

**JOSIANI CORDOVA DE OLIVEIRA**

**CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO PONTE GRANDE NO MUNICÍPIO  
DE LAGES-SC**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Florestal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador: Valter Antonio Becegato

**LAGES, SC  
2015**

Oliveira, Josiani Cordova de  
Caracterização ambiental da bacia hidrográfica do  
Rio Ponte Grande no município de Lages-SC /  
Josiani Cordova de Oliveira. - Lages, 2015.

152 p.: il.; 21 cm

Orientador: Valter Antonio Becegato

Inclui bibliografia

Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado  
de Santa Catarina, Centro de Ciências  
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em  
Produção Vegetal, Lages, 2015.

1. Qualidade ambiental. 2. Área urbana. 3.  
Ocupação do solo. 4. Enquadramento. I. Oliveira,  
Josiani Cordova de. II. Becegato, Valter Antonio.  
III. Universidade do Estado de Santa Catarina.  
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal.  
IV. Caracterização ambiental da bacia  
hidrográfica do Rio Ponte Grande no município de  
Lages-SC

Ficha catalográfica elaborada pelo aluno.

**JOSIANI CORDOVA DE OLIVEIRA**

**CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO PONTE GRANDE NO MUNICÍPIO  
LAGES-SC**

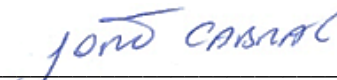
Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Florestal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

**Banca examinadora**

Orientador: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Valter Antonio Becegato  
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro: \_\_\_\_\_

  
Prof. Dr. João Batista Pereira Cabral  
Universidade Federal de Goiás

Membro: \_\_\_\_\_

Prof. Dra Indianara Fernanda Barcarolli  
Universidade do Estado de Santa Catarina

**Lages, 01 de setembro de 2015**



## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus.

Logo depois, minha família. Meus pais e meu irmão; José Benedito de Oliveira, Eloí Terezinha Cordova e João Paulo Cordova Oliveira. A estes devo eterna gratidão e amor por tudo que me proporcionaram. Os ensinamentos, a educação, o apoio, as palavras de carinho, a compreensão, a amizade, enfim, meu caráter e índole devem-se a eles.

A minha sobrinha Andra Oliveira Angue, *in memoriam*.

Devo um muito obrigado também a meus fiéis amigos: Deise Cristina, Marcela Padilha, Francielle Paes, Angélica Heinzen e Aline Santos. Esses anos de convivência nos fez muito mais que simples colegas, se hoje eu digo que tenho verdadeiros amigos, é graças a vocês.

Aos amigos e colegas do Laboratório de Avaliação de Impactos Ambientais, o nosso LAIA, pelos momentos de descontração em meio às turbulências: Bruna Mariá, Vitor Becegato, Tamires Deboni, Sandy Giroto e Gabriel Mombach. Aos integrantes do Laboratório de Tratamento de Águas e Resíduos (LABTRAT); Diego Hoefling, Arthur Aguiar, Gean Cembranel, e a Eng<sup>a</sup> Química Mylena Fernandes.

A todos que ajudaram de uma forma ou de outra nas coletas, desde a parte mais simples até a mais complicada; Juliana Dias, Gustavo Lessa, Luan Casagrande e Letícia Fernandes.

Agradeço também ao meu orientador Dr. Valter Antonio Becegato pela orientação, pelos ensinamentos e amizade.

Aos professores Everton Skoronski, Leonardo Josué Biffi, Indianara Barcarolli e Flávio Simioni pelo préstimo e ajuda em determinadas e decisivas etapas do Mestrado.



A Universidade Federal do Rio Grande (FURG), pela disponibilização do laboratório para a realização das análises dos metais pesados.

A Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), pela formação acadêmica gratuita e de qualidade e a Fundação de Amparo a Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que citei, e os que porventura posso ter esquecido, mas que contribuíram de uma forma ou de outra nesses dois anos de Mestrado, o meu sincero muito obrigada.





A estrada da minha vida

Trilhei, na infância querida, composta  
de mil primores, a estrada de minha  
vida, ornamentada de flores. E que  
linda estrada aquela! Encanto, paz e  
beleza; Desde a terra ao grande espaço,  
Em tudo eu notava um traço do pincel  
da natureza...

Patativa do Assaré



## RESUMO

OLIVEIRA, Josiani Cordova. **Caracterização ambiental da bacia hidrográfica do rio Ponte Grande no município de Lages - SC**. 2015. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental - Área: Ecologia de espécies florestais e ecossistemas associados) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Lages-SC, 2015.

O presente estudo teve por objetivo avaliar a qualidade hídrica na bacia hidrográfica do rio Ponte Grande em Lages-SC a partir da identificação dos impactos ambientais nas áreas de preservação ambiental, e da evolução nas formas de ocupação do solo entre 1984 a 2013. Para a determinação da qualidade da água, foram coletadas amostras em 57 pontos da bacia: nascentes, confluências e pontos intermediários. Os parâmetros avaliados foram: temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade, pH, sólidos totais dissolvidos, salinidade, turbidez, cor aparente, fenóis totais, sólidos em suspensão, nitrato, nitrito, amônia total, fósforo total, demanda química de oxigênio (DQO) e os metais pesados: cobre, prata, cádmio, zinco, chumbo e ferro total. A metodologia utilizada nas análises seguiu as orientações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1999). A avaliação do uso do solo foi realizada utilizando-se imagens dos satélites TM-Landsat 5 e 8 dos anos de 1984, 1993, 2003 e 2013. Identificou-se seis classes de uso do solo: agricultura, água, área urbana, campo, mata nativa e reflorestamento. Ao longo dos 29 anos, constatou-se uma ascensão da classe área urbana, em detrimento da queda na classe campo. Até o ano de 2003 a classe predominante era o campo com 44,84%. Em 2013, a ocupação



urbana atingiu 36,8% da área total da bacia. Nas APP's até o ano de 2003 o campo foi predominante sobre os outros usos, com 46,31%; porém, em 2013, a mata nativa detinha 50,83%, deslocando a classe campo para o segundo lugar, com 23,78%. Em 1984, 5,51% das APP's estavam em desacordo com a Lei nº 12.651/2012 (Código Florestal), sem a preservação e manutenção da cobertura florestal ou mata nativa. Em 1993 essa taxa subiu para 12,96%, e em 2003 obteve seu maior índice com 26,54%. Em 2013, pela primeira vez reduziu para 25,26%. Com relação à qualidade da água, dos 21 parâmetros analisados, 12 apresentaram valores fora dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces de classe II. Foram eles: OD (0,7 - 6,99 mg/L), pH (5,19 - 8,05), turbidez (1 - 289 NTU), cor (0,5 - 327 uC), amônia (0,04 - 8,94 mg/L), P (0 - 0,53 mg/L), fenol (0,005 - 0,037 mg/L), Cu (0,04 - 1,34 mg/L), Ag (0,008 - 0,242), Pb (0,05 - 0,36 mg/L), Cd (0,003 - 0,18 mg/L) e Fe (0,39 - 4,73 mg/L). Isso ocorre devido ao despejo de esgotos domésticos e industriais, deposição de lixo e escoamento de resíduos agrícolas que a rede hidrográfica vem recebendo. As variáveis: sólidos totais dissolvidos, salinidade, sólidos em suspensão, nitrato, nitrito e zinco atenderam aos padrões estabelecidos para a referida classe. Conclui-se então, que o processo de urbanização está impactando não somente a forma de ocupação do solo, mas também a qualidade das águas da bacia.

**Palavras-chave:** Qualidade ambiental. Área urbana. Ocupação do solo. Enquadramento.



## ABSTRACT

OLIVEIRA, Josiani Cordova. **Environmental Characterization of the Ponte Grande River Hydrographic Basin in the city of Lages - SC.** 2015. 152 s. Master's degree (Master's Degree in Forestry – Area: Ecology of Forest Species and Associated Ecosystems) – Santa Catarina State University. Graduate Program in Forestry, Lages, 2015.

The present study aimed to evaluate the hydric quality of the Ponte Grande River hydrographic basin in Lages-SC, through the identification of environmental impacts in the environmental protection areas and the evolution of the ways of land occupation between 1984 and 2013. For the determination of the water quality, samples were collected in 57 points of the basin: river sources, confluences and intermediate points. The evaluated parameters were: temperature, dissolved oxygen, conductivity, pH, total dissolved solids, salinity, turbidity, apparent color, total phenols, total suspended solids, nitrate, nitrite, total ammonia, total phosphorus, Chemical Oxygen Demand (COD) and the following heavy metals: copper, silver, cadmium, zinc, lead and total iron. The methodology utilized in the analyzes followed the orientations of the *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1999). The evaluation of land use was performed using the imagery of the satellites TM-Landsat 5 and 8 from the years of 1984, 1993, 2003 and 2013. Six classes of land use were identified: agriculture, water, urban area, field, native forest and reforested area. For 29 years, an increase of the “urban area” class was noticed, due to the reduction of the “field” class. Until 2003, the predominant class was “field”, with 44.84%. In 2013, the urban occupation reached 36.8% of the total area of the basin. In the





PPAs, until 2003, “field” was predominant compared to the other uses, with 46.31% of the area. However, in 2013, “native forest” reached 50.83%, making “field” go to the second place with 23.78%. In 1984, 5.51% of the PPAs were not under the Law number 12651/2012 (Forest Code), without the preservation and maintenance of the forest or native covers. In 1993, this rate increased to 12.96%, and in 2003, it has obtained its highest value: 26.54%. In 2013, for the first time, it has dropped, reaching 25.56%. Regarding the water quality, from the 21 analyzed parameters, 12 showed values which are outside of the limits established by the CONAMA Resolution number 357/2005 for class II fresh waters. They were: DO (0.7 - 6.99 mg/L), pH (5.19 - 8.05), turbidity (1 - 289 turbidity units), color (0.5 - 327 color units), ammonia (0.04 - 8.94 mg/L), P (0 - 0.53 mg/L), phenol (0.005 - 0.037 mg/L), Cu (0.04 - 1.34 mg/L), Ag (0.008 - 0.242), Pb (0.05 - 0.36 mg/L), Cd (0.003 - 0.18 mg/L) and Fe (0.39 - 4.73 mg/L). It occurs due to the amount of domestic and industrial sewer, garbage disposal and the flow of agricultural waste that is being received by the hydrographic net. Total dissolved solids, salinity, total suspended solids, nitrate, nitrite and zinc attended the established standards for the referred class. Then, it can be concluded that the urbanization process is affecting not only the way of land use, but also the quality of the waters of the basin.

**Key-words:** Environmental quality; Urban area; Land use; classifying.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Ponte Grande: em escala nacional, estadual e municipal (à esquerda); e dentro da bacia do rio Canoas (à direita). ..... 54
- Figura 2 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Ponte Grande, em Lages - SC, extraídos das imagens dos satélites Landsat -5 e Landsat-8, referente aos anos: 1984 (a), 1993 (b), 2003 (c) e 2013 (d). ..... 63
- Figura 3 - Uso e ocupação do solo das Áreas de Preservação Permanente na bacia hidrográfica do rio Ponte Grande, em Lages - SC, extraídos das imagens dos satélites Landsat - 5 e Landsat - 8, referente aos anos: 1984 (a), 1993 (b), 2003 (c) e 2013 (d). ..... 64
- Figura 4 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Ponte Grande em escala nacional, estadual e municipal (à esquerda); e dentro da bacia do rio Canoas (à direita). ..... 77
- Figura 5 - Sistema hidrográfico da bacia do rio Ponte Grande, em Lages – SC, e distribuição dos 57 pontos de coleta. .... 78
- Figura 6 - Sonda multiparâmetros Ysi Professional Plus utilizada na mensuração a campo das variáveis: temperatura, OD, pH, condutividade, salinidade e STD, para a determinação da qualidade da água, na bacia hidrográfica do rio Ponte Grande, em Lages - SC. .... 80



Figura 7 -	Mapa de localização da bacia hidrográfica do Rio Ponte Grande, em escala nacional, estadual e municipal (à esquerda); e dentro da bacia hidrográfica do rio Canoas (à direita) .....	101
Figura 8 -	Sistema hidrográfico da bacia do rio Ponte Grande, em Lages – SC, e distribuição dos pontos de coleta .....	102
Gráfico 1 -	Variação das classes: agricultura, água, área urbana, campo, mata nativa e reflorestamento, em porcentagem (%) ao longo dos anos: 1984, 1993, 2003 e 2013 na bacia hidrográfica do rio Ponte Grande, em Lages - SC.....	66
Gráfico 2 -	Variação das classes: agricultura, água, área urbana, campo, mata nativa e reflorestamento, em porcentagem (%) ao longo dos anos 1984, 1993, 2003 e 2013 nas Áreas de Preservação Permanente ao redor de nascentes e ao longo dos cursos d'água da bacia hidrográfica do rio Ponte Grande, em Lages – SC.....	67
Gráfico 3 -	Distribuição dos valores de cobre (mg/L) nos 57 pontos analisados na hidrografia da bacia do rio Ponte Grande, em Lages - SC .....	105
Gráfico 4 -	Distribuição dos valores de prata (mg/L) nos 57 pontos analisados na hidrografia da bacia do rio Ponte Grande, em Lages – SC.....	106
Gráfico 5 -	Distribuição dos valores de chumbo (mg/L) nos 57 pontos analisados na hidrografia da bacia do rio Ponte Grande, em Lages – SC.....	107



Gráfico 6 - Distribuição dos valores de cádmio (mg/L) nos 57 pontos analisados na hidrografia da bacia do rio Ponte Grande, em Lages - SC.....	109
Gráfico 7 - Distribuição dos valores de ferro total (mg/L) nos 57 pontos analisados na hidrografia da bacia do rio Ponte Grande, em Lages- SC.....	110





## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Metadados das imagens de 1984, 1993, 2003 e 2013, obtidas dos satélites Landsat 5 e Landsat 8, para a região de Lages - SC.....55
- Tabela 2 - Classes de uso do solo com suas respectivas áreas em hectares (ha) e porcentagem (%) extraídas de imagens de satélite referente aos anos: 1984, 1993, 2003 e 2013 na área total da bacia hidrográfica do rio Ponte Grande, em Lages - SC.....59
- Tabela 3 - Classes de uso do solo com suas respectivas áreas em hectares (ha) e porcentagem (%) extraídas de imagens de satélite referente aos anos de 1984, 1993, 2003 e 2013 nas Áreas de Preservação Permanente ao redor de nascentes e ao longo dos cursos d'água, da bacia hidrográfica do rio Ponte Grande, em Lages - SC. ....60
- Tabela 4 - Métodos de determinação das análises de; amônia, cor aparente, demanda química de oxigênio (DQO), fenóis totais, fósforo total, nitrato, nitrito, sólidos suspensos e turbidez. ....81
- Tabela 5 - Estatísticas descritivas das variáveis físico-químicas: temperatura (Temp), oxigênio dissolvido (OD), condutividade, pH, sólidos totais dissolvidos (STD), salinidade, turbidez, cor, sólidos suspensos, nitrato, nitrito, amônia, fósforo (P), demanda química de oxigênio (DQO), e fenóis, obtidas na bacia hidrográfica do rio Ponte Grande, em Lages - SC.....83



- Tabela 6 - Valores padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para as variáveis temperatura, oxigênio dissolvido (OD), condutividade, pH, turbidez, cor, amônia, fósforo, demanda química de oxigênio (DQO) e fenóis. ... 85
- Tabela 7 - Resumo estatístico dos metais pesados: Cobre, Prata, Chumbo, Zinco, Cádmio e Ferro, determinados nas águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Ponte Grande, em Lages - SC. .... 103



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agencia Nacional de Águas
APHA	<i>American Public Health Association</i>
APP's	Áreas de Preservação Permanente
CAV	Centro de Ciências Agroveterinárias
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CV	Coeficiente de Variação
DP	Desvio Padrão
DQO	Demanda química de oxigênio
EPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
ISSO	<i>International Organization for Standardization</i>
LABTRAT	Laboratório de Tratamento de Águas e Resíduos
MDT	Modelo Digital de Terreno
MO	Matéria Orgânica
MT	Mato Grosso
NBR	Norma Brasileira
NTU	<i>Nephelometric Turbidity Unit</i>
OD	Oxigênio Dissolvido
pH	Potencial hidrogeniônico
PR	Paraná
RS	Rio Grande do Sul
SC	Santa Catarina
SDS	Secretaria de Desenvolvimento Sustentável
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SP	São Paulo



SS	Sólidos Suspensos
STD	Sólidos Totais Dissolvidos
TM	<i>Thematic Mapper</i>
UDESC	Universidade do Estado de Santa Catarina
USGS	<i>United States Geological Survey</i>





## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
°	Graus
°C	Grau Celsius
'	Minutos
<	Menor
>	Maior
μS	MicroSiemens
μm	Micrometro
Ag	Prata
cm	Centímetro
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	Fenol
Cd	Cádmio
Cu	Cobre
Fe	Ferro
Gr	Greenwich
h	Horas
ha	Hectare
Hz	Hanzen
km	Quilômetro
m	Metro
mg	Miligrama
mg/L	Miligrama por litro
mS.cm <sup>-1</sup>	MiliSiemens por centímetro
N	Nitrogênio
n°	Número
NH <sub>3</sub>	Amônia
nm	Nanômetro
O <sub>2</sub>	Oxigênio
P	Fósforo



Pb	Chumbo
Pt. L <sup>-1</sup>	Platina por litro
ppt	Parte por trilhão
uC	Unidades de Cor
W	Oeste
Zn	Zinco



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>41</b>
<b>2 OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PONTE GRANDE NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE LAGES - SC, EXTRAÍDA DE IMAGENS DE SATÉLITES AO LONGO DE 29 ANOS.....</b>	<b>46</b>
2.1 RESUMO .....	46
2.2 ABSTRACT.....	47
2.3 INTRODUÇÃO.....	49
2.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	52
2.4.1 Material .....	52
2.4.2 Área de estudo .....	53
2.4.3 Metodologia.....	54
2.4.3.1 Obtenção e processamento das imagens.....	55
2.4.3.2 Classificação das imagens.....	56
2.4.3.3 Processamento de dados em ambiente SIG.....	57
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	57
2.6 CONCLUSÃO .....	70
<b>3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PONTE GRANDE NO MUNICÍPIO DE LAGES - SC.....</b>	<b>71</b>
3.1 RESUMO .....	71
3.2 ABSTRACT.....	72
3.3 INTRODUÇÃO.....	73
3.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	75
3.4.1 Área de trabalho.....	75
3.4.2 Identificação dos pontos de coleta e determinação das variáveis estudadas.....	77
3.4.3 Coleta das amostras de água e procedimentos de campo .....	79



<b>3.4.4 Análises em laboratório .....</b>	<b>80</b>
<b>3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>82</b>
<b>3.5.1 Temperatura .....</b>	<b>85</b>
<b>3.5.2 Turbidez .....</b>	<b>86</b>
<b>3.5.3 pH.....</b>	<b>87</b>
<b>3.5.4 Cor aparente .....</b>	<b>88</b>
<b>3.5.5 Oxigênio dissolvido (OD) .....</b>	<b>89</b>
<b>3.5.6 Condutividade.....</b>	<b>90</b>
<b>3.5.7 Amônia total.....</b>	<b>91</b>
<b>3.5.8 Fósforo total (P).....</b>	<b>92</b>
<b>3.5.9 Demanda química de oxigênio (DQO).....</b>	<b>93</b>
<b>3.5.10 Fenóis totais .....</b>	<b>94</b>
<b>3.6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>95</b>
<b>4 METAIS PESADOS NAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PONTE GRANDE NO MUNICÍPIO DE LAGES - SC.....</b>	<b>96</b>
<b>4.1 RESUMO .....</b>	<b>96</b>
<b>4.2 ABSTRACT.....</b>	<b>97</b>
<b>4.3 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>98</b>
<b>4.4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>100</b>
<b>4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>103</b>
<b>4.5.1 Cobre (Cu) .....</b>	<b>103</b>
<b>4.5.2 Prata (Ag).....</b>	<b>105</b>
<b>4.5.3 Chumbo (Pb).....</b>	<b>106</b>
<b>4.5.4 Cádmio (Cd).....</b>	<b>108</b>
<b>4.5.5 Ferro total (Fe) .....</b>	<b>109</b>
<b>4.6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>111</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>111</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>112</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>129</b>





## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Segundo alguns especialistas, a crise da água no século XXI é muito mais de gerenciamento do que uma crise real de escassez e estresse hídrico (ROGERS et al., 2006). Porém, para Somlyódy e Varis (2006), o agravamento e a complexidade da crise da água decorrem de problemas reais de disponibilidade e aumento da demanda, de um processo de gestão ainda setorial, de resposta a crises e problemas sem atitude preditiva e abordagem sistêmica. Tundisi e Matsumura-Tundisi (2008) corroboram a necessidade de uma abordagem sistêmica, integrada e preditiva na gestão das águas com uma descentralização para a bacia hidrográfica. Segundo esses autores, uma base de dados consolidada e transformada em instrumento de gestão pode ser uma das formas mais eficazes de enfrentar o problema de escassez, estresse e deterioração da qualidade da água.

Como a demanda de moradias é bem maior do que a oferta de casas em bairros com infraestrutura, o problema da urbanização sem planejamento acontece em todas as grandes cidades brasileiras. Com o déficit habitacional, imóveis em bairros planejados e com infraestrutura são inacessíveis a população carente, que na falta de alternativa, muitas vezes, precisa invadir terrenos despreparados para loteamento, sem água, esgoto, e nem mesmo rede elétrica. Quase sempre as áreas invadidas são: vales, encostas, morros e margens de corpos d'água. Dessa maneira, as invasões agredem áreas de proteção ambiental e são áreas de risco na cidade. O resultado tem sido o aumento de pessoas vivendo em condições insalubres, sem cobertura adequada de serviços básicos essenciais como água, esgoto e coleta de lixo e aumentando o problema da drenagem urbana. Além disso, quando há o saturamento de água no solo e quando o leito do rio transborda essas famílias são as primeiras a serem atingidas, por deslizamentos ou inundações (VENTURA, 2011).

Ainda segundo a mesma autora, a urbanização causa impactos no meio ambiente, mas é impossível construir sem alterar. Não obstante, ao se planejar a urbanização de uma cidade, impactos podem ser mitigados e até mesmo evitados. A drenagem urbana é um dos setores mais impactados com o crescimento das cidades. A drenagem natural de uma bacia é altamente comprometida e o impacto é proporcional ao seu nível de urbanização. Como consequência desse processo, na maioria das cidades brasileiras, as margens dos rios, áreas estas consideradas de preservação permanente (APP's), são ocupadas por populações de baixa renda representadas por assentamentos informais em função de sua exclusão de áreas planejadas.

A bacia do rio Ponte Grande, reflete o resultado de causa e consequência da urbanização sem planejamento. Os cursos d'água e mananciais se encontram poluídos, como resultado da ausência de infraestrutura e planejamento do uso do solo, pelo despejo de esgotos domésticos sem tratamento e lixo depositado diretamente em seu leito.

Somam-se a esse fato a derrubada das matas ciliares e ocupação de APP's; aterramento de nascentes; impermeabilização do solo; retificação e canalização do canal do rio. Além disso, tais ações, além de degradar e alterar o regime natural produzem uma estética desagradável, odor, eutrofização, perda da fauna aquática e erosão das margens.

Essas situações de agressão ao ambiente urbano penalizam a própria população.

A qualidade da água está diretamente vinculada às atividades antrópicas, ou seja, em ambientes naturais com paisagens pouco ou sem nenhuma alteração antrópica, os teores geoquímicos da água são oriundos basicamente do tipo de litologia (MACHADO et al., 2009).

Margalef (1994) ressalta que os vários processos que controlam a qualidade da água de um rio, fazem parte de um complexo equilíbrio, motivo pelo qual qualquer alteração na bacia hidrográfica pode acarretar alterações significativas, sendo

as características físicas e químicas da água de um rio indicadores da “saúde” do ecossistema terrestre, que podem ser utilizadas para o controle e o monitoramento das atividades desenvolvidas em uma bacia hidrográfica.

No Brasil, a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005) fixa ao redor de 70 padrões de parâmetros físico-químicos para águas doces, salobras e salinas. Os resultados medidos para as diversas variáveis de qualidade da água são necessariamente comparados com valores limites recomendados para os múltiplos usos, em geral estabelecidos na forma de padrões nacionais ou internacionais.

Dentre as variáveis determinantes da qualidade da água, podem-se destacar a temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD) e conteúdo matéria orgânica (MO). A temperatura da água influencia na concentração de outras variáveis, como o oxigênio dissolvido (OD) e a MO (PORTO; BRANCO; LUCA, 1991), sendo a radiação solar, conforme Arcova, Cesar e Cicco (1993), a principal variável que controla a temperatura da água de pequenos rios. O pH fornece indícios sobre a qualidade hídrica (água superficial valores entre 4 e 9), e o tipo de solo por onde a água percorreu indica a acidez ou a alcalinidade da solução (MATHEUS et al., 1995). O teor de OD expressa a quantidade de oxigênio dissolvido presente no meio, sendo que a sua concentração está sujeita às variações diária e sazonal em função da temperatura, da atividade fotossintética, da turbulência da água e da vazão do rio (PALMA-SILVA, 1999), podendo reduzir-se na presença de sólidos em suspensão e de substâncias orgânicas biodegradáveis, como esgoto doméstico, vinhoto e certos resíduos industriais (MATHEUS et al., 1995). A decomposição da MO nos cursos d'água pode diminuir o teor de OD, bem como o pH da água, pela liberação de gás carbônico e formação de ácido carbônico a partir deste (PALHARES et al., 2000).

Também é condição básica para um planejamento bem sucedido da conservação e produção de água, a caracterização

do meio físico da bacia hidrográfica, com o intuito de levantar todas as áreas críticas do ponto de vista da manutenção da água. A conservação da água não pode ser conseguida independentemente da conservação dos outros recursos naturais.

Dessa maneira, compreender a dinâmica de uso e cobertura da terra é fundamental para o processo de análise do ambiente. Para contribuir nessa etapa, o conhecimento das diferentes tipologias de uso e cobertura se torna essencial, permitindo uma visão mais ampla das inter-relações existentes entre o meio físico, biológico e socioeconômico (CORDEIRO et al., 2014).

Sendo assim, o uso de imagens de satélite facilita os estudos de impactos ambientais, pois proporciona o trabalho simultâneo de grandes volumes de dados e a análise de áreas com grandes extensões (PRINA; MONGUILHOTT, 2011), estabelecendo uma análise temporal e espacial a fim de compreender os processos dinâmicos que ocorrem nas bacias (FERREIRA, 2007). Essa forma de estudo favorece o planejamento urbano, o estudo de impactos ao ambiente e de danos causados por eventos extremos, além de proporcionar a análise da ação antrópica nos recursos naturais (PRINA; MONGUILHOTT, 2011). Além disso, facilita no controle quanto ao cumprimento da legislação nas APP's, a qual é dada pela Lei nº. 12.651, de 25 de maio de 2012, que institui o Código Florestal Brasileiro, o instrumento legal mais importante para disciplinar o uso da terra.

