no desenvolvimento de atividades de planejamento urbano, criação de anteprojetos (ou até projetos) civis, análise ambiental e também no desenvolvimento de atividades sociais. Sua qualidade depende da utilização em que será empregado o dado que é a fonte do desenvolvimento do modelo.

Na identificação de lineamentos na área da Bacia do Jacutinga e Contíguos foi empregada a utilização de um Modelo Digital de Terreno que inicialmente seria desenvolvido através de dados de aerolevantamento que foi realizado pelo Governo do Estado de Santa Catarina através da Secretaria do Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS). Os dados foram fornecidos através do Dr. Vilmar Comassetto, mas não foi possível utilizá-los para a área de estudo devido à quantidade de dados que deveriam ser processados para que fosse gerado um MDT da área da Bacia do Jacutinga. Essa foi a



razão para que fosse realizada a pesquisa para outras fontes de dados para desenvolvimento do Modelo, o que resultou no uso de dados da *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* que é da NASA, conforme já descrito no item 4.3 - Caracterização Topográfica.

Os dados para serem trabalhados podem ser baixados através do site *Global Data Explorer (GDex)*<sup>9</sup>. Nele é necessário realizar o *login* através do cadastramento de dados pessoais do usuário e em seguida é possível navegar através da plataforma “visualização do mapa do mundo”, utilizando várias camadas para visualização.

Para os Estados Unidos e parte da África existe a possibilidade de download de dados SRTM com maior resolução espacial que são de 1 arco segundo (aproximadamente 30 metros ou 1/3 das primeiras versões do SRTM). No entanto, até o momento não está sendo possível realizar este download para a América do Sul.

Os dados de altimetria disponíveis para a América do Sul são SRTM e ASTER (*Advanced Spaceborn Thermal Emission and Reflection Radiometer*), outro projeto de coleta de dados espaciais através de sensores remotos. Neste projeto ocorreu uma cooperação entre NASA e o ministério japonês de economia, comércio e indústria como descrito no trecho destacado no próprio site:

ASTER is a cooperative effort between NASA and Japan's Ministry of Economy, Trade and Industry (METI), with the collaboration of scientific and industry organizations in both countries. The ASTER instrument provides the next generation in remote sensing imaging capabilities when compared to the older Landsat Thematic Mapper and Japan's JERS-1 OPS scanner. ASTER captures high spatial resolution data in 14 bands, from the visible to the thermal infrared wavelengths, and provides stereo viewing capability for digital elevation model creation. As the "zoom lens" for Terra, ASTER data are used by other Terra and space-borne instruments for validation and calibration.

---

<sup>9</sup>Fonte: <http://gdex.cr.usgs.gov/gdex/> (acessado em 19/11/2014)

Devido ao modelo SRTM já ser utilizado por maior tempo e ser mais consolidado quanto aos seus dados e disseminação de informações, optou-se por sua utilização; desta forma, para o mapa de sombreamento e demais atividades que levem em consideração a captação de cotas foram utilizados como fonte estes dados.

Foram desenvolvidos 2 modelos digitais de terreno com dados SRTM de 3 arco-segundos e sombreamento a 315 graus (Noroeste) e 45 graus (Nordeste) (Figura 12). Estes dois mapas foram criados devido a uma necessidade constatada de que somente a angulação de 315 graus não iria suprir as possibilidades de identificação de lineamentos geológicos, pois existiam alguns deles que não eram claramente visíveis; desta forma, foi gerado um novo mapa com uma angulação de iluminação de 45 graus para que fossem identificados outros lineamentos para complementação do mapa. Em ambos os modelos foi aplicado um ângulo de incidência luminosa de 45 graus (ângulo vertical).

Em ambos os modelos foi constatada a necessidade do ajuste de exagero vertical que beneficiou a visualização do relevo exaltando a dissecação do terreno e evidenciando feições que não poderiam ser facilmente percebidas num mapa com menor exagero vertical. O exagero vertical aplicado inicialmente era de 2x (duas vezes) e após a modificação este valor foi alterado para 5x (cinco vezes).

No desenvolvimento dos mapas também foi aplicado um buffer de 10 km para a área dos municípios que intersectam a Bacia (sendo que a Bacia é uma área menor e interna à área dos municípios que intersectam a Bacia, portanto, suficiente para a necessidade) com a finalidade de identificar lineamentos provenientes de áreas externas à Bacia, mas que tenham continuidade na área de estudo.

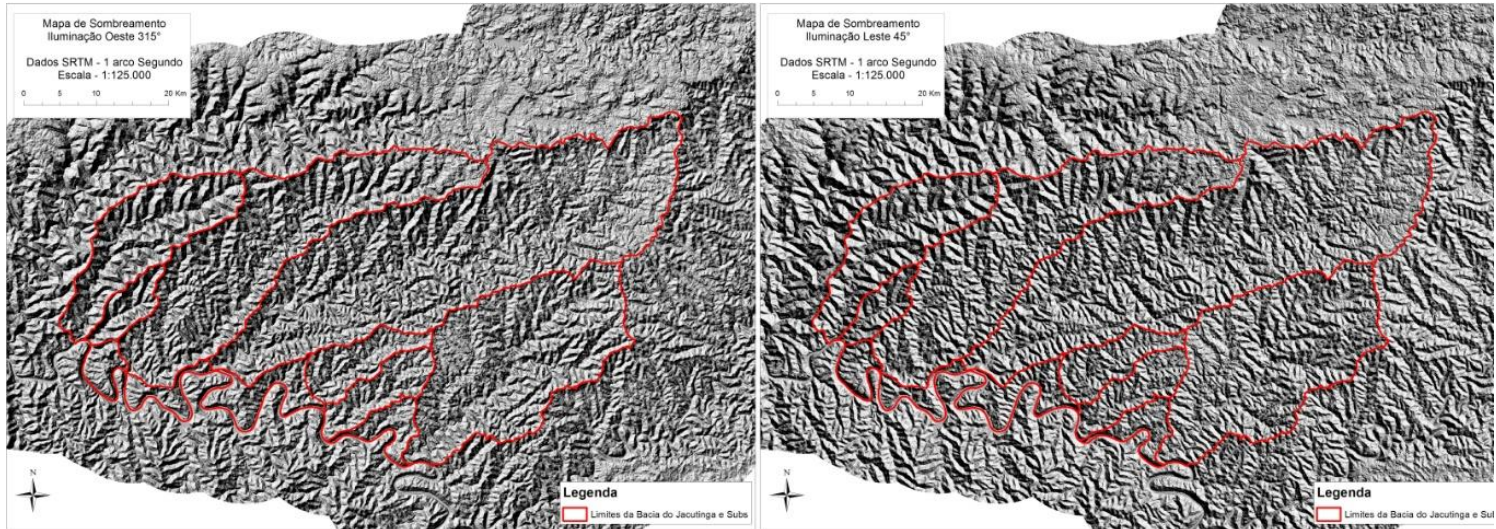


Figura 12–Modelo Digital de Terreno com sombreamentos com ângulos de incidência de luz em 315° (Noroeste) e 45° (Nordeste) (Fonte: dados SRTM)



### 6.1.2. Identificação de lineamentos geológicos

Foi dada continuidade à atividade a partir da identificação dos lineamentos presentes na área da Bacia do Jacutinga. A utilização de uma maior área de análise a partir do buffer dos municípios que fazem contato com a Bacia foi importante na interpretação dos lineamentos, uma vez que alguns possuem continuidade além da área da Bacia.

Inicialmente foram aproveitados os lineamentos que puderam ser extraídos através do georreferenciamento do mapa geológico de Santa Catarina, sendo possível captar um total de 51 lineamentos provenientes deste mapa.

O levantamento dos lineamentos no MDT foi realizado através de análise visual e, como descrito na caracterização geológica da Bacia, as identificações foram realizadas sistematicamente de acordo com a escala. Inicialmente foram realizadas identificações de lineamentos numa escala de 1:100.000, em seguida nas escalas de 1:300.000 e 1:500.000. A vetorização destes lineamentos foi realizada na presença dos dados de lineamentos identificados através do mapa geológico, desta forma, não existindo lineamentos sobrepostos.

Foram identificados um total de 114 novos lineamentos na imagem SRTM, sendo que através do primeiro mapa de sombreamento (Noroeste – 315°) foram encontrados 93 destes. A quantidade total de lineamentos identificados é o demonstrado na Tabela 6:

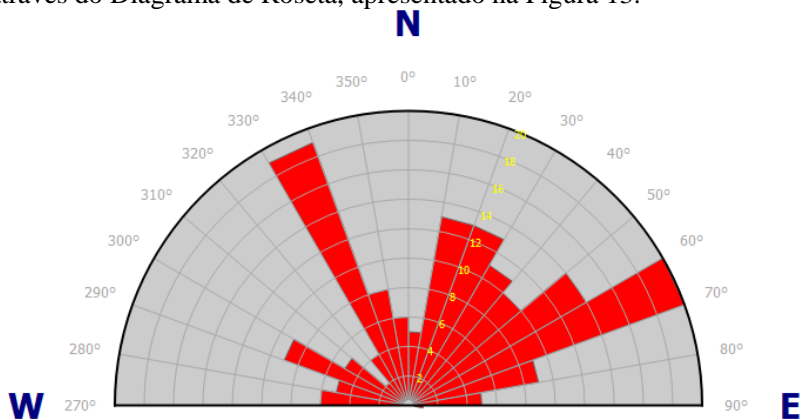
**Tabela 6 - Quantidades de lineamentos extraídos através de imagens SRTM na Bacia do Jacutinga e Contíguos**

Descrição	Quantidades
Identificados pelo autor	114
Identificados através do mapa geológico de SC	51
TOTAL	165

Após a finalização da tarefa de identificação dos lineamentos foram aplicadas funções de *software* GIS que lhes atribuíam angulações. Estes valores extraídos através do ArcGis são classificados até os 360° (circunferência trigonométrica completa) sendo necessária a sua conversão em valores que sejam possíveis representar num gráfico de roseta que vai do valor de 0° a 180°.

