



**Universidade Federal de Ouro Preto  
Programa de Pós-Graduação Engenharia Ambiental  
Mestrado em Engenharia Ambiental**

**ELEMENTOS QUÍMICOS NAS ÁGUAS E SEDIMENTOS DO RIO  
PIRACICABA, AFLUENTE DO RIO DOCE-MG.**

**AUTOR: JEFERSON GARCIA LIMA**

**ORIENTADOR: PROF. DR. HUBERT MATHIAS PETER ROESER**

Ouro Preto, MG.

2009

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



**Universidade Federal de Ouro Preto**  
**Programa de Pós-Graduação Engenharia Ambiental**  
**Mestrado em Engenharia Ambiental**

**JEFERSON GARCIA LIMA**

**“ELEMENTOS QUÍMICOS NAS ÁGUAS E SEDIMENTOS DO RIO  
PIRACICABA, AFLUENTE DO RIO DOCE – MG.”**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título: “Mestre em Engenharia Ambiental – Área de Concentração: Recursos Hídricos”

Orientador: Prof. Dr. Hubert Mathias Peter Roeser

Ouro Preto, MG

2009

## Agradecimentos

---

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a DEUS por ter me presenteado com mais esta conquista.

Ao Prof. Dr. Hubert Roeser, pela orientação, oportunidade, apoio, incentivo e principalmente pela amizade.

Ao Departamento de Engenharia Ambiental e a UFOP pelos recursos financeiros cedidos para a execução do projeto.

Aos amigos Thiago e Maximo e as amigas Soraia, Celina, Fernanda, Carolina, Mariana e Regina pela ajuda nos trabalhos de campo e análises laboratoriais.

Ao amigo Celso pelos ensinamentos e companheirismo, Prof. Hermínio e a todos os outros funcionários do LGqA pela cooperação.

Agradecimento especial à minha irmã Jackeline Garcia Lima e minha avó Sônia Fidelis de Lima, pelo carinho, apoio e incentivo nas horas difíceis.

Ao meu pai, Francisco Fidelis de Lima.

A todos os outros parentes que me apoiaram em especial minhas tias Mara, Cléria, Vilma e Patrícia.

Ao meu cunhado Eric, pela amizade, incentivo e pelos momentos de descontração.

Aos amigos de republica, Thiago (Ranório), Bruno (Bola de fogo) e Gleidson pelo companheirismo.

Aos amigos do Bar do Gaspar pelos momentos de descontração e amizade.

Aos amigos de Lavras, Júlio, Zeca, Fabrício, Marcos e Ribamar pela amizade, apoio e convívio.

E a todos que diretamente ou indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho.

# Índice

---

<b>1. Introdução</b> .....	25
1.1. Objetivos .....	26
<b>2. Revisão de Literatura</b> .....	27
2.1. Resolução CONAMA 357/05 .....	27
2.2. Estudos Realizados no Rio Piracicaba .....	28
2.3. Caracterização da Área de Estudo .....	38
2.4. Relevo .....	42
2.5. Clima .....	43
2.6. Geologia Local .....	44
2.6.1. Complexo Mantigueira e Guanhães .....	44
2.6.2. Supergrupo Minas .....	44
2.6.3. Supergrupo Rio das Velhas .....	45
<b>3. Metodologia</b> .....	47
3.1. Definição dos Pontos de Amostragem .....	50
3.2. Amostragens e Análises laboratoriais de sedimentos .....	51
<b>3.3. Medições <i>in situ</i></b> .....	54
<b>3.4. Amostragem e Análises Laboratoriais de Água</b> .....	54
<b>3.5. Informações Hidrológicas</b> .....	56
<b>4 – Resultados e Discussões</b> .....	60
4.1. Dados Pluviométricos da Bacia do Rio Piracicaba .....	60
4.2. Parâmetros Físicos e Químicos da Água .....	68
4.2.1. Temperatura .....	68
4.2.2. Turbidez .....	69
4.2.3. Potencial Hidrogeniônico (pH) .....	71

4.2.4. Alcalinidade ( $\text{HCO}_3^-$ ).....	73
4.2.5. Condutividade Elétrica (CE) e Sólidos Totais Dissolvidos (STD).....	74
4.2.6. Cloreto ( $\text{Cl}^-$ ).....	78
4.2.7. Sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).....	79
<b>4.3. Elementos Químicos na Água.....</b>	<b>81</b>
4.3.1. Alumínio (Al).....	81
4.3.2. Bário (Ba).....	82
4.3.3. Cádmio (Cd).....	83
4.3.4. Cálcio (Ca).....	84
4.3.4. Cobalto (Co).....	85
4.3.5. Cromo (Cr).....	85
4.3.6. Ferro (Fe).....	86
4.3.7. Potássio (K).....	87
4.3.8. Lítio (Li).....	88
4.3.9. Magnésio (Mg).....	89
4.3.10. Manganês (Mn).....	90
4.3.11. Molibdênio (Mo).....	92
4.3.12. Sódio (Na).....	92
4.3.14. Enxofre (S).....	93
4.3.15. Silício (Si).....	95
4.3.16. Zinco (Zn).....	96
4.3.17. Estrôncio (Sr).....	97
<b>4.4. Classificação Química do Rio Piracicaba.....</b>	<b>99</b>
<b>4.5. Classificação das Águas do Rio Piracicaba Segundo a Resolução CONAMA 357/05</b> .....	<b>102</b>
<b>4.6. Correlações entre Elementos nas Águas do Rio Piracicaba.....</b>	<b>103</b>
4.6.1. Sódio, Potássio e Cálcio.....	104

4.6.2. Cálcio e Magnésio .....	107
4.6.3. Ferro e Manganês .....	109
4.7. Caracterização Geoquímica dos Sedimentos .....	110
4.7.1. Elementos Maiores .....	110
4.7.1.1. Cálcio (Ca) .....	111
4.7.1.2. Potássio (k).....	112
4.7.1.3. Sódio (Na) .....	113
4.7.1.4. Magnésio (Mg).....	114
4.7.1.5. Alumínio (Al).....	115
4.7.2. Elementos Traços e Metais Pesados .....	116
4.7.2.2. Cobre (Cu).....	118
4.7.2.3. Ferro (Fe) .....	119
4.7.2.4. Lítio (Li).....	120
4.7.2.5. Manganês (Mn) .....	121
4.7.2.6. Níquel (Ni) .....	122
4.7.2.7. Chumbo .....	123
4.7.2.8. Vanádio (V).....	124
4.7.2.9. Zinco (Zn) .....	126
4.7.2.10. Titânio (Ti) .....	127
4.7.2.11. Tório (Th).....	128
4.7.2.12. Zircônio (Zn).....	129
4.8. Correlação entre Elementos Químicos encontrados nos Sedimentos .....	131
4.8.1. Sódio, Potássio e Cálcio .....	131
4.8.2. Cromo e Níquel .....	133
4.8.3. Alumínio e Potássio .....	135
4.8.4. Titânio, Tório e Zircônio.....	136
4.8.5. Titânio e Vanádio .....	138

4.8.6. Alumínio, Potássio e Tório .....	139
<b>5. Conclusões .....</b>	<b>141</b>
<b>6. Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>143</b>
<b>Anexo I.....</b>	<b>149</b>
Parâmetros Físicos e Químicos das Amostras de Águas.....	149
<b>Anexo II.....</b>	<b>151</b>
Resultado das Análises Químicas de Água.....	151
<b>Anexo III.....</b>	<b>157</b>
Resultado das Análises Químicas dos Sedimentos.....	157
<b>Anexo IV – Precipitação Provável para as Estações Pluviométricas.....</b>	<b>162</b>
<b>Anexo V – Dados Pluviométricos ajustados a Distribuição Normal.....</b>	<b>197</b>



## Lista de Figuras

---

Figura 2.2.1 - Ocorrência de coliformes termotolerantes nas estações de monitoramento localizadas ao longo do Rio Piracicaba. Fonte: IGAM, 2007. ....	30
Figura 2.2.2– Ocorrência de turbidez nas estações de monitoramento localizadas ao longo do Rio Piracicaba. Fonte: IGAM, 2007. ....	30
Figura 2.2.3– Concentrações de fósforo total nas estações de monitoramento localizadas ao longo do Rio Piracicaba. Fonte: IGAM, 2007. ....	31
Figura 2.2.4 – Ocorrência de cor verdadeira nas estações de monitoramento localizadas ao longo do Rio Piracicaba. Fonte: IGAM, 2007. ....	31
Figura 2.2.5– Concentrações de manganês total nas estações de monitoramento localizadas ao longo do Rio Piracicaba. Fonte: IGAM, 2007. ....	32
Figura 2.2.6 – Concentrações de níquel total nas estações de monitoramento localizadas ao longo do Rio Piracicaba. Fonte: IGAM, 2007. ....	32
Figura 2.2.7 – Concentrações de ferro dissolvido nas estações de monitoramento localizadas ao longo do Rio Piracicaba. Fonte: IGAM, 2007. ....	33
Figura 2.2.8 – Concentrações de arsênio e cromo totais no Rio Piracicaba, na cidade de Rio Piracicaba entre os anos de 1998 a 2007. Fonte: IGAM, 2007. ....	34
Figura 2.2.9 - Ocorrência de coliformes termotolerantes na estação de monitoramento localizada no Rio Santa Bárbara no período de 1998 a 2007. Fonte: IGAM, 2007. ....	34
Figura 2.2.10 - Ocorrência de cor verdadeira na estação de monitoramento localizada no Rio Santa Bárbara no período de 1998 a 2007. Fonte: IGAM, 2007. ....	35
Figura 2.2.11 – Ocorrências de manganês total e ferro dissolvido na estação de monitoramento localizada no Rio Santa Bárbara no período de 1998 a 2007. Fonte: IGAM, 2007. ....	35
Figura 2.2.12 - Ocorrências de coliformes termotolerantes e fósforo total na estação de monitoramento localizada no Rio do Peixe no período de 2000 a 2007. Fonte: IGAM, 2007. ....	36
Figura 2.2.13 - Ocorrências de turbidez e cor verdadeira na estação de monitoramento localizada no Rio do Peixe no período de 2000 a 2007. Fonte: IGAM, 2007. ....	37
Figura 2.2.14 - Ocorrências de manganês total na estação de monitoramento localizada no Rio do Peixe no período de 2000 a 2007. Fonte: IGAM, 2007. ....	37

Figura 2.2.15 - Ocorrências de ferro dissolvido na estação de monitoramento localizada no Rio do Peixe no período de 2000 a 2007. Fonte: IGAM, 2007.....	38
Figura 2.3.1 – Localização da Bacia do Rio Piracicaba. ....	40
Figura 2.3.2 – Municípios pertencentes à Bacia do Rio Piracicaba. ....	41
Figura 2.4.1 - Hipsometria da Bacia do Rio Piracicaba. Fonte: Guerra (2001). ....	42
Figura 2.5.1 - Clima da Bacia do Rio Piracicaba. Fonte: Guerra (2001). ....	43
Figura 2.6.1 - Mapa Geológico da Bacia do Rio Piracicaba. ....	46
Figura 2.7.1.1 - Barragem de Rejeito SAMARCO, Mina do Germano. ....	48
Figura 2.7.1.2 - Mapa esquemático de Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Rio Piracicaba.....	49
Figura 3.1.1 - Localização dos Pontos Amostrados. ....	51
Figura 3.2.1 – Amostragem de Sedimentos.....	52
Figura 4.1.1 - Gráfico boxplot. a) Precipitação Anual Média; b) Precipitação Anual Provável de 10%; c) Precipitação Anual Provável de 25%; d) Precipitação Anual Provável de 75%. e) Precipitação Anual Provável de 90%. ....	60
Figura 4.1.2 - Semivariogramas teóricos escolhidos. a) Precipitação Média Anual; b) Precipitação Anual Provável de 10%; c) Precipitação Anual Provável de 25%;d) Precipitação Anual Provável de 75%; e) Precipitação Anual Provável de 90%. ....	62
Figura 4.1.3 - Comportamento Espacial das Precipitações Totais Anuais Médias.....	63
Figura 4.1.4 - Comportamento Espacial das Precipitações Totais Anuais Médias. (Isolinhas). ....	64
Figura 4.1.5 - Comportamento Espacial das Precipitações Totais Anuais com probabilidade de 10 % de ocorrência. ....	64
Figura 4.1.6 - Comportamento Espacial das Precipitações Totais Anuais com probabilidade de 10 % de ocorrência. (Isolinhas) ....	65
Figura 4.1.7 - Comportamento Espacial das Precipitações Totais Anuais com probabilidade de 25 % de ocorrência. ....	65

Figura 4.1.8 - Comportamento Espacial das Precipitações Totais Anuais com probabilidade de 25 % de ocorrência. (Isolinhas). .....	66
Figura 4.1.9 - Comportamento Espacial das Precipitações Totais Anuais com probabilidade de 75% de ocorrência. ....	66
Figura 4.1.10 - Comportamento Espacial das Precipitações Totais Anuais com probabilidade de 75% de ocorrência. (Isolinhas). ....	67
Figura 4.1.11 - Comportamento Espacial das Precipitações Totais Anuais com probabilidade de 90 % de ocorrência. ....	67
Figura 4.1.12 - Comportamento Espacial das Precipitações Totais Anuais com probabilidade de 90 % de ocorrência. ....	68
Figura 4.2.1.1 - Temperaturas encontradas no Rio Piracicaba. ....	69
Figura 4.2.1.2 - Temperaturas encontradas nos tributários do Rio Piracicaba. ....	69
Figura 4.2.2.1 - Valores de Turbidez encontrados no Rio Piracicaba. ....	70
Figura 4.2.2.2 - Valores de Turbidez encontrados nos tributários do Rio Piracicaba. ....	71
Figura 4.2.3.1 – Valores de pH encontrados no Rio Piracicaba. ....	72
Figura 4.2.3.2 – Valores de pH encontrados nos tributários do Rio Piracicaba. ....	72
Figura 4.2.4.1 – Valores de Alcalinidade encontrados no Rio Piracicaba. ....	73
Figura 4.2.4.2 – Valores de Alcalinidade encontrados nos tributários do Rio Piracicaba. .	74
Figura 4.2.5.1 – Correlação entre os dados de CE e STD encontrados durante o verão. ....	75
Figura 4.2.5.2 – Correlação entre os dados de CE e STD encontrados durante o inverno..	75
Figura 4.2.5.3 – Valores de CE encontrados no Rio Piracicaba. ....	76
Figura 4.2.5.4 – Valores de Alcalinidade encontrados nos tributários do Rio Piracicaba. .	76
Figura 4.2.5.5 – Concentrações de STD encontrados no Rio Piracicaba. ....	77
Figura 4.2.5.6 – Concentrações de STD encontrados nos tributários do Rio Piracicaba. ...	77
Figura 4.2.6.1 – Concentrações de Cloreto encontradas nos tributários do Rio Piracicaba.	78

Figura 4.2.6.2 – Concentrações de Cloreto encontradas nos tributários do Rio Piracicaba.	79
Figura 4.2.7.1 – Concentrações de $\text{SO}_4^{2-}$ encontradas no Rio Piracicaba. ....	80
Figura 4.2.7.2 – Concentrações de $\text{SO}_4^{2-}$ encontradas nos tributários do Rio Piracicaba. ..	80
Figura 4.3.1.1 – Concentrações de Al no rio Piracicaba. ....	82
Figura 4.3.1.2 – Concentrações Al nos tributários do rio Piracicaba. ....	82
Figura 4.3.2.1 – Concentrações de Ba no rio Piracicaba. ....	83
Figura 4.3.2.2 - Concentrações de Ba nos Tributários do rio Piracicaba. ....	83
Figura 4.3.4.1 - Concentrações de Ca no rio Piracicaba.....	84
Figura 4.3.4.2 - Concentrações de Ca nos tributários do rio Piracicaba.....	85
Figura 4.3.6.1 – Concentrações de Fe no rio Piracicaba. ....	86
Figura 4.3.6.2 – Concentrações de Fe nos tributários do rio Piracicaba. ....	87
Figura 4.3.7.1 – Concentrações de K no Rio Piracicaba. ....	88
Figura 4.3.7.2 – Concentrações de K nos tributários do rio Piracicaba. ....	88
Figura 4.3.9.1– Concentrações de Mg encontradas no rio Piracicaba.....	90
Figura 4.3.9.2 – Concentrações de Mg nos tributários do rio Piracicaba.....	90
Figura 4.3.10.1 – Concentrações de Mn no rio Piracicaba.....	91
Figura 4.3.10.2 – Concentrações de Mn nos tributários do rio Piracicaba.....	91
Figura 4.3.12.1 – Concentrações de Na no Rio Piracicaba. ....	93

Figura 4.3.12.2 - Concentrações de Na nos tributários do rio Piracicaba. ....	93
Figura 4.3.14.1 – Concentrações de S no rio Piracicaba. ....	94
Figura 4.3.14.2 – Concentrações de S nos tributários do rio Piracicaba. ....	94
Figura 4.3.15.1 – Concentrações de Si no rio Piracicaba. ....	95
Figura 4.3.15.2 – Concentrações de Si nos tributários do rio Piracicaba. ....	96
Figura 4.3.16.1 – Concentrações de Zn no rio Piracicaba. ....	97
Figura 4.3.16.2 – Concentrações de Zn nos tributários do rio Piracicaba. ....	97
Figura 4.3.17.1 – Concentrações de Sr no rio Piracicaba. ....	98
Figura 4.3.17.2 – Concentrações de Sr nos tributários do rio Piracicaba. ....	98
Figura 4.4.1 - Diagrama Bumerangue para o Rio Piracicaba. ....	99
Figura 4.4.2 - Diagrama Bumerangue para os tributários do Rio Piracicaba. ....	99
Figura 4.4.3 - Classificação do Rio Piracicaba comparada com outros rios de regiões tropicais. ....	100
Figura 4.5.1.1 – Classificação das águas do Rio Piracicaba. ....	102
Figura 4.6.1 – Classificação de Goldschmidt na Tabela Periódica (1937). ....	103
Figura 4.6.2.1 – Comportamento das concentrações de Ca e Mg durante o inverno e verão no Rio Piracicaba. ....	108
Figura 4.6.2.2 – Comportamento das concentrações de Ca e Mg durante o inverno e verão nos tributários do Rio Piracicaba. ....	108
Figura 4.6.3.1 – Comportamento das concentrações de Fe e Mn durante o inverno e verão no Rio Piracicaba. ....	109

Figura 4.6.3.2 – Comportamento das concentrações de Fe e Mn durante o inverno e verão nos tributários do Rio Piracicaba.....	110
Figura 4.7.1.1.1 – Comportamento das concentrações de Ca nos sedimentos do Rio Piracicaba.....	111
Figura 4.7.1.1.2 – Comportamento das concentrações de Ca nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.....	111
Figura 4.7.1.2.1 – Comportamento das concentrações de K nos sedimentos do Rio Piracicaba.....	112
Figura 4.7.1.2.2 – Comportamento das concentrações de K nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.....	112
Figura 4.7.1.3.1 – Comportamento das concentrações de Na nos sedimentos do Rio Piracicaba.....	113
Figura 4.7.1.3.2 – Comportamento das concentrações de Na nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.....	114
Figura 4.7.1.4.1 – Comportamento das concentrações de Mg nos sedimentos do Rio Piracicaba.....	114
Figura 4.7.1.4.2 – Comportamento das concentrações de Mg nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.....	115
Figura 4.7.1.5.1 – Comportamento das concentrações de Al nos sedimentos do Rio Piracicaba.....	116
Figura 4.7.1.5.2 – Comportamento das concentrações de Al nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.....	116
Figura 4.7.2.1.1 – Comportamento das concentrações de Cr nos sedimentos do Rio Piracicaba.....	117
Figura 4.7.2.1.2 – Comportamento das concentrações de Cr nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.....	117
Figura 4.7.2.2.1 – Comportamento das concentrações de Cu nos sedimentos do Rio Piracicaba.....	118

Figura 4.7.2.3.1 – Comportamento das concentrações de Fe nos sedimentos do Rio Piracicaba.....	119
Figura 4.7.2.3.2 – Comportamento das concentrações de Fe nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.....	120
Figura 4.7.2.4.1 – Comportamento das concentrações de Li nos sedimentos do Rio Piracicaba.....	120
Figura 4.7.2.4.2 – Comportamento das concentrações de Li nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.....	121
Figura 4.7.2.5.1 – Comportamento das concentrações de Mg nos sedimentos do Rio Piracicaba.....	121
Figura 4.7.2.5.2 – Comportamento das concentrações de Mg nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.....	122
Figura 4.7.2.6.1 – Comportamento das concentrações de Ni nos sedimentos do Rio Piracicaba.....	123
Figura 4.7.2.6.2 – Comportamento das concentrações de Ni nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.....	123
Figura 4.7.2.7.1 – Comportamento das concentrações de Pb nos sedimentos do Rio Piracicaba.....	124
Figura 4.7.2.7.2 – Comportamento das concentrações de Pb nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.....	124
Figura 4.7.2.8.1 – Comportamento das concentrações de V nos sedimentos do Rio Piracicaba.....	125

Figura 4.7.2.8.2 – Comportamento das concentrações de V nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.....	125
Figura 4.7.2.9.1 – Comportamento das concentrações de Zn nos sedimentos do Rio Piracicaba.....	126
Figura 4.7.2.9.2 – Comportamento das concentrações de Zn nos sedimentos do Rio Piracicaba.....	127
Figura 4.7.2.10.1 – Comportamento das concentrações de Ti nos sedimentos do Rio Piracicaba.....	127
Figura 4.7.2.10.2 – Comportamento das concentrações de Ti nos sedimentos do Rio Piracicaba.....	128
Figura 4.7.2.11.1 – Comportamento das concentrações de Th nos sedimentos do Rio Piracicaba.....	129
Figura 4.7.2.11.2 – Comportamento das concentrações de Th nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba. ....	129
Figura 4.7.2.12.1 – Comportamento das concentrações de Zn nos sedimentos do Rio Piracicaba.....	130
Figura 4.7.2.12.2 – Comportamento das concentrações de Zn nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba. ....	131
Figura 4.8.1.1 – Comportamento das concentrações de K e Na durante o inverno e verão nos sedimentos do Rio Piracicaba. ....	131
Figura 4.8.1.2 – Comportamento das concentrações de K e Na durante o inverno e verão nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba. ....	132



Figura 4.8.1.3 – Comportamento das concentrações de Ca e Na durante o inverno e verão nos sedimentos do Rio Piracicaba. ....	133
Figura 4.8.1.4 – Comportamento das concentrações de Ca e Na durante o inverno e verão nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba. ....	133
Figura 4.8.2.1 – Comportamento das concentrações de Ni e Cr durante o inverno e verão nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba .....	134
Figura 4.8.2.2 – Comportamento das concentrações de Ni e Cr durante o inverno e verão nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba. ....	134
Figura 4.8.3.1 – Comportamento das concentrações de K e Al durante o inverno e verão nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba. ....	135
Figura 4.8.3.2 – Comportamento das concentrações de K e Al durante o inverno e verão nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba. ....	135
Figura 4.8.4.1 – Comportamento das concentrações de Ti e Th durante o inverno e verão nos sedimentos do Rio Piracicaba. ....	136
Figura 4.8.4.2 – Comportamento das concentrações de Ti e Th durante o inverno e verão nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba. ....	137
Figura 4.8.4.3 – Comportamento das concentrações de Ti e Zr durante o inverno e verão nos sedimentos do Rio Piracicaba. ....	137
Figura 4.8.4.4 – Comportamento das concentrações de Ti e Zr durante o inverno e verão nos sedimentos dos Tributários do Rio Piracicaba.....	138
Figura 4.8.5.1 – Comportamento das concentrações de Ti e V durante o inverno e verão nos sedimentos do Rio Piracicaba. ....	138

Figura 4.8.5.2 – Comportamento das concentrações de Ti e V durante o inverno e verão nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba. .... 139

Figura 4.8.6. 1 – Comportamento das concentrações de Al e Th durante o inverno e verão nos sedimentos do Rio Piracicaba. .... 140

Figura 4.8.6.2 – Comportamento das concentrações de K e Th durante o inverno e verão nos sedimentos do Rio Piracicaba. .... 140

## Lista de Tabelas

---

Tabela 2.2.1 - Pontos de monitoramento pelo IGAM no Rio Piracicaba.....	29
Tabela 2.2.2 – Variação do IQA ao longo do ano de 2007. ....	29
Tabela 3.1.1 - Localização dos Pontos de amostragens e nomenclatura utilizada nas amostragens. ....	50
Tabela 3.2.1 - Ordem das peneiras utilizadas no peneiramento das amostras de sedimentos com suas respectivas malhas e frações granulométricas. ....	53
Tabela 3.5.1 – Estações pluviométricas utilizadas e suas localizações. ....	57
Tabela 4.1.1 - Parâmetros dos modelos de semivariogramas (EP: efeito pepita; PAT: patamar; A : alcance) GD: grau de dependência espacial; ER: erro reduzido. ....	61
Tabela 4.4. 1 - Valores médios das concentrações de Ca, Na e Sólidos Totais. Obs: JGLRP para pontos no rio e JGLCP para pontos nos córregos.....	101
Tabela 4.5.1 – Comparação dos resultados dos parâmetros físico-químicos obtidos com valores permissíveis pela Resolução CONAMA 357/05. ....	102
Tabela I.1 – Dados físicos e químicos da campanha de inverno. ....	149
Tabela I.2 – Dados físicos e químicos da campanha de verão. ....	150
Tabela II.1 – Resultados das análises químicas de água da primeira campanha.....	151
Tabela II.2 – Resultados das análises químicas de água da segunda campanha. ....	152
Tabela II. 3 – Resultados das análises químicas de água da terceira campanha. ....	153
Tabela II.4 – Resultados das análises químicas de água da quarta campanha. ....	155
Tabela II.5 – Resultados das análises químicas de água da quinta campanha. ....	156

Tabela III. 1 – Análise química dos sedimentos coletados no Rio Piracicaba durante o inverno.....	157
Tabela III.2 – Análise química dos sedimentos coletados no Rio Piracicaba durante o verão. ....	159
Tabela III.3 – Análise química dos sedimentos coletados nos tributários do Rio Piracicaba durante o inverno. ....	160
Tabela III. 4 – Análise química dos sedimentos coletados nos tributários do Rio Piracicaba durante o verão. ....	161
Tabela IV.1 – Totais Anuais para a estação Acaiaca. ....	162
Tabela IV.2 – Precipitação provável para a estação Colégio Caraça. ....	162
Tabela IV.3 – Totais anuais para a estação Colégio Caraça.....	163
Tabela IV.4 – Precipitação provável para a estação Colégio Caraça. ....	163
Tabela IV.5 – Totais anuais para a estação Conceição do Rio a Acima. ....	164
Tabela IV.6 – Precipitação provável para a estação Conceição do Rio Acima.....	164
Tabela IV. 7 – Totais anuais para a estação Coronel Fabriciano. ....	165
Tabela IV.8 – Precipitação provável para a estação Coronel Fabriciano. ....	165
Tabela IV.9 – Totais anuais para a estação Cenibra.....	166
Tabela IV. 10 – Precipitação provável para a estação Cenibra. ....	166
Tabela IV.11 – Totais anuais para a estação Barra Longa. ....	167

Tabela IV. 12 – Precipitação provável para a estação Barra Longa.....	167
Tabela IV.13 – Totais anuais para a estação Fazenda Paraíso. ....	168
Tabela IV.14.– Precipitação provável para a estação Fazenda Paraíso.....	168
Tabela IV. 15 – Totais Anuais para a estação Fazenda Ocidental. ....	169
Tabela IV.16 – Precipitação provável para a estação Fazenda Ocidental. ....	169
Tabela IV. 17 – Totais Anuais para a estação Mariana. ....	170
Tabela IV.18 – Precipitação provável para a estação Mariana.....	170
Tabela IV.19 – Totais Anuais para a estação Santa Bárbara.....	171
Tabela IV.20 – Precipitação provável para a estação Santa Bárbara. ....	171
Tabela IV.21 – Totais Anuais para a estação Rio Piracicaba.....	172
Tabela IV.22 – Precipitação provável para a estação Rio Piracicaba. ....	172
Tabela IV.23 – Totais Anuais para a estação Usina Peti.....	173
Tabela IV.24 – Precipitação provável para a estação Usina Peti. ....	173
Tabela IV.25 – Totais Anuais para a estação Santa Bárbara 2.....	174
Tabela IV.26 – Precipitação provável para a estação Santa Bárbara 2. ....	174
Tabela IV. 27 – Totais Anuais para a estação Santa Maria do Itabira. ....	175
Tabela IV. 28 – Precipitação provável para a estação Santa Maria do Itabira. ....	175

Tabela IV.29 – Totais Anuais para a estação UHE Peti.....	176
Tabela IV.30 – Precipitação provável para a estação UHE Peti. ....	176
Tabela IV. 31 - Totais Anuais para a estação Baudim. ....	177
Tabela IV. 32 - Precipitação provável para a estação Baudim.....	177
Tabela IV. 33 - Totais Anuais para a estação Cachoeira das Antas.....	178
Tabela IV. 34 - Precipitação provável para a estação Cachoeira das Antas.....	178
Tabela IV. 35 - Totais Anuais para a estação Cachoeira dos Óculos.....	179
Tabela IV. 36 - Precipitação provável para a estação Cachoeira dos Óculos. ....	179
Tabela IV. 37 - Totais Anuais para a estação Caetés. ....	180
Tabela IV. 38 - Precipitação provável para a estação Caetés.....	180
Tabela IV. 39 - Totais Anuais para a estação Conceição do Mato Dentro.....	181
Tabela IV. 40 - Precipitação provável para a estação Conceição do Mato Dentro. ....	181
Tabela IV. 41 - Totais Anuais para a estação Dom Cavati.....	182
Tabela IV. 42 - Precipitação provável para a estação Dom Cavati. ....	182
Tabela IV. 43 - Totais Anuais para a estação Fazenda Água Limpa.....	183
Tabela IV. 44 - Precipitação provável para a estação Fazenda Água Limpa .....	183
Tabela IV. 45 - Totais Anuais para a estação Ferros.....	184

Tabela IV. 46 - Precipitação provável para a estação Ferro.....	184
Tabela IV. 47 - Totais Anuais para a estação Guanhães. ....	185
Tabela IV. 48 - Precipitação provável para a estação Guanhães.....	185
Tabela IV. 49 - Totais Anuais para a estação Itabirito Linígrafo.....	186
Tabela IV. 50 - Precipitação provável para a estação Itabirito Linígrafo.....	186
Tabela IV. 51 - Totais Anuais para a estação Jaboticatubas. ....	187
Tabela IV. 52 - Precipitação provável para a estação Jaboticatubas.....	187
Tabela IV. 53 - Totais Anuais para a estação Matipo. ....	188
Tabela IV. 54 - Precipitação provável para a estação Jaboticatubas.....	188
Tabela IV. 55 - Totais Anuais para a estação Morro do Pilar. ....	189
Tabela IV. 56 - Precipitação provável para a estação Morro do Pilar.....	189
Tabela IV. 57 - Totais Anuais para a estação Raul Soares.....	190
Tabela IV. 58 - Precipitação provável para a estação Raul Soares. ....	190
Tabela IV. 59 - Totais Anuais para a estação Sabará. ....	191
Tabela IV. 60 - Precipitação provável para a estação Sabará.....	191
Tabela IV. 61 - Totais Anuais para a estação São João Evangelista. ....	192
Tabela IV. 62 - Precipitação provável para a estação São João Evangelista.....	192

Tabela IV. 63 - Totais Anuais para a estação Usina Brecha. ....	193
Tabela IV. 64 - Precipitação provável para a estação Usina Brecha. ....	193
Tabela IV. 65 - Totais Anuais para a estação Vau da Lagoa. ....	194
Tabela IV. 66 - Precipitação provável para a estação Vau da Lagoa. ....	194
Tabela IV. 67 - Totais Anuais para a estação Vermelho Velho. ....	195
Tabela IV. 68 - Precipitação provável para a estação Vermelho Velho. ....	195
Tabela IV. 69 - Totais Anuais para a estação José de Melo. ....	196
Tabela IV. 70 - Precipitação provável para a estação José de Melo. ....	196



## Resumo

---

No presente trabalho foram estudados alguns parâmetros físico-químicos ligados a qualidade de corpos hídricos do Rio Piracicaba-MG, um importante afluente do Rio Doce, a fim de classificá-los de acordo com o proposto pela Resolução CONAMA 357/05. O trecho estudado abrange a parte do Rio Piracicaba que se encontra entre os municípios de Mariana e Alvinópolis, região está que se encontra dentro do Quadrilátero Ferrífero. Além desses municípios outros que se destacam pela sua importância econômica dentro da bacia são os municípios de Ipatinga, João Monlevade e Coronel Fabriciano. Dentro da área em estudo, as atividades econômicas que contribuem para depreciação da qualidade das águas do Rio Piracicaba no trecho estudado são a mineração de ferro e a agricultura. Além dessas atividades, no passado o Rio Piracicaba também foi alvo da mineração de ouro, que geralmente é responsável por altos níveis de concentrações de elementos como mercúrio e enxofre. A área em estudo, além das atividades antrópicas, recebe também influencia das unidades litológicas Complexo Mantiqueira, Complexo Santa Bárbara, Supergrupo Minas e Supergrupo Rio das Velhas. As amostras de água coletadas na região foram submetidas a análises físico-químicas e determinação de elementos maiores e traços. Todos os resultados obtidos foram comparados com os níveis permissíveis pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água de classes 1, 2 e 3. Os parâmetros físicos observados que mais influenciaram na qualidade das águas do Rio Piracicaba e de seus tributários foram a concentração de STD, turbidez, e a condutividade elétrica que demonstrou boas correlações com a concentração de STD, sendo estes parâmetros influenciado por processos erosivos e até mesmo por despejos domésticos. Os elementos químicos que mais limitam a qualidade das águas do Rio Piracicaba e de seus tributários são o alumínio, ferro, manganês, cádmio. Com base no diagrama de Bumerangue, as águas do Rio Piracicaba e de seus tributários são classificadas como influenciadas pela litologia e pela precipitação. A influencia litológica também pode ser evidenciada pela correlação positiva entre elementos litófilos, calcófilos e siderófilos encontrados nas águas e sedimentos na região estudada. As correlações observadas entre Na-K-Ca, Ca-Mg, Fe-Mn, Al-K-Th, Ti-V, Ti-Th-Zr, Cr-Ni, evidenciam a influencia de rochas pertencentes aos Complexos Mantiqueira e Santa Bárbara, Supergrupos Minas e Rio das Velhas, sendo os últimos responsáveis pela concentração de elementos calcófilos, o desequilíbrio observado entre outros elementos que possuem correlações positivas pode ser atribuída as atividades antrópicas.

## Abstract

---

In this work we have studied some physico-chemical parameters related to quality water bodies of Piracicaba-MG, a major tributary of the Doce River, in order to classify them according to the proposed by resolution CONAMA 357/05. The section studied covers part of the Piracicaba River that sits between the of Mariana and Alvinópolis municipalities, in the Quadrilátero Ferrífero region. In addition to these municipalities others stand by their economic importance within the basin are the of Ipatinga, Monlevade and Coronel Fabriciano municipalities. Within the area under study, the economic activities that contribute to water quality depreciation of Piracicaba River are iron mining and agriculture. In addition to these activities, in the past, the Piracicaba River has also been the target of gold mining, which is usually responsible for high levels of concentrations of elements such as mercury and sulphur. The area under study is also influence by the geology complex Mantiqueira units, Santa Barbara complex, complex for mines and for old River. Water samples collected in the region have been subjected to physical-chemical analysis and determination of elements and dashes. All results were compared to the allowable levels by resolution CONAMA 357/05 for bodies of water classes 1, 2 and 3. The physical parameters observed that more influence on the quality of the waters of the Piracicaba river and its tax were the concentration of STD, turbidity, and electrical conductivity that showed good correlation with the concentration of STD, and these parameters influenced by erosivos processes and even by domestic dumps. Most chemical elements and limit the quality of the waters of the Piracicaba river and its tax are aluminum, iron, manganese, cadmium. Based on the boomerang diagram, Piracicaba river waters and its tax are classified as influenced by litologia and by precipitation. Litológica also influence can be evidenced by positive correlation between elements litófilos, calcófilos and siderófilos found in water and sediments in the region studied. Correlations observed between in-k-CA, CA-Mg, Fe-MN, Al-k-Th, TI-v, TI-th-Zr, CR-NI, highlight the influences of rocks belonging to complex Mantiqueira and Santa Barbara, supergroups ' old mines and river, and the last of calcófilos elements, the imbalance noted inter alia that have positive correlations can be assigned the anthropogenic activities.

## 1. Introdução

---

As atividades sócio-econômicas são fatores contribuintes para degradação ambiental de uma determinada região. Sanchez (2006) define a degradação ambiental como uma alteração sofrida pelo meio ambiente que resulta em modificações dos processos naturais e sociais provocados pela ação antrópica. A degradação ambiental também pode ser relacionada a alterações sofrida pelo meio ambiente em suas propriedades físicas, químicas e biológicas (CONAMA 001/86). Dentre os vários componentes ambientais afetados direta ou indiretamente pela ação antrópica, está presente a água que ao longo dos anos vem sofrendo uma depreciação significativa em sua qualidade devido aos seus diversos tipos de usos. Como destaque os despejos sanitários e industriais estão entre os usos que mais agravam a situação dos corpos d' água no Brasil, devido os mesmos estarem ligados ao crescimento populacional e industrial que vem ocorrendo no país nas ultima décadas. Os despejos sanitários por sua vez são responsáveis pelo surgimento de diversas doenças, mortandade de peixes devido à depleção de oxigênio dissolvido e pela alteração do funcionamento natural do sistema endócrino dos organismos aquáticos causando desequilíbrio entre as espécies (Jobling e Sumpter, 1993). Já os despejos industriais que geralmente são ricos em metais pesados dissolvidos, são responsáveis pela intoxicação de plantas e animais aquáticos, podendo causar até a morte dos mesmos e de indivíduos que os consomem como o homem e animais terrestres. Segundo Silva *et al.* (2001), atividades como mineração de ferro podem gerar rejeitos sólidos e líquidos contendo em sua composição química elementos como alumínio, zinco e cádmio, etc. Além das contaminações geradas pelas atividades antrópicas, a natural também contribui para a depreciação da qualidade dos corpos hídricos. Geralmente este tipo de contaminação esta associada à chuva, que é responsável pelo surgimento do escoamento superficial, decomposição de vegetais e animais mortos e pela decomposição de rochas promovidas por agentes intempéricos (Bastos, 2007).

Baseado neste contexto, o presente trabalho teve como finalidade promover o levantamento de parâmetros físico – químicos ligados a qualidade de corpos d' água em parte do Rio Piracicaba e de alguns de seus tributários. A Bacia do Rio Piracicaba se encontra inserida na Bacia do Médio Rio Doce, localizada no Estado de Minas Gerais sendo formadas por 21 municípios. A qualidade das águas do Rio Piracicaba e de seus

tributários sofrem influencia de atividades como produção de eucalipto, siderurgia, mineração de ferro, esgoto sanitário, garimpo e da formação litológica do local que contém rochas ricas em elementos como Pb, Zn, Cu, Hg, Cd, As, sendo estes elementos químicos os principais causadores de problemas ambientais.

## **1.1. Objetivos**

Com base na Resolução CONAMA 357/05, o presente trabalho tem por finalidade classificar parte do Rio Piracicaba e alguns de seus tributários em função desta norma. Além da caracterização geoquímica de seus sedimentos de fundo, de maneira que, seja possível indicar as possíveis fontes de contaminação e a influencia litológica nas águas e sedimentos do Rio Piracicaba e de alguns de seus tributários. Para isso, foram desenvolvidas as seguintes atividades:

- monitoramento hidrogeoquímico sazonal de alguns parâmetros físico-químicos de qualidade de água, tais como: pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, turbidez, temperatura, alcalinidade, cloreto e sulfato;
- determinação da concentração de elementos maiores e traços nas águas do Rio Piracicaba e de seus tributários;
- caracterização geoquímica dos sedimentos de fundo, por meio da determinação da concentração de elementos maiores e traços.
- Comparação dos parâmetros físico-químicos e das concentrações dos elementos maiores e traços das águas do Rio Piracicaba e de seus tributários com os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos d' água de classe 2.
- Contribuir com outros estudos sobre a questão ambiental dentro da Bacia do Rio Piracicaba.

## 2. Revisão de Literatura

---

### 2.1. Resolução CONAMA 357/05

A Resolução CONAMA 357/05 foi elaborada pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) que é o órgão normativo de meio ambiente no Brasil, responsável por elaborar normas e critérios relacionados ao licenciamento ambiental a serem concedido pelos estados, assim como parâmetros ambientais a serem empregados em todo o Território Nacional. A mesma foi publicada no dia 17 de março de 2005 a qual dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais que possibilitam o enquadramento de corpos de água superficiais, estabelecendo condições e padrões de lançamento de efluentes. Com isso as águas doces, assim como as águas salobras e salinas são classificadas de acordo com a qualidade requerida para os diversos usos existentes.

As águas doces são divididas em 5 classes, as quais são:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;

- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário; e
- e) à dessedentação de animais.

V - classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística.

Segundo a mesma Resolução, a princípio todos os corpos de água onde não há uma classificação definida devem ser considerados como de classe 2, sendo o caso do Rio Piracicaba e seus tributários.

Em trabalhos realizados no Rio Conceição um dos afluentes do Rio Doce, Parra (2006) após comparar alguns dados gerados com o estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, conclui que alguns pontos se encontram contaminados por metais pesados, sendo esta contaminação influenciada pela atividade mineradora presente na região. Fukuzawa (2008) em estudos na Bacia do Rio Piranga, conclui que o mesmo pode ser enquadrado nas classes 1, 2 ou 3, devido alguns focos de poluição gerados por conglomerados populacionais, responsáveis por rebaixar os pontos avaliados no Rio Piranga a classes 2 e 3.

## **2.2. Estudos Realizados no Rio Piracicaba**

O Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) vêm desenvolvendo estudos e publicando seus resultados anualmente sobre a qualidade dos corpos hídricos do Estado de

Minas Gerais. Na Bacia do Rio Piracicaba se encontram 6 estações de monitoramento ao longo do rio e outras duas se encontram no Rio do Peixe e Santa Barbara que são dois afluentes importantes do Rio Piracicaba. As localizações das estações estão descritas na tabela a seguir.

Tabela 2.2.1 - Pontos de monitoramento pelo IGAM no Rio Piracicaba.

Estação	Localização	Latitude	Longitude
RD025	Rio Piracicaba	-19° 56' 30"	- 43° 10' 43"
RD026	Rio Piracicaba	-19° 50' 07"	- 43° 07' 12"
RD027	Rio Santa Barbara	-19° 48' 36"	- 43° 14' 00"
RD029	Rio Piracicaba	-19° 46' 01"	- 43° 02' 39"
RD030	Rio do Peixe	-19° 45' 02"	- 43° 01' 35"
RD031	Rio Piracicaba	-19° 31' 50"	- 42° 39' 27"
RD032	Rio Piracicaba	-19° 37' 06"	- 42° 48' 09"
RD034	Rio Piracicaba	-19° 31' 50"	- 42° 36' 12"

(Fonte: IGAM, 2007).

De acordo com Relatório Anual de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais do Rio Doce publicado no ano de 2007, o índice de qualidade das águas (IQA) do Rio Piracicaba e de seus tributários avaliados nos pontos apresentados na Tabela 2.2.1 obtiveram variações ao longo dos 4 trimestre conforme pode ser visualizado logo a seguir.

Tabela 2.2.2 – Variação do IQA ao longo do ano de 2007.

Localização	Índice de Qualidade das Águas	Conceito	Época de Avaliação
Rio Piracicaba	$25 < IQA \leq 50$	Ruim	1º Trimestre de 2007
Rio do Peixe	$50 < IQA \leq 70$	Médio	1º Trimestre de 2007
Rio Santa Bárbara	$25 < IQA \leq 50$	Ruim	1º Trimestre de 2007
Rio Piracicaba	$50 < IQA \leq 70$	Médio	2º Trimestre de 2007
Rio do Peixe	$50 < IQA \leq 70$	Médio	2º Trimestre de 2007
Rio Santa Bárbara	$70 < IQA \leq 90$	Bom	2º Trimestre de 2007
Rio Piracicaba	$70 < IQA \leq 90$	Bom	3º Trimestre de 2007
Rio do Peixe	$50 < IQA \leq 70$	Médio	3º Trimestre de 2007
Rio Santa Bárbara	$70 < IQA \leq 90$	Bom	2º Trimestre de 2007
Rio Piracicaba	$70 < IQA \leq 90$	Bom	4º Trimestre de 2007
Rio do Peixe	$50 < IQA \leq 70$	Médio	4º Trimestre de 2007
Rio Santa Bárbara	$70 < IQA \leq 90$	Bom	4º Trimestre de 2007

(Fonte: IGAM, 2007).

De acordo com o IGAM os parâmetros que mais influenciaram o resultado final do IQA no Rio Piracicaba em todos os pontos estudados, foram os coliformes termotolerantes e a turbidez.

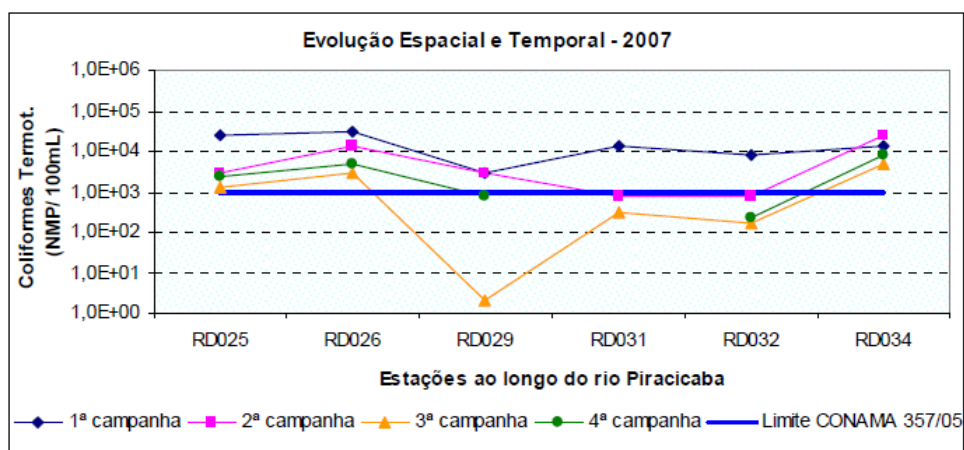


Figura 2.2.1 - Ocorrência de coliformes termotolerantes nas estações de monitoramento localizadas ao longo do Rio Piracicaba. Fonte: IGAM, 2007.

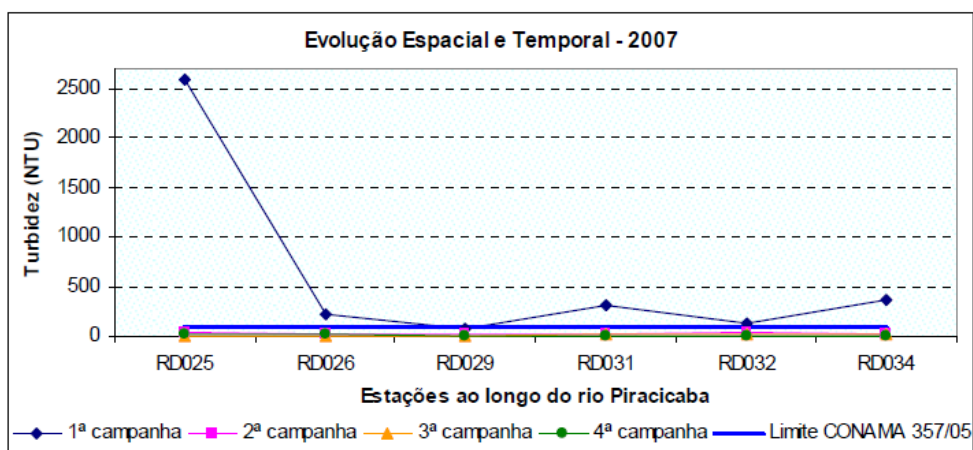


Figura 2.2.2– Ocorrência de turbidez nas estações de monitoramento localizadas ao longo do Rio Piracicaba. Fonte: IGAM, 2007.

Observando as Figuras acima, os valores de turbidez e coliforme termotolerantes ficaram acima do permitido pela Resolução CONAMA 357/05 em todos os pontos amostrados ao longo do Rio Piracicaba. Sendo provável a influencia de despejos de esgoto sanitário nesta região.

As concentrações de fósforo total em alguns pontos ao longo do Rio Piracicaba também ficaram acima do permitido pela legislação conforme pode ser visto na Figura 2.2.3.



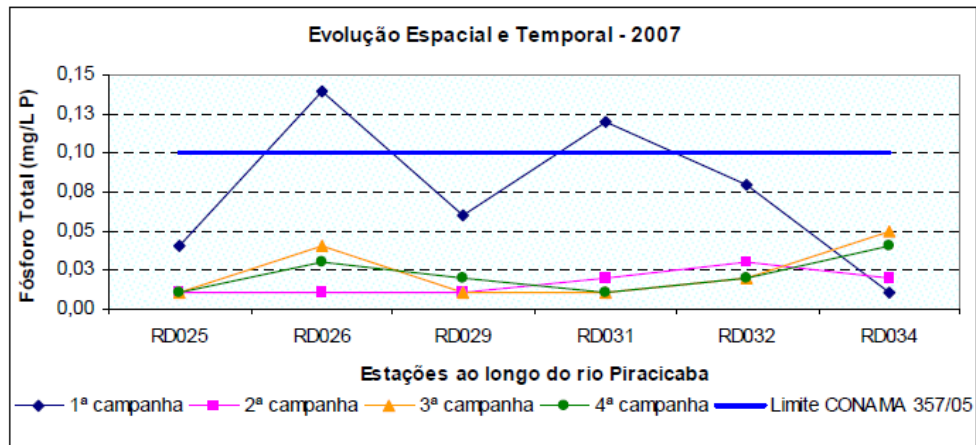


Figura 2.2.3– Concentrações de fósforo total nas estações de monitoramento localizadas ao longo do Rio Piracicaba. Fonte: IGAM, 2007.

Os pontos que ficaram acima do limite permitido se localizam logo a jusante do município de João Monlevade (RD26) e no município de Timóteo, a montante da ETA da ACESITA (RD031). Ambos os valores encontrados foram na primeira campanha.

O parâmetro cor verdadeira, assim como os outros dados, apresentou valores críticos também na 1ª primeira campanha (Fig.2.2.4).

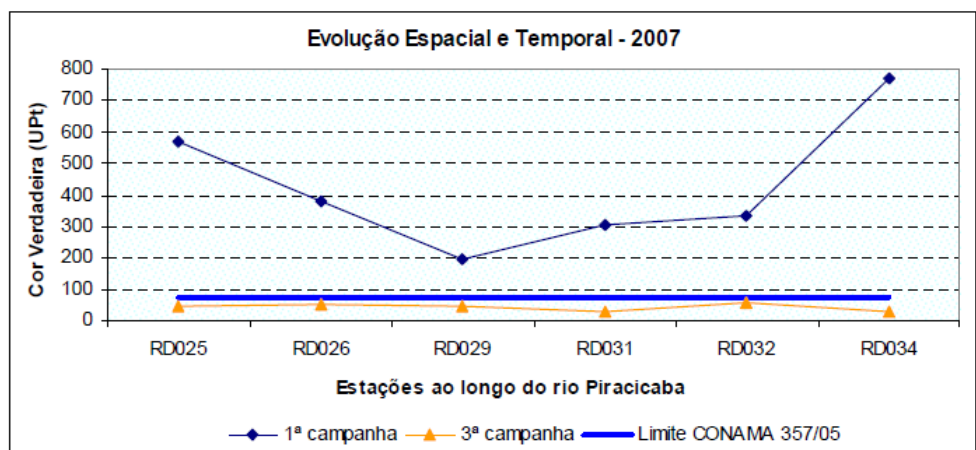


Figura 2.2.4 – Ocorrência de cor verdadeira nas estações de monitoramento localizadas ao longo do Rio Piracicaba. Fonte: IGAM, 2007.

Em relação aos metais, os que foram encontrados acima do permitido pela legislação foram o manganês total, níquel total e ferro dissolvido. As concentrações encontradas de manganês total durante a primeira campanha, todas elas ficaram acima do permitido por lei (Fig. 2.2.5).

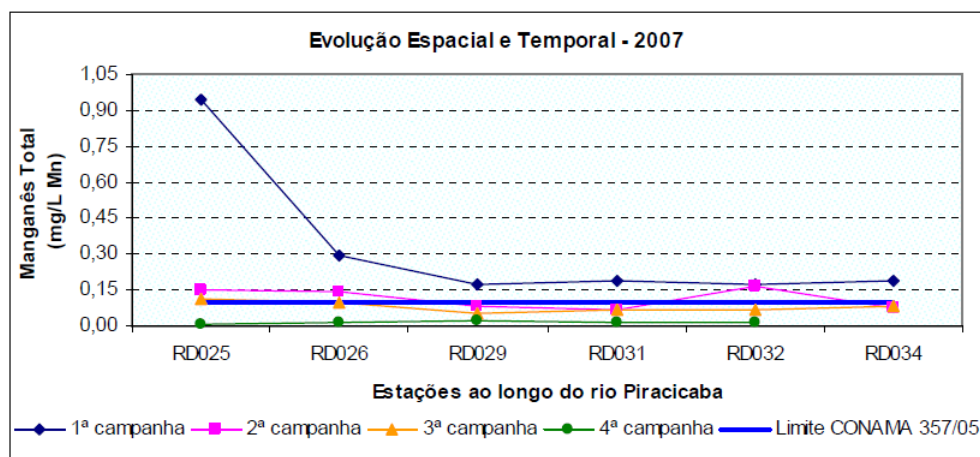


Figura 2.2.5– Concentrações de manganês total nas estações de monitoramento localizadas ao longo do Rio Piracicaba. Fonte: IGAM, 2007.

Como destaque o ponto RD025 apresentou a maior leitura na primeira campanha em relação aos outros, tal fato é atribuído as atividades minerarias e de beneficiamento presentes na região do município de Rio Piracicaba. No mesmo ponto, a concentração de níquel encontrada é a maior se comparada com as outras encontradas como pode ser visto a seguir.

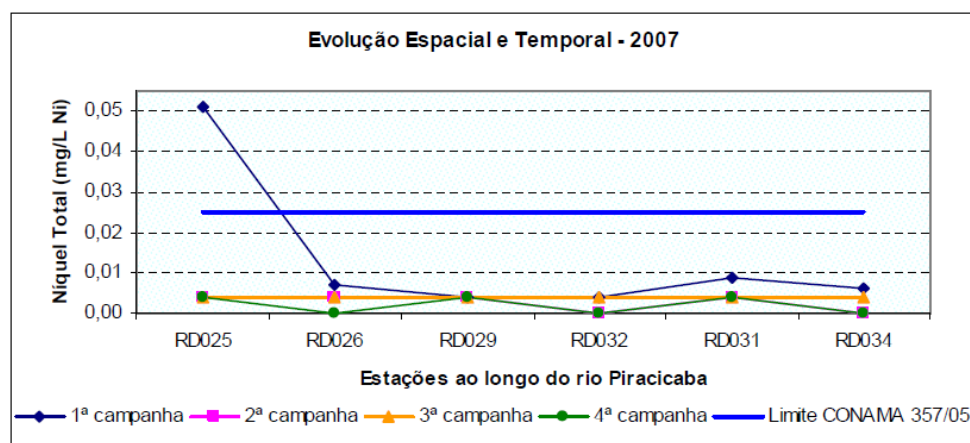


Figura 2.2.6 – Concentrações de níquel total nas estações de monitoramento localizadas ao longo do Rio Piracicaba. Fonte: IGAM, 2007.

Tal fato, também é atribuído às atividades de mineração e beneficiamento de minérios presentes na região (IGAM, 2007).

O ferro dissolvido apresentou-se acima do permitido pela legislação em dois pontos na segunda campanha e em um ponto na terceira campanha conforme pode ser visto na Figura 2.2.7.

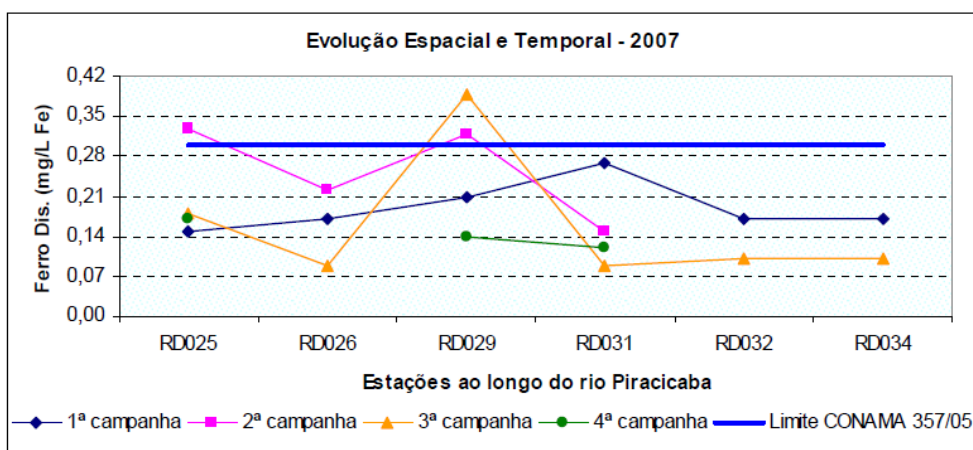


Figura 2.2.7 – Concentrações de ferro dissolvido nas estações de monitoramento localizadas ao longo do Rio Piracicaba. Fonte: IGAM, 2007.

A primeira concentração encontrada acima de permitida por lei na 2ª campanha se encontra na região do Município de Rio Piracicaba (RD025) e a segunda a jusante do Rio Santa Bárbara em Nova Era (RD029), onde também foi registrada a maior concentração de ferro dissolvido conforme a Figura acima. A ocorrência dessas concentrações é atribuída à mineração de ferro existente em ambos os municípios segundo o IGAM (2007).

A contaminação por tóxicos (CT) assim como o IQA, também foi avaliada durante os quatro trimestres. A CT foi classificada como baixa, média e alta. Apenas o ponto RD025 apresentou uma CT alta durante o primeiro trimestre de 2007. Segundo o IGAM (2007) esse mesmo ponto no ano de 2006 apresentou CT média, os outros pontos durante os 4 trimestre de 2007 apresentaram CT baixa. No ano de 2006, a maioria dos pontos avaliados registrou uma CT média, como em 2007 a maioria dos pontos apresentou uma CT baixa fica evidente que o Rio Piracicaba obteve uma considerável melhora no indicador de contaminação por tóxicos (CT) no ano de 2007. Na Figura 2.2.8 é demonstrado o comportamento dos parâmetros responsáveis pela CT alta no ponto localizado na cidade de Rio Piracicaba (RD025).

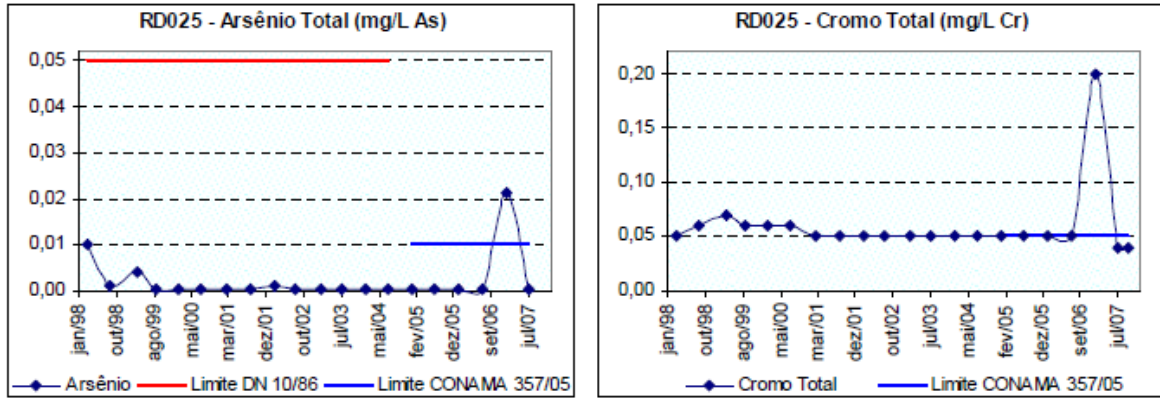


Figura 2.2.8 – Concentrações de arsênio e cromo totais no Rio Piracicaba, na cidade de Rio Piracicaba entre os anos de 1998 a 2007. Fonte: IGAM, 2007.

A ocorrência desses dois metais nessa região é atribuída às atividades mineradoras e de beneficiamento de minérios existente no município de Rio Piracicaba (IGAM, 2007).

Em relação aos tributários do Rio Piracicaba monitorados pelo IGAM, as concentrações de coliformes termotolerantes e a turbidez, assim como ao longo do Rio Piracicaba, influenciaram no resultado final do IQA em 2007.

A seguir é apresentada a ocorrência de coliformes termotolerantes encontradas no Rio Santa Bárbara, no ponto RD027 localizado no município de Santa Rita das Pacas.

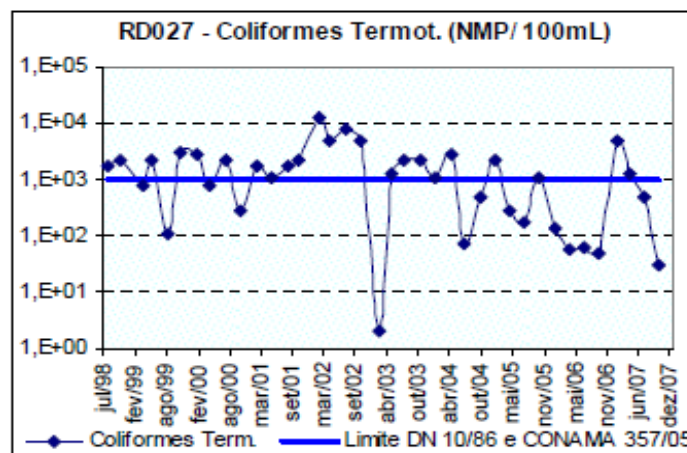


Figura 2.2.9 - Ocorrência de coliformes termotolerantes na estação de monitoramento localizada no Rio Santa Bárbara no período de 1998 a 2007. Fonte: IGAM, 2007.

Observando a Figura acima, a ocorrência de coliformes termotolerantes ultrapassou o limite legal na primeira e na segunda campanha de monitoramento realizadas no Rio

Santa Bárbara. A causa deste comportamento segundo o IGAM (2007) está associada às atividades agropecuárias existente na região.

O parâmetro cor verdadeira também apresentou altos valores conforme pode ser visto a seguir.