Com o aumento da disponibilidade das imagens de alta resolução e o avanço de técnicas e ferramentas automáticas capazes de interpretar a massa de dados produzida, essas imagens tendem a ser cada vez mais utilizadas para se extrair informações remotamente da superfície terrestre, como o uso e cobertura do solo, através de métodos de classificação, que reconhecem padrões (CAMPOS et al., 2013).

Com a utilização de imagens de uma mesma região da Terra, espaçadas no tempo, e das ferramentas computacionais

presentes nos sistemas de informação geográficos (SIGs), há a possibilidade de que sejam realizadas comparações, utilizando a dimensão temporal como uma qualidade dos dados adquiridos nos distintos instantes (ECKHARDT; SILVEIRA; REMPEL, 2013).

Para Gioto (1981), o monitoramento do uso e cobertura da terra tem importância redobrada, pois além de permitir avaliar as alterações antrópicas provocadas, também fornece informações essenciais para o manejo eficiente dos recursos naturais, favorecendo o surgimento de instrumentos para a previsão de safras, para avaliação da cobertura florestal, determinação de novas áreas de expansão agrícola e florestal e outras.

As classes de uso do solo mais comumente encontradas na região, e neste trabalho são: agricultura, água, área urbana, campo, mata nativa e reflorestamento. Cada uma provoca um impacto sobre a bacia hidrográfica, assim, faz-se importante a quantificação destas áreas, a fim de prever e minimizar os danos ambientais.

No caso especial desta área de estudo, a bacia do rio Ponte Grande, trata-se de uma área de grande potencial para expansão urbana, e de localização privilegiada. Considerando os limites territoriais, as formas de relevo e topografia, esta bacia é a que detém maior potencial de crescimento urbano no município de Lages. Abriga uma importante obra para o desenvolvimento da cidade, a construção da Avenida Ponte Grande, considerada a maior obra viária da história de Lages, além de um aeroporto, um shopping, e o Campus III da Universidade do Estado de Santa Catarina. Sendo assim, esta área é alvo de especulação e está sujeita a invasões. O estudo desenvolvido neste trabalho pode oferecer informações válidas na orientação de ocupações futuras da bacia, bem como para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do rio Caveiras, do qual o rio Ponte Grande é tributário.

Tais informações somadas à tendência de expansão da urbanização apresentada na bacia revelam que esse é um tema que merece atenção. Sendo assim, este trabalho tem por objetivo avaliar e quantificar a evolução das formas de uso e ocupação do solo ao longo de 29 anos, na área total da bacia e nas APP's ao longo do curso d'água e ao redor das nascentes, tendo como base o Código Florestal Lei nº. 12.651/2012 (BRASIL, 2012), bem como determinar a concentração dos parâmetros físico-químicos nos 57 pontos analisados e assim, determinar o nível de poluição da bacia, realizando o enquadramento dos pontos conforme Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005).

## **2 OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PONTE GRANDE NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE LAGES - SC, EXTRAÍDA DE IMAGENS DE SATÉLITES AO LONGO DE 29 ANOS.**

### **2.1 RESUMO**

Monitorar a ocupação urbana com relação às mudanças e distribuições de cobertura do solo é importante para estabelecer relações entre as decisões políticas, ações regulatórias e atividades de uso do solo subsequentes. Este artigo objetivou identificar a evolução nas formas de ocupação do solo, por meio da utilização de imagens dos satélites TM-Landsat 5 e 8 referentes aos anos de 1984, 1993, 2003 e 2013, ao longo da bacia hidrográfica do rio Ponte Grande, situada na área urbana do município de Lages, região serrana do estado de Santa Catarina. As imagens foram obtidas gratuitamente por meio do acesso ao catálogo de imagens do Serviço Geológico dos Estados Unidos. Todas as imagens são da estação de inverno, capturadas num intervalo entre 12:00 as 14:00 horas, face haver pouca cobertura de nuvens. Para o processamento e classificação das imagens utilizou-se o *software* ENVI® 4.7 e a integração dos dados para geração do mapa de Áreas de Preservação

Permanente (APP) foi efetuada no *software* ArcGis® 10.1. A classificação foi realizada pelo método supervisionado, utilizando o módulo classificador da Distância de Mahalanobis. Foram identificadas as seguintes classes de uso do solo: agricultura, água, área urbana, campo, mata nativa e reflorestamento. Ao longo dos 29 anos constatou-se um aumento da classe área urbana, acompanhado pela queda na classe campo e crescimento das áreas de mata. As principais formas de uso do solo oscilaram com o passar dos anos. Até o ano de 2003 a classe predominante era o campo com 44,84%. Em 2013 a ocupação urbana atingiu 36,8% da área total da bacia. Nas APP's, até o ano de 2003 o campo foi predominante sobre as demais formas de uso, com 46,31% da área; no entanto, em 2013, a mata nativa chegou a um total de 50,83%, deixando o campo em segundo lugar com 23,78%. Em 1984, 5,51% das APP's estavam em desacordo com a Lei nº 12.651/2012 que institui o novo Código Florestal, sem a preservação e manutenção da cobertura florestal ou nativa. Em 1993, essa taxa subiu para 12,96% e em 2003 atingiu o maior índice com 26,54%. Em 2013 pela primeira vez houve decréscimo chegando a 25,26%. O método de classificação supervisionada pela Distância de Mahalanobis mostrou-se eficiente no uso proposto. O estudo quantificou os padrões de mudança no uso/cobertura da terra dos últimos 29 anos para Lages, cujos resultados demonstram ser fontes importantes para planejadores urbanos e tomadores de decisão para ordenar o uso sustentável da terra e o planejamento ambiental.

**Palavras-chave:** Uso da terra. Imagens de satélite. Área urbana. Área de Preservação Permanente. Distância de Mahalanobis.

## 2.2 ABSTRACT

Monitoring urban occupation regarding the changes and distributions of soil covering is important, in order to establish

relations between political decisions, regulatory actions and subsequent activities of land use. This paper aimed to identify the evolution in the ways of soil occupation, by the use of imagery of the satellites TM-Landsat 5 and 8, regarding the years of 1984, 1993, 2003 and 2013, along the Ponte Grande River hydrographic basin, located at the urban area of the municipality of Lages, highlands of Santa Catarina State. The imagery were obtained free of charge by accessing the United States Geological Service imagery catalog. All images are from the winter season, taken from a time interval from noon to 2:00 PM, due to the low incidence of clouds. The ENVI® 4.7 software was used for processing and classifying the imagery, and the data integration for the generation of the map of Permanent Preservation Areas (PPAs) was performed with the ArcGis® 10.1 software. The classifying was conducted by the supervised method, utilizing the classifier module of the Mahalanobis Distance. The following classes of land use were identified: water, agriculture, urban area, field, native forest and reforestation. Over the 29 years, it was noted an increase of the urban area class, followed by a decrease of the field class and an increase of native forests. The main land use classes have oscillated through the years. Until 2003, the predominant class was land, with 44.84%. In 2013, the urban occupation reached 36.8% of the total area of the basin. In the PPAs, until the year of 2003, fields were predominant when compared to the other classes, with 46.31% of the area; however, in 2013, native forests reached 50.83%, making the fields occupy 23.78% of the area. In 1984, 5.53% of the PPAs were not under the Law number 12651/2012, which establishes the new Brazilian Forest Code, without the preservation and maintenance of the forest or native forest cover. In 1993, this rate increased to 12.96% and in 2003 it reached its peak, 26.54%. In 2013, there was a decrease for the first time, making it reach 25.26%. The classification method supervised by the Mahalanobis Distance has shown to be efficient regarding its proposed use. The study quantified the



patterns of change in the land use/cover of the past 29 years in the municipality, which creates valuable resources for urban planners and decision takers in order to elaborate a sustainable use of land and an environmental planning.

**Key-words:** Land use. Satellite images. Urban area. Permanent Preservation Area. Mahalanobis distance.

## 2.3 INTRODUÇÃO

Os impactos da intensificação do crescimento urbano e a concentração de populações humanas em regiões metropolitanas estão sendo sentidos mundialmente, tanto nos países desenvolvidos, como em desenvolvimento, de forma igual. Informações sobre a mudança de padrões de uso e cobertura da terra ao longo do tempo nas áreas metropolitanas é importante não só para a gestão e planejamento dessas áreas, mas também para uma melhor compreensão das dimensões humanas, das mudanças ambientais em escalas regionais e globais (YANG; LO, 2002).

Quando a ocupação é realizada através do processo legal, no caso de loteamentos aprovados nos desmembramentos das glebas urbanizáveis, verifica-se a ineficácia do aparato existente para promover a implementação de soluções integradas de ocupação. O que se vê, é a ocupação do território urbano com inúmeros loteamentos individualmente enquadrados dentro dos padrões urbanísticos, porém coletivamente desarticulados, causando uma deseconomia no processo de provisão da infraestrutura necessária. Essa deseconomia se verifica também na dissociação do desenho urbano com o relevo local, levando, muitas vezes, à implantação de soluções pautadas no individualismo, sem levar em conta o sistema como um todo (ZEILHOFER; MIRANDA, 2012).

Taylor, Paine e Fitzgibbon (1995) apontam que a abordagem ecossistêmica inclui o sistema na sua totalidade, e não só partes dele, focaliza nas inter-relações entre os recursos

naturais e o uso da terra; entende que a população faz parte da natureza, e não é elemento separado; reconhece a dinâmica natural de ecossistemas; incorpora conceitos como capacidade, resiliência e sustentabilidade; baseia-se em unidades geográficas naturais como a bacia hidrográfica, em vez de limites administrativos ou políticos.

Nascimento e Vilaça (2008) ressaltam que a bacia hidrográfica como unidade de planejamento já é de aceitação mundial, uma vez que esta se constitui num sistema natural bem delimitado geograficamente. Além disso, constitui-se uma unidade espacial de fácil reconhecimento e caracterização. Assim, a bacia hidrográfica é o lugar adequado para pôr o planejamento e monitoramento ambiental em prática.

A caracterização do meio físico da bacia hidrográfica, com o intuito de levantar todas as áreas críticas do ponto de vista da manutenção da água, é condição básica para um planejamento bem sucedido de conservação e produção de água. Segundo Lima (2008), a conservação da água não pode ser conseguida independentemente da conservação dos outros recursos naturais, pois o comportamento da fase terrestre do ciclo hidrológico reflete diretamente as condições e os tipos de uso dos terrenos.

Na gestão de bacias hidrográficas, a integração e a análise de um grande número de informações de forma convencional tornam-se difíceis e demoradas. Contudo, quando as informações são representadas espacialmente através de mapas, utilizando-se das ferramentas dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), geram grande potencial de integração dos dados, subsidiando o gerenciamento de bacias (SANTOS, 2007). Nos últimos anos, segundo Soares et al. (2011), as geotecnologias têm sido amplamente utilizadas no mapeamento e no monitoramento dos recursos naturais terrestres, destacando-se como uma opção mais viável, que permite otimizar estes processos (ROSA, 2005), constituindo-se numa poderosa ferramenta de na tomada de decisão.

O geoprocessamento e o sensoriamento remoto surgem como uma alternativa para integrar dados, conferindo maior agilidade e confiabilidade às informações. Câmara e Davis (2001), destacam que o geoprocessamento permite realizar análises complexas, ao integrar elementos de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados, além de ainda tornar possível automatizar a produção de documentos cartográficos. O sensoriamento remoto por satélite permite uma retrospectiva, uma visualização sinóptica das grandes e remotas regiões, e, portanto, pode fornecer o potencial para uma avaliação geograficamente e temporalmente detalhada de desenvolvimento metropolitano e uso da terra, bem como, mudanças de cobertura (YANG; LO, 2002).

A classificação pode ser definida sumariamente como um processo que consiste em agrupar pixels, a partir de suas características, em classes pré-estabelecidas ou não pelo usuário (JENSEN, 2009). No contexto do processamento digital de imagens, esses métodos são empregados com o objetivo de reconhecer classes/categorias de pixels na imagem, sendo dessa forma denominado genericamente por classificação de imagens (CAMPOS et al., 2013).

A bacia hidrográfica do rio Ponte Grande está exposta a diversos impactos ambientais, que acontecem principalmente devido à sua localização na área urbana do município de Lages. Esse fator influencia diretamente em sua qualidade ambiental, pois o índice de poluição nessa área tem aumentado nos últimos anos. Além disso, esta é uma bacia importante para o crescimento econômico de Lages, visto que, devido às características do relevo no entorno da área urbana, a tendência de expansão da cidade é avançar sobre a mesma. A bacia também abriga importantes obras e empreendimentos para a região, como o aeroporto, o Campus III da Universidade do

Estado de Santa Catarina (UDESC), e as obras do Complexo Ponte Grande.

Neste contexto, este trabalho objetivou avaliar o uso e ocupação da terra, analisando os desdobramentos das ações antrópicas na área total da bacia hidrográfica do rio Ponte Grande e isoladamente nas Áreas de Preservação Permanente (APP's) ao redor das nascentes e ao longo dos cursos d'água, entre os anos de 1984, 1993, 2003 e 2013, período que compreende 29 anos, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento em ambiente de SIG. Vislumbra-se que os dados e as constatações aqui apresentados, chamem a atenção dos gestores públicos para o monitoramento das regiões que passam por um processo de modificação em seu espaço social e urbano, a fim de que ações públicas possam ser adotadas visando à preservação do meio ambiente e o equilíbrio do sistema homem/natureza.

## 2.4 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.4.1 Material

Para a execução deste trabalho foram utilizadas como base digital: Ortofotos, Modelo Digital de Terreno (MDT) e imagens digitais. As ortofotos e o MDT são provenientes do aerolevantamento de Santa Catarina realizado pela Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Sustentável (SDS) do mesmo estado, obtido durante o período de 2010 a 2012. As imagens digitais foram obtidas gratuitamente através do acesso ao catálogo de imagens do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). As ortofotos possuem resolução espacial de 39 cm, escala de 1:10.000 e foram geradas a partir de um conjunto de fotos aéreas. O MDT possui resolução (pixel) de 0,4 metros e resolução espacial de 1 metro, oriundo de restituição aerofotogramétrica. Dados de satélite podem ser operacionalmente usados para gerar a dinâmica do uso da terra,

e são úteis para a gestão sustentável da terra, além de serem importantes ingredientes políticos (DEWAN; YAMAGUCHI, 2009).

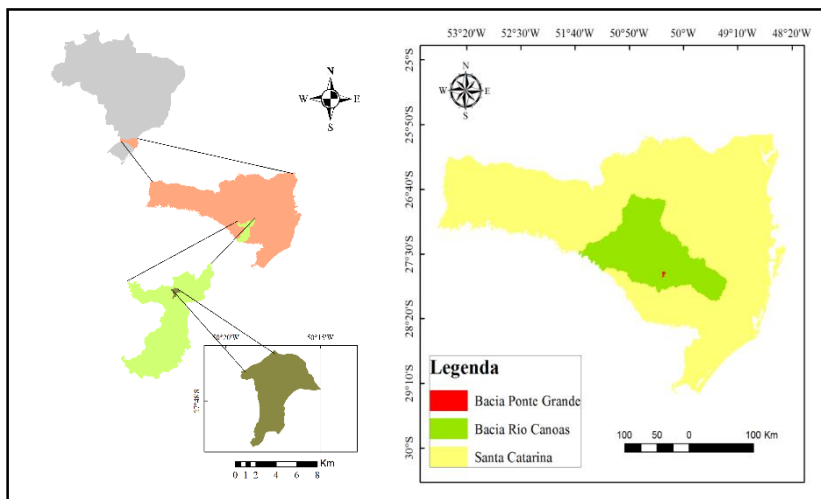
A rede hidrográfica com escala de 1:10.000, também é originária da SDS. As imagens digitais são provenientes do mapeador temático (TM) dos satélites Landsat 5 e Landsat 8, ambas com resolução de 30 metros, compostas por 7 e 11 bandas espectrais respectivamente. Os dados foram tratados no *software* ENVI® versão 4.7, no Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Engenharia Ambiental da UDESC-CAV.

## **2.4.2 Área de estudo**

O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do rio Ponte Grande, localizada na região serrana do Estado de Santa Catarina, inserida na área urbana do município de Lages - SC (Figura 1), entre as coordenadas 27° 47' S e 50° 17' WGr., e uma altitude média de 938 metros. Conta com uma área de 2.722,35ha, e é composta por 23 nascentes e 26 confluências, cujo curso principal do rio tem uma extensão de 14,3 km. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, citado por Kottek et al. (2006), é do tipo Cfb, mesotérmico, com verões brandos, temperaturas médias do mês mais quente inferiores a 22 °C e precipitações pluviais bem distribuídas. As formas do relevo variam entre plano a suavemente ondulado, possuindo alguns picos de maior elevação, entre eles o Morro do Prudente, com 1.067m. As formações vegetais predominantes da região são os campos e a Floresta Ombrófia Mista.

O rio Ponte Grande é um importante afluente do rio Caveiras, o qual possui a segunda maior sub-bacia da bacia hidrográfica do rio Canoas, tributário do rio Uruguai (NETO; BECEGATO; CABRAL, 2013).

Figura 1 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Ponte Grande: em escala nacional, estadual e municipal (à esquerda); e dentro da bacia do rio Canoas (à direita).



Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

### 2.4.3 Metodologia

O software definido para a execução deste trabalho foi o ENVI® 4.7, específico para processamento digital de imagens. Executou-se as seguintes etapas:

- Processamento de imagens para obtenção dos mapas de uso e ocupação do solo;
- Processamento em ambiente SIG para obtenção do mapeamento de APP's, conforme o Código Florestal Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012);
- Integração dos dados do mapa de uso e ocupação do solo e do mapeamento de APP's para a identificação de áreas de conflito com o Código Florestal, bem como, para o cálculo das áreas de cada classe.

### 2.4.3.1 Obtenção e processamento das imagens

Para elaborar os mapas de uso e ocupação do solo, foram utilizadas imagens do mapeador temático (TM) dos satélites Landsat 5 e Landsat 8, referentes aos anos de 1984, 1993, 2003 e 2013. Todas as imagens são da estação do inverno, período de julho a agosto, horário entre 12:00 a 14:00 h, cujos horários, nessa estação, tem como característica apresentar o céu com pouca ou nenhuma cobertura de nuvens, e assim, a superfície sem sombreamento, o que é primordial para uma boa classificação e comparação.

Segundo Huxman et al. (2004) a sazonalidade climática influencia a fenologia da vegetação. Assim, variações na determinação de áreas com cobertura vegetal podem estar associadas à dinâmica climática, especificamente em relação aos índices pluviométricos do ano de aquisição e antecedente à tomada das imagens.

Tabela 1 - Metadados das imagens de 1984, 1993, 2003 e 2013, obtidas dos satélites Landsat 5 e Landsat 8, para a região de Lages - SC.

Ano	Sensor	Resolução Espacial	Resolução Radiométrica	Data	Composição colorida
1984	Landsat 5	30 m	8 bits	11/06/1984	R3G2B7
1993	Landsat 5	30 m	8 bits	07/08/1993	R3G2B4
2003	Landsat 5	30 m	8 bits	19/08/2003	R3G2B4
2013	Landsat 8	15 m	16 bits	29/07/2003	R4G2B7

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Após a aquisição das imagens, efetuou-se o processamento das mesmas no *software* ENVI® 4.7 realizando-se a junção das bandas em um arquivo único, efetuando-se o recorte da área pretendida e o georrefenciamento das imagens.

Segundo Albuquerque e Albuquerque (2000), o processamento de imagens parte da imagem (de uma informação inicial que é geralmente captada por uma câmera) ou de uma sequência de imagens para a obtenção da informação.

#### 2.4.3.2 Classificação das imagens

Com o objetivo de obter os mapas de uso e ocupação do solo, foi efetuada a classificação das imagens. Tal processo foi executado pelo modo supervisionado, onde as regiões são agregadas por semelhança de pixels, colhendo amostras que definam as classes temáticas que podem ser reconhecidas na imagem em razão de alguns princípios como: cor, tonalidade, textura, forma, grupamento, tamanho e sombra (REIS et al., 2013). O módulo classificador usado foi o da Distância Mahalanobis, que se baseia nas correlações das variáveis com as quais distintos padrões podem ser identificados e analisados, onde foi possível interferir na identificação das classes desejadas (OLIVEIRA et al., 2013). Estas são, portanto, definidas a priori, e o processo de classificação visa enquadrar cada pixel em uma classe (BECEGATO et al., 2007).

Seguindo a mesma lógica que Rodrigues et al. (2014), a combinação das bandas foi testada em todas as imagens, de modo a obter a que mostrasse melhor discriminação entre as classes temáticas.

Foram identificadas as seguintes classes de uso do solo: agricultura, água, área urbana, campo, mata nativa e reflorestamento. O processo foi realizado para a área total da bacia e posteriormente, apenas nas APP's ao redor das nascentes e ao longo dos cursos d'água, a fim de verificar a situação frente ao Código Florestal. De acordo com Ribeiro et al. (2005), a delimitação automática das APP's elimina a subjetividade nos procedimentos de campo e viabiliza o fiel cumprimento do Código Florestal, favorecendo a fiscalização ambiental.



### 2.4.3.3 Processamento de dados em ambiente SIG

Procedeu-se a composição de um mosaico das ortofotos e do MDT, a fim de realizar a extração automática da bacia; sobrepondo-se na composição a rede hidrográfica, buscando identificar as APP's para posterior comparação entre os anos estudados. O SIG eleito para efetuar tais processos foi o *software* ArcGis® 10.1.

Gerou-se o mapa das APP's ao longo das margens dos rios, a partir do mapa da área total da bacia, delimitando uma faixa de 30 metros dos rios. O mapa de APP's ao redor das nascentes foi gerado considerando um raio de 50 metros, conforme estabelece o ordenamento jurídico. A validação dos mapas foi realizada tendo como referência, visitas a campo, as coordenadas de pontos conhecidos, imagens de satélite do Google Earth, e o conhecimento sobre a área de estudo.

Por fim, no mesmo *software* acima citado, foram elaborados os *layouts* dos mapas e quantificadas as classes de uso e cobertura da terra para posterior comparação temporal.

## 2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo abrangeu um período de 29 anos, divididos em quatro intervalos de análise do uso e ocupação do solo representado pelos anos: 1984, 1993, 2003, e 2013. Foram identificadas seis classes temáticas: água, agricultura, área urbana, campo, mata nativa e reflorestamento, cujas áreas de ocupação, dadas em hectares e percentagem, respectivamente, encontram-se nas Tabelas 2 e 3. Para a fotointerpretação, foram consideradas as características fisionômicas e padrões fotográficos das principais classes temáticas (BECEGATO et al., 2007).

Os mapas de uso e ocupação do solo foram elaborados com as seguintes classes temáticas:

- Agricultura: áreas destinadas ao cultivo agrícola e a produção de alimentos;

- Água: área com um contingente de água acumulada, de natureza lântica ou lótica;
- Área urbana: representa a área com construções, edificações contínuas com funções sociais;
- Campo: vegetação nativa, plantas de pequeno porte, na sua maioria gramíneas;
- Mata nativa: áreas com a presença de vegetação nativa em estado preservado;
- Reflorestamento: áreas com florestas plantadas, predomínio de *Pinnus sp.* e *Eucalyptus sp.*

Tabela 2 - Classes de uso do solo com suas respectivas áreas em hectares (ha) e porcentagem (%) extraídas de imagens de satélite referente aos anos: 1984, 1993, 2003 e 2013 na área total da bacia hidrográfica do rio Ponte Grande, em Lages - SC.

Classes	1984		1993	
	ha	%	ha	%
Agricultura	94,72	3,48	152,69	5,61
Água	1,52	0,06	3,06	0,11
Área Urbana	450,57	16,55	721,59	26,51
Campo	1.907,89	70,08	1.640,34	60,25
Mata Nativa	262,67	9,65	196,18	7,21
Reflorestamento	4,98	0,18	8,5	0,31
TOTAIS	2.722,35	100	2.722,35	100

Classes	2003		2013	
	ha	%	ha	%
Agricultura	207,59	7,63	179,29	6,59
Água	4,56	0,48	5,84	0,58
Área Urbana	950,56	34,92	1.001,84	36,8
Campo	1.220,69	44,84	933,08	34,27
Mata Nativa	291,07	10,69	455,95	16,75
Reflorestamento	47,89	1,76	146,35	5,38
TOTAIS	2.722,35	100	2.722,35	100

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Tabela 3 - Classes de uso do solo com suas respectivas áreas em hectares (ha) e porcentagem (%) extraídas de imagens de satélite referente aos anos de 1984, 1993, 2003 e 2013 nas Áreas de Preservação Permanente ao redor de nascentes e ao longo dos cursos d'água, da bacia hidrográfica do rio Ponte Grande, em Lages - SC.

Classes	1984		1993	
	ha	%	ha	%
Agricultura	4,8	1,96	9,53	3,9
Água	0,08	0,03	0	0
Área Urbana	8,68	3,55	21,53	8,81
Campo	173,62	71,09	151,74	62,13
Mata Nativa	57,06	23,36	60,84	24,91
Reflorestamento	0	0	0,6	0,25
TOTAIS	244,24	100	244,24	100

Classes	2003		2013	
	ha	%	ha	%
Agricultura	13,6	5,57	11,37	4,65
Água	0,14	0,06	0,33	0,13
Área Urbana	49,92	20,44	42,49	17,4
Campo	113,11	46,31	58,08	23,78
Mata Nativa	66,18	27,1	124,14	50,83
Reflorestamento	1,29	0,53	7,85	3,21
TOTAIS	224,24	100	224,24	100

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

A área total da bacia é de 2.722,35 ha (Tabela 2) e de APP's 244,24 ha (Tabela 3).

De acordo com a Tabela 2, no ano de 1984, a classe predominante era o campo com 70,08% da área total, havendo um decréscimo ao longo dos demais anos estudados. Em 1993 a

ocupação por campo diminui para 60,25% e 44,84% no ano de 2003; porém ainda sendo a classe com maior área ocupada dentro da bacia. Contudo, em 2013 a classe área urbana ultrapassou o campo, totalizando 36,8% contra 34,27% do campo (Tabela 2). Segundo Dewan e Yamaguchi (2009), a conversão de áreas nativas em urbana pode ser atribuída principalmente ao aumento rápido da população devido à migração rural-urbana.