Para a representação dos ângulos dos lineamentos em um diagrama de roseta foi necessária a pesquisa de como desenvolver este tipo de representação gráfica. Foram testados alguns *softwares* como o *OpenStereo*, *GeoRose* e *StereoNet*. Em todos foram realizados testes de inserção dos dados e o utilizado para a criação do diagrama foi o *GeoRose*. A única problemática encontrada foi quanto à interpretação dos dados gerados pelo ArcGis no *GeoRose*, sendo que a origem de angulação destes dois softwares é diferente. Enquanto o *software* ArcGis obteve a origem a partir do leste seguindo em sentido anti-horário, o *GeoRose* o faz a partir do norte seguindo em sentido horário. O ArcGis, ao passar pelos 90°, atribui o valor angular de 270° de forma crescente até os 360°, sendo necessária sua conversão.

A predominância de direções dos lineamentos pode ser verificada através do Diagrama de Roseta, apresentado na Figura 13.



**Figura 13 - Diagrama de Roseta para direções de lineamentos identificados na Bacia do Jacutinga e Contíguos (Fonte: Autor)**

Semelhantemente ao que é apresentado no relatório da PROESC, que mostra uma predominância de lineamentos em toda sua área de

estudo para a direção NNE (20° a 40°) e NW (300° a 330°) o Diagrama de Roseta desenvolvido para a área de estudo da Bacia do Jacutinga demonstra maior incidência de lineamentos presentes nos ângulos entre as faixas ENE de 60° a 70° (20 lineamentos no total) e também entre NNW 330° a 340° (19 lineamentos no total), representando uma pequena diferença angular entre estes dois estudos, mas uma predominância de lineamentos entre as orientações NE e NW para ambas as áreas estudadas.

A disposição dos lineamentos na Bacia do Jacutinga é apresentada no Mapa de Lineamentos (Figura 14).

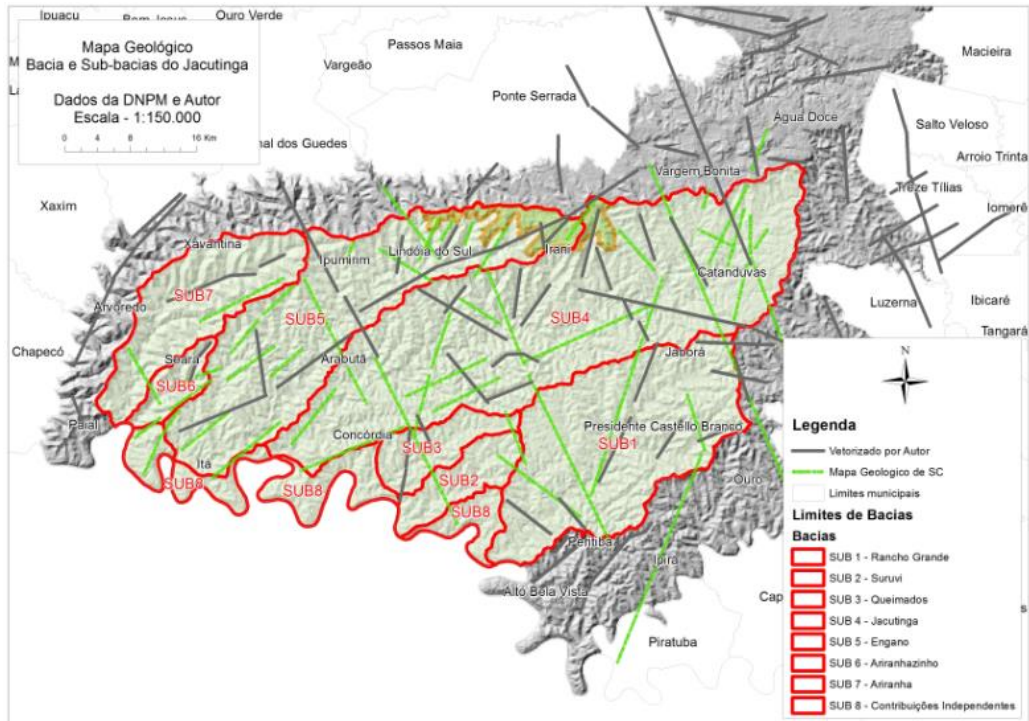


Figura 14 - Mapa com lineamentos na área da Bacia do Jacutinga (Dados interpretados do MDT com sombreamentos 315° e 45° - SRTM - e Mapa Geológico de Santa Catarina (1986))



A extensão dos lineamentos assinalados varia entre 1.330 até 46.008 metros, sendo que entre os valores de angulação de 60°E a 70°E dos lineamentos o menor valor de comprimento é da ordem de 1.700 m (lineamento proveniente do mapa geológico de Santa Catarina) e o maior valor é da ordem de 17.300 m (lineamento proveniente do mapa geológico de Santa Catarina). Quanto à extensão dos lineamentos com ângulos entre 330° a 340° o de menor comprimento é da ordem de 2.400 m (proveniente de análise do autor) e o de maior comprimento é da ordem de 46.000 m (proveniente de análise do autor).

Como colocado por Oliveira *et. al.* (2009), um mapa de densidade de lineamentos possibilita a interpretação mais clara e visual de áreas com alta densidade, portanto, para a área de estudo da Bacia do Jacutinga também foi desenvolvido o mapa de densidades dos lineamentos identificados, utilizando a ferramenta “*Line Density*” do sistema ArcGis (Figura 15).

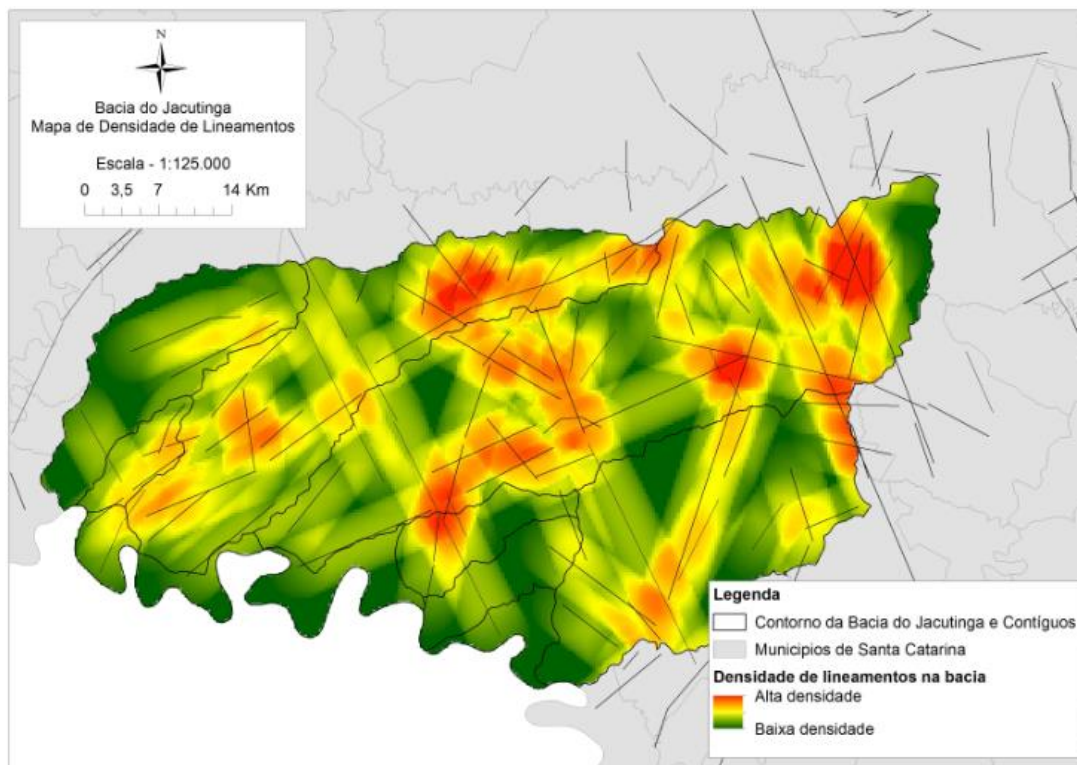


Figura 15 - Mapa de densidade de fraturas da Bacia do Jacutinga e Contíguos (Fonte: Autor)

No mapa de densidade de fraturas da Figura 15 as cores mais intensas (vermelhas) representam maiores densidades de lineamentos enquanto as de cor verde representam as menores concentrações destes lineamentos. Na análise de dados serão cruzadas as imagens de densidade destes lineamentos com as densidades de poços para a área da Bacia para que sejam identificadas possíveis intersecções destas informações.

## 6.2. Filtragem de dados dos poços

Os dados da totalidade de poços existentes foram filtrados para que somente aqueles que dispõem de informações adequadas fossem utilizados para realizar as correlações envolvendo vazão e profundidade, além da identificação do tipo de aquífero (fraturado ou poroso) atingido pelo poço.

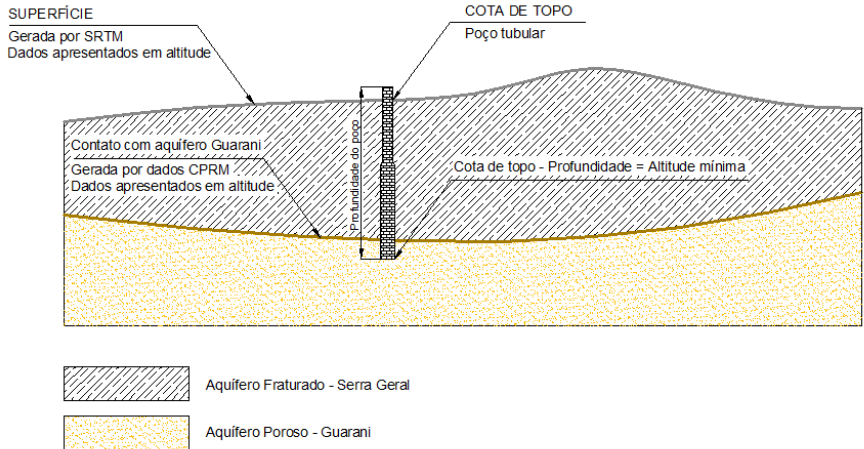
Para identificar se a perfuração alcançou o aquífero Guarani foram retiradas informações da coluna de observação de campo presente no arquivo *shapefile* e também utilizado o dado vetorial de nome HidrogeoSC\_Cota\_Topo\_SAG.shp, fornecido pelo SIAGAS através do *Geobank*<sup>10</sup>. Este arquivo contém linhas que representam a superfície de contato entre o aquífero poroso e o fraturado sendo, desta forma, possível identificar a cota do contato através da subtração da profundidade de perfuração do poço em relação à altitude de topo do mesmo (retirada através de dados do SRTM).