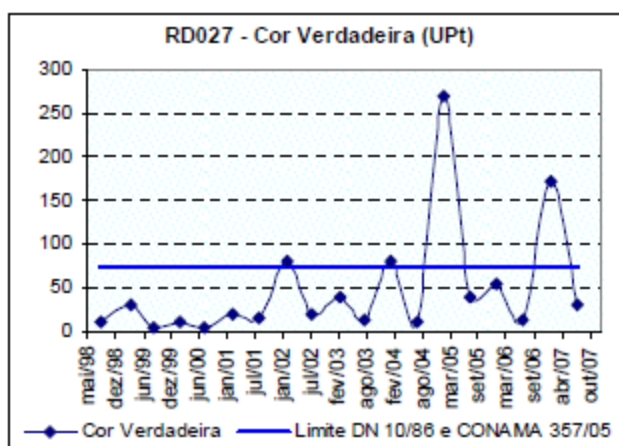


Figura 2.2.10 - Ocorrência de cor verdadeira na estação de monitoramento localizada no Rio Santa Bárbara no período de 1998 a 2007. Fonte: IGAM, 2007

A primeira campanha de 2005 e a primeira campanha de 2007 apresentaram valores mais críticos de cor verdadeira encontrados. Nota-se que essas campanhas se encontram dentro do período chuvoso, geralmente nessa época devido à ocorrência de lixiviação de solo, provindas de áreas sem mata ciliar presentes na região, a cor verdadeira apresenta altos valores.

As concentrações de manganês total e ferro dissolvido apresentaram concentrações acima do permitido por lei na primeira campanha de 2007, ambos também relacionados ao período chuvoso e à poluição difusa, além das atividades agropecuárias e minerárias presentes ao longo do Rio Santa Bárbara (Fig. 2.2.11).

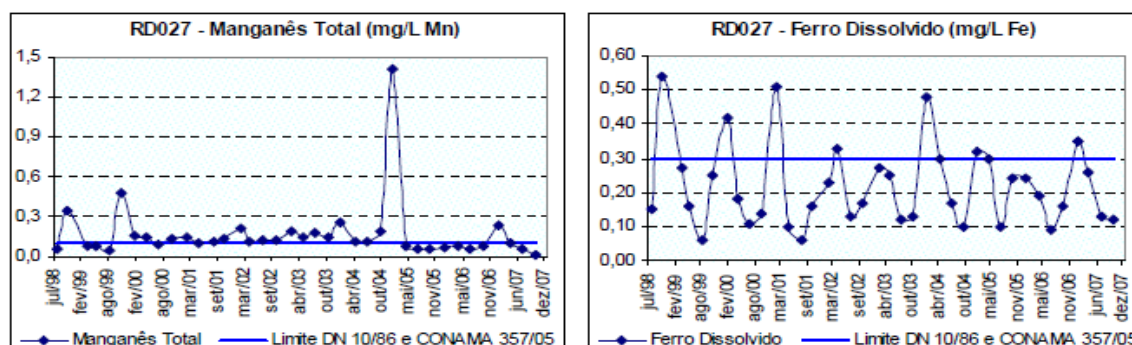


Figura 2.2.11 – Ocorrências de manganês total e ferro dissolvido na estação de monitoramento localizada no Rio Santa Bárbara no período de 1998 a 2007. Fonte: IGAM, 2007.

Em relação aos parâmetros ligados ao indicador de contaminação por tóxicos apresentaram valores abaixo dos seus respectivos limites legais no ano de 2007, ocasionando uma CT baixa.

O Rio do Peixe, monitorado próximo a sua foz no Rio Piracicaba (RD030), além dos parâmetros turbidez e coliformes termotolerantes, o fósforo total também influenciou no resultado final do IQA no Rio do Peixe. A média anual do IQA neste rio o coloca em condição média (Tabela 2). O comportamento dos parâmetros coliformes termotolerantes e fósforo total são apresentados logo a seguir.

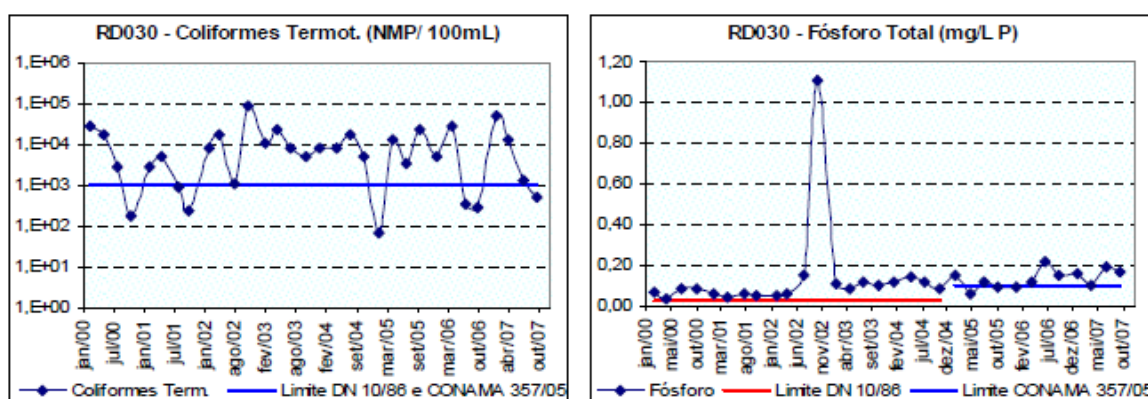


Figura 2.2.12 - Ocorrências de coliformes termotolerantes e fósforo total na estação de monitoramento localizada no Rio do Peixe no período de 2000 a 2007. Fonte: IGAM, 2007

Observando as series históricas dos dois parâmetros citados acima, até mesmo em períodos secos são encontrados valores acima do limite legal para os mesmos. Isso ocorre devido à existência de poluição pontual, advinda de esgotos domésticos da Cidade de Itabira e da contribuição de atividades agropecuárias presentes na região.

Os valores dos parâmetros cor verdadeira, turbidez e manganês total para o Rio do Peixe na estação chuvosa, primeira campanha de 2007 ficaram acima do limite legal (Fig. 2.2.13 e 2.2.14).

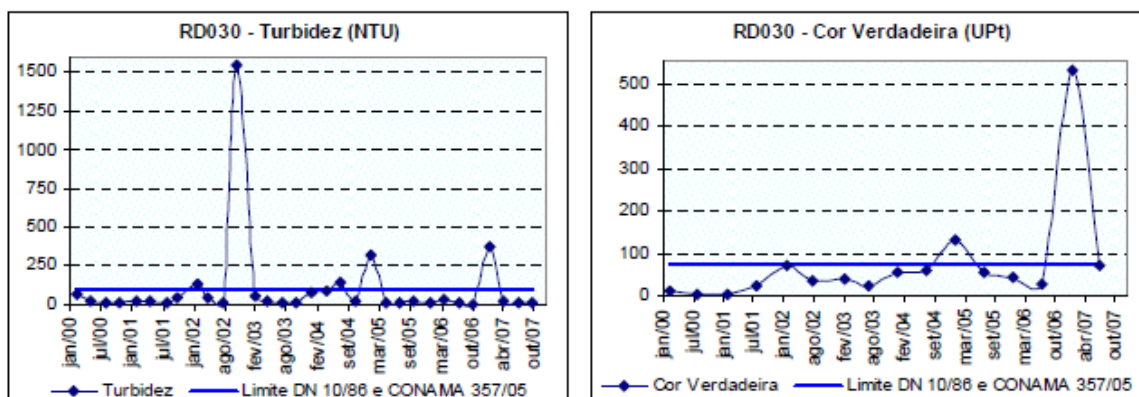


Figura 2.2.13 - Ocorrências de turbidez e cor verdadeira na estação de monitoramento localizada no Rio do Peixe no período de 2000 a 2007. Fonte: IGAM, 2007

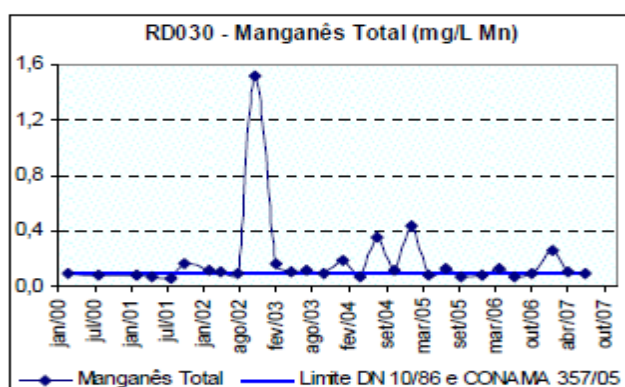


Figura 2.2.14 - Ocorrências de manganês total na estação de monitoramento localizada no Rio do Peixe no período de 2000 a 2007. Fonte: IGAM, 2007

A ocorrência de valores acima do limite legal para estes parâmetros ao longo do período avaliado está associada à presença de poluição difusa devido ao uso inadequado do solo.

O ferro dissolvido também apresentou valores acima do limite legal. Para o ano de 2007, tal fato foi verificado na segunda campanha (Fig. 2.2.15). Isso sugere que a poluição difusa seja a principal fonte de ferro dissolvido no Rio do Peixe.

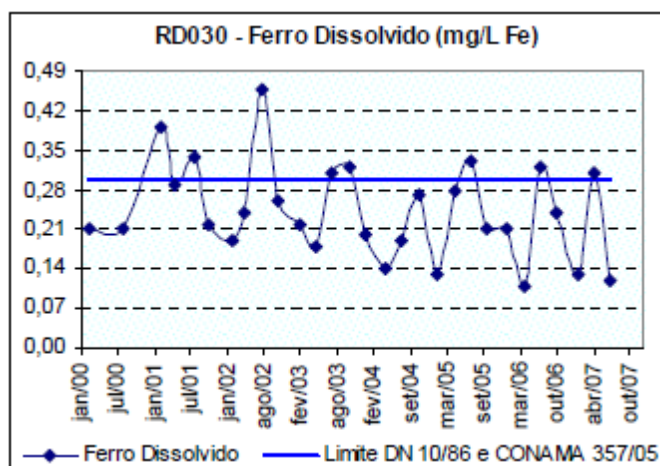


Figura 2.2.15 - Ocorrências de ferro dissolvido na estação de monitoramento localizada no Rio do Peixe no período de 2000 a 2007. Fonte: IGAM, 2007.

Além da poluição difusa, possíveis fontes de poluição pontuais como mineradores e siderúrgicos presentes no município de Itabira devem ser consideradas.

### 2.3. Caracterização da Área de Estudo

A bacia hidrográfica do Rio Piracicaba (DO2) está localizada na Bacia do Médio Rio Doce (Fig.2.3.1), encontrando-se na área de influência do Parque Estadual do Rio Doce, possuindo uma área de drenagem de aproximadamente 5.706 Km<sup>2</sup>, abrangendo 21 municípios mineiros (Fig.2.3.2). A bacia também apresenta uma população estimada em 687.851 habitantes tendo como principais atividades econômicas a siderurgia, a monocultura de eucalipto para a produção de carvão e celulose e a mineração de ferro (IGAM, 2009). Sua nascente se localiza na Serra do Caraça no Município de Ouro Preto e sua foz, onde o Rio Piracicaba se encontra com o Rio Doce, se localiza no Município de Ipatinga. O trecho do Rio Piracicaba estudado está situado entre os distritos de Santa Rita Durão e Fonseca, pertencentes aos municípios de Mariana e Alvinópolis respectivamente.



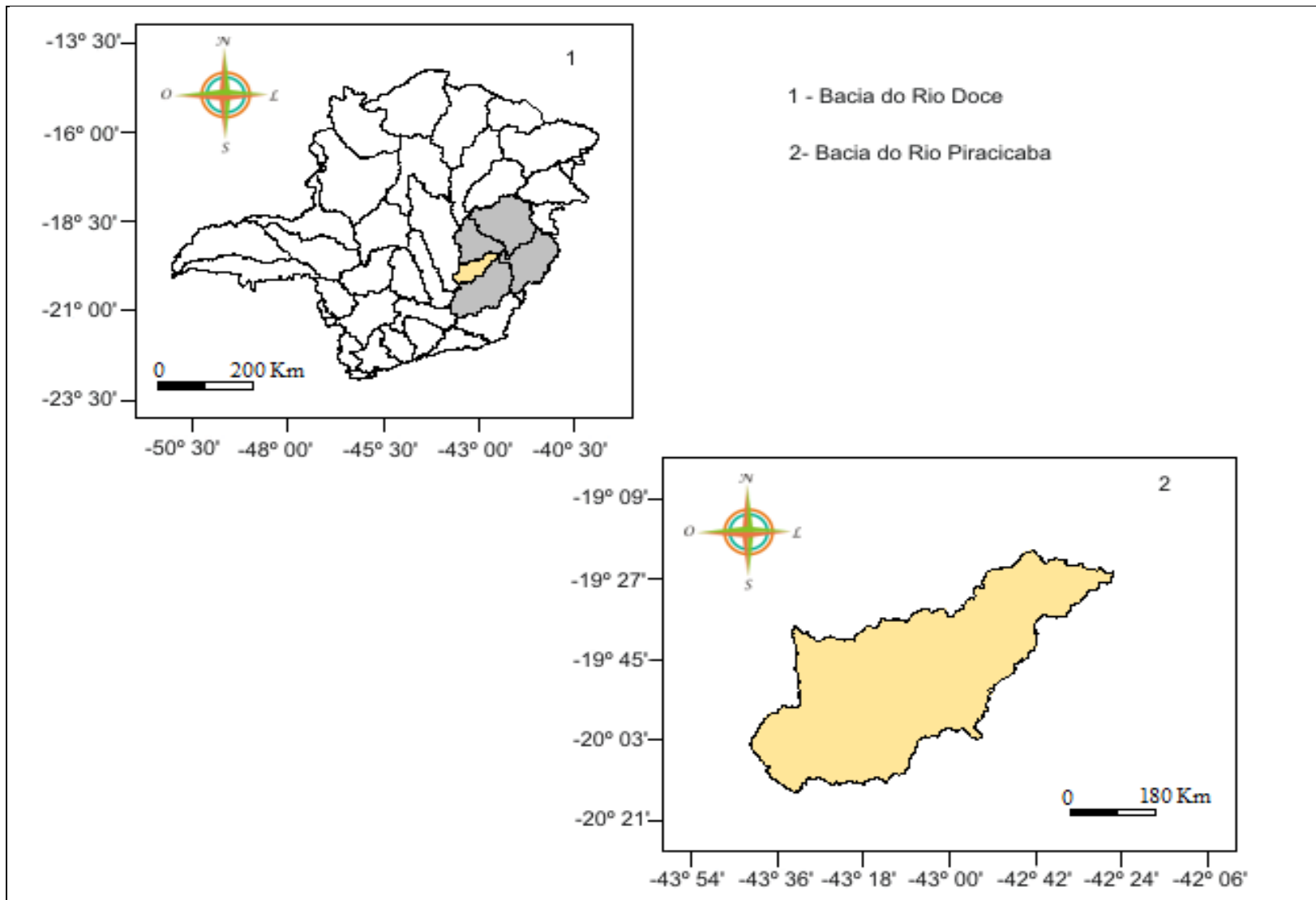


Figura 2.3.1 – Localização da Bacia do Rio Piracicaba.

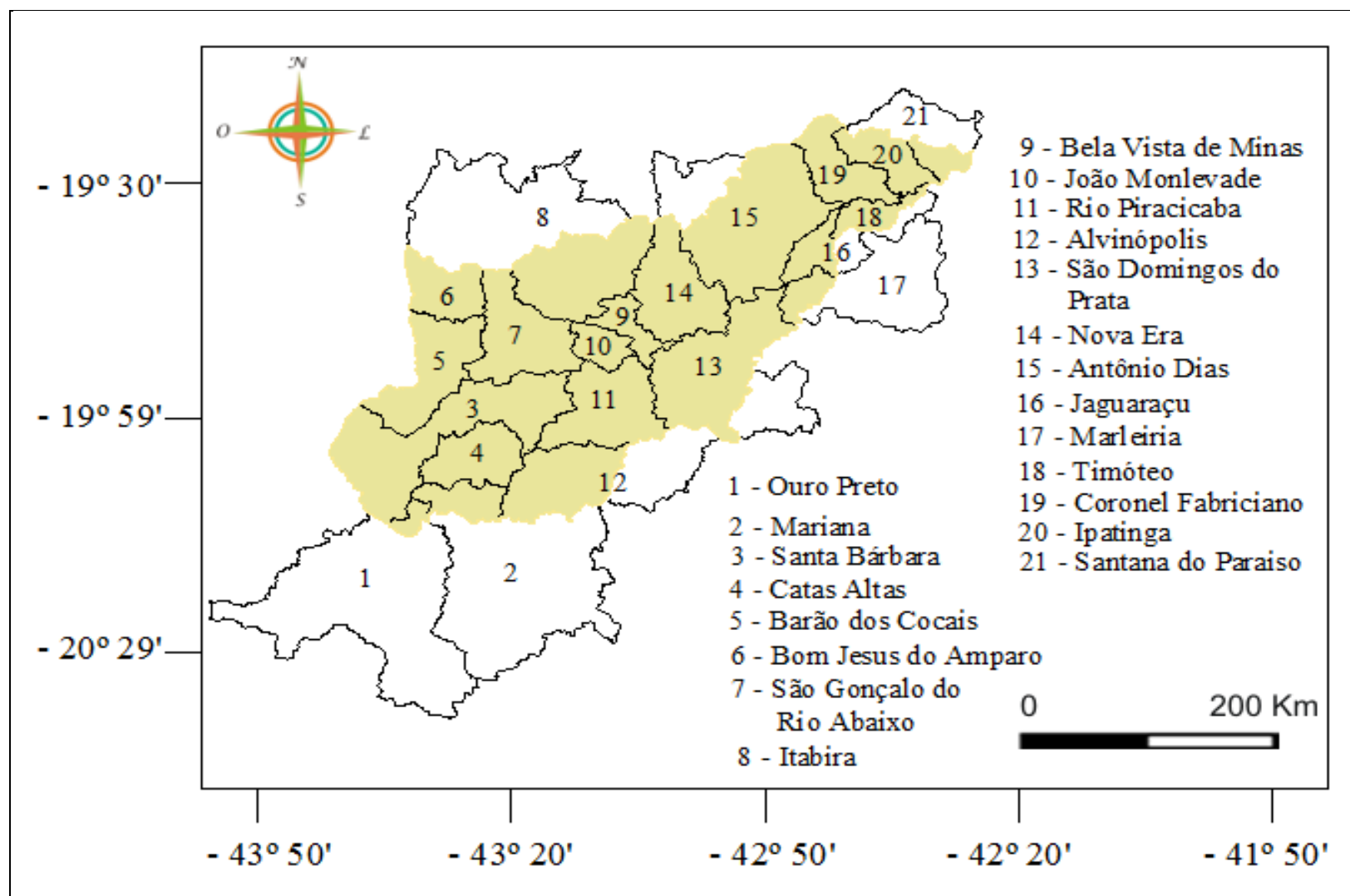


Figura 2.3.2 – Municípios pertencentes à Bacia do Rio Piracicaba.

## 2.4. Relevo

Segundo Guerra (2001) o relevo da Bacia do Rio Piracicaba é muito acidentado, com predominância de serras e colinas. Tal fato faz com que a topografia da Bacia do Rio Piracicaba seja bastante variável. As cotas mais elevadas são encontradas na Serra do Espinhaço e na região do Quadrilátero Ferrífero que é definida como uma região de relevos acidentados com altitudes que variam entre 1.000 a 1.700m, podendo chegar a 2.064m na Serra do Caraça (ANA, 2009). A seguir é apresentado o mapa hipsométrico da região.

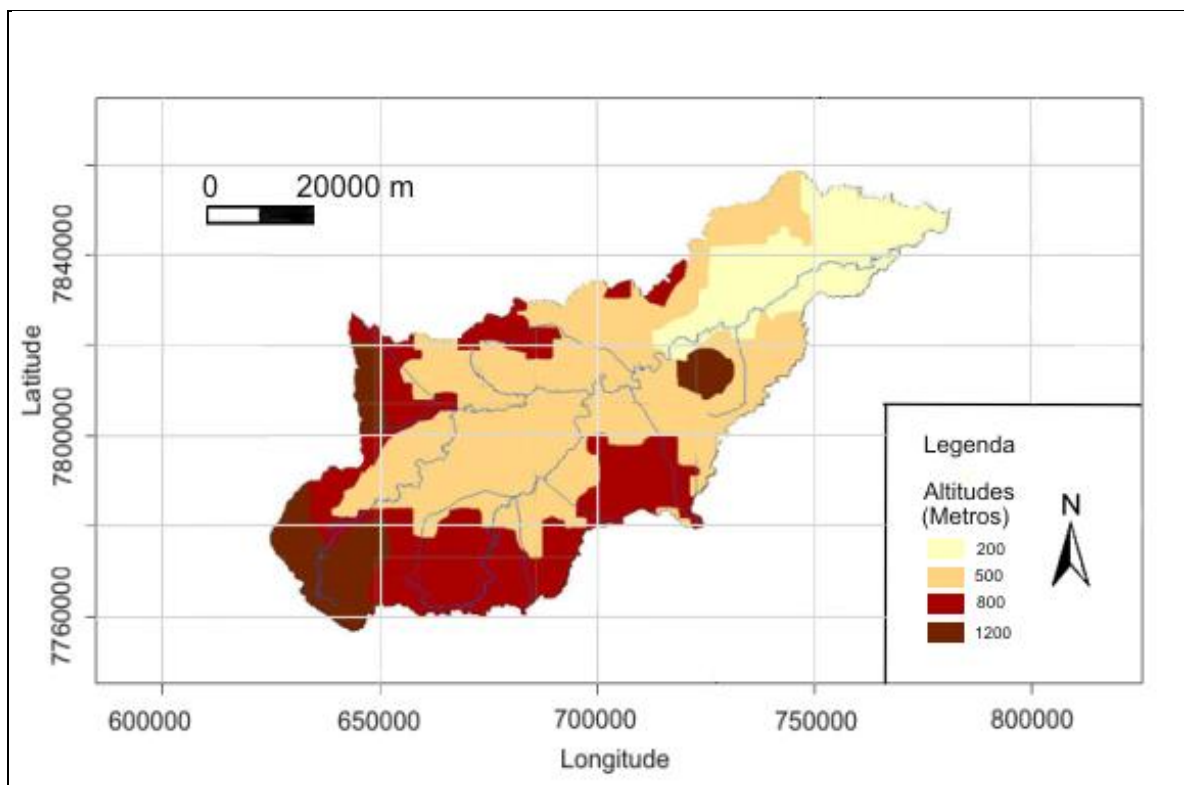


Figura 2.4.1 - Hipsometria da Bacia do Rio Piracicaba. Fonte: Guerra (2001).

Observando a Figura 2.4.1, grande parte da Bacia apresenta altitude média de 500m e na região da foz do Rio Piracicaba a altitude média encontrada é de 200m.

## 2.5. Clima

Na Bacia do Rio Piracicaba são encontrados basicamente 3 tipos de variações climáticas conforme pode ser visto na Figura a seguir.

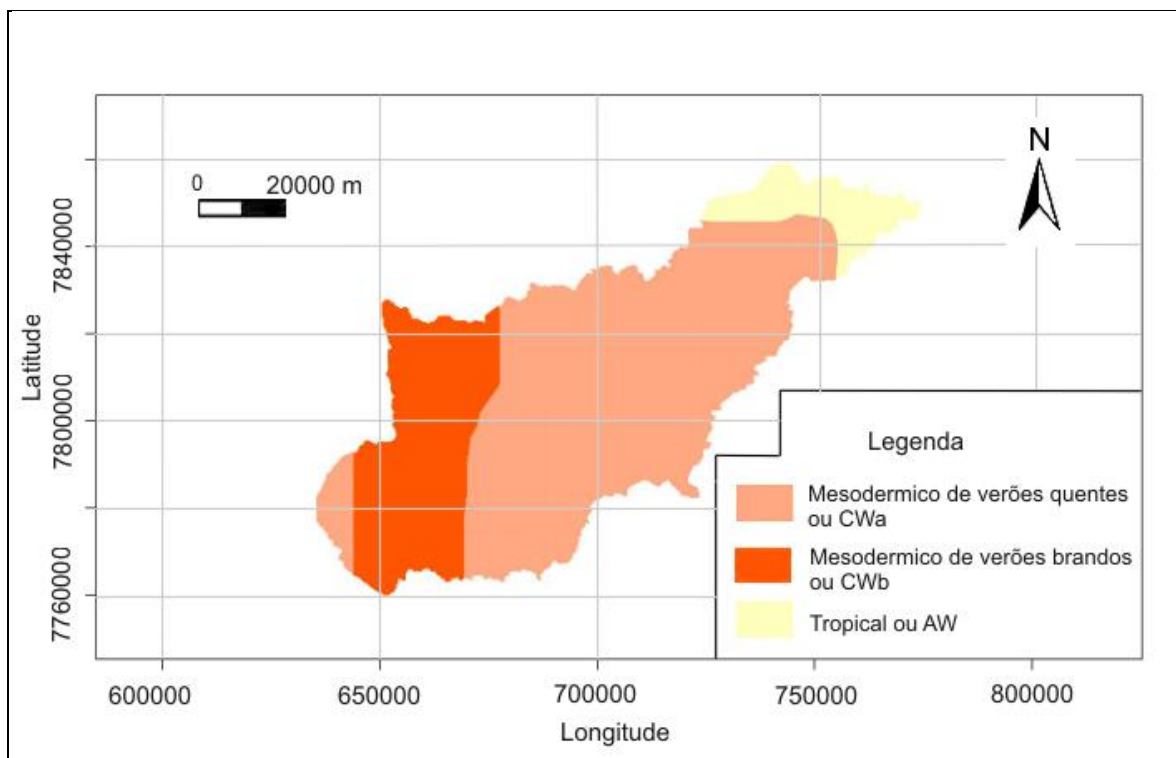


Figura 2.5.1 - Clima da Bacia do Rio Piracicaba. Fonte: Guerra (2001).

De acordo com Köeppen (1931) o clima Mesotérmico de verões quentes ou CWA (vermelho claro no mapa) é caracterizado pela ocorrência de chuvas de verão e inverno bastante seco. A temperatura média durante o verão geralmente ultrapassa os 22 °C, tal clima predomina na Bacia conforme pode ser visto na Figura 2.5.1.

O Mesotérmico de verões brandos ou CWb (vermelho escuro no mapa) é caracterizado pela ocorrência de chuvas de verão e inverno moderadamente quente e prando com temperatura média inferior a 22°C, tendo também o inverno como estação seca. Esse tipo de clima ocorre nas proximidades das Serras do Espinhaço e Caraça e dos municípios de Ouro Preto, Mariana, Santa Bárbara e Catas Altas. Esta região também apresenta altos índices pluviométricos devido à ocorrência de chuvas orográficas.

O clima AW ou tropical é conhecido por ter duas estações bem definidas sendo uma bem seca e outra bem chuvosa. O mesmo também é classificado como clima tropical

chuvoso e clima de savana. Geralmente o mês mais frio apresenta temperatura média superior a 18°C (Trindade, 2007).

## **2.6. Geologia Local**

Dentre os vários grupos de formações rochosas existentes na área em estudo, alguns se destacam devido sua predominância e importância econômica. Tais grupos são apresentados a seguir.

### **2.6.1. Complexo Mantiqueira e Santa Bárbara**

O complexo Mantiqueira, primeiramente descrito por Barbosa (1954), designa a presença de gnaisses ao sul e leste da Serra do Espinhaço. De acordo com o mapa geológico do estado de Minas Gerais, o complexo Mantiqueira é caracterizado pela presença de rochas como ortognaisses graníticos, granulíticos, migmatíticos com intercalações de metassedimentos, xistos e anfibólitos.

No complexo de Santa Bárbara também são observados ortognaisses graníticos, granulíticos, migmatíticos, anfibólitos e além dessas também é possível encontrar formações rochosas metamáficas, metaultramáficas, formações ferríferas, cálcio silicáticas e quartzitos (Pinto *et al.*, 1998).

Tais complexos são de idade paleoproterozóica e são pertencentes à Província São Francisco.

### **2.6.2. Supergrupo Minas**

Segundo Uhlein *et al.*, (2000), o Supergrupo Minas foi depositado em uma bacia com sedimentação inicialmente continental e posteriormente marinha, com formação de arenitos, conglomerados, pelitos, rochas carbonáticas e formação ferrífera bandada. Este Supergrupo tem grande importância econômica por conter os grandes depósitos de minério de ferro, conhecidos como itabiritos.

O Supergrupo Minas é de idade paleoproterozóica sendo subdividido nos grupos Caraça, Itabira, Piracicaba e Sabará, sendo os três primeiros encontrados na área de estudo.

No grupo Caraça são encontradas as formações Moeda e Batatal sendo a primeira caracterizada pela presença de metaconglomerados, filitos, quartzitos de grãos finos e grossos com variações de sericita e muscovita e a formação Batatal caracterizada pela presença de filitos sericitos, formações ferríferas e filitos grafitosos (Parra, 2006).

O grupo Itabira é formado pelas formações Cauê e Gandarela. A Formação Cauê é composta por rochas como itabirito, itabirito dolomítico, itabirito anfibolítico e pequenas quantidades de xistos, filitos e margas. A Formação Gandarela é formada basicamente por margas, filitos dolomíticos, dolomitos ferruginosos e filitos (Parra, 2006).

O grupo Piracicaba é subdividido em Formação Cercadinho composta por quartzitos, quartzitos ferruginosos, filitos prateados, filitos dolomíticos e dolomitos, Formação Fecho do Funil, constituída por filitos dolomíticos, filitos e dolomitos impuros, Formação Taboões, formada basicamente por ortoquartzitos finos e equigranulares e a Formação Barreiro que é composta por filitos e filitos grafitosos (Parra, 2006).

### **2.6.3. Supergrupo Rio das Velhas**

O Supergrupo Rio das Velhas é composto de rochas de evolução mesoarqueana para neoarqueana. Este supergrupo é subdividido em grupo Nova Lima, Grupo Maquiné, Casa Forte e Quebra Osso. No geral, este Supergrupo é representado pela forte presença de xistos e filitos metassedimentares, metavulcânicas, formações ferríferas, metaconglomerados, quartzitos xistosos e rochas quartzo-carbonáticas de aspecto dolomítico intercaladas. Este Supergrupo também é muito conhecido devido à presença de depósitos auríferos, que segundo Borba (2002) são responsáveis por causarem uma anomalia natural de arsênio na região do Quadrilátero Ferrífero.

A seguir é apresentado o mapa geológico de toda a Bacia do Rio Piracicaba.

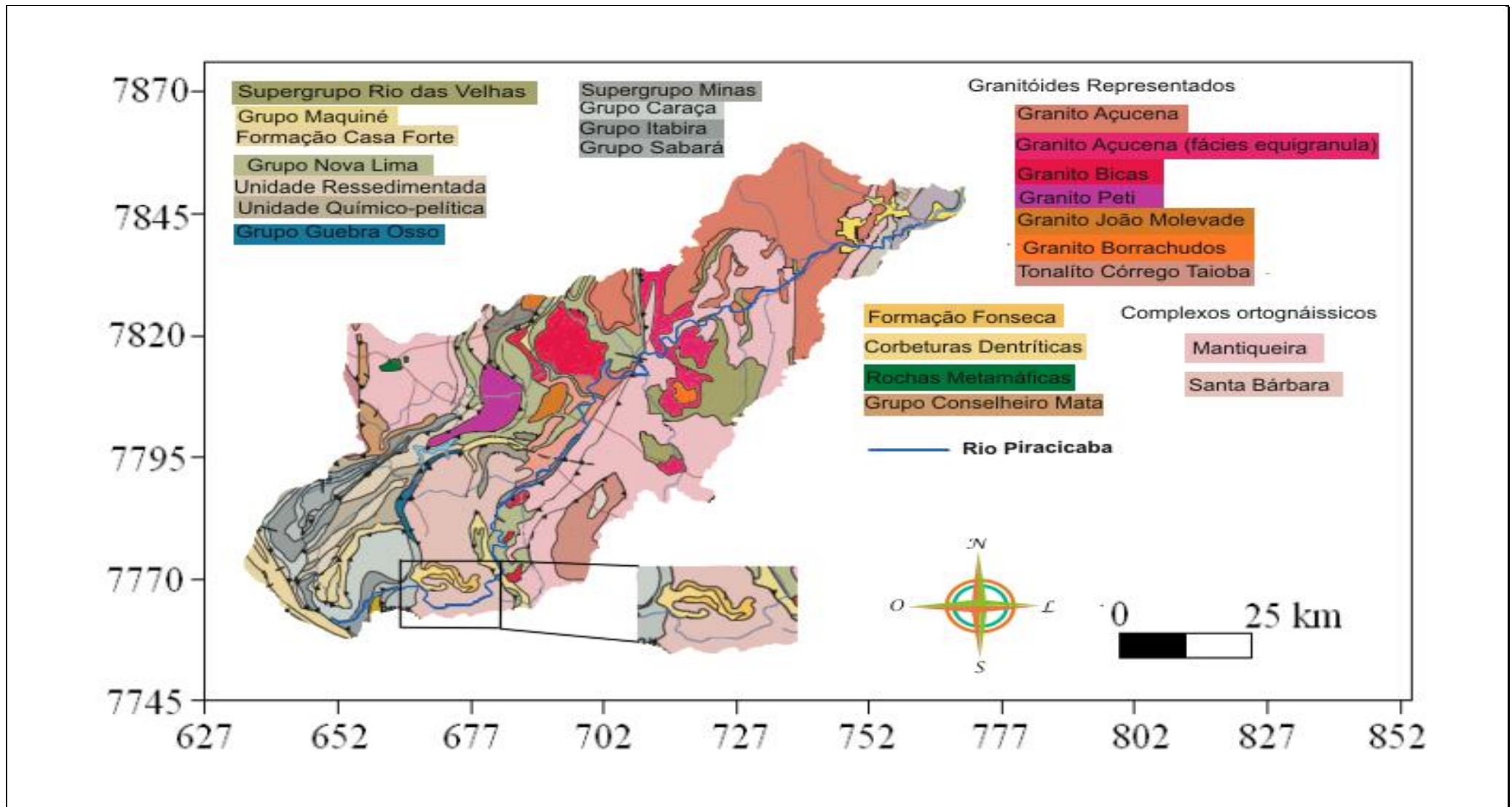


Figura 2.3.3 - Mapa Geológico da Bacia do Rio Piracicaba.

Devido as estruturas geológicas na região, o aquífero do tipo fissurado em rochas cristalinas ocupa a maior parte da sub-bacia estudada. No geral, as rochas são maciças com baixa porosidade primária. A água se encontra em fendas e fraturas. A recarga muito importante a manutenção de coberturas dentrificadas, para a vegetação e para o manto de composição.

## **2.7. Uso e Ocupação do Solo na Bacia do Rio Piracicaba**

Na Bacia do Rio Piracicaba, as atividades econômicas que se destacam são a mineração, a monocultura de eucalipto, a agropecuária e a siderurgia. A distribuição destas atividades dentro da Bacia do Rio Piracicaba podem ser vistas no mapa esquemático da uso e ocupação do solo na Figura 2.7.1.2.

A agropecuária na Bacia do Rio Piracicaba é praticada de maneira tradicional, com algumas restrições ao uso de equipamentos mecânicos devido a topografia acidentada. Os municípios que se destacam na produção agrícola são os municípios de Alvinópolis, São Domingos do Prata e Rio Piracicaba. Os principais produtos cultivados são feijão, milho, arroz, cana-de-açúcar, banana, tomate e mandioca. A pecuária se destaca se com a criação de gado de corte e leite, suinocultura entre outros (Trindade, 2007).

A monocultura de eucalipto ocupa grandes extensões dentro da Bacia do Rio Piracicaba. Dentro da Bacia os municípios que se destacam na produção de eucalipto são os municípios de Santa Bárbara, Alvinópolis e Antônio Dias. O eucalipto produzido dentro da bacia é utilizados pelas empresas siderúrgicas e pela empresa de celulose. Na Bacia do Rio Piracicaba, a empresa de celulose Cenibra é dona da maior parte do eucalipto produzido. Além da Cenibra, as siderúrgicas também possuem suas reservas de eucaliptos para a produção de carvão mineral, que é utilizado como combustível no beneficiamento de minério de ferro. Entre as siderúrgicas as que se destacam na região são: Acesita, Usiminas, Arcelor Mittal e Gerdau. Estas siderúrgicas estão localizadas nos municípios de Timóteo, Ipatinga, João Monlevade e Barão dos Cocais respectivamente.

Juntamente com a siderurgia a mineração de ferro também é uma atividade econômica de extrema importância para a Bacia do Rio Piracicaba. Na região se encontram instaladas a Companhia Vale do Rio Doce e a SAMARCO.



A Companhia Vale do Rio Doce explora minério de ferro em vários municípios da Bacia do Rio Piracicaba, o quais são, os municípios de Itabira, Mariana, Ouro Preto e São Gonçalo do Rio Abaixo. Nestes municípios, a companhia Vale do Rio Doce exerce grande influencia econômica sendo também grande causadora de impactos ambientais na região.

A SAMARCO está localizada no município de Mariana. Esta empresa matem suas atividades de exploração de minério de ferro na Mina do Germano, onde possui uma barragem de contenção de rejeitos de grandes proporções, sendo a mesma responsável por grandes danos ambientais (Trindade, 2007).

As mineradoras SAMARCO e Companhia Vale do Rio Doce são empresas que possuem lavras a céu aberto, causando impactos como, destruição de topo de morro, devido as grandes quantidades de minério de ferro se localizarem exatamente nos topos de morro, fazendo com que ocorre mudanças no regime de escoamento superficial prejudicando o abastecimento de nascentes, intensificação do processo de erosão devido ao desmatamento de grandes áreas, contaminação de corpos d' água por metais pesados, decorrentes do beneficiamento do minério de ferro e contaminação de corpos d' água por óleos e graxas utilizados nos equipamentos de exploração e beneficiamento do minério de ferro.



Figura 2.7.1.1 - Barragem de Rejeito SAMARCO, Mina do Germano.

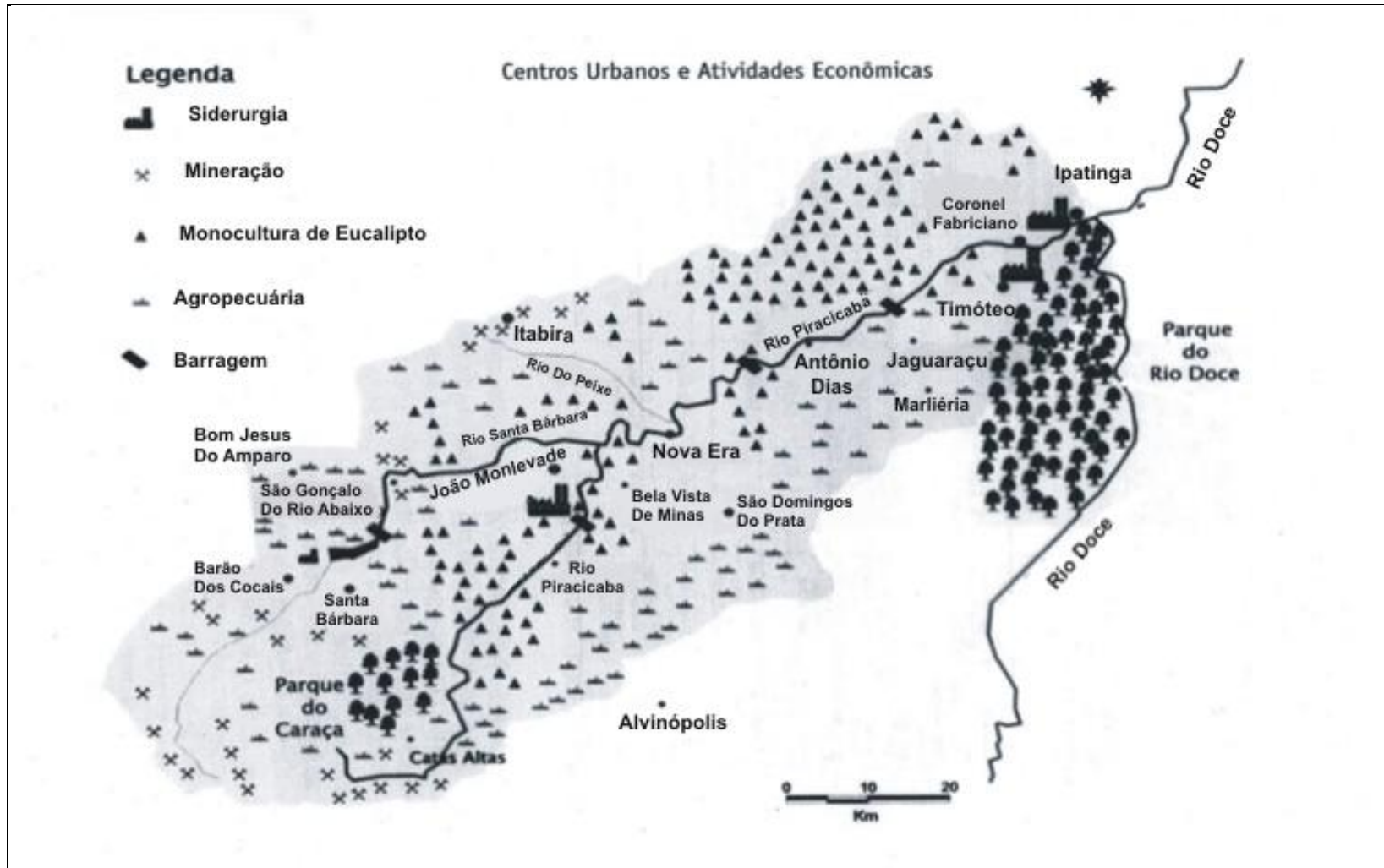


Figura 2.7.1. 2 - Mapa esquemático de Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Rio Piracicaba. Fonte: Guerra, 2001.

### 3. Metodologia

#### 3.1. Definição dos Pontos de Amostragem

Os pontos de amostragem foram definidos por meio de estudos cartográficos da região e por visitas a campo, levando sempre em consideração o acesso, possibilidade de amostragem e a distribuição geográfica dos mesmos, para que os resultados fossem representativos. Ao todo foram determinados 18 pontos de amostragens, realizadas no período chuvoso (verão) e seco (inverno) totalizando 36 amostras recolhidas. As amostras foram coletas no período de junho de 2007 a janeiro de 2009. A seguir são apresentadas as localizações dos pontos determinados.

Tabela 3.1.1 - Localização dos Pontos de amostragens e nomenclatura utilizada nas amostragens.

Pontos Amostrais	Coordenadas		Nome do Local
	Longitude	Latitude	
JGLRP 1	678252	7769921	Rio Piracicaba
JGLCP 2	679699	7771105	Córrego do Paiol
JGLRP 3	679734	7771610	Rio Piracicaba
JGLCP 4	681604	7772800	Córrego Mata
JGLRP 5	680589	7774305	Rio Piracicaba
JGLRP 6	665223	7770115	Rio Piracicaba
JGLCP 7	655187	7769805	Córrego Brumado
JGLRP 8	666290	7769079	Rio Piracicaba
JGLCP 9	665233	7766582	Córrego Congonhas
JGLRP 10	667434	7665838	Rio Piracicaba
JGLCP 11	667471	7765482	Córrego Batatal
JGLRP 12	668302	7765956	Rio Piracicaba
JGLCP 13	668481	7766008	Córrego Gabiroba
JGLCP 14	671643	7766766	Córrego Faria
JGLRP 15	678325	7769443	Rio Piracicaba
JGLCP 16	677240	7767253	Córrego Santana
JGLRP 17	676980	7767579	Rio Piracicaba
JGLCP 18	677706	7768044	Córrego Itapaí

Observação: Pontos localizados no rio recebem nomenclatura JGLRP.

Pontos localizados nos córregos recebem nomenclatura JGLCP.

A distribuição espacial dos pontos pode ser visualizada na Figura 3.1.1. Para a diferenciação das amostragens, as realizadas no período chuvoso receberam a letra B na frente de suas respectivas nomenclaturas.

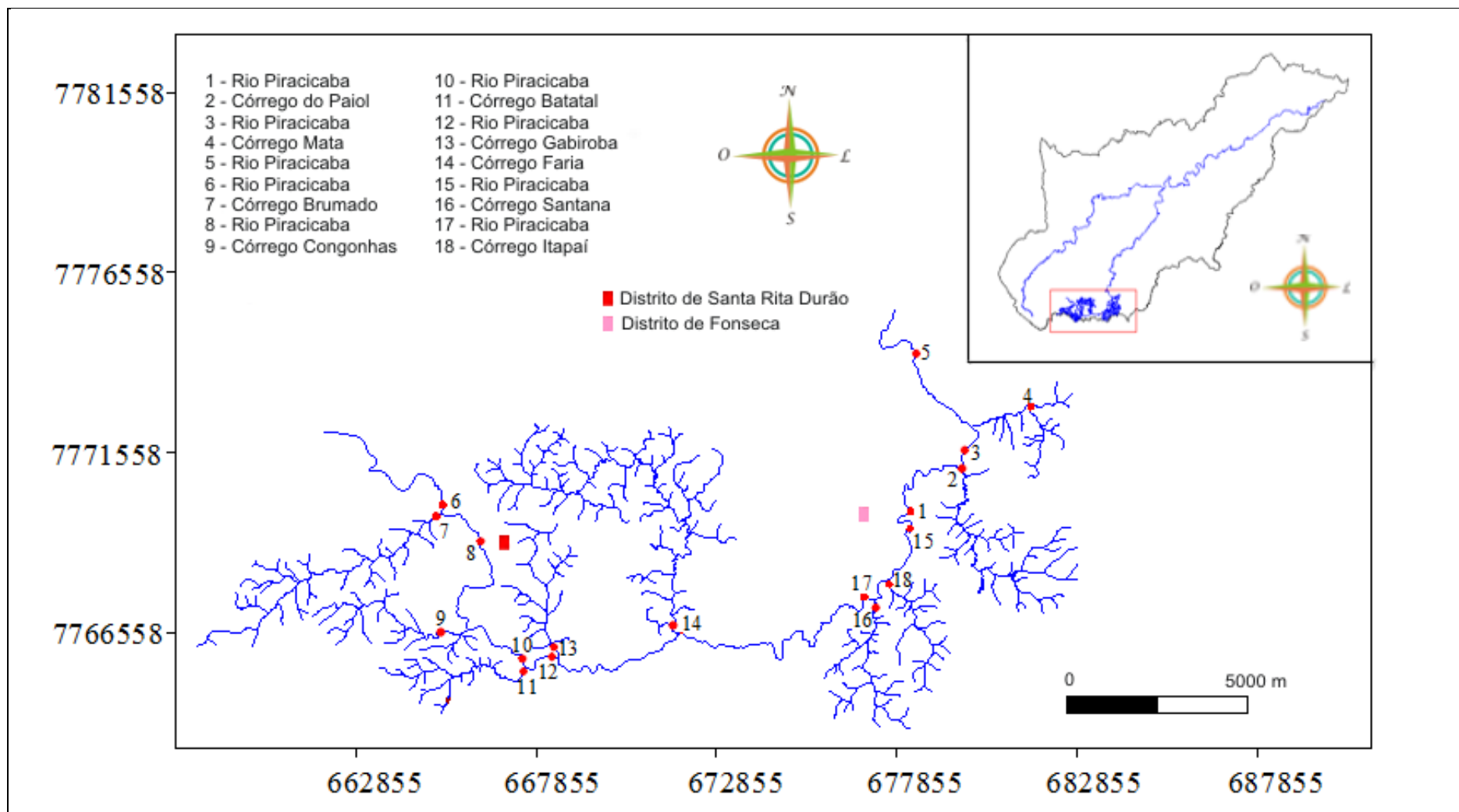


Figura 3.1.1 - Localização dos Pontos Amostrados.

O trecho do Rio Piracicaba estudado, se encontra sob influência de atividades como mineração, agricultura, produção de eucalipto e aglomerados urbanos. A área de influencia se encontra entre os distritos de Santa Rita Durão e Fonseca, pertencentes aos municípios de Mariana e Alvinópolis respectivamente.

### 3.2. Amostragens e Análises laboratoriais de sedimentos

As amostras de sedimentos foram recolhidas a aproximadamente a 1m da margem do rio e dos córregos, por meio do uso de uma pá coletora e depois armazenadas em sacos plásticos devidamente lacrados (Fig. 3.2.1). Após a chegada das amostras ao laboratório, as mesmas foram secas em uma capela a temperatura de 40°C aquecida por uma lâmpada de 200W de acordo com Förstner (2004), e após secas foram encaminhadas para o peneiramento.



Figura 3.2.1 – Amostragem de Sedimentos.

No peneiramento foi utilizado um conjunto de peneiras (Tabela. 3.2.1), com o objetivo de separar a menor fração granulométrica presentes nos sedimentos, pois os metais e metalóides se associam sempre aos íons presentes nos minerais de argila, que são as partículas mais finas presentes nos solos e sedimentos (Förstner & Wittman 1981; Förstner 2004).

Tabela 3.2.1 - Ordem das peneiras utilizadas no peneiramento das amostras de sedimentos com suas respectivas malhas e frações granulométricas.

35mesh	500 $\mu$ m
75mesh	210 $\mu$ m
115mesh	149 $\mu$ m
250mesh	63 $\mu$ m
>250mesh	>63 $\mu$ m

As frações que ficaram na peneira com malha >250mesh, ou seja, frações granulométricas com medidas menores que 63 $\mu$ m foram separadas das demais e encaminhadas para análise química. Ao chegar para análise química, foram separadas 250mg de cada amostra, e colocadas em frascos Savillex de pesos conhecidos. Uma vez armazenadas nos frascos Savillex, todas as 36 amostras foram encaminhadas para uma placa aquecedora, dando assim início ao processo de digestão por meio da adição de ácidos. O procedimento seguido na digestão é apresentado logo a seguir:

- adição de 3mL de ácido clorídrico 10 mol/L seguido de 1mL de ácido nítrico 10mol/L, frasco aberto com a mistura até a secura, temperatura de 100°C;
- adição de 2mL de ácido fluorídrico concentrado, frasco foi levado à secura à 140°C;
- adição de 2mL de ácido fluorídrico concentrado, frasco fechado mantido sobre placa aquecedora à 140°C por cerca de 30 horas;
- frasco retirado da placa, resfriado e aberto, em seguida recolocado sobre a placa aquecedora à cerca de 110°C até a secura;
- adição de 2mL de ácido nítrico 10mol/L, frasco aberto colocado sobre a placa aquecedora até sua secura à cerca de 110°C;
- adição de 2mL de ácido nítrico 10mol/L, frasco aberto à temperatura constante de 110°C até sua secura; e
- adição 25mL de ácido clorídrico 2mol/L, o frasco foi fechado e após agitação foi colocado sobre a placa aquecedora à cerca de 100°C por duas horas.

Após estes procedimentos, as soluções resultantes do processo foram encaminhadas para o ICP-OES de marca SPECTRO/ modelo *Ciros* CCD para a determinação dos teores de Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, V e Zn.

### **3.3. Medições *in situ***

Alguns parâmetros de qualidade de água foram determinados no campo, em cada ponto amostral foram coletados valores de pH, temperatura, a condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos. Tais parâmetros foram determinados utilizando o multiparâmetro portátil da marca Myron L. Company, modelo 6P, calibrado sempre antes de cada medição.

### **3.4. Amostragem e Análises Laboratoriais de Água**

Em cada ponto foram realizadas duas amostragens de água, a primeira em frascos de 1 litro, utilizada para determinar a alcalinidade, turbidez, teor de cloreto e o teor de sulfato. Na ocasião, antes de se recolher estas amostras foi realizado o ambiente três vezes em cada frasco com a água do rio em estudo para evitar a contaminação da amostra, seguindo a metodologia proposta por Agudo (1987). Na segunda amostragem, coletou-se 60 ml de água, dessa quantidade, 30 ml de água foram filtradas utilizando membranas de 45 µm e um filtro a vácuo. Após a filtragem, o volume filtrado foi armazenado em frascos de 30 ml com a presença de ácido nítrico concentrado (HNO<sub>3</sub>, 65% p/p) para se evitar a troca de íons e precipitação dos hidróxidos utilizados para determinar os metais traços.

As análises de água realizadas em laboratório foram a turbidez, alcalinidade, teor de sulfato e cloreto, além da determinação de elementos maiores e traços. Para a medida da turbidez foi utilizado o turbidímetro B250. Tais análises foram de acordo com a metodologia proposta por Greenberg *et al.* (1992).

A alcalinidade foi determinada pelo método titulométrico. Na ocasião, foram pipetados 100 mL das amostras em erlenmeyeres de 250mL e em cada amostra foram adicionadas 3 gotas de fenolftaleína e 3 gotas de metilorange. Após esse procedimento a solução foi titulada com ácido sulfúrico 0,01 mol/L até o ponto de mudança de cor de transparente para vermelho laranja. A concentração da alcalinidade foi determinada por meio da equação a seguir:

$$C_{\text{HCO}_3} = [\text{Volume H}_2\text{SO}_4 \text{ (mL)} \times \text{Concentração H}_2\text{SO}_4 \text{ (mol/L)}] \times 1220$$

Para a determinação das concentrações de sulfato foi utilizado o método turbidimétrico. Este método consiste em colocar 100mL de cada amostra em elenmayeres de 250mL. Após esse procedimento foram pipetadas 20mL da solução padrão de ácido sulfúrico 0,02N e adicionadas 2g de cloreto de bário em cada amostra. Depois cada amostra foi submetida à agitação durante 2 minutos e levadas para leitura no turbidímetro. Por fim, a partir de uma solução padrão de sulfato 100mg/L, foram preparadas soluções diluídas nas concentrações 1, 2, 3 e 4mg/L, onde em cada uma delas foram adicionados 20 mL de solução padrão de ácido sulfúrico e 2g de cloreto de bário, seguido de agitação. Com os valores obtidos na leitura da turbidez foi construída a curva de calibração plotando as leituras de turbidez e as concentrações. Com isso, pela equação obtida por meio de regressão linear foi calculada a concentração de sulfato.

As concentrações de cloreto foram determinadas por meio do método titulométrico onde 100 ml de cada amostra foram pipetadas para um erlenmeyer de 250mL. Em cada amostra foi adicionado 1 mL do indicador de cromato de potássio. Após esse procedimento a solução formada foi titulada com solução padrão de nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$  0,0141 mol/L) até o surgimento da cor castanho avermelhado. Para o cálculo das concentrações de cloreto foi utilizada a equação a seguir:

$$C_{\text{Cl}^-} = [\text{Volume de AgNO}_3 \text{ (mL)} \times \text{Concentração de AgNO}_3 \text{ (mol/L)} \times \text{Massa Atômica do Cloro (35,5g/mol)}] / \text{Volume da amostra (mL)}.$$

As análises de concentrações dos elementos maiores e traços como As, Cd, Co, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, V, Zn, Ca, K, Fe, Mn, Al, e Zr foram realizadas via ICP-OES, marca SPECTRO/ modelo *Ciros* CCD.



### **3.5. Informações Hidrológicas**

Foi realizado um levantamento de dados hidrológicos nas estações climatológicas (Tabela 3.5) que estão situadas dentro da área de estudo para a caracterização quanto ao regime de precipitações anuais. Os dados utilizados no presente estudo se encontram disponíveis no site hidroweb-ANA. Com os dados de precipitações coletados, foram determinados os totais anuais médios, e prováveis de cada estação por meio da distribuição normal. Após a determinação dos totais anuais médios e prováveis, os mesmos foram submetidos a uma análise semivariográfica. Esse tipo de análise consiste na determinação do comportamento espacial da variável regionalizada, demonstrando o tamanho da zona de influencia em torno da amostra, assim como a variação nas diferentes direções da área em estudo (Landin, 1998).

Tabela 3.5.1 – Estações pluviométricas utilizadas e suas localizações.

Código	Estação	Latitude	Longitude
1842007	Guanhães	7923101	718083
1842020	São João Evangelista	7947183	735992
1942006	Vermelho Velho	7786436	777545
1942008	Dom Cavati	7855275	804115
1942026	Coronel Fabriciano	7840264	750118
1942030	Cenibra	7807260	733934
1942031	Cachoeira dos Óculos	7806917	764297
1943001	Rio Piracicaba	7796030	690732
1943002	Conceição do Mato Dendro	7896569	663751
1943003	Ferros	7870279	708699
1943004	Jaboticatubas	7841083	631739
1943006	Sabará	7799909	624048
1943007	Santa Bárbara 2	7793949	648254
1943008	Santa Maria de Itabira	7849301	687218
1943010	Caetés	7798963	639484
1943024	José de Melo	7822229	648258
1943025	Morro do Pilar	7874301	670914
1943025	Vau da Lagoa	7874343	648424
1943027	Usina Peti	7800877	670914
1943042	Baldim	7885512	622272
1943076	Usina Peti 2	7796976	663983
2042017	Matipo	7755572	779346
2042031	Cachoeira das Antas	7785560	743329
2043008	Mariana	7748853	679193
2043009	Acaiaca	7747311	679178
2043011	Fazenda Paraíso	7744425	693736
2043023	Conceição do Rio Acima	7780473	652759
2043023	Santa Bárbara	7780513	648140
2043025	Usina Brecha	7730079	706814
2043027	Barra Longa	7755775	698620
2043027	Fazenda Ocidental	7755776	698533
2043056	Fazenda Água Limpa	7754123	644463
2043059	Colégio Caraça	7777074	658074
2043060	Itabira Linígrafo	7754733	625496
2420008	Raul Soares	7774989	767683

Os modelos mais utilizados em análises semivariográficas são o esférico, exponencial, o gaussiano e os lineares com e sem patamar que segundo Guerra (2008) são os modelos teóricos de semivariogramas que se sobressaem. A Figura a seguir representa a análise estrutural de um semivariograma.

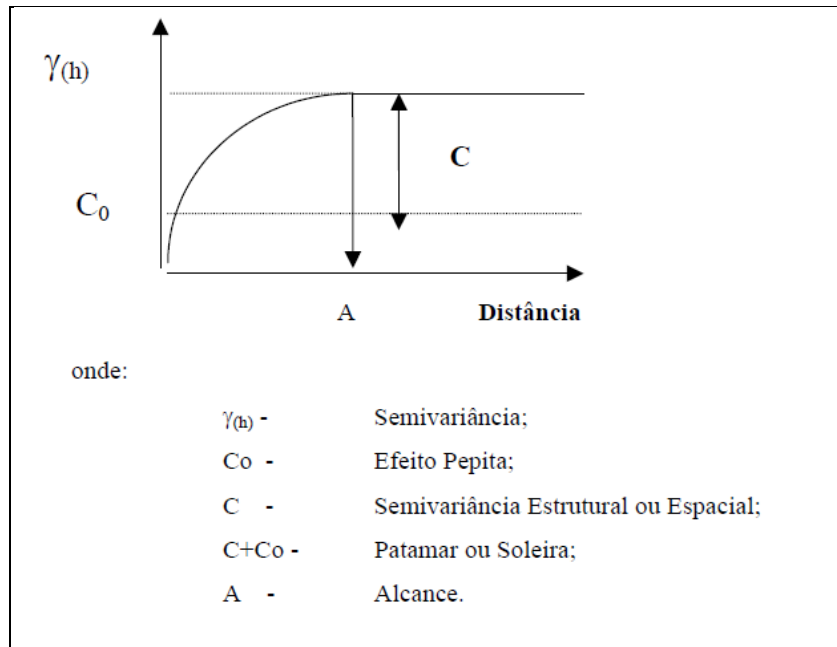


Figura 3.5.1 - Representação de um semivariograma.

O Efeito Pepita ( $C_0$ ) por sua vez corresponde à cota do ponto onde o semivariograma corta o eixo das ordenadas. De acordo com Valente (1989), este ponto reflete as microestruturas não captadas pela menor escala da amostragem, erros de amostragem, de análises laboratoriais, etc.

O Alcance ( $A$ ) pode ser entendido como a zona de influência ou de dependência espacial de uma amostra, marcando a distância a partir da qual as amostras tornam-se independentes (Guerra, 1988).

O Patamar ( $C+C_0$ ) é definido como o ponto onde toda semivariância da amostra é de influência aleatória, correspondendo à variância total ( $s^2$ ) obtida pela estatística clássica (Trangmar et al., 1985).

Quando o Efeito Pepita ( $C_0$ ) for aproximadamente igual ao Patamar ( $C+C_0$ ), denomina-se Efeito Pepita Puro demonstrando que a amostra não recebe influência espacial (Trangmar et al., 1985).

Para a escolha do semivariograma de melhor ajuste utilizou-se dois critérios. Sendo o primeiro baseado no erro médio reduzido produzido pelo modelo e o segundo é baseado no grau de dependência entre as variáveis (GD), que é calculado pela fórmula a seguir:

---

em que  $C$  é a variância estruturada e  $C + C_0$  é o patamar e  $C_0$  o efeito pepita.

Quando determinado o grau de dependência pode ser classificado como forte ( $\geq 75\%$ ), moderado (entre 25% e 75 %) e fraco ( $\leq 25\%$ ).

Os métodos utilizados na determinação dos semivariogramas utilizados foram o de mínimo quadrado ponderado (MQP), máxima verossimilhança (MV) e o mínimo quadrado ordinário (MQO). Em cada método foram testados os modelos exponencial, esférico e gaussiano. Após a determinação do semivariograma de melhor ajuste, por meio da Krigagem foram confeccionados mapas de comportamento espacial de precipitações. O programa utilizado para a confecção dos semivariogramas e dos mapas foi o GeoR (Ribeiro e Dibble, 2009).

## 4 – Resultados e Discussões

### 4.1. Dados Pluviométricos da Bacia do Rio Piracicaba

A princípio foi realizada uma análise exploratória dos dados de precipitação anual média e das precipitações anuais prováveis para verificar a ocorrência de dados discrepantes. Tal análise foi realizada por meio de gráficos boxplot apresentados logo a seguir.