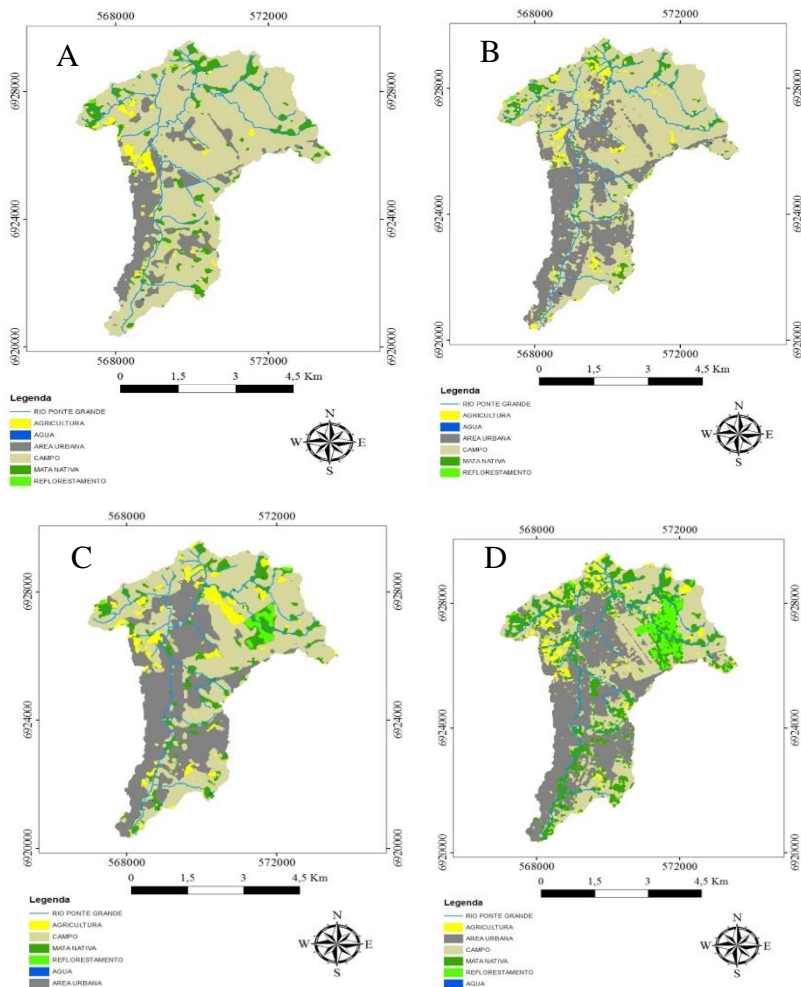
Conforme as Figuras 2 e 3 observa-se que o grau de interferência antrópica aumentou sensivelmente em toda a bacia, provocando inúmeras transformações no uso e ocupação do solo.

A distribuição espacial dos tipos de uso do solo, obtida a partir da classificação supervisionada pelo método da distância de Mahalanobis, pode ser observada na Figura 2. Em estudo realizado por Cattani et al. (2013), comparando o desempenho de algoritmos para classificação supervisionada para imagens dos satélites RapidEye, no município de Cascavel - PR, utilizando o *software* ENVI® 4.5, o classificador pela Distância de Mahalanobis obteve o segundo melhor desempenho. Lucas et al. (2014) também optaram pelo uso deste algoritmo para a classificação do uso do solo na bacia hidrográfica do rio Negro - RS.

O crescimento da mancha urbana na bacia pressionou, em especial, as APP's, em trechos das margens da malha hidrográfica do rio Ponte Grande (Figura 3). Fato análogo constatado por Dias (2011), que realizou a classificação e análise da qualidade ambiental urbana da bacia do Ribeirão do Lipa, situada na área urbana de Cuiabá - MT, cuja mesma teve um crescimento superior a 100% no período de 1986 a 2010. Ainda segundo o mesmo autor, essas áreas não são destinadas a urbanização, e por esse fato sofrem com a falta de infraestrutura, são ocupadas principalmente por populações carentes, incapazes de arcar com os custos da habitação em áreas ambientalmente seguras.

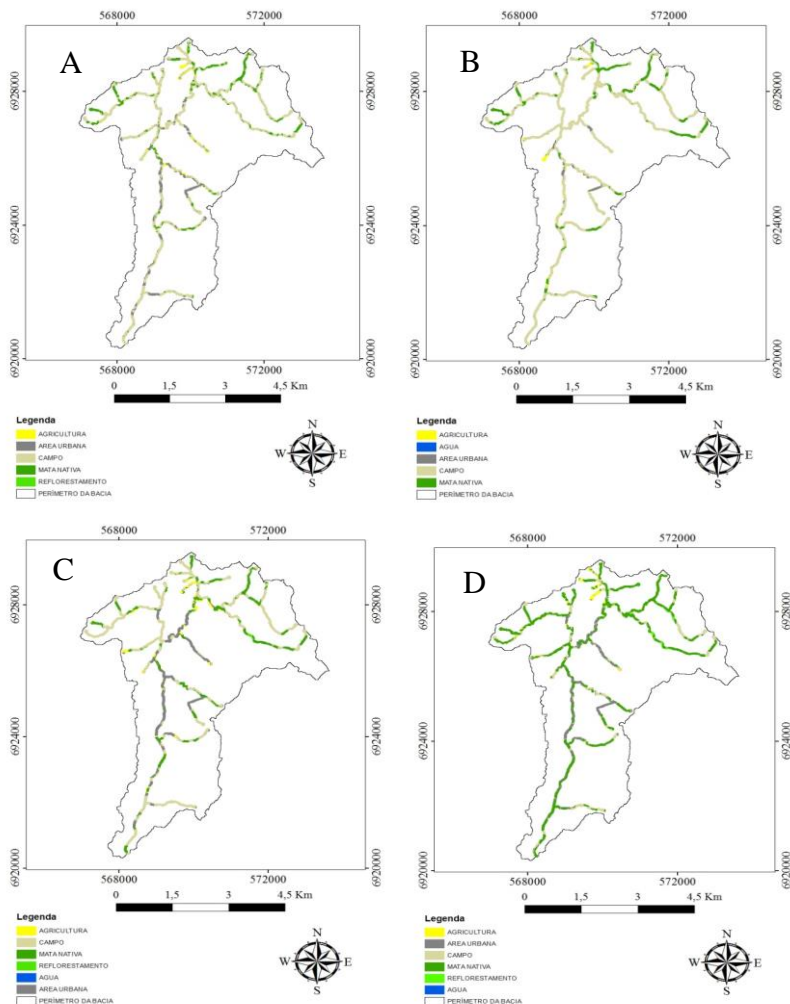
Percebe-se, na área total, que aquelas áreas ocupadas por campo, foram sendo substituídas gradativamente pelas demais classes, com exceção da água e principalmente pela área urbana, agricultura e reflorestamento respectivamente (Figura 2). Já nas APP's, essa substituição foi sendo feita principalmente pela área urbana e mata nativa (Figura 3). Para Pauchard et al. (2006), muitas destas zonas úmidas são usadas para a eliminação de resíduos sólidos e são consideradas pela população como uma fonte de mosquitos. Além disso, para Rizzo e Villarroel (2000), a expansão, na maioria das vezes, está concentrada nas APP's, em função de dificuldades técnicas e custos mais elevados de expansão urbana em outras áreas, contrariando o Código Florestal, tornando essas ocupações ilegais.

Figura 2 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Ponte Grande, em Lages - SC, extraídos das imagens dos satélites Landsat -5 e Landsat-8, referente aos anos: 1984 (A), 1993 (B), 2003 (C) e 2013 (D).



Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Figura 3 - Uso e ocupação do solo das Áreas de Preservação Permanente na bacia hidrográfica do rio Ponte Grande, em Lages - SC, extraídos das imagens dos satélites Landsat - 5 e Landsat - 8, referente aos anos: 1984 (A), 1993 (B), 2003 (C) e 2013 (D).



Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

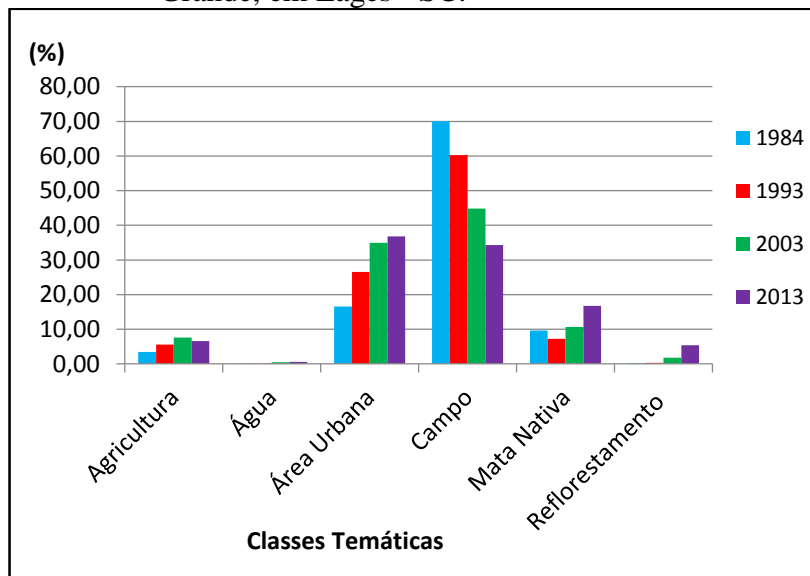


A área de reflorestamento também sofreu variação, sendo que em 1984 era praticamente inexpressiva e no último ano avaliado estava acima dos 5% (Tabela 2).

Fato interessante ocorreu com a mata nativa que 1984 ocupava uma área de 9,65%, decrescendo em 1993 para 7,21%. A partir de então passou a aumentar, saltando para 10,69% em 2003 e em 2013 totalizando 16,75% (Tabela 2 e Gráfico 1). Tal variação se expressa de forma mais evidente nas APP's (Gráfico 2 e Tabela 3), principalmente no último período de avaliação compreendido entre 2003 e 2013. Isso pode ser explicado pelo aumento do rigor da fiscalização por parte dos órgãos ambientais, e também, possivelmente pela conscientização da população, a qual está percebendo a importância de proteger as áreas de floresta, principalmente em áreas de mata ciliar (Gráfico 2), que em suma protegem os cursos de água.

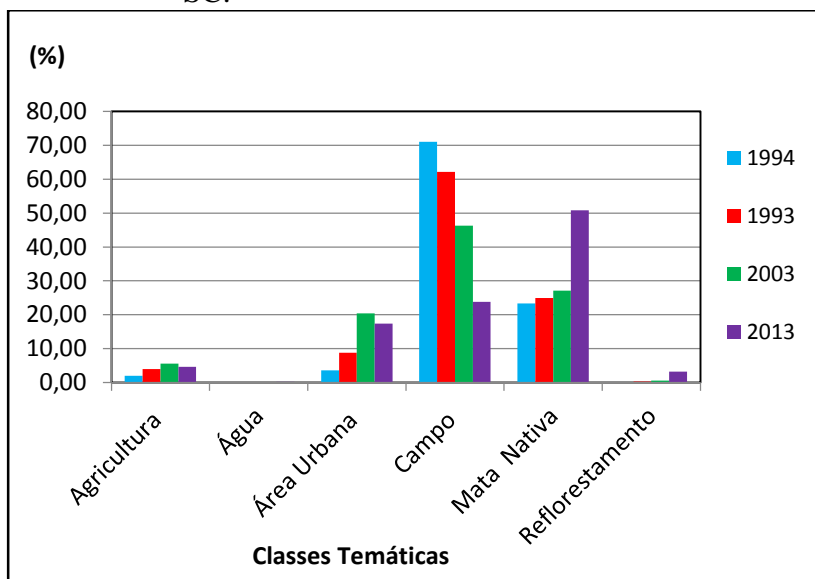
Sendo assim, nos Gráficos 1 e 2, nota-se a variação de maneira bastante evidente, chamando atenção, na área total, o declínio da classe campo, com o aumento da classe área urbana. Essa variação é reflexo da transformação socioambiental que a cidade de Lages e, conseqüentemente, a região da bacia do rio Ponte Grande passou nesses anos, e que ainda se processa principalmente nas regiões destinadas a expansão urbana.

Gráfico 1 - Variação das classes: agricultura, água, área urbana, campo, mata nativa e reflorestamento, em porcentagem (%) ao longo dos anos: 1984, 1993, 2003 e 2013 na bacia hidrográfica do rio Ponte Grande, em Lages - SC.



Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Gráfico 2 - Variação das classes: agricultura, água, área urbana, campo, mata nativa e reflorestamento, em porcentagem (%) ao longo dos anos 1984, 1993, 2003 e 2013 nas Áreas de Preservação Permanente ao redor de nascentes e ao longo dos cursos d'água da bacia hidrográfica do rio Ponte Grande, em Lages – SC.



Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Eckhardt, Silveira e Rempel (2013) e Altmann, Eckhardt e Rempel (2009) observaram o mesmo comportamento das classes floresta nativa e área urbana, avaliando a evolução temporal do uso e cobertura da terra nos municípios de Bom Retiro do Sul e Teutônia - RS. Ambas aumentaram sua área consideravelmente a partir do primeiro ano avaliação. No primeiro caso, as florestas nativas aumentaram 55% e a área urbanizada 132,57%. No segundo caso, as florestas aumentaram 80%, e a área urbanizada 12,22 vezes.

Kleinpaul (2005) também observou uma conduta semelhante na microbacia do Arroio Grande em Santa Maria - RS. A área de florestas aumentou 10,24% da área total da bacia; os campos tiveram uma queda de 2,3% e a agricultura aumentou 5,32% em um período de 18 anos. Dias (2011) analisando a área urbana da bacia do Ribeirão do Lipa, encontrou a mesma tendência para a mata nativa, a qual aumentou aproximadamente 65% no período de 1986 a 2010, e, apesar de tal bacia ter maior parte de seu perímetro fora da área urbana, esse acréscimo concentrou-se na área urbanizada, cuja explicação pode estar no aumento do rigor da legislação ambiental.

Considera-se que um dos fatores determinantes para a diminuição dos desmatamentos foi à aplicação da legislação com maior rigor pelos órgãos ambientais levando-se em conta a Lei nº 4.771 de 1965 (Código Florestal), revogado em 2012 pelo novo Código Florestal, sendo substituída pela Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012), a qual impôs uma série de barreiras e consequências ao corte das florestas nativas.

Com relação à classe agricultura no presente trabalho, cresceu até o ano de 2003. Em 1984 detinha 3,48%, aumentou para 5,61% em 1993 e 7,63% em 2003, quando obteve sua área máxima. Entre os anos de 2003 e 2013 sofreu um pequeno decréscimo para 6,59%.

A partir do cruzamento das informações contidas na Tabela 3, Gráfico 2 e Figura 3, referentes à distribuição espacial das classes de uso do solo nas APP's, constatou-se que em 1984, 94,49% das APP's estavam realmente preservadas, com a manutenção da cobertura nativa. Em 1993, essa taxa caiu para 87,04%, e em 2003 obteve seu menor índice, 73,46%. Finalmente, em 2013, voltou a subir, chegando a 74,74%, ou seja, mais de 25% das APP's da bacia estão sendo utilizadas para fins econômicos ou ocupacionais, contrariando o Código Florestal.

Para Crestana et al. (1993), sendo a legislação ambiental brasileira ampla, vários fatores contribuem para torná-la pouco

ágil e efetiva. Cattani et al. (2013), discorre que um dos motivos na dificuldade de cumprimento da legislação é o fato de que a mesma não faz nenhuma distinção das APP's em relação à área urbana e ao meio rural, os quais constituem realidades e usos diferentes. Também é fator determinante (SILVA, 2006) a falta de individualidade para os diferentes ecossistemas, os quais são tratados de forma generalizada (JACOVINE et al., 2008) quando, na realidade, sabe-se que são muito particulares, variando conforme a região e até mesmo com o relevo.

Assim como constatado por Rodrigues et al. (2014) em estudo realizado na bacia do rio Queima-Pé, MT, percebe-se que muitas das nascentes estão desprotegidas, e em vários pontos as massas d'água estão em contato direto com a atividade antrópica, seja pelo assentamento populacional, ou pelas atividades agrossilvipastoris. Sendo assim, percebe-se a importância da manutenção da vegetação há um raio mínimo de 50 metros ao redor das nascentes para a proteção da bacia hidrográfica (BRASIL, 2012), uma vez que as nascentes são suas produtoras (VALENTE; GOMES, 2005).

A expansão urbana deve ser contida em zonas úmidas e planícies aluviais. Isso poupa os solos férteis, produtivos e também contribui para o equilíbrio ecológico. É cada vez mais imperativo tomar uma abordagem holística para a gestão da área urbana e seu ambiente. Além disso, a necessidade de políticas de gestão de uso da terra regionais e locais deve ser revista, e encarada como um sistema multidisciplinar onde há a interação de vários e divergentes fatores (DEWAN; YAMAGUCHI, 2009).

A parcela urbanizada da presente bacia que em 1984 se concentrava principalmente na margem esquerda do rio Ponte Grande, região leste da área urbana de Lages, ultimamente avança no sentido norte sul da bacia, ocupando quase que sua totalidade, como pode ser observado na Figura 2. Tal mudança da paisagem é resultado da alteração no perfil econômico ocorrida no século XX, a qual acabou por refletir no município

de Lages-SC. A passagem de uma economia agrária para industrial levou ao crescimento gradual da cidade, sem planejamento. Assim, a paisagem retrata o histórico natural e antrópico decorrido no tempo. A capacidade do homem em desenvolver tecnologias interfere no meio natural e torna-se um grande modelador do espaço (RODRIGUES et al., 2014).

## 2.6 CONCLUSÃO

As principais formas de uso do solo oscilaram ao longo dos anos pesquisados. Até o ano de 2003 havia predomínio da classe campo com 44,84% de ocupação do solo. No ano de 2013 foi ultrapassado pela área urbana, a qual chegou a 36,8% da área total da bacia. Nas APP's, até o ano de 2003 o campo foi predominante sobre as demais formas de uso com 46,31%; porém, em 2013, a mata nativa chegou a um total de 50,83%, ficando o campo em segundo lugar com 23,78%.

Em 1984, 5,51% das APP's estavam em desacordo com a Lei nº 12.651/2012 (Código Florestal), sem a preservação e manutenção da cobertura florestal ou nativa, de matas ou campos. Em 1993 essa taxa subiu para 12,96% e em 2003 26,54%. Em 2013 pela primeira vez houve um decréscimo para 25,26%.

O método de classificação supervisionada pela Distância de Mahalanobis mostrou-se eficiente no uso proposto. Contudo, trabalhos como estes servem de parâmetro comparativo para estudos posteriores. Assim, é importante que se continue a avaliar o comportamento do uso do solo na bacia hidrográfica do rio Ponte Grande.

Por se tratar de uma área que está localizada nos limites do perímetro urbano do município de Lages e ainda com espaços desocupados, a bacia do rio Ponte Grande tem sofrido nos últimos anos um expressivo avanço da urbanização.

### **3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PONTE GRANDE NO MUNICÍPIO DE LAGES - SC.**

#### **3.1 RESUMO**

O rio Ponte Grande é um dos afluentes do rio Caveiras; sendo este último responsável pelo abastecimento de água da cidade de Lages - SC. As principais nascentes da bacia hidrográfica do rio Ponte Grande estão localizadas na área rural, onde desenvolvem-se atividades industriais, agropecuárias e silviculturais. Muitas bacias hidrográficas do município vêm passando por um processo de degradação ambiental, principalmente pela falta de infraestrutura de saneamento básico. O trabalho objetivou avaliar a qualidade da água e fazer o enquadramento dos 57 pontos estudados ao longo da bacia hidrográfica do rio Ponte Grande segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005. Foram analisados os seguintes parâmetros físico-químicos: temperatura, oxigênio dissolvido (OD), condutividade, pH, sólidos totais dissolvidos (STD), salinidade, turbidez, cor aparente, fenóis totais, sólidos em suspensão, nitrato, nitrito, amônia total, fósforo total e demanda química de oxigênio (DQO). A metodologia utilizada nas análises seguiu as orientações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1999). Os parâmetros OD (0,7 - 6,99 mg/L), pH (5,19 - 8,05), turbidez (1 - 289 NTU), cor (0,5 - 327 uC), amônia (0,04 - 8,94 mg/L), fósforo (0 - 0,53 mg/L) e fenol (0,005 - 0,037 mg/L) apresentaram valores fora dos limites estabelecidos pela referida Resolução para água doce de classe II. Isso ocorreu devido à carga de despejos de esgotos domésticos e industriais; deposição de lixo e escoamento de resíduos agrícolas que os referidos corpos d'água vêm recebendo. Sólidos totais dissolvidos (72,8 - 274,3 mg/L), salinidade (0,05 - 0,2 ppt), sólidos em suspensão (2 - 237 mg/L), nitrato (0,01 - 1,4 mg/L) e nitrito (0,02 - 0,33

mg/L) atenderam aos padrões estabelecidos para a referida classe. Medidas mitigadoras como educação ambiental, fiscalização, análises periódicas da água, implantação de rede coletora e tratamento de esgoto fazem-se importantes para se restabelecer a qualidade da água nos níveis aceitáveis de acordo com o ordenamento jurídico.

**Palavras-chave:** Água. Parâmetros físico-químicos. Monitoramento.

### 3.2 ABSTRACT

The Ponte Grande River is one of the affluents of the Caveiras River, which is responsible for the water supply in the city of Lages – SC. The main river sources of the Ponte Grande River Basin are located at the rural area, where industrial, agricultural and silvicultural activities are developed. Many hydrographic basins of the municipality are going through an environmental degradation process, mainly due to the lack of sewage infrastructure. The present work aimed to evaluate the water quality and classify the 57 points studied along the basin according to the CONAMA Resolution number 357/2005. The following physicochemical parameters were analyzed: temperature, dissolved oxygen (DO), conductivity, pH, total dissolved solids (TDS), salinity, turbidity, apparent color, total phenols, total suspended solids (TSS), nitrate, nitrite, total ammonia, total phosphorus and Chemical Oxygen Demand (COD). The methodology adopted in the analyzes followed the orientations of the *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1999). The parameters DO (0.7 - 6.99 mg/L), pH (5.19 - 8.05), turbidity (1 - 289 turbidity units), color (0.5 - 327 color units), ammonia (0.04 - 8.94 mg/L), phosphorus (0 - 0.53 mg/L) e phenol (0.005 - 0.037 mg/L) showed values out of the limits established by the resolution for class II fresh water. It occurs due to the amount of domestic and



industrial sewer, garbage disposal and the flow of agricultural waste that is being received by the water body. TDS (72.8 - 274.3 mg/L), salinity (0.05 - 0.2 ppt), total suspended solids (2 - 237 mg/L), nitrate (0.01 - 1.4 mg/L) and nitrite (0.02 - 0.33 mg/L) attended the established standards for the referred class. Mitigating measures such as environmental education, surveillance, periodic water analyzing, the settlement of a sewage-collecting network and its treatment make themselves important in order to reestablish the water quality to levels considered acceptable according to the law.

**Key-words:** Water. Physicochemical parameters. Monitoring.

### 3.3 INTRODUÇÃO

É de aceitação mundial que a bacia hidrográfica é a unidade de planejamento, visto que se constitui num sistema natural bem delimitado geograficamente. Nela, os recursos naturais interagem, e, além disso, constitui-se uma unidade espacial de fácil reconhecimento e caracterização, considerando que não há qualquer área de terra, por menor que seja que não se integre a uma bacia hidrográfica e, quando o problema central é água, a solução deve estar estreitamente ligada ao seu manejo e manutenção (NASCIMENTO; VILAÇA, 2008).

Segundo Hadlich e Scheibe (2007), a ocupação e uso do solo por atividades humanas alteram processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas naturais. Alterações ocorridas em uma bacia hidrográfica podem ser avaliadas por meio do monitoramento da qualidade da água, pois, pelo ciclo hidrológico, as precipitações sobre as vertentes possibilitam o escoamento superficial e subsuperficial das águas, propiciando o transporte de poluentes para a rede de drenagem. Dessa forma, os rios integram consequências de diversos fenômenos ocorrentes na bacia.

A qualidade da água é reflexo do efeito combinado de muitos processos que ocorrem ao longo do curso d'água

(PETERS; MEYBECK, 2000). Assim sendo, o monitoramento é essencial para acompanhar a evolução das condições da qualidade da água ao longo do tempo, averiguar as tendências na qualidade do meio aquático, além de poder observar como este meio é afetado pelas atividades antrópicas (HESPANHOL, 2008). Para isso é necessário que sejam escolhidos os parâmetros com maiores probabilidades de representar as atividades desenvolvidas na bacia, e assim, ter uma resposta na alteração da qualidade da água (MACHADO, 2006).

O presente estudo foi realizado na bacia hidrográfica do rio Ponte Grande, a qual, juntamente com a bacia do rio Carahá, compõem a rede de drenagem da área urbana do município de Lages-SC, na região serrana do estado de Santa Catarina. A referida bacia apresenta forma alongada, com uma área de drenagem de 2.722,35ha e seu principal contribuinte é o rio Ponte Grande. Abrange uma região composta por residências, indústrias, comércio, um aeroporto, um shopping e pelo Campus III da Universidade do Estado de Santa Catarina. Ao longo de toda sua extensão inserem-se os bairros: Da Várzea, Popular, São Miguel, Ferrovia, Caravágio, Coral, Penha, Santa Maria, Ponte Grande, Jardim Panorâmico, Gethal, São Sebastião, Vila Mariza, Da Bates, Da Chapada, Dom Daniel, Conta Dinheiro, Guarujá, Pisani, Jardim Celina e Do Tributo.

Por tratar-se de uma bacia urbana, sofre muitos desequilíbrios ambientais, consequência das ocupações irregulares das margens, da falta de infraestrutura de saneamento básico, disposição inadequada dos resíduos sólidos e um sistema ineficiente de drenagem urbana. Além disso, devido ao processo de urbanização, sofre com o desmatamento, confinamento do leito e impermeabilização do solo.

No Brasil, quem norteia a classificação dos corpos de água superficiais em relação a sua qualidade é o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), por meio da Resolução nº 357, servindo como suporte indispensável aos programas de gestão dos recursos hídricos (BRASIL, 2005). O

CONAMA estabelece nove classes de qualidade de água, de acordo com os minerais e substâncias presentes e suas respectivas concentrações. No grupo das águas doces, há cinco classes de acordo com o fim a que se destinam. Portanto, na classificação é levada em consideração a possibilidade de prejuízo se usada abaixo da classe a que se destina, ou são recomendados tratamentos de desinfecção ou purificação.

A Lei nº 9.433/1997 (Lei das Águas) institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, estabelecendo que a gestão dos recursos hídricos deva ser realizada de forma descentralizada e participativa, envolvendo o poder público, os usuários de recursos hídricos e as comunidades (BRASIL, 1997).

Assim, os planos de recursos hídricos constituem-se em instrumentos para a implementação da política e do planejamento, e são desenvolvidos, a nível regional, pelos planos de bacias hidrográficas. O estudo em questão fornecerá informações importantes para a elaboração do plano da bacia hidrográfica do rio Caveiras, visto que este é o primeiro estudo realizado na bacia do rio Ponte Grande, afluente do supracitado.

Desta forma, este trabalho objetivou avaliar a qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Ponte Grande, com base em seus parâmetros físico-químicos, e fazer o enquadramento dos pontos amostrados com base na Resolução nº 357 do CONAMA (BRASIL, 2005).