Como os dados disponibilizados de superfície de contato entre o aquífero poroso e o fraturado são apresentados em linhas, para que os valores de altitude desta superfície de contato fossem atribuídos corretamente aos poços foi realizada a triangulação das linhas para que estes valores fossem suavizados e gradativos. A Figura 16 foi desenvolvida pelo autor com o auxílio de softwares CAD (Computer

---

<sup>10</sup>[http://geobank.cprm.gov.br/pls/publico/geobank.download.downloadVetoriais?p\\_webmap=N&p\\_usuario=1](http://geobank.cprm.gov.br/pls/publico/geobank.download.downloadVetoriais?p_webmap=N&p_usuario=1)

Aided Design) e demonstra este método utilizado para a realização da filtragem de poços de acordo com o aquífero atingido pelo poço.



**Figura 16 - Método para realizar filtragem de dados de acordo com o tipo de aquífero atingido pelos poços. (Fonte: Autor)**

Nas verificações para classificação do tipo de aquífero (poroso ou fraturado) atingido pelo poço foram verificados também os poços com vazão muito alta e que seria incompatível com um aquífero fraturado. Vazões acima de 20 m<sup>3</sup>/h e as profundidades acima de 360 metros (que, como descrito no relatório da PROESC - pag. 80 -, é uma média de profundidade onde é encontrado o aquífero poroso) foram analisadas e em sua maioria causando a exclusão dos poços das futuras análises a serem realizadas.

Além da identificação da possível perfuração atingindo o SAG, também foi realizada outra filtragem de acordo com os dados relativos aos poços. Os poços secos e os que não possuíam os dados de vazão e profundidade não foram considerados nestas análises, resultando num total de 837 poços para a utilização nas análises espaciais. A Tabela 7 apresenta a síntese dos poços que foram filtrados em comparação ao total disponibilizado pelo Comitê da Bacia do Jacutinga e Contíguos.

**Tabela 7 - Síntese de poços utilizados para análise**

<b>Categoria</b>	<b>Descrição</b>	<b>Total</b>
Geral	Total de poços cadastrados pelo CGBJC	2477
	Total de poços dentro dos limites municipais	1989
	Total de poços inseridos na área da Bacia do Jacutinga e Contíguos	1602
Vazão (Área da Bacia)	Total de poços sem dados de vazão ou secos	510
Profundidade (Área da Bacia)	Total de poços sem dados de profundidade	92
Possivelmente fora do aquífero fraturado	Total de poços que ultrapassam a superfície de contato estipulada pela PROESC para o SAG	163
Filtragem de dados (poços excluídos)	Poços excluídos das futuras correlações	765
Filtragem de dados (poços mantidos)	Total de poços dentro da Bacia após a filtragem (Aquíferos, Vazão e Prof, coordenadas)	837

A situação dos poços excluídos e os selecionados para a utilização é apresentada na Figura 17.

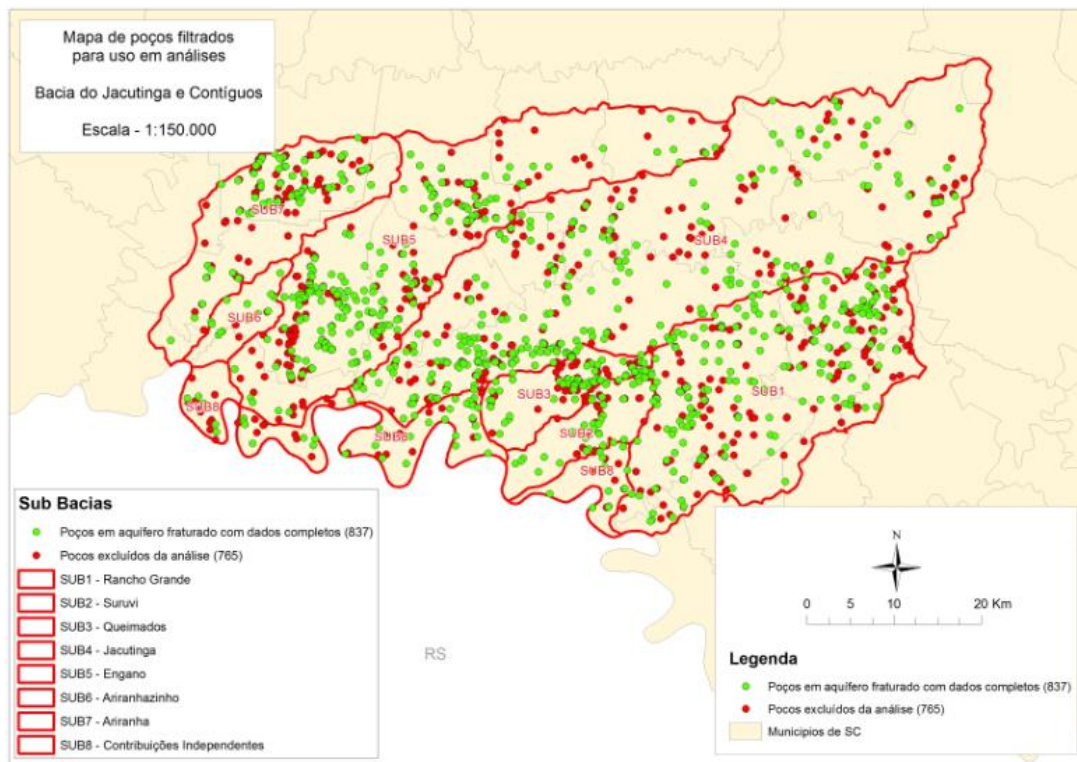


Figura 17 - Mapa de poços mantidos ou excluídos das análises (Fonte: dados vetoriais adaptados do CGBJC, CIRAM e IBGE)

Ao final da filtragem de dados dos poços a média de vazão para todos os mesmos é de 7,32 m<sup>3</sup>/h, sendo que a vazão mínima é de 0,09 m<sup>3</sup>/h e a máxima de 20 m<sup>3</sup>/h. A média de profundidade para estes dados na área da bacia é de 102,004 metros, sendo que o mínimo é de 14 e o máximo de 350 metros de profundidade.

Para o desenvolvimento de correlações e na utilização de quaisquer análises levando em consideração vazões e profundidades para os poços foram utilizados, portanto, os dados destes 837 poços filtrados.

### **6.3. Correlações**

#### **6.3.1. Vazão de acordo com regiões hidrogeológicas**

Como descrito no item 4.5 (caracterização hidrogeológica) a CPRM (Machado, 2013) disponibilizou um mapa hidrogeológico onde são definidas regiões hidrogeológicas, com suas vazões características. Os polígonos que delimitam estas áreas, com os poços respectivos, constam da Figura 18.

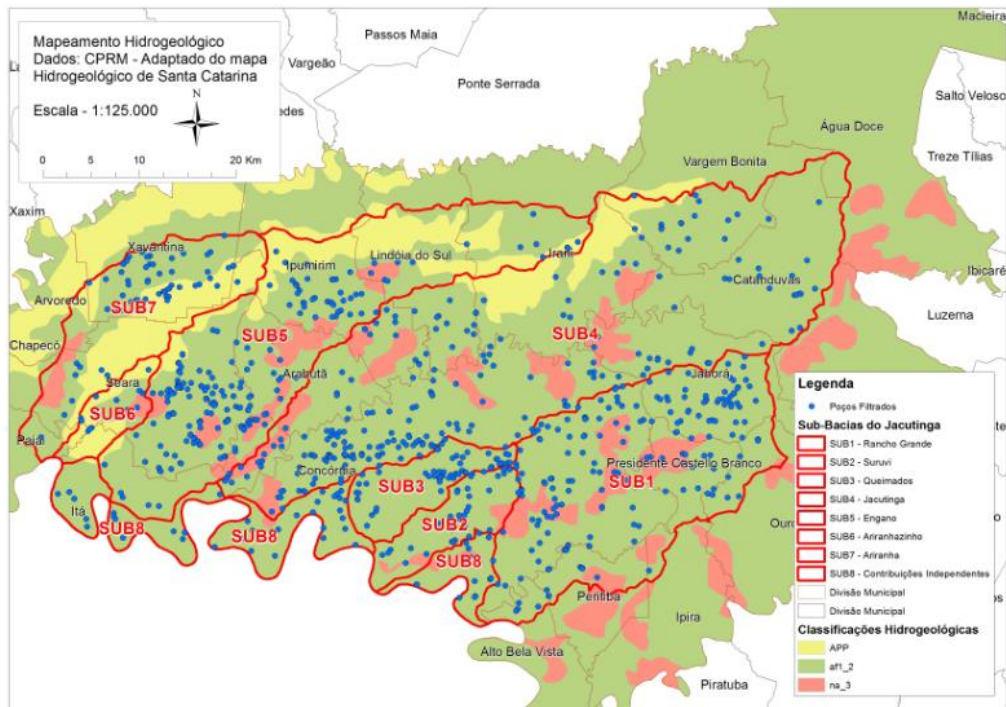


Figura 18 - Mapa hidrogeológico da CPRM, com poços cadastrados pelo CGBJC na Bacia do Jacutinga e Contíguas (Fonte: dados vetoriais adaptados do CGBJC e CPRM – 2013)



Cada uma destas zonas hidrogeológicas contém uma quantidade diferenciada de poços, como pode ser visto na Tabela 8.