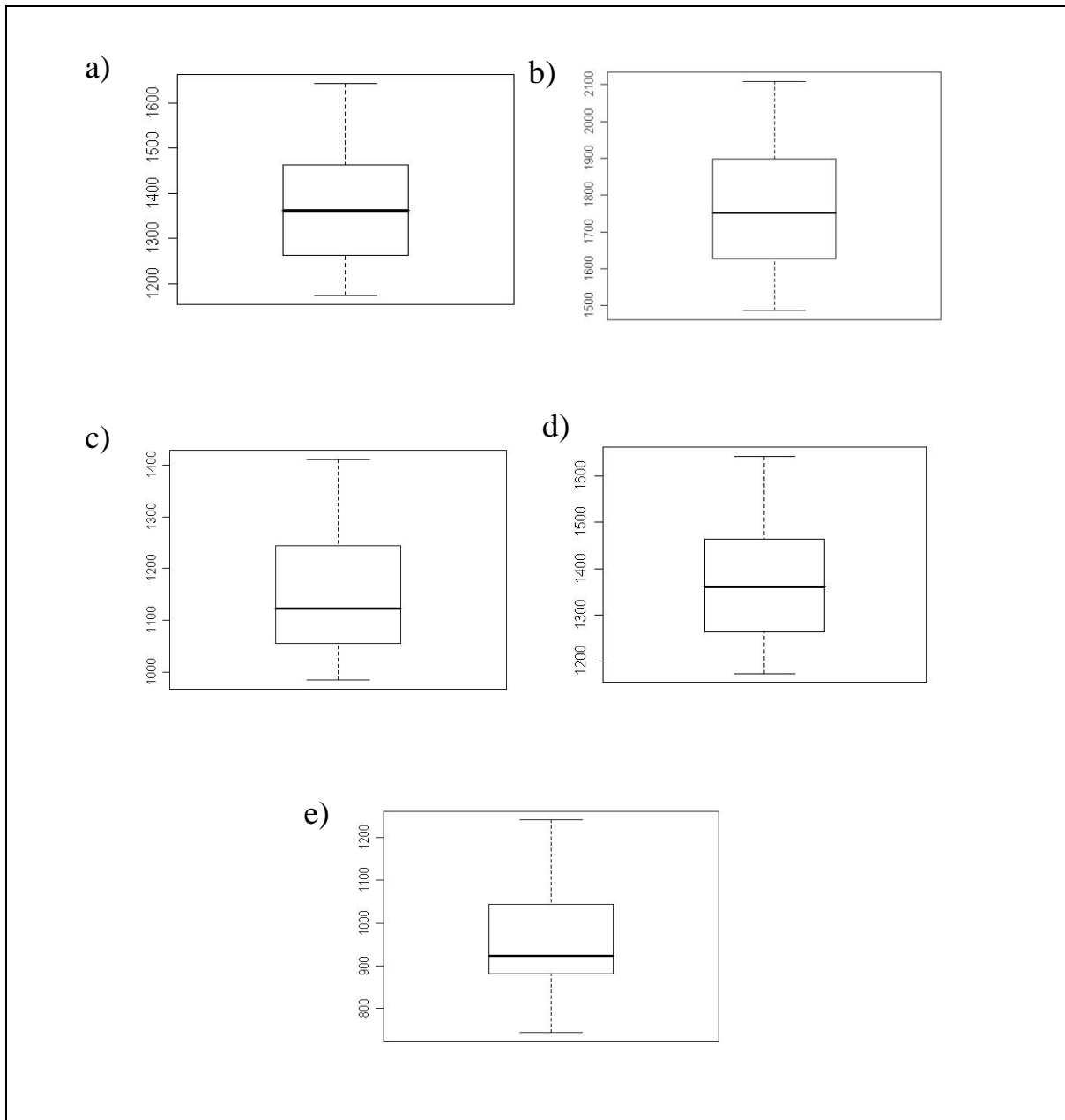


Figura 4.1.1 - Gráfico boxplot. a) Precipitação Anual Média; b) Precipitação Anual Provável de 10%; c) Precipitação Anual Provável de 25%; d) Precipitação Anual Provável de 75%. e) Precipitação Anual Provável de 90%.

Com as discrepâncias corrigidas, foi realizada a avaliação da continuidade espacial dos dados para a escolha do melhor modelo de semivariograma teórico para cada situação. Na Tabela 4.1.1 são apresentados os modelos de semivariogramas teóricos que melhor ajustaram em cada situação.

Tabela 4.1.1 - Parâmetros dos modelos de semivariogramas (EP: efeito pepita; PAT: patamar; A: alcance) GD: grau de dependência espacial; ER: erro reduzido.

Precipitações	Modelo	Método	EP	PAT	AL	GD (%)	ER
Média	EXP	MQP	3185,13	25871,3	104079,7	87,00	-0,0354
p 10 %	EXP	MQO	1797,05	46936,9	104792,9	96,17	-0,0598
p 25%	EXP	MQO	1630,06	133294	93091,5	98,77	-0,05466
p 75 %	EXP	MQP	6584,84	10763,5	68252	62,04	-0,0149
p 90%	ESF	MV	1269,5	14390,2	150000	85,26	-0,00281

Na maioria dos modelos ajustados, os dados apresentaram um alto grau de dependência espacial entre os mesmos, sendo que apenas em um caso, ele foi classificado como moderado. Tal fato possibilita a constatação que a aplicação de interpoladores geoestatísticos produzirá resultados de boa qualidade, podendo reproduzir mapas representativos da distribuição das precipitações médias e prováveis na Bacia do Rio Piracicaba, sem tendência espacial.

O comportamento de todos os modelos de semivariogramas teóricos que apresentaram melhor ajustes podem ser observados nas Figura 4.1.2 apresentada na página a seguir.

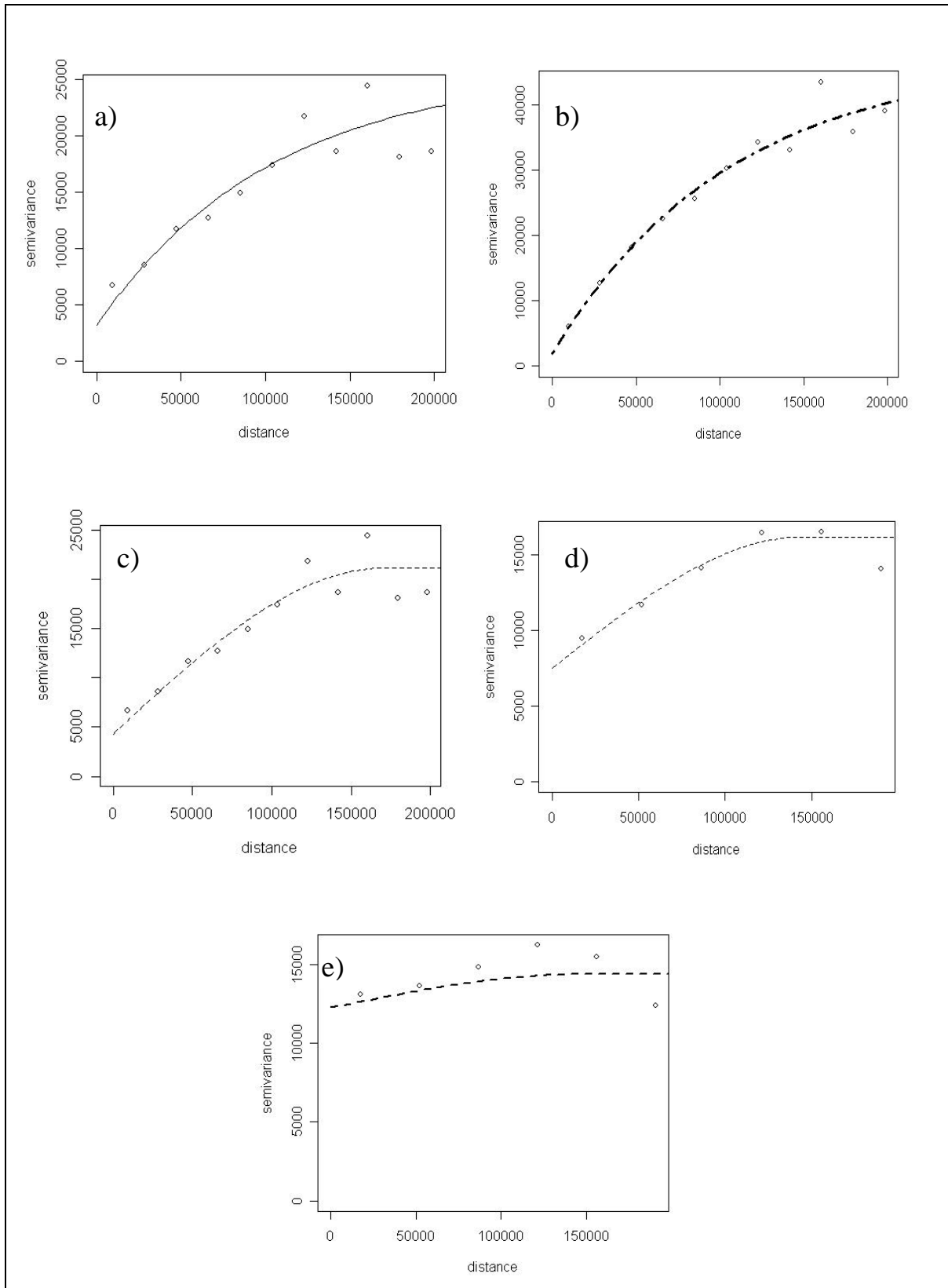


Figura 4.1.2 - Semivariogramas teóricos escolhidos. a) Precipitação Média Anual; b) Precipitação Anual Provável de 10%; c) Precipitação Anual Provável de 25%; d) Precipitação Anual Provável de 75%; e) Precipitação Anual Provável de 90%.

Observando os mapas produzidos as maiores lâminas anuais precipitadas se encontram na parte superior da bacia do Rio Piracicaba. Por ser uma região montanhosa, a mesma sofre influência de chuvas orográficas, que são precipitações que resultam da ascensão de massas de ar úmido sobre barreiras naturais. Além das precipitações orográficas, a região também esta sujeita a precipitações ciclônicas que ocorrem quando duas massas de ar de temperaturas e umidades diferente se encontram e por precipitações convectivas geradas pelo aquecimento desigual da superfície terrestre, provocam o surgimento de camadas de ar de diferentes densidades que geram uma estratificação térmica em equilíbrio instável.

No baixo Rio Piracicaba, as precipitações de maior ocorrência são as ciclônicas e convectivas por não ser uma região de elevadas altitudes. Outro fator que influencia na diferenciação de lâminas anuais precipitadas dentro da bacia é o tipo de clima, nas regiões classificadas como CWb, se encontram as maiores quantidades de massas de ar úmido, quando comparadas com as regiões de clima Cwa onde as temperaturas são mais elevadas. O fluxo de massas de ar quentes das regiões de clima Cwa para regiões de Clima CWb, é provável que tal fato também contribua para a variabilidade espacial da precipitação dentro da bacia. Os mapas de precipitações totais anuais médias e prováveis, são apresentados a seguir.

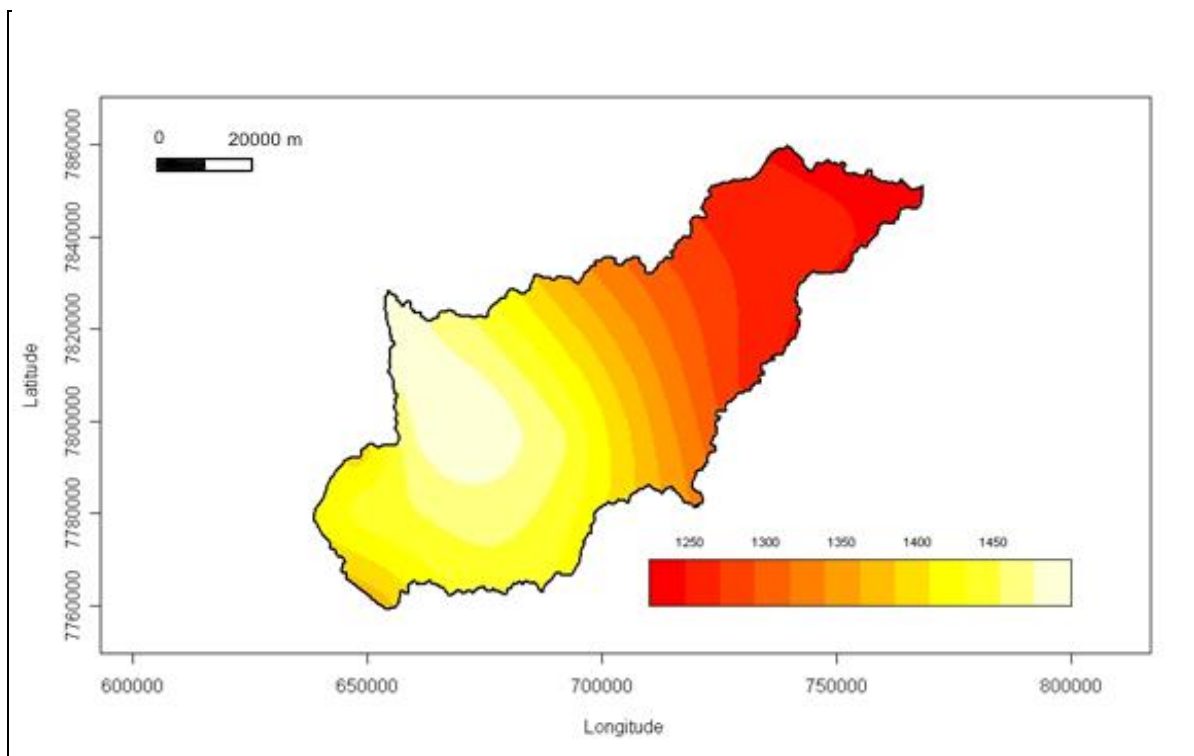


Figura 4.1.3 - Comportamento Espacial das Precipitações Totais Anuais Médias.



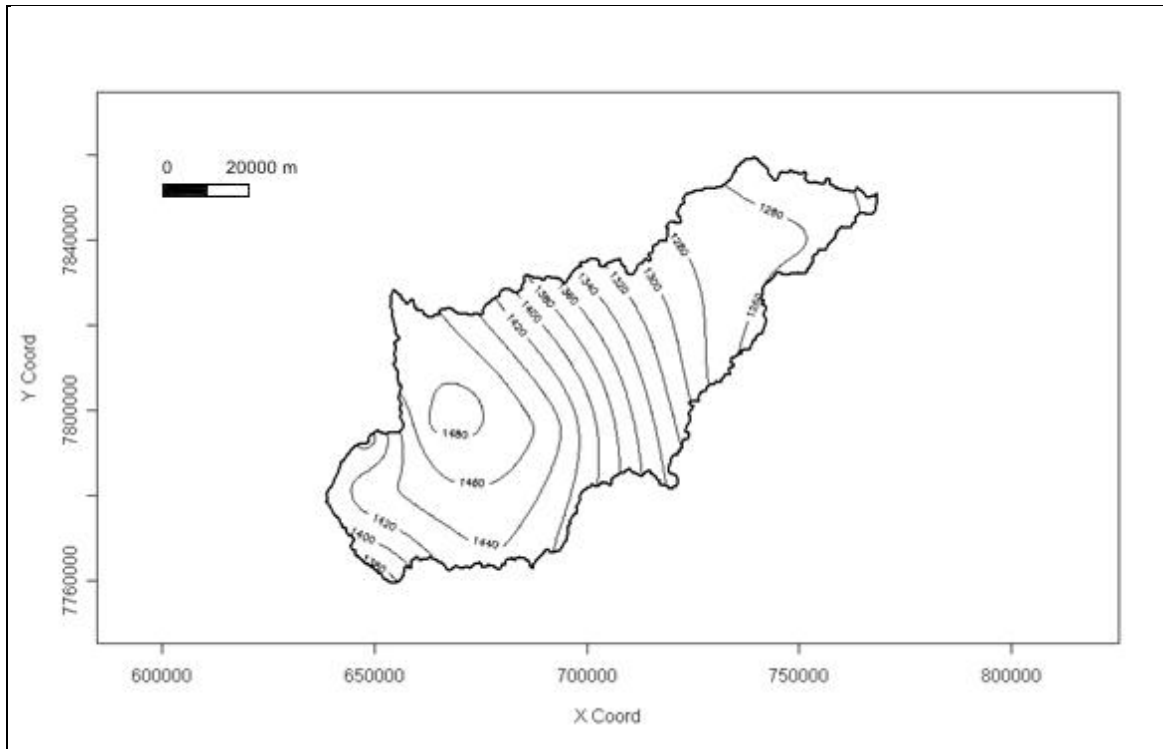


Figura 4.1.4 - Comportamento Espacial das Precipitações Totais Anuais Médias. (Isolinhas).

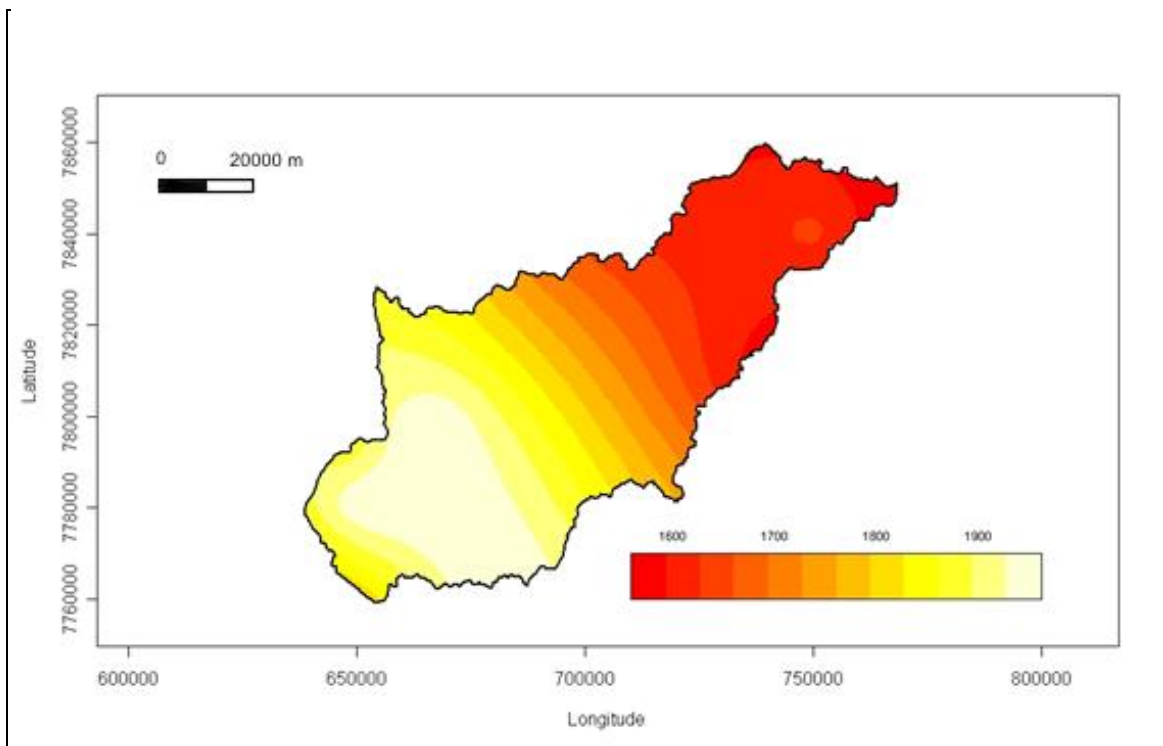


Figura 4.1.5 - Comportamento Espacial das Precipitações Totais Anuais com probabilidade de 10 % de ocorrência.

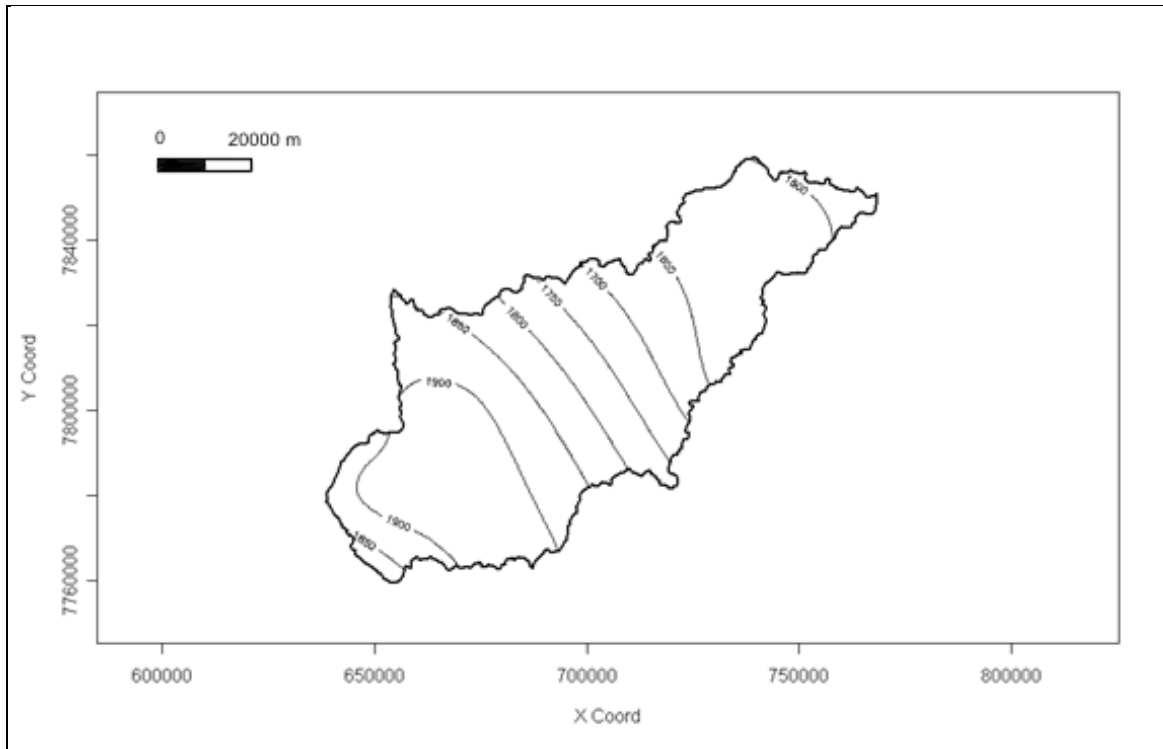


Figura 4.1.6 - Comportamento Espacial das Precipitações Totais Anuais com probabilidade de 10 % de ocorrência. (Isolinhas)

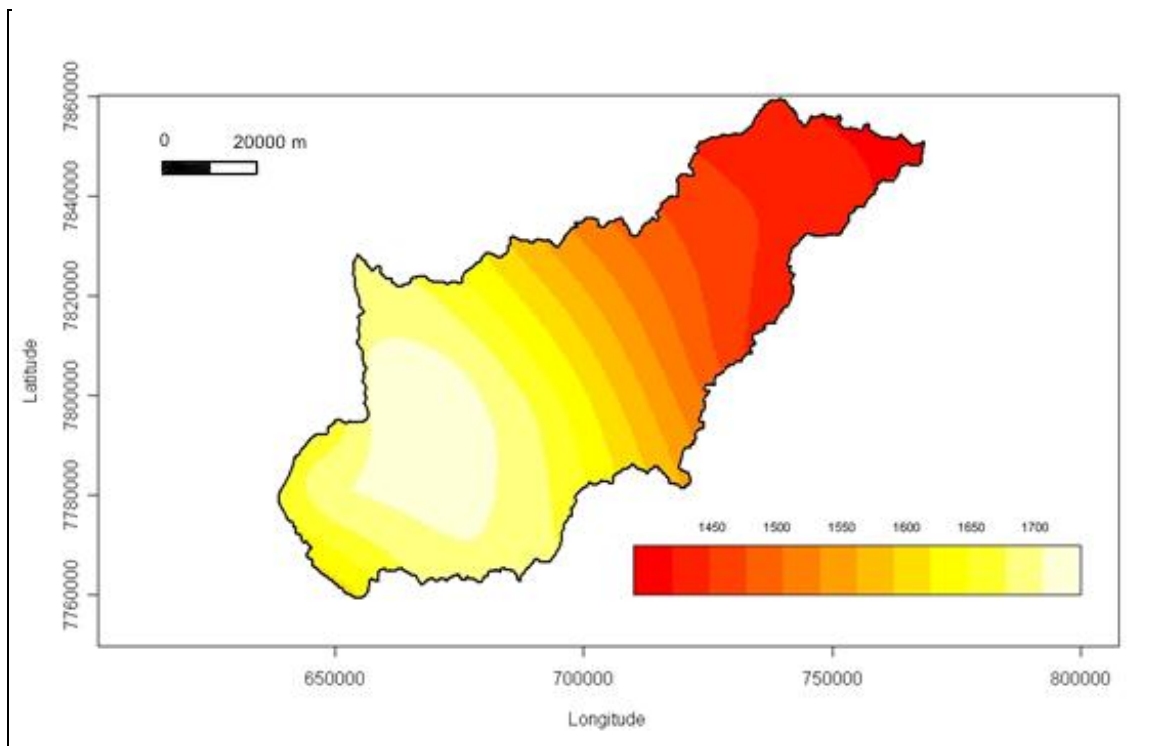


Figura 4.1.7 - Comportamento Espacial das Precipitações Totais Anuais com probabilidade de 25 % de ocorrência.

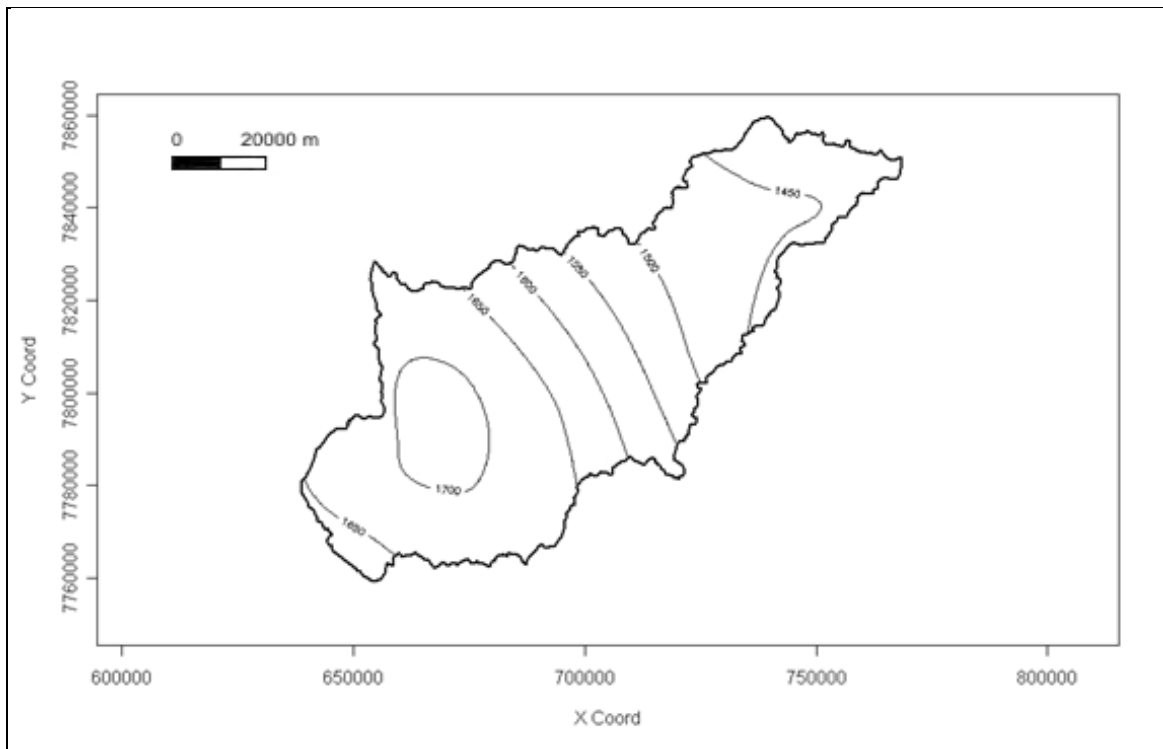


Figura 4.1.8 - Comportamento Espacial das Precipitações Totais Anuais com probabilidade de 25 % de ocorrência. (Isolinhas).

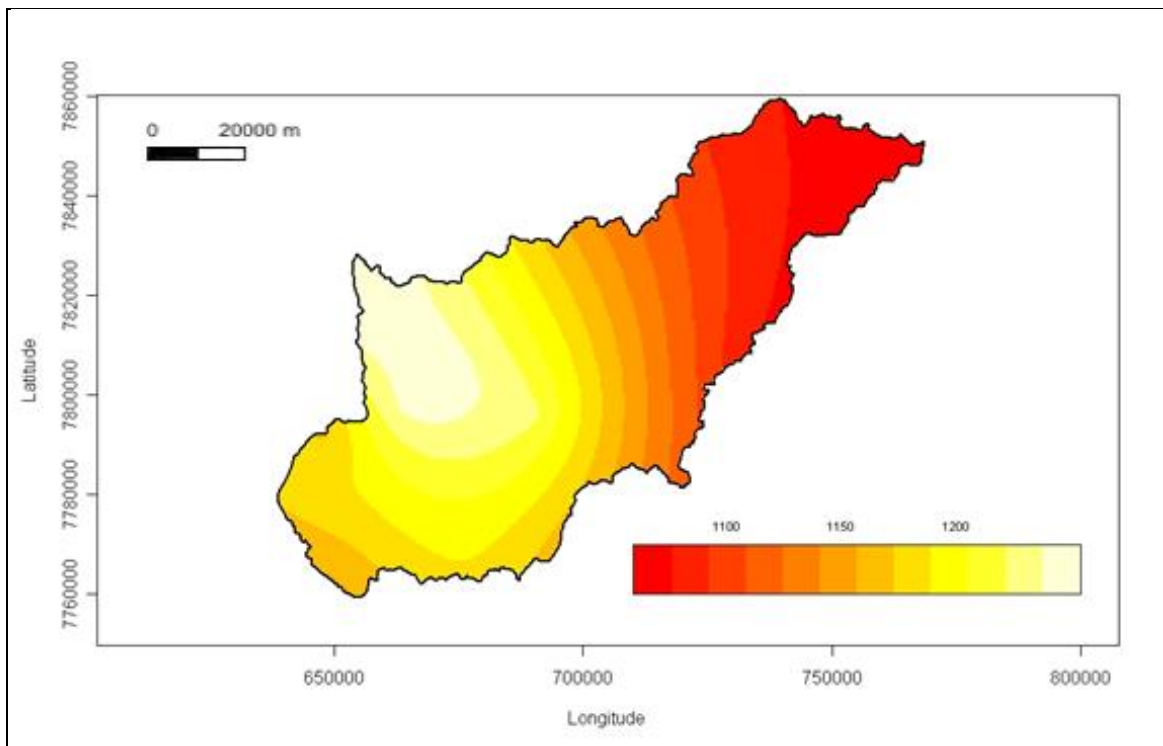


Figura 4.1.9 - Comportamento Espacial das Precipitações Totais Anuais com probabilidade de 75% de ocorrência.

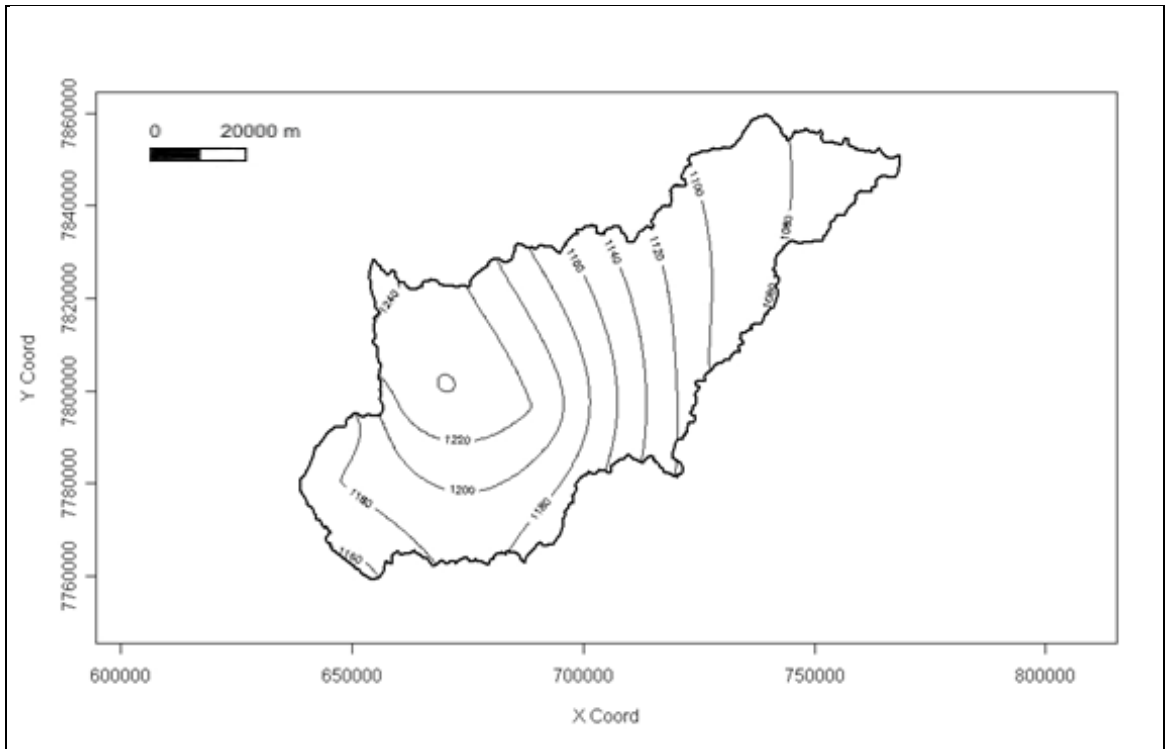


Figura 4.1.10 - Comportamento Espacial das Precipitações Totais Anuais com probabilidade de 75% de ocorrência. (Isolinhas).

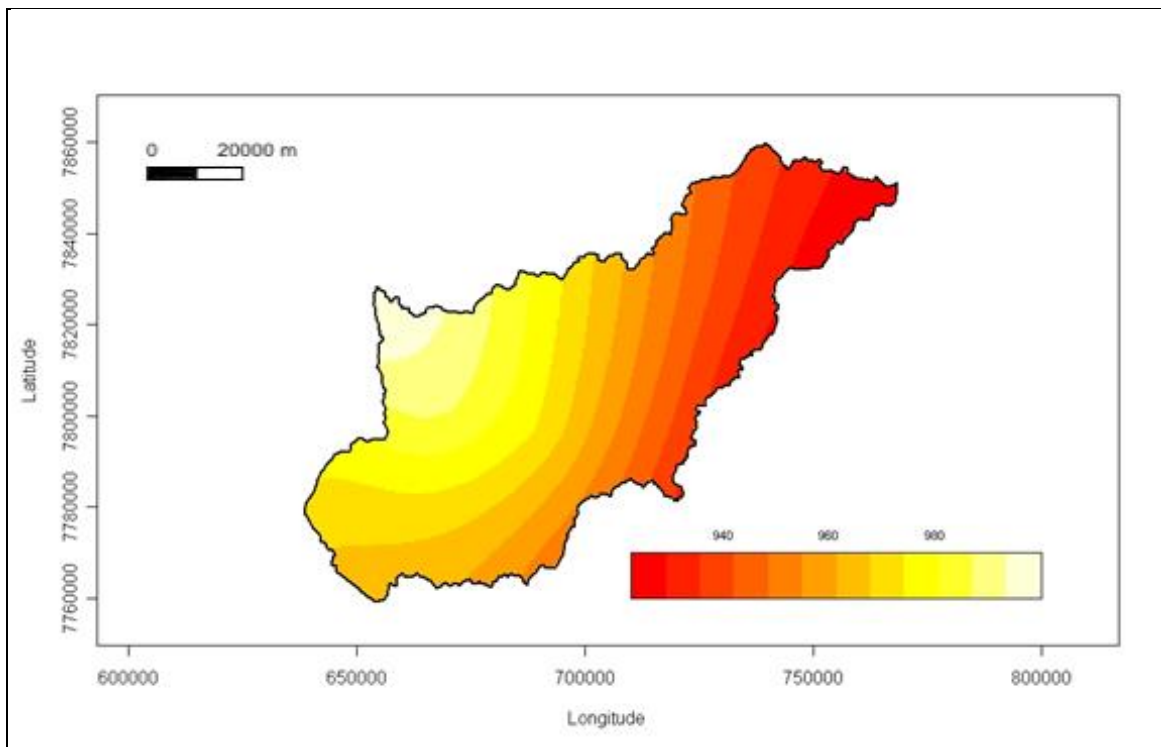


Figura 4.1.11 - Comportamento Espacial das Precipitações Totais Anuais com probabilidade de 90 % de ocorrência.

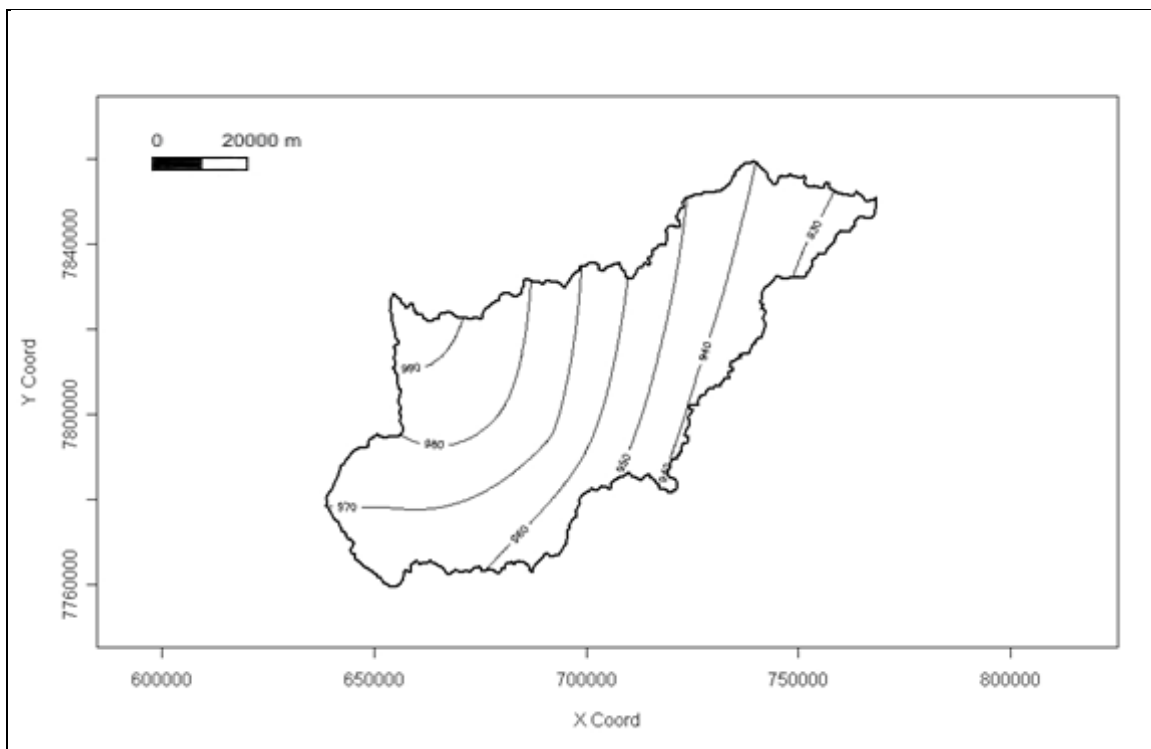


Figura 4.1.12 - Comportamento Espacial das Precipitações Totais Anuais com probabilidade de 90 % de ocorrência.

## 4.2. Parâmetros Físicos e Químicos da Água

### 4.2.1. Temperatura

A temperatura da água varia de acordo com a temperatura do ar. Um aumento muito elevado pode indicar influência antrópica, ocorrência de processos biológicos e reações químicas. Em investigações hidrológicas e químicas o registro da temperatura é de extrema importância, pois ela nos cálculos de pH, alcalinidade, salinidade, nos valores de saturação de oxigênio dissolvido, na toxicidade de elementos ou substâncias, etc. (Bastos, 2007).

As temperaturas encontradas no Rio Piracicaba variaram entre 18,9 a 21,1°C durante o inverno. No verão as variações ficaram entre 21,6 a 27,3°C (Fig. 4.2.1.1).

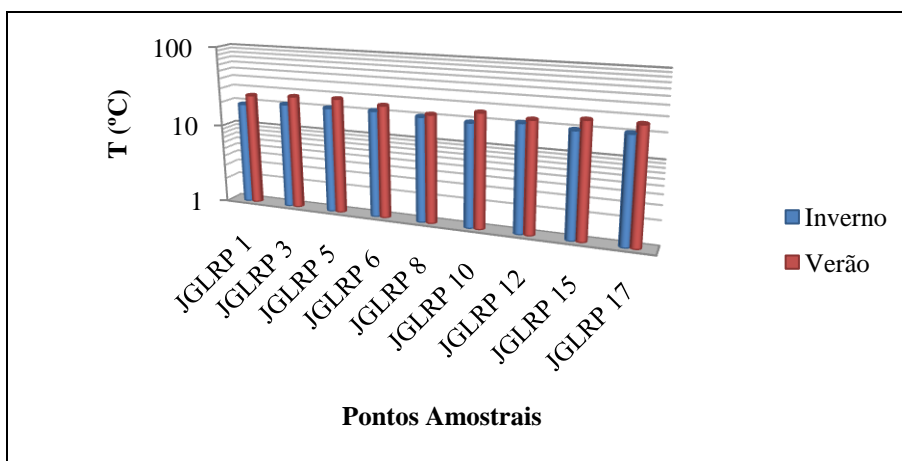


Figura 4.2.1.1 - Temperaturas encontradas no Rio Piracicaba.

Nos tributários, assim como no Rio Piracicaba, as temperaturas seguiram praticamente o mesmo padrão de variação nas estações avaliadas. Durante o inverno as temperaturas encontradas ficaram entre 15,6 a 20,3°C e durante o verão entre 22 a 27,8°C, conforme pode ser visto na Figura 4.2.1.2.

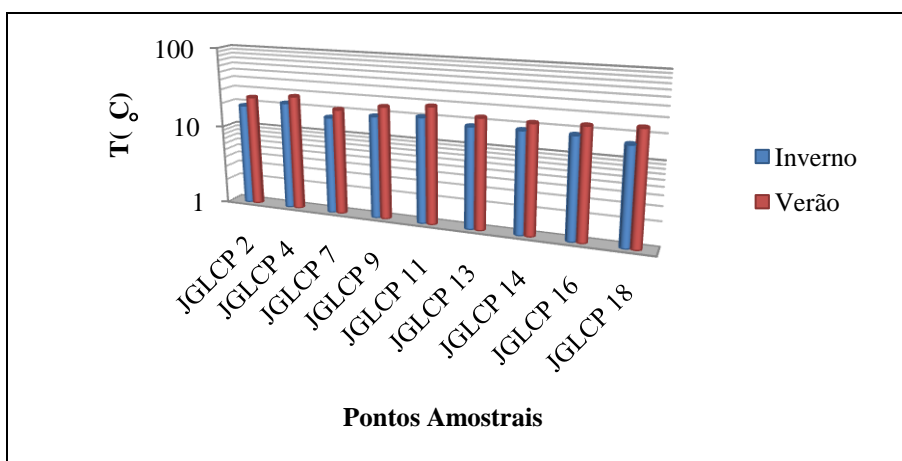


Figura 4.2.1.2 - Temperaturas encontradas nos tributários do Rio Piracicaba.

As diferentes temperaturas encontradas numa mesma época são devidos aos diferentes horários e dias de medição. Isso ocorre tanto nos tributários assim como no curso principal.

## **4.2.2. Turbidez**

A turbidez representa o grau de interferência da passagem da luz através da água e pode ser causada por diversos tipos de matérias incluindo partículas de rochas e areia fina,

silte, argila e microorganismos, conferindo a água uma aparência turva. (von Sperling, 2008).

Os valores de turbidez encontrados durante a estação de inverno no Rio Piracicaba variaram entre 2,3 a 15 FTU. No verão o intervalo de variação dos valores de turbidez ficou entre 2 a 128 FTU conforme pode ser visto na Figura 4.2.2.1. Entre todas as amostras coletadas no Rio Piracicaba, três apresentaram valores de turbidez maiores que o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para rios de classe 1 que é de 40 FTU. Tais amostras são a JGLRP 8 que registrou um valor de 59 FTU, a JGLRP 15 que registrou um valor de 58 FTU e a JGLRP 17 que registrou um valor de 128 FTU, o valor de turbidez desta última, ultrapassou também o limite estabelecido para rios de classe 2, que é de 100 FTU.

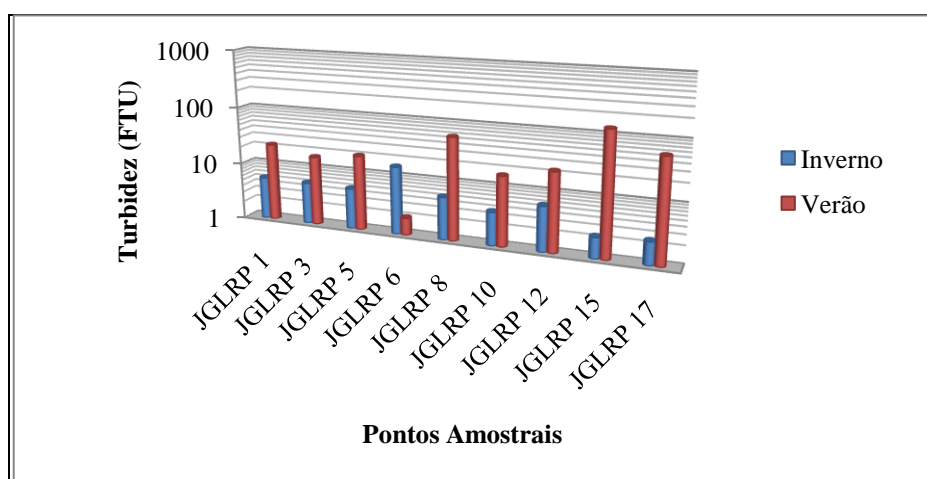


Figura 4.2.2.1 - Valores de Turbidez encontrados no Rio Piracicaba.

Os pontos que apresentaram maiores valores de turbidez no período chuvoso estão localizados mais próximos a área da nascente do rio, não apresentam mata ciliar.

Nos tributários os valores encontrados de turbidez variaram entre 2 a 19FTU durante o inverno e entre 2,47 a 33FTU, durante o verão.

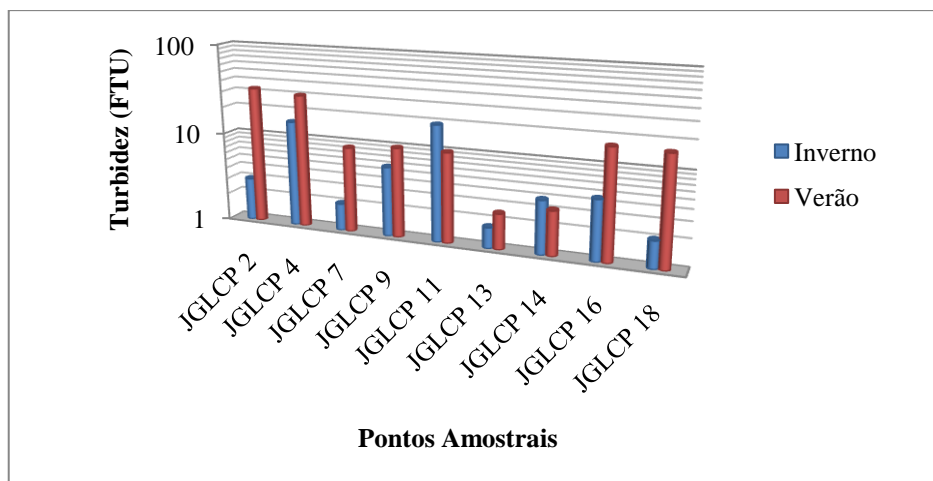


Figura 4.2.2.2 - Valores de Turbidez encontrados nos tributários do Rio Piracicaba.

É importante notar que nenhum dos valores de turbidez encontrados nos tributários ultrapassou o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para rios de classe 1. Nota-se também que os córregos localizados próximos aos pontos JGLRP 15 e JGLRP 17 apresentaram valores de turbidez bem menores aos encontrados nestes pontos no período de maior ação dos agentes do intemperismo (verão). Isso pode ser atribuído a má conservação das margens do rio, provavelmente decorrentes da ação antrópica, onde se localizam os pontos JGLRP 15 e JGLRP 17 que contribuem com os processos erosivos existentes nessa região.

### **4.2.3. Potencial Hidrogeniônico (pH)**

O pH é um parâmetro muito importante para avaliar a condição de um ecossistema aquático, por ser capaz de determinar ocorrência de dissolução, precipitação, oxidação e redução de várias substâncias (Gill, 1996). Segundo von Sperling (2008), o pH é um parâmetro responsável por determinar o estado de acidez, neutralidade e alcalinidade da água e de acordo com Derísio (2000), as alterações ocorridas nesse indicador em ecossistemas aquáticos, geralmente são ocasionadas por despejos industriais que tem como efeito mudanças fisiológicas em diversos organismos aquáticos (CETESB, 2008).

Os valores encontrados de pH no Rio Piracicaba durante a estação seca apresentaram variações entre 6,29 a 7,22. Durante a estação chuvosa as variações encontradas foram entre 6,3 a 6,72. Observando os intervalos de variações, todos os valores encontrados para o pH em ambas as estações ficaram dentro do limite permitido



pela resolução CONAMA para corpos d' água de classe 1 e 2 que é de 6 a 9. Na Figura 4.2.3.1 é possível visualizar os valores de pH encontrados para ambas as épocas avaliadas.

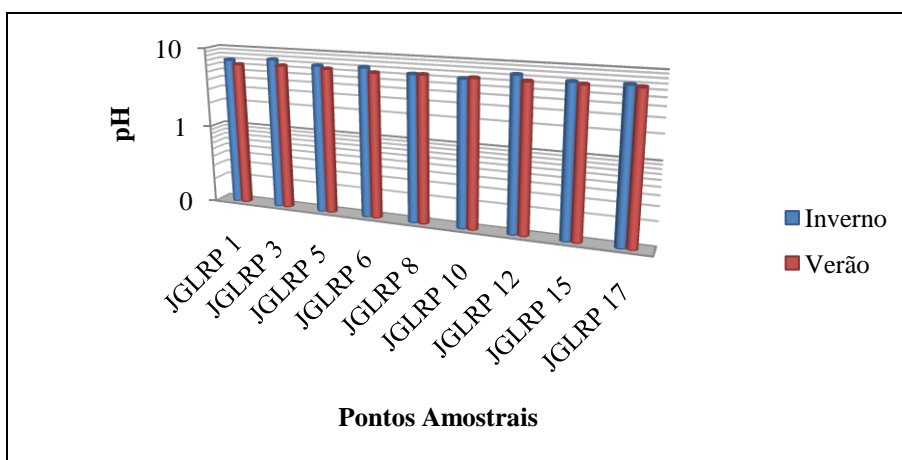


Figura 4.2.3.1 – Valores de pH encontrados no Rio Piracicaba.

O pH nos tributários durante a estação seca apresentou variações entre 4,54 a 6,56 e durante a estação chuvosa os valores variaram entre 5,9 a 7,5 conforme pode ser visto na Figura 4.2.3.2.

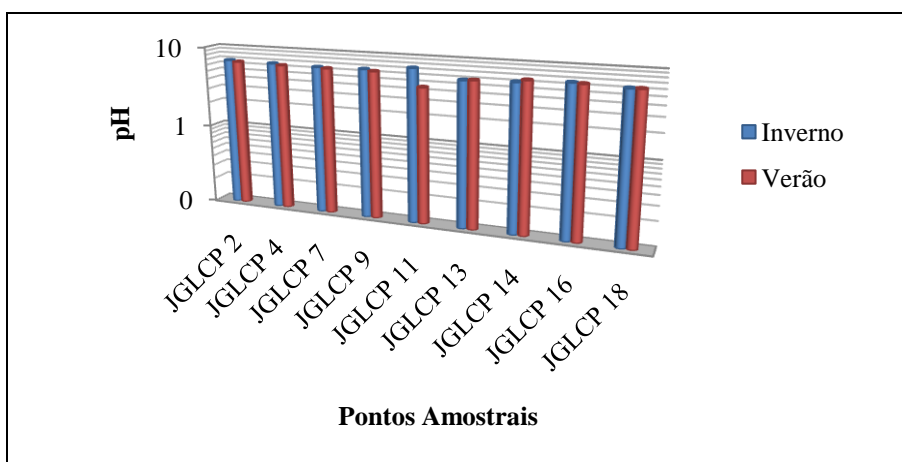


Figura 4.2.3.2 – Valores de pH encontrados nos tributários do Rio Piracicaba.

Nota que o valor de 4,54 encontrado no Córrego Batatal (JGLCP11) durante o verão e o de 5,9 encontrado no Córrego Gabiroba (JGLCP 13) durante o inverno estão fora dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos d' água de classes 1 e 2 (6 a 9). Em ambos os casos foi observado áreas de acúmulo de água, fazendo com que materiais vindos de áreas mais a montantes fiquem depositados nessas regiões, é provável

que a decomposição de matéria orgânica ou outras substâncias estejam influenciando esses valores.

#### **4.2.4. Alcalinidade (HCO<sub>3</sub>)**

De acordo com Fernandes (2002) a alcalinidade é a capacidade que a água tem de absorver ou neutralizar ácidos devido à presença de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos que são os principais íons responsáveis pela alcalinidade. Na água esses íons reagem neutralizando os íons de hidrogênio, fazendo com que a água tenha capacidade de resistir a mudanças de pH provocadas pelos ácidos (capacidade tampão). Segundo Bonumá (2006), os íons responsáveis pela alcalinidade podem chegar às águas superficiais por meio do intemperismo e dissolução de rochas ou por fontes antropogênicas como despejos de efluentes em geral.

A alcalinidade apresentou variações de 5,27 a 90,01mg/L no período seco e de 5,81 a 30,49mg/L no período chuvoso para o Rio Piracicaba conforme pode ser visto na Figura 4.2.4.1.

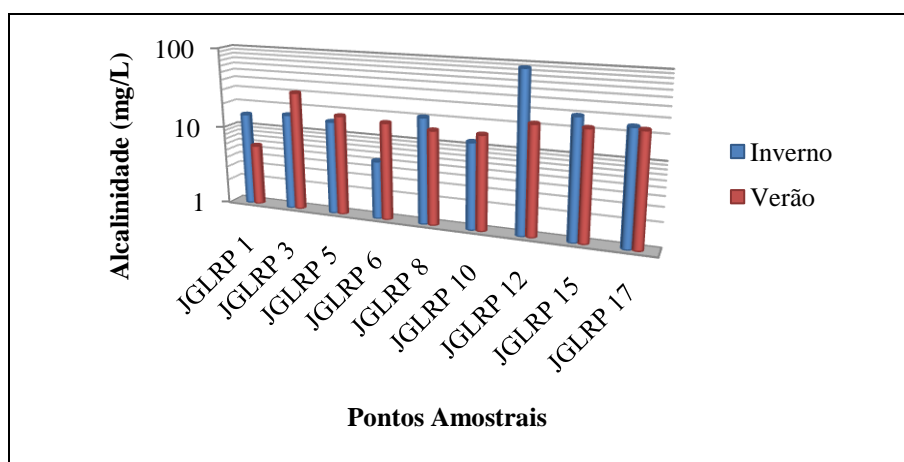


Figura 4.2.4.1 – Valores de Alcalinidade encontrados no Rio Piracicaba.

É provável que a alcalinidade encontrada no ponto JGLRP 12 durante a estação seca (90,01mg/L) tenha sido momentânea, mas de origem antropogênica devido seu valor se diferenciar em muito dos outros encontrados na mesma época avaliada.

Nos tributários, os valores de alcalinidade apresentaram variações entre 8,71 a 130,66 mg/L durante a estação seca e na estação chuvosa as variações de alcalinidade ficaram entre 10,16 a 30,49mg/L (Fig. 4.2.4.2)

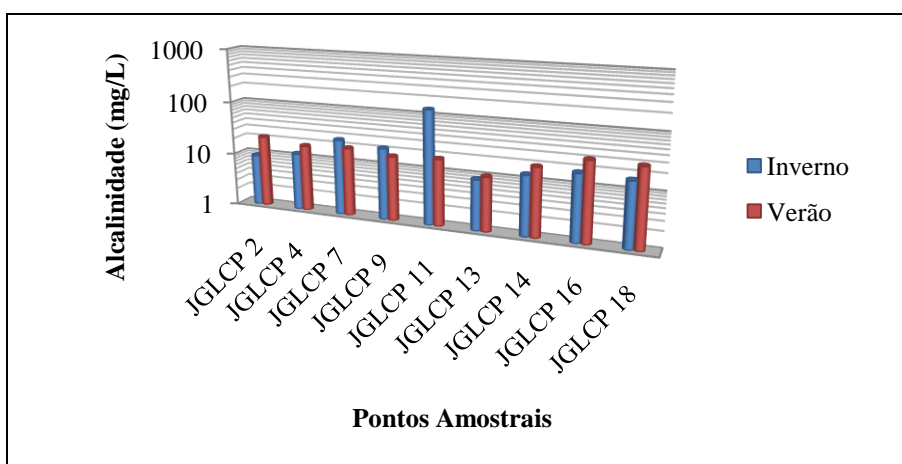


Figura 4.2.4.2 – Valores de Alcalinidade encontrados nos tributários do Rio Piracicaba.

Dentre todos os tributários avaliados apenas o Córrego Batatal apresentou um valor de alcalinidade bem maior que os outros encontrados. Devido à grande diferença entre o valor encontrado no verão (17,42mg/L) para o valor encontrado no inverno (130,66mg/L), fica evidente que o valor de alcalinidade durante o inverno foi causado por evento momentâneo mais de origem antrópica devido o elevado valor de alcalinidade encontrado no Córrego Batatal. Por serem pontos próximos, é provável que o Córrego Batatal esteja influenciando o valor de alcalinidade encontrado no ponto JGLRP 12, que durante a mesma época (período seco) apresentou um valor mais elevado se comparando com os outros valores encontrados no Rio Piracicaba.

#### **4.2.5. Condutividade Elétrica (CE) e Sólidos Totais Dissolvidos (STD)**

Segundo Araújo (2006) a condutividade elétrica da água é uma expressão numérica da capacidade que água tem de conduzir corrente elétrica, sendo a mesma dependente da temperatura e de suas concentrações iônicas. De acordo com o mesmo autor a condutividade é um parâmetro que pode fornecer boas indicações sobre a composição da água, especialmente no que se refere à concentração mineral, no entanto não fornece nenhuma quantidade relativa dos vários componentes. Segundo Santos (1997) condutividade elétrica está relacionada com os sólidos totais dissolvidos sendo que à medida que a concentração de sólidos aumenta a condutividade elétrica também aumenta. Tal fato é apresentado nas Figuras 4.2.5.1 e 4.2.5.2, onde foram correlacionados os dados

de condutividade elétrica com os dados de sólidos totais dissolvidos encontrados em todos os pontos, para as duas épocas avaliadas (verão e inverno).

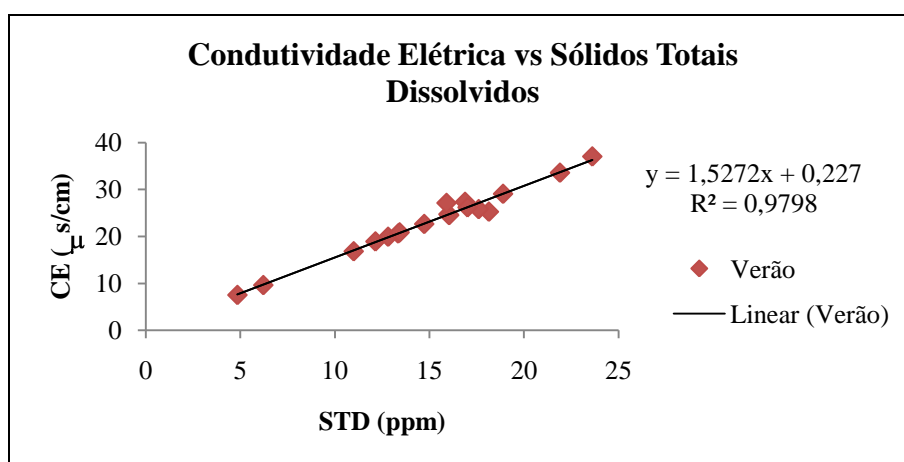


Figura 4.2.5.1 – Correlação entre os dados de CE e STD encontrados durante o verão.

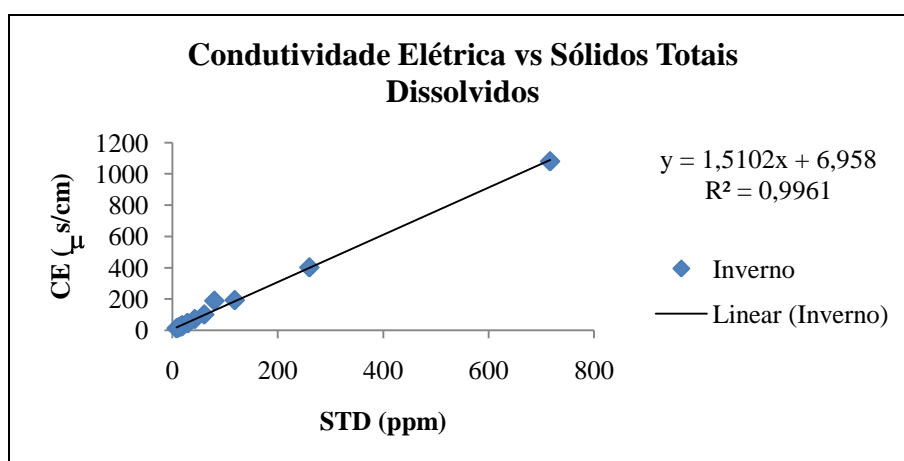


Figura 4.2.5.2 – Correlação entre os dados de CE e STD encontrados durante o inverno.

A boa correlação entre os dados pode ser observada por meio do coeficiente de correlação ( $R^2$ ) que para o primeiro caso foi de 0,979 e para o segundo de 0,996.

Os dados de condutividade elétrica encontrados para o Rio Piracicaba durante o inverno, variaram entre 24,95 a 1081 $\mu\text{s/cm}$ . No verão o intervalo de variação ficou compreendido entre 19,9 a 33,54 $\mu\text{s/cm}$  (Fig. 4.2.5.3).

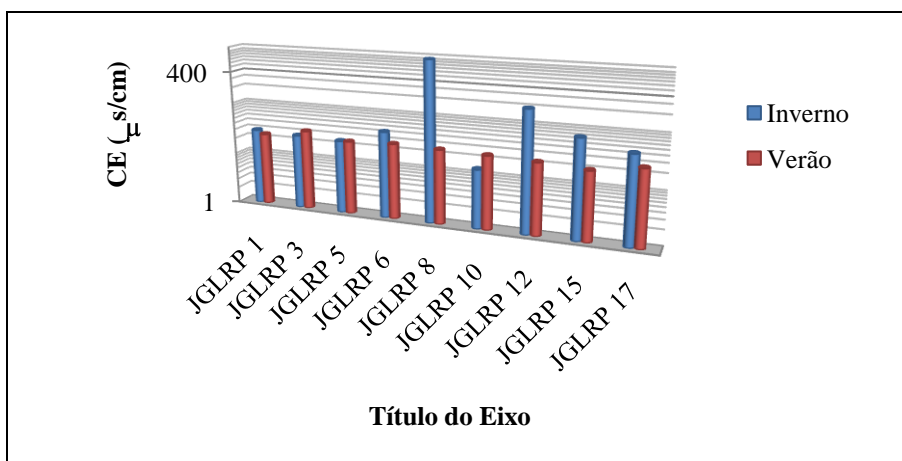


Figura 4.2.5.3 – Valores de Condutividade Elétrica (CE) encontrados no Rio Piracicaba.

Nos tributários a condutividade durante o inverno ficou compreendida entre 13,98 e 402,6µs/cm e durante o verão os valores de condutividade ficaram compreendidos entre 7,5 a 37µs/cm (Fig. 4.2.5.4).

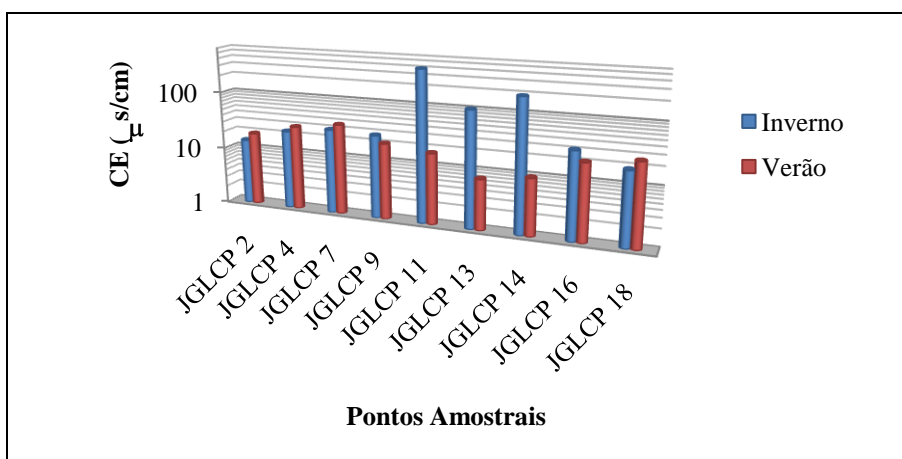


Figura 4.2.5.4 – Valores de Condutividade Elétrica (CE) encontrados nos tributários do Rio Piracicaba.