### 3.4 MATERIAL E MÉTODOS

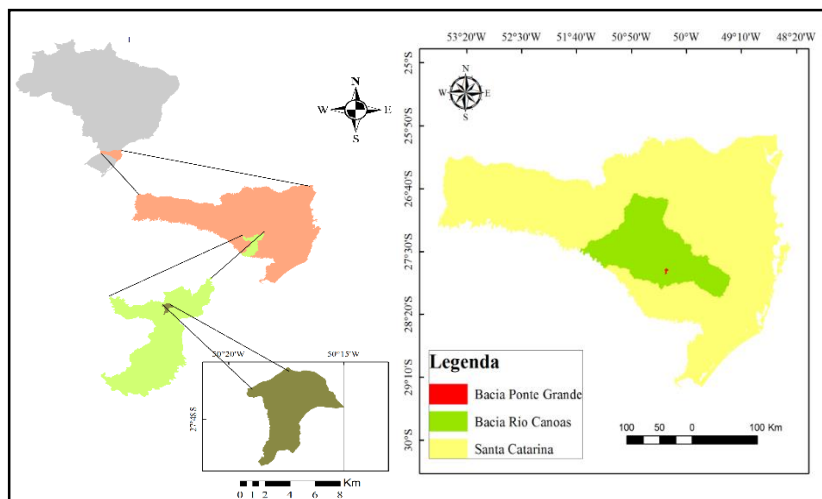
#### 3.4.1 Área de trabalho

O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do rio Ponte Grande, situada em Lages, região serrana do Estado de Santa Catarina. A bacia está inserida na área urbana do município de Lages-SC (Figura 4), entre as coordenadas 27° 47' S e 50° 17' WGr., com altitude média de 938 metros, compreendendo uma

área de 2.722,35ha. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, citado por Kottek et al. (2006), é do tipo Cfb, mesotérmico, com verões brandos, temperaturas médias do mês mais quente inferiores a 22 °C e precipitações pluviais bem distribuídas. As formas do relevo na bacia variam entre plano a suavemente ondulado, possuindo alguns picos de maior elevação, entre eles o Morro do Prudente com 1.067m. As formações vegetais predominantes da região são os campos e a Floresta Ombrófia Mista.

O rio Ponte Grande é um importante afluente do rio Caveiras, o qual possui a segunda maior sub-bacia da bacia hidrográfica do rio Canoas, tributário do rio Uruguai (NETO; BECEGATO; CABRAL, 2013).

Figura 4 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Ponte Grande em escala nacional, estadual e municipal (à esquerda); e dentro da bacia do rio Canoas (à direita).

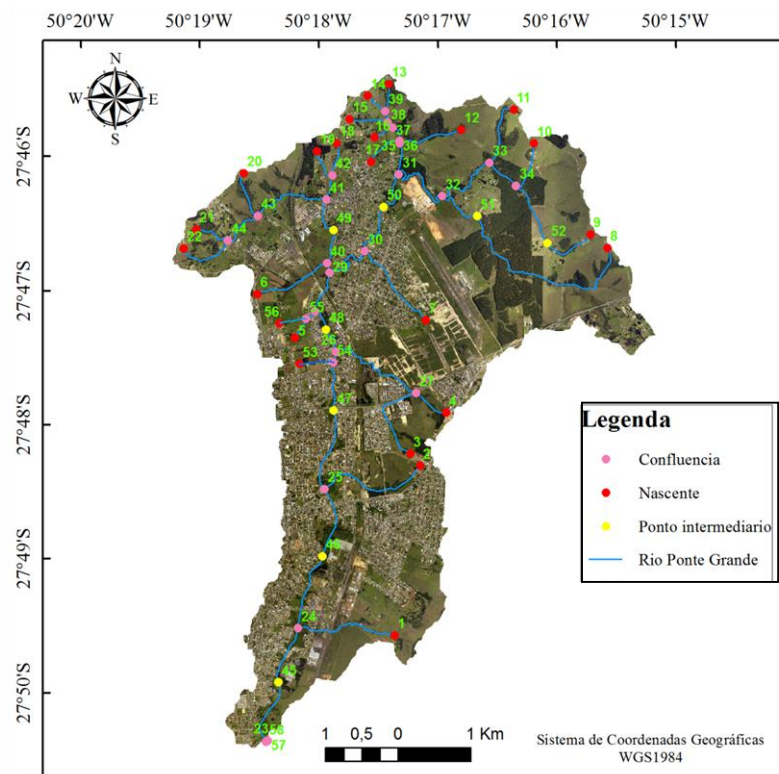


Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

### 3.4.2 Identificação dos pontos de coleta e determinação das variáveis estudadas

Para que houvesse representatividade estatística das amostras de água, bem como para o entendimento das variáveis pesquisadas, foi estabelecido que em cada nascente e em cada entroncamento de cursos d'água haveria um ponto de coleta, bem como em determinados trechos em que estivesse havendo interferência antrópica no rio Ponte Grande. Tais demarcações foram realizadas no software ArcGis® 10.1, em ambiente georreferenciado, cuja rede hidrográfica foi sobreposta a uma ortofoto objetivando identificar e demarcar os pontos (Figura 5). Foram identificadas 23 nascentes, 26 confluências e 8 pontos intermediários, totalizando 57 pontos de coleta (Anexo A).

Figura 5 - Sistema hidrográfico da bacia do rio Ponte Grande, em Lages – SC, e distribuição dos 57 pontos de coleta.



Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Tanto o sistema hidrográfico quanto as ortofotos e o Modelo Digital de Terreno - MDT, com escala de 1:10.000, resolução espacial de 39 centímetros, e de 1 metro, respectivamente, são oriundos da Secretaria do Desenvolvimento Sustentável de Santa Catarina - SDS/SC.

Os parâmetros físico-químicos: temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade, pH, STD, salinidade, turbidez, cor aparente, fenóis totais, sólidos em suspensão, nitrato, nitrito, amônia total, P total e demanda química de oxigênio, foram

eleitos de acordo com a sua relevância para que o objetivo do trabalho fosse atingido.

### **3.4.3 Coleta das amostras de água e procedimentos de campo**

A metodologia utilizada na amostragem da água (coleta, preservação e análise) seguiu as orientações estabelecidas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1999), na NBR 9898 (ABNT, 1987) e CETESB e ANA (2011) quando cabível.

As coletas foram realizadas entre os dias 17 e 21 de março de 2015, cujo período seguiu com as mesmas características climáticas: dias ensolarados e ausência de precipitação e vento, com temperaturas médias diárias variando entre 18 a 20°C, de acordo com os dados históricos apresentados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

As amostras foram coletadas manualmente em frascos de polietileno com capacidade de 1 litro (PINHEIRO et al., 2014) ambientados com a água do próprio local antes da efetivação da coleta, devidamente etiquetados e vedados. As alíquotas foram armazenadas e transportadas em caixa térmica contendo gelo, visando preservar as características físicas, químicas e biológicas das mesmas.

Para os parâmetros determinados *in loco* (temperatura, OD, pH, condutividade, salinidade e STD) utilizou-se a sonda multiparâmetros *Ysi Professional Plus*, (Figura 6). Para aferição das variáveis, coletou-se amostras em um balde para imersão da sonda após lavagem com água destilada. A aquisição dos dados foi realizada em triplicada, para posterior extração da média dos valores. Tais valores foram anotados em uma planilha contendo a identificação do ponto e suas coordenadas, para póstuma tabulação digital.

Figura 6 - Sonda multiparâmetros *Ysi Professional Plus* utilizada na mensuração a campo das variáveis: temperatura, OD, pH, condutividade, salinidade e STD, para a determinação da qualidade da água, na bacia hidrográfica do rio Ponte Grande, em Lages - SC.



Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

#### **3.4.4 Análises em laboratório**

As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Tratamento de Águas e Resíduos - LABTRAT da Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC. Efetuou-se a filtragem das amostras, visto que as análises de amônia total, fósforo total, nitrato, nitrito e fenóis totais necessitam ser realizadas com a alíquota filtrada, enquanto que os demais parâmetros (cor aparente, turbidez, sólidos suspensos e DQO) são analisados com a amostra bruta. Todas as leituras foram realizadas no aparelho *Spectroquant*, modelo Nova 60,



marca Merck, e todas as amostras foram triplicadas, para a extração do valor médio da leitura.

As análises seguiram os métodos de execução descritos pela APHA, nos *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20ª edição, conforme Tabela 4 e Anexos C, D, E, F, G, H, I, J e K.

Tabela 4 - Métodos de determinação das análises de; amônia, cor aparente, demanda química de oxigênio (DQO), fenóis totais, fósforo total, nitrato, nitrito, sólidos suspensos e turbidez.

Parâmetros	Método / absorbância*
Amônia total (mg/L)	n° 4500-NH <sub>3</sub> F. <i>Phenate Method</i> / 620nm
Cor aparente (Hz)	n° 2120 C <i>Spectrophotometric Method</i>
DQO (mg/L)	n° 5220 B. <i>Open Reflux Method</i> / 445nm
Fenóis totais (mg/L)	n° 5530 C. <i>Chloroform Extraction Method</i> / 445nm
Fósforo total (mg/L)	n° 4500-P E <i>Ascorbic Acid Method</i>
Nitrato (mg/L)	n° 4500-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> B <i>Ultraviolet Spectrophotometric Screening Method</i> / 525nm
Nitrito (mg/L)	n° 4500-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> B. <i>Colorimetric Method</i> / 525nm
Sólidos Suspensos (mg/L)	Metodologia Merck n° 182 <i>Spectrophotometric Method</i>
Turbidez (FAU)	ISO 7027 <i>Spectrophotometric Method</i>

\* Quando o resultado não for expresso na unidade final e sim em absorbância.

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

As variáveis de qualidade da água foram analisadas conforme os padrões estabelecidos pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005), a qual dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências devidas.

### 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quinze parâmetros foram determinados para 57 pontos de amostras de água ao longo da bacia do rio Ponte Grande. As concentrações determinadas foram comparadas com os valores máximos estabelecidos pela Resolução nº 357 do CONAMA (BRASIL, 2005) para todas as classes de água doce (Tabela 6). A classificação pode restringir o uso da água para determinados situações. Um corpo de água doce que atenda aos padrões da classe II, por exemplo, pode ter suas águas destinadas: ao abastecimento humano após tratamento convencional, à proteção de comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e à atividade de pesca.

Dentre as variáveis analisadas, sete apresentaram valores fora dos limites estabelecidos pela legislação: OD, pH, turbidez, cor aparente, amônia total, P total e fenóis totais. As variáveis: STD, salinidade, sólidos em suspensão, nitrato e nitrito atendem aos padrões estabelecidos pela Resolução supracitada, por isso não serão aqui discutidos.

Tabela 5 - Estatísticas descritivas das variáveis físico-químicas: temperatura (Temp), oxigênio dissolvido (OD), condutividade, pH, sólidos totais dissolvidos (STD), salinidade, turbidez, cor, sólidos suspensos, nitrato, nitrito, amônia, fósforo (P), demanda química de oxigênio (DQO), e fenóis, obtidas na bacia hidrográfica do rio Ponte Grande, em Lages - SC (Continua).

	Temp (°C)	OD (mg/L)	Condutividade (μS/cm)	pH	STD (mg/L)
Mínimo	17,3	0,7	98,9	5,19	72,8
Máximo	25,1	6,99	392,6	8,05	274,3
Média	19,98	3,76	201,11	6,84	145,67
Mediana	19,7	4,24	182,9	7,14	133,25
Desvio Padrão	1,53	1,53	74,26	0,86	54,37
CV (%)	7,65	40,56	36,93	12,51	37,32
Assimetria	0,87	-0,45	0,47	-0,9	0,52
Curtose	1	-0,72	-0,91	-0,49	-0,77
	Salinidade (ppt)	Turbidez (NTU)	Cor (uC-Hz)	SS (mg/L)	Nitrato (mg/L)
Mínimo	0,05	1	0,5	2	0,016
Máximo	0,2	289	327	237	1,405
Média	0,11	31,4	62,37	44,46	0,23
Mediana	0,1	16	45,5	24	0,14
Desvio Padrão	0,04	42	64,35	50,81	0,27
CV (%)	38,82	133,73	103,18	114,29	117,76
Assimetria	0,47	4,38	2,89	2,14	3,05
Curtose	-0,8	25,29	8,65	4,35	10,52

Tabela 5 - Estatísticas descritivas das variáveis físico-químicas: temperatura (Temp), oxigênio dissolvido (OD), condutividade, pH, sólidos totais dissolvidos (STD), salinidade, turbidez, cor, sólidos suspensos, nitrato, nitrito, amônia, fósforo (P), demanda química de oxigênio (DQO), e fenóis, obtidas na bacia hidrográfica do rio Ponte Grande, em Lages - SC (Conclusão).

	Nitrito (mg/L)	Amônia (mg/L)	P (mg/L)	DQO (mg/L)	Fenóis (mg/L)
Mínimo	0,029	0,047	0	0,087	0,005
Máximo	0,3346	8,947	0,53	53,863	0,037
Média	0,08	1,92	0,12	14,21	0,02
Mediana	0,06	0,71	0,04	9,97	0,02
Desvio Padrão	0,05	2,14	0,15	12,61	0,01
CV (%)	64,34	111,15	132,14	88,73	41,2
Assimetria	2,88	1,19	1,35	0,98	-0,09
Curtose	10,23	0,69	0,49	0,32	-0,81

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Tabela 6 - Valores padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para as variáveis temperatura, oxigênio dissolvido (OD), condutividade, pH, turbidez, cor, amônia, fósforo, demanda química de oxigênio (DQO) e fenóis.

	Temperatura (°C)	OD (mg/L)	Condutividade (µS/cm)	pH	Turbidez (uT-FAL)
CL I		≥ 6			≤ 40
CL II	20 - 30*	05/jun	≤ 100*	06/set	40 - 100
CL III		04/mai			40 - 100
CL IV		02/abr			
	Cor (uC-Hz)	Amônia (mg/L)	Fósforo (mg/L)	DQO (mg/L)	Fenóis (mg/L)
CL I	cor natural	13,3 p/ pH ≤ 7,5	≤ 0,1	≤ 20*	≤ 0,003
CL II	≤ 75	5,6 p/ 7,5 < pH ≤ 8	-		-
CL III	≤ 75	2,2 p/ 8 < pH ≤ 8,5	0,1 - 0,15		0,003 - 0,01
CL IV	-	1 p/ pH > 8,5	-		0,01 - 1

\* Valores retirados de outras literaturas, não estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Fonte: Produção do próprio autor.

### 3.5.1 Temperatura

A temperatura, assim como sua alteração, é responsável pela modificação na velocidade das atividades metabólicas dos organismos, bem como na alteração da velocidade das reações químicas, e na solubilidade das substâncias (MACHADO, 2006), influenciando assim muitos processos.

Esta variável apresentou uma amplitude entre 17,3°C e 25,1°C (Tabela 5). Segundo Von Sperling (1997), em ambientes brasileiros a temperatura geralmente se mantém entre 20 a 30°C, podendo variar entre 5 e 15°C no inverno, na Região Sul.

Antunes et al. (2014), analisando as águas da nascente e foz do rio Carahá, também na área urbana de Lages/SC, encontraram 11,5°C e 21°C respectivamente, para mínimos e máximos, nascentes e foz. Essa diferença pode ser explicada pelos diferentes períodos do ano em que foram realizadas as coletas. No caso do presente trabalho, durante o verão, e no rio Carahá, no período de outono/inverno.

Dos 57 pontos analisados, 34 apresentaram temperatura inferior a 20°C: 16 nascentes, 13 confluências e cinco pontos intermediários. A água das nascentes sofre menor influência da incidência dos raios solares e da temperatura do ar. No interior do solo a água apresenta temperatura mais constante, semelhante à temperatura deste (BORGES; GALBIATTI; FERRAUDO, 2003), assim, quando comparadas a trechos do rio, por vezes sejam menores. Tal fato pode ser constatado pelo baixo Coeficiente de Variação (CV) 7,65% (Tabela 5).

As temperaturas mais elevadas concentram-se de forma mais expressiva na parte central da bacia, trecho onde ocorre o encontro dos afluentes e forma-se o rio principal.

### **3.5.2 Turbidez**

A turbidez é dada pela quantidade de particulados em suspensão (MEDEIROS et al., 2009). Ela causa interferência na dispersão da luz na água, e pode ser proveniente de altas concentrações de sólidos em suspensão, compostos químicos dissolvidos e partículas suspensas, como silte, argila e matéria orgânica (TOGORO; MARQUES, 2007).

Os valores de turbidez oscilaram entre 1 a 289 NTU (Tabela 5). A variação estatística das amostras com CV de 133,73% evidencia que há pontos com forte turbidez. Observa-se que apenas um ponto ultrapassou os limites para classe II, segundo a Resolução nº 357 do CONAMA (BRASIL, 2005), acima de 100 NTU. Trata-se do ponto 28 (Anexo A). Uma confluência situada numa pequena área com vegetação dentro do perímetro urbano, no bairro Dom Daniel, onde o curso d'água

recebe forte impacto da ação antrópica, com inúmeras residências instaladas próximas a margem, e sem qualquer sistema de coleta de esgoto, sendo este lançado diretamente no rio, além do lixo gerado pelas residências. Segundo Bernardes e Soares (2005), altos valores podem indicar o lançamento de esgoto fresco, o que foi observado em diversos pontos de coleta. De acordo com Pinheiro et al. (2014), a presença de vegetação no entorno do ponto, favorece a decomposição de matéria orgânica e inorgânica dos organismos microscópicos e algas devido ao escoamento superficial, o que também afeta diretamente nos altos valores.

### **3.5.3 pH**

O pH é influenciado pela quantidade de matéria orgânica a ser decomposta, sendo que, em geral, quanto maior a quantidade disponível, menor o pH, devido à biodegradação que produz ácidos orgânicos e gás carbônico (OLIVEIRA, DI SOUZA; CASTRO, 2009). Ele fornece indícios sobre a qualidade hídrica, o tipo de solo por onde a água percorreu, bem como a composição química da poluição da água (ácida ou alcalina). De acordo com (MATHEUS et al., 1995), em águas superficiais os valores de pH variam entre 4 e 9.

Segundo a Resolução CONAMA n° 357/05 (BRASIL, 2005), o pH pode variar entre 6 e 9 não diferindo entre as classes de água doce. Assim, 13 pontos (Tabela 5) apresentaram valores inferiores a 6,0: nove nascentes, três confluências e um ponto intermediário. Todos estão localizados na mesma porção da bacia, norte/nordeste. Nas confluências, tratam-se dos pontos P37, P38 e P39, localizados no norte da bacia, numa área de confluência de quatro nascentes em uma porção rural, onde ainda há um remanescente de mata ciliar. Acima destes pontos há várias residências domésticas, onde os moradores desenvolvem atividades de pecuária e agricultura, havendo muitas lavouras, principalmente de milho e pasto. Já para as nascentes, os nove pontos que tiveram pH inferior a 6,0

localizam-se numa mesma região da bacia, a nordeste, na área não urbanizada: P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14, P15 e P16. Nesta região desenvolvem-se atividades pecuárias, agricultura e silvicultura, além da contribuição das residências.

Do ponto de vista estatístico, o CV está acima dos 12% (Tabela 5). Contudo, pode-se dizer que a variação entre os valores foi baixa. Isso pode revelar uma boa capacidade de tamponamento pelo ecossistema (SIQUEIRA; APRILE; MIGUÉIS, 2012), de modo que, os valores determinados do pH variaram de uma faixa ligeiramente ácida, devido à contribuição da bacia hidrográfica e decomposição da matéria orgânica, até ligeiramente alcalina, devido sobretudo, à contribuição geológica da região.

### **3.5.4 Cor aparente**

Segundo Moraes (2014), a cor é resultado da existência de substâncias em solução; podendo ser causada pelo ferro ou manganês, pela decomposição da matéria orgânica da água (principalmente vegetais), pelas algas ou pela introdução de esgotos industriais e domésticos.

Conforme a Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005), para as águas doces das classes II e III, a cor verdadeira não pode ser superior a 75 mg Pt/L. Das 57 amostras, 14 superaram o valor padrão: cinco oriundas de nascentes, cinco de confluências e um ponto intermediário, enquadrados assim, como classe IV; e uma nascente e duas confluências como classe III. Todas essas nascentes que se mostraram como classe III e IV (pontos P5, P9, P14, P16 e P56), referem-se a nascentes localizadas no interior de açudes. O excesso de matéria orgânica nos açudes justifica os valores elevados desta variável (MORAES, 2014).

Os dados estatísticos evidenciam uma variabilidade alta da cor, cujo CV ultrapassa os 103%, como observa-se na Tabela 5.



### 3.5.5 Oxigênio dissolvido (OD)

Corpos d'água naturais têm altos níveis de oxigênio que variam dependendo da temperatura, salinidade, turbulência da água e pressão atmosférica (EFFENDI, 2003). Quanto mais fria a água, mais oxigênio ela pode reter (SAID; STEVENS; SEHLKE, 2004). O oxigênio dissolvido é necessário para a sobrevivência de organismos aeróbios aquáticos. O baixo OD indica alta demanda de oxigênio pelos microrganismos (EFFENDI; ROMANTO; WARDIATNO, 2015), os quais fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, para realizar a estabilização da matéria orgânica oriunda dos efluentes (BOTTIN et al., 2007).

A Resolução CONAMA n° 357/05 (BRASIL, 2005), dispõe que corpos hídricos de classe I não podem apresentar OD inferior a 6 mg/L O<sub>2</sub>; classe II, OD não inferior a 5 mg/L O<sub>2</sub>; classe III, OD não inferior a 4 mg/L O<sub>2</sub>; e classe IV, OD superior a 2 mg/L O<sub>2</sub>.

Dos 57 pontos analisados (Tabela 5), 44 apresentaram valores inferiores aos estabelecidos para classe II: sete são oriundos de nascentes, quatro de confluências e três pontos intermediários enquadrados como classe IV. Seis nascentes, onze confluências e um ponto intermediário foram enquadrados como classe III e uma amostra de nascente, oito de confluências e três pontos intermediário com OD inferior a 2 mg/L O<sub>2</sub>, não se enquadrando sequer como classe IV.

O oxigênio dissolvido é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos (VON SPERLING, 1996). Machado (2006) discorre que valores superiores à saturação indicam a presença de algas e um bom processo de fotossíntese; valores inferiores à saturação indicam a presença de matéria orgânica, provavelmente de esgotos; valores entre 4 e 5 mg/L de O<sub>2</sub>, podem conduzir para a morte de peixes mais exigentes em relação aos níveis de oxigênio na água; valores próximos a 2 mg/L de O<sub>2</sub> provavelmente levaria a morte de todos os peixes; e

valores próximos a 0 mg/L de O<sub>2</sub> apresentam condições de anaerobiose. Isso demonstra o alto grau de impacto a que a bacia está exposta, onde, mais de 70% dos pontos analisados, apresentam OD inferior a 4 mg/L de O<sub>2</sub>.

Os pontos (P5, P26, P27, P28, P29, P30, P40, P42, P48, P49, P50 e P54), cujos valores de OD são inferiores a 2 mg/L O<sub>2</sub> em sua maioria, localizam-se na área urbanizada da bacia. São pontos de confluência ou intermediários, onde os afluentes já se encontraram para formar o curso principal, e estão recebendo toda a carga orgânica proveniente dos despejos domésticos e industriais destas áreas. A exceção da nascente P5, situada nos tanques de piscicultura, dentro do campus do CAV/UEDESC. A amplitude entre o maior e menor valor é de 10 vezes (Tabela 5), cuja diferença reflete no CV de 40,56%. O menor valor foi observado no P50, localizado no bairro Guarujá com 0,7 mg/L de O<sub>2</sub>. Segundo relatório da CETESB (2015), os valores médios de OD no rio Teitê - SP no ano de 2014 nos dois piores pontos analisados foram 0,5 e 0,6 mg/L de O<sub>2</sub>.

### 3.5.6 Condutividade

A condutividade elétrica, assim como a turbidez, o material inorgânico em suspensão, a alcalinidade, e a dureza, indica o balanço mineral da água (RODRÍGUES, 2001). Está relacionada à presença de partículas carregadas eletricamente, logo, pode contribuir para a identificação de trechos impactados de uma bacia de drenagem (PEREIRA et al., 2012).

A Resolução do CONAMA n° 357/05 (BRASIL, 2005), não cita valores limites para este indicador, visto que ela possui ampla variação, e os pontos devem ser comparados com as nascentes. Contudo, segundo a CETESB, para a hidrografia do estado de São Paulo, em geral, níveis superiores a 100 µS/cm indicam ambientes impactados, e em corpos d'água que recebem efluentes a condutividade pode atingir 1000 µS/cm (LIBÂNIO, 2005).

Neste estudo, os valores variaram de 98,9 a 392,6  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . As nascentes tiveram concentrações variando de 98,9 a 311  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Tabela 5). Neste contexto, nos demais pontos, ao longo do rio, os valores que ultrapassaram o maior valor encontrado nas nascentes, 311  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , são decorrentes de poluição antrópica. Os autovalores refletem a grande contribuição dos esgotos domésticos e industriais, o lançamento de resíduos agrícolas e a entrada de dejetos orgânicos (PEREIRA et al., 2006) sobre o rio Ponte Grande.

Os dados estatísticos da referida Tabela 5 mostram uma variabilidade 36,93% dos valores, e uma média de 201,11  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

### **3.5.7 Amônia total**

O nitrogênio amoniacal é a forma reduzida do nitrogênio, indicando poluição recente no corpo d'água (VON SPERLING, 1996). As águas residuais domésticas e industriais constituem uma fonte poluidora constante, enquanto o escoamento superficial é um fenômeno sazonal controlado principalmente pelo clima dentro da bacia (BHARDWAJ; SINGH; SINGH, 2010). Se a amônia é elevada, a água do rio é considerada poluída (AMNEERA et al., 2013).

Como a amônia representa a principal forma de nitrogênio (MACHADO; BECEGATO; BITTENCOURT, 2009), seguida pelo nitrito e nitrato (BOTTIN et al., 2007) após a degradação dos compostos nitrogenados que compõem as proteínas e aminoácidos, pode-se supor que essa contaminação é por fezes "in natura" ou esgoto em fase primária de tratamento (MACHADO; BECEGATO; BITTENCOURT, 2009).

A Resolução n° 357/05 CONAMA (BRASIL, 2005) estabelece os limites para as classes, variando conforme o pH da amostra. Para a classe III os limites são: 13,3 mg/L N, para  $\text{pH} \leq 7,5$ ; 5,6 mg/L N, para  $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$ ; 2,2 mg/L N, para  $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ ; e 1,0 mg/L N, para  $\text{pH} > 8,5$ . Dos pontos analisados (Tabela 5), 15 foram enquadrados como classe III: uma amostra

de nascente (P7), oito amostras de confluências (P26, P27, P29, P30, P33, P41, P54 e P55) e seis pontos intermediários (P45, P46, P47, P48, P49 e P50). Oito destes pontos foram os mesmos que apresentaram baixíssimas concentrações de OD, e estão situados em áreas com intensa ocupação antrópica, evidenciando que o grande número de residências contribui para o elevado nível de amônia. Sua presença é uma evidência do fluxo de esgoto para o corpo de água (AISIEN; AISIEN; SHAKA, 2003). Esta área da bacia não é atendida pelo sistema de coleta de esgotos sanitários, cujas residências desse trecho lançam efluentes diretamente ao corpo hídrico.