**Tabela 8 - Quantidade de poços por zona hidrogeológica**

Zona Hidrogeológica	Quantidade de Poços
af1_2	728
APP	47
na_3	62

Como cada uma destas zonas apresenta uma característica diferente em relação à vazão esperada foram desenvolvidas análises específicas para cada uma delas.

A Tabela 3 (que se encontra no item 4.5 – Caracterização hidrogeológica) caracteriza a zona hidrogeológica “na\_3” (representada em rosa na Figura 18) como sendo áreas de escassas possibilidades de poços tubulares profundos, submetidas a condições hidrogeológicas caracterizadas por aquícludes e aquífugos pouco capazes de prover água e tendo, desta maneira, pouca importância hidrogeológica.

Nos limites dos polígonos classificados pela CPRM como “na\_3” foram localizados, no levantamento efetuado pela Bacia do Jacutinga, 62 poços, sendo que para estes a média de vazão informada é de 7,35 m<sup>3</sup>/h. Dentre estes o de menor vazão é de 0,5 m<sup>3</sup>/h e o de maior, reporta uma vazão de 20 m<sup>3</sup>/h, que foi o limite estipulado para a filtragem destes dados.

A Figura 19 apresenta a distribuição de poços da região hidrogeológica na\_3 de acordo com os intervalos de profundidades e respectivas vazões médias.

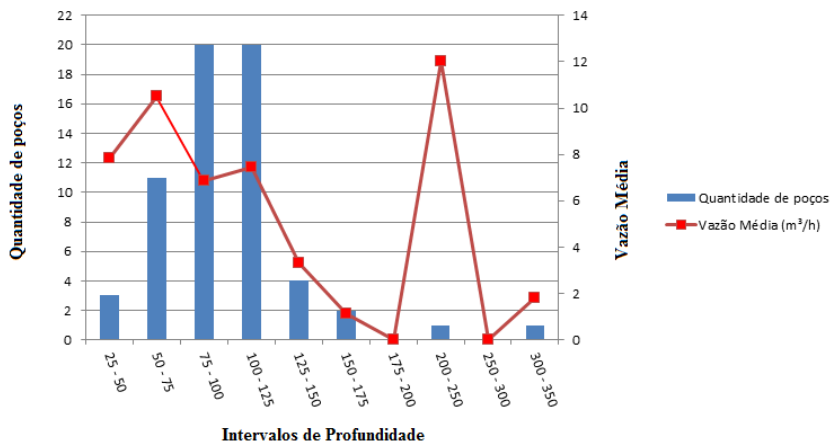


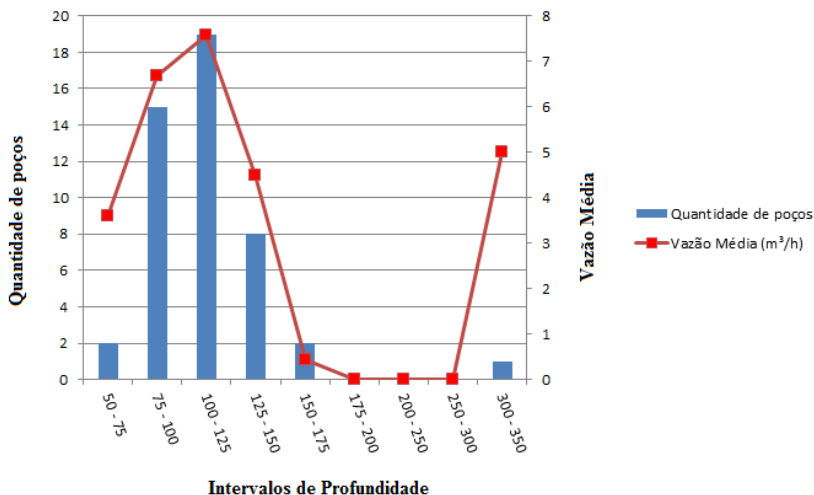
Figura 19 - Frequência de poços e vazão média (m³/h) de acordo com as profundidades na zona hidrogeológica "na\_3"(Fonte: dados adaptados do CGBJC e mapa hidrogeológico de Santa Catarina – 2014)

Nesta zona hidrogeológica (na\_3) existem, portanto, diversos poços com vazões consideráveis, em discordância com os dados expostos pela CPRM em seu mapa hidrogeológico, apesar de 28 poços (45,16%) apresentarem vazão igual ou abaixo de 5m³/h.

De acordo com o mapa hidrogeológico, a zona hidrogeológica “app” (indicada pela cor amarela na (Figura 18) também é caracterizada como sendo de baixa produtividade hídrica para perfuração através de poços tubulares. As vazões prováveis raramente ultrapassariam os 3m³/h, no entanto, também é descrita, para o conjunto desta zona no estado a existência de poços que captam água de aquíferos locais e que alcançam vazões de até 10 m³/h.

Na área estudada foram cadastrados no total 47 poços em polígonos correspondentes a esta zona (Figura 18). A vazão mínima é de 0,4 m³/h e a máxima de 9 m³/h, sendo que 19 poços (40,42%) teriam vazão igual ou abaixo de 5m³/h. A vazão média é de 5,93 m³/h.

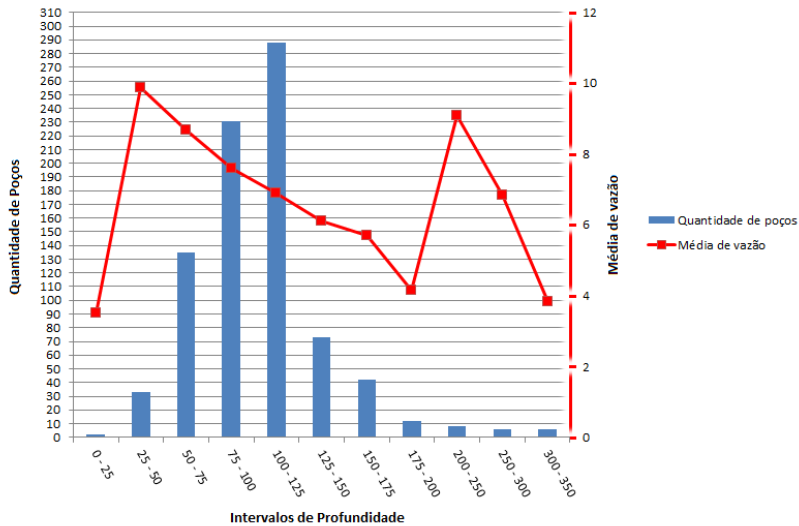
A Figura 20 apresenta a frequência de poços e vazão média (m³/h) de acordo com as profundidades, da região hidrogeológica “app”:



**Figura 20 - Frequência de poços e vazão média (m³/h) de acordo com a profundidade na zona hidrogeológica "app" (Fonte: dados adaptados do CGBJC e mapa hidrogeológico de Santa Catarina - 2014)**

A zona hidrogeológica designada como “af1\_2” (indicada pela cor verde na Figura 18) corresponde a uma caracterização hidrogeológica mais favorável à produção de água em relação às outras previamente citadas. De acordo com o mapeamento da CPRM (2013) a vazão esperada nestas áreas é da ordem de 5 a 40 m³/h, sendo aconselhada a perfuração de poços com profundidades na ordem dos 150 metros. A importância hidrogeológica desta zona é grande devido à sua maior abrangência e produtividade, e ao fato de conter os principais núcleos de povoamento da Bacia.

Na área classificada como “af1\_2”, foram cadastrados 739 poços. A vazão média para os referidos poços é de 7,40 m³/h sendo que a mínima é de 0,09 m³/h e a máxima, a de 20 m³/h. A Figura 21 apresenta a frequência de poços e vazão média (m³/h) de acordo com as profundidades, da região hidrogeológica af1\_2.



**Figura 21 - Frequência de poços e vazão média (m³/h) de acordo com as profundidades, na zona hidrogeológica "af1\_2"(Fonte: dados adaptados do CGBJC)**

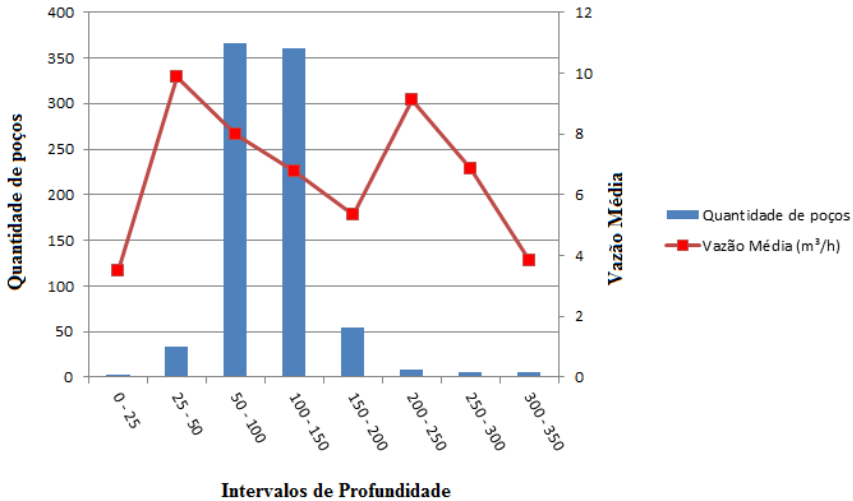
A distribuição do número de poços pelos intervalos de profundidade é muito semelhante nas três zonas consideradas (apresentadas na Figura 21), apesar do tamanho das respectivas amostras e de que nas regiões hidrogeológicas “na\_3” e “af1\_2” existe um brusco aumento de média de vazão no intervalo de profundidade que vai dos 200 a 250 metros.

### **6.3.2. Relação entre profundidade e produtividade de poços para toda a Bacia do Jacutinga e Contíguos**

Após a filtragem destes poços foi possível desenvolver as análises de vazões de acordo com faixas de profundidade para que fossem identificadas quais as faixas mais produtivas para perfuração de poços tubulares profundos utilizando toda a área da Bacia do Jacutinga e Contíguos. Nesta correlação foram empregados 837 poços.