Os sólidos totais presentes na água correspondem a toda matéria que permanece como resíduo após a evaporação, secagem ou calcinação da amostra à temperatura de 103° a 105°C. Neste processo, todo material que possui uma alta pressão de vapor na temperatura 105°C, é perdido por meio da evaporação não podendo ser definido como sólido (Braille e Cavalcanti, 1993). Estudos de caracterização de efluentes industriais e de esgotos sanitários, demonstram que os níveis de concentração das diversas frações de sólidos resultam em um quadro que relaciona a distribuição das partículas em relação ao

seu tamanho (sólidos em suspensão e dissolvidos) e quanto à natureza (fixos ou voláteis) (CETESB, 2008).

As concentrações de sólidos obtidas durante o inverno para o Rio Piracicaba ficaram compreendidas entre 7,92 e 716ppm. Durante o verão o intervalo de variação das concentrações foi bem menor ficando as mesmas entre 15,9 e 21,9ppm (Fig.4.2.5.5).

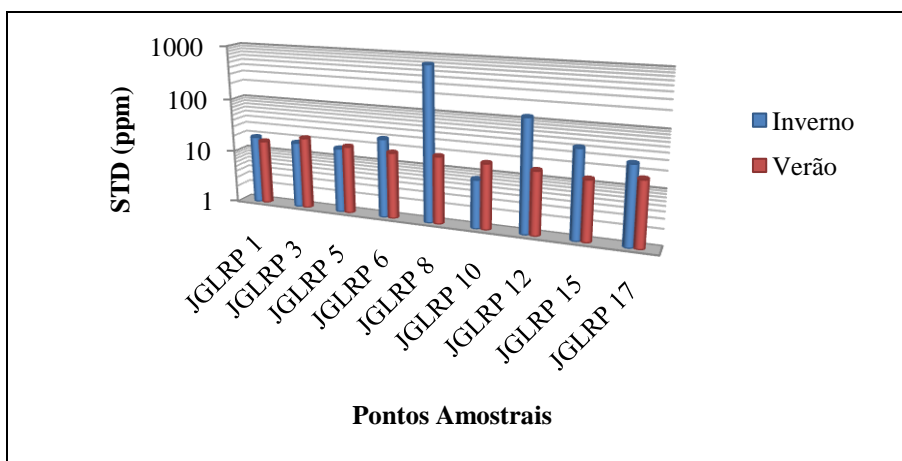


Figura 4.2.5.5 – Concentrações de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) encontrados no Rio Piracicaba.

Nos tributários, as concentrações variaram entre 9,14 e 259,8ppm durante o inverno e no verão as variações das concentrações ficaram entre 4,84 a 23,61ppm. O comportamento das concentrações dos sólidos totais dissolvidos podem ser visualizados na Figura 4.2.5.6.

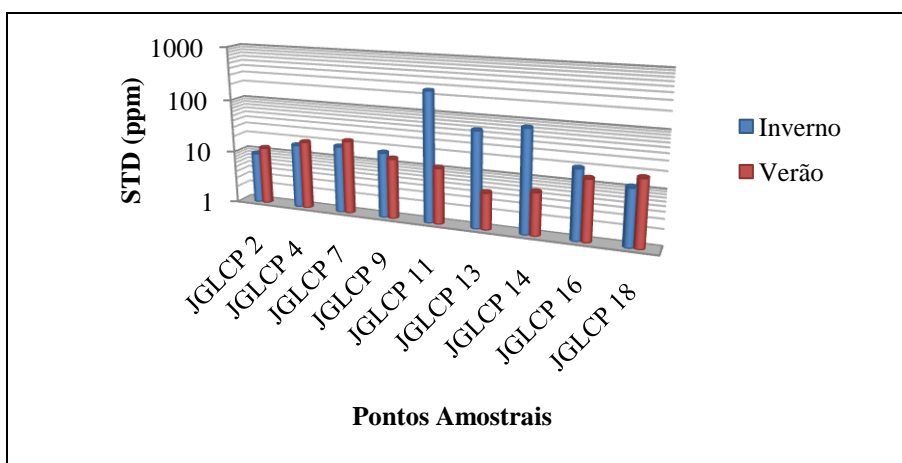


Figura 4.2.5.6 – Concentrações de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) encontrados nos tributários do Rio Piracicaba.

Observando os dados de condutividade elétrica e os de sólidos totais dissolvidos, os pontos que demonstraram uma alta condutividade também demonstraram uma alta concentração de sólidos totais. Isso pode ser verificado tanto para os córregos quanto no rio (Fig. 4.2.5.5 e Fig. 4.2.5.6 respectivamente). Por esses pontos apresentarem resultados bem mais elevados em relação aos outros dos dois parâmetros avaliados, é provável que a concentração de poluentes nesses pontos seja de origem antropogênica.

#### **4.2.6. Cloreto (Cl<sup>-</sup>)**

As concentrações de cloreto podem ter grandes variações em função da disponibilidade de sais como NaCl, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>. Os sais de cloreto no geral são muito solúveis, de difícil precipitação, não se oxidam e nem se reduzem em águas naturais, sendo geralmente encontrados associados ao Na (Custódio e Llamas, 1983). Um aumento no teor de cloreto em águas superficiais pode indicar indícios de contaminação por esgoto doméstico ou por despejos industriais, contribuindo também para aceleração dos processos de corrosão de tubulações de aço e alumínio alterando assim o sabor da água (IGAM, 2007).

No geral, as concentrações de cloreto ficaram bem abaixo de 250 mg/L que é um limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos d' água de classes 1,2 e 3 (Figura 4.2.6.1).

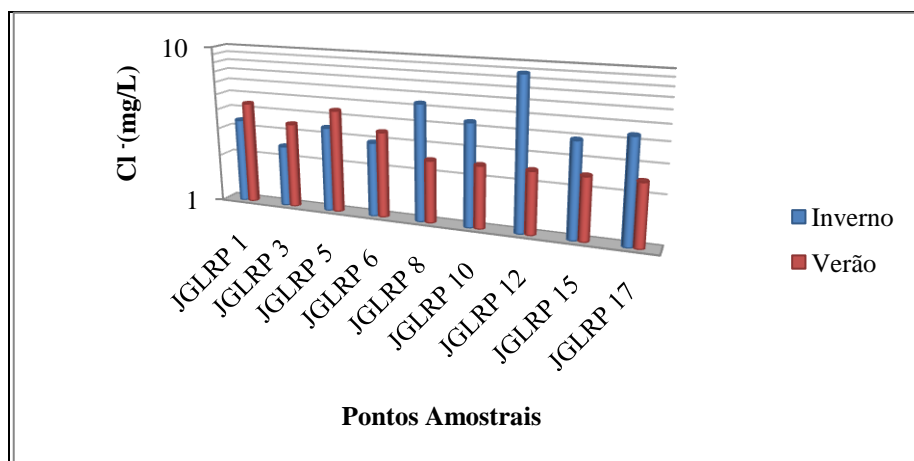


Figura 4.2.6.1 – Concentrações de Cloreto (Cl<sup>-</sup>) encontradas nos tributários do Rio Piracicaba.

Durante a estação seca a concentração máxima encontrada foi de 8,75mg/L e mínima de 2,43mg/L. Na estação chuvosa os valores máximo e mínimo foram de 4,41 e 2,45mg/L respectivamente.

Nos tributários durante a estação seca a concentração mínima encontrada foi de 2,43mg/L e máxima de 32,33mg/L conforme pode ser visto no gráfico da Figura 4.2.6.2.

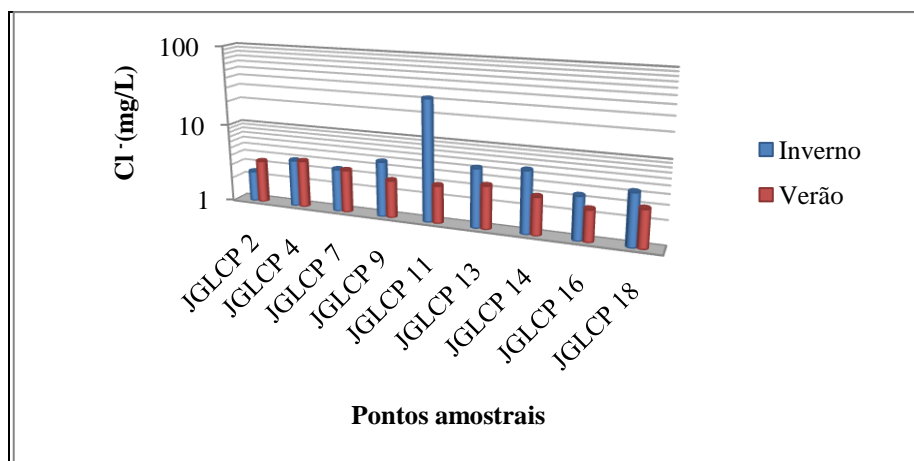


Figura 4.2.6.2 – Concentrações de Cloreto (Cl<sup>-</sup>) encontradas nos tributários do Rio Piracicaba.

Dentre todos os pontos o Córrego Batatal apresentou a maior concentração registrada, sendo a mesma obtida durante a estação seca. A causa desta concentração pode vir a ser algum lançamento de esgoto de pequenas propriedades rurais localizadas nesta região.

#### 4.2.7. Sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)

As concentrações de sulfato encontradas na água doce geralmente variam entre 2 a 150ppm, podendo chegar a 5000ppm em águas salinas se associados a íons de Ca ou até mesmo a 20000ppm quando associados com íons de Na e Mg, em certas salmouras (Custódio e Llamas, 1983). Sua presença é devida à reação com rochas contendo sulfatos e oxidação bioquímica de sulfetos e outros compostos de enxofre (Jesus, 2005).

Na maioria dos pontos amostrados do Rio Piracicaba os teores de sulfatos encontrados não demonstraram uma variação significativa. Apenas o ponto JGLRP 12 que, durante o inverno demonstrou uma concentração bem mais elevada do que os outros pontos conforme pode ser visto logo a seguir.



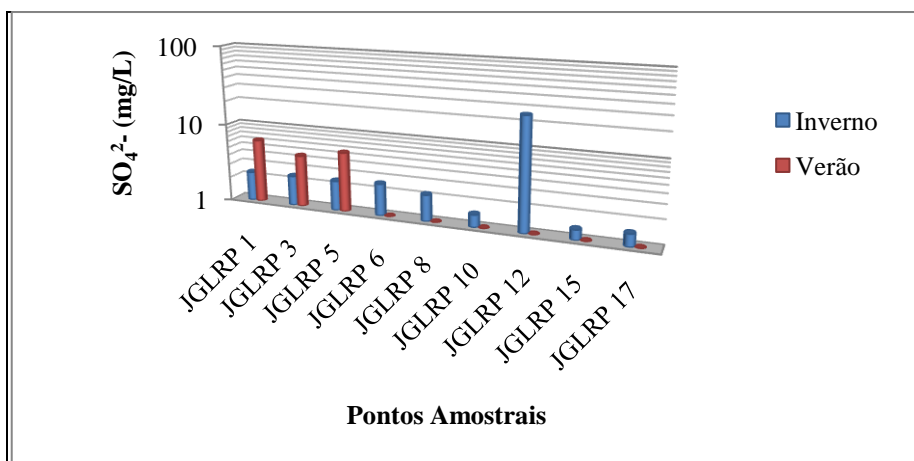


Figura 4.2.7.1 – Concentrações de Sulfato encontradas no Rio Piracicaba.

É provável que a concentração encontrada no ponto JGLRP 12 tenha influência antrópica.

Durante o inverno os teores de sulfato variaram de 1,34 a 25,28mg/L e no verão as variações entre 0,24mg/L e 6,34mg/L (Fig. 4.2.7.1).

Os tributários apresentaram variações entre 1,25mg/L e 2,38mg/L durante o inverno e no verão apresentou variações de 0,16 a 9,29mg/L conforme demonstrado na Figura 4.2.7.2.

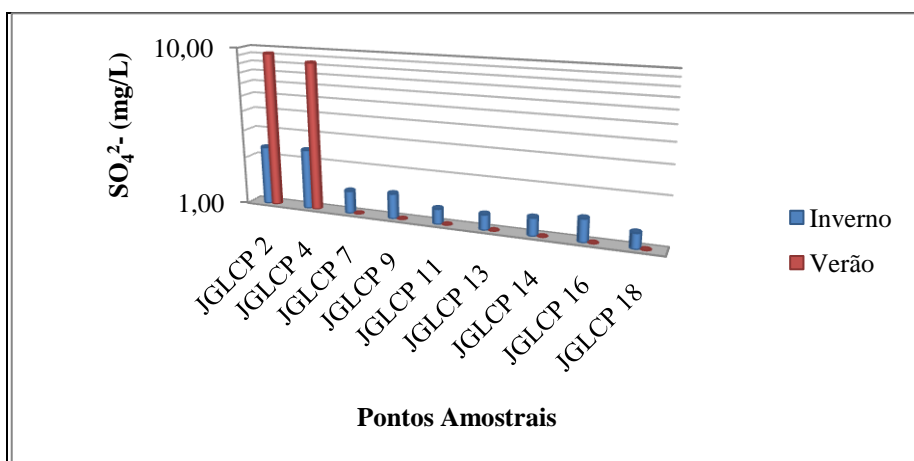


Figura 4.2.7.2 – Concentrações de Sulfato encontradas nos tributários do Rio Piracicaba.

Observando a Figura acima, o Córregos do Paiol (JGLCP 2) e o Córrego Mata (JGLCP4) apresentaram concentrações diferentes das demais durante o verão, sendo estas

podendo vir a ser influenciadas por atividades antropogênicas existentes no entorno de dos córregos Paiol e Mata.

Todos os teores encontrados tanto no Rio Piracicaba como em seus tributários ficaram bem abaixo do limite de 250mg/L, estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos d' água de classes 1,2 e 3.

### **4.3. Elementos Químicos na Água**

#### **4.3.1. Alumínio (Al)**

O Alumínio é um dos principais responsáveis pela acidez dos solos de regiões tropicais. A acidez do solo tem origem quando ocorre substituição de cátions básicos como  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e Na, presentes no sistema solo, por cátions ácidos como  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{H}^+$  (Neto *et.al*, 2001). Em águas utilizadas para irrigação a presença do alumínio pode prejudicar o crescimento radicular, por afetar o fornecimento de fósforo e cobre, causando assim deficiência às plantas (Bernado, 1995). Nas águas doces superficiais, o alumínio é encontrado na forma de  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , qual segundo Carvalho (1995), em condições de pH menor que 4,2 ou maior que 8 se torna extremamente solúvel. Além dos solos carregados, os corpos d' água tem como fonte de alumínio as rochas que contem minerais como gibbissita ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ) e olivina ( $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}$ ).

No Rio Piracicaba, os teores de Al encontrados durante as estações de verão e inverno ficaram todos abaixo do permitido pela Resolução CONAMA 357/05 (100  $\mu\text{g/L}$ ). As variações no verão ficarão entre 21,59 a 69,30 $\mu\text{g/L}$ . No período de inverno apenas um ponto demonstrou concentração maior que o limite de detecção do aparelho utilizado para efetuar as análises, sendo o valor encontrado foi de 13,9 $\mu\text{g/L}$  conforme apresentado na Figura 4.3.1.1.

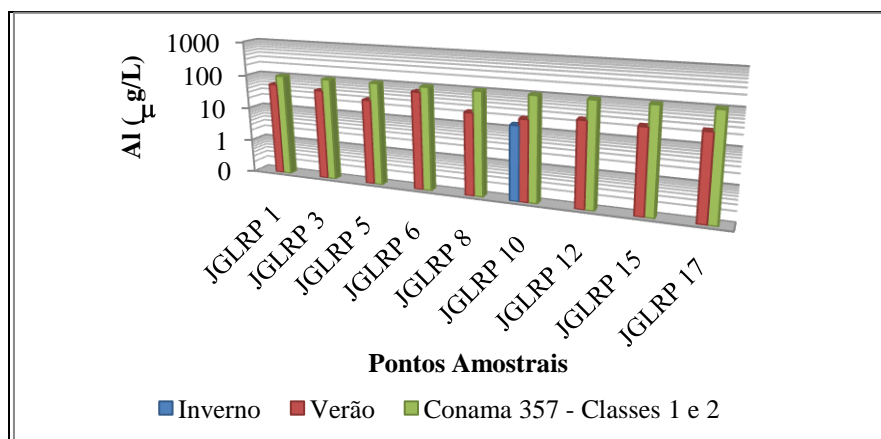


Figura 4.3.1.1 – Concentrações de Alumínio no rio Piracicaba.

Em seus tributários durante a estação de inverno, os valores encontrados variaram entre 12,4 a 339µg/L, valor este que se encontra acima do permitido para corpos d' água de classes 1 e 2 conforme a Resolução CONAMA 357/05. Porém no verão foram identificados apenas três pontos que obtiveram concentrações acima do nível do limite de detecção do aparelho. Estas concentrações variaram de 10,14 a 23,37µg/L (Fig. 4.3.1.2).

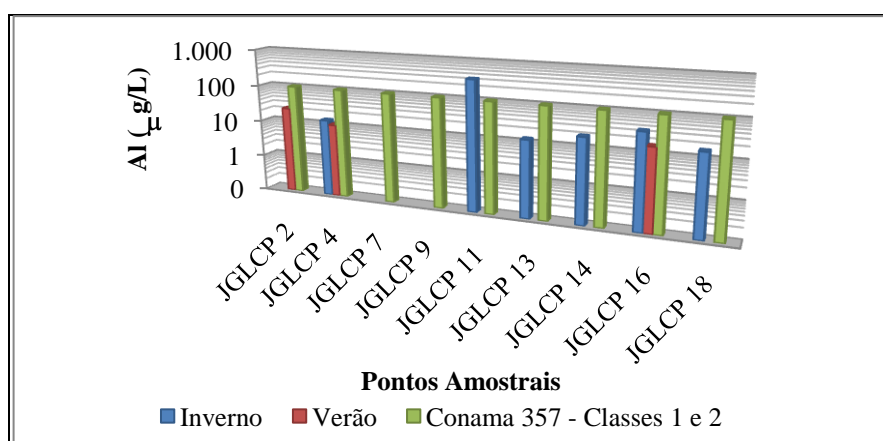


Figura 4.3.1.2 – Concentrações de Alumínio nos tributários do rio Piracicaba.

### **4.3.2. Bário (Ba)**

Em corpos d' água, as concentrações de bário podem variar entre 0,7µg/L a 900µg/L (CETESB, 2008).

No Rio Piracicaba assim como em seus tributários as concentrações de Ba se mantiveram a baixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos d' água de classes 1 e 2 que é de 700µg/L. Durante a estação de inverno, no rio Piracicaba

as concentrações variavam entre 7,66µg/L a 40,30µg/L. Na estação de verão, as variações se compreenderam entre 4,02µg/L a 13,96µg/L, conforme pode ser visto na Figura 4.3.2.1.

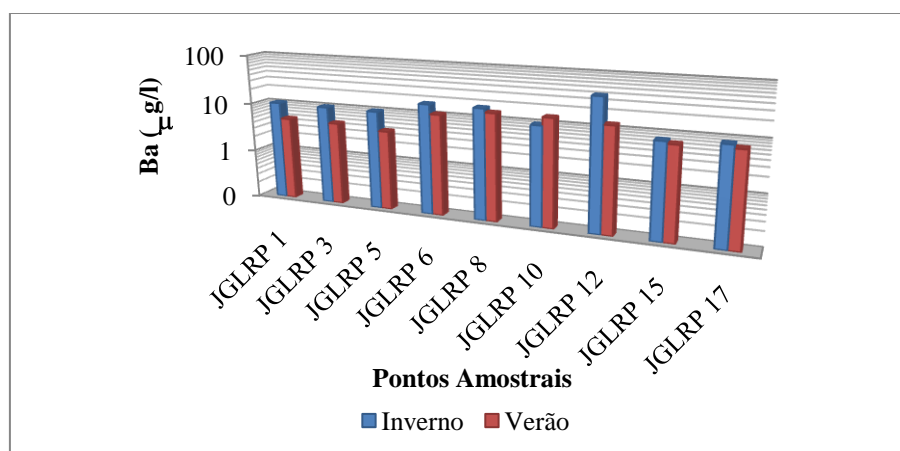


Figura 4.3.2.1 – Concentrações de Bário no rio Piracicaba.

Nos tributários do rio Piracicaba a máxima concentração encontrada no inverno foi de 35,09µg/L e na estação de verão foi de 44,54µg/L (Fig. 4.3.2.1).

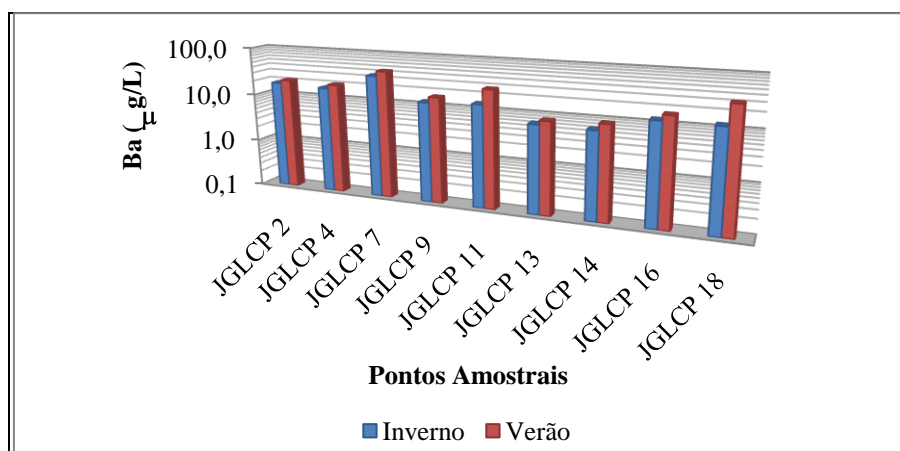


Figura 4.3.2.2 - Concentrações de Bário nos Tributários do rio Piracicaba.

### 4.3.3. Cádmi

Em baixas concentrações o cádmio pode atuar como nutriente para plantas, no entanto, mesmo em baixas concentrações ele é tóxico para organismos aquáticos (EPA, 2001). Em águas doces está presente em concentrações traços geralmente não ultrapassando 1µg/L (IGAM, 2009). O mesmo pode atingir o meio ambiente por meio de varias fontes antrópicas como subproduto do refinamento de zinco, combustão do carvão,

descarte de minas, processo de eletrodeposição, produção de aço inox, pigmentos, fertilizantes e pesticidas (Peraza *et. al.*, 1998).

Apenas alguns pontos durante a estação de inverno apresentaram leituras maiores que o limite de quantificação do aparelho (LQ). Na estação de verão todas as leituras ficaram abaixo desse limite. As concentrações encontradas foram nos pontos JGLCP 9, JGLCP 11 e JGLCP 13 sendo que todos esses pontos estão localizados em tributários do rio Piracicaba. As concentrações de cada ponto foram de 7,8µg/L, 7µg/L e 6,76µg/L respectivamente, sendo todas elas acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos d' água de classes 1 e 2 que é da ordem de 1µg/L.

#### **4.3.4. Cálcio (Ca)**

O cálcio pode está presente em minerais como anortita ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ), que de acordo com Neto *et al.* (2001) é considerado o mais importante mineral primário contendo cálcio. Outros minerais comuns também se destacam por conter cálcio em suas composições químicas como a augita e hornblenda. De acordo com Fukuzawa (2008), as concentrações de cálcio encontradas nas águas superficiais podem ter origem devido à passagem da mesma por rochas calcárias, dolomíticas e por processos intempéricos.

A maior concentração de cálcio encontrada foi no rio Piracicaba especificamente no ponto JGLRP 12, durante a estação de inverno, 8mg/L. Durante o verão a máxima concentração encontrada no Rio Piracicaba foi de 1,63mg/L. Na Figura a 4.3.4.1 são demonstradas as variações das concentrações de cálcio no rio Piracicaba durante as épocas avaliadas.

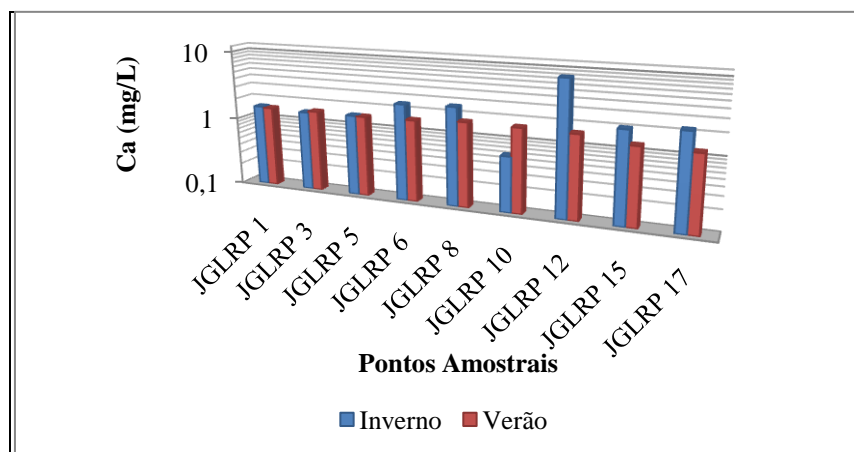


Figura 4.3.4.1 - Concentrações de Cálcio no rio Piracicaba.

Nos tributários durante a estação de inverno, a máxima concentração encontrada foi de 7,42 mg/L especificamente no córrego Batatal (JGLCP 11). No verão os tributários registraram concentração máxima de 1,53mg/L (Figura 4.3.4.2).

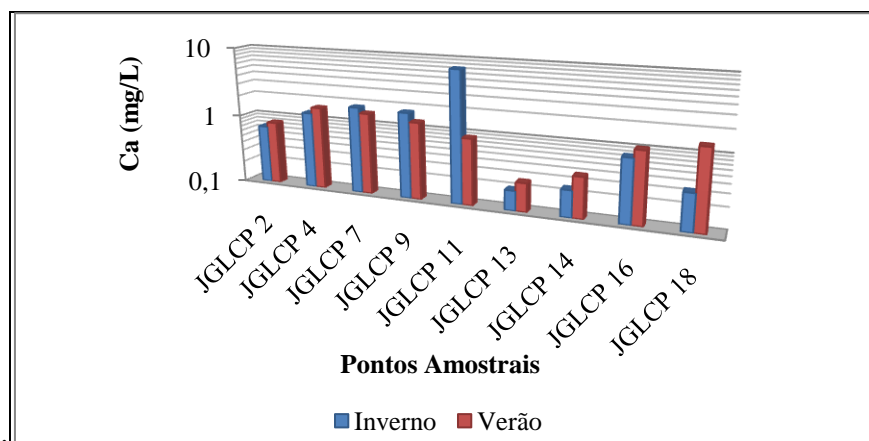


Figura 4.3.4.2 - Concentrações de Cálcio nos tributários do rio Piracicaba.

#### **4.3.4. Cobalto (Co)**

De acordo com Wedepohl (1978), o cobalto pode ser facilmente solubilizado durante o intemperismo, não formando minerais residuais de silicato, diferentemente o que ocorre com o níquel. Em águas naturais as concentrações encontradas geralmente não ultrapassam 10µg/L (Greenberg, 1992).

Foram encontradas concentrações maiores que o limite de quantificação em dois pontos no rio Piracicaba e um ponto no Córrego Mata (JGLCP 4). As concentrações encontradas foram durante a estação de verão e todas ficaram dentro do permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para classes de corpos d' água 1 e 2.

#### **4.3.5. Cromo (Cr)**

O cromo é considerado como um elemento traço por ser encontrado em baixas concentrações na crosta terrestre. Na água doce, as concentrações encontradas geralmente são muito baixas não ultrapassando na maioria dos casos 1µg/L. O cromo pode ser encontrado também em rochas ultramáficas e rochas vulcano-clássicas (Fukuzawa, 2008).

Na área estudada, apenas no Córrego do Paiol (JGLCP 2) foi encontrada concentração maior que o limite de quantificação do aparelho utilizado na leitura. A concentração encontrada foi de 11,8µg/L durante a estação de inverno. Tal concentração é superior a permitida pela Resolução CONAMA 357/05 que é de 5µg/L para corpos d'água de classes 1 e 2.

#### **4.3.6. Ferro (Fe)**

Na crosta terrestre as rochas ígneas ou magmáticas, podem ser consideradas como fontes naturais de ferro por terem em sua composição minerais como olivina ((Mg,Fe)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>), magnetita (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), biotita (K(Mg,Fe)<sub>3</sub>(Al,Fe)) dentre outros (Roeser, 2004). Além das rochas, o ferro também pode ocorrer nas águas superficiais por meio da dissolução de compostos do solo, através de despejos industriais e por processos erosivos que ocorrem nas margens dos rios nas estações chuvosas (IGAM, 2007).

As concentrações encontradas no Rio Piracicaba durante a estação seca variaram entre 47,2 a 256µg/L. Na estação chuvosa as concentrações foram ainda maiores, variando de 160,3 a 429,90µg/L (Fig. 4.3.6.1). Comparando as concentrações encontradas no rio com a estabelecida pela resolução CONAMA 357/05 para corpos d' água de classes 1 e 2, os pontos JGLRP 1B e JGLRP 3B apresentaram concentrações maiores que a permitida (Figura 4.3.6.1). É provável que as concentrações encontradas nos seis primeiros pontos (JGLRP 1B ao JGLRP 6B) durante a estação de verão, tenham influencia de processos erosivos provenientes de áreas desmatadas presentes na região onde se encontram.

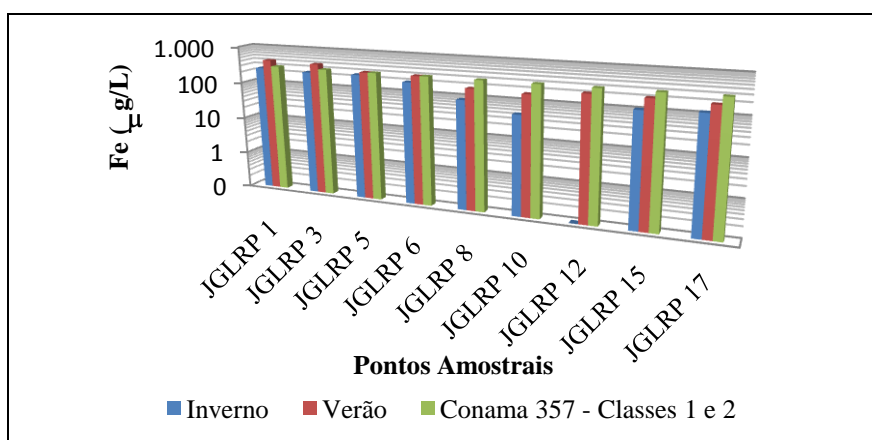


Figura 4.3.6.1 – Concentrações de Ferro no rio Piracicaba.

Nos tributários, assim como no Rio Piracicaba as maiores concentrações também foram encontradas na estação chuvosa conforme visto a seguir.

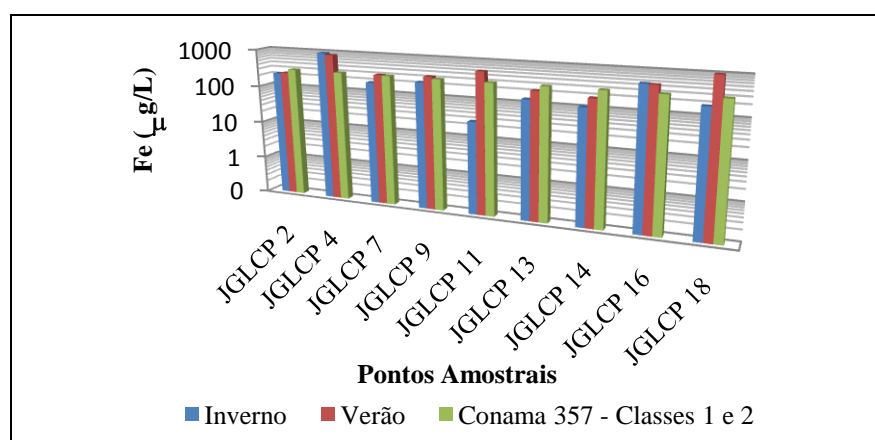


Figura 4.3.6.2 – Concentrações de Ferro nos tributários do rio Piracicaba.

Dentre todos os pontos avaliados tanto no rio como nos tributários, o córrego Itapai (JGLCP 18B) registrou a maior concentração, sendo está de 1650µg/L encontrada durante o verão. Assim como no rio, alguns tributários apresentaram concentrações que ultrapassaram o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05. Comparando as figuras e os dados de concentrações de ferro encontrados, os córregos apresentam maiores níveis de concentrações em relação ao rio, é provável que os mesmos sofram uma ação antrópica mais intensa, devido a mineração.

#### **4.3.7. Potássio (K)**

O potássio é um elemento facilmente absorvido pelas argilas e também essencial para vegetais. Devido sua participação nos processos de troca iônica, os teores de potássio nas águas subterrâneas são baixos variando entre 1 a 5mg/L. Em estudos realizados por Meybeck (1979) em rios da América do Sul, a concentração média encontrada de potássio foi na ordem de 1,5mg/L.

No Rio Piracicaba as maiores concentrações foram registradas durante a estação de inverno, sendo o valor da maior concentração de 0,77mg/L (Fig. 4.3.7.1). No verão a maior registrada foi de 0,36mg/L.



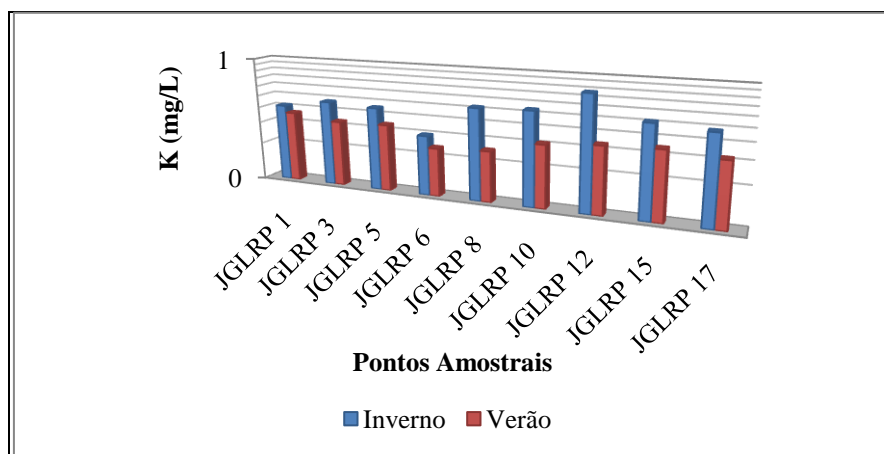


Figura 4.3.7.1 – Concentrações de Potássio no Rio Piracicaba.

Nos tributários a maior concentração encontrada foi no córrego Batatal, na ocasião o valor registrado foi de 1,32mg/L (Fig. 4.3.7.2). No verão a concentração máxima encontrada nos tributários foi de 0,60mg/L.

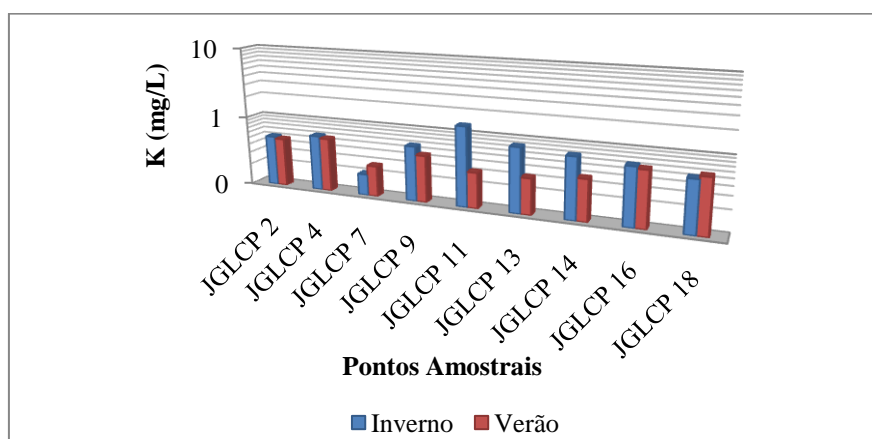


Figura 4.3.7.2 – Concentrações de Potássio nos tributários do rio Piracicaba.

Observando os dados, apenas uma concentração encontrada se aproximou da média proposta por Meybeck (1979), as outras concentrações registradas ficaram bem abaixo. Isso demonstra que a concentração de potássio está em níveis naturais para a região estudada.

#### **4.3.8. Lítio (Li)**

A principal fonte natural de lítio são os aluminossilicatos (espodumênio, lepidolita, amblygonita e petalita) que são encontrados geralmente em rochas máficas e nos

pegmatitos. Em águas naturais, o lítio está presente em concentrações da ordem de 0,2 mg/L (Fukuzawa, 2008). Sua ocorrência em águas residuárias pode estar relacionada ao seu uso na indústria de baterias automotivas.

No Rio Piracicaba assim como em seus tributários as concentrações de lítio foram bem baixas, nenhuma concentração ultrapassou o limite determinado pela Resolução CONAMA 357/05, que é de 2500µg/L para corpos d' água de classes 1 e 2. A máxima concentração registrada foi de 1,42µg/L durante o inverno, sendo que tal leitura foi no ponto JGLRP 12, que é um ponto localizado no rio Piracicaba. Durante o verão todas as leituras realizadas no rio ficaram abaixo do nível de detecção do aparelho utilizado nas análises. Nos tributários apenas uma leitura foi detectada durante o inverno, cuja concentração encontrada foi de 1,03µg/L no córrego Congonhas. Na estação de verão, no córrego Brumado (JGLCP 7B) foi encontrada a maior concentração registrada em relação aos outros pontos, sendo a mesma da ordem de 2,26 µg/L.

#### **4.3.9. Magnésio (Mg)**

O magnésio apresenta propriedades similares a do cálcio, porém é mais solúvel e mais difícil de precipitar, tendendo sempre permanecer em solução. Segundo Weiner (2000), o magnésio assim como cálcio são elementos responsáveis pela dureza das águas naturais. De acordo com Meybeck (1979) a concentração natural para rios localizados na América do Sul é de 4,9mg/L.

As concentrações de magnésio no Rio Piracicaba apresentaram variações de 0,33 a 4,66 mg/L no inverno e no verão apresentou variações entre 0,63 e 0,83mg/L (Fig. 4.3.9.1). Nos tributários foram encontradas variações entre 0,25 a 1,35mg/L durante o inverno e no verão as variações registradas foram entre 0,14 a 0,99mg/L (Fig. 4.3.9.2).

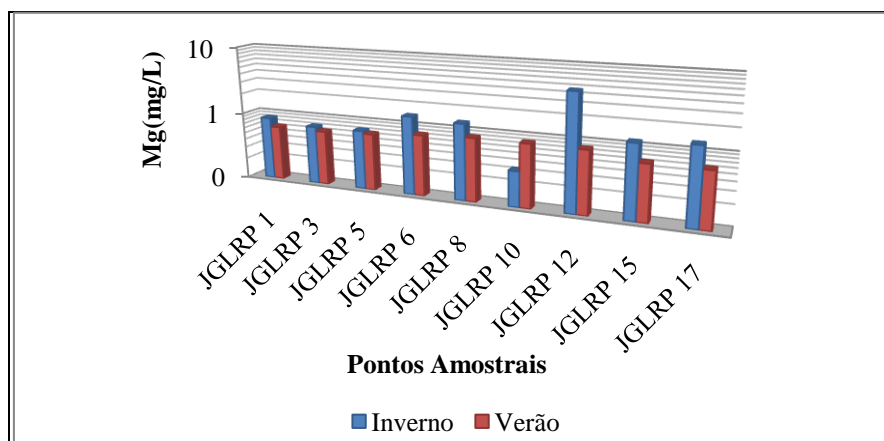


Figura 4.3.9.1– Concentrações de Magnésio encontradas no rio Piracicaba.

Em tributários foram encontradas variações entre 0,25 a 1,35mg/L durante o inverno e no verão as variações registradas foram entre 0,14 a 0,99mg/L conforme pode ser visto na Figura 4.3.9.2 apresentada logo a seguir.

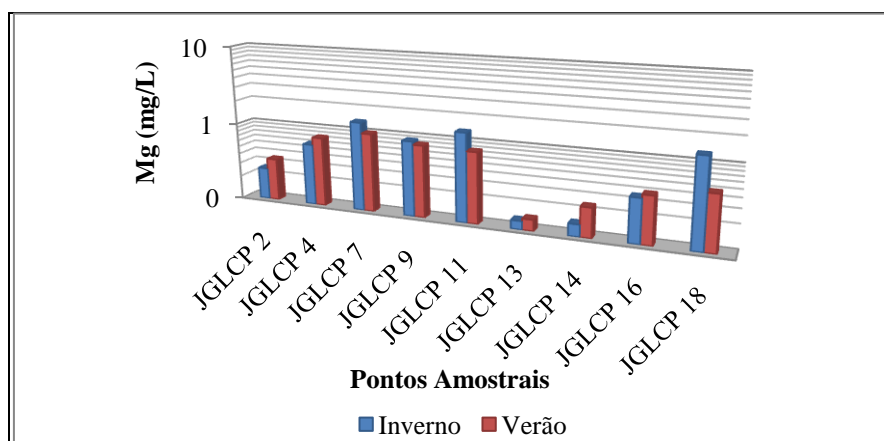


Figura 4.3.9.2 – Concentrações de Mg nos tributários do rio Piracicaba.

Da mesma forma que o potássio, os níveis de concentrações são bem baixos, sendo provável que também são naturais da região.

#### **4.3.10. Manganês (Mn)**

Tanto em águas naturais quanto em subterrâneas as concentrações de manganês não ultrapassam 1mg/L. Quando presente acima desse teor pode conferir a água sabor e odor, manchar tecidos e objetos de porcelana. Em ambientes com pH acima de 8 pode ocorrer à

formação de  $MnO_2$  que por sua vez, dificulta o processo de coagulação no tratamento de água bruta para abastecimento (Sampaio, 1995).

As variações das concentrações encontradas no rio Piracicaba durante a estação de inverno ficaram entre 19,5 a 181,1  $\mu g/L$  e durante o verão a variação foi bem maior ficando entre 37,45  $\mu g/L$  a 251,4  $\mu g/L$  (Fig. 4.3.10.1).

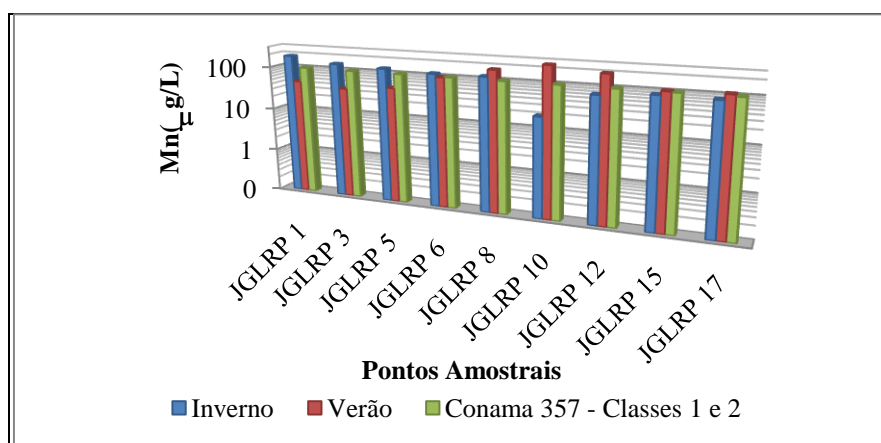


Figura 4.3.10.1 – Concentrações de Manganês no rio Piracicaba.

Nos tributários os intervalos de variações das concentrações foram bem maiores que no rio Piracicaba. Durante a estação de inverno as concentrações variaram entre 11,7 a 690  $\mu g/l$  e no verão as concentrações encontradas variaram entre 14,71 e 719  $\mu g/l$  (Fig. 4.3.10.2).

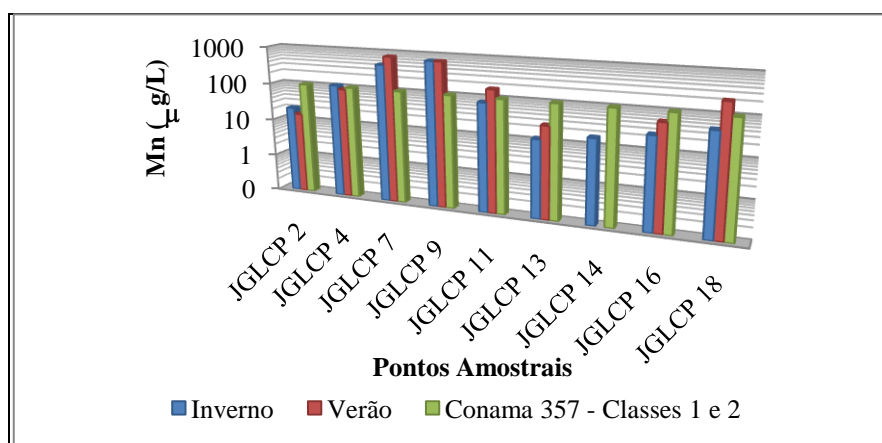


Figura 4.3.10.2 – Concentrações de Mn nos tributários do rio Piracicaba.

Tanto no rio Piracicaba como em seus tributários também foram observados que muitos pontos apresentaram concentrações maiores que 100  $\mu g/l$ , concentração está

estabelecida pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos d' água de classes 1 e 2. Tal fato pode ser visto nas Figuras acima.

#### **4.3.11. Molibdênio (Mo)**

Segundo Greemberg (1992) em águas naturais o molibdênio ocorre em concentrações traços, ou seja, menor que 10µg/L. De acordo com o mesmo autor em águas drenadas de áreas mineradas ou de efluentes de processos que utilizam molibdênio, as concentrações podem ser bem maiores que as naturais.

Apenas alguns pontos que as concentrações de molibdênio ficaram acima do nível de detecção. No rio Piracicaba apenas o ponto JGLRP 15 apresentou leitura de concentração na estação de inverno e verão. No inverno a concentração encontrada foi de 22,21µg/l e no verão de 23,14µg/l. Nos tributários as concentrações encontradas acima do nível de detecção do aparelho foram de 21,36µg/l (JGLCP 7B) e 27,17µg/l (JGLCP 13B), ambas na registradas na estação de verão. Nota que as concentrações encontradas são maiores que a natural e são pertencentes a pontos localizados próximo a mineração de ferro.

#### **4.3.12. Sódio (Na)**

O sódio é um elemento quase sempre presente nas águas superficiais e subterrâneas. Ele pode ser encontrado em rochas ígneas e metamórficas que contenham grande quantidade de quartzo e silicatos de alumínio como feldspatos e micas, que são minerais que oferecem baixa resistência as ações de agentes do intemperismo (Silva, 2007).

Algumas concentrações de sódio encontradas nos pontos avaliados foram bem baixas, demonstrando assim apenas uma influência litológica. Apenas dois pontos apresentaram concentrações bem maiores em relação aos outros. Uma dessas leituras foi encontrada no Rio Piracicaba cujo valor registrado foi de 23,2mg/L durante a estação seca. É possível que esta concentração tenham influência do Córrego Batatal onde, durante a mesma época do ano se encontrou uma concentração de 68,6mg/L (JGLCP11). Tal valor de concentração pode ser em virtude de decomposição de restos de vegetais e de dejetos de animais e sanitários pertencentes a propriedades rurais, além de atividades como

monocultura de eucalipto e mineração localizadas na região do Córrego Batatal. A seguir são apresentadas as diversas concentrações encontradas ao longo do trecho avaliado do rio Piracicaba (Fig. 4.3.12.1).

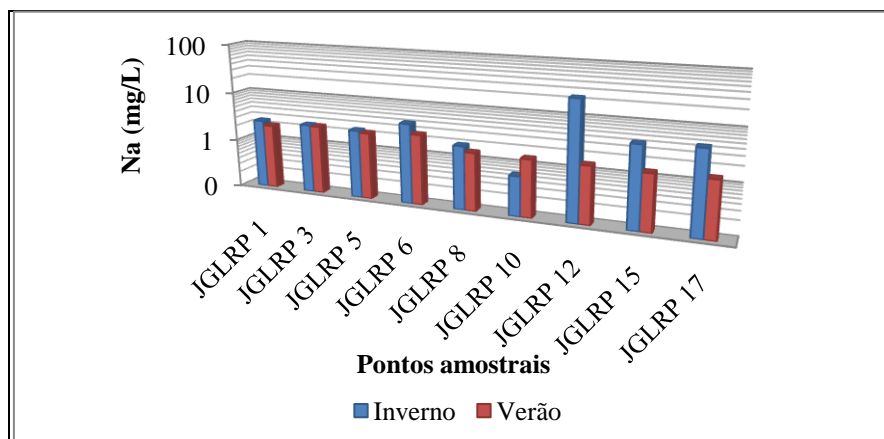


Figura 4.3.12.1 – Concentrações de Sódio no Rio Piracicaba.

No rio durante a estação chuvosa a maior leitura registrada foi de 2,61mg/L (Fig. 4.3.12.1). Em relação aos seus tributários, durante a estação chuvosa a maior concentração registrada foi de 2,58mg/L, encontrada no córrego Santana (Fig. 4.3.12.2)

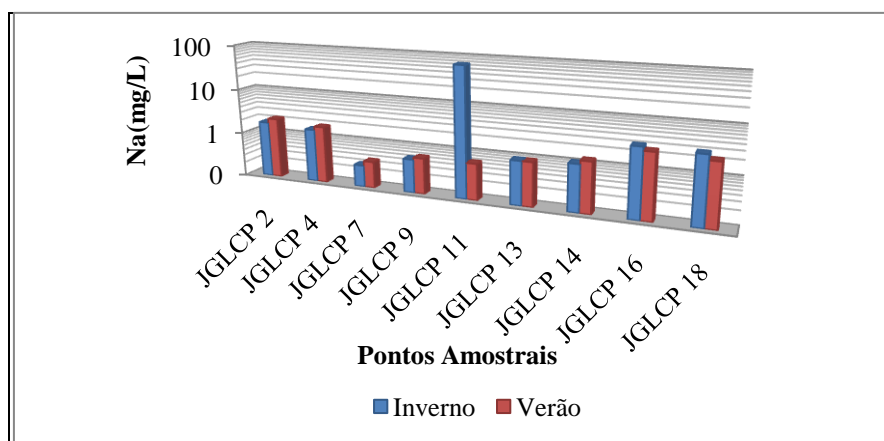


Figura 4.3.12.2 - Concentrações de Sódio nos tributários do rio Piracicaba.

#### **4.3.14. Enxofre (S)**

Em ambientes aquáticos, o enxofre pode ser encontrado em diversas formas, tais como sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), sulfito ( $\text{SO}_3^{2-}$ ), sulfeto ( $\text{S}^{2-}$ ), gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), associados a metais como ferro ( $\text{FeS}_2$ ), etc. Tem como fontes principais a

decomposição de rochas, chuva ácida, efluentes industriais, agroindustriais e de mineração.

Durante a estação seca o rio Piracicaba apresentou concentrações de enxofre variando entre 0,18 a 7,72mg/L. Na estação chuvosa a amplitude de variação foi bem menor ficando entre 0,51 a 0,87mg/L (Fig. 4.3.14.1).

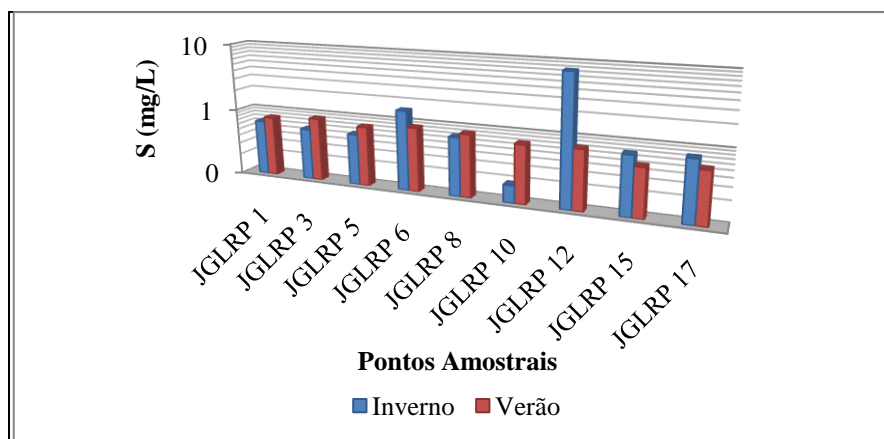


Figura 4.3.14.1 – Concentrações de Enxofre no rio Piracicaba.

Nos tributários durante a estação seca, as variações das concentrações de enxofre ficaram entre 0,09 a 15,4mg/L e na estação chuvosa as variações ficaram entre 0,09 a 0,40mg/L (Fig. 4.3.14.2).

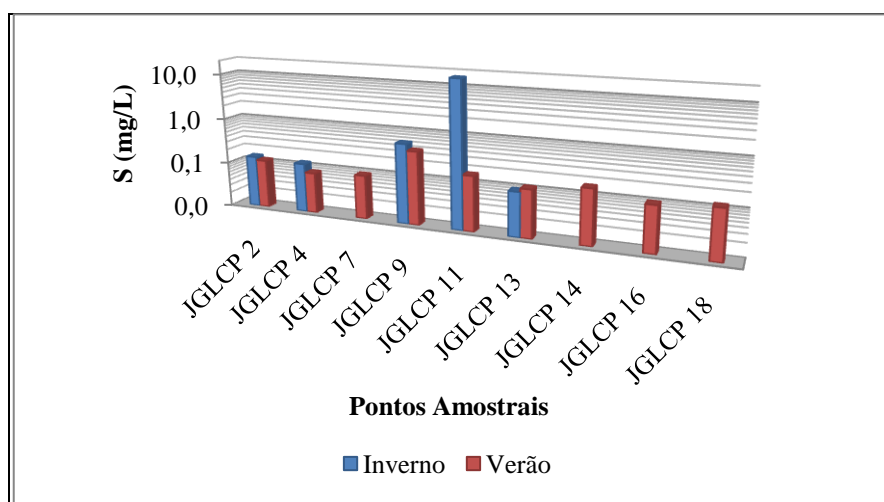


Figura 4.3.14.2 – Concentrações de Enxofre nos tributários do rio Piracicaba.

Como pode se observar as concentrações mínimas e máximas para enxofre tanto nos tributários como Rio Piracicaba ficaram acima do permitido pela Resolução

CONAMA 357/05 para rios de classes 1 e 2 que é de 0,002 mg/L. Dentre todos os pontos, o córrego Batatal (JGLCP 11) apresentou a maior concentração.

#### **4.3.15. Silício (Si)**

Tanto no rio Piracicaba assim como em seus córregos, as maiores concentrações de silício foram encontradas na estação chuvosa. No rio Piracicaba durante a estação seca, apenas em alguns pontos registrou presença de silício. As concentrações encontradas para estes pontos variaram entre 2,62 a 3,46mg/L. Na estação chuvosa as variações ficaram entre 1,53 a 6,08mg/L (Fig. 4.3.15.1).

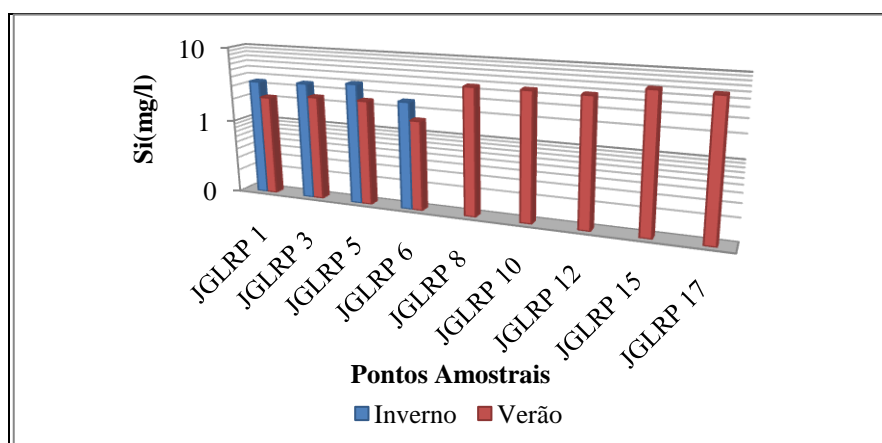


Figura 4.3.15.1 – Concentrações de Si no rio Piracicaba.

Observando a Figura acima, as concentrações encontradas de silício nos pontos mais a montante (JGLRP 8 em diante) se localizam em áreas povoadas e influenciadas pela mineração, sendo provável que tais motivos são contribuintes para os níveis de silício encontrados nessa parte do rio Piracicaba, onde o mesmo se apresenta bem assoreado e com a presença de áreas desmatadas. Em relação às concentrações encontradas nos tributários, apenas os córregos Paiol (JGLCP 2) e Mata (JGLCP 4) apresentaram registro de concentração de silício, sendo ambas de 4,88 e 4,57mg/L respectivamente, durante a estação seca. Na estação chuvosa, as concentrações variaram entre 4,84 a 14,79mg/L conforme pode visto na Figura 4.3.15.2.



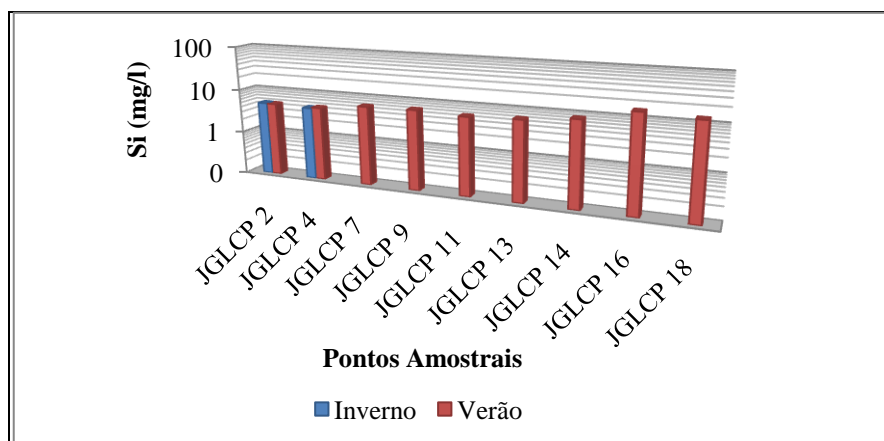


Figura 4.3.15.2 – Concentrações de Si nos tributários do rio Piracicaba.

Os córregos que se localizam na mesma região do Rio Piracicaba discutida anteriormente também apresentaram níveis de silício mais elevado em relação aos córregos localizados em partes mais a jusantes. Tal fato demonstra que os córregos também contribuem para as concentrações de silício no Rio Piracicaba e que os mesmo sofrem também com ações antrópicas.

#### **4.3.16. Zinco (Zn)**

Em solos o zinco ocorre na forma  $Zn^{2+}$ , sendo esta, a forma absorvida pelas plantas. Para cada aumento de uma unidade de pH, sua concentração em solos diminui 100 vezes (Neto *et al.*, 2001). Segundo Hem (1985) as concentrações de zinco em corpos d' águas naturais pode ser inibida devido à interação com superfícies minerais pré-existentes por meio de processos de adsorção simples, troca ou coprecipitação.

No rio Piracicaba as concentrações de zinco encontradas durante o inverno variaram entre 2,43 a 9,43 $\mu$ g/l. No verão, as concentrações encontradas ficaram entre 5,62 $\mu$ g/l e 8,55 $\mu$ g/l (Fig. 4.3.16.1).

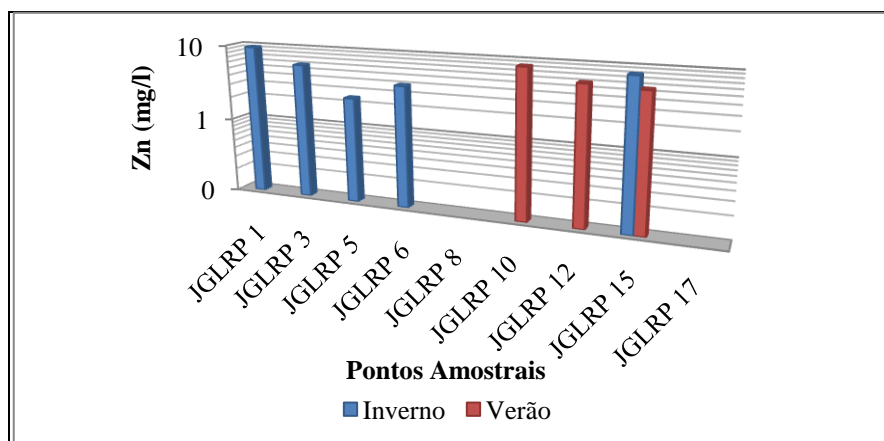


Figura 4.3.16.1 – Concentrações de Zinco no rio Piracicaba.

Nos tributários, as concentrações encontradas durante a estação de inverno variaram entre 4,06µg/l e 6,55µg/l. No verão as concentrações obtiveram variações entre 4,95µg/l e 14,97µg/l, conforme pode ser visto a seguir.

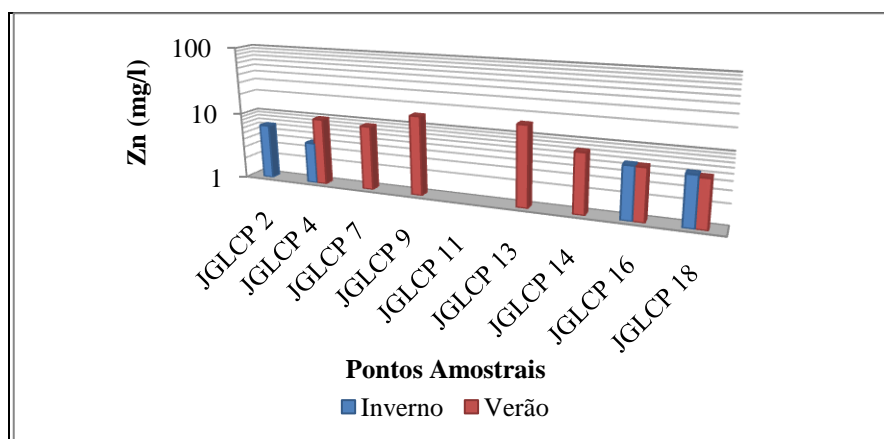


Figura 4.3.16.2 – Concentrações de Zinco nos tributários do rio Piracicaba.

É importante ressaltar que todas as concentrações encontradas, ficaram bem abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 que é de 180µg/L.

#### **4.3.17. Estrôncio (Sr)**

O estrôncio pode ser encontrado em minerais silicatos, onde geralmente substitui elementos como Na, K e Rb. Esse tipo de substituição ocorre freqüentemente nos

feldspatos (Goulart, 2008). Comercialmente é muito usado na indústria açucareira no recobrimento de melaças, na fabricação de fogos de artifícios e na medicina.