Estatisticamente os dados apresentam um alto Desvio Padrão (DP), configurando uma alta variabilidade dos mesmos, o que está expresso pelo CV de 111,15%.

### **3.5.8 Fósforo total (P)**

O P é um nutriente essencial para os microorganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica. Sua presença bem como a do nitrogênio, favorece o crescimento descontrolado das populações de algas e plantas aquáticas (eutrofização), com concomitante aumento de odores e esgoto na água, que, ao se decomporem, consomem grandes quantidades de oxigênio (KEMERICH; SILVA; REQUE, 2012). Sua origem pode ser natural, oriundo; da dissolução de rochas, carreamento de solo, decomposição da matéria orgânica e chuva, bem como de atividades antropogênicas pelo uso; de fertilizantes químicos, agrotóxicos e efluentes, seja de origem industrial como laticínios, abatedouros e de esgotos, em que o elemento P apresenta-se na forma de detergentes superfosfatados e matéria fecal (MACHADO et al., 2009).

Para ambientes lóticos e tributários intermediários, a Resolução CONAMA n° 357/05 (BRASIL, 2005) dispõem que o limite de fósforo total para as classes I e II é de 0,1 mg/L e para a classe III é de 0,15 mg/L. Neste trabalho, as concentrações oscilaram entre zero e 0,53 mg/L de P (Tabela 5). O total de

amostras recebeu ordenamento de classe I ou classe IV. Esta última está composta por amostras oriundas de: três nascentes, oito confluências e quatro pontos intermediários. DVWK (1999) esclarece que em rios de correnteza baixa, como é o caso em questão, os teores críticos de P para iniciar o processo de eutrofização estariam no intervalo de 0,1 a 0,2 mg/L de P. De acordo com as características da bacia, é possível que o rio Ponte Grande, em determinados pontos, esteja desenvolvendo tal processo.

Observa-se que o P total e a amônia total apresentaram um comportamento semelhante. Medeiros et al. (2009), corroboram que, valores de amônia e P podem ser provenientes da contribuição de efluentes domésticos lançados ao manancial.

Destaca-se que as cargas de P estão diretamente ligadas a ocupação do solo. Como o sistema de coleta de esgoto ainda não atinge toda a população residente na bacia há muitos lançamentos de esgotos sanitários com baixo nível de tratamento ao longo do rio. No entanto, é importante notar que a carga de P em algumas nascentes (P7, P14 e P15) já é elevada, porém, se potencializa com a ocupação urbana. Entende-se também que se áreas próximas às nascentes fossem mais florestadas, o P seria mais facilmente retido e utilizado no metabolismo destas plantas, diminuindo, assim, sua carga no corpo hídrico (PINHEIRO et al., 2014), como é o caso de pontos situados em áreas, com presença de vegetação nos arredores (P10, P11, P38, P39, P43 e P52), os quais não mostraram presença de P.

Os dados estatísticos mostram claramente uma alta variabilidade do teor de fósforo nas amostras, visto que o CV foi de 132,14%, reflexo de um alto DP.

### **3.5.9 Demanda química de oxigênio (DQO)**

A DQO expressa à quantidade de oxigênio requerida para a oxidação da matéria orgânica e inorgânica na amostra de água sobre condições controladas de agentes oxidantes, temperatura e tempo, sem a intervenção de microrganismos (BORGES;

GALBIATTI; FERRAUDO, 2003). Em outras palavras, permite medir o teor de matéria orgânica em águas mesmo na presença de despejos que contenham elementos tóxicos (CETESB, 1995).

A DQO em águas superficiais pode atingir valores de até 20 mg/L, sendo que nestes valores as águas são consideradas menos poluídas. Para valores acima de 200 mg/L, são águas recebendo efluentes. Águas residuais industriais podem ter valores de DQO variando de 100 mg/L a 6.0000 mg/L (CHAPMAN; KIMSTACH, 1996). Considerando esses limites, 28% dos pontos analisados encontram-se com valores acima de 20 mg/L, indicando, segundo os referidos autores, o aporte de efluentes, cujo valor máximo ocorreu na confluência do ponto P41 com 53,8 mg/L de O<sub>2</sub>. Apenas uma nascente (P5) ficou dentro dos 28% com 24,2 mg/L de O<sub>2</sub>. Isso pode ser explicado pelo fato desta estar localizada em um açude, onde há grande quantidade de organismos aeróbios, diminuindo as taxas de oxigênio e assim, aumentando a demanda. Os valores cresceram na medida em que aumentavam as confluências, formando o talvegue principal.

No que se refere à estatística dos dados, existe uma variabilidade da DQO ao longo da bacia, conforme pode-se observar pelo CV de 88,73%.

### **3.5.10 Fenóis totais**

Os fenóis são compostos orgânicos presentes nos corpos d'água, oriundos principalmente dos despejos industriais de papel, celulose, tratamento de esgotos, na produção de metais pesados e nas refinarias. Possuem um curto tempo de vida no ambiente aquático, sendo que sua alta exposição ocorre em pontos próximos de despejos industriais contendo este composto (BRETON; TEED; MOORE, 2003). São compostos tóxicos aos organismos aquáticos em concentrações baixas, e afetam o sabor dos peixes e a aceitabilidade das águas. Para o homem, o fenol é considerado um veneno trófico, causando efeito de cauterização no local em que ele entra em contato através da

digestão. Sua intoxicação provoca náuseas, vômito, dores na cavidade bucal, na garganta e estômago, entre outros (CETESB, 2011).

A Resolução CONAMA n° 357/05 (BRASIL, 2005) estabelece que águas de classe I não devem ultrapassar 0,003 mg/L; classe III, 0,01 mg/L; e classe IV, 1 mg/L de  $C_6H_5OH$ . Todos os pontos foram enquadrados como classe III ou IV. A menor concentração detectada foi no ponto P9 com 0,0054 mg/L (Tabela 5) (Anexo A). Oito pontos foram classificados como classe III: seis nascentes e duas confluências. O restante, (49 pontos) receberam, como ordenamento a classe IV. Os pontos enquadrados como classe III, localizam-se na área menos antropizada da bacia, que fica na sua porção norte.

### 3.6 CONCLUSÃO

A contaminação encontrada nas águas da bacia do rio Ponte Grande, proveniente de lançamento de esgoto e de efluentes industriais, despejo de lixo, do escoamento do solo, e falta de vegetação ciliar, vem alterando drasticamente suas características físicas e químicas.

Os parâmetros OD, pH, turbidez, cor aparente, amônia total, fósforo total e fenóis totais, apresentaram valores fora dos limites estabelecidos pela legislação para água doce de classe II. As variáveis STD, salinidade, sólidos em suspensão, nitrato e nitrito atenderam aos padrões estabelecidos para a referida classe.

O trecho mais crítico está situado na porção centro-norte da bacia, no encontro dos afluentes que se originam das nascentes situadas na área menos urbanizada (norte). Isso ocorre nos bairros Tributo, Pisani, Jardim Celina, Guarujá, Dom Daniel, Gethal e São Sebastião, os quais possuem grande contingente populacional, pouco ou nenhum planejamento e construções nas margens do curso d'água. Todos os parâmetros analisados apresentaram piora considerável neste trecho.

O atual enquadramento do rio Ponte Grande para a variável OD, não representa a real situação em que se encontra, pois os dados observados em diversos pontos indicam uma situação que nem mesmo a classe IV (CONAMA nº 357/05), que é destinada apenas a navegação e harmonia paisagística, contempla.

Se nenhuma providência for tomada no sentido de diminuir a degradação, como a construção do sistema de coleta de esgoto, programas de educação ambiental e planejamento do crescimento urbano, o problema tende a se agravar, já que a população urbana está em constante aumento. Sugere-se um monitoramento contínuo das águas da bacia, a fim de prevenir o despejo indiscriminado dos resíduos sólidos e líquidos e a consequente contaminação dos recursos hídricos pelos elementos tóxicos.

## **4 METAIS PESADOS NAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PONTE GRANDE NO MUNICÍPIO DE LAGES - SC.**

### **4.1 RESUMO**

A contaminação dos recursos hídricos por metais pesados está ligada às atividades antrópicas e naturais. Uma vez no ecossistema aquático, os metais acumulam-se podendo causar efeitos adversos para o ambiente e para a saúde humana. Assim, este trabalho objetivou quantificar a presença dos metais pesados: cobre, prata, cádmio, zinco, chumbo e ferro total nas águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Ponte Grande, situada na área urbana do município de Lages - SC e fazer o enquadramento dos pontos segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005. Foram coletadas amostras em 57 pontos da bacia, cujas localizações foram: em nascentes, pontos de entroncamento e em locais intermediários onde havia interferência antrópica. A determinação foi feita pelo método de



espectrometria de absorção atômica, modo chama. Os elementos cobre (0,04 - 1,34 mg/L), prata (0,008 - 0,242 mg/L), chumbo (0,05 - 0,36 mg/L), cádmio (0,003 - 0,18 mg/L) e ferro (0,39 - 4,73 mg/L) mostraram valores fora dos limites estabelecidos pela referida Resolução para água doce de classe II, indicando alto risco de contaminação ambiental. Isso pode ser explicado devido à carga de despejos de esgotos domésticos e industriais; deposição de lixo e escoamento de resíduos agrícolas que tem recebido o corpo d'água. O zinco (0,001 - 0,08 mg/L) atendeu aos padrões estabelecidos para a referida classe. Os altos valores principalmente de cobre, chumbo e cádmio, evidenciam uma situação preocupante, de contaminação ambiental por elementos tóxicos.

**Palavras-chave:** Contaminação Ambiental. Bacia Hidrográfica. Qualidade ambiental.

#### 4.2 ABSTRACT

The contamination of the water resources through heavy metals is linked to human and natural activities. Once in the aquatic ecosystem, the metals accumulate, which may cause adverse effects on the environment and the human health. Thus, the present work aimed to quantify the presence of the following heavy metals: copper, silver, cadmium, zinc, lead and iron in the surface waters of the Ponte Grande River hydrographic basin, located at the urban area of the city of Lages – SC and classify the points according to the CONAMA Resolution number 357/2005. Samples were collected in 57 points of the basin (in river sources, confluences and intermediate places where there were human interferences). The determination was made through the flame absorption atomic spectroscopy method. The elements copper (0.04 - 1.34 mg/L), silver (0.008 - 0.242 mg/L), lead (0.05 - 0.36 mg/L), cadmium (0.003 - 0.18 mg/L) and iron (0.39 - 4.73 mg/L) showed values which are out of the limits

established by the resolution for class II fresh waters, indicating a high risk of environmental contamination. It may be explained due to the amount of domestic and industrial sewer, garbage disposal and the flow of agricultural waste that is being received by the water body. Zinc (0.001 - 0.08 mg/L) attended the established standards for the referred class. The higher values, mainly the ones from copper, lead and cadmium, expose a worrying situation, of environmental contamination through toxic elements.

**Key-words:** Environmental contamination. Hydrographic basin, Environmental quality.

### 4.3 INTRODUÇÃO

A qualidade da água do rio em ambiente natural refletida por diferentes tipos e origens dos compostos dissolvidos e em suspensão é, em grande parte, determinada pela geologia da bacia hidrográfica e o clima que age sobre ela. Contudo, em áreas povoadas, a qualidade da água do rio é determinada pelas atividades humanas: desmatamento, agricultura, silvicultura, mineração, descarga de esgoto doméstico e industrial (NUNES; SILVA; ALMEIDA, 2003).

Os ecossistemas aquáticos foram comprometidos por vários tipos de contaminações ao redor do mundo nos últimos anos. Entre os vários tipos de contaminantes, destacam-se os metais pesados, que podem ser definidos como elementos químicos encontrados em baixas concentrações nos ecossistemas, da ordem de partes por milhão (CAVALCANTI et al., 2014; ALI; MALIK; QADIR, 2013). A sua liberação no ecossistema aquático é desencadeada tanto por formas naturais, como por processos antropogênicos (ZHANG et al., 2009). De forma natural, os ciclos biológicos e geológicos são responsáveis pela redistribuição desses metais no ambiente (YABE; OLIVEIRA, 1998). Uma vez liberados para os rios, eles podem ficar dissolvidos para formar íons ou complexos,

suspensos como partículas ou se estabelecerem como sedimentos do leito (TUNA et al., 2007).

Os metais traço (como também são conhecidos) constituem séria ameaça ecológica, visto que, através de bioacumulação podem entrar na cadeia alimentar (SEGURA et al., 2006). O aumento da concentração de metais, além dos limites tóxicos resulta em perda de qualidade da água tornando-a imprópria para consumo, irrigação, aquicultura e fins recreativos (ZHANG et al., 2009).

A elevação dos teores de metais pesados vem sendo associada à aplicação de corretivos e adubos agrícolas, utilização de água de irrigação contaminada ou de produtos como lodo de esgoto, compostos de lixo urbano e resíduos diversos de indústria ou mineração (RAISWELL et al., 1983; FERNANDES et al., 2007), os quais, através do escoamento da água da chuva chegam aos corpos hídricos. Uma vez nos rios, esses elementos podem, ainda, sob determinadas circunstâncias, entrar em contatos com pessoas ou animais.

Segundo Barros et al. (2009), os altos índices de toxicidade de alguns metais para os organismos, mesmo em baixas concentrações, associados à sua relativa facilidade de entrar e permanecer nas cadeias tróficas por longos períodos, reforça a importância de estudos que determinem suas concentrações em ambientes aquáticos.

Atualmente são reconhecidos 13 metais como potencialmente perigosos à saúde humana e à biota aquática: antimônio, arsênio, berílio, cádmio, crômio, cobre, chumbo, mercúrio, níquel, selênio, prata, tálio e zinco. Entre os elementos mais frequentemente encontrados em descargas e escoamentos superficiais de áreas urbanas e industriais estão o cobre, zinco, crômio, chumbo e níquel (NOVOTNY, 1995).

As variações entre os tipos e concentrações de metais pesados podem estar associadas; à fase de degradação da matéria orgânica do resíduo disposto no local, à quantidade e composição do material, às condições climáticas, à composição

mineralógica do solo e à técnica analítica utilizada na determinação dos mesmos (FONTES; GOMES, 2003; ZANELLO et al., 2009).

A bacia hidrográfica do rio Ponte Grande possui uma área de 2.722,35ha. Sua abrangência geográfica é de extrema importância para o município de Lages/SC, o qual tem boa parte de sua área urbana instalada sobre esta. As formas de ocupação presentes na bacia são: agricultura, água, área urbana, campo, mata nativa e reflorestamento. As atividades agrícolas incluem a produção de grãos e pasto, e o reflorestamento, com a produção de *Pinus sp.* e *Eucalyptus sp.* A forma predominante de ocupação do solo é dada pela área urbana, seguida pelos campos (vegetação nativa da região). Em relação à área urbana, as principais fontes de poluição na água são a atividade industrial e o lançamento de esgoto doméstico e lixo no rio.

Dentro desse contexto, o objetivo deste trabalho foi quantificar a presença dos metais: cobre, prata, cádmio, zinco, chumbo e ferro total em águas superficiais na bacia do rio Ponte Grande, localizada na cidade de Lages-SC, e comparar com os valores padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA n°357/05 (BRASIL, 2005).

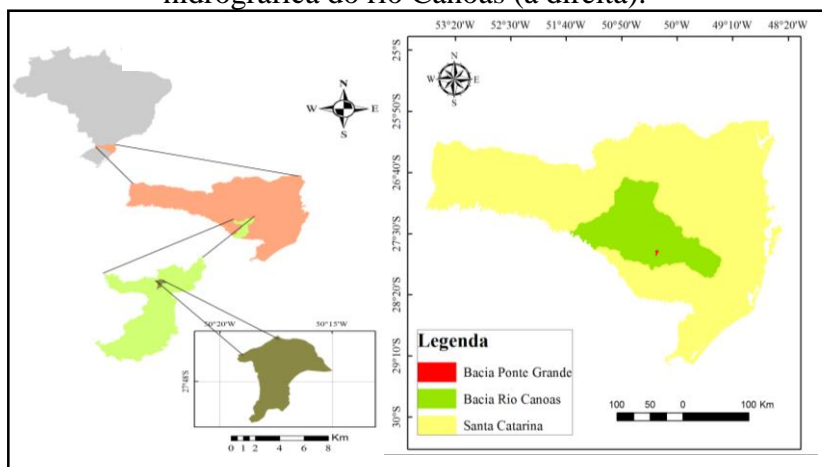
#### 4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do rio Ponte Grande, a qual insere-se na área urbana do município de Lages-SC (Figura 7), entre as coordenadas 27° 47' S e 50° 17' WGr. com altitude média de 938 metros, compreendendo uma área de 2.722,35ha.

Foram coletadas amostras em 57 pontos da bacia (Figura 8), entre os dias 17 e 21 de março de 2015, cujos pontos são oriundos de confluências, nascentes e em determinado trechos que configurasse interferência antrópica no rio Ponte Grande (Anexo B). Tais demarcações foram realizadas no software ArcGis® 10.1, em ambiente georreferenciado, cuja rede hidrográfica foi sobreposta a uma ortofoto objetivando

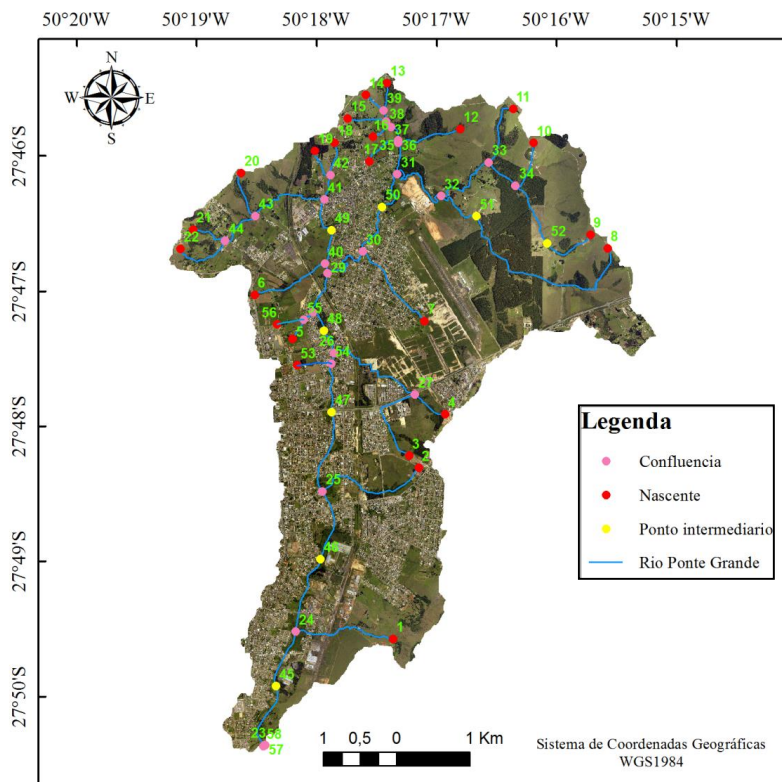
identificar e demarcar os pontos. Foram identificadas 23 nascentes, 26 confluências e oito pontos intermediários, totalizando 57 pontos de coleta. As amostras foram acondicionadas em tubetes, preservadas pela adição de ácido nítrico 65% (Suprapur®, Merck) e mantidas sob refrigeração a uma temperatura aproximada de 4°C.

Figura 7 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do Rio Ponte Grande, em escala nacional, estadual e municipal (à esquerda); e dentro da bacia hidrográfica do rio Canoas (à direita).



Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Figura 8 - Sistema hidrográfico da bacia do rio Ponte Grande, em Lages – SC, e distribuição dos pontos de coleta.



Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

A determinação da concentração de metais nas amostras foi realizada através de espectrofotometria de absorção atômica modo chama (AAS 932 Plus - GBC, IL, EUA) (PINHO et al. 2007). Para calibração do equipamento foram utilizadas soluções padrões dos diferentes metais, preparadas a partir de uma solução estoque de referência de 1 g metal/L. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{g}$  metal/L e posteriormente convertidos para mg metal/L para devida comparação com valores regulamentados.

## 4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 7 - Resumo estatístico dos metais pesados: Cobre, Prata, Chumbo, Zinco, Cádmio e Ferro, determinados nas águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Ponte Grande, em Lages - SC.

	Cobre (mg/LCu)	Prata (mg/LAg)	Chumbo (mg/LPb)
Mínimo	0,046	0,008	0,051
Máximo	1,347	0,242	0,368
Média	0,37	0,15	0,18
Mediana	0,31	0,18	0,18
Desvio Padrão	0,24	0,08	0,07
CV (%)	66,01	52,05	38,21
Assimetria	1,74	-0,57	0,22
Curtose	4,16	-1,2	0,17
	Zinco (mg/LZn)	Cádmio (mg/LCd)	Ferro (mg/LFe)
Mínimo	0,001	0,003	0,392
Máximo	0,089	0,188	4,738
Média	0,04	0,08	1,56
Mediana	0,04	0,08	1,4
Desvio Padrão	0,02	0,05	0,9
CV (%)	56,93	57,08	57,74
Assimetria	0,26	0,18	1,37
Curtose	-0,37	-0,59	2,49

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

### 4.5.1 Cobre (Cu)

A Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005), estabelece para rios enquadrados como de classe II, que o limite de Cu dissolvido é de 0,009 mg/L. O menor valor detectado para esta variável, neste estudo, foi no ponto P7, com 0,046 mg/L

(Tabela 7). Sendo assim, todos os pontos foram classificados como classe IV. Em termos de qualidade da água, infere-se que o Cu esteja acima do valor limite da Resolução acima citada, em toda a extensão da bacia.

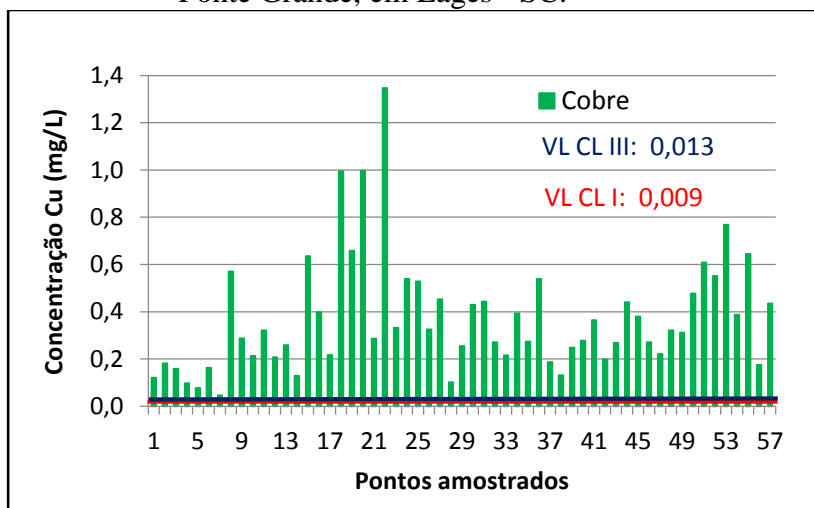
O Cu pode ter origem pelo carreamento através da água da chuva, oriundo da aplicação de produtos agroquímicos em lavouras, visto que é um micronutriente indispensável às plantas (BARROS et al., 2009).

Segundo Bambic et al. (2006), altos valores de pH em baixas vazões do curso de água, podem resultar em fixação do Cu no sedimento de fundo do rio, limitando a mobilidade deste. Em estudo realizado na bacia do Alto Iguaçu - PR, Scheffer, Sodré e Grassi (2007) observaram que o pH e a presença de matéria orgânica particulada exerceram um papel importante para a distribuição do Cu na coluna d' gua.

Observando os dados, constata-se que o valor da média é superior ao valor da mediana, o que mostra que os dados são assimétricos positivos (Gráfico 3). Os dados possuem grande variabilidade, visto que o CV é de 66%. No que se refere ao  ndice de curtose, o Cu apresentou uma distribuição leptocúrtica, concentrada em torno da média (RIBEIRO JÚNIOR, 2004).



Gráfico 3 - Distribuição dos valores de cobre (mg/L) nos 57 pontos analisados na hidrografia da bacia do rio Ponte Grande, em Lages - SC.



Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

#### 4.5.2 Prata (Ag)

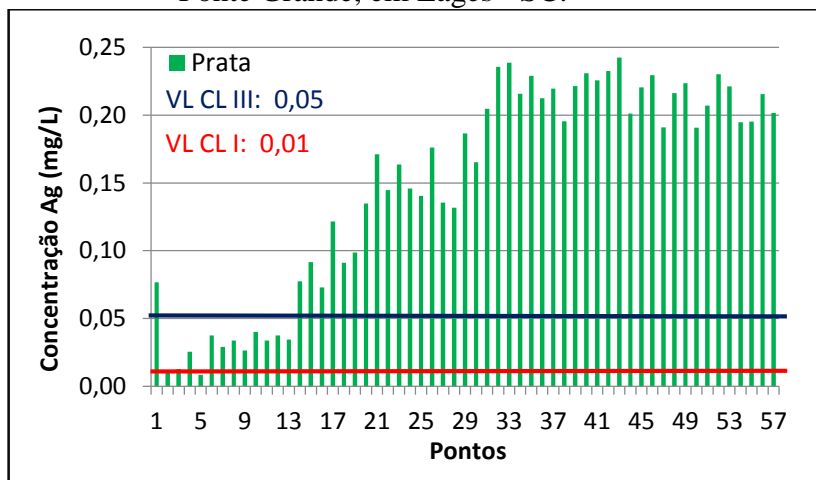
A prata é um elemento traço de ocorrência natural, muito empregado em indústrias de fotografia e imagem, bem como em eletroeletrônicos de modo geral. Essa acentuada utilização implica na descarga desse metal para o ambiente, o que representa risco para organismos aquáticos e terrestres (PURCELL; PETERS, 1998). Essa preocupação se justifica pelo seu reconhecido potencial tóxico, quando despejada sem critérios no ambiente (BENDASSOLLI et al., 2003).

Observando-se os valores estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005), que para a classe I o limite é de 0,01 mg/L e para a classe III a concentração máxima é de 0,05 mg/L, constata-se que apenas a nascente do ponto P5, cuja concentração é de 0,008 mg/L enquadra-se como classe I; 11 pontos na classe III, sendo todos nascentes e 45 pontos como

classe IV. A maior concentração foi observada no ponto P44 com 0,242 mg/L (Tabela 7).

Os dados revelam uma assimetria negativa (Gráfico 4), visto que o valor da média foi inferior ao da mediana. O CV com 52% aponta que os dados possuem grande variabilidade. A medida de curtose indica uma distribuição platicúrtica (RIBEIRO JÚNIOR, 2004).