Foram geradas 8 faixas de profundidade, que partem de zero (0) até os trezentos e cinquenta (350) metros de profundidade. As faixas foram geradas com intervalos de vinte e cinco (25) metros até uma profundidade de cinquenta (50) metros e com intervalos de cinquenta (50) metros até alcançar a profundidade de trezentos e cinquenta (350) metros.

Na Figura 22 é possível verificar o gráfico de média de vazão de poços por intervalo de profundidade.



**Figura 22 - Gráfico de média geral da vazão por intervalo de profundidade para os 837 poços. (Fonte: dados adaptados do CGBJC)**

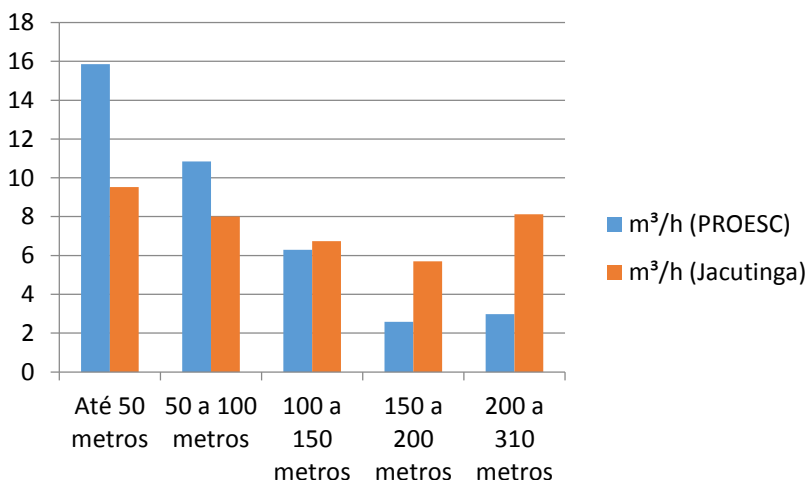
A Figura 22 apresenta os dados de profundidade e vazão dos poços considerando somente os que foram filtrados. Nela é possível verificar que as maiores vazões médias não correspondem às maiores profundidades e sim aos intervalos de 25 a 50 e 200 a 250 metros de profundidade.

De acordo com os dados do Projeto Oeste de Santa Catarina - PROESC (2002) a profundidade de poços para a captação de água variou dos 24 aos 310 metros, levando em consideração o aquífero fraturado, sendo que a profundidade média foi de 117,01 m. Para os poços filtrados (837) do cadastramento realizado dentro da Bacia do Jacutinga, o poço que consta como sendo de menor profundidade é de 14 metros e o de maior é de 350 metros, com uma média de 102 metros de profundidade.

Ainda de acordo com o PROESC (pag. 67), não seria recomendada a perfuração de poços em rocha basáltica em profundidades que ultrapassem os 150 metros, pois, quando perfurados em rocha basáltica, a vazão dos poços diminuiria com o aprofundamento, devido ao aumento do espaçamento entre as fraturas e consequente redução dos espaços vazios.

Nos poços selecionados após a filtragem para a Bacia do Jacutinga e Contíguos, é possível perceber uma gradativa redução da vazão até os 150 metros de profundidade, no entanto, o intervalo de 200 a 300 metros apresenta um aumento da vazão média (embora para um reduzido número total de poços): são apenas 14 poços, com vazões que variam desde os 0,4 aos 18 m<sup>3</sup>/h, sendo 6 com vazões superiores aos 10 m<sup>3</sup>/h.

De acordo com o citado pelo relatório do PROESC (2002), a média geral da vazão para os poços perfurados no aquífero fraturado seria de 7,7 m<sup>3</sup>/h, enquanto para os 837 poços cadastrados e filtrados na Bacia do Jacutinga a média é de 9,52 m<sup>3</sup>/h. A comparação da vazão por intervalos de profundidades nos dois levantamentos (PROESC e poços da Bacia do Jacutinga) pode ser verificada na Figura 23.



**Figura 23 - Comparativo de vazão por intervalos de profundidade. (Fonte: PROESC e CGBJC)**

Os intervalos de profundidades demonstrados na Figura 23 são diferentes dos apresentados em figuras anteriores pelo fato de serem os utilizados no relatório do Projeto Oeste de Santa Catarina. Através da interpretação dos dados demonstrados na Figura 23 é possível perceber que para os dados da PROESC e para os dados fornecidos pelo Comitê de Gerenciamento da Bacia do Jacutinga e Contíguos existe uma queda

contínua de vazão até o intervalo dos 150 aos 200 metros e no intervalo dos 200 a 310 metros de profundidade ocorre um suave acréscimo desta vazão média.

### **6.3.3. Correlação da vazão de poços com lineamentos geológicos**

A utilização de poços tubulares para a captação de água no aquífero Serra Geral requisita diferentes tipos de informações, sendo elas de natureza estrutural, geológica e hidrogeológica. Reginato; Strieder (2002), que realizaram um estudo relativo ao cruzamento de dados de vazões de poços tubulares e lineamentos identificados no Aquífero Serra Geral, na bacia hidrográfica Taquari–Antas, que está localizada no estado do Rio Grande do Sul, ressaltam que, no caso deste aquífero, a componente estrutural possui grande influência devido a corresponder às suas áreas de recarga e conexão com o aquífero que está logo abaixo, o Aquífero Guarani.

Interpretar as imagens de satélite com o foco de identificar estes lineamentos possui, neste trabalho, o objetivo de conseguir cruzar as informações de vazão dos poços com a localização destes lineamentos, visando identificar a eventual influência da proximidade destas estruturas geológicas com as vazões.

Para esta análise foram utilizados os 837 poços que passaram pelo processo de filtragem descrito no item 6.2 - Filtragem de dados dos poços.

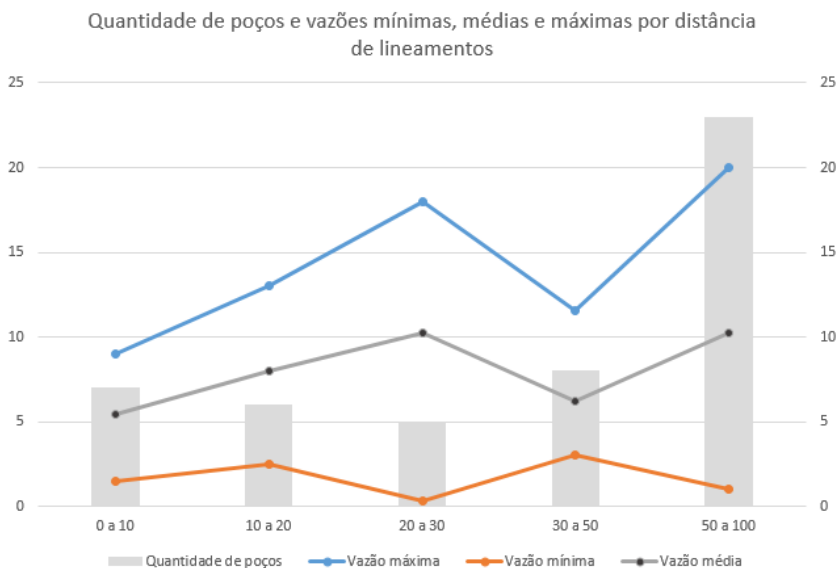
Como descrito no item 6.1.1 deste trabalho, foi desenvolvido um mapa com a representação de um Modelo Digital de Terreno com iluminação proveniente de Nordeste e Noroeste para que fossem mais facilmente identificados os lineamentos geológicos existentes na área da Bacia do Jacutinga (Figura 12).

Após esta identificação dos lineamentos foram locados nas imagens os poços, para que desta forma fosse possível realizar a seleção dos mais próximos de lineamentos utilizando ferramentas do software GIS para seleção espacial (*select by location*). Esta atividade teve como hipótese condutora a de que poderiam ser constatadas maiores vazões à



medida que os poços estivessem localizados mais próximos aos lineamentos, podendo-se desta forma, evidenciar uma influência positiva destes na produtividade dos poços.

A verificação para os poços foi realizada com critério de seleção de acordo com intervalos de distâncias (até o máximo de 100 metros) entre os lineamentos e os poços, obtendo-se um total de 49 poços nesta condição. Estes intervalos que vão até os 100 metros foram definidos devido à escala em que foi trabalhado o mapa de lineamentos (Figura 14, escala de 1:150.000) e ao equipamento utilizado para a coleta de dados de localização de poços que foi um GPS de navegação que trabalham geralmente com precisões menores que 10 metros (Tonello, 2011).



**Figura 24 - Relação de número dos poços e vazão média de acordo com distância de lineamentos geológicos (Fonte: dados adaptados do CGBJC)**

Na Figura 24 observa-se que é relativamente pequeno o número de poços situados a menos de 50 metros de distância de lineamentos observados nos mapas e que não há sugestão de diferença apreciável de vazão nos poços situados mais próximos aos lineamentos. Para os poços situados nesta distância de até 50 metros do lineamento a média de

vazão é de 7,18 m<sup>3</sup>/h, pouco abaixo da média de vazão existente para todos os dados filtrados da bacia que é de 7,32 m<sup>3</sup>/h.

Nas correlações realizadas é importante levar em consideração que em vários lineamentos formam-se cursos d'água ou cristas de morros, onde não são instalados poços.

Também foi cogitada a possibilidade de maiores vazões em áreas de intersecções de lineamentos geológicos. Para executar esta análise foi realizada uma identificação destas áreas em que existem as intersecções e demarcado um ponto sobre os locais. Através destes pontos foram realizadas consultas espaciais de acordo com raios de 10, 20, 30, 50 e 100 metros. Esta seleção espacial pode ser realizada através da ferramenta *Select by location*, mas não retornou nenhum valor significativo, porque o poço mais próximo a uma destas intersecções de lineamentos está a 410 metros de distância.