Os teores de Sr encontrados no rio Piracicaba durante a estação seca variaram entre 5,14 a 12,31 $\mu\text{g/L}$ . Na estação chuvosa os teores variaram entre 5,26 a 8,39 $\mu\text{g/L}$  conforme pode ser visto na Figura 4.3.17.1.

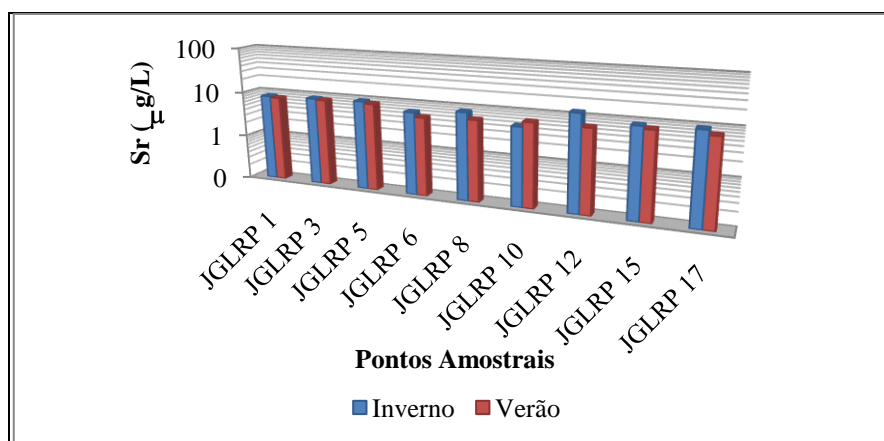


Figura 4.3.17.1 – Concentrações de Estrôncio no rio Piracicaba.

Nos córregos os teores variaram entre 2,80 a 13 $\mu\text{g/L}$  durante a estação seca e durante a chuvosa variaram entre 3,22 a 21,39 $\mu\text{g/L}$  (Fig. 4.3.17.2).

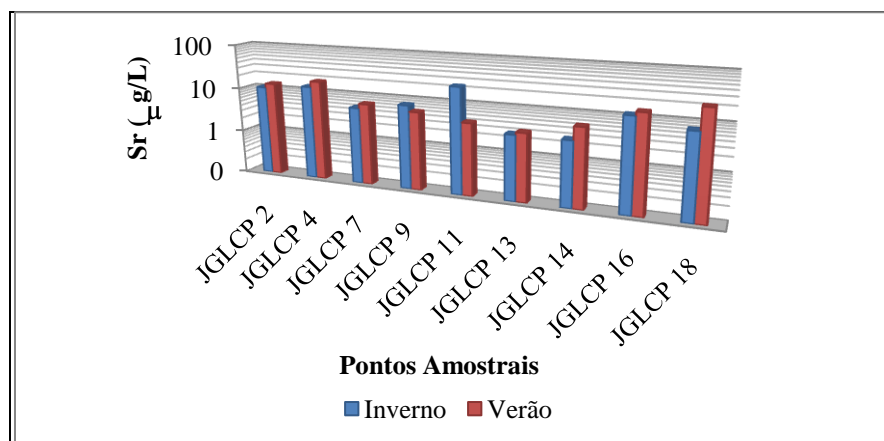


Figura 4.3.17.2 – Concentrações de Estrôncio nos tributários do Rio Piracicaba.

Nota-se que é provável que os pontos JGLCP 16B e 18B podem estar influenciando as concentrações no rio Piracicaba nos pontos JGLRP 15B e 17B respectivamente assim como acontece em outros pontos conforme pode ser visto nas Figuras acima.

#### 4.4. Classificação Química do Rio Piracicaba

A composição química das águas superficiais tem influência direta de fatores ligados ao clima de uma região. Segundo Gibbs (1970), os principais mecanismos naturais que interferem na composição química das águas superficiais são: a precipitação, que exerce influência tanto na composição química como na quantidade; o intemperismo de rochas, a evaporação e a cristalização fracionada. Além de Gibbs, Berner e Berner (1987) também propuseram uma classificação que se baseia em um diagrama em forma de bumerangue, no qual se determina quais fatores climáticos proporcionam maior influência na composição química das águas superficiais. O diagrama estabelece uma relação entre os Sólidos Totais Dissolvidos e os cátions  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Na}^+$  que são considerados uns dos principais cátions encontrados em águas superficiais.

De acordo com os diagramas gerados para o Rio Piracicaba e seus tributários, a maioria dos pontos determinados se encontra no canto inferior direito do diagrama em uma posição intermediária. Também pode se observar que dois pontos, sendo um no Rio Piracicaba e outro em um dos seus tributários apresentou valores de TDS maiores se comparado com os outros pontos, fazendo com que esses dois pontos fiquem fora da área de influência dos outros.

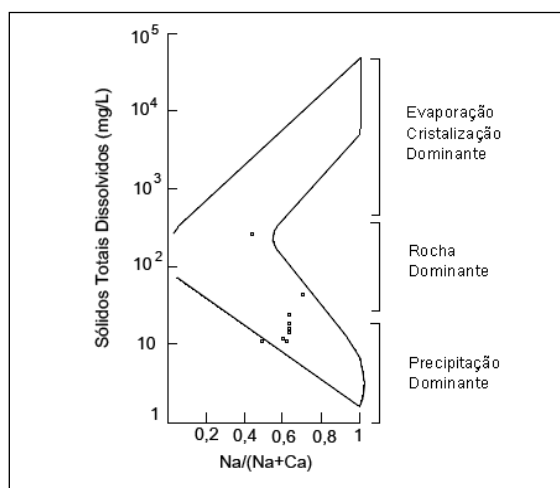


Figura 4.4.1 - Diagrama Bumerangue o Rio Piracicaba

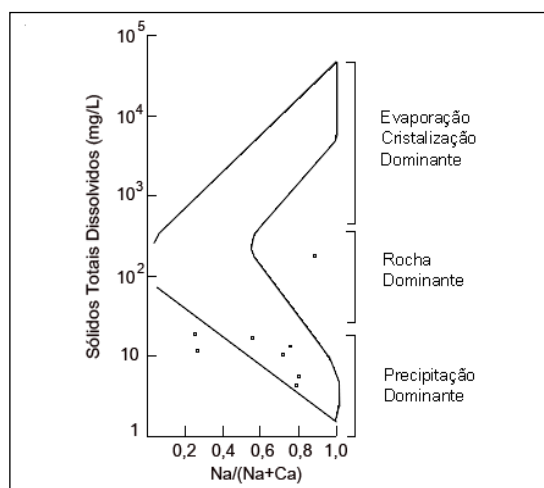


Figura 4.4.2 – Diagrama Bumerangue para os Tributários do Rio Piracicaba

Tais resultados demonstram que as águas do Rio Piracicaba assim como outros rios tropicais da América do Sul, sofrem influencia da precipitação e do intemperismo de rochas, fazendo que ocorra em suas águas baixa concentração de sais dissolvidos. Além do Rio Piracicaba, a composição química das águas do Rio Amazonas também sofrem a mesma influência conforme pode ser observado na Figura 4.4.3

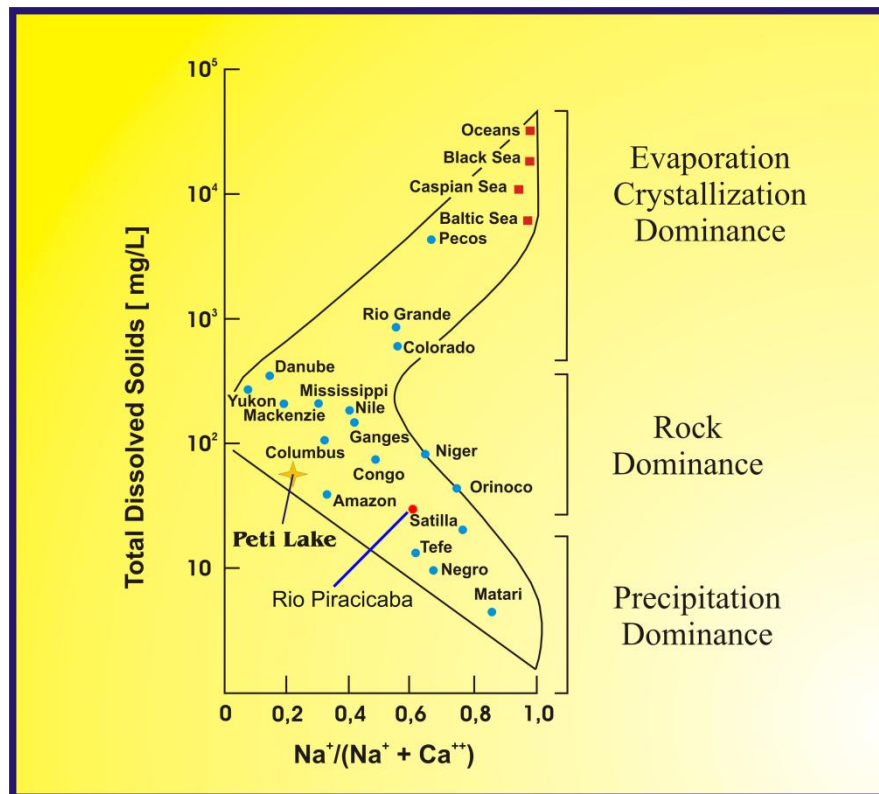


Figura 4.4.3 - Classificação do Rio Piracicaba comparada com outros rios de regiões tropicais.

Outros dois rios brasileiros que se destacam no digrama são o Rio Grande e o Rio Negro. Sendo ambos encontrados em posições distintas no diagrama. No caso do Rio Grande suas águas são influenciadas basicamente pelo processo de cristalização fracionada, fazendo com que suas águas tenham elevadas concentrações de TDS e de  $\text{Na}^+$ . O Rio Negro basicamente é influenciado pela água da chuva, fazendo com que sua composição química seja semelhante à mesma, ou seja, baixa TDS e alta concentração de Na se comparada com as concentrações de  $\text{Ca}^{2+}$ .

O Rio Piranga, outro afluente do Rio Doce, de acordo com Fukuzawa (2008) também recebe influencias dos processos de erosão de rochas e precipitação, assim como o Rio Amazonas e Piracicaba.

Os valores utilizados para construção do gráfico assim também como os dois pontos (JGLRP 8 e JGLCP 11) que apresentaram valores de TDS muito maiores em relação aos outros estão apresentados em destaque na Tabela a seguir.

Tabela 4.4. 1 - Valores médios das concentrações de Ca, Na e Sólidos Totais. Obs: JGLRP para pontos no rio e JGLCP para pontos nos córregos.

Pontos Amostrais	Coordenadas		Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	TDS	Na/(Ca <sup>2+</sup> + Na <sup>+</sup> )
	x	y	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
JGLRP 1	678252	7769921	1,50	2,30	17,37	0,61
JGLCP 2	679699	7771105	0,74	1,97	10,64	0,73
JGLRP 3	679734	7771610	1,46	2,50	19,62	0,63
JGLCP 4	681604	7772800	1,39	1,65	17,40	0,54
JGLRP 5	680589	7774305	1,45	2,32	17,14	0,62
JGLRP 6	665223	7770115	1,96	3,38	23,02	0,63
JGLCP 7	655187	7769805	1,59	0,34	20,81	0,18
<b>JGLRP 8</b>	<b>666290</b>	<b>7769079</b>	<b>2,09</b>	<b>1,67</b>	<b>367,05</b>	<b>0,44</b>
JGLCP 9	665233	7766582	1,46	0,58	14,98	0,28
JGLRP 10	667434	7765838	1,10	1,02	11,98	0,48
<b>JGLCP 11</b>	<b>667471</b>	<b>7765482</b>	<b>4,15</b>	<b>34,61</b>	<b>135,40</b>	<b>0,89</b>
<b>JGLRP 12</b>	<b>668302</b>	<b>7765956</b>	<b>4,76</b>	<b>12,30</b>	<b>66,46</b>	<b>0,72</b>
JGLCP 13	668481	7766008	0,22	0,91	7,18	0,80
JGLCP 14	671643	7766766	0,31	1,15	6,20	0,79
JGLRP 15	678325	7769443	1,62	2,78	27,57	0,63
JGLCP 16	677292	7767295	0,90	2,85	16,37	0,76
JGLRP 17	676980	7767579	1,72	2,98	21,92	0,63
JGLCP 18	677706	7768044	0,83	2,57	14,13	0,76

Obs: JGLRP para pontos no rio e JGLCP para pontos nos córregos.

Valores em negrito, pontos com alta concentração de TDS.

Os valores médios de Ca<sup>2+</sup> obtiveram variações entre 0,22 a 4,76mg/L. As concentrações de Na<sup>+</sup> apresentaram valores médios entre 0,34 a 34,61mg/L. E as concentrações de Sólidos Totais Dissolvidos apresentaram variações entre 6,20mg/L a 367,05mg/L.

#### 4.5. Classificação das Águas do Rio Piracicaba Segundo a Resolução CONAMA 357/05

Com os resultados de alguns atributos físico-químicos das águas do Rio Piracicaba determinados, os limites máximos e mínimos dos mesmos foram comparados com limites permissíveis pela Resolução CONAMA 357/05, conforme apresentado na Tabela 4.5.1.

Tabela 4.5.1 – Comparação dos resultados dos parâmetros físico-químicos obtidos com valores permissíveis pela Resolução CONAMA 357/05.

Parâmetros	Unid.	Classes			Inverno		Verão	
		1	2	3	max.	min.	max.	min.
Alumínio	mg/L	0,1	0,1	0,2	<b>0,339</b>	0,012	0,069	0,010
Bário	mg/L	0,7	0,7	1	0,04	0,06	0,044	0,004
Cobalto	mg/L	0,05	0,05	0,2	LQ	LQ	0,024	0,014
Cromo	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,012	0,012	LQ	LQ
Cádmio	mg/L	0,001	0,001	0,01	<b>0,0078</b>	<b>0,00679</b>	LQ	LQ
Ferro	mg/L	0,3	0,3	5	<b>0,946</b>	0,28	<b>1,65</b>	0,16
Manganês	mg/L	0,1	0,1	0,5	<b>0,69</b>	0,012	0,0009	0,00013
Lítio	mg/L	2,5	2,5	2,5	0,001	0,001	0,0022	0,00092
Fósforo	mg/L	0,02	0,03	0,075	LQ	LQ	0,000021	0,000021
Vanádio	mg/L	0,1	0,1	0,1	LQ	LQ	0,0023	0,0023
Zinco	mg/L	0,18	0,18	0,5	0,0094	0,0024	0,014	0,0049
Enxofre	mg/L	0,02	0,02	0,3	<b>15,40</b>	<b>0,09</b>	<b>0,87</b>	<b>0,08</b>
Turbidez	NTU	40	100	100	<b>55,00</b>	3,00	<b>59,00</b>	2
Cloreto	mg/L	250	250	250	32,33	2,43	4,41	2,50
Sulfato	mg/L	250	250	250	25,58	1,25	9,29	0,16
pH	-	6 a 9	6 a 9	6 a 9	7,22	6,70	6,72	<b>4,54</b>
TDS	mg/L	500	500	-	<b>716</b>	6,19	23,61	4,84

OBS:LQ = Limite de quantificação.

Valores em negritos ultrapassam os limites permissíveis pela Resolução CONAMA 357/05.

Baseando nos parâmetros físicos e químicos encontrados acima do permitido pela Resolução CONAMA 357/05, um mapa de qualidade das águas do trecho do Rio Piracicaba estudado pode então ser elaborado. O mesmo está apresentado na Figura 4.5.1.1.

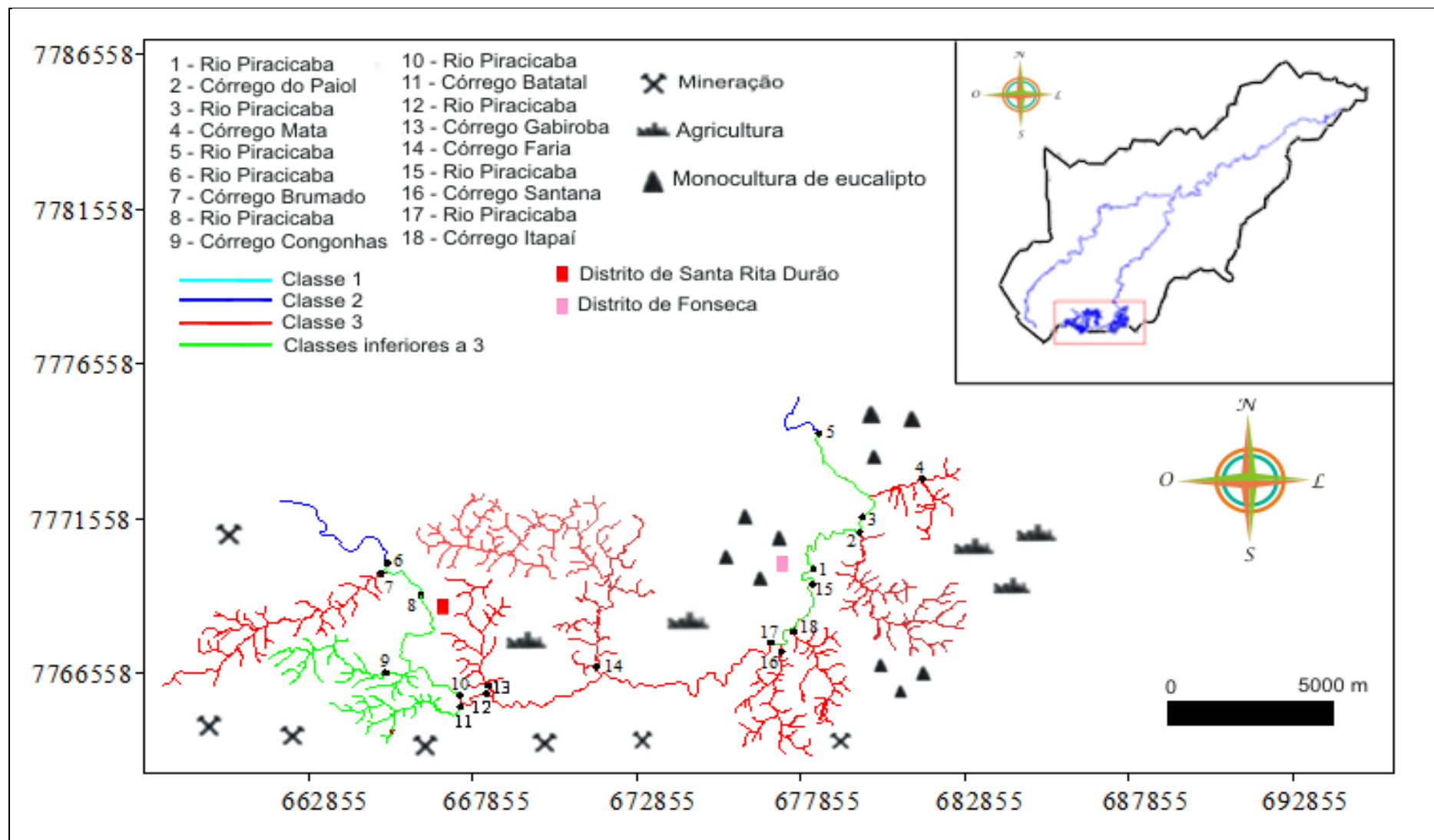


Figura 4.5.1.1 – Classificação das águas do Rio Piracicaba.



## 4.6. Correlações entre Elementos nas Águas do Rio Piracicaba

Elementos químicos podem ser classificados como elementos siderófilos, calcófilos, litófilos, atmófilos e biófilos. Os siderófilos por sua vez são considerados como elementos de transição com alta densidade, que tendem a fazer ligação com o ferro metálico no estado sólido ou fundido. Geralmente demonstram uma maior afinidade pelo ferro do que pelo oxigênio e enxofre sendo assim comuns no núcleo terrestre e em meteoritos sideríticos. Entretanto os elementos pertencentes ao grupo calcófilos são elementos que possuem forte afinidade com o cobre, fazendo também parte desse grupo os formadores das jazidas de sulfetos (Roeser, 2004). Os elementos litófilos são todos aqueles que possuem afinidade com o oxigênio e participam abundantemente na formação da crosta terrestre tendo também forte afinidade pela sílica. Os elementos atmófilos são definidos como o conjunto dos elementos gasosos responsáveis pela formação da atmosfera. E por fim, os biófilos são os elementos participantes na formação da matéria orgânica. A seguir é apresentada uma ilustração desta classificação na Tabela Periódica (Figura 4.6.1).

	1																		18						
1	1 H	2																		2 He					
2	3 Li	4 Be																		5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12								13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr							
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	(43) Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe							
6	55 Cs	56 Ba	57- -	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn							
7	87 Fr	88 Ra	89- -	(104) Rf	(105) Db	(106) Sg	(107) Bh	(108) Hs	(109) Mt	(110) Ds	(111) Rg	(112) Uub	(113) Uut	(114) Uuq	(115) Uup	(116) Uuh	(117) Uus	(118) Uuo							
Lantanídeos			57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	(61) Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu								
Actinídeos			89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	(93) Np	(94) Pu	(95) Am	(96) Cm	(97) Bk	(98) Cf	(99) Es	(100) Fm	(101) Md	(102) No	(103) Lr								

**Legenda:**

Litófilo	Siderófilo	Calcófilo	Atmófilo	muito raro
----------	------------	-----------	----------	------------

Figura 4.6.1 – Classificação dos elementos químicos segundo GOLDSCHMIDT (1937).

Muitos desses elementos participam da estrutura química dos diversos tipos de minerais responsáveis pela formação de rochas.

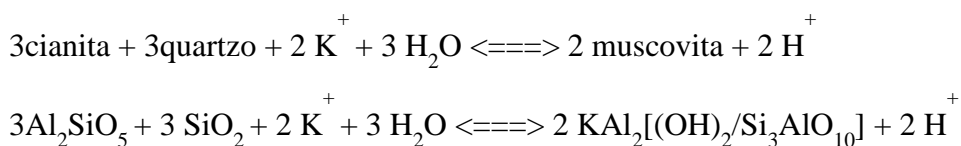
Os minerais apesar de terem estruturas químicas definidas, podem sofrer mudanças nas mesmas. Como exemplo de substituição, Fukuzawa (2008) cita os teores de Ag na galena (PbS), além do que ocorre com os minerais de olivina ((MgFe)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>) e seus membros extremos Fayalita (Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>) e Forsterita (Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>).

Devido aos processos de degradação existentes, geralmente causados pelos agentes do intemperismo, os diversos tipos de minerais vão liberando seus constituintes para o ambiente, sendo que muitos deles podem ser liberados de forma simultaneamente (Fukuzawa, 2008). Tal fato pode ser observado por meio de gráficos que possam demonstrar o comportamento das concentrações dos diversos elementos que possuem afinidades entre si na natureza. Com esse objetivo, a seguir serão apresentados alguns gráficos que demonstram a semelhança entre as concentrações de alguns elementos em parte do Rio Piracicaba e de alguns de seus tributários.

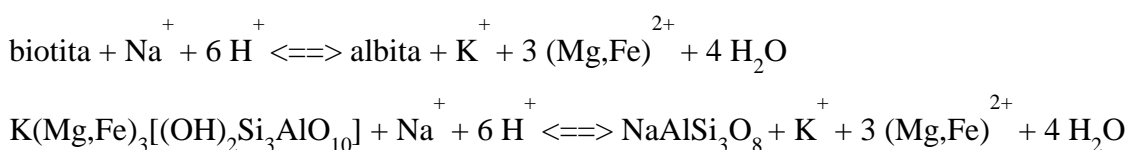
#### **4.6.1. Sódio, Potássio e Cálcio**

De acordo com a classificação de Goldschmidt, esses elementos são considerados como litófilos. Na crosta terrestre podem ser encontrados em rochas formadas por minerais como albita (Na(AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>)) e ortoclásio (KAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) dentre outros. Como exemplo, esses elementos podem ser liberados por meio de reações químicas influenciadas por agentes do intemperismo como demonstradas a seguir, no processo de transformação da cianita em outros minerais.

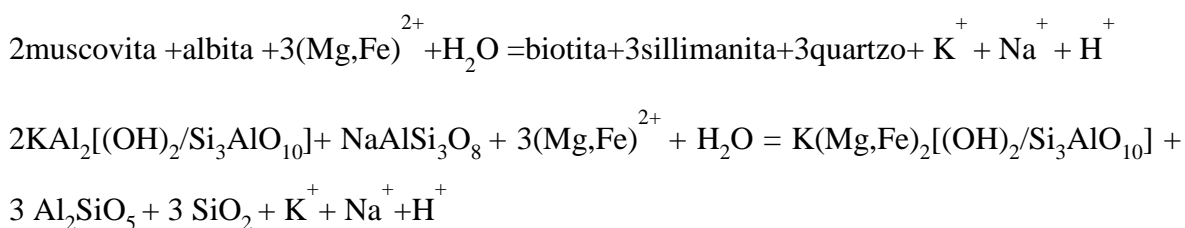
Equação (1)



Equação (2)



Equação (3)



Observando as equações, íons de  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  são liberados para o ambiente na mesma proporção. Geralmente minerais como biotita e muscovita podem ser encontrados em rochas pertencentes aos grupos Guanhães, Mantiqueira e Caraça dentre outros pertencentes á área em estudo. Em relação ao cálcio, suas origens dentro da área de estudo pode estar ligada a rochas cálcio silicáticas, que geralmente podem apresentar em sua estrutura minerais como anortita ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ), wollastonita ( $\text{CaSiO}_3$ ) e minerais de dolomita ( $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$ ), além do mineral plagioclásio ( $(\text{Na,Ca})\text{Al}(\text{Si,Al})\text{Si}_2\text{O}_8$ ) pertencente ao grupo dos feldspatos muito comum na região estudada.

No trecho do Rio Piracicaba as relações entre Na-K-Ca se mantiveram apenas durante a estação de inverno (Fig. 4.6.1.1 e 4.6.1.2). Durante o verão as concentrações demonstram comportamentos diferenciados nos pontos avaliados (Fig. 4.6.1.1 e 4.6.1.2).

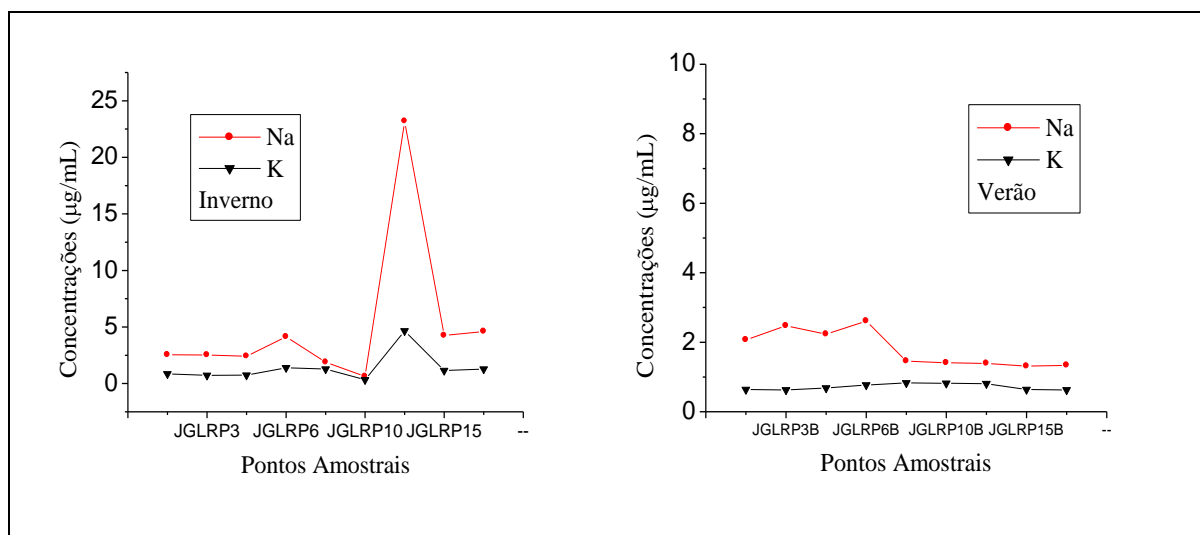


Figura 4.6.1.1 – Comportamento das concentrações de Na e K no Rio Piracicaba durante as épocas estudadas.

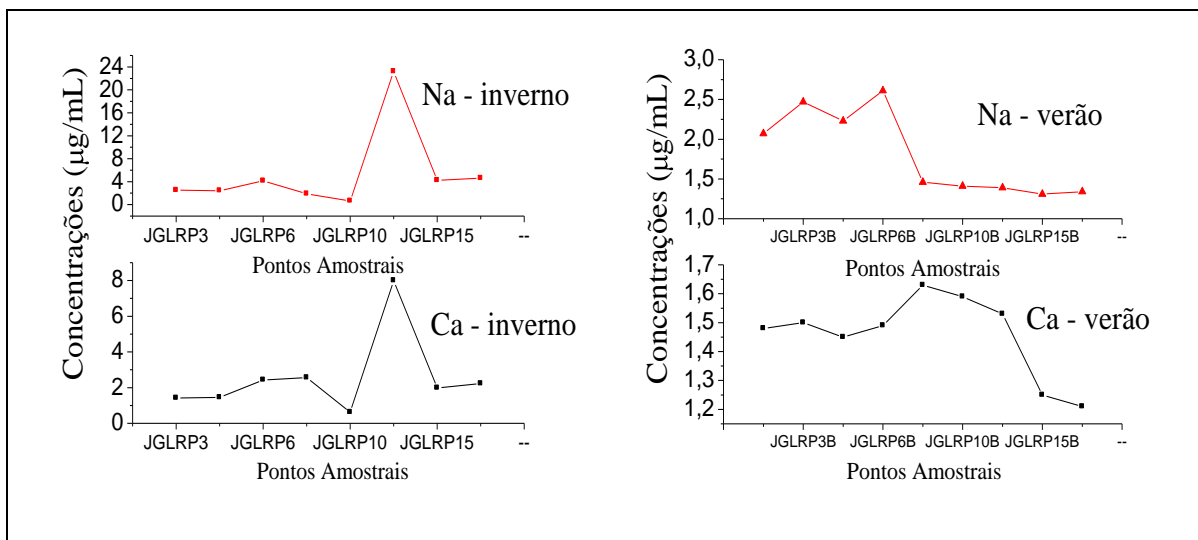


Figura 4.6.1.2 – Comportamento das concentrações de Na e Ca no Rio Piracicaba durante as épocas estudadas.

Os diferenciados comportamentos encontrados entre as concentrações de Na-K-Ca durante a estação de verão podem estar relacionados à diferenciação entre a intensidade de fenômenos como precipitação, vento e temperatura nas rochas e solos presentes na região, não podendo também descartar a ação antrópica e a quantidade de minerais que contém esses elementos nas rochas da região.

A seguir são demonstrados os comportamentos das concentrações desses elementos nos tributários do Rio Piracicaba durante as épocas de inverno e verão.

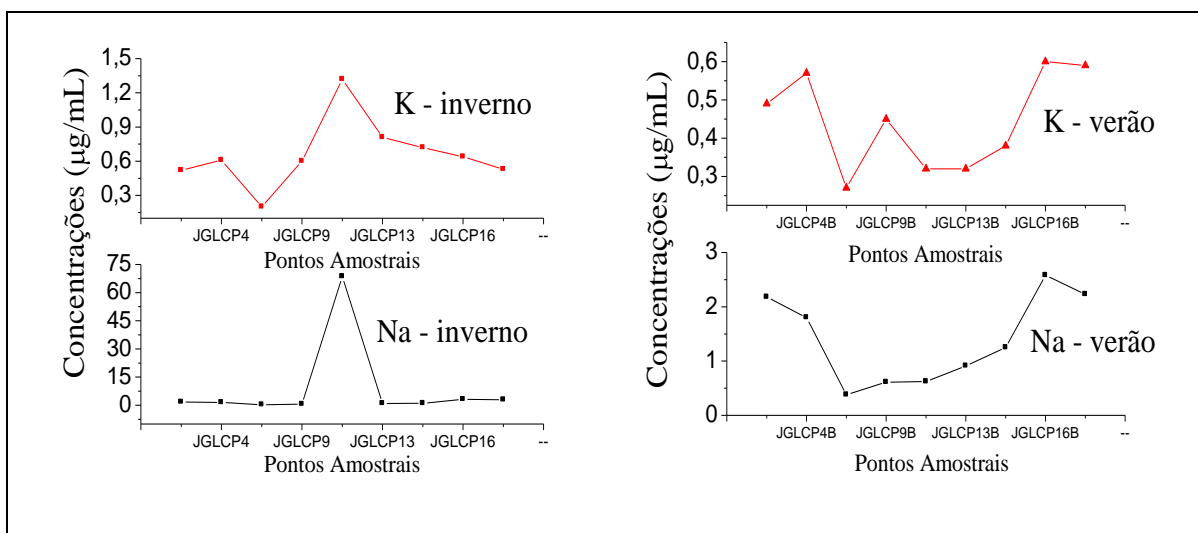


Figura 4.6.1.3 – Comportamento das concentrações de Na e K nos tributários do Rio Piracicaba durante as estações de inverno e verão respectivamente.

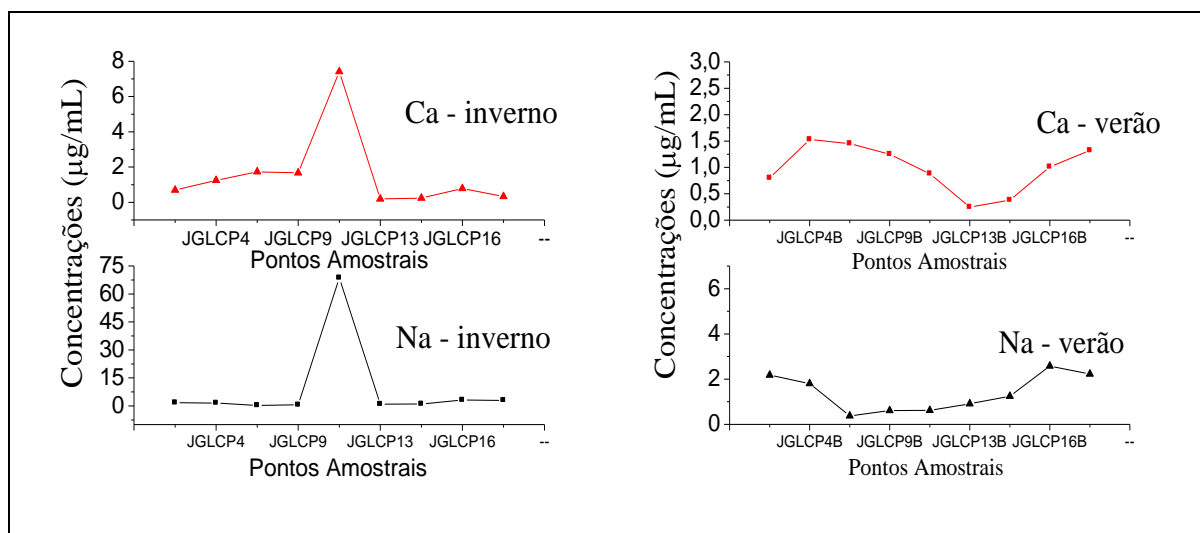


Figura 4.6.1.4 – Comportamento das concentrações de Na e Ca nos tributários do Rio Piracicaba durante as épocas de inverno e verão respectivamente.

Observando as Figuras acima, é possível verificar que o mesmo comportamento que ocorre nos córregos também ocorreu no Rio Piracicaba. É provável que as mesmas causas estejam influenciando a diferenciação do comportamento das concentrações na época do verão em seus tributários.

#### **4.6.2. Cálcio e Magnésio**

Na área em estudo a origem do elemento magnésio pode estar ligada às rochas que apresentam intercalações com anfibólios. Tais rochas podem ser encontradas nos complexos Mantigueira e Guanhões, além de rochas pertencentes ao Supergrupo Minas. Nessas rochas podem ser encontrados minerais como a hornblenda ( $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_4\text{Al}(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH,F})_2$ ), etc. A origem do elemento cálcio já foi comentada no item anterior. Segundo Fukuzawa por cálcio e magnésio terem raios iônicos semelhantes, esta característica faz com que esses elementos ocorram em comum em muitos minerais na crosta terrestre.

No Rio Piracicaba, em ambas as épocas avaliadas, as concentrações de Ca e Mg demonstraram semelhante comportamento conforme ilustrado a seguir.

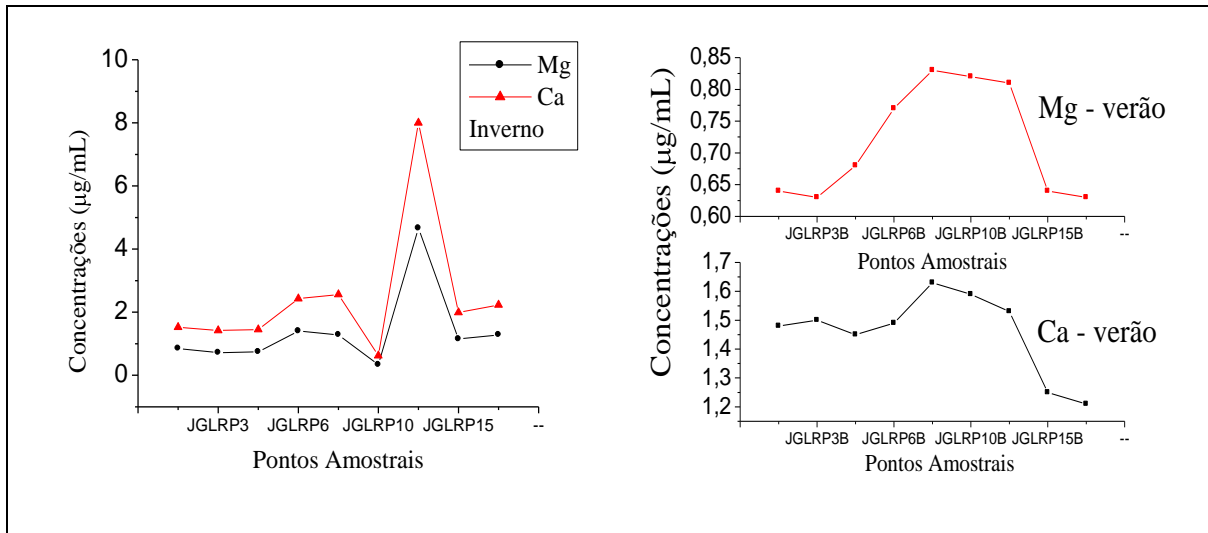


Figura 4.6.2.1 – Comportamento das concentrações de Ca e Mg durante o inverno e verão no Rio Piracicaba.

Tal comportamento demonstra uma correlação positiva para estes elementos no Rio Piracicaba.

Em relação aos tributários, apenas na estação de verão foi observada uma correlação positiva. No inverno as concentrações demonstraram comportamentos bem diferentes conforme pode ser visualizado na Figura 4.6.2.2.

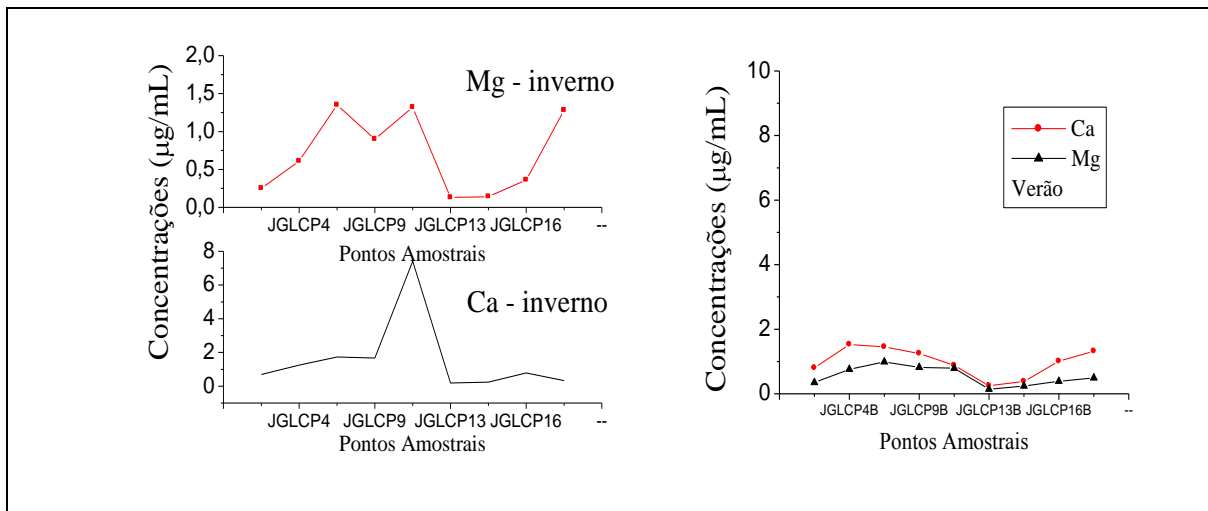


Figura 4.6.2.2 – Comportamento das concentrações de Ca e Mg durante o inverno e verão nos tributários do Rio Piracicaba.

Os diferenciados comportamentos das concentrações nos tributários durante o inverno pode estar relacionado a diferentes fontes ou até mesmo a diferenciada influencia de agentes do intemperismo ou devido à ação antrópica.

### 4.6.3. Ferro e Manganês

Quimicamente ferro e manganês são dois elementos bem parecidos. Na superfície terrestre, o ferro ocorre na forma de hidróxido férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ), podendo também ocorrer na forma de hidróxido ferroso, sendo esta última forma instável na presença de oxigênio (Parra, 2006). De acordo com Santos (1997), os principais minerais portadores de ferro são os ferromagnesianos como biotita, piroxênios e olivina componentes de diversas rochas ígneas e metamórficas. O manganês ocorre na crosta terrestre em quantidades bem menores que o ferro, geralmente sua ocorrência no estado reduzido ( $\text{Mn}^{+2}$ ) é mais freqüente em águas subterrâneas.

O comportamento das concentrações desses elementos no Rio Piracicaba, demonstrou-se ter uma boa correlação apenas na época do inverno (Fig.4.6.3.1), enquanto no verão uma boa correlação entre ferro e manganês não foram observadas.

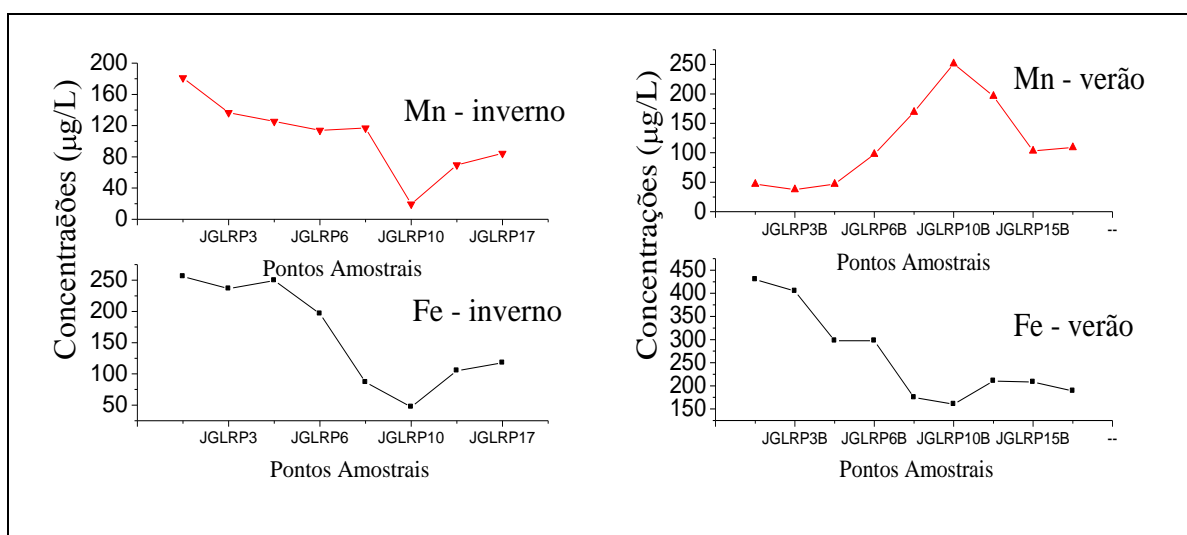


Figura 4.6.3.1 – Comportamento das concentrações de Fe e Mn durante o inverno e verão no Rio Piracicaba.

Como a região em estudo está dentro de áreas de influência de exploração mineral de ferro, é provável que o desequilíbrio entre as concentrações no período de maior intensidade de fenômenos como precipitação e temperatura juntamente com a ação antrópica tenha contribuído para este fato.

Nos tributários o comportamento das concentrações de ferro e manganês demonstrou desuniformidade em ambas as estações conforme ilustrado a seguir.

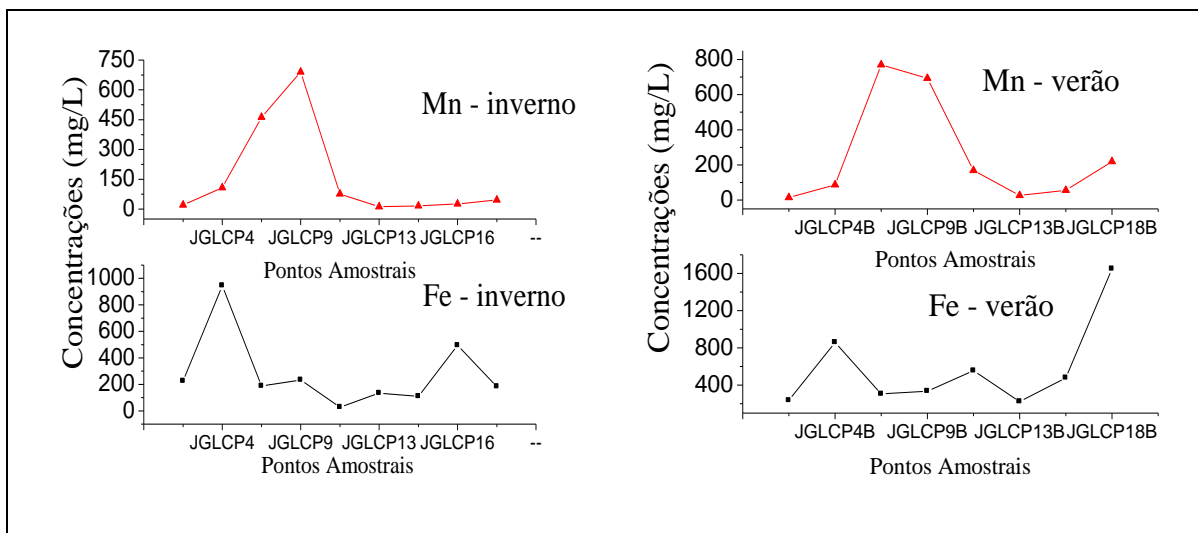


Figura 4.6.3.2 – Comportamento das concentrações de Fe e Mn durante o inverno e verão nos tributários do Rio Piracicaba.

## 4.7. Caracterização Geoquímica dos Sedimentos

O sedimento pode ser definido como um conjunto de partículas minerais e orgânicas encontradas no fundo do rio, sendo de grande importância nos ecossistemas aquáticos por fornecer substrato a diversos organismos. Segundo Zambeta (2006) quando os metais atingem os corpos d' água, os mesmos têm o potencial de se complexarem com as partículas que compõem o sedimento, fazendo com que o sedimento seja uma fonte de contaminação primária para organismos bentônicos e secundária para a coluna d' água.

De acordo com Ficaris (2004) a análise da composição química e biológica do sedimento é de fundamental importância na avaliação da intensidade das formas de impactos as quais ecossistemas estão ou estiveram submetidos. Tal fato faz com que a análise geoquímica de sedimento seja de fundamental importância em estudos de qualidade e contaminação de corpos hídricos.

### 4.7.1. Elementos Maiores

Os elementos maiores são aqueles que geralmente são encontrados em grandes quantidades, a seguir será discutido o comportamento das concentrações de cada elemento encontrado nos sedimentos do Rio Piracicaba e de seus tributários.



### 4.7.1.1. Cálcio (Ca)

Na crosta terrestre, os carbonatos calcita e dolomita são fontes importantes de cálcio. Geralmente esses minerais são utilizados na fabricação de calcário para aplicação em solos para neutralizar íons de  $Al^{+3}$  e  $H^+$  que são tóxicos para a maioria dos vegetais.

As maiores concentrações de cálcio encontradas nos sedimentos do rio Piracicaba ocorreram na estação de inverno, a máxima encontrada nessa época foi de 1582mg/kg (Fig. 4.7.1.1.1). No período do verão o valor máximo de cálcio encontrado foi de 969mg/kg.

Nos tributários a maior concentração encontrada foi de 2150mg/kg, concentração esta encontrada durante o período de verão. Durante o inverno a maior encontrada foi de 1025mg/kg (Fig. 4.7.1.1.2).

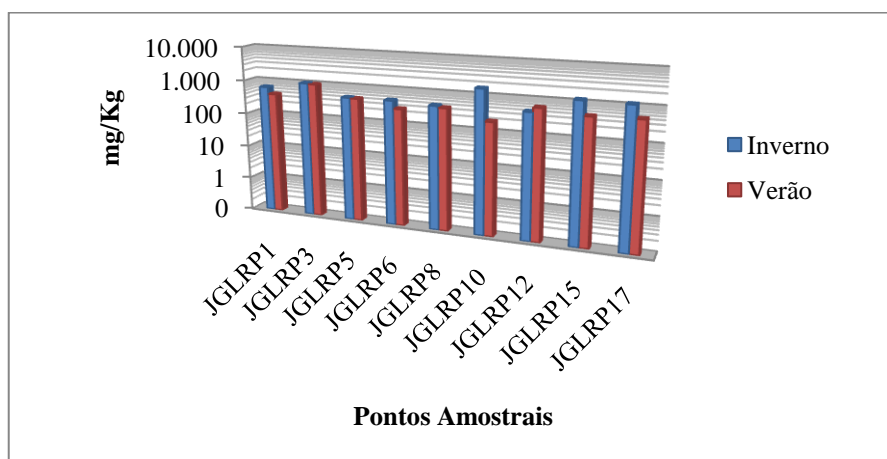


Figura 4.7.1.1.1 – Comportamento das concentrações de Cálcio nos sedimentos do Rio Piracicaba.

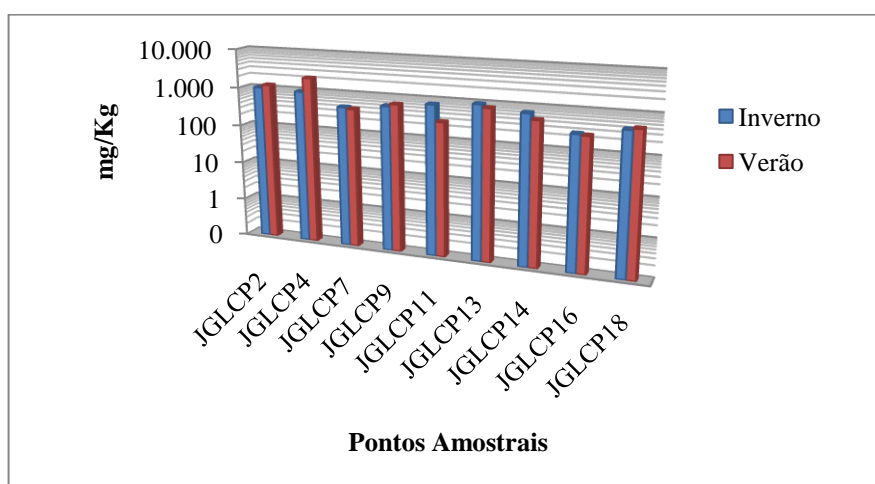


Figura 4.7.1.1.2 – Comportamento das concentrações de Cálcio nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.

### 4.7.1.2. Potássio (k)

Segundo Fukuzawa (2008) o potássio é um elemento geralmente encontrado em minerais pertencentes ao grupo dos feldspatos.

As concentrações de potássio encontradas nos sedimentos do Rio Piracicaba obtiveram variações entre 356 a 6727mg/kg durante a estação de inverno. No verão as variações das concentrações ficaram entre 474,6mg/kg e 4780mg/kg (Fig. 4.7.1.2.1).

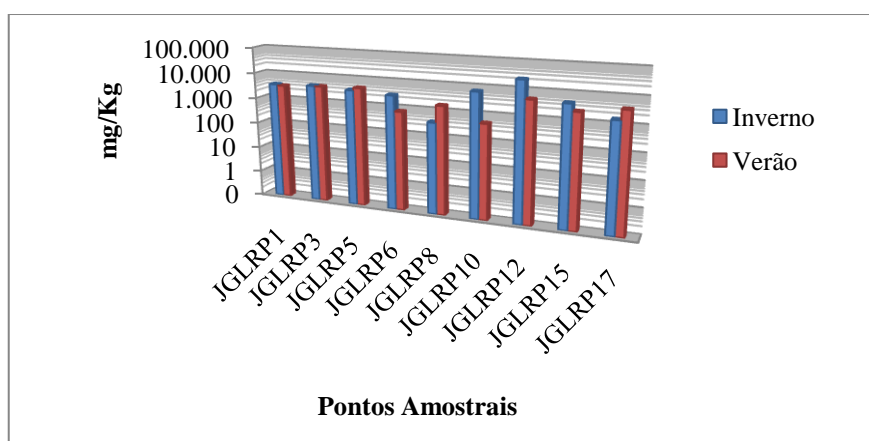


Figura 4.7.1.2.1 – Comportamento das concentrações de Potássio nos sedimentos do Rio Piracicaba.

Entre os tributários, as maiores concentrações encontradas também ocorreram na estação de inverno. Na mesma as concentrações de potássio variaram de 2800mg/kg a 19514mg/kg. Durante a época de verão as variações ficaram entre 5189mg/kg e 10842mg/kg conforme pode ser visto na Figura a seguir.

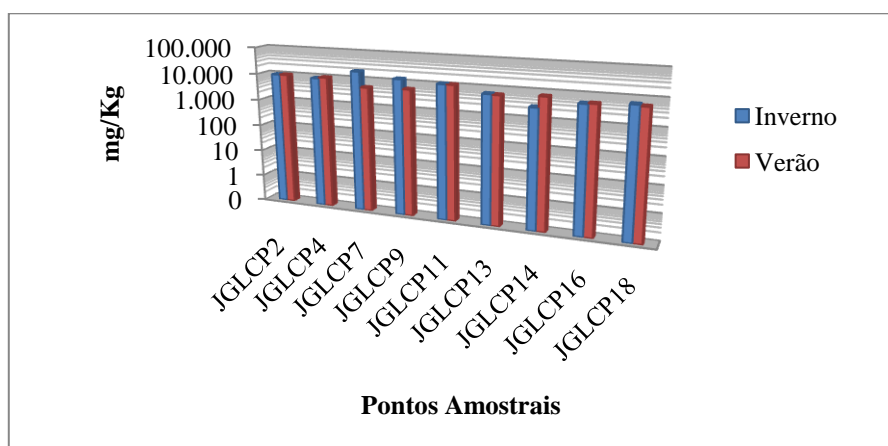


Figura 4.7.1.2.2 – Comportamento das concentrações de Potássio nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.

### **4.7.1.3. Sódio (Na)**

O sódio é um elemento que pode ser encontrado em minerais formadores de rochas ígneas, metamórficas e sedimentares. Geralmente os minerais que contêm este elemento são pertencentes ao grupo dos feldspatos. Os minerais pertencentes a este grupo são conhecidos por serem de fácil desagregação e do ponto de vista agrônômico são importantes, pois além do sódio liberam elementos como Ca, K e Mg que são nutrientes para as plantas.

O comportamento do sódio nos sedimentos amostrados ao longo do Rio Piracicaba é apresentado a seguir.

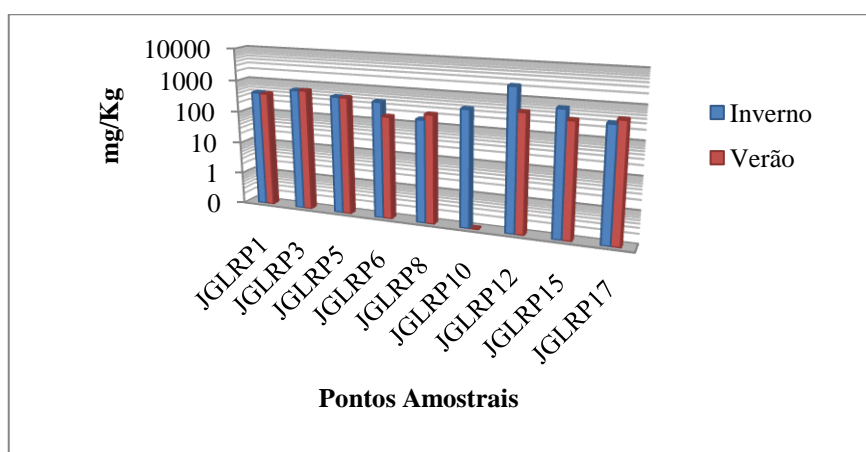


Figura 4.7.1.3.1 – Comportamento das concentrações de Sódio nos sedimentos do Rio Piracicaba.

Observando o gráfico as maiores concentrações foram encontradas durante o inverno. Na mesma estação as concentrações variaram de 323mg/kg a 2300mg/kg. Durante o verão a concentração máxima encontrada foi de 621mg/kg e a mínima de 156mg/kg.

Nos tributários as concentrações de sódio durante o inverno variaram de 161mg/kg a 1370mg/kg. No verão as variações ficaram entre 297mg/kg a 1102mg/kg (Fig. 4.7.1.3.2).

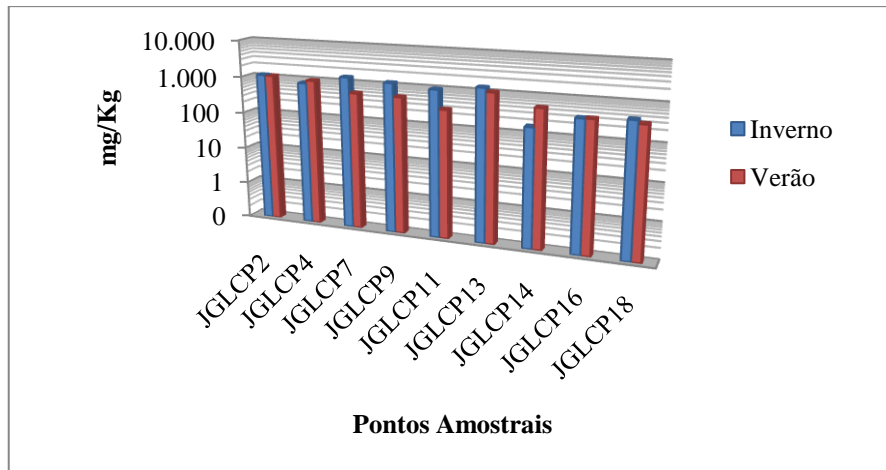


Figura 4.7.1.3.2 – Comportamento das concentrações de Sódio nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba

#### **4.7.1.4. Magnésio (Mg)**

É um elemento que pode ser encontrado em minerais formadores de rochas ígneas básicas como a augita ( $\text{Ca}(\text{Mg,FeAl})(\text{Al,Si})_2\text{O}_6$ ), que é considerada como um mineral ferromagnésiano. Além da augita, magnésio pode ser também encontrado em minerais como dolomita e os filossilicatos (Wedepohl, 1978).

A concentração máxima de magnésio encontrada durante a estação de inverno nos sedimentos do Rio Piracicaba foi de 4557mg/kg. No verão, a máxima encontrada foi de 1611mg/kg (Fig. 4.7.1.4.1).

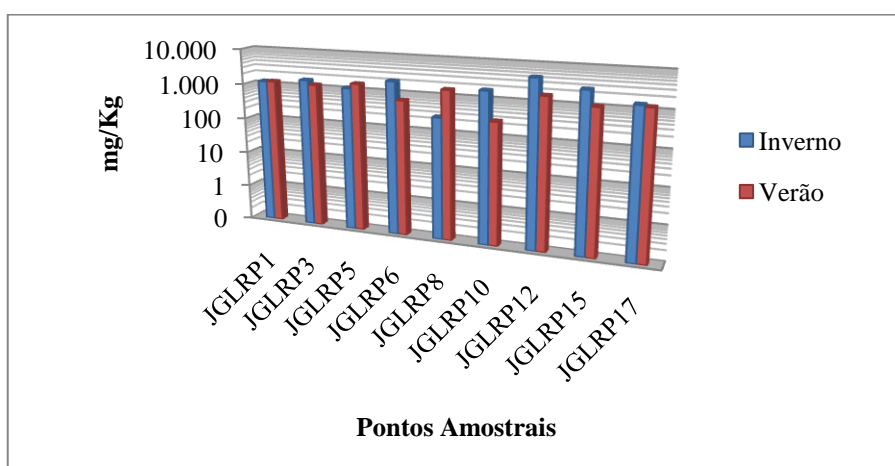


Figura 4.7.1.4.1 – Comportamento das concentrações de Magnésio nos sedimentos do Rio Piracicaba.

Nos tributários a máxima concentração de magnésio encontrada no período de inverno foi de 4700mg/kg. Porém no verão a máxima registrada foi de 10625mg/kg.

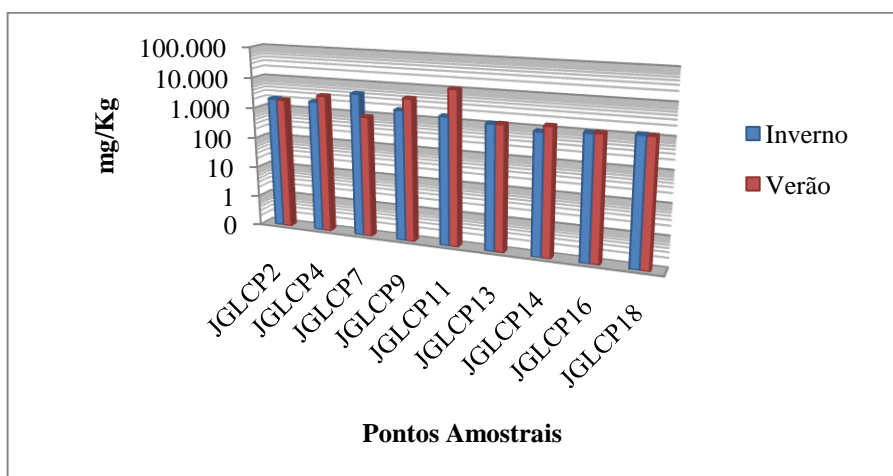


Figura 4.7.1.4.2 – Comportamento das concentrações de Magnésio nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.

#### **4.7.1.5. Alumínio (Al)**

Os teores de alumínio no Rio Piracicaba variaram entre 19542mg/kg e 111999mg/kg durante a estação de inverno e no verão as variações ficaram entre 5701mg/kg e 35362mg/kg.

Nos córregos o teor de alumínio alcançou um valor máximo de 182490mg/kg e mínimo de 63376mg/kg durante o período de inverno. No verão o teor máximo encontrado foi de 218337mg/Kg e mínimo de 35158mg/kg.

A seguir são apresentados os teores de alumínio encontrados no Rio Piracicaba e em seus córregos.