Gráfico 4 - Distribuição dos valores de prata (mg/L) nos 57 pontos analisados na hidrografia da bacia do rio Ponte Grande, em Lages - SC.



Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

#### 4.5.3 Chumbo (Pb)

Mesmo em níveis baixos, o chumbo pode causar uma série de efeitos sobre a saúde humana, incluindo problemas de comportamento e dificuldades de aprendizagem. Crianças de seis anos de idade correm maior risco porque é nesta fase que o cérebro está se desenvolvendo (EPA-IRIS, 2015).

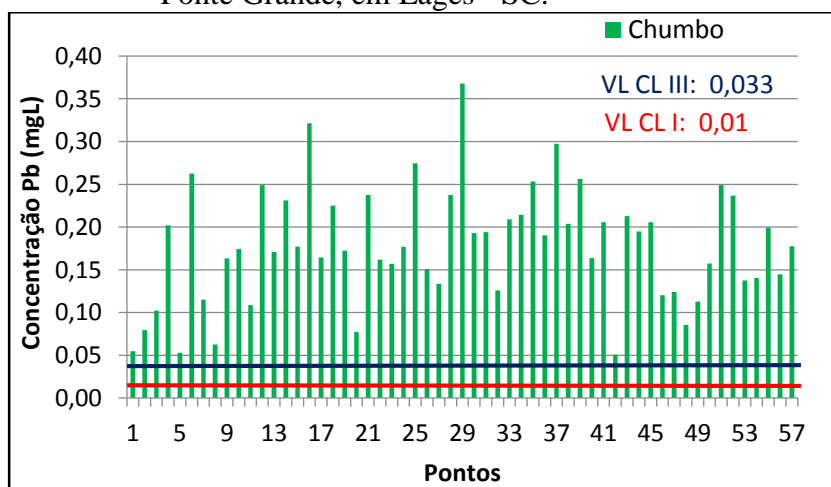
Todos os pontos foram enquadrados como classe IV, segundo a Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005). O limite para a classe III é de 0,033 mg/L Pb, e o menor valor

detectado foi de 0,051 mg/L (Tabela 7) no P43. Esses valores podem ter sido provenientes da incineração de resíduos, do lançamento de efluentes ou também de resíduos metalúrgicos e sucatas que segundo a CETESB (2001), são as principais fontes de poluição de chumbo.

As maiores fontes naturais de chumbo são as emissões vulcânicas e o intemperismo. É um elemento tóxico, e ocorre como contaminante ambiental devido seu largo emprego industrial, como, na indústria extrativa petrolífera, de tintas e corantes, de cerâmica e bélica (CONCEIÇÃO, 2005).

Os valores da média e da mediana indicam que os dados são simétricos (Gráfico 5). Quanto ao CV, observa-se que o valor está abaixo dos 40% podendo-se considerar uma certa homogeneidade dos dados (ANDREOTTI, 2005). O índice de curtose configura uma distribuição leptocurtica, homogênea (RIBEIRO JÚNIOR, 2004).

Gráfico 5 - Distribuição dos valores de chumbo (mg/L) nos 57 pontos analisados na hidrografia da bacia do rio Ponte Grande, em Lages - SC.



Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

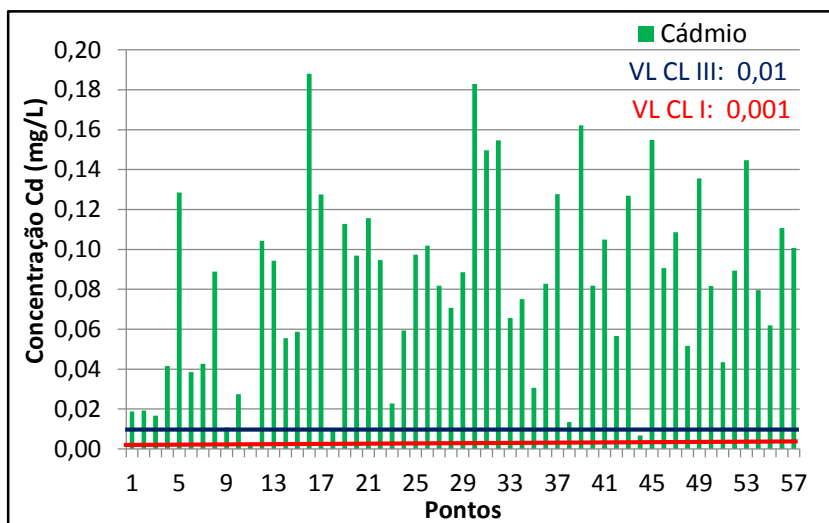
#### 4.5.4 Cádmio (Cd)

A Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005), estabelece que para a classe I o limite de Cd seja de 0,001 mg/L, e para a classe III de 0,01 mg/L. Cotejando-se os dados, observa-se que duas nascentes, referentes aos pontos P11 e P19, e um ponto intermediário (P45) foram classificados como classe III. O menor valor refere-se ao ponto P11, cuja concentração é de 0,003 mg/L (Tabela 7). Os demais pontos foram enquadrados na classe IV, sendo a maior concentração localizada na nascente P16 com 0,188 mg/L.

Altas concentrações podem ser encontradas em rochas sedimentares e fosfatos (CONCEICÃO, 2005). A principal fonte natural de Cd na atmosfera é a atividade vulcânica. Segundo a Agência de Proteção do Meio Ambiente dos Estados Unidos (USEPA, 2001) o cádmio é um dos onze metais de uma lista de maiores contaminantes, e, quando entra no organismo humano, persiste por muito tempo. A contaminação dos solos e da água por cádmio se dá principalmente por mineração, poluição atmosférica de indústrias metalúrgicas, queima de combustíveis fósseis, revestimento de metais, escoamento de baterias e resíduos de tinta.

Os dados possuem distribuição platicúrtica (Gráfico 6), com grande variabilidade, uma vez que o CV apresenta 57% (RIBEIRO JÚNIOR, 2004).

Gráfico 6 - Distribuição dos valores de cádmio (mg/L) nos 57 pontos analisados na hidrografia da bacia do rio Ponte Grande, em Lages - SC.



Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

#### 4.5.5 Ferro total (Fe)

Todos os pontos foram enquadrados na classe III, conforme a Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005), que estabelece valores entre 0,3 e 5 mg/L Fe. Os valores mínimos e máximos foram 0,392 mg/L na nascente P13 e 4,738 mg/L (Tabela 7) na confluência P28 respectivamente. Tais concentrações podem ser explicadas pela composição geoquímica das rochas da região. Em pH maior que 4,8 é comum encontrar maior quantidade de ferro nas formas de hidróxidos e óxidos (MAZZEO, 1991).

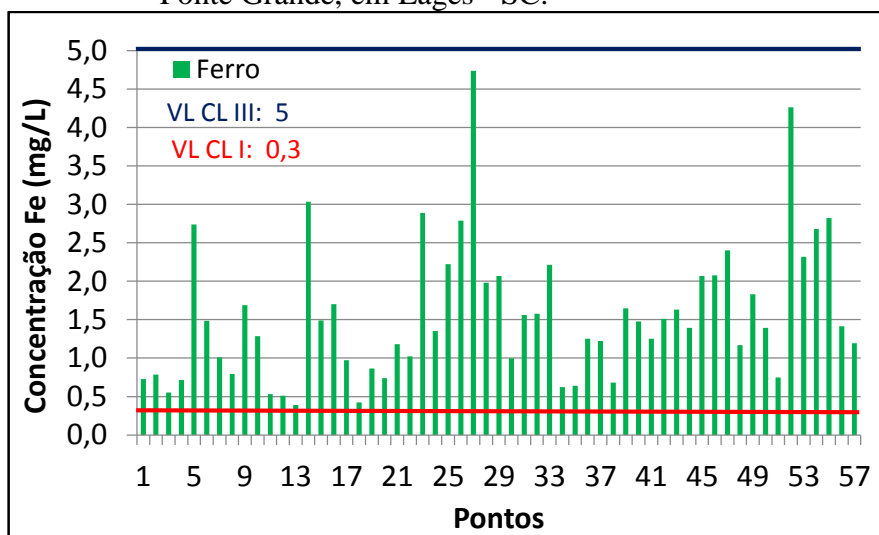
A ocorrência de Fe e Mn em águas naturais é oriunda do solo e das rochas, cujo trabalho das chuvas irá transportá-los para os rios (AZEVEDO; CHASIN, 2003). As principais fontes de ferro de origem industrial são às emissões pelas atividades de mineração, fundições e soldagens e antidetonantes de gasolina. Entre as fontes urbanas estão os efluentes de esgoto e o

escoamento superficial urbano (ILO, 1997). A quantidade de ferro nos solos sem interferência antropogênica depende da proximidade deste com as rochas naturais e do grau de intemperismo ao longo do tempo (CONCEIÇÃO, 2005).

O ferro, muitas vezes associado ao manganês, confere à água uma coloração amarelada e turva, decorrente da precipitação do mesmo quando oxidado ( $\text{Fe}^{3+}$  e  $\text{Mn}^{4+}$ ) (RICHTER; AZEVEDO NETO, 1991), contribuindo de forma significativa para um aumento na intensidade da cor, como também na concentração de turbidez.

Os dados estatísticos mostram uma assimetria positiva (Gráfico 7). O CV de 57% indica heterogeneidade dos valores. A curtose aponta para uma distribuição leptocúrtica (RIBEIRO JÚNIOR, 2004).

Gráfico 7 - Distribuição dos valores de ferro total (mg/L) nos 57 pontos analisados na hidrografia da bacia do rio Ponte Grande, em Lages - SC.



Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

#### 4.6 CONCLUSÃO

As concentrações mais elevadas foram observadas para Cu, Pb e Cd, respectivamente.

Os elementos Cu, Ag, Pb, Cd e Fe mostraram valores fora dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005), indicando uma situação preocupante devido ao alto risco de contaminação.

O Zn ficou dentro da faixa estabelecida pela legislação, indicando que não há contaminação para este elemento.

As atividades antrópicas desenvolvidas sobre a bacia, bem como suas formas de ocupação influenciam diretamente nas concentrações dos metais pesados, podendo levar a situações de contaminação ambiental por determinados elementos tóxicos, comprometendo a saúde dos seres vivos.

#### 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há que se continuar o processo de proteção já estabelecido nas áreas de preservação ambiental. Seja por meio de monitoramento, educação ambiental planejamento urbano, ou outras ações de cunho preventivo.

Sugere-se também o continuamento da pesquisa, com um monitoramento constante da evolução da ocupação do solo e da qualidade da água, a fim de acompanhar e, assim, poder prevenir os impactos gerados na bacia hidrográfica do rio Ponte Grande.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 9898/1987**: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, ABNT, 1987.

AISIEN, F. A.; AISIEN, E. T.; SHAKA, F. The effects of rubber factory effluent on Ikpoba river. **Journal of Biomedical Engineering**; v. 2, n.1, p. 32-5, 2003.

ALBUQUERQUE, M. P.; ALBUQUERQUE, M. P. Processamento de imagens: Métodos e análises. **Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas**, Rio de Janeiro, 2000, 12 p.

ALI, Z.; MALIK, R. N.; QADIR, A. Heavy metals distribution and risk assessment in soils affected by tannery effluents. **Chemistry and Ecology**, v. 29, n. 8, p. 676–692, 2013.

ALTMANN, A. L.; ECKHARDT, R. R.; REMPEL, C. Evolução temporal do uso e cobertura da terra - estudo de caso no município de Teutônia – RS, Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 61, n. 3, p. 273-283, 2009.

AMNEERA, W. A. et al. Water quality index of Perlis River, Malaysia. **International Journal on Civil and Environmental Engineering**, v.13, n. 2. p. 1-6, 2013.

ANDREOTTI, J. L. S. **Fundamentos de estatística e geoestatística**. São Leopoldo - RS: Editora Unisinos, 2005.

ANTUNES, C. M. M. et al. Qualidade das águas e percepção de moradores sobre um rio urbano. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 32, p. 1-13, 2014.



APHA. Standard Methods for the examination of water and wastewater. **American Public Health Association**, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 20th ed. Washington. p. 2671. 1999.

ARCOVA, F.C.S.; CESAR, S.F.; CICCO, V. Qualidade da água e dinâmica de nutrientes em bacia hidrográfica recoberta por floresta de mata atlântica. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.5, n.1, p.1-20, 1993.

AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. **Metais**: gerenciamento da toxicidade. São Paulo: Atheneu, p.554, 2003.

BAMBIC, D. G. et al. Seasonal and spatial patterns of metals at a restored copper mine site .I. Stream copper and zinc. **Environmental Pollution**, v. 144, n. 3, p. 774-782, 2006.

BARROS, F. M. et al. Elementos químicos potencialmente tóxicos em diferentes níveis de vazão no rio Turvo Sujo, MG, Brasil. **Ambiente & Água**, v. 4, n. 2, p. 93-105, 2009.

BECEGATO, V. A. et al. Monitoramento do uso e ocupação do solo em área de influência do município de Fazenda Rio Grande - Região metropolitana de Curitiba-PR. **RA'E GA**, Curitiba: UFPR, n.14, p. 217-226, 2007.

BENDASSOLLI, J. A. et al. Procedimentos para recuperação de Ag de resíduos líquidos e sólidos. **Química Nova**, v. 26, n. 4, p. 578-581, 2003.

BERNARDES, R. S.; SOARES, S. R. A. **Esgotos combinados e controle da poluição**: estratégias para o planejamento do tratamento de misturas de esgotos sanitários e águas pluviais. Brasília: Caixa, 2004.

BHARDWAJ, V.; SINGH, D. S.; SINGH, A. K. Water quality of the Chhoti Gandak River using principal component analysis, Ganga Plain, India. **Journal of Earth System Science**, v.119, n.1, p. 117-27, 2010.

BORGES, M. J.; GALBIATTI, J. A.; FERRAUDO, A. S. Monitoramento da Qualidade Hídrica e Eficiência de Interceptores de Esgoto em Cursos d'Água Urbanos da Bacia Hidrográfica do Córrego Jaboticabal. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.8 , n. 2. p.161–171, 2003.

BOTTIN, J. et al. Avaliação limnológica da microbacia do lajeado Passo dos Índios. **Biológico**, v. 69, n. 1, p. 31-39, 2007.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>> Acesso em: 20 mai. 2015.

BRASIL. Resolução nº. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento bem como estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>> Acesso em: 20 mai. 2015.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Institui o novo Código Florestal Brasileiro. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24 mai. 2012. Disponível

em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm#art83](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm#art83) > Acesso em 12 mai. 2015.

BRETON, R. L.; TEED, R. S.; MOORE D. R. J. An ecological risk assessment of phenol in the aquatic environment. **Human and Ecological Risk Assessment**, v. 9, p. 549-568, 2003.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Introdução. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Org.). **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap1-introducao.pdf>>. Acesso em: 12 mai. 2015.

CAMPOS, A. R. et al. Classificação orientada a objeto para mapeamento do uso e cobertura do solo do município de Rio Acima - MG: por crescimento de regiões e por extração de objetos. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. **Anais...** Foz do Iguaçu, PR, Brasil: INPE. 2013, 8 p.

CATTANI, C. E. V. et al. Desempenho de algoritmos de classificação supervisionada para imagens dos satélites RapidEye. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR. **Anais...** Foz do Iguaçu, PR, Brasil, INPE. 2013, 6 p.

CAVALCANTI, P. P. et al. Contamination from an affluent of Furnas reservoir by trace metals. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 4, p. 877-885, 2014.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental; **Legislação**: água para consumo humano, potabilidade, fluoretação. São Paulo, 1995, 67 p.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo**. São Paulo. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 2001.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental; ANA, Agência Nacional de Águas. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011, 326 p.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2014**. São Paulo. 2015, 371 p.

CHAPMAN, D; KIMSTACH, V. Selection of water quality variables. In: CHAPMAN, D. **Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring**. 2 ed. Cambridge: UNESCO/WHO/UNEP, 1996.

CONCEIÇÃO, C. O. **Contaminação dos aterros urbanos por metais pesados no município de Rio Grande - RS**.

Dissertação (Mestrado em Oceanografia Física, Química e Geológica): Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2005. p.87. Disponível em:

<<http://repositorio.furg.br>>. Acesso em: 25 maio 2015

CORDEIRO, L. M. M. et al. Diagnóstico geoambiental da microbacia hidrográfica do riacho Santa Luzia no município de Soledade – PB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA. **Anais...** Gramado - RS, 2014, 14 p.

CRESTANA, M. S. M.; TOLEDO FILHO, D. V.; CAMPOS, J. B. **Florestas: sistemas de recuperação com essências**

**nativas.** Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, p. 60. 1993.

DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU - DVWK. **Relevância de parâmetros de qualidade das águas aplicados a águas correntes**, 1999.

DEWAN, A. M.; YAMAGUCHI, Y. Using remote sensing and GIS to detect and monitor land use and land cover change in Dhaka Metropolitan of Bangladesh during 1960–2005. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 159, p. 237-249, 2009.

DIAS, F. A. **Caracterização e análise da qualidade ambiental urbana da bacia hidrográfica do Ribeirão do Lipa, Cuiabá/MT**. 2011. 132 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de edificações e Ambiental) Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. 2011. Disponível em: <<http://200.129.241.80/ppgeea/sistema/dissertacoes/28.pdf>>. Acesso em: 17 maio 2015.

EFFENDI, H. **Water quality analysis for aquatic resources management**. Yogyakarta: Kanisius; 2003.

EFFENDI, H.; ROMANTO; WARDIATNO, Y. Water quality status of Ciambulawung River, Banten Province, based on pollution index and NSF-WQI. **Procedia Environmental Sciences**, v. 24, p. 228 - 237, 2015.

ECKHARDT, R. R.; SILVEIRA, C. A.; REMPEL, C. Evolução temporal do uso e cobertura da terra no município de Bom Retiro do Sul - RS – BRASIL. **Caminhos de Geografia**, v. 14, n. 47. p. 150-161, 2013.

EPA (US Environmental Protection Agency), IRIS online. Basic information about lead in drinking water. 2015. Disponível em: < <http://water.epa.gov/drink/contaminants/> >. Acesso em: 12 jul. 2015.

FERNANDES, R. B. A. et al. Avaliação da concentração de metais pesados em áreas olerícolas no Estado de Minas Gerais, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n. 1, p. 81-93, 2007.

FERREIRA, S. L. S. Diagnóstico socioambiental da bacia do ribeirão dos Padilhas – Curitiba/PR. **R. RA E GA**, n. 13, p. 129-138, 2007.

FONTES, M. P. F.; GOMES, P. C. Simultaneous competitive adsorption of heavy metals by the minerals matrix of tropical soils. **Applied Geochemistry**, n. 18, p. 795-804, 2003.

GIOTTO, E. **Aplicabilidade de Imagens RBV do LANDSAT 3 em levantamento do uso da terra no município de Tapera - RS**. 1981. 66 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 1981. Disponível em: <<http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/>>. Acesso em 22 mai. 2015.

HADLICH, G. M.; SCHEIBE, L. F. Dinâmica físico-química de águas superficiais em região de intensa criação de suínos: exemplo da bacia hidrográfica do rio Coruja-Bonito, município de Braço do Norte, SC. **Geochimica Brasiliensis**, v. 21, n. 3, p. 245-260, 2007.

HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão dos recursos hídricos. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 131-158, 2008.

HUXMAN, T. E. et al. Convergence across biomes to a common rain-use efficiency. **Nature**, v. 429, n. 6992, p. 651-654, 2004.

ILO - INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. **Encyclopedia of occupational health and safety**. Metals: chemical properties and toxicity. Geneve. 4 ed. v. 3, p. 63-68. 1997.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Geneva, Switzerland. **"ISO 7027: Water quality - Determination of turbidity."** 1999.

JACOVINE, L. A. G. et al. Quantificação das áreas de preservação permanente e de reserva legal em propriedades da bacia do rio Pomba-MG. **Revista Árvore**, v. 32, n. 2, p. 269-278, 2008.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009, 604 p.

KEMERICH, P. D. C.; SILVA, R. F.; REQUE, P. T. Determinação do índice de qualidade da água do Arroio Esperança. **Ciência e natura UFSM**, v. 34, n. 1, p. 83-98, 2012.

KLEINPAUL, J. J. **Análise multitemporal da cobertura florestal da microbacia do Arroio Grande, Santa Maria, RS**. 2005. 80 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal): Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2005. Disponível em:  
<[http://bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/5260/dissertacao\\_Joel%20Juliano%20Kleinpaul.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/5260/dissertacao_Joel%20Juliano%20Kleinpaul.pdf?sequence=1&isAllowed=y)> Acesso em: 10 mai. 2015.

KOTTEK, M.; et al. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Átomo, 2005, 98 p.

LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ, 2008, 253 p.

LUCAS, E. A.; BRANCO, V. T. A.; SCHAFER, A. G. Mapeamento do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Negro - RS utilizando imagens de satélite do sensor OLI/Landsat-8. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA. **Anais...** Gramado -RS, Anais, 2014, 10 p.

MACHADO, W. C. P. **Indicadores da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Pato Branco**. Tese (Doutorado em Geologia) Universidade Federal do Paraná. CURITIBA, p. 341. 2006. Disponível em:  
<<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/handle/1884/10963>> Acesso em: 26 mai. 2015.

MACHADO, W. C. P. et al. Qualidade da água do rio Conrado localizado na bacia hidrográfica do rio Pato Branco - sudoeste do estado do Paraná. **R. RAÍE GA**, n. 17, p. 53-64, 2009.

MACHADO, W. C. P., BECEGATO, V. A., BITTENCOURT, A. V. L. Anthropic Influence in the Water Quaity of the River Basin that Supp the Pato Branco Municipality-PR. **Brazilian Archives of Biology and Thecnolog**, v. 52, n. 1. p. 231-232, 2009.



MARGALEF, R. The place of epicontinental waters in global ecology. In: MARGALEF, R. **Limnology now: a paradigm of planetary problems**. Amsterdam: Elsevier Science, 1994, 8 p.

MATHEUS, C. E. et al. **Manual de análises limnológicas**. São Carlos: Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, USP, 1995, 62 p.

MAZZEO, T. E. **Avaliação ambiental dos rios de drenagem da região metropolitana de Belém - PA: quanto a distribuição dos elementos Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb e Zn**. 1991. p.141. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal do Pará, Belém, 1991.

Disponível em:

<<http://bibcentral.ufpa.br/pergamum/biblioteca/index.php?resolution2=800>>. Acesso em 12 jun. 2015.

MEDEIROS. G. et al. Diagnóstico da qualidade da água na microbacia do córrego Recanto, em Americana, no estado de São Paulo. **Geociências**, v. 28, n. 2, p. 181-191, 2009.

MORAES, C. L. **Avaliação do passivo ambiental lixão desativado do município de Lages-SC**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal): Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014. p.174. Disponível em: <[http://ppgef.cav.udesc.br/?page\\_id=621](http://ppgef.cav.udesc.br/?page_id=621)>. Acesso em: 25 mai. 2015

NASCIMENTO. W. M. & VILAÇA, M. G.; Bacias Hidrográficas: Planejamento e Gerenciamento. **Revista eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**. Três Lagoas, n.7, p. 102-121, 2008.

NETO, S. L. R.; BECEGATO, V. A.; CABRAL, J. B. P. Monitoramento da qualidade da água do rio Caveiras no

planalto serrano de Santa Catarina com suporte de tecnologias de geomática. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia, v. 33, n. 1, p. 27-46, 2013.

NOVOTNY, V. Diffuse sources of pollution by toxic metals and impact on receiving waters. In: SALOMONS, W.; FORSTNER, W.; MADER, P. (Eds.) **Heavy metals: problems and solutions**. Berlin: Springer-Verlag, p. 33-52, 1995.

NUNES, M. L.; SILVA, E. F.; ALMEIDA, S. F. P. Assessment of water quality in the caima and mau river Basins (Portugal) using geochemical and biological Indices, **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 149, p. 227–250, 2003.

OLIVEIRA, T. C. de. et al. Avaliação de métodos de classificação utilizando imagem Landsat-8 no mapeamento de uso e ocupação do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO. **Anais...** Rio de Janeiro, p. 4. 2013.

OLIVEIRA, T. M. B. F.; DI SOUZA, L.; CASTRO, S. S. L. Dinâmica da série nitrogenada nas águas da bacia hidrográfica Apodi/ Mossoró - RN - Brasil. **Eclética Química**, v.34, n.3, p.17-26, 2009.

PALHARES, J. C. P. et al. Monitoramento da qualidade da água do Córrego Jaboticabal através de parâmetros químicos. In: Workshop de integração de informações da bacia hidrográfica do rio Mogi Guaçu, 3. 2000, Porto Ferreira. **Anais...** Porto Ferreira: Prefeitura Municipal de Porto Ferreira, p.43-4, 2000.

PALMA-SILVA, G. M. **Diagnóstico ambiental, qualidade da água e índice de depuração do Rio Corumbataí - SP.**

Dissertação (Mestrado em Manejo Integrado de Recursos), Centro de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista,

Rio Claro, 155 p. 1999. Disponível em:  
<<http://www.bv.fapesp.br/pt/bolsas/84224/diagnostico-ambiental-qualidade-da-agua-e-indice-de-depuracao-do-rio-corumbatai-sp/>>. Acesso em: 20 mai. 2015.

PAUCHARD, A. et al. Multiple effects of urbanization on the biodiversity of developing countries: The case of a fast-growing metropolitan area (Concepción, Chile). **Biological Conservation**, v. 127, p. 272–281, 2006.

PEREIRA, M. R. et al. A Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Sôrdo (Norte de Portugal). **Geonovas**, n. 20, p. 87-93, 2006.

PEREIRA, P. S. et al. Avaliação da integridade ecológica de rios em áreas do zoneamento ecológico econômico do complexo hidrográfico Guapiaçu-Macacu, RJ, Brasil. **Ambiente & Água**, v. 7, n. 1, p. 157-168, 2012.

PETERS, N. E; MEYBECK, M. Water quality degradation effects on freshwater availability: impacts to human activities. **Water International**, Urbana, v. 25, n. 2, p. 214-21, 2000.

PINHEIRO, A. et al. Relação Entre o Uso do Solo e a Qualidade da Água em Bacia Hidrográfica Rural no Bioma Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 3, p. 127-139, 2014.

PINHO, G. L. L. et al. Physiological effects of copper in the euryhaline copepod *Acartia tonsa*: waterborne versus waterborne plus dietborne exposure. **Aquatic Toxicology**, v. 84, p.62–70. 2007.

PORTO, F. A.; BRANCO, S. M.; LUCA, S. J. Caracterização da qualidade da água. In: PORTO, R. L. (Org.). **Hidrologia ambiental**, São Paulo: EDUSP, p. 375-390, 1991.

PRINA, B. Z.; MONGUILHOTT, M. Análise das transformações da paisagem de áreas próximas ao rio Jaguarí aplicando técnicas de sensoriamento remoto em imagens do satélite TM Landsat-5. **Anais... XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, INPE, Curitiba, PR, Brasil, 2011, 3812 p.