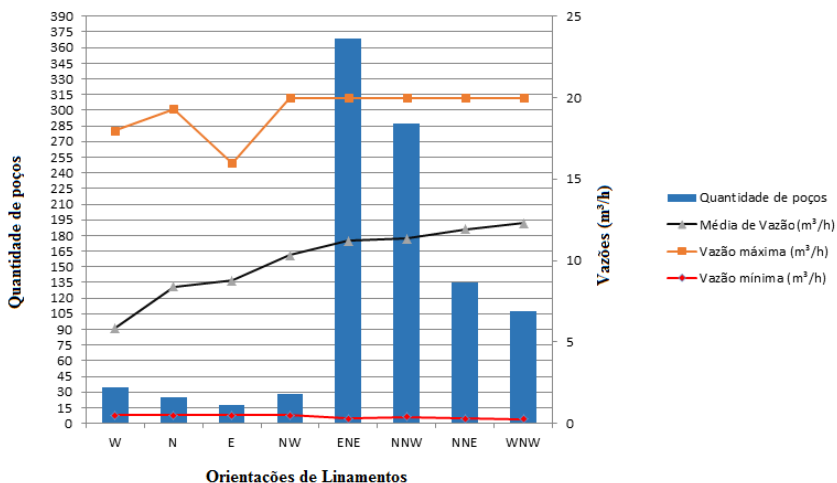
#### **6.3.4. Correlação da vazão de poços com as orientações dos lineamentos geológicos**

Ainda de acordo com Reginato e Strieder (2002), as fraturas orientadas a NW são de grande importância na sua área de estudo, devido a corresponderem às maiores vazões. Esta conclusão foi dada para uma área no mesmo aquífero, embora no RS, sendo, portanto, de interesse averiguar se a conclusão seria passível de aplicação na Bacia do Rio Jacutinga e Contíguos.

Esta análise de vazão de poços de acordo com a orientação de lineamentos também foi descrita por Neves et al. (2002), que estudaram esta temática aplicada ao município de Vinhedo, no estado de São Paulo. Seu trabalho conclui que a vazão não possui uma relação direta com a profundidade quando se trata de aquíferos fissurais, mas que os poços mais produtivos da respectiva área de estudo estão localizados próximos a lineamentos de orientação N-S a NNW-SSE; comentam, ainda, que a topografia pode ser de grande influência de acordo com a localidade em que é realizada a análise. No caso referente ao estudo de

Vinhedo, o alinhamento que é indicado como de maior vazão de água possui de um lado uma encosta mais íngreme, e do lado oposto, uma de declividade mais suavizada, possibilitando um acúmulo de águas que propiciam uma maior produtividade dos poços.

Para realizar a análise de acordo com as direções das fraturas para a Bacia do Jacutinga e Contíguos foi utilizada mais uma vez a ferramenta de seleção espacial “*Select by location*” do ArcGis. Esta ferramenta agrega os valores do elemento (que pode ser ponto, linha ou polígono) mais próximo da feição desejada, sendo possível unificar os atributos de cada lineamento e dos poços. Como os lineamentos foram classificados de acordo com sua orientação no item 6.1.2 (Identificação de lineamentos geológicos) todos os poços agregaram em seus atributos a orientação do lineamento mais próximo, sendo possível a verificação das médias de vazões de acordo com estas informações de angulação. Nesta análise também foram considerados mil e noventa e dois (1092) poços, que estão dentro da área da Bacia do Jacutinga e que possuem vazão informada, independentemente da sua profundidade. A Figura 25 demonstra a vazão média por orientação do lineamento mais próximo.



**Figura 25 - Média de vazão por orientação de lineamento mais próximo na Bacia do Jacutinga (Fonte: autor)**

Na Figura 25 os dados de média de vazão foram colocados em ordem crescente para que se pudessem destacar os lineamentos que apresentam os maiores destes valores. Tomando como referência as vazões médias maiores do que 10 m<sup>3</sup>/h, as orientações mais produtivas seriam NW, ENE, NNW, NNE e WNW, destacando-se a orientação WNW, com vazão média situando-se entre 12 e 12,5 m<sup>3</sup>/h. Levando em consideração a maior vazão somente os de orientação W, N e E tiveram uma menor produtividade em relação aos 20 m<sup>3</sup>/h das outras orientações.

### **6.3.5. Correlação de densidade de poços, áreas urbanizadas e rodovias.**

Com a finalidade de analisar a distribuição espacial dos poços em relação às áreas urbanizadas e também às rodovias foram desenvolvidos cruzamentos de dados para a seleção dos poços. Esta atividade foi desenvolvida levando em consideração a totalidade dos poços dentro dos municípios que fazem contato com a Bacia do Jacutinga e Contíguos (1989 poços).

O arquivo utilizado para a identificação das áreas urbanizadas é disponibilizado gratuitamente pelo IBGE, que realizou este mapeamento em escala de 1:250.000. Este dado foi alterado para que a geometria dos polígonos fosse mais coerente com as áreas urbanizadas de cada município. Este ajuste de geometria foi realizado através do software Google Earth numa altitude de visão de 6 quilômetros para todos os polígonos de urbanização disponibilizados pelo IBGE para a área, que são um total de 22.

Os ajustes de geometria foram realizados em todos os polígonos apontados pelo arquivo original do IBGE e também foram realizadas complementações de dados inserindo áreas urbanizadas que foram identificadas através do Google Earth. Foram consideradas áreas urbanizadas aquelas onde existem edificações aglomeradas tanto para moradia quanto para finalidades industriais ou comerciais, resultando num total de trinta (30) polígonos, sendo que em alguns municípios existe mais de um.

A quantidade de poços inseridos nas áreas urbanizadas é de 229 dentre o total de 1989 cadastrados dentro dos limites da Bacia do Jacutinga e Contíguos, indicando que o restante e maioria dos poços estão fora destas áreas urbanizadas. Percentualmente, são 11,51% dos poços que se encontram nas áreas urbanizadas e 88,49% estão fora, podendo ser encaixados em área rural. Esta distribuição está representada na Figura 26.

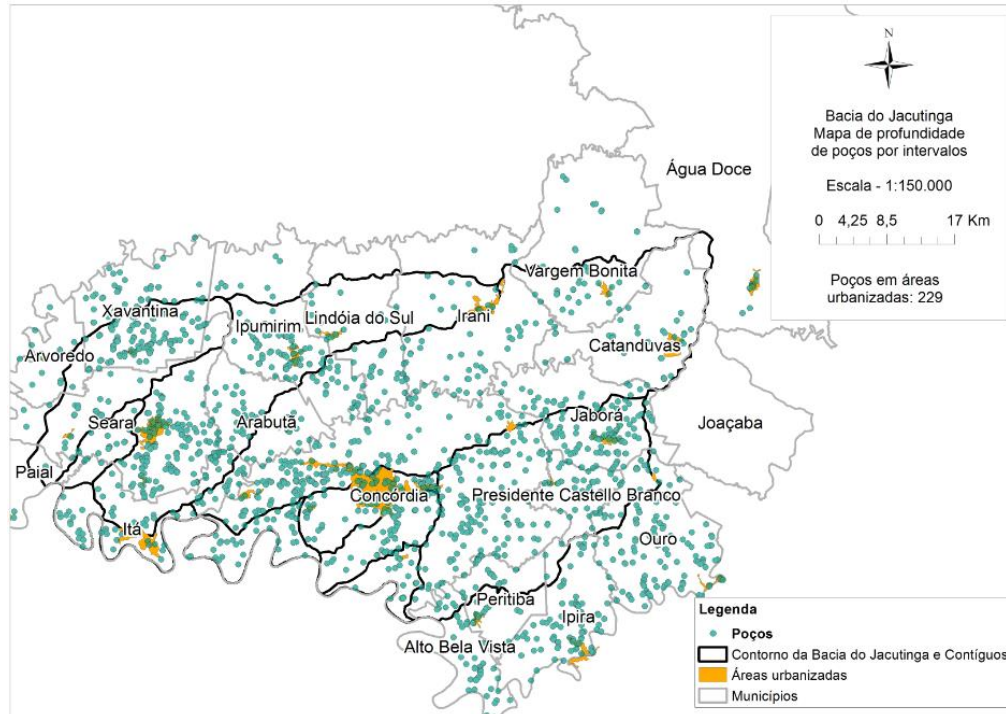


Figura 26 - Áreas Urbanizadas e distribuição de poços dentro da Bacia do Jacutinga. (Fonte: Dados vetoriais de áreas urbanizadas adaptados do IBGE)

Para que os resultados quantitativos de poços possam ser demonstrados de uma maneira percentual a Tabela 9 apresenta as quantidades de poços em áreas urbanizadas (com os nomes destas áreas urbanizadas), a área do município e a densidade de poços por km<sup>2</sup>, tanto do total do município quanto para as áreas urbanizadas dentro destes.

Tabela 9 – Áreas, quantidades e densidades de poços dentro da área do município e das áreas urbanas.