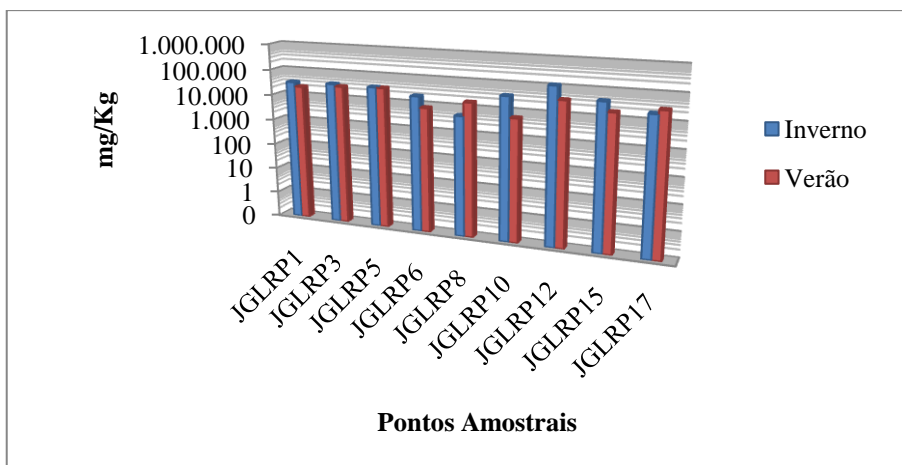


Figura 4.7.1.5.1 – Comportamento das concentrações de Alumínio nos sedimentos do Rio Piracicaba.

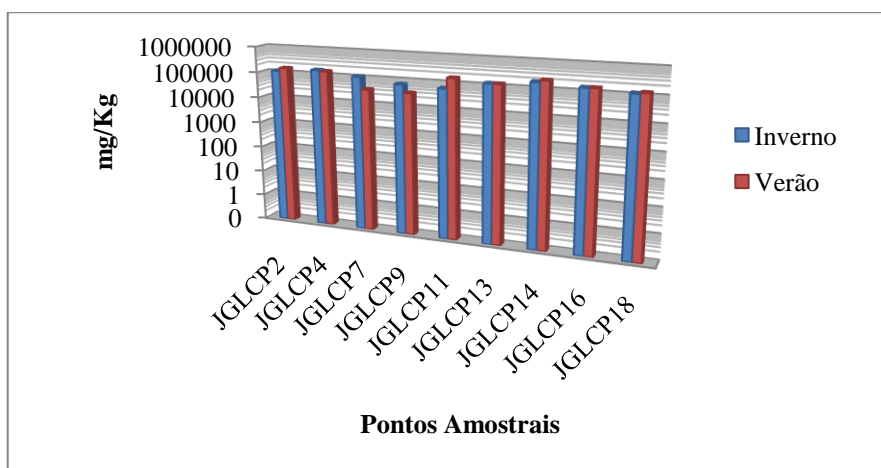


Figura 4.7.1.5.2 – Comportamento das concentrações de Alumínio nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.

## 4.7.2. Elementos Traços e Metais Pesados

### 4.7.2.1. Cromo (Cr)

Dentre os vários minerais que contém o cromo como constituinte majoritário o mais comum é a cromita ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ). Este mineral pode ser encontrado em resíduos laterídicos que se desenvolvem sobre rochas ultramáficas (Hem, 1985). Quando encontrado no estado de oxidação  $\text{Cr}^{6+}$ , o cromo se torna altamente tóxico apresentando perigo ao meio ambiente.

Nos sedimentos do Rio Piracicaba os valores dos teores de cromo encontrados variaram entre 30,6mg/kg a 306mg/kg durante o inverno, conforme pode ser visto no gráfico apresentado a seguir.

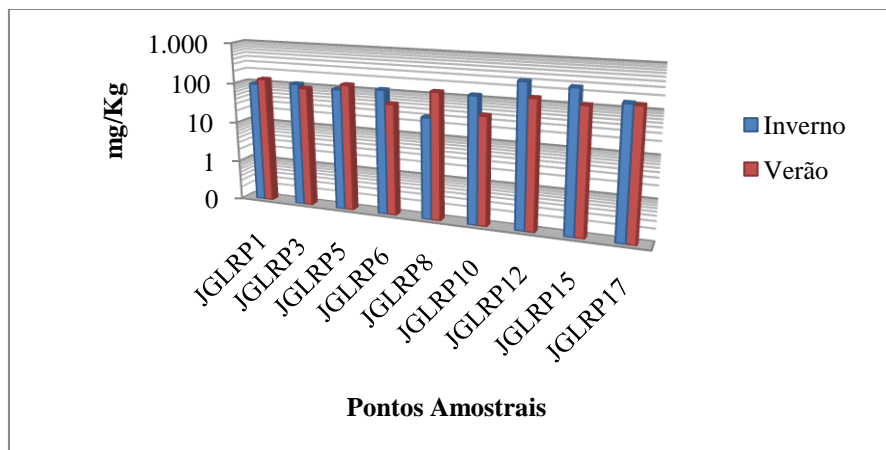


Figura 4.7.2.1.1 – Comportamento das concentrações de Cromo nos sedimentos do Rio Piracicaba.

Durante a estação de verão, no Rio Piracicaba as concentrações ficaram entre 43,3mg/kg e 136mg/kg (Fig. 4.7.2.1.1).

Nos córregos durante a estação de inverno os teores de cromo encontrados ficaram entre 82,2mg/kg e 678mg/kg. No verão as variações foram entre 32,1mg/kg e 849mg/kg, conforme ilustrado na Figura 4.7.2.1.2.

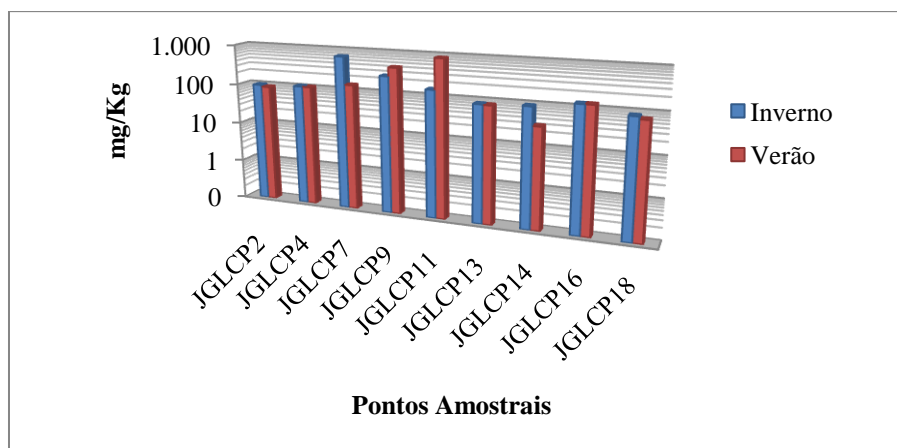


Figura 4.7.2.1.2 – Comportamento das concentrações de Cromo nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.

### 4.7.2.2. Cobre (Cu)

Na crosta terrestre o cobre ocorre na forma  $\text{Cu}^+$  ou  $\text{Cu}^{2+}$  em alguns minerais formadores de rochas vulcânicas e sedimentares. Geralmente é encontrado em minerais como: olivina, plagioclásios anfibólio, biotita, etc. (Hem, 1985).

No Rio Piracicaba a maior concentração encontrada foi durante o verão. Seu valor foi de 332 mg/kg (Fig. 4.7.2.2.1). Como pode ser observado alguns pontos apresentaram concentrações que ficaram abaixo do limite de quantificação do aparelho utilizado para processar as análises.

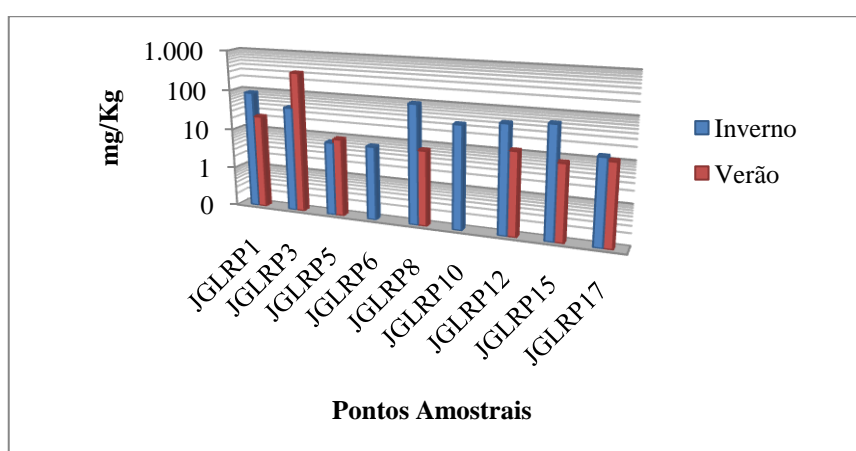


Figura 4.7.2.2.1 – Comportamento das concentrações de Cobre nos sedimentos do Rio Piracicaba.

Nos tributários, em todos os pontos foram encontradas concentrações maiores que o limite de quantificação. Ao contrário do que ocorreu no rio, a maior concentração foi encontrada na época de inverno. Seu valor foi de 163mg/kg. No verão a maior concentração registrada foi de 101mg/kg (Fig. 4.7.2.2.2).



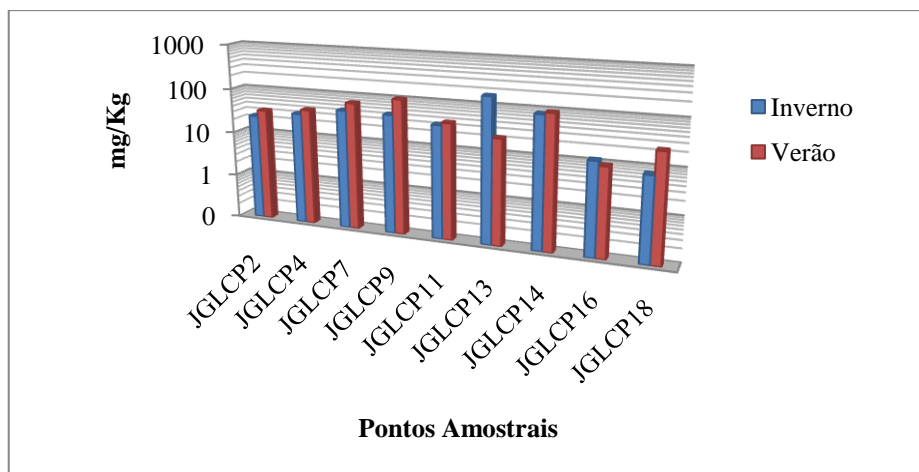


Figura 4.7.2.2.2 – Comportamento das concentrações de Cobre nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.

### **4.7.2.3. Ferro (Fe)**

Nos sedimentos amostrados ao longo do trecho do Rio Piracicaba avaliado, as concentrações de ferro obtiveram variações entre 108422mg/kg a 662504mg/kg durante a época de inverno e no verão as variações encontradas foram entre 388379mg/kg a 675187mg/kg (Fig. 4.7.2.3.1).

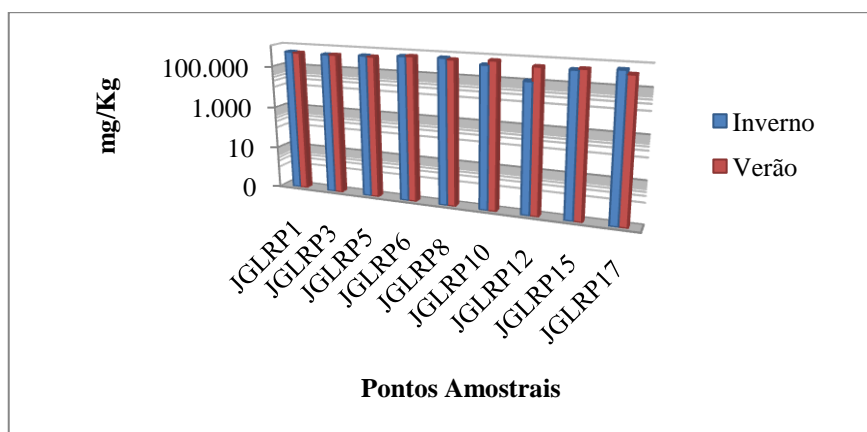


Figura 4.7.2.3.1 – Comportamento das concentrações de Ferro nos sedimentos do Rio Piracicaba.

Nos sedimentos amostrados nos córregos do Rio Piracicaba, durante o inverno os teores de ferro variaram entre 80228mg/kg a 275142mg/kg. No verão as concentrações ficaram entre 53563mg/kg a 483648mg/kg, conforme visto na Figura 4.7.2.3.2.

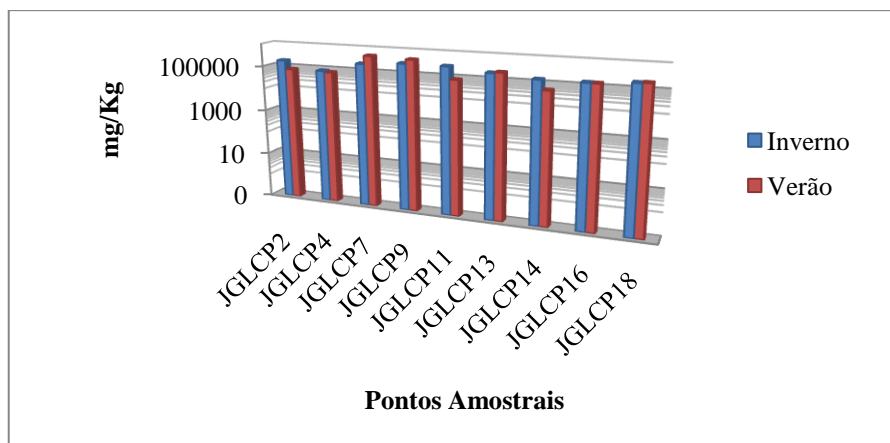


Figura 4.7.2.3.2 – Comportamento das concentrações de Ferro nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.

#### 4.7.2.4. Lítio (Li)

O lítio tem como principal fonte os minerais aluminosilicatos como espodumênio, lepidolita, amblygonita e petalita. Esses minerais geralmente são encontrados nos pegmatitos e em rochas máficas. Segundo Parra (2006) o lítio em pequenas concentrações pode ser encontrados em minerais como moscovita, biotita, turmalina, olivina e anfibólios.

Os maiores teores de lítio encontrados no Rio Piracicaba foram durante a estação de inverno (Fig. 4.7.2.4.1)

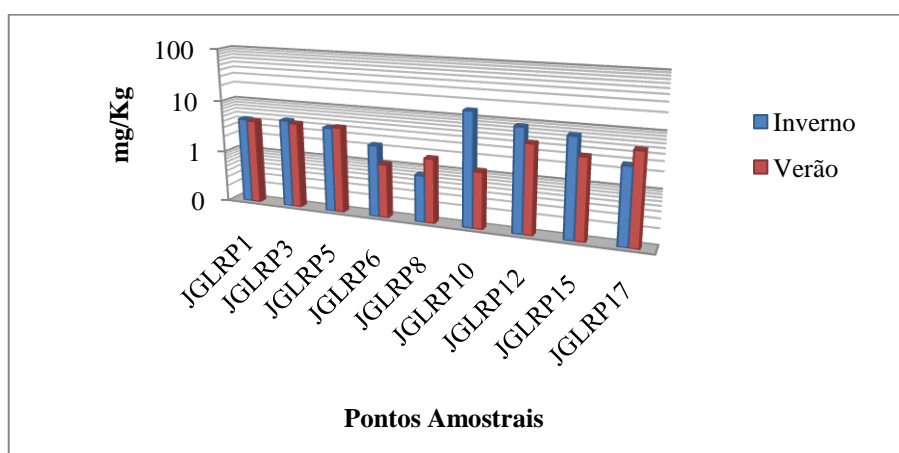


Figura 4.7.2.4.1 – Comportamento das concentrações de Lítio nos sedimentos do Rio Piracicaba.

As variações de lítio no Rio Piracicaba ficaram entre 4,79mg/kg a 14,1 mg/Kg para a estação de inverno. No verão as variações nos teores de lítio ficaram entre 1,04mg/kg a 4,60mg/kg. Nos córregos, durante o inverno os teores encontrados foram de 5,73mg/kg a

13mg/kg. Durante a época de verão as concentrações ficaram entre 4,79mg/kg a 38,2mg/kg (Fig. 4.7.2.4.2).

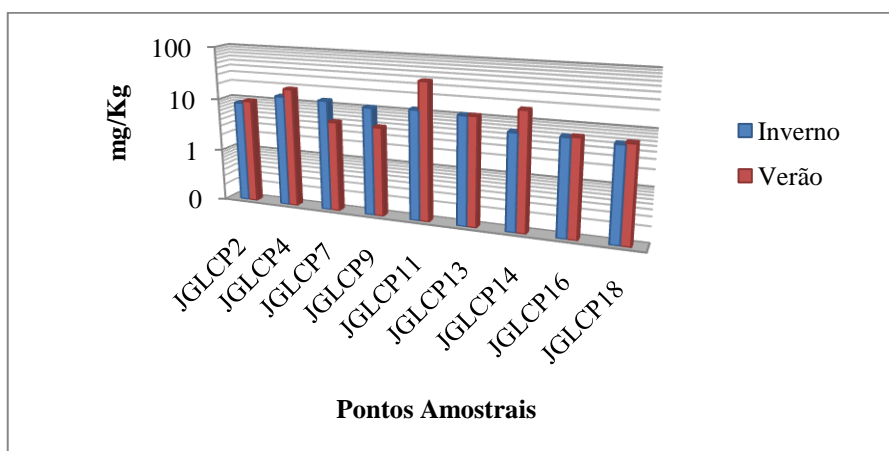


Figura 4.7.2.4.2 – Comportamento das concentrações de Lítio nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.

#### 4.7.2.5. Manganês (Mn)

O manganês demonstrou picos de concentrações tanto no inverno como no verão como demonstrado a seguir.

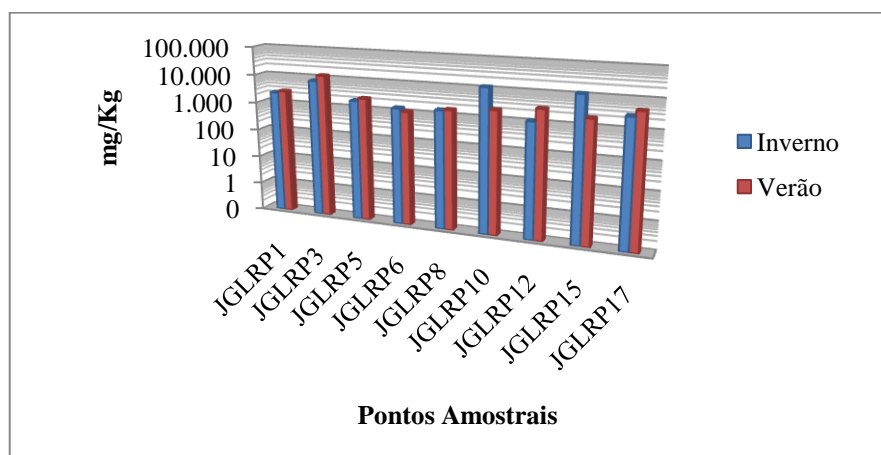


Figura 4.7.2.5.1 – Comportamento das concentrações de Magnésio nos sedimentos do Rio Piracicaba.

Durante o inverno, a máxima concentração encontrada no rio foi de 11576mg/kg, no verão a máxima concentração alcançou um valor de 12093mg/kg.

Nos tributários a maior concentração encontrada foi durante a estação de verão, conforme pode ser visto na Figura 4.7.2.5.2. O valor dessa concentração foi de 11601mg/kg.

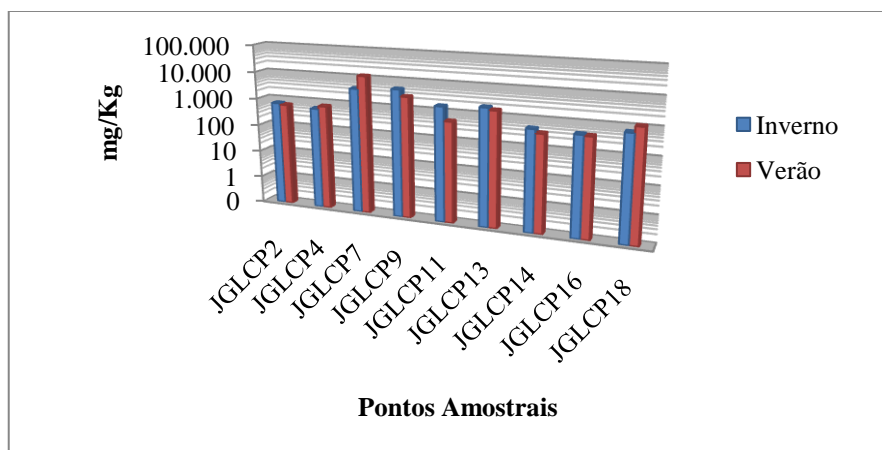


Figura 4.7.2.5.2 – Comportamento das concentrações de Magnésio nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.

#### **4.7.2.6. Níquel (Ni)**

Em termos de abundância, na crosta terrestre o níquel ocupa a vigésima quarta posição. Este elemento pode ser encontrado em minérios na forma de sulfeto de níquel. Na indústria é muito usado na produção de ligas, na indústria de galvanoplastia, na fabricação de baterias de Ni-Cd, derivados de petróleo e como catalisadores (Moore & Ramamoorthy, 1984).

No Rio Piracicaba as maiores concentrações de níquel encontradas nos sedimentos foram na época de inverno (Fig. 4.7.2.6.1). As concentrações durante essa época variaram entre 8,73mg/kg a 127mg/kg. No verão, a concentração máxima encontrada foi de 44,6mg/kg e a mínima de 15,4mg/kg.

Nos córregos a máxima no inverno chegou a 198mg/kg e a mínima 21,4mg/kg. Durante o verão, os valores máximo e mínimo foram de 239mg/kg e 23mg/kg respectivamente.

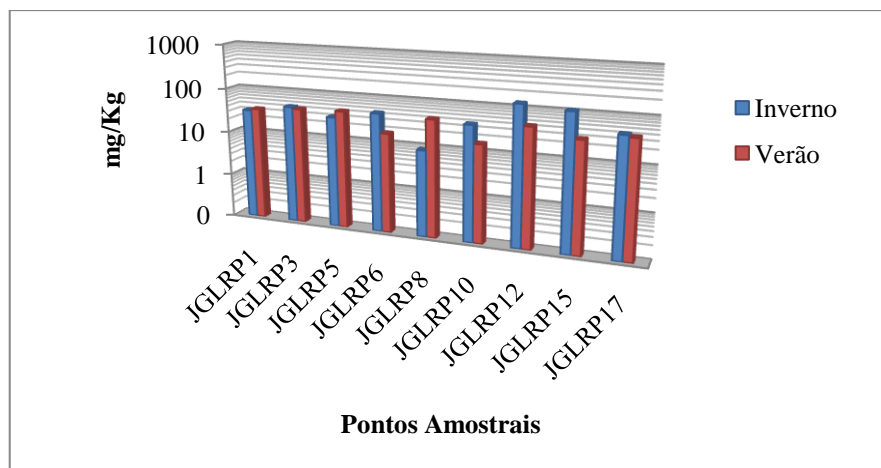


Figura 4.7.2.6.1 – Comportamento das concentrações de Níquel nos sedimentos do Rio Piracicaba.

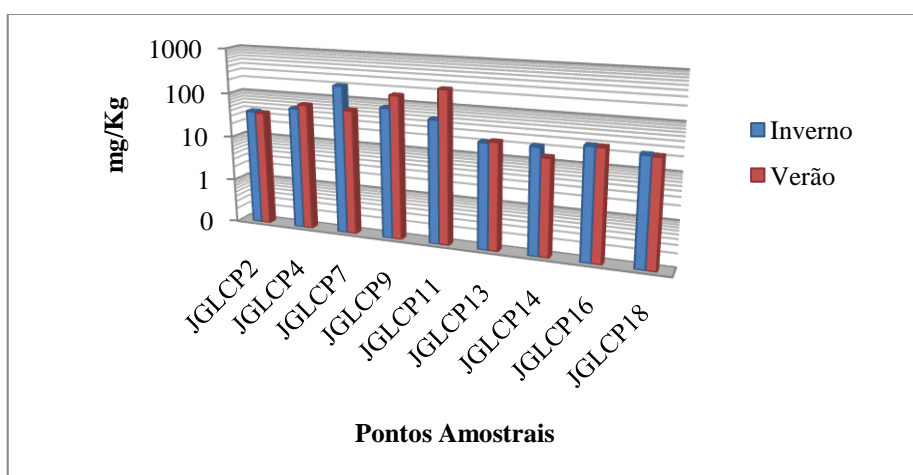


Figura 4.7.2.6.2 – Comportamento das concentrações de Níquel nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba

#### **4.7.2.7. Chumbo**

De acordo com Tomazelli (2003) o chumbo está sempre associado a problemas de poluição e contaminação ambiental, devido a sua toxicidade e propriedade de acumulação em organismos. Em altas concentrações no corpo humano pode causar distúrbios nervosos, problemas esqueléticos dentre outros. Ele pode ser encontrado em minerais como a galena (PbS), cerrusita (PbCO<sub>3</sub>) e a anglesita (PbSO<sub>4</sub>).

As concentrações mais significativas de chumbo foram encontradas nos sedimentos do Rio Piracicaba durante a época de verão. Nessa mesma época, a maior concentração foi observada em dois pontos conforme pode ser visto na Figura 4.7.2.7.1. A máxima concentração foi de 79,3mg/kg.

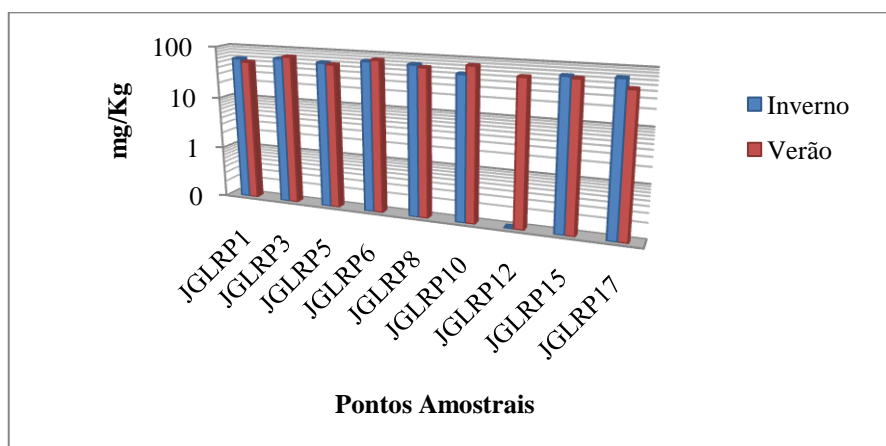


Figura 4.7.2.7.1 – Comportamento das concentrações de Chumbo nos sedimentos do Rio Piracicaba.

Nos tributários, apenas em algumas concentrações foram encontradas maiores que o limite de quantificação do aparelho utilizado no processo das análises. Durante a estação de inverno a máxima concentração encontrada foi de 42,2mg/kg no Córrego Batatal (JGLCP11). No verão a máxima chegou a 62,4mg/kg no Córrego Brumado (JGLCP 7). O comportamento das concentrações de chumbo nos córregos são demonstradas na Figura 4.7.2.7.2.

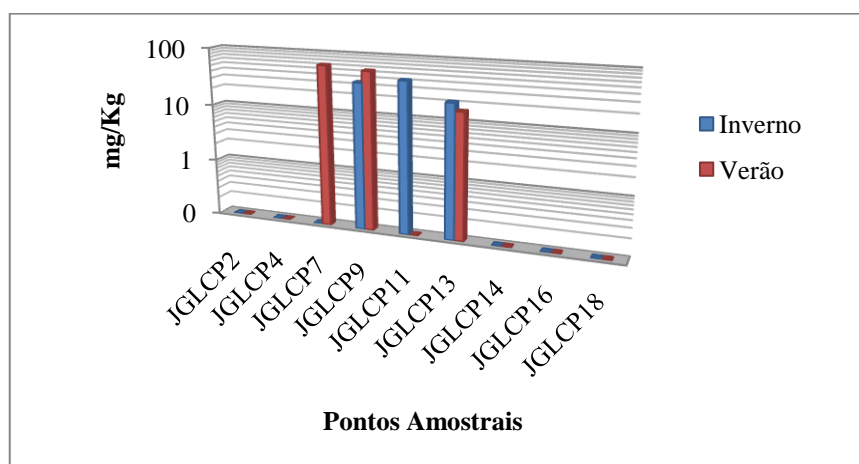


Figura 4.7.2.7.2 – Comportamento das concentrações de Chumbo nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.

#### **4.7.2.8. Vanádio (V)**

Na natureza o vanádio pode ocorrer juntamente com o ferro. O mesmo pode ser encontrado em rochas como os itabiritos (Parra, 2006) e em alguns minerais como a magnetita, biotita, etc.

As concentrações de vanádio nos sedimentos do Rio Piracicaba variaram entre 26,4mg/kg a 183mg/kg durante o inverno e no verão as variações ficaram entre 33,4mg/kg e 128mg/kg (Fig.4.7.2.8.1).

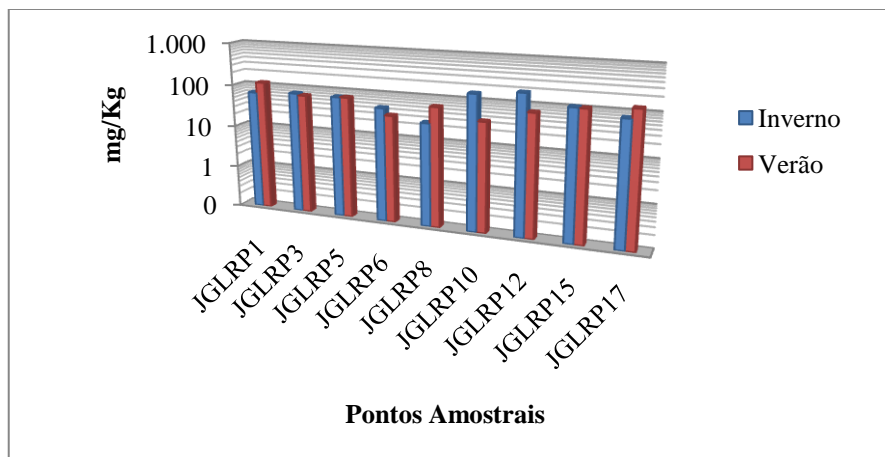


Figura 4.7.2.8.1 – Comportamento das concentrações de Vanádio nos sedimentos do Rio Piracicaba.

Nos tributários picos de maiores concentração foram observados em relação ao rio. Durante o inverno, as concentrações de lítio nos tributários variaram entre 86,1mg/kg a 242mg/kg. Durante o verão, os teores de vanádio encontrados ficaram entre 78,4mg/kg a 232mg/kg. Ta fato pode ser observado a seguir.

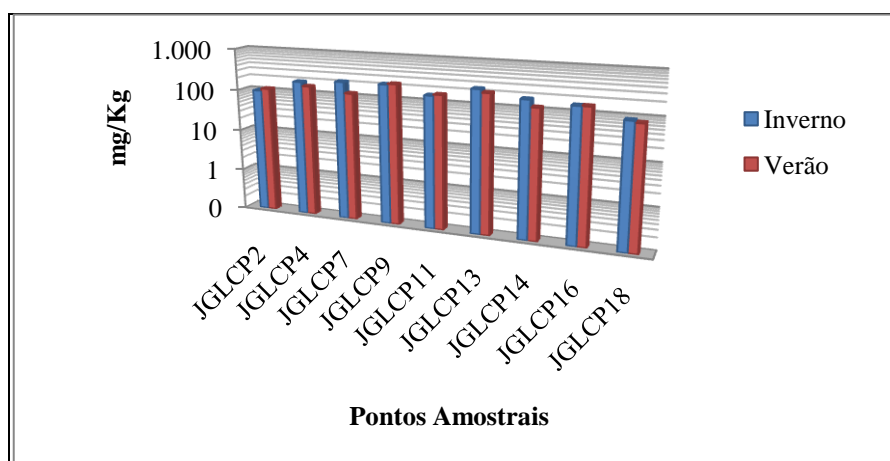


Figura 4.7.2.8.2 – Comportamento das concentrações de Vanádio nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.

Observando as Figuras, as maiores concentrações de vanádio se encontram em pontos localizados em áreas de exploração de minério de ferro. Comparando as Figuras, é

provável que os córregos estejam mais sendo mais influenciados por esta atividade se comparados com o rio.

#### **4.7.2.9. Zinco (Zn)**

Pode ser encontrado em diversas rochas básicas e até mesmo em ácidas como elemento acessório em minerais primários como olivina, hornblenda, augita, biotita e magnetita. Nos silicatos este elemento pode substituir o magnésio, por meio do fenômeno chamado de substituição isomórfica. Na natureza o zinco geralmente apresenta boas correlações com o cobre, sendo ambos considerados elementos calcófilos.

Observando a Figura a seguir, a maior concentração encontrada nos sedimentos do Rio Piracicaba (200mg/kg) foi durante o verão. No inverno a maior concentração foi de 128mg/kg.

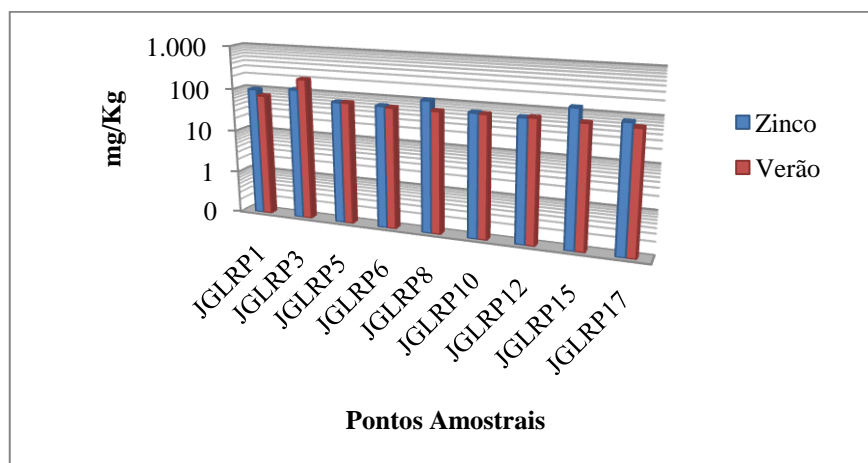


Figura 4.7.2.9.1 – Comportamento das concentrações de Zinco nos sedimentos do Rio Piracicaba.

Nos sedimentos dos córregos a maior concentração encontrada foi observada durante o inverno. Na ocasião, o valor da concentração foi de 118mg/kg. No verão a máxima concentração encontrada foi de 102mg/kg. Os comportamentos das concentrações de zinco nos sedimentos dos tributários se encontram na Figura 4.7.2.9.2.



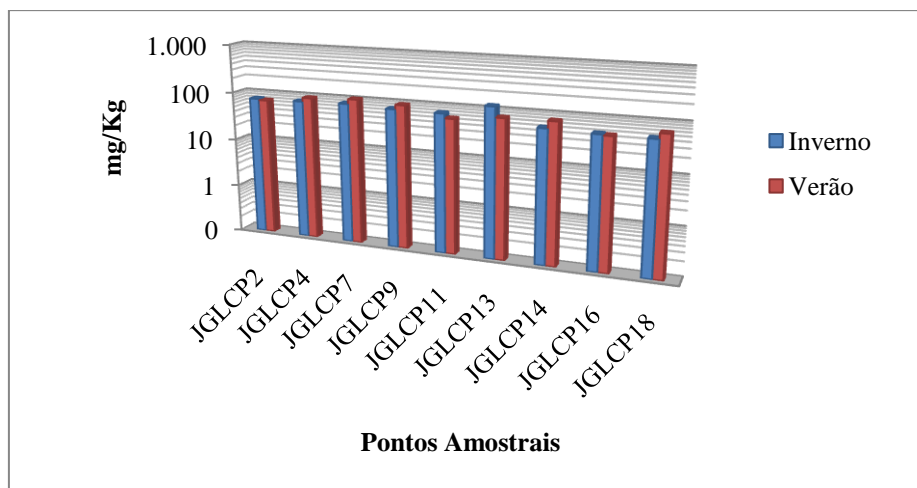


Figura 4.7.2.9.2 – Comportamento das concentrações de Zinco nos sedimentos do Rio Piracicaba.

#### **4.7.2.10. Titânio (Ti)**

O titânio é o nono elemento mais abundante na crosta terrestre (0,63% em peso). Este elemento pode ser encontrado em rochas ígneas, especificamente em minerais como rutilo ( $TiO_2$ ), imelita ( $TiFeO_3$ ) e o esfênio ( $CaTi(OSiO_4)$  também conhecido como titanita (silicato de titânio e cálcio).

Os maiores teores de titânio foram verificados durante a estação de inverno. No Rio Piracicaba a maior concentração ocorreu no ponto JGLRP 12 e nos tributários no ponto JGLCP 13 (Córrego Gabiroba). Ambos são localizados na mesma região (Fig. 4.7.2.10.1 e 4.7.2.10.2 respectivamente)

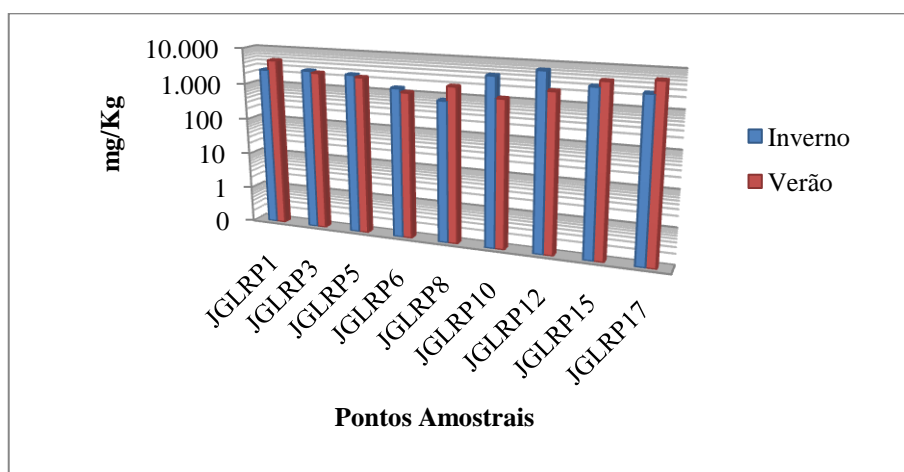


Figura 4.7.2.10.1 – Comportamento das concentrações de Titânio nos sedimentos do Rio Piracicaba.

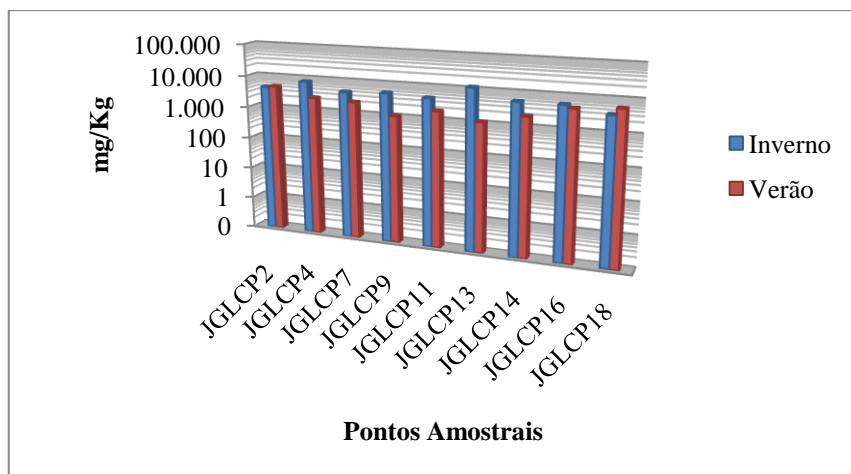


Figura 4.7.2.10.2 – Comportamento das concentrações de Titânio nos sedimentos do Rio Piracicaba.

É provável que a ocorrência de Ti esteja ligada a formações ferríferas e cálcio silicáticas presentes na região. No rio, as variações nos teores de titânio nos sedimentos ficaram entre 767mg/kg e 6718mg/kg durante a época de inverno. Durante o verão, os teores ficaram entre 1114mg/kg e 5607mg/kg.

Nos sedimentos dos tributários os teores variaram entre 3539mg/kg e 11543mg/kg (inverno) e 2909mg/kg e 8139mg/kg (verão).

#### **4.7.2.11. Tório (Th)**

O Tório é um elemento litófilo que geralmente pode ser encontrado em rochas graníticas, argilitos e xistos (Fernandes, 1982). Naturalmente associa-se a elementos como Al, K, U e P. O tório é de grande utilização na indústria nuclear juntamente com o urânio, sendo assim também um elemento radiotóxico e cancerígeno.

Suas concentrações ao longo dos sedimentos encontrados no trecho do Rio Piracicaba variaram entre 6,59mg/kg a 13mg/kg na época de inverno. Na época de verão, os teores de tório nos sedimentos variaram entre 3,53mg/kg a 9,53mg/kg, conforme apresentado na Figura 4.7.2.11.1.

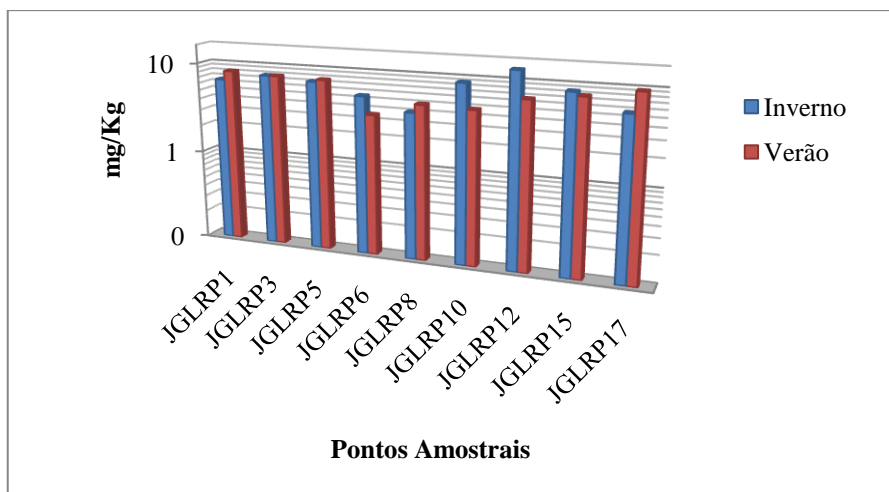


Figura 4.7.2.11.1 – Comportamento das concentrações de Tório nos sedimentos do Rio Piracicaba.

Nos sedimentos dos tributários, observou-se um aumento das concentrações de tório em relação ao Rio Piracicaba. A máxima concentração encontrada durante o inverno foi de 28,6mg/kg e no verão a máxima foi de 28,3mg/kg.

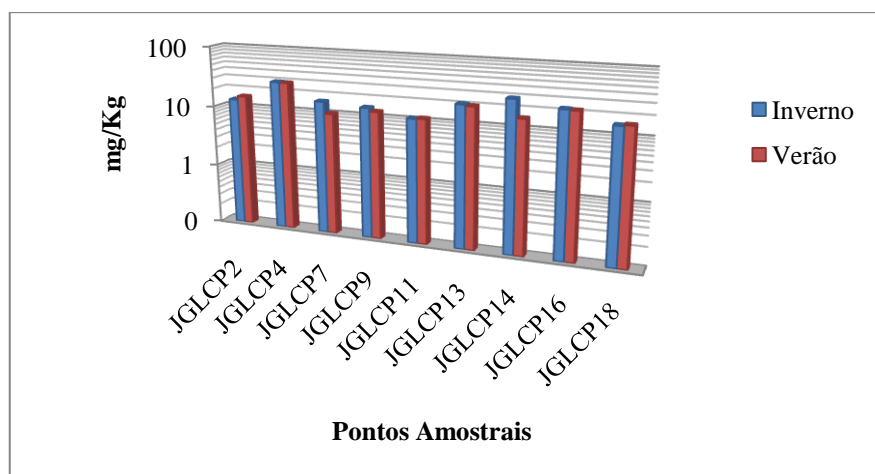


Figura 4.7.2.11.2 – Comportamento das concentrações de Tório nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.

Dentro da área em estudo, sua origem pode estar ligada a rochas como os ortognaisses granulíticos, graníticos e os xistos.

#### **4.7.2.12. Zircônio (Zn)**

Na crosta terrestre a principal fonte de zircônio é o mineral zirconita ( $ZrSiO_4$ ), conhecido também como zircão. No Brasil, as maiores fontes deste elemento se localizaça

na cidade Poços de Caldas (MG), nos litorais da Bahia, Rio Grande do Norte e Espírito Santo. Na zirconita, as quantidades de óxidos de zircônio pode chegar a 62,7 % e os outros 38,3% é formado por SiO<sub>2</sub>.

Os maiores teores de zircônio foram encontrados nos sedimentos dos tributários (Fig. 4.7.2.12.2). Entre os mesmos, a maior concentração (880mg/kg) ocorreu durante o verão, especificamente no Córrego Mata. Durante o período do inverno, a maior concentração nos sedimentos dos tributários foi de 857mg/kg.

No Rio Piracicaba a maior concentração (264mg/kg) encontrada foi durante o inverno especificamente no ponto JGLRP 12 (Fig. 4.7.2.12.1). No verão uma concentração próxima a esta também foi observada no ponto JGLRP 17B. Neste ponto a concentração foi de 261mg/kg.

Dentro da área de estudo é provável que zircônio seja proveniente rochas como os ortognaisses graníticos, granulíticos e das formações ferríferas presentes na área.

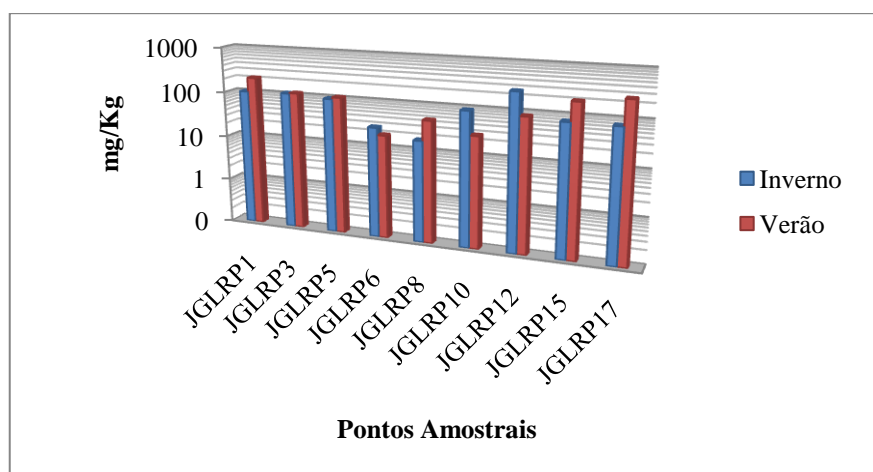


Figura 4.7.2.12.1 – Comportamento das concentrações de Zircônio nos sedimentos do Rio Piracicaba.

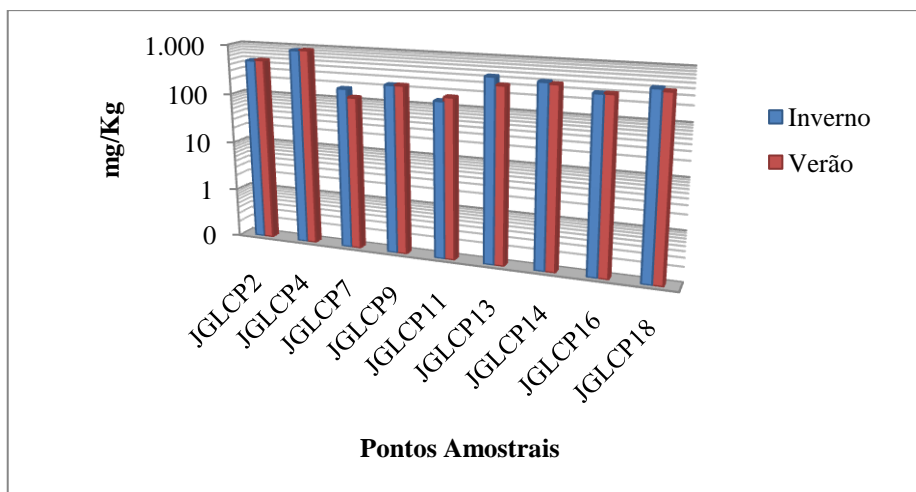


Figura 4.7.2.12.2 – Comportamento das concentrações de Zircônio nos sedimentos nos tributários do Rio Piracicaba.

## 4.8. Correlação entre Elementos Químicos encontrados nos Sedimentos

### 4.8.1. Sódio, Potássio e Cálcio

Na litologia local esses elementos podem ser encontrados em rochas pertencentes ao grupo Mantigueira e Guanhões. Geralmente as rochas encontradas nestes grupos são ricas em minerais de feldspatos, que são considerados como grandes fontes desses elementos. Correlações positivas entre sódio e potássio nos sedimentos do Rio Piracicaba foram observada em ambas as épocas.

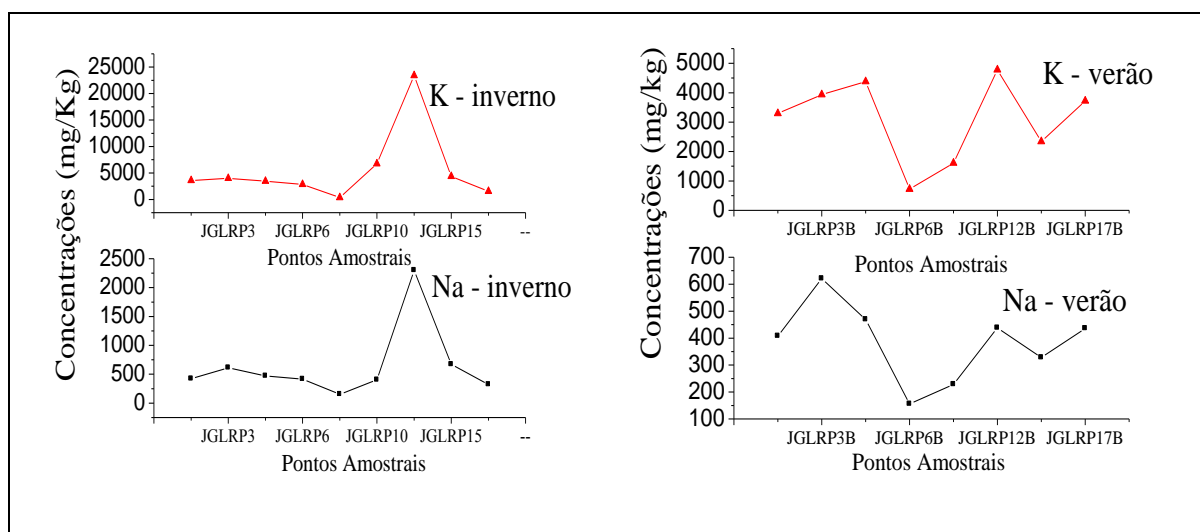


Figura 4.8.1.1 – Comportamento das concentrações de K e Na durante o inverno e verão nos sedimentos do Rio Piracicaba.

Nos tributários, correlações positivas entre sódio e potássio não foram observadas em nenhuma das épocas estudadas. Isso pode ser observado na Figura apresentada a seguir.

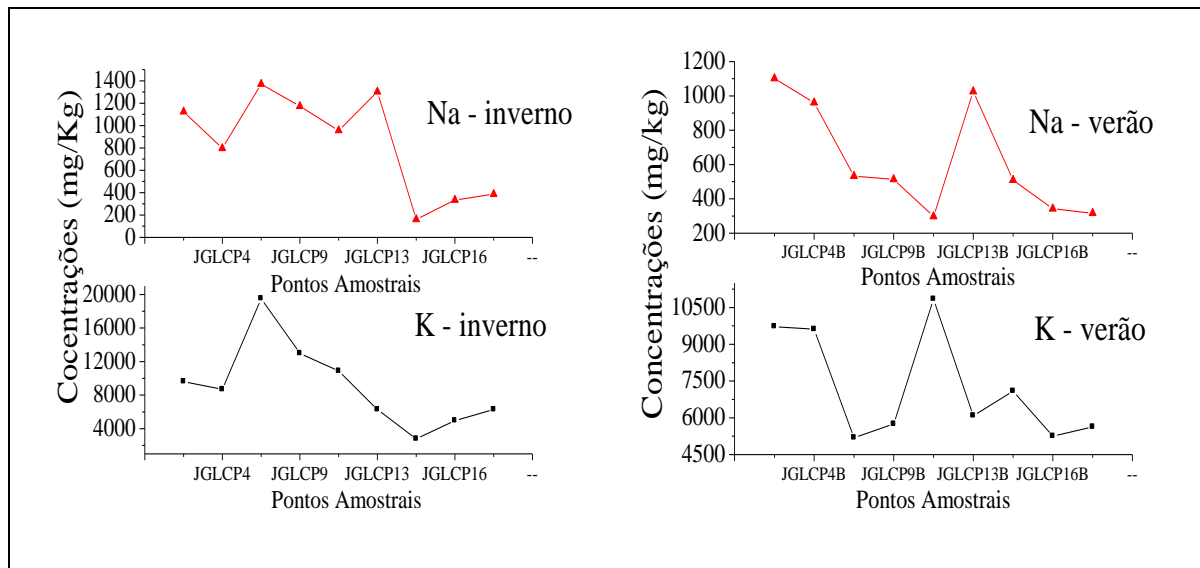


Figura 4.8.1.2 – Comportamento das concentrações de K e Na durante o inverno e verão nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.

A diferenciação entre o comportamento das concentrações dos córregos em relação ao rio pode estar ligado à diferenciação dos processos de desagregação de rochas e minerais ou até mesmo pela ação antrópica.

Entre os elementos cálcio e sódio, nos sedimentos amostrados ao longo do trecho estudado do Rio Piracicaba, apenas na estação de verão foi encontrada uma boa correlação entre esses elementos (Fig. 4.8.1.3).

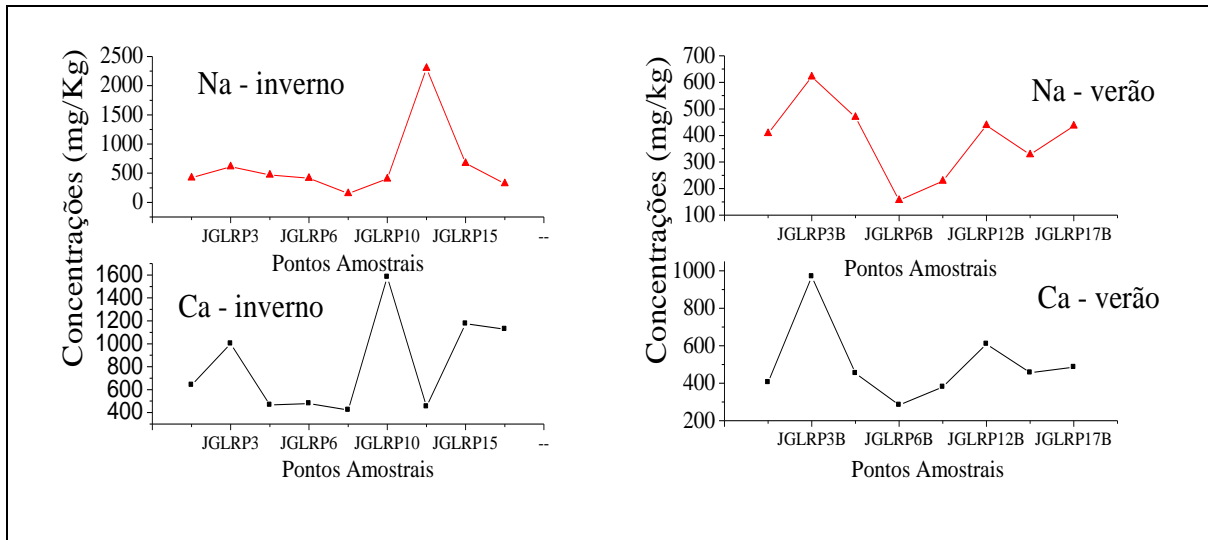


Figura 4.8.1.3 – Comportamento das concentrações de Ca e Na durante o inverno e verão nos sedimentos do Rio Piracicaba.

Nos tributários, em ambas as épocas estudadas não foram encontradas correlações positivas entre cálcio e sódio.

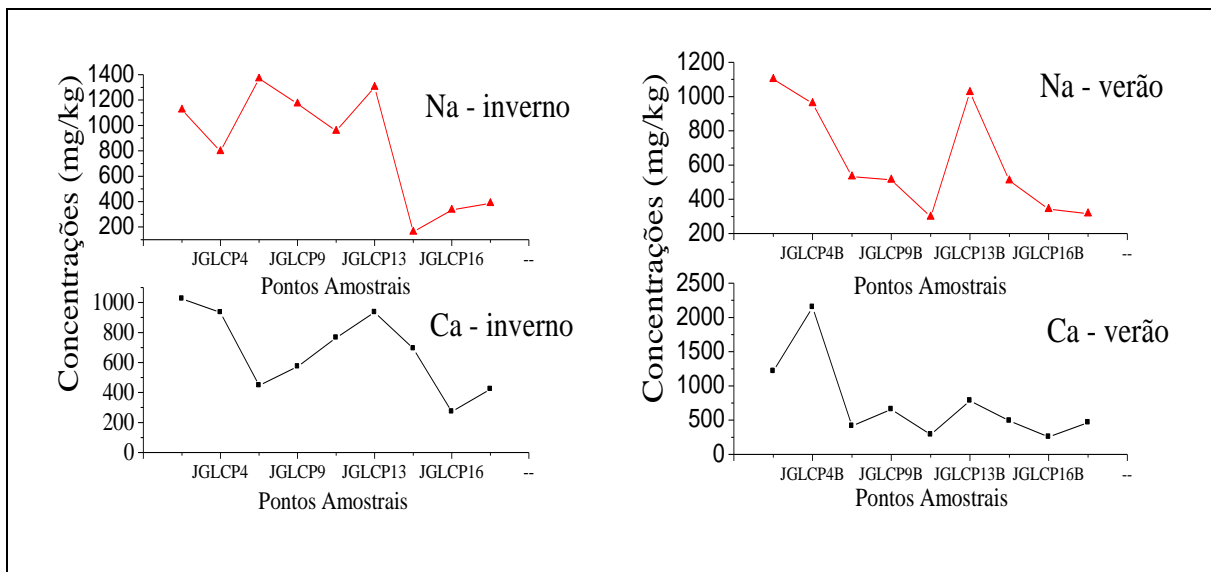


Figura 4.8.1.4 – Comportamento das concentrações de Ca e Na durante o inverno e verão nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.

#### **4.8.2. Cromo e Níquel**

São elementos que apresentam boa afinidade com o ferro, sendo os mesmos classificados como siderófilos. Na litologia local, suas origens podem estar ligadas a

formações ferríferas pertencentes ao Supergrupo Minas, além de rochas pertencentes aos grupos Mantiqueira e Guanhães.

Nos sedimentos do Rio Piracicaba foi observada uma boa correlação entre os mesmos tanto no período de inverno quanto no verão. Tal fato também pode ser visualizado nos tributários. A correlação entre cromo e níquel para o Rio Piracicaba e seus tributários pode ser visualizada na Figura 4.8.2.1 e 4.8.2.2 respectivamente.

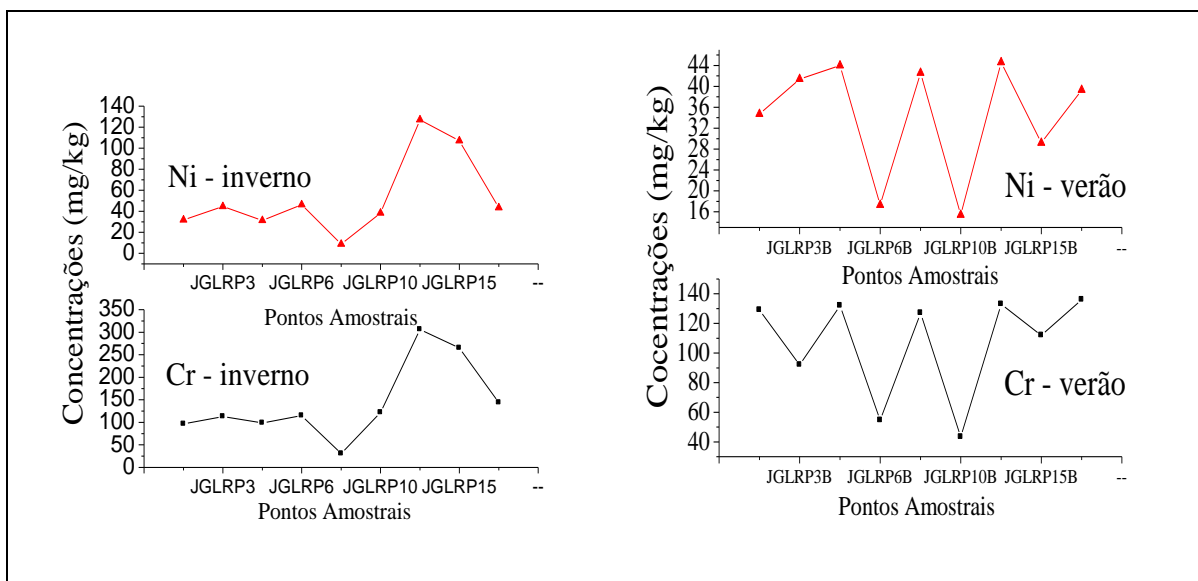


Figura 4.8.2.1 – Comportamento das concentrações de Ni e Cr durante o inverno e verão nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba

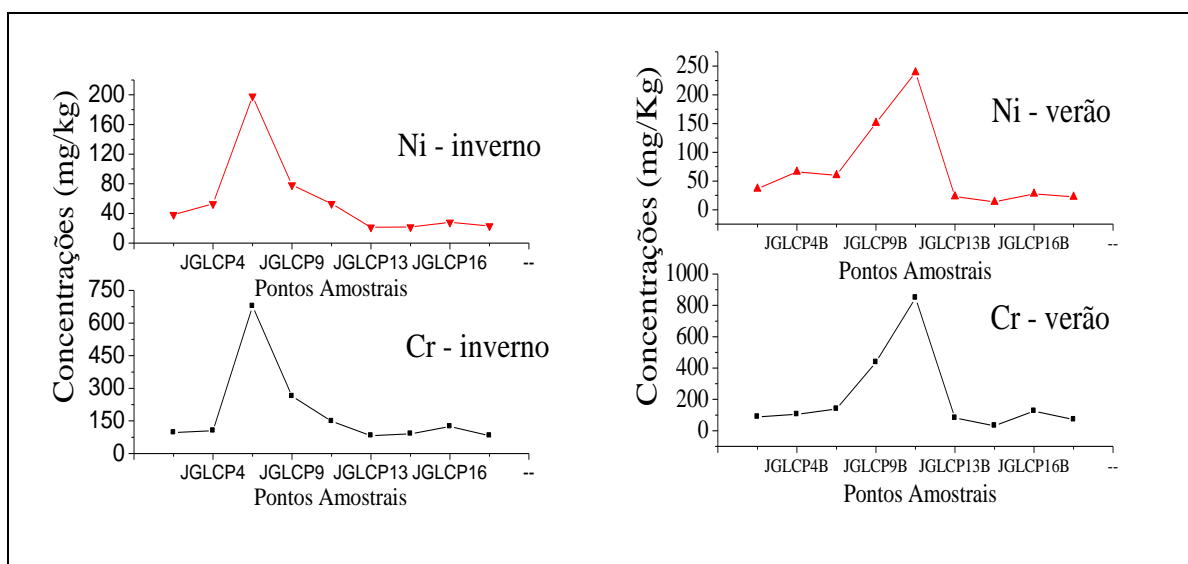


Figura 4.8.2.2 – Comportamento das concentrações de Ni e Cr durante o inverno e verão nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.