PURCELL, T. W.; PETERS, J. J. Sources of silver in the environment. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 17, n. 4, p. 539-546, 1998.

RAISWELL, R. W. et al. **Environmental Chemistry**, Ediciones Omega: Barcelona, 1983, 177 p.

REIS, J. B. C. dos. et al. Diagnóstico ambiental dos conflitos de uso e ocupação do solo nas Áreas de Preservação Permanente da microbacia do Ribeirão Anhumas, município de Itajubá (MG). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. **Anais...** Foz do Iguaçu, PR, Brasil, INPE. p. 8, 2013.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no Excel: guia prático**. Viçosa: UFV, 2004, 251 p.

RIBEIRO, C. A. A. S. et al. O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente. **Revista Árvore**, v. 29, n. 2, p. 203-212, 2005.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETO, J. M. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. 3 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1991, 332 p.

RIFFO, R.; VILLARROEL, C. Caracterización de la flora y fauna Del humedal Los Batros, comuna de San Pedro de la Paz. **Gayana**, v. 64, p. 23 – 37, 2000.

RODRIGUES, M. P. **Avaliação da qualidade da água da bacia do Alto Jacaré-guaçu/SP (Ribeirão do feijão e rio do Monjolinho) através de variáveis físicas, químicas e biológicas**. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental): Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001, p. 175. Disponível em: <  
<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/>>. Acesso em: 27 mai. 2015.

RODRIGUES, L. C. et al. Avaliação do grau de transformação antrópica da paisagem da bacia do rio Queima-Pé, Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 32. p. 52-64. 2014.

ROGERS, P. P. et al. **Water crisis: myth or reality?** London: Fundación Marcelino Botín, Taylor & Francis, 2006, 331 p.

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 16, p. 81-90, 2005.

SAID, A.; STEVENS, D. K.; SEHLKE, G. Environmental assessment an innovative index for evaluating water quality in streams. **Environmental Management**, v. 34, n. 3, p. 406-14, 2004.

SANTOS, S. B. dos. **Análise do uso e ocupação do solo de áreas de preservação permanente utilizando ferramentas do SIG na gestão de bacias hidrográficas: o caso da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço**. 2007. 84 p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia da Energia): Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007.

Disponível em: <<http://200.131.186.194/phl/pdf/0032111.pdf>>.  
Acesso em: 10 mai. 2015.

SCHEFFER, E. W.; SODRÉ, F. F.; GRASSI, M. T. Fatores que governam a especiação do cobre em ambientes aquáticos urbanos: Evidências da contribuição de sulfetos solúveis, **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 332-338, 2007.

SEGURA, R. et al. Distribution of copper, zinc, lead and cadmium concentrations in stream sediments from the Mapocho River in Santiago, Chile. **J. Journal of Geochemical Exploration**. v. 91, p. 71-80, 2006.

SILVA, V. G. **Legislação ambiental comentada**. 3. ed. Belo Horizonte: Fórum, 2006, 560 p.

SIQUEIRA, G. W.; APRILE, F. MIGUÉIS, A. M. Diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas (Pará - Brasil). **Acta Amazônica**, v.42, n.3. p. 413-422, 2012.

SOARES, V. P. et al. Mapeamento das áreas de preservação permanente e dos fragmentos florestais naturais como subsídio a averbação de Reserva Legal em imóveis rurais. **Cerne**, v. 17, n. 4, p. 555-561, 2011.

SOMLYODY, L; VARIS, O. Freshwater under pressure. **International Review for Environmental Strategies**, v. 6, n. 2, p.181-204, 2006.

TAYLOR, J.; PAINE, C.; FITZGIBBON, J. From greenbelt to greenways: four canadian case studies. **Landscape and Urban Planning**. v. 33, n. 1-3, p. 47-64, 1995.

TOGORO, E. S.; MARQUES. M. Qualidade da água e integridade biótica: estudo de caso num trecho fluminense do

Rio Paraíba. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. (ABES), **Anais...** Belo Horizonte, 2007.

TUNA, A. L. et al. Sources and distribution of trace metals in the Sarıca stream basin of southwestern Turkey.

**Environmental Monitoring and Assessment**. v. 125, p. 47-57, 2007.

TUNDISI, J. G.; MATSU MURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008, 631 p.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY 2001. **Drinking water standards and health advisories**. Disponível em: <<http://water.epa.gov/drink/standards/hascience.cfm>>: Acesso em: 10 de jun 2015.

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. **Conservação de nascentes**: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras. Viçosa-MG: Editora Aprenda Fácil, 2005, 210 p.

VENTURA, R. M. G. **Caracterização ambiental e hidrológica da bacia do Córrego Barbado em Cuiabá-MT**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Ambiental) Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, p. 127. 2011. Disponível em: <<http://200.129.241.80/ppgea/sistema/dissertacoes/27.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2015.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

VON SPERLING, E. **Introdução à qualidade de água**. Viçosa/MG: ABEAS/UFV, 1997.

YABE, M. J.; OLIVEIRA, E. Metais pesados em águas superficiais como estratégia de caracterização de bacias hidrográficas. **Química Nova**, v. 21, n. 5, p. 551-556, 1998.

YANG, X.; LO, C. P. Using a time series of satellite imagery to detect land use and land cover changes in the Atlanta, Georgia metropolitan area, **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 9, p. 1775-1798, 2002.

ZANELLO, S.; MELO, V. de F.; WOWK, G. I. T. H. Mineralogia e teores de cromo, níquel, cobre, zinco e chumbo nos solos no entorno do aterro sanitário da Caximba em Curitiba/PR. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 51-60, 2009.

ZEILHOFER, P.; MIRANDA, C. S. de. Proposta de parcelamento e infraestrutura em bacias urbanas: estudo de caso - Córrego do Moínho, Cuiabá, MT. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 31, p. 37-53, 2012.

ZHANG, Y. et al. Water quality assessment and source identification of Daliao river basin using multivariate statistical methods. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 152, p. 105–121, 2009.



## ANEXOS

Anexo A - Variáveis físico-químicas; temperatura (Temp), oxigênio dissolvido (OD), condutividade, pH, sólidos totais dissolvidos (STD), salinidade, turbidez, cor, sólidos em suspensão (SS), nitrato, nitrito, amônia total, fósforo total, demanda química de oxigênio (DQO) e fenóis totais, analisadas nos 57 pontos da hidrografia na bacia do rio Ponte Grande, em Lages - SC. (Continua)

	Ponto	Coordenada X	Coordenada Y	Temp (°C)	OD (mg/L)	Condutivi- dade (μS/cm)	pH	STD (mg/L)
Nascentes	1	570.027,22	5.921.867,05	20,5	5,11	144,9	6,83	102,7
"	2	570.375,59	5.924.206,27	18,1	6,99	172,6	7,43	129,35
"	3	570.247,63	5.924.373,15	19,2	4,39	109,5	7,04	75,95
"	4	570.738,71	5.924.938,95	18,4	5,59	165	7,14	123,5
"	5	568.654,09	5.925.972,58	22,3	1,59	208,7	8,05	144,35
"	6	568.133,30	5.926.574,31	18,7	2,94	293,4	7,08	216,45
"	7	570.456,64	5.926.212,13	20,4	5,58	295,7	7,54	210,6
"	8	572.960,95	5.927.210,92	18,9	4,5	98,9	5,37	72,8
"	9	572.724,92	5.927.395,38	25,1	3,6	113,9	5,67	74,1
"	10	571.947,85	5.928.649,46	18,4	3,31	110,6	5,22	82,55
"	11	571.668,93	5.929.115,11	18,6	4,1	120	5,45	89,05
"	12	570.942,96	5.928.838,98	18,6	4,84	99,8	5,41	74,1
"	13	569.944,71	5.929.468,94	17,3	5,1	161,9	5,35	123,5
"	14	569.653,37	5.929.305,23	21,6	2,4	125,7	5,19	87,1
"	15	569.402,71	5.928.983,73	19,3	5,15	120	5,31	87,75
"	16	569.747,44	5.928.731,30	20,6	3,3	137,9	5,49	98,15
"	17	569.703,86	5.928.398,75	SECO	SECO	SECO	SECO	SECO
"	18	569.223,07	5.928.652,95	18,7	6	157	7,15	115,7
"	19	568.955,89	5.928.540,87	18,5	3,8	145,9	7,2	107,9
"	20	567.945,01	5.928.239,43	17,6	4,94	182,9	7,16	138,45
"	21	567.290,06	5.927.466,26	19,4	5,14	149,8	7,26	113,75
"	22	567.116,42	5.927.202,82	18,1	5,52	138,8	7,34	104

Anexo A - Variáveis físico-químicas; temperatura (Temp), oxigênio dissolvido (OD), condutividade, pH, sólidos totais dissolvidos (STD), salinidade, turbidez, cor, sólidos em suspensão (SS), nitrato, nitrito, amônia total, fósforo total, demanda química de oxigênio (DQO) e fenóis totais, analisadas nos 57 pontos da hidrografia na bacia do rio Ponte Grande, em Lages - SC. (Continua)

	Ponto	Coordenada X	Coordenada Y	Temp (°C)	OD (mg/L)	Conduti vidade (µS/cm)	pH	STD (mg/L)
Confl uência	23	568.261,28	6.920.415,72	21	5,45	143,8	6,59	101,4
"	24	568.690,58	6.921.968,35	20,8	2,96	287,6	6,95	203,45
"	25	569.061,24	6.923.885,38	21,5	4,89	213,7	7,22	148,85
"	26	569.217,90	6.925.776,80	20,6	1,78	305,1	7,69	216,45
"	27	570.324,73	6.925.209,49	19,9	1,83	299,9	7,6	215,8
"	28	568.925,71	6.926.335,91	21,8	1,43	392,6	7,86	271,7
"	29	569.128,90	6.926.872,43	19,6	1,06	281,7	6,94	204,1
"	30	569.610,00	6.927.163,04	19,8	1,15	288,3	7,12	207,35
"	31	570.084,72	6.928.221,29	18,4	4,34	158	6,96	117,65
"	32	570.680,88	6.927.923,88	18,3	4,56	153,2	7,16	114,4
"	33	571.330,98	6.928.383,03	19,5	4,24	149,4	7	108,55
"	34	571.701,51	6.928.066,23	22,6	4,17	150,1	7,25	102,05
"	35	570.095,30	6.928.653,32	19,5	4,34	183	7,35	133,25
"	36	570.096,54	6.928.683,92	19,7	4,42	186,5	7,26	134,55
"	37	569.996,53	6.928.863,92	18,6	4,7	159,4	5,3	118
"	38	569.927,83	6.928.940,63	19	4,8	158,3	5,32	116,35
"	39	569.894,61	6.929.095,31	18,8	5,3	196,4	5,43	144,95
"	40	569.092,50	6.926.997,69	19,8	1,05	264,6	7	191,1
"	41	569.087,71	6.927.875,81	21,9	2,65	306	7,22	211,25
"	42	569.170,20	6.928.209,34	20,2	1,65	274,5	7,23	196,3
"	43	568.137,67	6.927.652,09	19,6	3,4	219,7	7,22	159,25
"	44	567.728,96	6.927.310,58	21,4	3,08	222,4	7,2 5	155,35

Anexo A - Variáveis físico-químicas; temperatura (Temp), oxigênio dissolvido (OD), condutividade, pH, sólidos totais dissolvidos (STD), salinidade, turbidez, cor, sólidos em suspensão (SS), nitrato, nitrito, amônia total, fósforo total, demanda química de oxigênio (DQO) e fenóis totais, analisadas nos 57 pontos da hidrografia na bacia do rio Ponte Grande, em Lages - SC. (Continua)

	Ponto	Coordenada X	Coordenada Y	Temp (°C)	OD (mg/L)	Conduti vidade (µS/cm)	pH	STD (mg/L)
Meio dos trechos	45	568.425,96	6.921.222,46	20,2	3,95	314,8	6,89	224,9
"	46	569.028,72	6.922.958,68	22,3	3,3	290	7,1	198,2 5
"	47	569.186,79	6.924.971,55	21,6	3,14	284,6	7,25	198,2 5
"	48	569.082,06	6.926.080,73	19,7	1,26	278,7	7,88	274,3
"	49	569.185,11	6.927.456,38	19,9	1,21	272	7,27	196,3
"	50	569.871,35	6.927.773,62	19,2	0,7	230,3	7,14	168,3 5
"	51	571.164,90	6.927.646,87	18,8	4,4	161,7	7,14	118,9 5
"	52	572.136,88	6.927.277,26	19,3	5	103	5,43	75,4
Nascente	53	568.713,00	6.925.609,00	21,2	4,5	207,8	7,8	145,6
Confluência	54	569.185,00	6.925.632,00	20,2	1,51	303,2	7,63	217,1
Confluência	55	568.747,00	6.926.109,00	23,3	4,69	223,6	8,03	150,1 5
Nascente	56	568.485,00	6.926.020,00	19,4	3,56	311	7,93	227,5
Confluência	57	568.280,00	6.920.415,00	21,5	5,09	117,8	6,98	81,9
Confluência	58	568.249,00	6.920.403,00	21,5	4,89	117,4	6,96	82,55

Anexo A - Variáveis físico-químicas; temperatura (Temp), oxigênio dissolvido (OD), condutividade, pH, sólidos totais dissolvidos (STD), salinidade, turbidez, cor, sólidos em suspensão (SS), nitrato, nitrito, amônia total, fósforo total, demanda química de oxigênio (DQO) e fenóis totais, analisadas nos 57 pontos da hidrografia na bacia do rio Ponte Grande, em Lages - SC. (Continua)

	Ponto	Coordenada X	Coordenada Y	Salini dade (ppt)	Turbidez (uT- FAL)	Cor (uC- Hz)	SS (mg/L)	Nitrato (mg/L)
Nascentes	1	570.027,22	6.921.867,05	0,07	6	26	16	0,0637
"	2	570.375,59	6.924.206,27	0,1	16	27,8	30	0,0998
"	3	570.247,63	6.924.373,15	0,05	11	12,2	71	0,0166
"	4	570.738,71	6.924.938,95	0,09	1	0,5	2	0,0471
"	5	568.654,09	6.925.972,58	0,1	75	111	135	0,0527
"	6	568.133,30	6.926.574,31	0,16	30	47,9	34	0,0499
"	7	570.456,64	6.926.212,13	0,15	26	53,9	42	1,4052
"	8	572.960,95	6.927.210,92	0,05	6	25,9	3	0,1025
"	9	572.724,92	6.927.395,38	0,05	77	263	91	0,1802
"	10	571.947,85	6.928.649,46	0,06	26	48,6	55	0,2439
"	11	571.668,93	6.929.115,11	0,06	39	47,1	55	0,0554
"	12	570.942,96	6.928.838,98	0,05	27	55,2	42	0,0693
"	13	569.944,71	6.929.468,94	0,09	60	57,6	70	0,1358
"	14	569.653,37	6.929.305,23	0,06	58	300	112	0,2079
"	15	569.402,71	6.928.983,73	0,06	50	74	47	0,0443
"	16	569.747,44	6.928.731,30	0,07	59	327	66	0,0859
"	17	569.703,86	6.928.398,75	SECO	SECO	SECO	SECO	SECO
"	18	569.223,07	6.928.652,95	0,08	2	3,8	26	0,2522
"	19	568.955,89	6.928.540,87	0,08	3	11,2	4	0,0443
"	20	567.945,01	6.928.239,43	0,1	57	72,4	185	0,0859
"	21	567.290,06	6.927.466,26	0,08	98	97,2	237	0,0942
"	22	567.116,42	6.927.202,82	0,08	22	43,4	33	0,0915

Anexo A - Variáveis físico-químicas; temperatura (Temp), oxigênio dissolvido (OD), condutividade, pH, sólidos totais dissolvidos (STD), salinidade, turbidez, cor, sólidos em suspensão (SS), nitrato, nitrito, amônia total, fósforo total, demanda química de oxigênio (DQO) e fenóis totais, analisadas nos 57 pontos da hidrografia na bacia do rio Ponte Grande, em Lages - SC. (Continua)

	Ponto	Coordenada X	Coordenada Y	Salinidade (ppt)	Turbidez (uT- FAL)	Cor (uC- Hz)	SS (mg/L)	Nitrato (mg/L)
Confluência	23	568.261,28	6.920.415,72	0,07	10	23,8	22	0,2079
"	24	568.690,58	6.921.968,35	0,15	87	98,5	161	0,1303
"	25	569.061,24	6.923.885,38	0,11	51	86	72	0,5322
"	26	569.217,90	6.925.776,80	0,16	10	40,8	18	0,1857
"	27	570.324,73	6.925.209,49	0,16	16	51,2	30	0,1358
"	28	568.925,71	6.926.335,91	0,2	289	74	44	0,1441
"	29	569.128,90	6.926.872,43	0,15	11	46,8	13	0,1829
"	30	569.610,00	6.927.163,04	0,15	61	82,4	19	0,1718
"	31	570.084,72	6.928.221,29	0,09	14	37,7	13	0,1164
"	32	570.680,88	6.927.923,88	0,08	13	38,9	17	0,1192
"	33	571.330,98	6.928.383,03	0,08	17	55,8	23	0,1164
"	34	571.701,51	6.928.066,23	0,07	16	60,8	19	0,0859
"	35	570.095,30	6.928.653,32	0,1	23	69	23	0,0499
"	36	570.096,54	6.928.683,92	0,1	25	34,4	20	0,0721
"	37	569.996,53	6.928.863,92	0,09	10	22,8	16	0,0859
"	38	569.927,83	6.928.940,63	0,08	42	73	24	0,1109
"	39	569.894,61	6.929.095,31	0,11	15	25	24	0,1608
"	40	569.092,50	6.926.997,69	0,14	50	204	126	0,158
"	41	569.087,71	6.927.875,81	0,15	16	45,5	20	0,6375
"	42	569.170,20	6.928.209,34	0,14	6	34,2	7	0,4629
"	43	568.137,67	6.927.652,09	0,12	4	20	5	1,311
"	44	567.728,96	6.927.310,58	0,11	60	85,2	186	0,219

Anexo A - Variáveis físico-químicas; temperatura (Temp), oxigênio dissolvido (OD), condutividade, pH, sólidos totais dissolvidos (STD), salinidade, turbidez, cor, sólidos em suspensão (SS), nitrato, nitrito, amônia total, fósforo total, demanda química de oxigênio (DQO) e fenóis totais, analisadas nos 57 pontos da hidrografia na bacia do rio Ponte Grande, em Lages - SC. (Continua)

	Ponto	Coordenada X	Coordenada Y	Salinidade (ppt)	Turbidez (uT- FAL)	Cor (uC- Hz)	SS (mg/L)	Nitrato (mg/L)
Meio dos trechos	45	568.425,96	6.921.222,46	0,17	6	19,9	28	0,2134
"	46	569.028,72	6.922.958,68	0,15	5	19,9	7	0,2578
"	47	569.186,79	6.924.971,55	0,15	6	37,1	10	0,3991
"	48	569.082,06	6.926.080,73	0,2	25	68,7	36	0,6208
"	49	569.185,11	6.927.456,38	0,14	5	24,6	8	0,668
"	50	569.871,35	6.927.773,62	0,12	12	34,9	13	0,2494
"	51	571.164,90	6.927.646,87	0,09	10	39,3	10	0,1497
"	52	572.136,88	6.927.277,26	0,05	29	39,3	5	0,097
Nascente	53	568.713,00	6.925.609,00	0,11	28	25	40	0,4324
Confluência	54	569.185,00	6.925.632,00	0,16	9	45,2	46	0,1635
Confluência	55	568.747,00	6.926.109,00	0,11	15	53	23	0,3409
Nascente	56	568.485,00	6.926.020,00	0,17	19	60	19	0,0748
Confluência	57	568.280,00	6.920.415,00	0,06	14	36,7	18	0,1857
Confluência	58	568.249,00	6.920.403,00	0,06	12	35,9	13	0,194

Anexo A - Variáveis físico-químicas; temperatura (Temp), oxigênio dissolvido (OD), condutividade, pH, sólidos totais dissolvidos (STD), salinidade, turbidez, cor, sólidos em suspensão (SS), nitrato, nitrito, amônia total, fósforo total, demanda química de oxigênio (DQO) e fenóis totais, analisadas nos 57 pontos da hidrografia na bacia do rio Ponte Grande, em Lages - SC. (Continua)

	Ponto	Coordenada X	Coordenada Y	Nitrato (mg/L)	Amônia (mg/L)	Fósforo (mg/L)	DQO (mg/L)	Fenóis (mg/L)
Nascentes	1	570.027,22	6.921.867,05	0,0523	0,5354	0,02	1,2739	0,0199
"	2	570.375,59	6.924.206,27	0,0577	0,5037	0,01	2,8555	0,0069
"	3	570.247,63	6.924.373,15	0,0942	0,472	0,02	2,0647	0,0112
"	4	570.738,71	6.924.938,95	0,0444	0,6505	0,01	17,4857	0,0159
"	5	568.654,09	6.925.972,58	0,0557	0,468	0,02	24,2077	0,0194
"	6	568.133,30	6.926.574,31	0,0538	0,9202	0,03	1,6693	0,0262
"	7	570.456,64	6.926.212,13	0,1966	4,5255	0,44	15,5087	0,0282
"	8	572.960,95	6.927.210,92	0,0592	0,2221	0,01	8,3913	0,0226
"	9	572.724,92	6.927.395,38	0,0656	0,5434	0,04	7,9959	0,0054
"	10	571.947,85	6.928.649,46	0,0873	0,23	0	0,8785	0,0081
"	11	571.668,93	6.929.115,11	0,0483	0,238	0	2,8555	0,0216
"	12	570.942,96	6.928.838,98	0,0547	0,1864	0,01	4,0418	0,0211
"	13	569.944,71	6.929.468,94	0,0799	0,3768	0,05	0,8785	0,0056
"	14	569.653,37	6.929.305,23	0,0789	0,706	0,21	17,8811	0,028
"	15	569.402,71	6.928.983,73	0,0483	0,4839	0,21	5,228	0,0098
"	16	569.747,44	6.928.731,30	0,0577	0,2538	0,04	16,6949	0,0113
"	17	569.703,86	6.928.398,75	SECO	SECO	SECO	SECO	SECO
"	18	569.223,07	6.928.652,95	0,0473	0,2776	0,05	9,9729	0,0133
"	19	568.955,89	6.928.540,87	0,3346	0,5751	0,02	1,2739	0,0064
"	20	567.945,01	6.928.239,43	0,0542	0,5473	0,09	2,4601	0,0135
"	21	567.290,06	6.927.466,26	0,0676	0,3411	0,02	15,1132	0,0241
"	22	567.116,42	6.927.202,82	0,0538	0,3173	0,03	2,8555	0,0132

Anexo A - Variáveis físico-químicas; temperatura (Temp), oxigênio dissolvido (OD), condutividade, pH, sólidos totais dissolvidos (STD), salinidade, turbidez, cor, sólidos em suspensão (SS), nitrato, nitrito, amônia total, fósforo total, demanda química de oxigênio (DQO) e fenóis totais, analisadas nos 57 pontos da hidrografia na bacia do rio Ponte Grande, em Lages - SC. (Continua)

	Ponto	Coordenada X	Coordenada Y	Nitrito (mg/L)	Amônia (mg/L)	Fósforo (mg/L)	DQO (mg/L)	Fenóis (mg/L)
Confluência	23	568.261,28	6.920.415,72	0,0823	0,9043	0,11	11,1591	0,0213
"	24	568.690,58	6.921.968,35	0,0917	3,6411	0,16	29,348	0,027
"	25	569.061,24	6.923.885,38	0,14	2,8399	0,06	4,4372	0,0292
"	26	569.217,90	6.925.776,80	0,0744	4,4541	0,39	30,1388	0,0246
"	27	570.324,73	6.925.209,49	0,0671	4,8071	0,16	26,1847	0,0209
"	28	568.925,71	6.926.335,91	0,0666	0,7258	0,3	30,5342	0,0198
"	29	569.128,90	6.926.872,43	0,0685	8,9479	0,5	32,1159	0,0235
"	30	569.610,00	6.927.163,04	0,0646	4,8785	0,42	29,348	0,0115
"	31	570.084,72	6.928.221,29	0,0789	0,2618	0,07	6,4142	0,0112
"	32	570.680,88	6.927.923,88	0,0395	0,4204	0,03	13,927	0,0165
"	33	571.330,98	6.928.383,03	0,0597	4,5017	0,02	7,205	0,0073
"	34	571.701,51	6.928.066,23	0,0538	0,0476	0,01	11,5546	0,0265
"	35	570.095,30	6.928.653,32	0,0552	0,119	0,02	4,0418	0,0265
"	36	570.096,54	6.928.683,92	0,0542	0,2062	0,01	0,0877	0,0287
"	37	569.996,53	6.928.863,92	0,0528	0,238	0,01	7,6005	0,0127
"	38	569.927,83	6.928.940,63	0,0538	0,3292	0	5,6234	0,0354
"	39	569.894,61	6.929.095,31	0,0508	0,0873	0	7,9959	0,0093
"	40	569.092,50	6.926.997,69	0,0863	3,0501	0,35	24,6031	0,0154
"	41	569.087,71	6.927.875,81	0,1375	6,9212	0,53	53,8634	0,0275
"	42	569.170,20	6.928.209,34	0,1208	3,3991	0	40,4195	0,0236
"	43	568.137,67	6.927.652,09	0,2494	1,7214	0	10,3683	0,0257
"	44	567.728,96	6.927.310,58	0,0991	1,527	0,01	10,3683	0,0314



**Anexo A - Variáveis físico-químicas; temperatura (Temp), oxigênio dissolvido (OD), condutividade, pH, sólidos totais dissolvidos (STD), salinidade, turbidez, cor, sólidos em suspensão (SS), nitrato, nitrito, amônia total, fósforo total, demanda química de oxigênio (DQO) e fenóis totais, analisadas nos 57 pontos da hidrografia na bacia do rio Ponte Grande, em Lages - SC. (Conclusão)**

	Ponto	Coordenada X	Coordenada Y	Nitrito (mg/L)	Amônia (mg/L)	Fósforo (mg/L)	DQO (mg/L)	Fenóis (mg/L)
Meio dos trechos	45	568.425,96	6.921.222,46	0,0917	5,3307	0	28,1618	0,0354
"	46	569.028,72	6.922.958,68	0,0932	3,8235	0,1	28,9526	0,0258
"	47	569.186,79	6.924.971,55	0,1252	4,589	0,29	30,5342	0,025
"	48	569.082,06	6.926.080,73	0,1533	4,5811	0,44	39,6287	0,0236
"	49	569.185,11	6.927.456,38	0,1533	3,9901	0,17	19,0673	0,0292
"	50	569.871,35	6.927.773,62	0,0937	5,18	0,27	29,348	0,0228
"	51	571.164,90	6.927.646,87	0,0513	0,2102	0,01	5,6234	0,0201
"	52	572.136,88	6.927.277,26	0,034	0,5989	0	5,228	0,025
Nascente	53	568.713,00	6.925.609,00	0,0296	0,9638	0,04	0,4831	0,031
Confluência	54	569.185,00	6.925.632,00	0,0611	4,823	0,4	31,3251	0,0366
Confluência	55	568.747,00	6.926.109,00	0,0794	4,3193	0,33	6,0188	0,0211
Nascente	56	568.485,00	6.926.020,00	0,0478	0,7377	0,04	16,6949	0,0165
Confluência	57	568.280,00	6.920.415,00	0,0547	1,9078	0,04	6,0188	0,0353
Confluência	58	568.249,00	6.920.403,00	0,0538	1,0471	0,04	4,0418	0,0373