Município	Área total (km <sup>2</sup> )	Quantidade de poços	Densidade (poços / km <sup>2</sup> )	Nome da Área Urbana	Área (km <sup>2</sup> )	Quantidade de poços	Densidade (poços / km <sup>2</sup> )	Porcentagem de poços na área urbana do município (%)
Água Doce	1313	11	0,008378	Água Doce	2,305366	10	4,337706	90,9
Arabutã	132,2	62	0,468986	Arabutã	1,31763	4	3,035754	6,45
				Nova Estrela	0,209709	1	4,768513	1,61
Arvoredo	90,7	34	0,374862	Arvoredo	0,564983	6	10,61979	17,64
Catanduvas	198	40	0,20202	Catanduvas	4,65945	13	2,790029	32,5
Concórdia	797,3	585	0,733726	Engenho Velho	1,542282	2	1,29678	0,34
				Presidente Kennedy	0,501387	3	5,983402	0,51
				Concórdia	28,7088	90	3,134927	15,38
				Santo Antônio	2,703761	3	1,109566	0,51
				Planalto	1,071649	0	0	0



				Linha São Roque	0,420181	0	0	0
Ipira	155,4	105	0,675676	Ipira	1,741157	5	2,871654	4,76
Ipumirim	247,1	116	0,469446	Ipumirim	2,427883	7	2,88317	6,03
Irani	327	76	0,232416	Irani	4,260027	6	1,408442	7,89
Itá	165,5	88	0,531722	Itá	7,076204	3	0,423956	3,409
Jaborá	191	144	0,753927	Jaborá	2,586957	20	7,731091	13,88
Lindóia do Sul	189,6	47	0,24789	Lindóia do Sul	1,47199	3	2,038057	6,38
Ouro	212,7	135	0,634697	Santa Lúcia	0,382599	0	0	0
				Ouro	1,279164	5	3,908803	3,7
Paial	85,8	10	0,11655	Paial	0,457139	2	4,375037	20
Peritiba	96,4	39	0,404564	Peritiba	1,252114	5	3,993247	12,82
Presidente Castelo Branco	76,94	43	0,558877	Presidente Castelo Branco	0,427948	1	2,336733	2,32
Seara	312,5	197	0,6304	Caraíba	0,633313	4	6,315992	2,03
				Nova Teutonia	0,576309	2	3,470361	1,01

				Seara	7,475699	26	3,477936	13,197
Vargem Bonita	298,6	37	0,123912	Vargem Bonita	1,515418	3	1,979652	8,108
Xavantina	215,1	171	0,794979	Xavantina	0,516585	5	9,678949	2,92
				Linha das Palmeiras	0,263685	0	0	0

Para o município de Água Doce a quantidade total de poços é pequena e os que foram mapeados concentram-se na área urbanizada do município, entretanto, para os municípios de Catanduvas, Arvoredo, Concórdia, Jaborá, Paial, Peritiba e Seara os poços mapeados são em maiores quantidades e bem distribuídos no mapa.

A verificação da quantidade absoluta de poços dentro das áreas consideradas urbanizadas não demonstra que existe uma concentração de poços nestas áreas, no entanto, ao fazer a verificação de acordo com as densidades por área respectiva, fica demonstrado que uma grande quantidade de poços está inserida nestes polígonos, com exceção de Itá e outras áreas que não possuem poços.

Para dar continuidade nas correlações da distribuição dos poços foram utilizados dados de rodovias provenientes da EPAGRI em sua Mapoteca Topográfica Digital de Santa Catarina (Epagri/ IBGE, 2004) em que é possível realizar o download de dados vetoriais de rodovias. Este cruzamento de dados espaciais foi desenvolvido para analisar a possível correlação da localização das vias de acesso em relação aos poços. Estes dados serão analisados através da mesma metodologia aplicada para os poços em relação aos lineamentos geológicos, portanto, através de distâncias que serão aplicadas às linhas que representam as feições. Para cada distância aplicada é demonstrada a quantidade de poços através da Tabela 10.

**Tabela 10 - Quantidades de poços selecionados de acordo com a distância de rodovias**

<b>Intervalos de distância (m)</b>	<b>Quantidade de poços</b>
0 – 30	226
30 – 70	332
70 – 100	228
100 – 200	523
200 – 300	239
300 – 400	186
400 – 500	118
<b>TOTAL</b>	<b>1852</b>

O total de poços inseridos na área da Bacia é de 1989 e a maioria destes encontra-se nos limites de 500 metros de distância para rodovias sendo somente 137 poços que não contemplados nesta distância. Somando os intervalos que se limitam aos 100 metros o total de poços é de 786, sendo assim, mais que os intervalos seguintes. Desta maneira, pode ser interpretado que dentre as faixas, as que mais influenciam na distribuição espacial dos poços são as que vão até o limite de 100 metros de distância das vias de acesso às propriedades e estas representam mais de 1/3 dos poços utilizados nesta análise. A Figura 27 demonstra o mapa com dados de rodovias e poços e evidencia o adensamento de vias existente para a região utilizando os dados da Epagri.

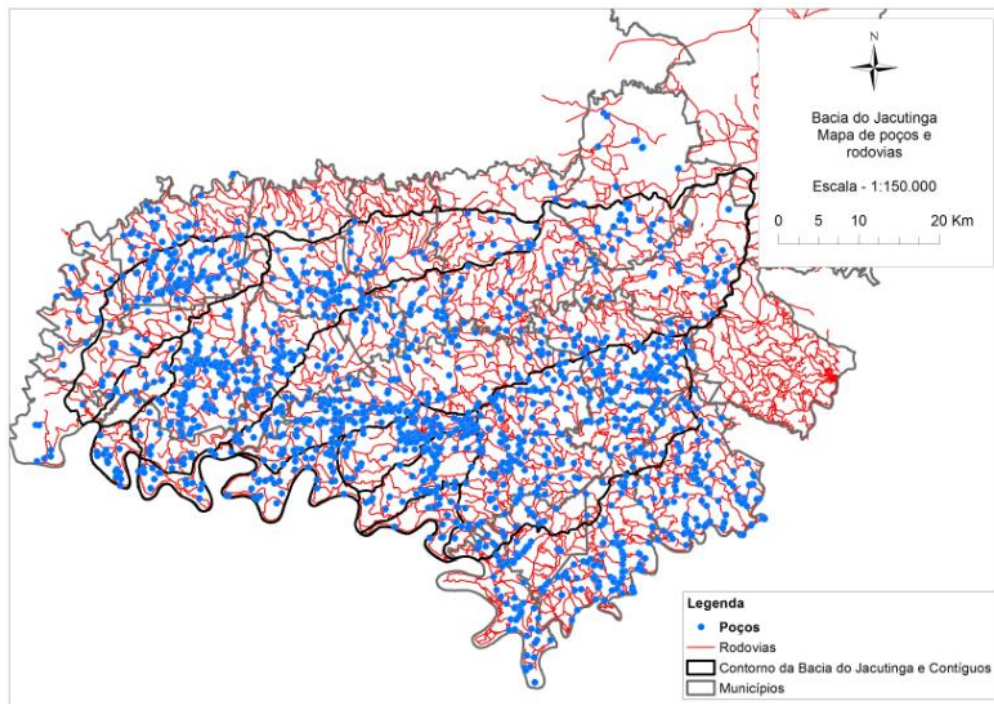


Figura 27 - Mapa de poços e rodovias para a Bacia do Jacutinga (Fontes: Rodovias: Adaptado de Epagri/IBGE, 2004. Poços: Cadastro CGBJC. Elaboração do autor)

## 7. Conclusões

Apesar de ainda ser possível a realização de diversas análises envolvendo outros parâmetros que podem ser captados em campo ou através de sensores remotos é possível verificar que para a área de estudo as seguintes conclusões podem ser formuladas:

- a) Através do mapa hidrogeológico da CPRM é possível identificar que na área da bacia do Jacutinga e Contíguos existem 3 zonas hidrogeológicas. Neste mapa hidrogeológico existem tabelas com descrições das zonas hidrogeológicas e com as expectativas de vazão para cada uma delas e estas não são a realidade de acordo com os dados de poços fornecidos pelo CGBJC. Os dados destes poços demonstram que as médias de vazões são maiores do que as expectativas do mapa hidrogeológico de Santa Catarina para as zonas hidrogeológicas que existem dentro da bacia;
- b) A análise comparativa entre as informações do PROESC e dos poços coletados pelo CGBJC na correlação entre profundidade e vazão dos poços indica que na Bacia do Jacutinga e Contíguos a tendência é muito similar à da área geral de estudo do PROESC, ocorrendo uma vazão média mais alta até os 50 metros e uma sensível diminuição até o intervalo de 150 a 200 metros de profundidade;
- c) A produtividade não está diretamente relacionada à profundidade dos poços pois não é demonstrado que quanto mais profundo é perfurado o poço, maior é sua vazão. Na área da bacia confirma-se o que foi verificado pelo PROESC (pag. 64), que sugere a perfuração de poços até profundidades na ordem de 150 a 200 metros;

- d) Através do uso dos dados SRTM que possuem pixels de tamanho 90 x 90 metros não foi possível concluir que a proximidade dos poços aos lineamentos geológicos resulte num aumento de vazão, mas ao contrário, que os poços que se encontram numa distância de até 50 metros desses lineamentos possuem uma vazão abaixo da média dos poços considerados para toda a área da Bacia do Jacutinga e Contíguos. A utilização de uma fonte de dados diferente que apresente uma melhor resolução espacial pode apresentar resultados diferentes para esta análise;
- e) As orientações predominantes dos lineamentos traçados dentro da área da Bacia do Jacutinga e Contíguos mostram pequenas diferenças em relação à área de estudo total do PROESC e, de modo geral, tendem a ser direcionadas para NW e NE.
- f) Levando em consideração a quantidade de poços utilizados e inseridos nas áreas dos municípios é demonstrado que, em geral, as áreas urbanizadas abrigam uma maior concentração de poços;
- g) A distribuição espacial dos poços está muito vinculada aos acessos rodoviários às propriedades, sendo que mais de 1/3 dos poços analisados estão localizados a menos de 100 metros de distância das rodovias.

As possibilidades de utilização de dados em correlações é muito grande e varia de acordo com o usuário. A utilização destes dados também é válida para manter e atualizar o cadastro de poços perfurados nos municípios que estão abrangidos pela área de estudo e espera auxiliar o Comitê de Gerenciamento da Bacia do Jacutinga e Contíguos no desenvolvimento de novos estudos ou políticas públicas que venham a ser criadas.

Para trabalhos futuros recomenda-se a utilização de dados altimétricos com fonte diferente do SRTM e com melhor resolução

espacial, desta forma, sendo possível a identificação de uma maior quantidade de lineamentos.



## Referências

ÁGUAS PARANÁ, Instituto de Águas do Paraná. **O que é um Aquífero?** Curitiba, Paraná. Acesso em 04/11/2014. Disponível em <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=63>>

ALVES, P. A.; MATTEI, L. F.. **Migrações no Oeste Catarinense: História e elementos explicativos**. XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP. Caxambu – MG, 2006.