### 4.8.3. Alumínio e Potássio

Alumínio e potássio apresentaram correlações positivas somente nas amostras dos sedimentos encontradas no Rio Piracicaba (Fig. 4.8.3.1). Tal comportamento pode ser visualizado para ambas as épocas estudadas (verão e inverno).

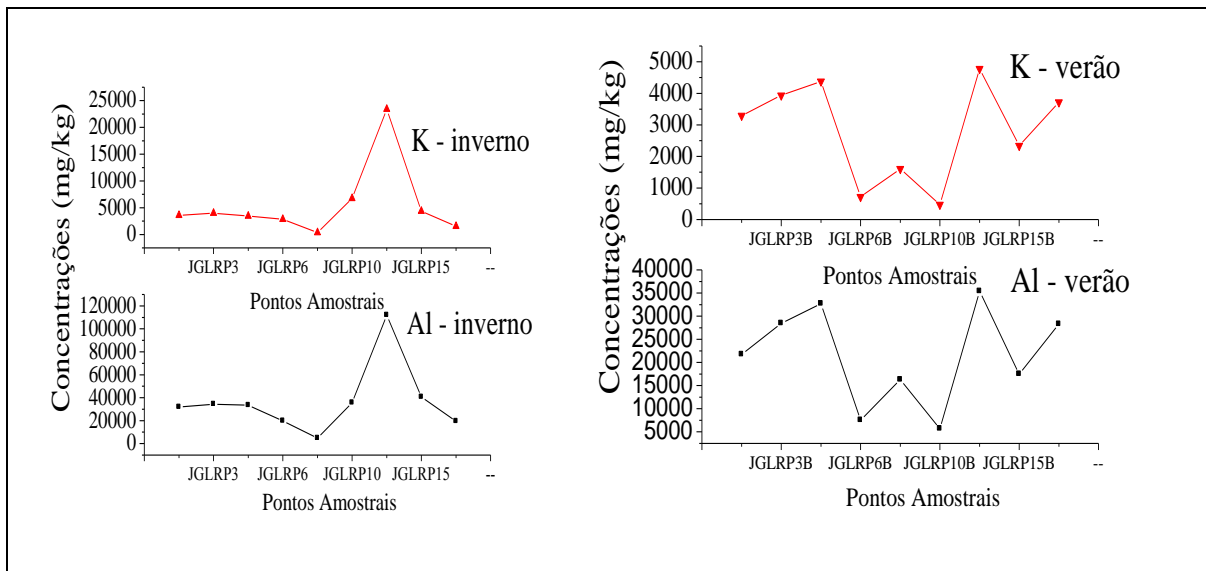


Figura 4.8.3.1 – Comportamento das concentrações de K e Al durante o inverno e verão nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.

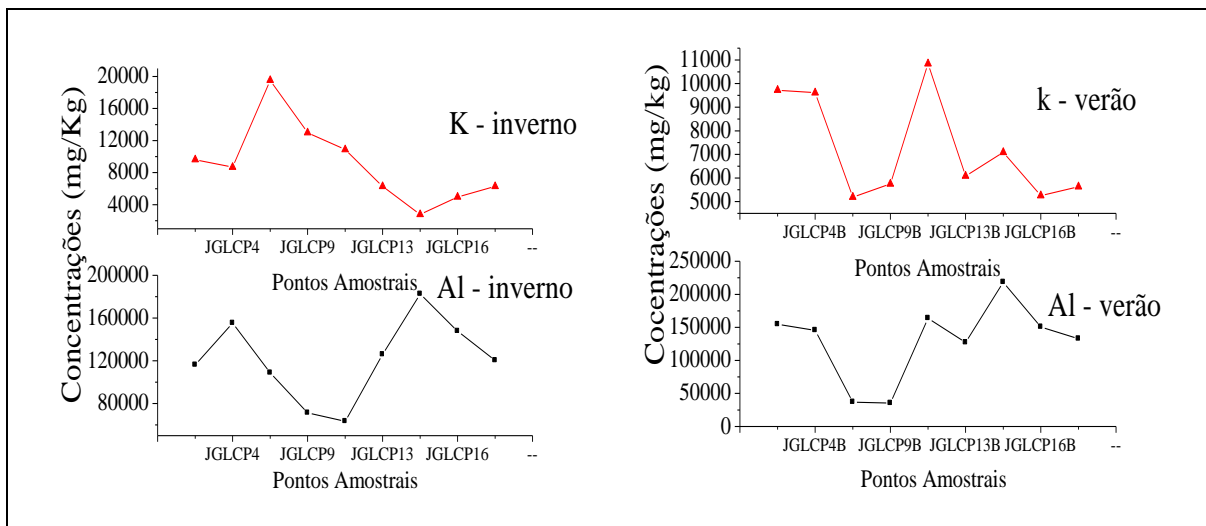


Figura 4.8.3.2 – Comportamento das concentrações de K e Al durante o inverno e verão nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.

É provável que as fontes de alumínio e potássio sejam diferentes das fontes do Rio Piracicaba. Também não podendo descartar uma maior ação antrópica nos tributários em relação ao Rio Piracicaba.

Geralmente estes dois elementos podem ser encontrados juntos em minerais como a muscovita ( $KAl_2[(OH)_2/Si_3AlO_{10}]$ ).

#### **4.8.4. Titânio, Tório e Zircônio**

As concentrações de titânio e tório encontradas nos sedimentos do Rio Piracicaba demonstraram boas correlações durante o período de inverno. No verão tal fato não pode ser observado.

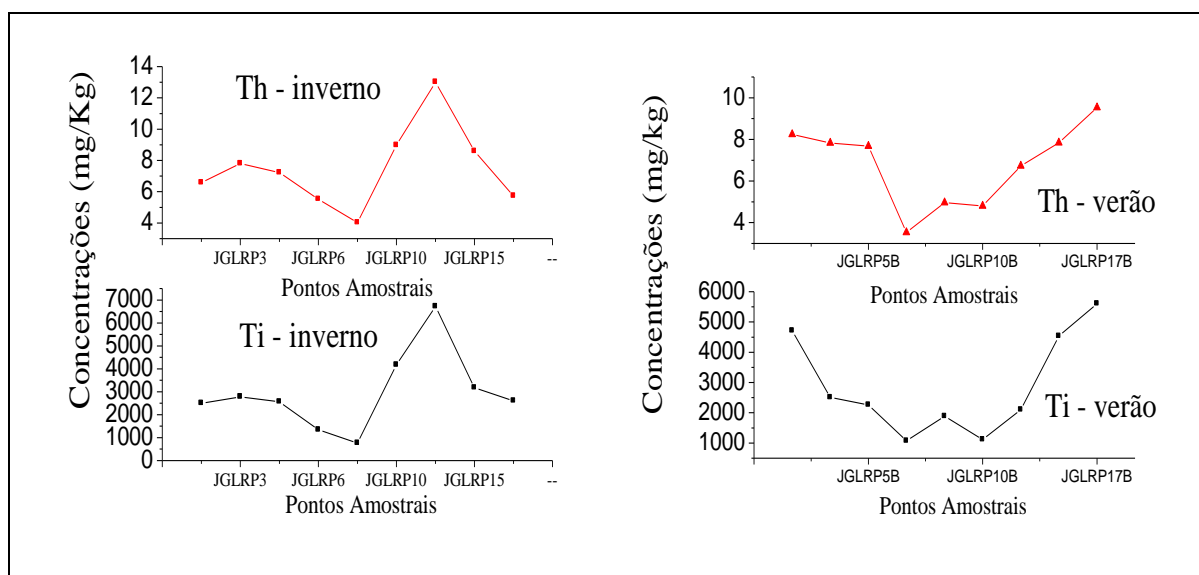


Figura 4.8.4.1 – Comportamento das concentrações de Ti e Th durante o inverno e verão nos sedimentos do Rio Piracicaba.

Nos sedimentos coletados nos tributários, diferentemente do que ocorre no rio durante a estação de inverno, correlações positivas entre Ti e Th foram observadas apenas em alguns pontos conforme pode ser visto na Figura 4.8.4.2.

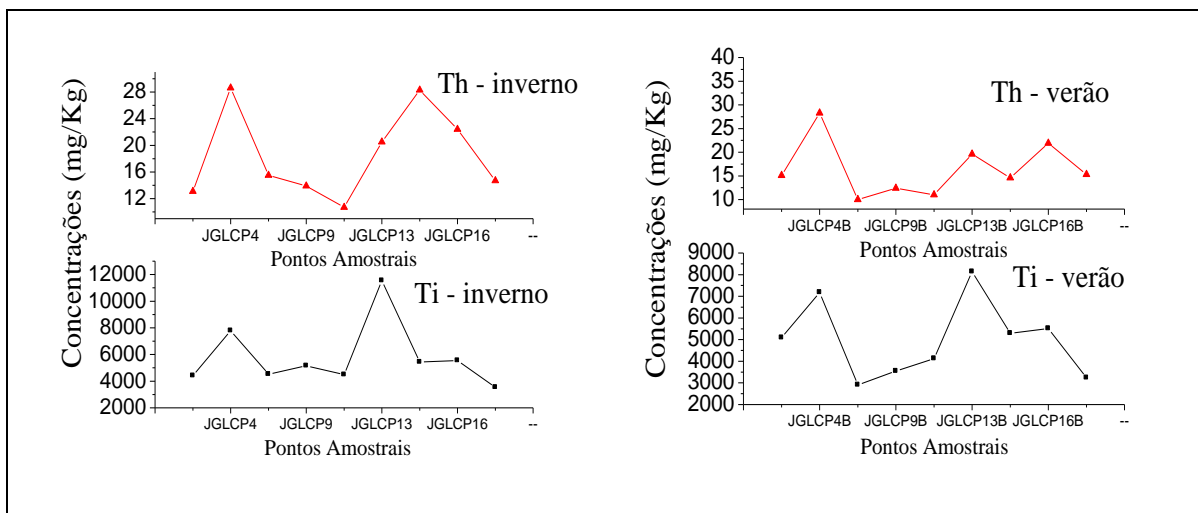


Figura 4.8.4.2 – Comportamento das concentrações de Ti e Th durante o inverno e verão nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.

As concentrações de zircônio também apresentaram boas correlações com as de titânio nos sedimentos do Rio Piracicaba (Fig. 4.8.4.3). Com isso titânio, zircônio e tório apresentam uma correlação positiva entre os mesmos. Isso demonstra a influência da litologia local nos sedimentos encontrados no rio. Tais elementos podem ser encontrados em rochas pertencentes ao grupo Guanhães e Mantigueira, Supergrupo Minas e Rio das Velhas.

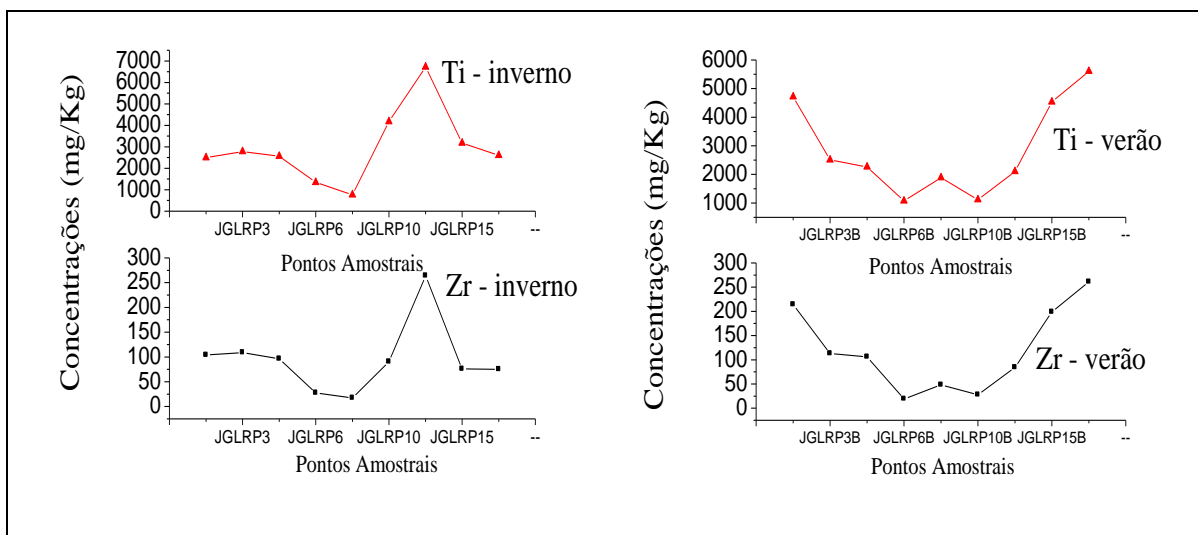


Figura 4.8.4.3 – Comportamento das concentrações de Ti e Zr durante o inverno e verão nos sedimentos do Rio Piracicaba.

Assim como titânio e tório, as concentrações de zircônio nos sedimentos dos tributários também demonstraram um comportamento desuniforme, conforme apresentado a seguir.

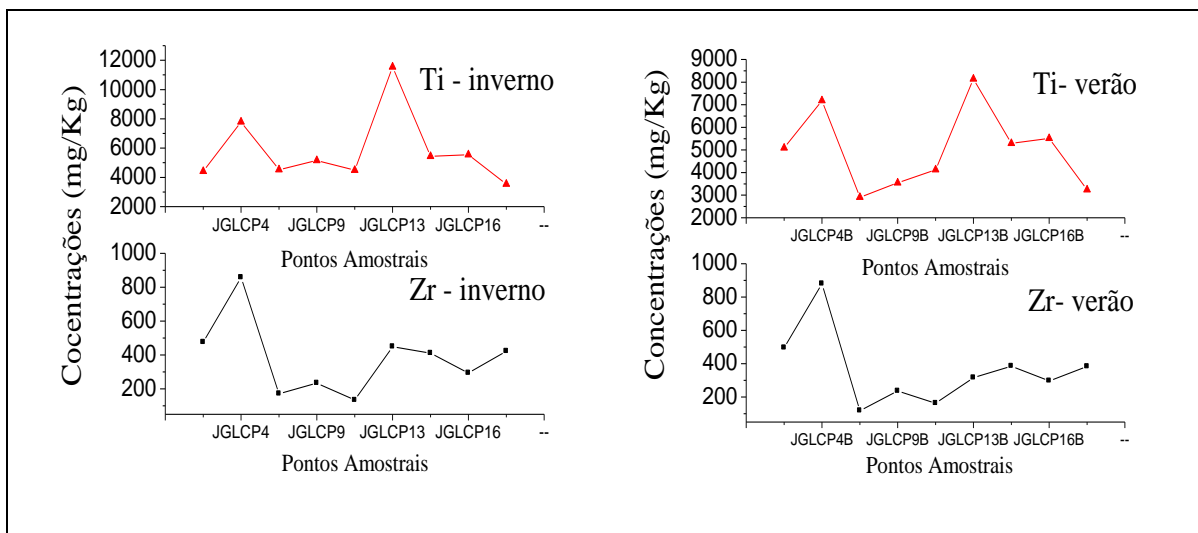


Figura 4.8.4.4 – Comportamento das concentrações de Ti e Zr durante o inverno e verão nos sedimentos dos Tributários do Rio Piracicaba.

#### 4.8.5. Titânio e Vanádio

Entre titânio e vanádio, em ambas as épocas estudadas, foram observadas correlações positivas entre os mesmos. O comportamento das concentrações desses dois elementos nos sedimentos do Rio Piracicaba podem ser observadas na Figura 4.8.5.1.

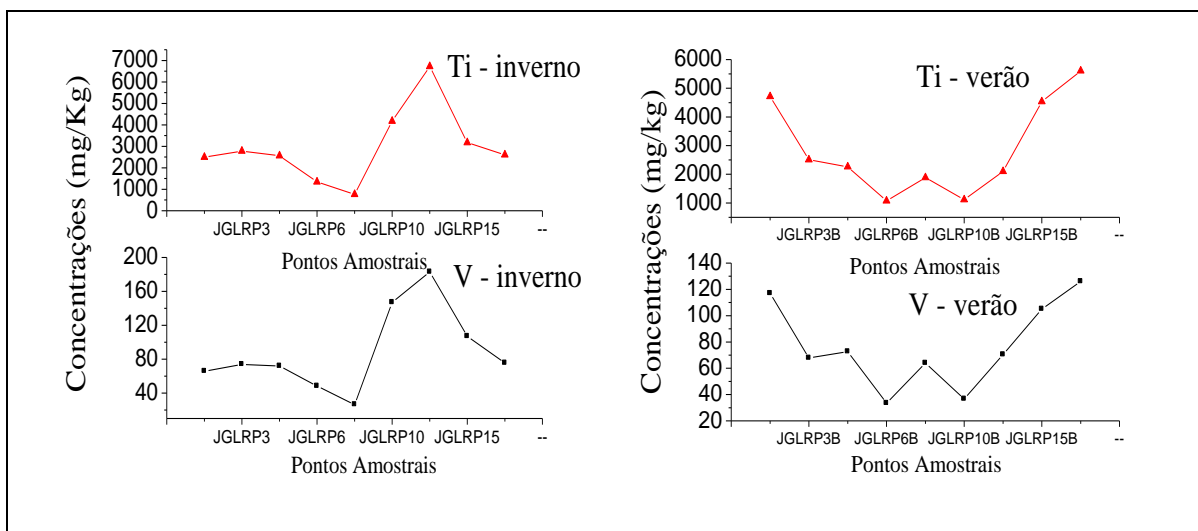


Figura 4.8.5.1 – Comportamento das concentrações de Ti e V durante o inverno e verão nos sedimentos do Rio Piracicaba.

Como o vanádio apresenta uma correlação positiva com o titânio nos sedimentos do Rio Piracicaba em ambas as épocas estudadas, o mesmo também se correlaciona de

maneira positiva com tório e zircônio, sendo provável que tais elementos tenham as mesmas origens.

Nos tributários diferentemente do que ocorre nos sedimentos encontrados no rio, as concentrações de vanádio e titânio não demonstraram correlações positivas. É provável que ações antrópicas ou ação diferenciada de agentes do intemperismo nos córregos contribua para esta diferenciação. Tal fato também foi observado com outros elementos analisados neste estudo.

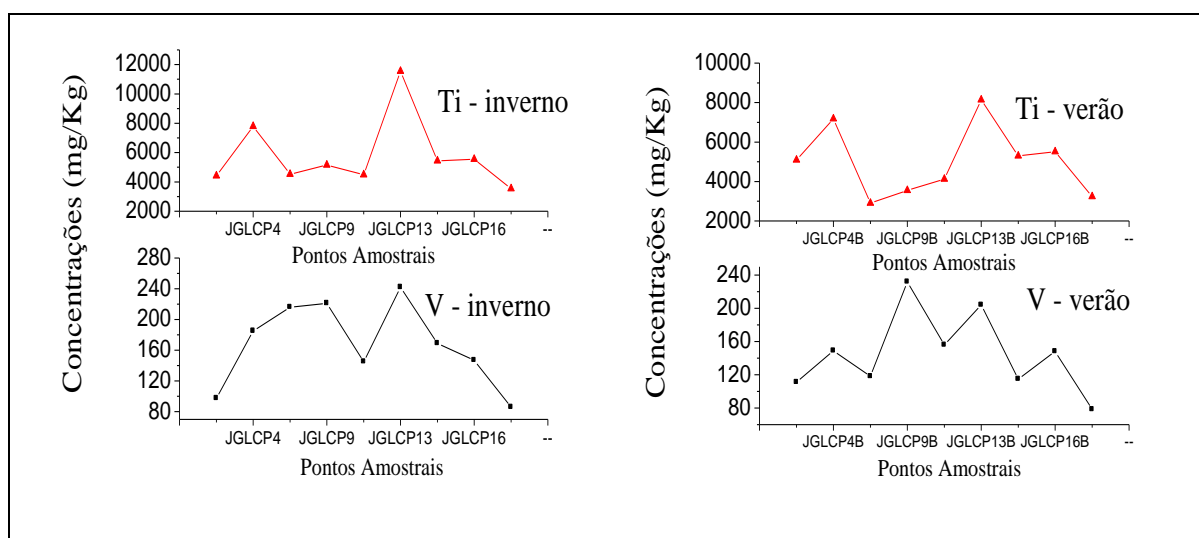


Figura 4.8.5.2 – Comportamento das concentrações de Ti e V durante o inverno e verão nos sedimentos dos tributários do Rio Piracicaba.

#### **4.8.6. Alumínio, Potássio e Tório**

Correlações positivas entre alumínio, potássio e tório foram verificadas somente nos sedimentos do Rio Piracicaba. Este fato faz com que alumínio, potássio também tenham correlações positivas com titânio, zircônio e vanádio. O comportamento entre alumínio, tório e potássio nos sedimentos do Rio Piracicaba podem ser visualizados nas Figuras 4.8.6.1 e 4.8.6.2 respectivamente.

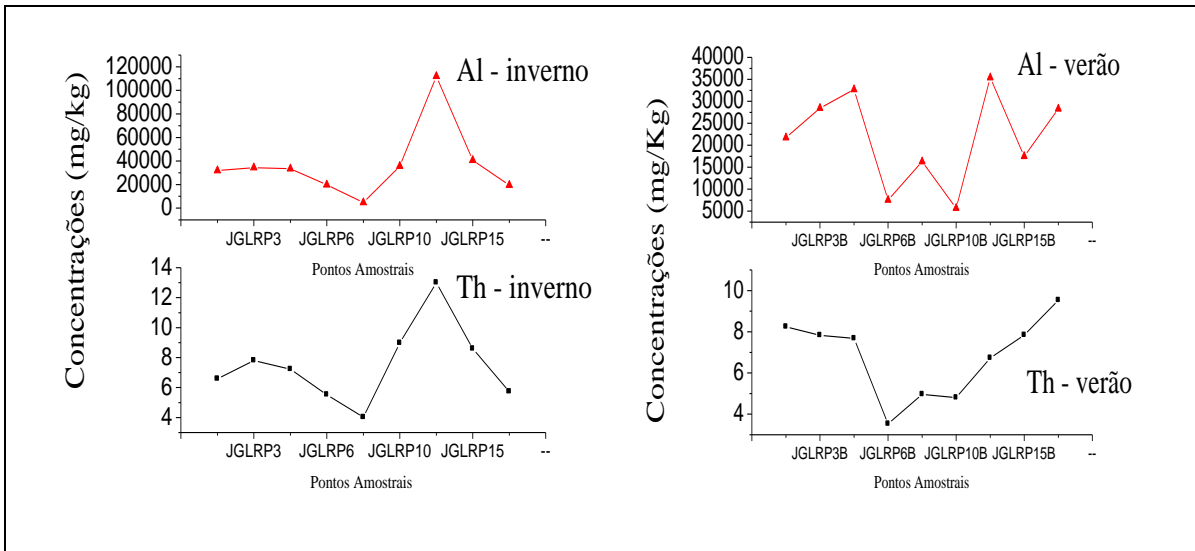


Figura 4.8.6. 1 – Comportamento das concentrações de Al e Th durante o inverno e verão nos sedimentos do Rio Piracicaba.

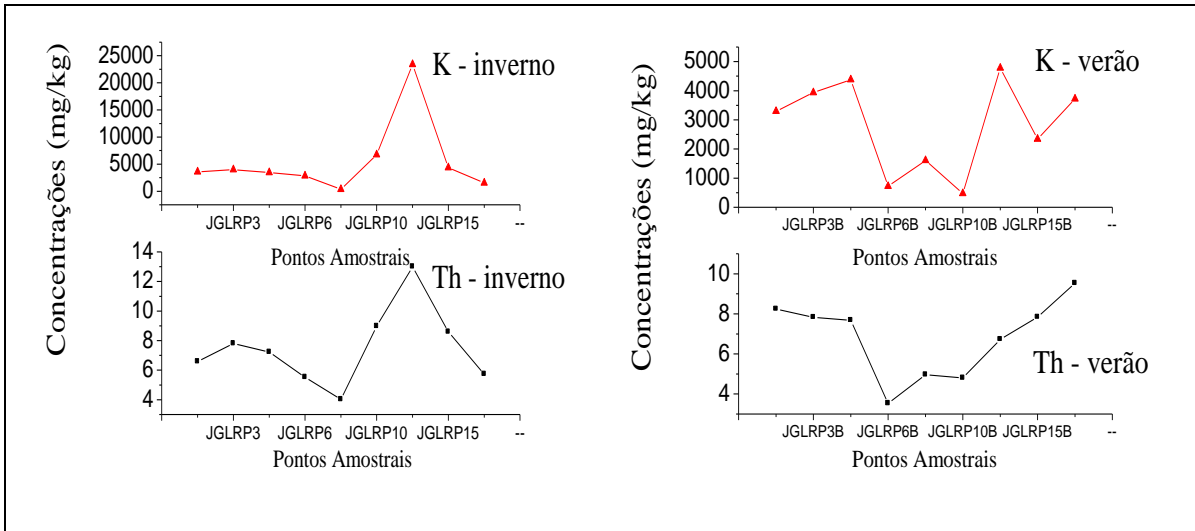


Figura 4.8.6.2 – Comportamento das concentrações de K e Th durante o inverno e verão nos sedimentos do Rio Piracicaba.

## 5. Conclusões

---

- Os resultados das análises de água demonstram que as concentrações de Fe e S em vários pontos ao longo do Rio Piracicaba e em seus tributários, principalmente durante o verão, ficaram acima do permitido pela Resolução CONAMA 354/05 para corpos d'água de classe 2. Tal fato demonstra a influência da mineração de Fe e possivelmente a de esgoto sanitário em toda região estudada.

- A alcalinidade das águas no trecho superior do Rio Piracicaba é naturalmente baixa, fato que é consistente com as características geoquímicas do aquífero. Entretanto este fato indica uma fragilidade ambiental no sentido de incapacidade de reagir a uma eventual presença de substâncias ácidas na água e conseqüente diminuição no pH. Este fato, pode ser observado no Córrego Gabiroba (JGLCP 13) durante o inverno, e no Córrego Faria durante o verão.

- As correlações positivas entre pares de elementos químicos nas águas e nos sedimentos comprovam a influencia da litologia local na composição química das águas do Rio Piracicaba e de seus tributários. As concentrações não correlacionáveis entre elementos que apresentam comportamentos semelhantes, sugerem a influencia da ação antrópica que é mais evidente nos tributários, pelo fato de que a maior parte das correlações positivas entre elementos químicos foram encontradas no Rio Piracicaba.

- Os pontos JGLCP 11 (Córrego Batatal) e o JGLRP 12, apresentaram sistemáticas concentrações mais elevadas de vários cátions (Ca-K-Li-Mg) na água e nos sedimentos, bem como vários ânions ( $\text{Cl}^-$ , S,  $\text{SO}_4^{2-}$ ), além dos mais elevados valores de pH e alcalinidade. Estes pontos podem estar sendo influenciado pela mineração e por esgoto doméstico de pequenas propriedades rurais e do Distrito de Santa Rita Durão. É recomendável o contínuo monitoramento desses pontos com a realização de análises complementares de oxigênio dissolvido, DBO, nitratos e coliformes fecais.

- Além da litologia local e das atividades antrópicas, outro processo que exerce influencia na composição química das águas na região estudada, segundo o diagrama de Bumerangue é o processo de precipitação.

- A variabilidade espacial das lâminas precipitadas anualmente, são influenciadas pelo relevo e a variação climática, fazendo com que parte superior da bacia tenha maiores índices pluviométricos por ser uma região montanhosa e de clima mais úmido,

favorecendo assim ocorrências de chuvas orográficas fora da estação chuvosa, fenômeno que não ocorre nas regiões de baixas altitudes.

- Os sedimentos demonstram como fontes potenciais de metais como Ni, Pb, Ti, Cu, Mn, V, Th, Zn, em toda a região estudada. Tal fato, é evidenciado nos resultados das análises de água, onde muitos destes elementos químicos foram encontrados em quantidades abaixo do limite de quantificação ICP-OES.

- Com base nos resultados, um estudo de uso e ocupação de solo mais detalhado se faz necessário para que medidas preventivas e mitigadoras dos problemas encontrados possam ser propostas.



## 6. Referencias Bibliográficas

---

AGUDO, E.G. (Coord). Guia de coleta e preservação de amostra de água. 1 ed. São Paulo: CETESB, 1987. 150 p.

ANA – Agencia Nacional das Águas (2009). Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 07 jun. 2009.

ARAÚJO, A. E. M. Avaliação dos parâmetros físicos, químicos e índices de qualidade da água no Rio Saúde, em razão da precipitação: estudo de caso. 2006. 96 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia – Processos de Superfície Terrestre) – CCEN/UFAL, 2006.

BARBOSA, O. Evolution du Geosinclinal Espinhaço. In: International Geological Congress, 18, 1954, Alger., 1954. p. 2-27.

BASTOS, I. C. O. Avaliação do índice de qualidade da água do Ribeirão Capim, médio Rio Doce – Governador Valadares. 2007. 110p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental - Saneamento Ambiental) – PROÁGUA/UFOP, 2007.

BORBA, R.P. Arsênio em ambiente superficial: processos geoquímicos naturais e antropogênicos em uma área de mineração aurífera. 2002. 113p. (Tese Doutorado) – Instituto de Geociência, Unicamp, 2002.

BERNADO, S. Manual de irrigação. 6 ed. Viçosa: Ed. UFV, 1995. 656p.

BERNER, E.K., BERNER, R.A. The global water cycle: geochemistry and environment. Englewood Cliffs: Prentice-hall, 1987. 397p.

BONUMÁ, N. B. Avaliação da qualidade da água sob impacto da atividade de implantação de garimpo no município de São Martinho da Serra. 2006. 106 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFSM/RS, 2006.

BRAILE, P. M., CAVALCANTI, J. E. W. A. Manual de águas residuárias industriais. São Paulo: CETESB. 1993. 764p.

CARVALHO, I. G. Fundamentos da química dos processos exógenos. 2 ed. Salvador: Ed. Bureau Gráfica. 1995. 296p.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução do CONAMA N° 001 de 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res001.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2009.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução do CONAMA N° 357 de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res357.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2009.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 2007 <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>>. Acesso em: 10 jul. 2008.

CUSTÓDIO, E., LIAMAS, M. Hidrologia Subterrânea. Barcelona: Ed. Omega, 1983.v1-2.

DERÍSIO, J. C. Introdução ao controle de poluição Ambiental. 1 ed. São Paulo: Cetesb, 2000. 201 p.

EPA – Environmental Protection Agency. update of ambient water criteria for cadmium. Washiton: Office water, 2001a. 159p. Disponível em: <<http://www.epa.gov/waterscience/criteria/cadmium/cad2001upd.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2009.

FERNANDES, G. B. Caracterização qualitativa das águas do Rio Salgado no município de Juazeiro do Norte, Ceará. In: Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental,VI, 2002, Vitória, Espírito Santo, Brasil. Anais 2002. p. 1-9.

FERNANDES, J. F. Geoquímica do U, Th e outros elementos litófilos em rochas de alto grau de metamorfismo do “Maciço de Guaxupé” , sul de Minas Gerais. 1982. 69p. Tese (Mestrado em Tecnologia Nuclear Básica) – IPEN/USP, 1982.

FICARIS, M. Análise de metais pesados em águas subterrâneas empregando a fluorescência de raios x por reflexão total com radiação síncontron (sr-txrf). 2004. 122p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – FECA/UNICAMP, 2004.

FÖRSTNER, U. Traceability of sediments analysis. Trends in Analytical Chemistry. V.23, n.3, p.217-235. 2004.

FÖRSTNER, U., WITTMANN, G.T.W. Metal pollution aquatic environment. 2 ed. New York, Spring-Verlag Berlin Heidelberg, 1981. 486p.

FUKUZAWA, C. M. Influência da Litologia nas águas do Rio Piranga - formador do Rio Doce. 2008. 103p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental – Recursos Hídricos) – PROÁGUA/UFOP, 2008.

GIBBS, R.J. Mechanism controlling world water chemistry. Science. V170, p. 1088 -1090, 1970.

GILL R. Chemical fundamentals of geology. 2 ed. London: Chapman & Hall, 1996. 298 p.

GREENBERG, A.E.; CLESCERI, L.S.; EATON A.D. (ed.). Standard methods for the examination of water and wastewater. 18 ed. Washington: American Public Health Association, 1992.

GOLDSCHMIDT, V.M. (1923). Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente. Videnskapsselskapets Skrifter I, Mat. Naturw. Kl. n. 3 /4. 1937.

GOULART, R. M. Análise da qualidade ambiental da parte superior do Rio Piranga. 2008. 110p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental – Recursos Hídricos) – PROÁGUA/UFOP, 2008.

GUERRA, C. B. Expedição Piracicaba: 300 anos depois. Belo Horizonte: SEGRAC., 2001.

GUERRA, P. A. G. Geoestatística operacional. Brasília: MME/DNPM, 1988.

HEM J. D. Study and interpretation of chemical characteristics of natural water. 3 ed. Alexandria, United States: Geological Survey - Water-Supply Paper 2254. 1985. 263p.

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas (2007). Disponível em: <[http://aguas.igam.mg.gov.br/aguas/htmls/aminas\\_nwindow/param\\_quimicos.htm](http://aguas.igam.mg.gov.br/aguas/htmls/aminas_nwindow/param_quimicos.htm)>

Acesso em: 21 jul. 2009.

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Monitoramento da qualidade das águas superficiais na Bacia do Rio Doce em 2006. Belo Horizonte, 2007. 159p.

JESUS, I. P. S. Caracterização dos aquíferos em meio cristalino da porção oeste da bacia do alto Tietê. 2005. 204 p. Dissertação (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) – Instituto de Geociência/USP, 2005.

JOBLING, S., SUMPTER, J. J. Detergent components in sewage effluent are weakly estrogenic to fish: An in vitro study using rainbow trout. (*Onchorhynchus mykiss*) hepatocytes. *Aquatic toxicology*, v. 27, p. 361 – 372, 1993.

KÖPPEN, W. Climatologia. Fondo de Cultura Econômica, Buenos Aires, 1931.

LANDIM, P. M. B. Análise estatística de dados geológicos. São Paulo: Ed. UNESP, 1998. 226p.

MEYBECK, M. Concentrations des eaux fluviales en elements majeurs et apports en solution aux oceans. *Revue de Geologie Dynamique at Geographie Physique*. v. 21, n.3, p. 215-246, 1979.

MOORE, J.W., RAMAMOORTHY, S. Heavy metals in natural waters. New York: Springer-Verlag, 1984. 328p.

NETO, A. E. F., VALE, F. R., RESENDE, A.V., GUILHERME, L. R. G., GUEDES, G. A. A. Fertilidade do solo. 2001. 252p. Texto Acadêmico (Curso de Pos-Graduação Lato Sensu - Fertilidade do Solo) - FAEPE/UFLA, 2001.

PARRA, R.R. Análise geoquímica de água e de sedimento afetados por minerações na bacia hidrográfica do Rio Conceição, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais – Brasil. 2006. 113 p. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) – DEGEO/UFOP, 2006.

PERAZA, M. A., FIERRO-AYALA, F., BARBER, D. S., CASAREZ, E., RAEL, L. T. Effects of micronutrients on metal toxicity. *Environmental Health Perspectives*. v. 106, N.1, p. 203-216, 1998.

PINTO C. P., PEDROSA SOARES A. C., WIEDEMANN, C. Mapa geológico da porção brasileira do Orógeno Araçuaí-Oeste Congo. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 40,1998, Belo Horizonte, MG, *Anais*. 1998. p.37.

RIBEIRO, P.J.; DIGGLE, P.J. **GeoR**: Package for geostatistical data analysis na illustrative session. Disponível em: <[www.est.ufpr.br/geoR/geoRdoc/geoRintro.R](http://www.est.ufpr.br/geoR/geoRdoc/geoRintro.R)>. Acesso em: 26 jun.2009.

ROESER, H.M.P. Geoquímica ambiental. 2004. Notas de aula. DEGEO/UFOP.

SÁNCHEZ, L. E. Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2006. 495p.

SAMPAIO, A. A. Remoção de ferro e manganês pelo pré tratamento de águas de abastecimento com permanganato de potássio. 1995. 159p. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – FECA/Unicamp, 1995.

SANTOS, A. C. Noções de Hidrogeoquímica. In: FEITOSA, F. A. C ; MANOEL FILHO, J. (Coord). Hidrogeologia conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM, 1997. p. 81-108.

SILVA, A. C., VIDAL, M., PEREIRA, M. G. Impactos Ambientais Causados Pela Mineração do Caulim. *Revista Escola de Minas, Ouro Preto*, v.54, n.2, 2001.

TRAGMAR, B. B., YOST, R. S., UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Advances in Agronomy*. v. 38, p. 45-94, 1985.

TRINDADE, J. C. D. Paisagem e Desenvolvimento Econômico da Bacia do Rio Piracicaba. 2007. 154 p. Monografia (Graduação em Geografia) – FCESI/MG, 2007.

TOMAZELLI, A. C. Estudos comparativos das concentrações de cádmio, chumbo e mercúrio em seis bacias hidrográficas do estado de São Paulo. 2003. 124p. Tese (Doutorado em Ciências - Biologia Comparada) – FFCLRP/USP, 2003.

UHLEIN, A., Oliveira, H. A. História Geológica do Quadrilátero Ferrífero. *Ciência Hoje*. Rio de Janeiro: Editora SBPC, N.160. Vol. 27, 2000.

VALENTE, J. M. G. P. Geomatématica – Lições de geoestatística. Ouro Preto: Ed. da Fundação Gorceix. 1989. 8v.

VON SPERLING, M. Introdução a qualidade das águas e do tratamento de esgoto. 2 ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. 2008.

WEDEPOHL, K. H. (Ed.). *Handbook of Geochemistry*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 1978. VII/ 1, 2,3,4 e 5.

WEINER E. R. *Applications of environmental chemistry: a practical guide for environmental professionals*. Florida: CRC Press, Lewis Publishers, 2000. 288 p.

ZAMBETA, P. M. A. Espécies químicas inorgânicas (Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb e Sn) no sedimento e nos sólidos em suspensão do Rio Corumbá, SP. 2006. 73p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – ESALQ/USP. 2006.

## Anexo I

### Parâmetros Físicos e Químicos das Amostras de Águas.

Tabela I.1 – Dados físicos e químicos da campanha de inverno.

Pontos Amostrais	Coordenadas		Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub>	TDS	Temperatura	pH	Turbidez	Condutividade
	x	y	mg/L	mg/L	mg/L	ppm	°C	-	FTU	µs/cm
JGLRP 1	678252	7769921	3,40	2,34	14,49	18,73	18,9	7,1	5,5	28,9
JGLCP 2	679699	7771105	2,43	2,34	9,22	9,14	18,7	6,84	3	13,98
JGLRP 3	679734	7771610	2,43	2,38	15,81	17,34	20,7	7,7	5,3	26,64
JGLCP 4	681604	7772800	3,89	2,38	11,86	15,9	22,1	6,7	15	23,45
JGLRP 5	680589	7774305	3,40	2,38	14,49	16,14	20,6	6,98	5,1	24,95
JGLRP 6	665223	7770115	2,92	2,54	5,27	29,16	21,1	7,22	15	44,54
JGLCP 7	655187	7769805	3,43	1,39	26,13	18,01	16,2	6,55	2	29,3
JGLRP 8	666290	7769079	5,35	2,15	20,33	716,5	19,9	6,51	5,5	1081
JGLCP 9	665233	7766582	4,90	1,44	21,78	16,61	18,7	6,71	5,9	27,57
JGLRP 10	667434	7665838	4,38	1,44	11,61	7,92	19	6,29	3,8	13,04
JGLCP 11	667471	7765482	32,33	1,25	130,66	259,8	20,3	7,5	19	402,6
JGLRP 12	668302	7765956	8,75	25,28	90,01	118,2	21	7,6	6	193
JGLCP 13	668481	7766008	5,39	1,25	8,71	9,51	17,6	5,9	1,7	101,2
JGLCP 14	671643	7766766	5,88	1,30	13,07	6,19	17,8	6,14	3,9	189
JGLRP 15	678325	7769443	3,89	1,34	29,04	42,32	19,5	6,9	2,3	72
JGLCP 16	677240	7767253	3,43	1,39	17,42	19,32	17,6	6,64	4,6	31,2
JGLRP 17	676980	7767579	4,38	1,44	24,68	27,94	20,1	7,03	2,5	46,12
JGLCP 18	677706	7768044	4,41	1,25	15,97	11,25	15,6	6,29	2	18,31
Máximos	681604	7774305	32,33	25,28	130,66	716,5	22,1	7,7	19	1081
Mínimos	655187	7665838	2,43	1,25	5,27	6,19	15,6	5,9	1,7	13,04

Tabela I.2 – Dados físicos e químicos da campanha de verão.

Pontos Amostrais	Coordenadas		Cl <sup>-</sup> mg/L	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	HCO <sub>3</sub> mg/L	TDS ppm	Temperatura °C	pH -	Turbidez FTU	Condutividade µs/cm
	x	y								
JGLRP 1B	678252	7769921	4,41	6,34	5,81	16	24,9	6,3	22,5	24,7
JGLCP 2B	679699	7771105	3,43	9,29	21,78	12,14	24,3	6,63	33	18,9
JGLRP 3B	679734	7771610	3,43	4,51	30,49	21,9	26,5	6,57	16	33,54
JGLCP 4B	681604	7772800	3,92	8,45	17,42	18,89	27,3	6,47	30	29,04
JGLRP 5B	680589	7774305	4,41	5,64	17,42	18,14	27,3	6,5	20	25,23
JGLRP 6B	665223	7770115	3,43	0,58	15,97	16,88	25	6,32	2	27,33
JGLCP 7B	655187	7769805	3,43	0,19	18,87	23,61	20,7	6,41	8,78	37
JGLRP 8B	666290	7769079	2,45	0,27	14,52	17,6	21,6	6,54	59	25,78
JGLCP 9B	665233	7766582	2,94	0,30	15,97	13,34	24,9	6,42	9,8	20,58
JGLRP 10B	667434	7665838	2,45	0,24	14,52	16,04	25,4	6,51	15,97	24,5
JGLCP 11B	667471	7765482	2,94	0,16	17,42	10,99	27,8	4,54	9,85	16,8
JGLRP 12B	668302	7765956	2,45	0,30	21,78	14,72	23,4	6,52	22,93	22,62
JGLCP 13B	668481	7766008	3,43	0,22	10,16	4,84	22,8	6	2,47	7,5
JGLCP 14B	671643	7766766	2,94	0,16	18,87	6,21	22	6,57	3,1	9,6
JGLRP 15B	678325	7769443	2,45	0,27	21,78	12,81	26,04	6,59	128	19,9
JGLCP 16B	677240	7767253	2,45	0,19	30,49	13,42	23	6,53	16,16	20,83
JGLRP 17B	676980	7767579	2,45	0,30	23,23	15,9	26	6,72	58	27,1
JGLCP 18B	677706	7768044	2,94	0,19	29,04	17,01	24,4	6,32	15,68	26,16
Máximos	681604	7774305	4,41	9,29	30,49	23,61	27,80	6,72	128,00	37,00
Mínimos	655187	7665838	2,45	0,16	5,81	4,84	20,70	4,54	2,00	7,50



## Anexo II

### Resultado das Análises Químicas de Água.

Tabela II.1 – Resultados das análises químicas de água da primeira campanha

Amostra Água	Al	As	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/ml	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/ml	µg/l	µg/ml
JGLRP 1	<LQ	<LQ	10,3	<LQ	1,52	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	256,0	0,414	0,781	0,851
JGLRP 2	<LQ	<LQ	18,1	<LQ	0,69	<LQ	<LQ	11,8	<LQ	224,7	0,516	<LQ	0,255
JGLRP 3	<LQ	<LQ	10,0	<LQ	1,42	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	236,3	0,474	<LQ	0,722
JGLRP 4	13,18	<LQ	16,5	<LQ	1,25	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	946,0	0,608	<LQ	0,610
JGLRP 5	<LQ	<LQ	9,8	<LQ	1,45	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	249,5	0,454	<LQ	0,735
JGLRP 6	<LQ	<LQ	16,6	<LQ	2,43	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	196,4	0,296	0,770	1,4
<b>LQ</b>	<b>10</b>	<b>150</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>0,01</b>	<b>5</b>	<b>25</b>	<b>8,5</b>	<b>4,5</b>	<b>7,5</b>	<b>0,1</b>	<b>0,75</b>	<b>0,001</b>

(Continuação da Tabela II.1)

Amostra Água	Mn	Mo	Na	Ni	P	S	Sc	Si	Sn	Sr	Ti	V	Y	Zn
	µg/l	µg/l	µg/ml	µg/l	µg/ml	µg/ml	µg/l	µg/ml	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
JGLRP 1	181,10	<LQ	2,54	<LQ	<LQ	0,659	<LQ	3,459	<LQ	8,2	<LQ	<LQ	<LQ	9,43
JGLRP 2	20,91	<LQ	1,75	<LQ	<LQ	0,136	<LQ	4,879	<LQ	10,6	<LQ	<LQ	<LQ	6,55
JGLRP 3	136,60	<LQ	2,53	<LQ	<LQ	0,579	<LQ	3,606	<LQ	8,7	<LQ	<LQ	<LQ	5,97
JGLRP 4	108,00	<LQ	1,50	<LQ	<LQ	0,121	<LQ	4,566	<LQ	13,0	<LQ	<LQ	<LQ	4,06
JGLRP 5	125,40	<LQ	2,42	<LQ	<LQ	0,568	<LQ	3,967	<LQ	9,2	<LQ	<LQ	<LQ	2,43
JGLRP 6	114,10	<LQ	4,14	<LQ	<LQ	1,493	<LQ	2,617	<LQ	6,6	<LQ	<LQ	<LQ	3,95
<b>LQ</b>	<b>1,75</b>	<b>30</b>	<b>0,01</b>	<b>40</b>	<b>0,15</b>	<b>0,015</b>	<b>0,45</b>	<b>0,006</b>	<b>95</b>	<b>0,1</b>	<b>10,0</b>	<b>7,5</b>	<b>2,0</b>	<b>4,0</b>

Tabela II.2 – Resultados das análises químicas de água da segunda campanha.

Amostra Água	Al (167)	As (189)	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mo
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/ml	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/ml	µg/l	µg/l
<b>JGLRP 1B</b>	53,70	<L.Q.	4,90	<L.Q.	1,48	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	429,90	0,36	<L.Q.	<L.Q.
<b>JGLRP 2B</b>	23,37	<L.Q.	21,05	<L.Q.	0,80	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	237,80	0,49	<L.Q.	<L.Q.
<b>JGLRP 3B</b>	45,02	<L.Q.	4,77	<L.Q.	1,50	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	404,90	0,33	<L.Q.	<L.Q.
<b>JGLRP 4B</b>	10,14	<L.Q.	19,82	<L.Q.	1,53	<L.Q.	15,20	<L.Q.	<L.Q.	860,00	0,57	<L.Q.	<L.Q.
<b>JGLRP 5B</b>	30,87	<L.Q.	4,03	<L.Q.	1,45	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	297,60	0,34	<L.Q.	<L.Q.
<b>JGLRP 6B</b>	69,30	<L.Q.	10,72	<L.Q.	1,49	<L.Q.	13,82	<L.Q.	<L.Q.	297,30	0,24	<L.Q.	<L.Q.
<b>L.Q.</b>	<b>8,72</b>	<b>89,24</b>	<b>0,41</b>	<b>0,65</b>	<b>0,01</b>	<b>4,91</b>	<b>10,84</b>	<b>7,39</b>	<b>3,32</b>	<b>6,74</b>	<b>0,08</b>	<b>0,68</b>	<b>20,69</b>

(continuação Tabela II.2).

Amostra Água	Na	Ni	P	S	Sc	Si	Sn	Sr	Ti (334)	V	Y	Zn
	µg/ml	µg/l	µg/ml	µg/ml	µg/l	µg/ml	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<b>JGLRP 1B</b>	2,07	<L.Q.	<L.Q.	0,77	<L.Q.	2,14	<L.Q.	7,75	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.
<b>JGLRP 2B</b>	2,18	<L.Q.	<L.Q.	0,12	<L.Q.	4,84	<L.Q.	13,17	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.
<b>JGLRP 3B</b>	2,47	<L.Q.	<L.Q.	0,87	<L.Q.	2,42	<L.Q.	8,28	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.
<b>JGLRP 4B</b>	1,80	<L.Q.	<L.Q.	0,08	<L.Q.	4,81	<L.Q.	17,66	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	9,71
<b>JGLRP 5B</b>	2,23	<L.Q.	<L.Q.	0,76	<L.Q.	2,44	<L.Q.	8,39	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.
<b>JGLRP 6B</b>	2,61	<L.Q.	<L.Q.	0,87	<L.Q.	1,53	<L.Q.	5,26	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.
<b>L.Q.</b>	<b>0,02</b>	<b>30,34</b>	<b>0,07</b>	<b>0,05</b>	<b>0,68</b>	<b>0,02</b>	<b>154,85</b>	<b>0,14</b>	<b>7,88</b>	<b>7,03</b>	<b>1,40</b>	<b>5,27</b>

Tabela II. 3 – Resultados das análises químicas de água da terceira campanha.

<b>Amostra Água</b>	<b>Al</b>	<b>As</b>	<b>Ba</b>	<b>Ca</b>	<b>Cd</b>	<b>Co</b>	<b>Cr</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>K</b>	<b>Li</b>	<b>Mg</b>
	<b>mg/l</b>	<b>mg/l</b>	<b>mg/l</b>	<b>mg/ml</b>	<b>mg/l</b>	<b>mg/l</b>	<b>mg/l</b>	<b>mg/l</b>	<b>mg/l</b>	<b>mg/ml</b>	<b>mg/l</b>	<b>mg/ml</b>
<b>JGLRP7B</b>	<L.Q.	<L.Q.	44,54	1,448	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	305,3	0,2707	2,263	0,989
<b>JGLRP8B</b>	24,2	<L.Q.	13,96	1,625	<L.Q.	23,9	<L.Q.	<L.Q.	174,7	0,2505	<L.Q.	0,831
<b>JGLRP9B</b>	<L.Q.	<L.Q.	15,71	1,252	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	336,2	0,4538	0,924	0,817
<b>JGLRP10B</b>	21,59	<L.Q.	13,86	1,585	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	160,3	0,3085	<L.Q.	0,822
<b>JGLRP11B</b>	<L.Q.	<L.Q.	27,3	0,877	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	555	0,3156	<L.Q.	0,789
<b>JGLRP12B</b>	27,75	<L.Q.	12,38	1,528	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	210,6	0,3326	<L.Q.	0,81
<b>JGLRP13B</b>	<L.Q.	<L.Q.	8,01	0,2542	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	223,6	0,3191	<L.Q.	0,1385
<b>JGLRP14B</b>	<L.Q.	<L.Q.	8,75	0,3775	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	184,9	0,3783	<L.Q.	0,2363
<b>JGLRP15B</b>	25,71	<L.Q.	6,88	1,252	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	208	0,3424	<L.Q.	0,636
<b>JGLRP16B</b>	15,91	<L.Q.	15,8	1,01	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	478,3	0,599	<L.Q.	0,3936
<b>JGLRP17B</b>	26,87	<L.Q.	7,2	1,211	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	188,8	0,3172	<L.Q.	0,633
<b>JGLRP18B</b>	<L.Q.	<L.Q.	31,24	1,323	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	1650	0,585	<L.Q.	0,4949
<b>L.Q.</b>	<b>11,19</b>	<b>136,59</b>	<b>0,81</b>	<b>0,05</b>	<b>6,39</b>	<b>14,20</b>	<b>7,71</b>	<b>4,79</b>	<b>12,08</b>	<b>0,07</b>	<b>0,90</b>	<b>0,01</b>

(Continuação da Tabela II.3)

<b>Amostra</b>	<b>Mn</b>	<b>Mo</b>	<b>Na</b>	<b>Ni</b>	<b>P</b>	<b>Pb</b>	<b>S</b>	<b>Sc</b>	<b>Si</b>	<b>Sr</b>	<b>Ti</b>	<b>V</b>	<b>Y</b>	<b>Zn</b>
<b>Água</b>	<b>mg/l</b>	<b>mg/l</b>	<b>mg/ml</b>	<b>mg/l</b>	<b>mg/ml</b>	<b>mg/l</b>	<b>mg/ml</b>	<b>mg/l</b>	<b>mg/ml</b>	<b>mg/l</b>	<b>mg/l</b>	<b>mg/l</b>	<b>mg/l</b>	<b>mg/l</b>
<b>JGLRP7B</b>	769	21,36	0,3836	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	0,0915	<L.Q.	6,34	6,68	<L.Q.	2,324	<L.Q.	8,84
<b>JGLRP8B</b>	169,1	<L.Q.	1,456	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	0,831	<L.Q.	4,656	5,86	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.
<b>JGLRP9B</b>	693	<L.Q.	0,611	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	0,401	<L.Q.	6,66	5,57	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	14,61
<b>JGLRP10B</b>	251,4	<L.Q.	1,408	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	0,711	<L.Q.	4,738	6,62	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	8,55
<b>JGLRP11B</b>	169,1	<L.Q.	0,624	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	0,1596	<L.Q.	5,94	4,073	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.
<b>JGLRP12B</b>	196,3	<L.Q.	1,393	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	0,738	<L.Q.	4,65	6,48	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	6
<b>JGLRP13B</b>	26,64	27,47	0,91	<L.Q.	0,0285	<L.Q.	0,1111	<L.Q.	6,49	3,215	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	14,97
<b>JGLRP14B</b>	<L.Q.	<L.Q.	1,251	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	0,1577	<L.Q.	8,36	5,53	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	7,44
<b>JGLRP15B</b>	103,1	23,14	1,313	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	0,51	<L.Q.	6,08	7,52	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	5,62
<b>JGLRP16B</b>	55,9	<L.Q.	2,581	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	0,0993	<L.Q.	14,79	13,67	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	5,65
<b>JGLRP17B</b>	109,1	<L.Q.	1,343	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	0,57	<L.Q.	5,91	7,27	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.
<b>JGLRP18B</b>	219	<L.Q.	2,228	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	0,1204	<L.Q.	12,85	21,39	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	4,945
<b>L.Q.</b>	<b>7,48</b>	<b>21,59</b>	<b>0,03</b>	<b>25,60</b>	<b>0,12</b>	<b>131,18</b>	<b>0,07</b>	<b>0,34</b>	<b>0,16</b>	<b>0,56</b>	<b>7,04</b>	<b>9,41</b>	<b>1,27</b>	<b>4,25</b>

Tabela II.4 – Resultados das análises químicas de água da quarta campanha.

Amostra	Al	As	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg
Água	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/mL	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/mL	µg/L	µg/mL
JGLRP07	<L.Q.	<L.Q.	35,09	<L.Q.	1,73	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	187,3	0,1993	<L.Q.	1,348
JGLRP15	<L.Q.	<L.Q.	7,66	<L.Q.	1,993	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	105,1	0,515	<L.Q.	1,145
JGLRP16	35,67	<L.Q.	12,18	<L.Q.	0,782	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	493,3	0,639	<L.Q.	0,357
JGLRP17	<L.Q.	<L.Q.	8,38	<L.Q.	2,23	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	117,6	0,4818	<L.Q.	1,279
JGLRP18	15,57	<L.Q.	11,91	<L.Q.	0,3327	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	183,9	0,531	<L.Q.	0,1516
<b>L.Q.</b>	<b>11,2</b>	<b>137</b>	<b>0,81</b>	<b>0,41</b>	<b>0,05</b>	<b>6,39</b>	<b>14,2</b>	<b>7,71</b>	<b>4,79</b>	<b>12,1</b>	<b>0,07</b>	<b>0,90</b>	<b>0,01</b>

(Continuação da Tabela II.4)

Amostra	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	S	Sc	Sr	Ti	V	Y	Zn
Água	µg/L	µg/L	µg/mL	µg/L	µg/mL	µg/L	µg/mL	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
JGLRP07	462,6	<L.Q.	0,3008	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	5,27	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.
JGLRP15	84,4	22,21	4,238	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	0,717	<L.Q.	8,55	8,25	<L.Q.	<L.Q.	8,14
JGLRP16	26,26	<L.Q.	3,11	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	11,32	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	5,73
JGLRP17	82	<L.Q.	4,61	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	0,774	<L.Q.	9,17	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.
JGLRP18	45,6	<L.Q.	2,905	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	7,19	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.	5,28
<b>L.Q.</b>	<b>7,48</b>	<b>21,6</b>	<b>0,03</b>	<b>25,6</b>	<b>0,12</b>	<b>131</b>	<b>0,07</b>	<b>0,34</b>	<b>0,56</b>	<b>7,04</b>	<b>9,41</b>	<b>1,27</b>	<b>4,25</b>

Tabela II.5 – Resultados das análises químicas de água da quinta campanha.

Amostras	Al	As	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Li
Água	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/ml	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/ml	µg/l
JGRLP8	<LQ	<LQ	16,7	<LQ	2,56	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	86,5	0,525	0,946
JGRLP9	<LQ	<LQ	12,1	<LQ	1,67	7,82	<LQ	<LQ	<LQ	233	0,595	1,03
JGRLP10	13,9	<LQ	9,62	<LQ	0,621	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	47,2	0,541	<LQ
JGRLP11	339	<LQ	13,4	<LQ	7,42	6,96	<LQ	<LQ	<LQ	28,3	1,32	<LQ
JGRLP12	<LQ	<LQ	40,3	<LQ	8	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,77	1,42
JGRLP13	12,4	<LQ	6,66	<LQ	0,192	6,76	<LQ	<LQ	<LQ	134	0,809	<LQ
JGRLP14	19,5	<LQ	6,38	<LQ	0,239	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	109	0,72	<LQ
<b>L.Q.</b>	<b>11,2</b>	<b>137</b>	<b>0,81</b>	<b>0,41</b>	<b>0,05</b>	<b>6,39</b>	<b>14,2</b>	<b>7,71</b>	<b>4,79</b>	<b>12,1</b>	<b>0,07</b>	<b>0,90</b>

(Continuação da Tabela II.5).

Amostras	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	S	Sc	Sr	Ti	V	Y	Zn
Água	µg/ml	µg/l	µg/l	µg/ml	µg/l	µg/ml	µg/l	µg/ml	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
JGRLP8	1,28	117	<LQ	1,89	<LQ	<LQ	<LQ	0,727	<LQ	8,19	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
JGRLP9	0,896	690	<LQ	0,547	<LQ	<LQ	<LQ	0,555	<LQ	7,57	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
JGRLP10	0,328	19,5	<LQ	0,626	<LQ	<LQ	<LQ	0,181	<LQ	5,14	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
JGRLP11	1,32	76,2	<LQ	68,6	<LQ	<LQ	<LQ	15,4	<LQ	23,27	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
JGRLP12	4,66	69,6	<LQ	23,2	<LQ	<LQ	<LQ	7,72	<LQ	12,31	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
JGRLP13	0,128	11,7	<LQ	0,911	<LQ	<LQ	<LQ	0,093	<LQ	2,81	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
JGRLP14	0,142	16,7	<LQ	1,05	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2,80	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
<b>L.Q.</b>	<b>0,01</b>	<b>7,48</b>	<b>21,6</b>	<b>0,03</b>	<b>25,6</b>	<b>0,12</b>	<b>131</b>	<b>0,07</b>	<b>0,34</b>	<b>0,56</b>	<b>7,04</b>	<b>9,41</b>	<b>1,27</b>	<b>4,25</b>

### Anexo III

#### Resultado das Análises Químicas dos Sedimentos.

---

Tabela III. 1 – Análise química dos sedimentos coletados no Rio Piracicaba durante o inverno.

Pontos Amostrais	Al mg/kg	As mg/kg	Ba mg/kg	Be mg/kg	Ca mg/kg	Cd mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Fe mg/kg	K mg/kg	Li mg/kg	Mg mg/kg
JGLRP1	31880	<LQ	223	<LQ	640	<LQ	14,3	96,5	87,9	495445	3596	4,38	1218
JGLRP3	34383	<LQ	367	<LQ	1001	<LQ	25,8	113	43,6	460786	3973	4,82	1553
JGLRP5	33356	<LQ	194	<LQ	466	<LQ	13,0	98,8	7,07	518298	3451	4,14	1118
JGLRP6	19855	<LQ	116	<LQ	479	<LQ	8,94	115	7,01	620737	2849	2,30	2097
JGLRP8	4763	<LQ	73,4	0,320	422	<LQ	6,08	30,6	94,1	662504	356	0,766	265,6
JGLRP10	35552	38,8	628	<LQ	1582	<LQ	21,3	122	37,2	419796	6727	14,1	1733
JGLRP12	111999	<LQ	771	<LQ	452	<LQ	35,3	306	48,5	108422	23417	8,71	4557
JGLRP15	40566	31,1	479	<LQ	1175	<LQ	44,1	265	58,0	436328	4366	7,18	2705
JGLRP17	19542	<LQ	122	<LQ	1128	<LQ	15,2	144	13,0	578127	1543	2,70	1377
<b>LQ</b>	<b>28,8</b>	<b>6,96</b>	<b>0,0320</b>	<b>0,304</b>	<b>29,4</b>	<b>0,680</b>	<b>1,95</b>	<b>0,790</b>	<b>0,670</b>	<b>27,0</b>	<b>6,55</b>	<b>0,0600</b>	<b>0,230</b>

(continuação da Tabela III.1).

Pontos Amostrais	Mn	Na	Ni	P	Pb	S	Sc	Sr	Th	Ti	V	Y	Zn	Zr
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
JGLRP1	2331	420	31,8	506	59,4	47,8	2,47	16,9	6,59	2496	65,8	8,89	97,7	104
JGLRP3	7549	611	44,6	450	66,0	32,2	2,79	22,0	7,81	2780	73,8	10,1	113	109
JGLRP5	1893	472	31,3	492	61,4	<LQ	2,81	16,6	7,23	2564	71,9	8,78	68,2	96,3
JGLRP6	1361	415	46,2	424	73,6	<LQ	2,18	13,2	5,52	1347	48,2	6,63	67,2	27,3
JGLRP8	1510	154	8,73	337	71,7	<LQ	0,339	5,28	4,02	767	26,4	4,95	106	17,3
JGLRP10	11576	404	38,3	390	54,8	92,5	4,28	18,0	8,98	4171	147	11,4	68,6	90,5
JGLRP12	1127	2300	127	352	<LQ	73,2	7,08	59,4	13,0	6718	183	8,15	65,9	264
JGLRP15	11335	670	107	644	65,5	47,1	4,72	35,4	8,59	3172	107	13,5	128	75,8
JGLRP17	2830	323	43,4	520	68,6	45,0	2,47	16,7	5,73	2604	75,5	9,15	77,9	75,2
<b>LQ</b>	<b>0,210</b>	<b>125</b>	<b>1,97</b>	<b>8,34</b>	<b>11,0</b>	<b>13,0</b>	<b>0,0460</b>	<b>0,0120</b>	<b>1,21</b>	<b>1,16</b>	<b>11,0</b>	<b>1,73</b>	<b>0,620</b>	<b>0,100</b>



Tabela III.2 – Análise química dos sedimentos coletados no Rio Piracicaba durante o verão.