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

**Anexo B - Metais pesados; cobre, prata, chumbo, zinco, cádmio e ferro total, analisados nos 57 pontos da hidrografia na bacia do rio Ponte Grande, em Lages – SC.**  
(Continua)

	Ponto	Coordenada X	Coordenada Y	Cobre (mg/LCu)	Prata (mg/LAg)	Chumbo (mg/LPb)
Nascentes	1	570.027,22	6.921.867,05	0,12	0,077	0,055
"	2	570.375,59	6.924.206,27	0,181	0,01	0,079
"	3	570.247,63	6.924.373,15	0,159	0,013	0,102
"	4	570.738,71	6.924.938,95	0,097	0,026	0,202
"	5	568.654,09	6.925.972,58	0,077	0,008	0,053
"	6	568.133,30	6.926.574,31	0,162	0,037	0,263
"	7	570.456,64	6.926.212,13	0,046	0,029	0,115
"	8	572.960,95	6.927.210,92	0,571	0,034	0,063
"	9	572.724,92	6.927.395,38	0,287	0,027	0,163
"	10	571.947,85	6.928.649,46	0,212	0,04	0,174
"	11	571.668,93	6.929.115,11	0,321	0,034	0,109
"	12	570.942,96	6.928.838,98	0,207	0,038	0,249
"	13	569.944,71	6.929.468,94	0,259	0,035	0,171
"	14	569.653,37	6.929.305,23	0,129	0,077	0,231
"	15	569.402,71	6.928.983,73	0,636	0,092	0,177
"	16	569.747,44	6.928.731,30	0,398	0,073	0,321
"	17	569.703,86	6.928.398,75	SECO	SECO	SECO
"	18	569.223,07	6.928.652,95	0,217	0,122	0,164
"	19	568.955,89	6.928.540,87	0,994	0,091	0,225
"	20	567.945,01	6.928.239,43	0,658	0,099	0,172
"	21	567.290,06	6.927.466,26	0,997	0,135	0,077
"	22	567.116,42	6.927.202,82	0,286	0,171	0,237

**Anexo B - Metais pesados; cobre, prata, chumbo, zinco, cádmio e ferro total, analisados nos 57 pontos da hidrografia na bacia do rio Ponte Grande, em Lages – SC.  
(Continua)**

	Ponto	Coordenada X	Coordenada Y	Cobre (mg/LCu)	Prata (mg/LAg)	Chumbo (mg/LPb)
Confluência	23	568.261,28	6.920.415,72	1,347	0,145	0,162
"	24	568.690,58	6.921.968,35	0,332	0,163	0,157
"	25	569.061,24	6.923.885,38	0,539	0,146	0,177
"	26	569.217,90	6.925.776,80	0,528	0,141	0,274
"	27	570.324,73	6.925.209,49	0,325	0,176	0,15
"	28	568.925,71	6.926.335,91	0,452	0,136	0,133
"	29	569.128,90	6.926.872,43	0,102	0,132	0,237
"	30	569.610,00	6.927.163,04	0,255	0,187	0,368
"	31	570.084,72	6.928.221,29	0,429	0,165	0,193
"	32	570.680,88	6.927.923,88	0,443	0,205	0,194
"	33	571.330,98	6.928.383,03	0,271	0,235	0,126
"	34	571.701,51	6.928.066,23	0,215	0,239	0,209
"	35	570.095,30	6.928.653,32	0,393	0,216	0,214
"	36	570.096,54	6.928.683,92	0,274	0,229	0,253
"	37	569.996,53	6.928.863,92	0,539	0,213	0,19
"	38	569.927,83	6.928.940,63	0,187	0,219	0,297
"	39	569.894,61	6.929.095,31	0,132	0,195	0,204
"	40	569.092,50	6.926.997,69	0,247	0,222	0,256
"	41	569.087,71	6.927.875,81	0,277	0,231	0,164
"	42	569.170,20	6.928.209,34	0,364	0,226	0,206
"	43	568.137,67	6.927.652,09	0,197	0,233	0,051
"	44	567.728,96	6.927.310,58	0,269	0,242	0,213

Anexo B - Metais pesados; cobre, prata, chumbo, zinco, cádmio e ferro total, analisados nos 57 pontos da hidrografia na bacia do rio Ponte Grande, em Lages – SC.  
(Continua)

	Ponto	Coordenada X	Coordenada Y	Cobre (mg/LCu)	Prata (mg/LAg)	Chumbo (mg/LPb)
Meio dos trechos	45	568.425,96	6.921.222,46	0,44	0,201	0,195
"	46	569.028,72	6.922.958,68	0,379	0,221	0,206
"	47	569.186,79	6.924.971,55	0,271	0,229	0,12
"	48	569.082,06	6.926.080,73	0,22	0,191	0,124
"	49	569.185,11	6.927.456,38	0,321	0,216	0,086
"	50	569.871,35	6.927.773,62	0,312	0,223	0,113
"	51	571.164,90	6.927.646,87	0,477	0,191	0,157
"	52	572.136,88	6.927.277,26	0,609	0,207	0,249
Nascente	53	568.713,00	6.925.609,00	0,551	0,23	0,237
Confluência	54	569.185,00	6.925.632,00	0,768	0,221	0,138
Confluência	55	568.747,00	6.926.109,00	0,388	0,195	0,14
Nascente	56	568.485,00	6.926.020,00	0,644	0,195	0,199
Confluência	57	568.280,00	6.920.415,00	0,174	0,215	0,145
Confluência	58	568.249,00	6.920.403,00	0,435	0,202	0,178

**Anexo B - Metais pesados; cobre, prata, chumbo, zinco, cádmio e ferro total, analisados nos 57 pontos da hidrografia na bacia do rio Ponte Grande, em Lages – SC.  
(Continua)**

	Ponto	Coordenada X	Coordenada Y	Zinco (mg/LZn)	Cádmio (mg/LCd)	Ferro (mg/LFe)
Nascentes	1	570.027,22	6.921.867,05	0,039	0,019	0,728
"	2	570.375,59	6.924.206,27	0,027	0,019	0,784
"	3	570.247,63	6.924.373,15	0,027	0,017	0,553
"	4	570.738,71	6.924.938,95	0,001	0,041	0,716
"	5	568.654,09	6.925.972,58	0,073	0,128	2,736
"	6	568.133,30	6.926.574,31	0,054	0,038	1,484
"	7	570.456,64	6.926.212,13	0,077	0,043	1,008
"	8	572.960,95	6.927.210,92	0,016	0,089	0,794
"	9	572.724,92	6.927.395,38	0,042	0,011	1,687
"	10	571.947,85	6.928.649,46	0,039	0,027	1,284
"	11	571.668,93	6.929.115,11	0,001	0,003	0,531
"	12	570.942,96	6.928.838,98	0,078	0,104	0,51
"	13	569.944,71	6.929.468,94	0,065	0,094	0,392
"	14	569.653,37	6.929.305,23	0,015	0,056	3,032
"	15	569.402,71	6.928.983,73	0,004	0,059	1,489
"	16	569.747,44	6.928.731,30	0,035	0,188	1,702
"	17	569.703,86	6.928.398,75	SECO	SECO	SECO
"	18	569.223,07	6.928.652,95	0,003	0,128	0,974
"	19	568.955,89	6.928.540,87	0,038	0,01	0,421
"	20	567.945,01	6.928.239,43	0,03	0,113	0,864
"	21	567.290,06	6.927.466,26	0,008	0,097	0,74
"	22	567.116,42	6.927.202,82	0,032	0,116	1,181

Anexo B - Metais pesados; cobre, prata, chumbo, zinco, cádmio e ferro total, analisados nos 57 pontos da hidrografia na bacia do rio Ponte Grande, em Lages – SC.  
(Continua)

	Ponto	Coordenada X	Coordenada Y	Zinco (mg/LZn)	Cádmio (mg/LCd)	Ferro (mg/LFe)
Confluência	23	568.261,28	6.920.415,72	0,002	0,095	1,023
"	24	568.690,58	6.921.968,35	0,051	0,023	2,888
"	25	569.061,24	6.923.885,38	0,037	0,059	1,353
"	26	569.217,90	6.925.776,80	0,048	0,097	2,223
"	27	570.324,73	6.925.209,49	0,062	0,102	2,789
"	28	568.925,71	6.926.335,91	0,019	0,082	4,738
"	29	569.128,90	6.926.872,43	0,027	0,071	1,979
"	30	569.610,00	6.927.163,04	0,014	0,089	2,069
"	31	570.084,72	6.928.221,29	0,016	0,183	0,999
"	32	570.680,88	6.927.923,88	0,047	0,15	1,56
"	33	571.330,98	6.928.383,03	0,023	0,155	1,578
"	34	571.701,51	6.928.066,23	0,048	0,066	2,212
"	35	570.095,30	6.928.653,32	0,071	0,075	0,621
"	36	570.096,54	6.928.683,92	0,064	0,031	0,64
"	37	569.996,53	6.928.863,92	0,063	0,083	1,252
"	38	569.927,83	6.928.940,63	0,045	0,128	1,224
"	39	569.894,61	6.929.095,31	0,089	0,014	0,682
"	40	569.092,50	6.926.997,69	0,035	0,162	1,648
"	41	569.087,71	6.927.875,81	0,019	0,082	1,478
"	42	569.170,20	6.928.209,34	0,029	0,105	1,25
"	43	568.137,67	6.927.652,09	0,039	0,057	1,512
"	44	567.728,96	6.927.310,58	0,052	0,127	1,629

**Anexo B - Metais pesados; cobre, prata, chumbo, zinco, cádmio e ferro total, analisados nos 57 pontos da hidrografia na bacia do rio Ponte Grande, em Lages – SC. (Conclusão)**

	Ponto	Coordenada X	Coordenada Y	Zinco (mg/LZn)	Cádmio (mg/LCd)	Ferro (mg/LFe)
Meio dos trechos	45	568.425,96	6.921.222,46	0,051	0,007	1,395
"	46	569.028,72	6.922.958,68	0,021	0,155	2,067
"	47	569.186,79	6.924.971,55	0,047	0,091	2,077
"	48	569.082,06	6.926.080,73	0,037	0,109	2,399
"	49	569.185,11	6.927.456,38	0,035	0,052	1,168
"	50	569.871,35	6.927.773,62	0,054	0,136	1,83
"	51	571.164,90	6.927.646,87	0,032	0,082	1,393
"	52	572.136,88	6.927.277,26	0,046	0,044	0,748
Nascente	53	568.713,00	6.925.609,00	0,017	0,089	4,263
Confluência	54	569.185,00	6.925.632,00	0,088	0,145	2,319
Confluência	55	568.747,00	6.926.109,00	0,024	0,08	2,681
Nascente	56	568.485,00	6.926.020,00	0,047	0,062	2,819
Confluência	57	568.280,00	6.920.415,00	0,059	0,111	1,414
Confluência	58	568.249,00	6.920.403,00	0,046	0,101	1,193

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Anexo C - Método de determinação da turbidez: ISO 7027  
*Spectrophotometric Method.*

1. Princípio: A técnica ISO 7027 de Turbidez é usada para determinar a concentração de partículas em suspensão em uma amostra de água, pela medição da luz incidente dispersa em ângulos retos.

2. Aparelho: Spectroquant NOVA 60 Merck.

3. Método:

a. Calibrar o aparelho, fazendo o “branco” com água destilada.

b. Separar uma alíquota da amostra e pipetar em uma cubeta de 50 mm.

c. Analisar utilizando método 077 do aparelho.

As medições subsequentes irão refletir a real concentração, em NTU - Nephelometric Turbidity Unit, das partículas suspensas com base na curva de calibração.

Anexo D - Método de determinação da cor aparente: 2120 C  
*Spectrophotometric Method.*

1. Princípio: A cor de uma mostra filtrada é expressa em termos que descrevem a sensação notada ao observá-la. A tonalidade (vermelha, verde, amarela, etc.) é designada pelo termo “comprimento de onda dominante”, o grau de brilho por “luminância” e a saturação (pálida, pastel, etc.) por “pureza”. Estes valores são mais adequadamente determinados pelas características de transmissão da luz da amostra filtrada por meio de um espectrofotômetro.

2. Aparelho: Spectroquant NOVA 60 Merck.

3. Método:

a. Calibrar o aparelho, fazendo o “branco” com água destilada.

b. Separar uma alíquota da amostra e pipetar em uma cubeta de 50 mm.

c. Analisar utilizando método 032 do aparelho.

As medições subsequentes irão refletir a real concentração, em uC – Unidades de cor Hanzen, das partículas em solução na amostra.



Anexo E - Método de determinação de Amônia: 4500-NH<sub>3</sub> F.  
*Phenate Method.*

1. Principle: An intensely blue compound, indophenol, is formed by the reaction of ammonia, hypochlorite, and phenol catalyzed by sodium nitroprusside.

2. Apparatus: Spectrophotometer for use at 640 nm with a light path of 1 cm or greater.

3. Reagents: Phenol solution, Sodium nitroprusside, 0.5% w/v, Alkaline citrate, Sodium hypochlorite, commercial solution, about 5%, Oxidizing solution, Stock ammonium solution, Standard ammonium solution.

4. Procedure:

To a 25-mL sample in a 50-mL erlenmeyer flask, add, with thorough mixing after each addition, 1 mL phenol solution, 1 mL sodium nitroprusside solution, and 2.5 mL oxidizing solution. Cover samples with plastic wrap or paraffin wrapper film. Let color develop at room temperature (22 to 27°C) in subdued light for at least 1 h. Color is stable for 24 h. Measure absorbance at 640 nm. Prepare a blank and at least two other standards by diluting stock ammonia solution into the sample concentration range. Treat standards the same as samples.

5. Calculations: Prepare a standard curve by plotting absorbance readings of standards against ammonia concentrations of standards. Compute sample concentration by comparing sample absorbance with the standard curve.

Anexo F - Método de determinação de fósforo: 4500 P E  
*Ascorbic Acid Method.*

1. Princípio: Ammonium molybdate and potassium antimonyl tartrate react in acid medium with orthophosphate to form a heteropoly acid—phosphomolybdic acid—that is reduced to intensely colored molybdenum blue by ascorbic acid.

2. Apparatus: Spectrophotometer with infrared phototube for use at 880 nm, providing a light path of 2.5 cm or longer.

3. Reagents: Sulfuric acid,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 5N, Potassium antimonyl tartrate solution, Ammonium molybdate solution, Ascorbic acid, 0.1M, Combined reagent: Mix the above reagents in the following proportions for 100 mL of the combined reagent: 50 mL 5N  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 5 mL potassium antimonyl tartrate solution, 15 mL ammonium molybdate solution, and 30 mL ascorbic acid solution. Mix after addition of each reagent, Stock phosphate solution, Standard phosphate solution.

4. Procedure:

a. Treatment of sample: Pipet 50.0 mL sample into a clean, dry test tube or 125-mL erlenmeyer flask. Add 0.05 mL (1 drop) phenolphthalein indicator. If a red color develops add

5N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  solution dropwise to just discharge the color. Add 8.0 mL combined reagent and mix thoroughly. After at least 10 min but no more than 30 min, measure absorbance of each sample at 880 nm, using reagent blank as the reference solution.

b. Correction for turbidity or interfering color: Natural color of water generally does not interfere at the high wavelength used. For highly colored or turbid waters, prepare a blank by adding all reagents except ascorbic acid and potassium antimonyl tartrate to the sample. Subtract blank absorbance from absorbance of each sample.

c. Preparation of calibration curve: Prepare individual calibration curves from a series of six standards within the phosphate ranges indicated in ¶ 1c above. Use a distilled water blank with the combined reagent to make photometric readings for the calibration curve. Plot absorbance vs. phosphate concentration to give a straight line passing through the origin. Test at least one phosphate standard with each set of samples.

5. Cálculo:

$$\text{mg P/L} = \frac{\text{mg P (in approximately 58mL final volume)} \times 100}{\text{mL sample}}$$

Anexo G - Método de determinação da demanda química de oxigênio – DQO: 5220 B. *Open Reflux Method*.

1. Princípio: a matéria orgânica/inorgânica oxidável é oxidada em meio ácido ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) por um forte agente oxidante ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) em excesso conhecido num condensador de refluxo do tipo Friedrichs. Toda reação é catalisada por Sulfato de Prata ( $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ ) e calor. Após a digestão o excesso de Dicromato é titulado contra uma solução de Sulfato Ferroso Amoniacal – SFA– ( $\text{Fe}(\text{SO}_4)_2(\text{NH}_4)_2$ ), e assim determina-se a quantidade de oxidante consumida na reação; tal quantidade será expressa em termos equivalentes de oxigênio. O tempo ideal para a digestão é de 2 horas. Existe uma proporção a ser respeitada entre os reagentes e amostra, que é da ordem de: 1(dicromato):2(amostra):3(ácido sulfúrico).

2. Aparelho: Spectroquant NOVA 60 Merck.

3.Reagentes: ácido Sulfúrico com Sulfato de Prata, solução de Dicromato de Potássio 0,025N: solução de Dicromato de Potássio 0,025N, solução de Sulfato Ferroso Amoniacal (SFA) 0,025N, solução de Sulfato Ferroso Amoniacal (SFA) 0,025N, solução Indicadora de Ferroin, sulfato de Mercúrio, solução Padrão de Hidrogenoftalato de Potássio (HFP).

4. Método:

- a. Misturar a amostra no frasco de coleta;
- b. Retirar pelo menos 200 mL num bécker de 250 mL;
- c. Homogeneizar a amostra com auxílio de agitador magnético;
- d. Em um balão de fundo chato (500 mL), introduzir 1 g de Sulfato de Mercúrio ( $\text{Hg}_2\text{SO}_4$ ) e uma porção de pérolas de vidro;
- e. Com o Dispenser, adicionar 25 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  /  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ ;
- f. A seguir pipetar 25 mL de solução de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  0,025N e introduzir no balão;
- g. Com o auxílio de uma pipeta, transferir 50 mL de amostra para o balão e misturar (amostras com DQO superior a  $300\text{mgO}_2/\text{L}$  precisam ser diluídas);
- h. Adicionar, com o Dispenser, mais 50 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  /  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  e homogeneizar bem;

- i. Conectar o balão no condensador de refluxo;
  - j. Seguindo os mesmos procedimentos, fazer análise de um branco com água destilada;
  - k. Deixar duas horas em refluxo;
  - l. Findas às duas horas, retirar e adicionar, com uma proveta de 250 mL, 150 mL de água destilada;
  - m. Esperar até a temperatura do conteúdo do balão atingir a temperatura ambiente;
  - n. Adicionar solução de sulfato ferroso amoniacal (SFA) 0,025N em uma bureta de 50 mL;
  - o. Adicionar aproximadamente 6 gotas de solução Indicadora Ferroin no balão;
  - p. Titular, com o auxílio de um agitador magnético, até a viragem do verde azulado para o marrom;
  - q. Anotar o volume gasto.
- 4.13.7. Cálculo:

$$DQO = \frac{(A - B) \times N_{SFA} \text{ mL} \times 8000}{\text{mL amostra}}$$

Onde,

A = ml SFA gastos no branco;

B = ml SFA gastos na amostra;

NSFA = Normalidade real do SFA;

VSFA = Volume gasto de SFA (ml);

NK<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> = Normalidade da solução de Dicromato de Potássio.

#### Anexo H - Método de determinação de fenóis: 5530 C. Chloroform Extraction Method.

1. Princípio: uma amostra previamente destilada (a fim de se retirar os interferentes) contendo fenóis, pode reagir com 4-aminoantipirina em um pH da faixa de 7,9 +/-0,1 em presença de ferricianeto de potássio, originando um pigmento colorido de tintura de antipirina. Este pigmento pode ser extraído da fase aquosa com clorofórmio (CHCl<sub>3</sub>) e sua absorbância medida no comprimento de onda de 460nm. Este método é indicado para amostras cuja concentração de fenol variem de 0,1 a 250µg/L

2. Aparelho: Spectroquant NOVA 60 Merck.

3. Reagentes: solução estoque de Fenol, solução padrão de Fenol, solução de Bromato-brometo, solução de Ácido clorídrico (HCl) concentrado, solução padrão de Tiosulfato de sódio, solução de Amido, solução de Hidróxido de amônio (NH<sub>4</sub>OH) 0,5N, solução tampão de Fosfato, solução de 4-aminoantipirina, solução de Ferricianeto de potássio (K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>), Clorofórmio (CHCl<sub>3</sub>) concentrado; sulfato de sódio anidro (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>); iodeto de potássio (KI), ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) 1+9, solução indicadora Alaranjado de metila, solução de ácido Sulfúrico 1N, cloreto de sódio (NaCl), solução de Hidróxido de sódio 2,5N.

4. Método:

a. Adicionar a amostra destilada, 12mL de NH<sub>4</sub>OH 0,5N e ajustar o pH para 7,9

+/- 0,1 com o tampão de fosfato;;

b. Transferir para um funil de separação de 1L;

c. Adicionar 3mL de solução de 4-aminoantipirina;

d. Agitar vigorosamente;

e. Adicionar 3mL de solução de Ferricianeto de potássio;

f. Agitar vigorosamente;

g. Deixar o funil de separação em repouso por 15 minutos;

h. Adicionar 25mL de clorofórmio;

i. Agitar 10 vezes vigorosamente (deixando o ar sair entre cada agitação);

j. Extrair a fase do clorofórmio, passando-a por um meio filtrante contendo 5g de Sulfato de Sódio anidro;

k. Ler o filtrado num espectrofotômetro, num comprimento de onda de 460nm, numa cubeta de caminho ótico de 1cm.

4.1 Método de preparação da Curva Padrão:

a. Os padrões devem ser preparados com, no máximo, 2h de antecedência;

b. Diluir num balão volumétrico de 250mL, da solução padrão de Fenol (1mg/L), volumes suficientes para produzir concentrações de 1 a 10µg/L:

Concentração Fenol (ug/L)	Volume da solução padrão diluído num balão volumétrico de 250mL
1	2,5
2	5
4	10
6	15
8	20
10	25

- c. Transferir para um béquer de 600mL e diluir os padrões para 500mL com água;
- d. Ajustar o pH para 7,9 +/- 0,1 usando as soluções de NH<sub>4</sub>OH e tampão de fosfato;
- e. Adicionar 3mL de 4-aminoatipirina;
- f. Adicionar 3mL de ferricianeto de potássio;
- g. Aguardar 15 minutos;
- h. Ler no espectrofotômetro num comprimento de onda de 460nm;
- i. Plotar num gráfico as absorbâncias obtidas em função da concentração dos padrões;
- j. Obter a equação da reta; coeficiente de correlação (R<sup>2</sup>) deve ser superior a 98%.

Anexo I - Método de determinação de nitrato: 4500 - NO<sub>3</sub><sup>-</sup> B  
*Ultraviolet Spectrophotometric Screening Method.*

1. Princípio: Use this technique only for screening samples that have low organic matter contents, i.e., uncontaminated natural waters and potable water supplies. The NO<sub>3</sub><sup>-</sup> calibration curve follows Beer's law up to 11 mg N/L.
2. Aparelho: Spectroquant NOVA 60 Merck.
3. Reagentes: Nitrate-free water, stock nitrate solution, intermediate nitrate solution, hydrochloric acid solution, HCl, 1N.
4. Método:

- a. Treatment of sample: To 50 mL clear sample, filtered if necessary, add 1 mL HCl solution and mix thoroughly.
- b. Preparation of standard curve: Prepare  $\text{NO}_3^-$  calibration standards in the range 0 to 7 mg  $\text{NO}_3^-$ -N/L by diluting to 50 mL the following volumes of intermediate nitrate solution: 0, 1.00, 2.00, 4.00, 7.00 . . . 35.0 mL. Treat  $\text{NO}_3^-$  standards in same manner as samples.
- c. Spectrophotometric measurement: Read absorbance or transmittance against redistilled water set at zero absorbance or 100% transmittance. Use a wavelength of 220 nm to obtain  $\text{NO}_3^-$  reading and a wavelength of 275 nm to determine interference due to dissolved organic matter.

Anexo J - Método de determinação de nitrito: 4500- $\text{NO}_2^-$ - B. *Colorimetric Method.*

1. Princípio: o nitrito é determinado mediante a formação de um composto azo da cor púrpura, em um pH da ordem de 2,0 a 2,5, por diazotação por sulfanilamida com N-(1-naftil)-etilenodiamino dihidroclorídrico (NED dihidroclorídrico). A escala de concentração aplicada ao método é de 10 a 1000  $\mu\text{gN-NO}_2^-$  /L em espectrofotômetro, sendo empregado o comprimento de onda de 543nm.
2. Aparelho: Spectroquant NOVA 60 Merck.
- 3.Reagentes: Solução de N-(1-naftil)-etilenodiamino dihidroclorídrico, solução de Sulfanilamida, solução de Oxalato de Sódio ( $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ) 0,025M, solução de Sulfato Ferroso Amoniacal (SFA) 0,05N, solução padrão de Permanganato de Potássio ( $\text{KmnO}_4$ ) 0,01M (0,05N): solução Estoque de Nitrito
4. Método:
  - a. Removal of suspended solids: If sample contains suspended solids, filter through a 0.45- $\mu\text{m}$ -pore-diam membrane filter.
  - b. Color development: If sample pH is not between 5 and 9, adjust to that range with 1N HCl

or  $\text{NH}_4\text{OH}$  as required. To 50.0 mL sample, or to a portion diluted to 50.0 mL, add 2 mL color reagent and mix.

c. Photometric measurement: Between 10 min and 2 h after adding color reagent to samples and standards, measure absorbance at 543 nm. As a guide use the following light paths for the indicated  $\text{NO}_2^- \text{N}$  concentrations:

Light Path Length cm	$\text{NO}_2^- \text{N}$ $\mu\text{g/L}$
1	2–25
5	2–6
10	<2

5. Calculation: Prepare a standard curve by plotting absorbance of standards against  $\text{NO}_2^- \text{N}$  concentration. Compute sample concentration directly from curve.

Anexo K - Método de determinação de sólidos suspensos:  
Metodologia Merck nº 182 *Spectrophometric Method*.

1. Aparelho: Spectroquant NOVA 60 Merck.
2. Método:
  - a. Pipetar amostra e pipetar em uma cubeta de 20 mm.
  - b. Analisar utilizando método 182 do aparelho.