ANA, Agência Nacional de Águas. **A História do Uso da Água no Brasil** / Organizado por Dalvino Troccoli França. 2007. 249 p.

AWDZIEJ, J., et al. **Mapa geológico de Santa Catarina**. DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. 1986.

BENEZ, M., et. al. **Programa Estadual de Competitividade da Agricultura Familiar**. Programa Santa Catarina Rural/ MicroBacias 3. 2010. Disponível em: <[http://www.scrural.sc.gov.br/wp-content/uploads/2014/04/Doc-Avaliacao-Ambiental-SC-Rural\\_Final\\_25-janeiro.pdf](http://www.scrural.sc.gov.br/wp-content/uploads/2014/04/Doc-Avaliacao-Ambiental-SC-Rural_Final_25-janeiro.pdf)>

BRASIL. **Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm) >

DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. Brasília, EMBRAPA, 2004. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>>

COLETTI, T. **Agroindústria suinícola e agricultura familiar: uma crônica sobre a trajetória histórica no oeste catarinense**. Tomé

Coletti. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC – 2009. Dissertação de mestrado em Economia.

COMASSETTO, V.; MATTHIENSEN, A.; ALVES, J.; FAVASSA, C. T. A.; YABIKU, V.M.; WASKIEWIK, M. E.; BÓLICO, J. **Diagnóstico das águas subterrâneas na Bacia do Rio Jacutinga e Contíguos**. Artigo apresentado no XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Minas Gerais, 2014.

CORAZZA, G. **Traços da Formação Socioeconômica do Oeste Catarinense**. Universidade Fronteira Sul. Apresentado no VII Encontro de Economia Catarinense. 2014. (Disponível em: <[http://www.apec.unesc.net/VII\\_EEC/sessoes\\_tematicas/%C3%81rea%204%20Hist%20Econ/TRA%C3%87OS%20DA%20FORMA%C3%87%C3%83O%20SOCIOECONOMICA.pdf](http://www.apec.unesc.net/VII_EEC/sessoes_tematicas/%C3%81rea%204%20Hist%20Econ/TRA%C3%87OS%20DA%20FORMA%C3%87%C3%83O%20SOCIOECONOMICA.pdf)>

DEFESA CIVIL. **Relatório de Estiagem**. Disponível em: <[http://www.defesacivil.sc.gov.br/index.php/banco-de-precos/cat\\_view/8-relatorios.html](http://www.defesacivil.sc.gov.br/index.php/banco-de-precos/cat_view/8-relatorios.html)>

FARR, T. G., et al. **The Shuttle Radar Topography Mission**, 43p. Rev. Geophys. 2007. Disponível em <[http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/SRTM\\_paper.pdf](http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/SRTM_paper.pdf)>

FILIPINI, G. T. R. **Os recursos hídricos na Bacia do Jacutinga, meio oeste de Santa Catarina: usos da terra e qualidade das águas**. Tese de doutorado em geografia. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 2013.

FREITAS, M. A., Org. **Diagnóstico dos recursos hídricos subterrâneos do oeste do Estado de Santa Catarina – Projeto Oeste de Santa Catarina** / Organizado por Marcos A. de Freitas; Bráulio R. Caye; José L. F. Machado. Porto Alegre: CPRM/SDM-SC/ DAS-SC/EPAGRI, 2002. 100 p.

N.M.S.Q. Gama, C.K. Togashi, N.T. Ferreira, M.R. Buim, E.L. Guastalli, D.A.M. Fiagá. **Conhecendo a água utilizada para aves de produção.** 2008.7p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Infográficos: evolução populacional e pirâmide etária.** Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/populacao.php?lang=&codmun=420430&search=santa-catarina|concordia|infograficos:-evolucao-populacional-e-piramide-etaria>>

LIU, C. C. **Análise estrutural de lineamentos em imagens de sensoriamento remoto: aplicação ao estado do Rio de Janeiro.** 1984. 157 p. Tese de Doutorado - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984. Disponível em <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte@80/2008/07.24.14.00/doc/282-293.pdf>>

LOCH, R. E. N. **Cartografia: representação, comunicação e visualização de dados espaciais.** Florianópolis: Ed. da UFSC, 2006. 313 p.

LOPES, A. R. B. C. **Recursos hídricos e uso da terra na Bacia do Rio do Peixe/SC, mapeamento das áreas de vulnerabilidade e risco de contaminação do Sistema Aquífero Serra Geral.** Tese de doutorado em geografia. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 2012.

MACHADO, J. L. F. **Mapa Hidrogeológico de Santa Catarina/ José Luiz Flores Machado.** – Porto Alegre: CPRM, 2013. (CD-ROM. Cartas Hidrogeológicas Estaduais)

Mapoteca Topográfica Digital de Santa Catarina. Epagri/ IBGE, 2004.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Água: Um recurso cada vez mais ameaçado.** 2009. 16 p.

NANNI, A. S. **O flúor em águas do Sistema Aquífero Serra Geral no Rio Grande do Sul: origem e condicionamento geológico.** 115 p. Tese de Doutorado – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

NANNI, A. S.; FREITAS, M. A.; BINOTTO, R. B.; RODRIGUES, A. L. M. Avaliação de influências antrópicas na qualidade das águas subterrâneas no noroeste do estado do Rio Grande do Sul. 2012. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/Art\\_infu\\_Binotto.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/Art_infu_Binotto.pdf)>

NEVES, M. A., PEREIRA, S. Y., MORALES, N. **Comportamento do aquífero fissural na microBacia do córrego da cachoeira, município de Vinhedos (SP).** 2002. Artigo disponível em: <<http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/download/22065/14426>>

OLIVERA, D. B.; MORENO, R.S.; MIRANDA, D. J., RIBEIRO, C. S.; SEOANE, J. C. S., MELO, C. L. Elaboração de um mapa de lineamento estrutural e densidade de lineamentos através de imagem SRTM, em uma área ao norte do rio Doce, ES. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Artigo apresentado no XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal-RN, 2009. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.23.12/doc/4157-4163.pdf?languagebutton=pt-BR>>

PRATT, M.. **Adding Fields to a ShapefileAttribute Table in ArcGis.**2002. Disponível em <[http://www.esri.com/news/arcuser/1002/files/table\\_2.pdf](http://www.esri.com/news/arcuser/1002/files/table_2.pdf). Acesso em 02/04/2014>

REGINATO, P. A. R.; STRIEDER, A. J. **Extração de lineamentos visando a prospecção de aquíferos fraturados na Formação Serra Geral.** Artigo publicado no VII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, São Paulo. 2002. Acesso realizado em 20/06/2014.

Disponível

em:

<<http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22450>>

RODRIGUEZ, E., C.S. MORRIS, J.E. BELZ, E.C. CHAPIN, J.M. MARTIN, W.DAFFER, S. HENSLEY, 2005, **An assessment of the SRTM topographic products**, Technical Report JPL D-31639, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California, 143 pp.

ROLDAN, L. F.; MACHADO. R.; STEINER, S.; WARREN, L. **Análise de Lineamentos Estruturais no Domo de Lages (SC) com uso de Imagens de Satélite e Mapas de Relevo Sombreado**. Revista do Instituto de Geociências – USP. São Paulo, julho 2010, p. 57-72. Disponível em <<http://ppeggeo.igc.usp.br/pdf/guspssc/v10n2/05.pdf>>. Acesso em 01/04/2014>

ROHDEN, F. et al. **Monitoramento microbiológico de águas subterrâneas em cidades do Extremo Oeste de Santa Catarina**. Revista Ciência e saúde coletiva, Dez 2009, vol.14, no.6, p.2199-2203.

SACCO, F. G. **Configurações atmosféricas em eventos de estiagem de 2001 a 2006 na mesorregião do oeste catarinense**. Dissertação de mestrado. UFSC. 2010. Disponível em: <http://www.labclima.ufsc.br/files/2010/04/Configura%C3%A7%C3%B5es-atmosf%C3%A9ricas-em-eventos-de-estiagem-de-2001-a-2006-na-mesorregi%C3%A3o-Oeste-catarinense.pdf>

SCHEIBE, L. F. **A Geologia de Santa Catarina – Sinopse provisória**. Revista Geosul. Florianópolis, 1986. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/viewFile/12542/1181>>

SCHEIBE, L. F. **UFSC Entrevista**. UFSC, Florianópolis, 2013.

SCHEIBE, L. F.; HIRATA, R. C. A. **O contexto tectônico dos sistemas aquífero Guarani e Serra Geral em Santa Catarina: Uma revisão.** XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2008. Disponível em: <http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23794>. Acesso em: 25/07/2014

SIAGAS. Siagasweb. **Sistema de Informação de Águas Subterrâneas.** Disponível em: [http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar\\_mapa.php](http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar_mapa.php) Acesso em: 25 de março de 2014.

TOMASONI, M. A.; PINTO, J. E. S.; SILVA, H. P. **A questão dos recursos hídricos e as perspectivas para o Brasil.** Geotextos, vol 5, n 2. 2009.

TONELLO, Maurício Sonda Tonello, BORTOLUZZI, Edson Campanhola. **Viabilidade Técnica do uso de receptores GPS de navegação para fins de amostragem sistemática do solo.** Revista Brasileira de Ciência do solo, n<sup>o</sup>2. Viçosa – MG. Abril de 2011.

VIEIRA, Luiz Marcelino, Org. Síntese anual da Agricultura de Santa Catarina 2012-2013. EPAGRI/CEPA. 177p. Disponível em: [http://cepa.epagri.sc.gov.br/Publicacoes/Sintese\\_2013/sintese-2013.pdf](http://cepa.epagri.sc.gov.br/Publicacoes/Sintese_2013/sintese-2013.pdf)

ZANATTA, L. C.; COITINHO, J. B. L. Utilização de poços profundos no Aquífero Guarani para abastecimento público em Santa Catarina. Artigo apresentado no XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas – 2002. Disponível em: <http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22740>