Pontos Amostrais	Al	As	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
JGLRP1B	21730	<LQ	191	<LQ	405	<LQ	17,5	129	22,5	469092	3292	4,16	1247	2706
JGLRP3B	28452	<LQ	495	<LQ	969	<LQ	35,8	92,0	332	468711	3935	4,39	1188	12093
JGLRP5B	32686	<LQ	236	<LQ	453	<LQ	12,6	132	8,92	489876	4379	4,35	1526	2379
JGLRP6B	7519	<LQ	47,5	<LQ	284	<LQ	6,75	54,6	<LQ	651178	719	1,04	650	1070
JGLRP8B	16254	<LQ	91,7	<LQ	380	<LQ	9,42	127	7,42	585887	1608	1,64	1545	1640
JGLRP10B	5701	<LQ	73,3	<LQ	199	<LQ	9,00	43,3	<LQ	675187	474,6	1,17	273	2122
JGLRP12B	35362	<LQ	240	<LQ	609	<LQ	14,4	133	11,6	480410	4780	4,60	1611	3036
JGLRP15B	17484	<LQ	135	<LQ	456	<LQ	14,7	112	7,78	499675	2338	3,29	1035	1954
JGLRP17B	28269	<LQ	192	<LQ	486	<LQ	19,9	136	10,8	388379	3721	5,11	1244	4476
<b>LQ</b>	<b>28,8</b>	<b>6,96</b>	<b>0,0320</b>	<b>0,304</b>	<b>29,4</b>	<b>0,680</b>	<b>1,95</b>	<b>0,790</b>	<b>0,670</b>	<b>27,0</b>	<b>6,55</b>	<b>0,0600</b>	<b>0,230</b>	<b>0,210</b>

(Continuação da Tabela III.2)

Pontos Amostrais	Na	Ni	P	Pb	S	Sc	Sr	Th	Ti	V	Y	Zn	Zr
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
JGLRP1B	408	34,7	317	52,4	<LQ	2,66	16,3	8,24	4711	117	11,4	71,1	214
JGLRP3B	621	41,4	421	73,0	20,1	2,19	27,5	7,83	2508	67,9	9,61	200	113
JGLRP5B	469	44,0	483	58,2	14,8	3,19	18,6	7,68	2260	72,7	9,41	68,7	106
JGLRP6B	156	17,3	377	79,3	<LQ	0,807	6,29	3,53	1071	33,4	5,67	64,3	19,2
JGLRP8B	228	42,6	478	65,4	<LQ	2,25	10,7	4,96	1883	63,9	7,92	64,7	48,3
JGLRP10B	<LQ	15,4	342	79,2	<LQ	0,563	6,66	4,80	1114	36,6	5,86	66,9	27,8
JGLRP12B	438	44,6	518	57,0	50,4	3,27	19,9	6,73	2103	70,4	9,21	67,8	84,3
JGLRP15B	328	29,2	291	61,0	<LQ	2,22	13,6	7,84	4534	105	9,89	64,1	199
JGLRP17B	436	39,3	307	46,2	<LQ	3,30	18,3	9,53	5607	126	13,2	61,9	261
<b>LQ</b>	<b>125</b>	<b>1,97</b>	<b>8,34</b>	<b>11,0</b>	<b>13,0</b>	<b>0,0460</b>	<b>0,0120</b>	<b>1,21</b>	<b>1,16</b>	<b>11,0</b>	<b>1,73</b>	<b>0,620</b>	<b>0,100</b>

Tabela III.3 – Análise química dos sedimentos coletados nos tributários do Rio Piracicaba durante o inverno.

Pontos Amostrais	Al	As	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
JGLCP2	116244	<LQ	576	<LQ	1025	<LQ	16,2	96,9	23,9	180344	9617	8,49	2072	680
JGLCP4	155342	<LQ	561	<LQ	934	<LQ	24,1	105	32,0	80228	8691	13,0	2044	548
JGLCP7	108842	24,9	545	<LQ	447	<LQ	24,8	678	46,0	209719	19514	12,5	4700	3867
JGLCP9	71368	<LQ	845	<LQ	573	<LQ	39,0	264	45,0	277034	12985	10,8	1790	4763
JGLCP11	63376	8,82	444	<LQ	765	<LQ	32,3	149	33,0	275142	10883	11,5	1461	1560
JGLCP13	125873	7,57	265	<LQ	935	<LQ	33,1	82,3	163	189757	6287	10,7	1134	1884
JGLCP14	182490	<LQ	135	<LQ	693	<LQ	11,6	90,5	82,6	137573	2800	6,38	853	469,8
JGLCP16	147739	8,65	162	<LQ	272	<LQ	12,3	124	11,4	138145	4972	6,29	1029	413,9
JGLCP18	120299	<LQ	286	<LQ	423	<LQ	11,5	82,2	7,54	181283	6276	5,73	1203	663
<b>LQ</b>	<b>28,80</b>	<b>6,96</b>	<b>0,0320</b>	<b>0,304</b>	<b>29,4</b>	<b>0,680</b>	<b>1,95</b>	<b>0,790</b>	<b>0,670</b>	<b>27,02</b>	<b>6,55</b>	<b>0,0600</b>	<b>0,230</b>	<b>0,210</b>

(Continuação da Tabela III.3)

Pontos Amostrais	Mn	Na	Ni	P	Pb	S	Sc	Sr	Th	Ti	V	Y	Zn	Zr
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
JGLCP2	680	1124	38,5	330	<LQ	116	4,30	40,6	13,1	4411	97,4	9,35	74,3	476
JGLCP4	548	796	52,9	602	<LQ	213	6,51	44,6	28,6	7787	185	11,6	76,6	857
JGLCP7	3867	1370	198	646	<LQ	74,5	12,6	45,6	15,5	4524	216	16,8	80,3	171
JGLCP9	4763	1172	78,4	607	34,9	111	9,27	52,7	13,9	5149	221	19,9	74,1	234
JGLCP11	1560	956	53,1	662	42,2	459	6,66	29,7	10,7	4483	145	9,44	72,5	134
JGLCP13	1884	1302	21,4	455	20,9	176	7,77	21,1	20,5	11543	242	13,1	118	449
JGLCP14	469,8	161	21,8	456	<LQ	190	8,68	19,0	28,3	5435	169	11,2	53,4	411
JGLCP16	413,9	335	28,2	312	<LQ	428	6,04	16,1	22,4	5543	147	7,19	49,8	294
JGLCP18	663	387	23,2	338	<LQ	125	3,80	18,5	14,7	3539	86,1	7,88	49,5	422
<b>LQ</b>	<b>0,210</b>	<b>125</b>	<b>1,97</b>	<b>8,34</b>	<b>11,0</b>	<b>13,0</b>	<b>0,0460</b>	<b>0,0120</b>	<b>1,21</b>	<b>1,16</b>	<b>11,0</b>	<b>1,73</b>	<b>0,620</b>	<b>0,100</b>

Tabela III. 4 – Análise química dos sedimentos coletados nos tributários do Rio Piracicaba durante o verão.

Pontos Amostrais	Al mg/kg	As mg/kg	Ba mg/kg	Be mg/kg	Ca mg/kg	Cd mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Fe mg/kg	K mg/kg	Li mg/kg	Mg mg/kg
JGLCP2B	154493	<LQ	639	<LQ	1216	<LQ	16,5	88,2	32,9	76880	9719	9,39	1966
JGLCP4B	145540	<LQ	608	<LQ	2150	<LQ	26,4	104	40,5	72230	9613	18,2	3343
JGLCP7B	37020	<LQ	524	<LQ	413	<LQ	40,7	139	69,4	483648	5189	5,07	888
JGLCP9B	35158	<LQ	447	<LQ	658	<LQ	38,5	437	101	423038	5746	4,79	4342
JGLCP11B	163761	33,7	445	<LQ	289	<LQ	21,4	849	37,9	80574	10842	38,2	10625
JGLCP13B	127058	<LQ	253	<LQ	783	<LQ	24,7	80,6	22,0	211916	6081	10,8	1159
JGLCP14B	218337	<LQ	256	<LQ	491	<LQ	13,3	32,1	91,7	53563	7090	16,1	1331
JGLCP16B	150559	7,43	165	<LQ	256	<LQ	12,9	125	9,25	136599	5249	6,54	1068
JGLCP18B	132730	<LQ	254	<LQ	464	<LQ	11,4	71,2	23,9	190954	5629	6,17	1182
<b>LQ</b>	<b>28,80</b>	<b>6,96</b>	<b>0,0320</b>	<b>0,304</b>	<b>29,4</b>	<b>0,680</b>	<b>1,95</b>	<b>0,790</b>	<b>0,670</b>	<b>27,02</b>	<b>6,55</b>	<b>0,0600</b>	<b>0,230</b>

(continuação da Tabela III.4)

Pontos Amostrais	Mn mg/kg	Na mg/kg	Ni mg/kg	P mg/kg	Pb mg/kg	S mg/kg	Sc mg/kg	Sr mg/kg	Th mg/kg	Ti mg/kg	V mg/kg	Y mg/kg	Zn mg/kg	Zr mg/kg
JGLCP2B	616	1102	36,6	230	<LQ	124	4,79	41,0	15,1	5088	111	8,32	70,7	496
JGLCP4B	707	960	66,0	433	<LQ	190	5,31	51,5	28,3	7182	149	10,9	92,1	880
JGLCP7B	11601	533	59,9	491	62,4	24,9	4,98	30,2	10,0	2909	118	12,6	102	118
JGLCP9B	2715	514	151	438	55,5	<LQ	8,24	43,7	12,4	3547	232	19,7	91,9	236
JGLCP11B	481,8	297	239	209	<LQ	73,8	8,49	13,0	11,0	4123	156	4,28	58,6	163
JGLCP13B	1570	1025	23,0	514	15,3	152	8,11	19,0	19,6	8139	204	11,6	72,6	316
JGLCP14B	341,7	509	13,6	485	<LQ	262	4,60	27,0	14,6	5295	115	4,89	75,2	385
JGLCP16B	386,5	342	27,7	318	<LQ	445	6,08	16,2	21,9	5514	148	8,17	48,0	297
JGLCP18B	1113	317	22,4	369	<LQ	166	3,48	16,8	15,3	3237	78,4	6,94	64,3	383
<b>LQ</b>	<b>0,210</b>	<b>125</b>	<b>1,97</b>	<b>8,34</b>	<b>11,0</b>	<b>13,0</b>	<b>0,0460</b>	<b>0,0120</b>	<b>1,21</b>	<b>1,16</b>	<b>11,0</b>	<b>1,73</b>	<b>0,620</b>	<b>0,100</b>

## Anexo IV – Precipitação Provável para as Estações Pluviométricas.

Tabela IV.1 – Totais Anuais para a estação Acaiaca.

Ano	Total Anual (mm)	Ordem decresc.	m	F(weibull)	F(%)	Tr (anos)
1979	1744,4	1996,6	1	0,0323	3,23	31,00
1980	1305,2	1889,6	2	0,0645	6,45	15,50
1981	1478,8	1746,6	3	0,0968	9,68	10,33
1982	1659,3	1744,4	4	0,1290	12,90	7,75
1983	1996,6	1728,3	5	0,1613	16,13	6,20
1984	1198,4	1707,1	6	0,1935	19,35	5,17
1985	1889,6	1659,3	7	0,2258	22,58	4,43
1986	1312,8	1628,2	8	0,2581	25,81	3,88
1987	1449,2	1572,3	9	0,2903	29,03	3,44
1988	1126	1566	10	0,3226	32,26	3,10
1989	1314,4	1519,5	11	0,3548	35,48	2,82
1990	744,5	1481,9	12	0,3871	38,71	2,58
1991	1628,2	1478,8	13	0,4194	41,94	2,38
1992	1707,1	1449,2	14	0,4516	45,16	2,21
1993	1063,7	1402,2	15	0,4839	48,39	2,07
1994	1351,1	1399,1	16	0,5161	51,61	1,94
1995	1402,2	1351,1	17	0,5484	54,84	1,82
1996	1566	1348	18	0,5806	58,06	1,72
1997	1572,3	1314,4	19	0,6129	61,29	1,63
1998	1107,6	1312,8	20	0,6452	64,52	1,55
1999	1142,8	1305,2	21	0,6774	67,74	1,48
2000	1399,1	1235,1	22	0,7097	70,97	1,41
2001	1104,3	1198,4	23	0,7419	74,19	1,35
2002	1519,5	1142,8	24	0,7742	77,42	1,29
2003	1235,1	1126	25	0,8065	80,65	1,24
2004	1728,3	1107,6	26	0,8387	83,87	1,19
2005	1481,9	1104,3	27	0,8710	87,10	1,15
2006	1348	1063,70	28	0,9032	90,32	1,11
2007	890,2	890,2	29	0,9355	93,55	1,07
2008	1746,6	744,5	30	0,9677	96,77	1,03
média	1407,11					
Desv.pad.	286,05					

Tabela IV.2 – Precipitação provável para a estação Colégio Caraça.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1773,26
25	0,67	1598,76
50	0	1407,11
75	-0,67	1215,45
90	-1,28	1040,96

Tabela IV.3 – Totais anuais para a estação Colégio Caraça.

Ano	Total Anual (mm)	Ordem decresc.	m	F (weibull)	F(%)	TR
1983	2823,8	3274,4	1	0,038461538	3,85	26,00
1984	1908	2847,8	2	0,076923077	7,69	13,00
1985	2711	2823,8	3	0,115384615	11,54	8,67
1986	1693,2	2711	4	0,153846154	15,38	6,50
1987	2152,8	2277	5	0,192307692	19,23	5,20
1988	1877,1	2208,8	6	0,230769231	23,08	4,33
1989	2277	2152,8	7	0,269230769	26,92	3,71
1990	1372,5	2054,6	8	0,307692308	30,77	3,25
1991	2847,8	2006,8	9	0,346153846	34,62	2,89
1992	3274,4	1941,1	10	0,384615385	38,46	2,60
1993	1858,4	1908	11	0,423076923	42,31	2,36
1994	1800,3	1883	12	0,461538462	46,15	2,17
1995	1883	1877,1	13	0,5	50,00	2,00
1996	1941,1	1858,4	14	0,538461538	53,85	1,86
1997	2006,8	1810,3	15	0,576923077	57,69	1,73
1998	1772,9	1800,3	16	0,615384615	61,54	1,63
1999	1490,9	1772,9	17	0,653846154	65,38	1,53
2000	1683,6	1693,2	18	0,692307692	69,23	1,44
2001	1683,6	1683,6	19	0,730769231	73,08	1,37
2002	2054,6	1683,6	20	0,769230769	76,92	1,30
2004	2208,8	1635,2	21	0,807692308	80,77	1,24
2005	1810,3	1603,3	22	0,846153846	84,62	1,18
2006	1635,2	1490,9	23	0,884615385	88,46	1,13
2007	1410,8	1410,8	24	0,923076923	92,31	1,08
2008	1603,3	1372,5	25	0,961538462	96,15	1,04
média	1991,25					
Desv. Pad	466,69					

Tabela IV.4 – Precipitação provável para a estação Colégio Caraça.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	2588,61
25	0,67	2303,93
50	0	1991,25
75	-0,67	1678,57
90	-1,28	1393,89

Tabela IV.5 – Totais anuais para a estação Conceição do Rio a Acima.

Ano	Total Anual	Ordem decresc.	m	F (weibull)	F(%)	Tr (anos)
1942	1949,8	2094,3	1	0,040	4,00	25,00
1943	1430,4	2094,3	2	0,080	8,00	12,50
1944	1386,2	1949,8	3	0,120	12,00	8,33
1945	2094,3	1829,6	4	0,160	16,00	6,25
1946	2094,3	1813,6	5	0,200	20,00	5,00
1947	1388,8	1761,8	6	0,240	24,00	4,17
1948	1707,6	1707,6	7	0,280	28,00	3,57
1949	1761,8	1665,1	8	0,320	32,00	3,13
1950	1247,4	1616,8	9	0,360	36,00	2,78
1951	1328,7	1493,8	10	0,400	40,00	2,50
1952	1616,8	1442,7	11	0,440	44,00	2,27
1953	1325,1	1430,4	12	0,480	48,00	2,08
1954	776,7	1388,8	13	0,520	52,00	1,92
1955	1271	1386,2	14	0,560	56,00	1,79
1956	1442,7	1328,7	15	0,600	60,00	1,67
1957	1829,6	1325,1	16	0,640	64,00	1,56
1958	1320,6	1320,6	17	0,680	68,00	1,47
1959	894,3	1300,8	18	0,720	72,00	1,39
1960	1493,8	1293,4	19	0,760	76,00	1,32
1961	1293,4	1271	20	0,800	80,00	1,25
1962	1665,1	1247,4	21	0,840	84,00	1,19
1963	393,4	894,3	22	0,880	88,00	1,14
1964	1300,8	776,7	23	0,920	92,00	1,09
1965	1813,6	393,4	24	0,960	96,00	1,04
Média	1451,09					
Desv.pad.	389,96					

Tabela IV.6 – Precipitação provável para a estação Conceição do Rio Acima

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1950,24
25	0,67	1712,36
50	0	1451,09
75	-0,67	1189,82
90	-1,28	951,94

Tabela IV. 7 – Totais anuais para a estação Coronel Fabriciano.

Ano	Total Anual (mm)	Ordem decresc.	m	F(weibull)	F(%)	Tr (anos)
1987	1385,4	1931,7	1	0,0435	4,35	23,00
1988	1187,3	1859,7	2	0,0870	8,70	11,50
1989	1187,3	1688,7	3	0,1304	13,04	7,67
1990	630,1	1492,3	4	0,1739	17,39	5,75
1991	1126,9	1433,6	5	0,2174	21,74	4,60
1992	1859,7	1393,4	6	0,2609	26,09	3,83
1993	1095,2	1385,4	7	0,3043	30,43	3,29
1994	1305,8	1383,7	8	0,3478	34,78	2,88
1995	1310,8	1310,8	9	0,3913	39,13	2,56
1996	969,7	1305,8	10	0,4348	43,48	2,30
1997	1383,7	1291,7	11	0,4783	47,83	2,09
1998	1433,6	1264,3	12	0,5217	52,17	1,92
1999	1492,3	1229,4	13	0,5652	56,52	1,77
2000	1264,3	1187,3	14	0,6087	60,87	1,64
2001	1118,1	1187,3	15	0,6522	65,22	1,53
2002	1229,4	1126,9	16	0,6957	69,57	1,44
2003	1080,5	1118,1	17	0,7391	73,91	1,35
2004	1688,7	1095,2	18	0,7826	78,26	1,28
2005	1931,7	1080,5	19	0,8261	82,61	1,21
2006	1393,4	969,7	20	0,8696	86,96	1,15
2007	769,5	769,5	21	0,9130	91,30	1,10
2008	1291,7	630,1	22	0,9565	95,65	1,05
média	1278,87					
desv. Pad.	298,16					

Tabela IV.8 – Precipitação provável para a estação Coronel Fabriciano.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1660,51
25	0,67	1478,63
50	0	1278,87
75	-0,67	1079,10
90	-1,28	897,22

Tabela IV.9 – Totais anuais para a estação Cenibra.

Ano	Total Anual (mm)	ordem decresc.	m	F (weibull)	F(%)	Tr (anos)
1987	843,7	1363,9	1	0,045455	4,55	22,00
1988	875,5	1094,9	2	0,090909	9,09	11,00
1989	890,9	1151,6	3	0,136364	13,64	7,33
1990	904,6	1033,1	4	0,181818	18,18	5,50
1991	1033,1	1405,8	5	0,227273	22,73	4,40
1992	1074	1733,7	6	0,272727	27,27	3,67
1993	1087,5	875,5	7	0,318182	31,82	3,14
1994	1094,9	1348,6	8	0,363636	36,36	2,75
1995	1151,6	1545,3	9	0,409091	40,91	2,44
1996	1153,7	1232,5	10	0,454545	45,45	2,20
1997	1232,5	1368,2	11	0,5	50,00	2,00
1998	1266,2	1153,7	12	0,545455	54,55	1,83
1999	1292,3	890,9	13	0,590909	59,09	1,69
2000	1348,6	1074	14	0,636364	63,64	1,57
2001	1363,9	1087,5	15	0,681818	68,18	1,47
2002	1368,2	1266,2	16	0,727273	72,73	1,38
2003	1405,8	904,6	17	0,772727	77,27	1,29
2004	1545,3	1690,8	18	0,818182	81,82	1,22
2005	1690,8	1782,1	19	0,863636	86,36	1,16
2006	1733,7	1292,3	20	0,909091	90,91	1,10
2007	1782,1	843,7	21	0,954545	95,45	1,05
Média	1244,71					
Desv.pad.	272,76					

Tabela IV. 10 – Precipitação provável para a estação Cenibra.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1593,84
25	0,67	1427,46
50	0	1244,71
75	-0,67	1061,96
90	-1,28	895,58



Tabela IV.11 – Totais anuais para a estação Barra Longa.

Ano	Total Anual (mm)	Ordem decresc.	m	F	F(%)	Tr (anos)
1978	1389,8	2178,9	1	0,03125	3,13	32,00
1979	2178,9	2030,8	2	0,0625	6,25	16,00
1980	1244	1933,2	3	0,09375	9,38	10,67
1981	1517,6	1837,4	4	0,125	12,50	8,00
1982	1621,3	1836,5	5	0,15625	15,63	6,40
1983	1837,4	1803	6	0,1875	18,75	5,33
1984	1126,4	1622,5	7	0,21875	21,88	4,57
1985	1093,9	1621,3	8	0,25	25,00	4,00
1986	231,2	1577,4	9	0,28125	28,13	3,56
1987	923,8	1565	10	0,3125	31,25	3,2
1988	1069,5	1539,9	11	0,34375	34,38	2,91
1989	1465,7	1536,9	12	0,375	37,50	2,67
1990	695,5	1517,6	13	0,40625	40,63	2,46
1991	1622,5	1490,5	14	0,4375	43,75	2,29
1992	1933,2	1472,3	15	0,46875	46,88	2,13
1993	915,2	1465,7	16	0,5	50,00	2,00
1994	1565	1394,9	17	0,53125	53,13	1,88
1995	1577,4	1389,8	18	0,5625	56,25	1,78
1996	1539,9	1287,1	19	0,59375	59,38	1,68
1997	1490,5	1244	20	0,625	62,50	1,60
1998	1119,8	1158,5	21	0,65625	65,63	1,52
1999	1836,5	1126,4	22	0,6875	68,75	1,45
2000	2030,8	1119,8	23	0,71875	71,88	1,39
2001	1158,5	1093,9	24	0,75	75,00	1,33
2002	1394,9	1069,5	25	0,78125	78,13	1,28
2003	908,4	1064,8	26	0,8125	81,25	1,23
2004	1803	923,8	27	0,84375	84,38	1,19
2005	1472,3	915,2	28	0,875	87,50	1,14
2006	1287,1	908,4	29	0,90625	90,63	1,10
2007	1064,8	695,5	30	0,9375	93,75	1,07
2008	1536,9	231,2	31	0,96875	96,88	1,03
Média	1375,86					
Desv.pad.	408,47					

Tabela IV. 12 – Precipitação provável para a estação Barra Longa.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1898,70
25	0,67	1649,53
50	0	1375,86
75	-0,67	1102,19
90	-1,28	853,02

Tabela IV.13 – Totais anuais para a estação Fazenda Paraíso.

Ano	Total Anual(mm)	Ordem decresc.(mm)	m	F(weibull)	F(%)	Tr (anos)
1979	2015,2	2050,5	1	0,0323	3,23	31,00
1980	1273,1	2015,2	2	0,0645	6,45	15,50
1981	1257,3	2014,8	3	0,0968	9,68	10,33
1982	1690,7	1961	4	0,1290	12,90	7,75
1983	2050,5	1773,4	5	0,1613	16,13	6,20
1984	1257,7	1690,7	6	0,1935	19,35	5,17
1985	2014,8	1639,2	7	0,2258	22,58	4,43
1986	1234,9	1599,6	8	0,2581	25,81	3,88
1987	1477,6	1582,4	9	0,2903	29,03	3,44
1988	1168,6	1578,7	10	0,3226	32,26	3,10
1989	1322,1	1567	11	0,3548	35,48	2,82
1990	802,4	1563,2	12	0,3871	38,71	2,58
1991	1578,7	1512,5	13	0,4194	41,94	2,38
1992	1773,4	1477,6	14	0,4516	45,16	2,21
1993	1094,2	1402,2	15	0,4839	48,39	2,07
1994	1582,4	1345,8	16	0,5161	51,61	1,94
1995	1189,6	1334,4	17	0,5484	54,84	1,82
1996	1567	1322,1	18	0,5806	58,06	1,72
1997	1563,2	1273,1	19	0,6129	61,29	1,63
1998	1160,1	1257,7	20	0,6452	64,52	1,55
1999	1345,8	1257,3	21	0,6774	67,74	1,48
2000	1599,6	1234,9	22	0,7097	70,97	1,41
2001	1133,2	1189,6	23	0,7419	74,19	1,35
2002	1639,2	1168,6	24	0,7742	77,42	1,29
2003	1334,4	1160,1	25	0,8065	80,65	1,24
2004	1961	1133,2	26	0,8387	83,87	1,19
2005	1512,5	1094,2	27	0,8710	87,10	1,15
2006	1402,2	1090,2	28	0,9032	90,32	1,11
2007	1090,2	802,4	29	0,9355	93,55	1,07
2008	509,5	509,5	30	0,9677	96,77	1,03
Média	1420,04					
Desv.pad.	346,66					

Tabela IV.14.– Precipitação provável para a estação Fazenda Paraíso.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1863,76
25	0,67	1652,30
50	0	1420,04
75	-0,67	1187,78
90	-1,28	976,32

Tabela IV. 15 – Totais Anuais para a estação Fazenda Ocidental.

Ano	Total Anual(mm)	Ordem decresc.	m	F(weibull)	F(%)	Tr (anos)
1979	2178,9	2178,9	1	0,0323	3,23	31,00
1980	1244	2030,8	2	0,0645	6,45	15,50
1981	1517,6	1933,2	3	0,0968	9,68	10,33
1982	1621,3	1837,4	4	0,1290	12,90	7,75
1983	1837,4	1836,5	5	0,1613	16,13	6,20
1984	1126,4	1803	6	0,1935	19,35	5,17
1985	1093,9	1696	7	0,2258	22,58	4,43
1986	231,2	1622,5	8	0,2581	25,81	3,88
1987	923,8	1621,3	9	0,2903	29,03	3,44
1988	1069,5	1577,4	10	0,3226	32,26	3,10
1989	1465,7	1565	11	0,3548	35,48	2,82
1990	695,5	1539,9	12	0,3871	38,71	2,58
1991	1622,5	1536,9	13	0,4194	41,94	2,38
1992	1933,2	1517,6	14	0,4516	45,16	2,21
1993	915,2	1490,5	15	0,4839	48,39	2,07
1994	1565	1472,3	16	0,5161	51,61	1,94
1995	1577,4	1465,7	17	0,5484	54,84	1,82
1996	1539,9	1287,1	18	0,5806	58,06	1,72
1997	1490,5	1244	19	0,6129	61,29	1,63
1998	1119,8	1158,5	20	0,6452	64,52	1,55
1999	1836,5	1152,2	21	0,6774	67,74	1,48
2000	2030,8	1126,4	22	0,7097	70,97	1,41
2001	1158,5	1119,8	23	0,7419	74,19	1,35
2002	1696	1093,9	24	0,7742	77,42	1,29
2003	1152,2	1069,5	25	0,8065	80,65	1,24
2004	1803	1064,8	26	0,8387	83,87	1,19
2005	1472,3	923,8	27	0,8710	87,10	1,15
2006	1287,1	915,2	28	0,9032	90,32	1,11
2007	1064,8	695,5	29	0,9355	93,55	1,07
2008	1536,9	231,2	30	0,9677	96,77	1,03
Média	1393,56					
Desv.pad.	412,16					

Tabela IV.16 – Precipitação provável para a estação Fazenda Ocidental.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1921,1
25	0,67	1669,7
50	0	1393,6
75	-0,67	1117,4
90	-1,28	866,0

Tabela IV. 17 – Totais Anuais para a estação Mariana.

Ano	Total Anual(mm)	Ordem decresc.	m	F(weibull)	F(%)	Tr (anos)
1942	1778,5	2327,7	1	0,04	4	25,00
1943	1789	2229,3	2	0,08	8	12,50
1944	1463	2015,6	3	0,12	12	8,33
1945	2015,6	1874	4	0,16	16	6,25
1946	1374,2	1793,5	5	0,2	20	5,00
1947	1620,2	1789	6	0,24	24	4,17
1948	1601,3	1778,5	7	0,28	28	3,57
1949	1578,8	1729,3	8	0,32	32	3,13
1950	1247,2	1651,3	9	0,36	36	2,78
1951	1423,1	1620,2	10	0,4	40	2,50
1952	2229,3	1601,3	11	0,44	44	2,27
1953	1323,9	1578,8	12	0,48	48	2,08
1954	820,8	1531,2	13	0,52	52	1,92
1955	1531,2	1463	14	0,56	56	1,79
1956	1435,2	1435,2	15	0,6	60	1,67
1957	775,5	1423,1	16	0,64	64	1,56
1958	1651,3	1374,2	17	0,68	68	1,47
1959	1277,9	1323,9	18	0,72	72	1,39
1960	1729,3	1277,9	19	0,76	76	1,32
1961	1093,2	1247,2	20	0,8	80	1,25
1962	1874	1093,2	21	0,84	84	1,19
1963	584,6	820,8	22	0,88	88	1,14
1964	2327,7	775,5	23	0,92	92	1,09
1965	1793,5	584,6	24	0,96	96	1,04
média	1514,10					
desv.pad.	415,02					

Tabela IV.18 – Precipitação provável para a estação Mariana.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	2045,32
25	0,67	1792,16
50	0	1514,10
75	-0,67	1236,04
90	-1,28	982,88

Tabela IV.19 – Totais Anuais para a estação Santa Bárbara.

Ano	Total Anual (mm)	Ordem decresc.	m	F(Weibull)	F(%)	Tr (anos)
1942	1949,8	2094,3	1	0,04	4	25,00
1943	1430,4	1949,8	2	0,08	8	12,50
1944	1386,2	1829,6	3	0,12	12	8,33
1945	2094,3	1813,6	4	0,16	16	6,25
1946	1388,8	1792	5	0,2	20	5,00
1947	1792	1761,8	6	0,24	24	4,17
1948	1707,6	1761,8	7	0,28	28	3,57
1949	1761,8	1707,6	8	0,32	32	3,13
1950	1761,8	1665,1	9	0,36	36	2,78
1951	1328,7	1616,8	10	0,4	40	2,50
1952	1616,8	1493,8	11	0,44	44	2,27
1953	1325,1	1442,7	12	0,48	48	2,08
1954	776,7	1430,4	13	0,52	52	1,92
1955	1271	1388,8	14	0,56	56	1,79
1956	1442,7	1386,2	15	0,6	60	1,67
1957	1829,6	1328,7	16	0,64	64	1,56
1958	1320,6	1325,1	17	0,68	68	1,47
1959	894,3	1320,6	18	0,72	72	1,39
1960	1493,8	1300,8	19	0,76	76	1,32
1961	1293,4	1293,4	20	0,8	80	1,25
1962	1665,1	1271	21	0,84	84	1,19
1963	393,4	894,3	22	0,88	88	1,14
1964	1300,8	776,7	23	0,92	92	1,09
1965	1813,6	393,4	24	0,96	96	1,04
média	1459,93					
Desv.pad.	376,68					

Tabela IV.20 – Precipitação provável para a estação Santa Bárbara.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1942,08
25	0,67	1712,30
50	0	1459,93
75	-0,67	1207,55
90	-1,28	977,78

Tabela IV.21 – Totais Anuais para a estação Rio Piracicaba.

Ano	Total anual (mm)	Ordem decresc.	m	F (Weibull)	F(%)	Tr (anos)
1980	1516,1	2021	1	0,0333	3,33	30,00
1981	1462,6	1941,1	2	0,0667	6,67	15,00
1982	1702,5	1764,4	3	0,1000	10,00	10,00
1983	2027,5	1758,6	4	0,1333	13,33	7,50
1984	1276,3	1714	5	0,1667	16,67	6,00
1985	1941,1	1702,5	6	0,2000	20,00	5,00
1986	1339,8	1644	7	0,2333	23,33	4,29
1987	924	1634,9	8	0,2667	26,67	3,75
1988	1460,5	1607,2	9	0,3000	30,00	3,33
1989	1432,6	1583,8	10	0,3333	33,33	3,00
1990	681,9	1516,1	11	0,3667	36,67	2,73
1991	1295,1	1485,1	12	0,4000	40,00	2,50
1992	2021	1470,2	13	0,4333	43,33	2,31
1993	1259,7	1462,6	14	0,4667	46,67	2,14
1994	1764,4	1460,5	15	0,5000	50,00	2,00
1995	1485,1	1453,1	16	0,5333	53,33	1,88
1996	1342,5	1432,6	17	0,5667	56,67	1,76
1997	1583,8	1384,9	18	0,6000	60,00	1,67
1998	1644	1382,6	19	0,6333	63,33	1,58
1999	1384,9	1342,5	20	0,6667	66,67	1,50
2000	1607,2	1339,8	21	0,7000	70,00	1,43
2001	1248,4	1295,1	22	0,7333	73,33	1,36
2002	1470,2	1276,3	23	0,7667	76,67	1,30
2003	1382,6	1259,7	24	0,8000	80,00	1,25
2004	1714	1248,4	25	0,8333	83,33	1,20
2005	1758,6	1220,7	26	0,8667	86,67	1,15
2006	1453,1	1030,6	27	0,9000	90,00	1,11
2007	1030,6	924	28	0,9333	93,33	1,07
2008	1634,9	681,9	29	0,9667	96,67	1,03
média	1477,41					
desv.pad.	295,57					

Tabela IV.22 – Precipitação provável para a estação Rio Piracicaba.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1855,75
25	0,67	1675,45
50	0	1477,41
75	-0,67	1279,38
90	-1,28	1099,08

Tabela IV.23 – Totais Anuais para a estação Usina Peti.

Ano	Total Anual(mm)	Ordem decresc.	m	F(Weibull)	F(%)	Tr (anos)
1979	2260	2316,4	1	0,0323	3,23	31,00
1980	1508,3	2260	2	0,0645	6,45	15,50
1981	1432,5	2012,2	3	0,0968	9,68	10,33
1982	1499,9	1878,2	4	0,1290	12,90	7,75
1983	2316,4	1787,8	5	0,1613	16,13	6,20
1984	1333,8	1750,6	6	0,1935	19,35	5,17
1985	1878,2	1704,3	7	0,2258	22,58	4,43
1986	1041,2	1644,9	8	0,2581	25,81	3,88
1987	1224,9	1624,4	9	0,2903	29,03	3,44
1988	1463,2	1582,5	10	0,3226	32,26	3,10
1989	1358	1535,3	11	0,3548	35,48	2,82
1990	1035,3	1535,3	12	0,3871	38,71	2,58
1991	1644,9	1518,8	13	0,4194	41,94	2,38
1992	2012,2	1508,3	14	0,4516	45,16	2,21
1993	892,9	1499,9	15	0,4839	48,39	2,07
1994	1482	1498,2	16	0,5161	51,61	1,94
1995	1582,5	1482	17	0,5484	54,84	1,82
1996	1440,5	1463,2	18	0,5806	58,06	1,72
1997	1787,8	1440,5	19	0,6129	61,29	1,63
1998	1498,2	1432,5	20	0,6452	64,52	1,55
1999	1189,2	1358	21	0,6774	67,74	1,48
2000	1704,3	1333,8	22	0,7097	70,97	1,41
2001	1258,1	1324,4	23	0,7419	74,19	1,35
2002	1535,3	1258,1	24	0,7742	77,42	1,29
2003	1535,3	1224,9	25	0,8065	80,65	1,24
2004	1518,8	1189,2	26	0,8387	83,87	1,19
2005	1624,4	1041,2	27	0,8710	87,10	1,15
2006	1324,4	1035,3	28	0,9032	90,32	1,11
2007	928	928	29	0,9355	93,55	1,07
2008	1750,6	892,9	30	0,9677	96,77	1,03
média	1502,04					
Desv.pad.	332,88					

Tabela IV.24 – Precipitação provável para a estação Usina Peti.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1928,13
25	0,67	1725,07
50	0	1502,04
75	-0,67	1279,01
90	-1,28	1075,95

Tabela IV.25 – Totais Anuais para a estação Santa Bárbara 2.

Ano	Total Anual (mm)	Ordem decresc.	m	F(weibull)	F(%)	Tr (anos)
1973	1485,3	2137,5	1	0,032	3,23	31,00
1974	1110	2086,6	2	0,065	6,45	15,50
1975	2137,5	1788	3	0,097	9,68	10,33
1976	1403,4	1737,3	4	0,129	12,90	7,75
1977	1572,4	1705,3	5	0,161	16,13	6,20
1978	1701,1	1701,1	6	0,194	19,35	5,17
1979	1501,8	1627,9	7	0,226	22,58	4,43
1980	819,1	1572,4	8	0,258	25,81	3,88
1981	1256,5	1539,6	9	0,290	29,03	3,44
1982	725,5	1501,8	10	0,323	32,26	3,10
1983	1539,6	1485,3	11	0,355	35,48	2,82
1984	1072,9	1444,2	12	0,387	38,71	2,58
1985	830,7	1403,4	13	0,419	41,94	2,38
1986	1236,2	1343,8	14	0,452	45,16	2,21
1987	1157,4	1323,4	15	0,484	48,39	2,07
1988	1343,8	1257,2	16	0,516	51,61	1,94
1989	1009,3	1256,5	17	0,548	54,84	1,82
1990	1705,3	1236,2	18	0,581	58,06	1,72
1991	1066	1157,4	19	0,613	61,29	1,63
1992	2086,6	1137	20	0,645	64,52	1,55
1993	685,7	1110	21	0,677	67,74	1,48
1994	445,7	1072,9	22	0,710	70,97	1,41
1995	401,7	1066	23	0,742	74,19	1,35
1996	1737,3	1009,3	24	0,774	77,42	1,29
1997	1627,9	830,7	25	0,806	80,65	1,24
1998	1323,4	819,1	26	0,839	83,87	1,19
1999	1444,2	725,5	27	0,871	87,10	1,15
2000	1257,2	685,7	28	0,903	90,32	1,11
2001	1137	445,7	29	0,935	93,55	1,07
2002	1788	401,7	30	0,968	96,77	1,03
média	1286,95					
Desv.pad.	424,07					

Tabela IV.26 – Precipitação provável para a estação Santa Bárbara 2.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1829,76
25	0,67	1571,08
50	0	1286,95
75	-0,67	1002,82
90	-1,28	744,14



Tabela IV. 27 – Totais Anuais para a estação Santa Maria do Itabira.

Ano	Total Anual (mm)	Ordem decresc.	m	F(weibull)	F(%)	Tr (anos)
1979	1932,6	1744,7	1	0,0323	3,23	31,00
1980	1277,5	1638,4	2	0,0645	6,45	15,50
1981	1320,2	1603,8	3	0,0968	9,68	10,33
1982	1142,1	1551	4	0,1290	12,90	7,75
1983	1744,7	1519,4	5	0,1613	16,13	6,20
1984	1150,3	1499,5	6	0,1935	19,35	5,17
1985	1603,8	1496	7	0,2258	22,58	4,43
1986	930,3	1467,9	8	0,2581	25,81	3,88
1987	1496	1461,5	9	0,2903	29,03	3,44
1988	1292,1	1320,2	10	0,3226	32,26	3,10
1989	1219,5	1299,9	11	0,3548	35,48	2,82
1990	818,1	1292,1	12	0,3871	38,71	2,58
1991	991	1277,5	13	0,4194	41,94	2,38
1992	961,3	1271,6	14	0,4516	45,16	2,21
1993	870,3	1240,5	15	0,4839	48,39	2,07
1994	1151,1	1219,5	16	0,5161	51,61	1,94
1995	1551	1214,7	17	0,5484	54,84	1,82
1996	1213,7	1213,7	18	0,5806	58,06	1,72
1997	1461,5	1207,7	19	0,6129	61,29	1,63
1998	1467,9	1151,1	20	0,6452	64,52	1,55
1999	1214,7	1150,3	21	0,6774	67,74	1,48
2000	1299,9	1142,1	22	0,7097	70,97	1,41
2001	1271,6	1099,7	23	0,7419	74,19	1,35
2002	1499,5	991	24	0,7742	77,42	1,29
2003	787,4	961,3	25	0,8065	80,65	1,24
2004	1638,4	930,3	26	0,8387	83,87	1,19
2005	1099,7	870,3	27	0,8710	87,10	1,15
2006	1240,5	862	28	0,9032	90,32	1,11
2007	862	818,1	29	0,9355	93,55	1,07
2008	1519,4	787,4	30	0,9677	96,77	1,03
média	1267,60					
Desv.pad.	281,15					

Tabela IV. 28 – Precipitação provável para a estação Santa Maria do Itabira.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1627,48
25	0,67	1455,98
50	0	1267,60
75	-0,67	1079,23
90	-1,28	907,73

Tabela IV.29 – Totais Anuais para a estação UHE Peti.

Ano	Total Anual (mm)	Ordem decresc.	m	F(weibull)	F(%)	Tr (anos)
1979	2260	2316,4	1	0,0323	3,23	31,00
1980	1508,3	2260	2	0,0645	6,45	15,50
1981	1432,5	2012,2	3	0,0968	9,68	10,33
1982	1499,9	1952,3	4	0,1290	12,90	7,75
1983	2316,4	1878,2	5	0,1613	16,13	6,20
1984	1333,8	1787,8	6	0,1935	19,35	5,17
1985	1878,2	1750,6	7	0,2258	22,58	4,43
1986	1041,2	1704,3	8	0,2581	25,81	3,88
1987	1224,9	1644,9	9	0,2903	29,03	3,44
1988	1463,2	1624,4	10	0,3226	32,26	3,10
1989	1358	1582,5	11	0,3548	35,48	2,82
1990	1035,3	1535,3	12	0,3871	38,71	2,58
1991	1644,9	1518,8	13	0,4194	41,94	2,38
1992	2012,2	1508,3	14	0,4516	45,16	2,21
1993	892,9	1499,9	15	0,4839	48,39	2,07
1994	1482	1498,2	16	0,5161	51,61	1,94
1995	1582,5	1482	17	0,5484	54,84	1,82
1996	1440,5	1463,2	18	0,5806	58,06	1,72
1997	1787,8	1440,5	19	0,6129	61,29	1,63
1998	1498,2	1432,5	20	0,6452	64,52	1,55
1999	1189,2	1358	21	0,6774	67,74	1,48
2000	1704,3	1333,8	22	0,7097	70,97	1,41
2001	1258,1	1324,4	23	0,7419	74,19	1,35
2002	1535,3	1258,1	24	0,7742	77,42	1,29
2003	1518,8	1224,9	25	0,8065	80,65	1,24
2004	1952,3	1189,2	26	0,8387	83,87	1,19
2005	1624,4	1041,2	27	0,8710	87,10	1,15
2006	1324,4	1035,3	28	0,9032	90,32	1,11
2007	928	928	29	0,9355	93,55	1,07
2008	1750,6	892,9	30	0,9677	96,77	1,03
Média	1515,94					
Desv.pad.	342,55					

Tabela IV.30 – Precipitação provável para a estação UHE Peti.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1954,40
25	0,67	1745,44
50	0	1515,94
75	-0,67	1286,43
90	-1,28	1077,48

Tabela IV. 31 - Totais Anuais para a estação Baudim.

Ano	Total Anual (mm)	Ordem decresc.(mm)	m	F(weibull)	F(%)	Tr (anos)
1979	1746,6	1817,1	1	0,0323	3,23	31,00
1980	1060,8	1771,1	2	0,0645	6,45	15,50
1981	1516,2	1746,6	3	0,0968	9,68	10,33
1982	813,7	1647,2	4	0,1290	12,90	7,75
1983	1210,6	1617,3	5	0,1613	16,13	6,20
1984	1015,2	1547	6	0,1935	19,35	5,17
1985	1502,8	1516,2	7	0,2258	22,58	4,43
1986	980,4	1502,8	8	0,2581	25,81	3,88
1987	1116,7	1422,9	9	0,2903	29,03	3,44
1988	990,9	1346,9	10	0,3226	32,26	3,10
1989	1006,4	1233,3	11	0,3548	35,48	2,82
1990	654,9	1230	12	0,3871	38,71	2,58
1991	1817,1	1210,6	13	0,4194	41,94	2,38
1992	1771,1	1171,5	14	0,4516	45,16	2,21
1993	835,9	1130	15	0,4839	48,39	2,07
1994	1617,3	1116,7	16	0,5161	51,61	1,94
1995	1547	1096,2	17	0,5484	54,84	1,82
1996	1096,2	1060,8	18	0,5806	58,06	1,72
1997	1647,2	1015,2	19	0,6129	61,29	1,63
1998	997,3	1006,4	20	0,6452	64,52	1,55
1999	862,5	1003,6	21	0,6774	67,74	1,48
2000	1346,9	997,3	22	0,7097	70,97	1,41
2001	1171,5	990,9	23	0,7419	74,19	1,35
2002	1230	981,9	24	0,7742	77,42	1,29
2003	1003,6	980,4	25	0,8065	80,65	1,24
2004	1422,9	862,5	26	0,8387	83,87	1,19
2005	1233,3	835,9	27	0,8710	87,10	1,15
2006	1130	814,2	28	0,9032	90,32	1,11
2007	981,9	813,7	29	0,9355	93,55	1,07
2008	814,2	654,9	30	0,9677	96,77	1,03
média	1204,70					
Desv.pad.	313,05					

Tabela IV. 32 - Precipitação provável para a estação Baudim.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1605,40
25	0,67	1414,44
50	0	1204,70
75	-0,67	994,96
90	-1,28	804,00

Tabela IV. 33 - Totais Anuais para a estação Cachoeira das Antas.

Ano	Total Anual (mm)	Ordem decresc.(mm)	m	F(weibull)	F(%)	Tr (anos)
1982	1012,4	2188,1	1	0,0357	3,57	28,00
1983	1675,2	1698,1	2	0,0714	7,14	14,00
1984	1371,9	1696	3	0,1071	10,71	9,33
1985	1698,1	1675,2	4	0,1429	14,29	7,00
1986	836,4	1556,4	5	0,1786	17,86	5,60
1987	1262,9	1386,3	6	0,2143	21,43	4,67
1988	1098,4	1379,1	7	0,2500	25,00	4,00
1989	1272,1	1371,9	8	0,2857	28,57	3,50
1990	547,4	1366,4	9	0,3214	32,14	3,11
1991	1696	1351	10	0,3571	35,71	2,80
1992	1556,4	1348,6	11	0,3929	39,29	2,55
1993	717,6	1307,4	12	0,4286	42,86	2,33
1994	1351	1272,1	13	0,4643	46,43	2,15
1995	1073	1262,9	14	0,5000	50,00	2,00
1996	1003,1	1228,2	15	0,5357	53,57	1,87
1997	1307,4	1219,1	16	0,5714	57,14	1,75
1998	1219,1	1098,4	17	0,6071	60,71	1,65
1999	1061,1	1073	18	0,6429	64,29	1,56
2000	1386,3	1062,2	19	0,6786	67,86	1,47
2001	1043,8	1062,2	20	0,7143	71,43	1,40
2002	1348,6	1061,1	21	0,7500	75,00	1,33
2003	1228,2	1043,8	22	0,7857	78,57	1,27
2004	2188,1	1012,4	23	0,8214	82,14	1,22
2005	1366,4	1003,1	24	0,8571	85,71	1,17
2006	1379,1	836,4	25	0,8929	89,29	1,12
2007	1062,2	717,6	26	0,9286	92,86	1,08
2008	1062,2	547,4	27	0,9643	96,43	1,04
média	1252,76					
Desv.pad.	328,40					

Tabela IV. 34 - Precipitação provável para a estação Cachoeira das Antas.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1673,10
25	0,67	1472,78
50	0	1252,76
75	-0,67	1032,73
90	-1,28	832,41

Tabela IV. 35 - Totais Anuais para a estação Cachoeira dos Óculos.

Ano	Total Anual (mm)	Ordem decresc.(mm)	m	F(weibull)	F(%)	Tr (anos)
1987	1217,1	744,5	1	0,0435	4,35	23,00
1988	966,3	890,2	2	0,0870	8,70	11,50
1989	1045,9	1063,7	3	0,1304	13,04	7,67
1990	766,8	1104,3	4	0,1739	17,39	5,75
1991	1574,7	1107,6	5	0,2174	21,74	4,60
1992	1517,4	1126	6	0,2609	26,09	3,83
1993	827,5	1142,8	7	0,3043	30,43	3,29
1994	1466,5	1198,4	8	0,3478	34,78	2,88
1995	1254,3	1235,1	9	0,3913	39,13	2,56
1996	1013,1	1305,2	10	0,4348	43,48	2,30
1997	1391,7	1312,8	11	0,4783	47,83	2,09
1998	1290,1	1314,4	12	0,5217	52,17	1,92
1999	1056,4	1348	13	0,5652	56,52	1,77
2000	1358	1351,1	14	0,6087	60,87	1,64
2001	897,4	1399,1	15	0,6522	65,22	1,53
2002	1376,4	1402,2	16	0,6957	69,57	1,44
2003	1108	1449,2	17	0,7391	73,91	1,35
2004	1655,4	1478,8	18	0,7826	78,26	1,28
2005	1483,1	1481,9	19	0,8261	82,61	1,21
2006	1062,9	1519,5	20	0,8696	86,96	1,15
2007	889,6	1566	21	0,9130	91,30	1,10
2008	1210,3	1572,3	22	0,9565	95,65	1,05
média	1201,31					
Desv.pad.	250,41					

Tabela IV. 36 - Precipitação provável para a estação Cachoeira dos Óculos.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1521,83
25	0,67	1369,09
50	0	1201,31
75	-0,67	1033,54
90	-1,28	880,79

Tabela IV. 37 - Totais Anuais para a estação Caetés.

Ano	Total Anual (mm)	Ordem decresc.(mm)	m	F(weibull)	F(%)	Tr (anos)
1979	2115,2	2188,6	1	0,0323	3,23	31,00
1980	1605,9	2115,2	2	0,0645	6,45	15,50
1981	1483,4	1936,4	3	0,0968	9,68	10,33
1982	1287,4	1919,6	4	0,1290	12,90	7,75
1983	2188,6	1880,7	5	0,1613	16,13	6,20
1984	1135,3	1829,4	6	0,1935	19,35	5,17
1985	1919,6	1734,8	7	0,2258	22,58	4,43
1986	1284,1	1638,6	8	0,2581	25,81	3,88
1987	1476,2	1607,9	9	0,2903	29,03	3,44
1988	1343,4	1605,9	10	0,3226	32,26	3,10
1989	1560,2	1560,2	11	0,3548	35,48	2,82
1990	1218,2	1545	12	0,3871	38,71	2,58
1991	1545	1502,5	13	0,4194	41,94	2,38
1992	1638,6	1483,4	14	0,4516	45,16	2,21
1993	978,2	1476,2	15	0,4839	48,39	2,07
1994	1219,2	1415,2	16	0,5161	51,61	1,94
1995	1734,8	1411,8	17	0,5484	54,84	1,82
1996	1607,9	1381,4	18	0,5806	58,06	1,72
1997	1287,6	1360	19	0,6129	61,29	1,63
1998	1242,6	1343,4	20	0,6452	64,52	1,55
1999	1381,4	1287,6	21	0,6774	67,74	1,48
2000	1360	1287,4	22	0,7097	70,97	1,41
2001	1415,2	1284,1	23	0,7419	74,19	1,35
2002	1411,8	1242,6	24	0,7742	77,42	1,29
2003	1936,4	1219,2	25	0,8065	80,65	1,24
2004	1829,4	1218,2	26	0,8387	83,87	1,19
2005	1502,5	1181,3	27	0,8710	87,10	1,15
2006	1181,3	1135,3	28	0,9032	90,32	1,11
2007	1059,3	1059,3	29	0,9355	93,55	1,07
2008	1880,7	978,2	30	0,9677419	96,77	1,03
média	1494,31					
Desv.pad.	300,61					

Tabela IV. 38 - Precipitação provável para a estação Caetés.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1879,09
25	0,67	1695,72
50	0	1494,31
75	-0,67	1292,91
90	-1,28	1109,53

Tabela IV. 39 - Totais Anuais para a estação Conceição do Mato Dentro.

Ano	Total Anual (mm)	Ordem decresc.(mm)	m	F(weibull)	F(%)	Tr (anos)
1979	1962,7	2128,8	1	0,0323	3,23	31,00
1980	1386,2	2064,3	2	0,0645	6,45	15,50
1981	1538,9	1962,7	3	0,0968	9,68	10,33
1982	1348,8	1932,8	4	0,1290	12,90	7,75
1983	1932,8	1897,9	5	0,1613	16,13	6,20
1984	1349,8	1842,3	6	0,1935	19,35	5,17
1985	1842,3	1694,7	7	0,2258	22,58	4,43
1986	1314,4	1650,3	8	0,2581	25,81	3,88
1987	1470,7	1640,7	9	0,2903	29,03	3,44
1988	1255	1555,3	10	0,3226	32,26	3,10
1989	1382,1	1538,9	11	0,3548	35,48	2,82
1990	950,4	1521,3	12	0,3871	38,71	2,58
1991	1897,9	1511,8	13	0,4194	41,94	2,38
1992	2128,8	1470,7	14	0,4516	45,16	2,21
1993	965,4	1447,8	15	0,4839	48,39	2,07
1994	1059,8	1386,2	16	0,5161	51,61	1,94
1995	1640,7	1382,1	17	0,5484	54,84	1,82
1996	1356	1356	18	0,5806	58,06	1,72
1997	1521,3	1349,8	19	0,6129	61,29	1,63
1998	1305,9	1348,8	20	0,6452	64,52	1,55
1999	980,7	1314,4	21	0,6774	67,74	1,48
2000	1447,8	1305,9	22	0,7097	70,97	1,41
2001	1240	1255	23	0,7419	74,19	1,35
2002	1511,8	1240	24	0,7742	77,42	1,29
2003	1202,9	1202,9	25	0,8065	80,65	1,24
2004	1694,7	1059,8	26	0,8387	83,87	1,19
2005	2064,3	980,7	27	0,8710	87,10	1,15
2006	1555,3	965,4	28	0,9032	90,32	1,11
2007	928,2	950,4	29	0,9355	93,55	1,07
2008	1650,3	928,2	30	0,9677419	96,77	1,03
média	1462,86					
Desv.pad.	326,48					

Tabela IV. 40 - Precipitação provável para a estação Conceição do Mato Dentro.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1880,76
25	0,67	1681,61
50	0	1462,86
75	-0,67	1244,12
90	-1,28	1044,97

Tabela IV. 41 - Totais Anuais para a estação Dom Cavati.

Ano	Total Anual (mm)	Ordem decresc.(mm)	m	F(weibull)	F(%)	Tr (anos)
1979	1715,5	1715,5	1	0,0323	3,23	31,00
1980	1231,4	1530	2	0,0645	6,45	15,50
1981	1417,5	1514,7	3	0,0968	9,68	10,33
1982	1016,6	1431,5	4	0,1290	12,90	7,75
1983	1514,7	1417,5	5	0,1613	16,13	6,20
1984	1279,6	1415,4	6	0,1935	19,35	5,17
1985	1353,8	1395,8	7	0,2258	22,58	4,43
1986	921,7	1395,8	8	0,2581	25,81	3,88
1987	1100,1	1365	9	0,2903	29,03	3,44
1988	1040	1353,8	10	0,3226	32,26	3,10
1989	1096,1	1339,6	11	0,3548	35,48	2,82
1990	798,5	1279,6	12	0,3871	38,71	2,58
1991	1339,6	1271,7	13	0,4194	41,94	2,38
1992	1415,4	1248,7	14	0,4516	45,16	2,21
1993	885,3	1231,4	15	0,4839	48,39	2,07
1994	1248,7	1218,8	16	0,5161	51,61	1,94
1995	1271,7	1100,1	17	0,5484	54,84	1,82
1996	1046,7	1096,1	18	0,5806	58,06	1,72
1997	1431,5	1061,5	19	0,6129	61,29	1,63
1998	1218,8	1050,1	20	0,6452	64,52	1,55
1999	991,6	1046,7	21	0,6774	67,74	1,48
2000	943,2	1040	22	0,7097	70,97	1,41
2001	861,6	1028,2	23	0,7419	74,19	1,35
2002	1365	1016,6	24	0,7742	77,42	1,29
2003	1061,5	991,6	25	0,8065	80,65	1,24
2004	1530	943,2	26	0,8387	83,87	1,19
2005	1395,8	921,7	27	0,8710	87,10	1,15
2006	1395,8	885,3	28	0,9032	90,32	1,11
2007	1028,2	861,6	29	0,9355	93,55	1,07
2008	1050,1	798,5	30	0,9677	96,77	1,03
média	1198,87					
Desv.pad.	225,05					

Tabela IV. 42 - Precipitação provável para a estação Dom Cavati.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1486,93
25	0,67	1349,65
50	0	1198,87
75	-0,67	1048,08
90	-1,28	910,80



Tabela IV. 43 - Totais Anuais para a estação Fazenda Água Limpa.

Ano	Total Anual (mm)	Ordem decresc.(mm)	m	F(weibull)	F(%)	Tr (anos)
1985	1990,6	1659,3	1	0,0400	4,00	25,00
1986	1567,7	1628,2	2	0,0800	8,00	12,50
1987	1248,4	1572,3	3	0,1200	12,00	8,33
1988	1179,8	1566	4	0,1600	16,00	6,25
1989	1328,7	1519,5	5	0,2000	20,00	5,00
1990	977,7	1481,9	6	0,2400	24,00	4,17
1991	1740,8	1478,8	7	0,2800	28,00	3,57
1992	1893,5	1449,2	8	0,3200	32,00	3,13
1993	982,3	1402,2	9	0,3600	36,00	2,78
1994	489,8	1399,1	10	0,4000	40,00	2,50
1995	1291,8	1351,1	11	0,4400	44,00	2,27
1996	1216,2	1348	12	0,4800	48,00	2,08
1997	1224,8	1314,4	13	0,5200	52,00	1,92
1998	1126,9	1312,8	14	0,5600	56,00	1,79
1999	1142,5	1305,2	15	0,6000	60,00	1,67
2000	489,8	1235,1	16	0,6400	64,00	1,56
2001	1291,8	1198,4	17	0,6800	68,00	1,47
2002	1216,2	1142,8	18	0,7200	72,00	1,39
2003	1224,8	1126	19	0,7600	76,00	1,32
2004	1224,8	1107,6	20	0,8000	80,00	1,25
2005	1142,5	1104,3	21	0,8400	84,00	1,19
2006	1428,2	1063,7	22	0,8800	88,00	1,14
2007	1226,7	890,2	23	0,9200	92,00	1,09
2008	1366,8	744,5	24	0,9600	96,00	1,04
média	1250,55					
Desv.pad.	335,97					

Tabela IV. 44 - Precipitação provável para a estação Fazenda Água Limpa

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1680,59
25	0,67	1475,65
50	0	1250,55
75	-0,67	1025,45
90	-1,28	820,50

Tabela IV. 45 - Totais Anuais para a estação Ferros.

Ano	Total Anual (mm)	Ordem decresc.(mm)	m	F(weibull)	F(%)	Tr (anos)
1979	1625,4	1625,4	1	0,0323	3,23	31,00
1980	1390,3	1588	2	0,0645	6,45	15,50
1981	1390,3	1588	3	0,0968	9,68	10,33
1982	1588	1550,9	4	0,1290	12,90	7,75
1983	1588	1550,9	5	0,1613	16,13	6,20
1984	1521,2	1521,2	6	0,1935	19,35	5,17
1985	1521,2	1521,2	7	0,2258	22,58	4,43
1986	1326,9	1508,1	8	0,2581	25,81	3,88
1987	1326,9	1508,1	9	0,2903	29,03	3,44
1988	1199,1	1390,3	10	0,3226	32,26	3,10
1989	1199,1	1390,3	11	0,3548	35,48	2,82
1990	961,7	1381,7	12	0,3871	38,71	2,58
1991	961,7	1381,7	13	0,4194	41,94	2,38
1992	889,4	1326,9	14	0,4516	45,16	2,21
1993	889,4	1326,9	15	0,4839	48,39	2,07
1994	1508,1	1199,1	16	0,5161	51,61	1,94
1995	1508,1	1199,1	17	0,5484	54,84	1,82
1996	1381,7	1172	18	0,5806	58,06	1,72
1997	1381,7	1172	19	0,6129	61,29	1,63
1998	1172	1077,5	20	0,6452	64,52	1,55
1999	1172	1077,5	21	0,6774	67,74	1,48
2000	1077,5	961,7	22	0,7097	70,97	1,41
2001	1077,5	961,7	23	0,7419	74,19	1,35
2002	899,1	899,1	24	0,7742	77,42	1,29
2003	899,1	899,1	25	0,8065	80,65	1,24
2004	1550,9	889,4	26	0,8387	83,87	1,19
2005	1550,9	889,4	27	0,8710	87,10	1,15
2006	834,8	852,4	28	0,9032	90,32	1,11
2007	834,8	834,8	29	0,9355	93,55	1,07
2008	852,4	834,8	30	0,9677	96,77	1,03
média	1235,97					
Desv.pad.	268,52					

Tabela IV. 46 - Precipitação provável para a estação Ferro.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1579,68
25	0,67	1415,88
50	0	1235,97
75	-0,67	1056,06
90	-1,28	892,27

Tabela IV. 47 - Totais Anuais para a estação Guanhães.

Ano	Total Anual (mm)	Ordem decresc.(mm)	m	F(weibull)	F(%)	Tr (anos)
1979	1375,6	1856,9	1	0,0323	3,23	31,00
1980	1264,2	1794	2	0,0645	6,45	15,50
1981	1794	1573,2	3	0,0968	9,68	10,33
1982	1135,7	1551,8	4	0,1290	12,90	7,75
1983	1573,2	1550,7	5	0,1613	16,13	6,20
1984	1009,2	1548,1	6	0,1935	19,35	5,17
1985	1516,8	1516,8	7	0,2258	22,58	4,43
1986	873,5	1478,7	8	0,2581	25,81	3,88
1987	1154,9	1462,5	9	0,2903	29,03	3,44
1988	1256,1	1423,5	10	0,3226	32,26	3,10
1989	1036,9	1388,9	11	0,3548	35,48	2,82
1990	829,3	1375,6	12	0,3871	38,71	2,58
1991	1548,1	1305,5	13	0,4194	41,94	2,38
1992	1856,9	1304,3	14	0,4516	45,16	2,21
1993	1093,8	1264,2	15	0,4839	48,39	2,07
1994	1161,5	1256,1	16	0,5161	51,61	1,94
1995	1551,8	1214	17	0,5484	54,84	1,82
1996	1214	1161,5	18	0,5806	58,06	1,72
1997	1550,7	1154,9	19	0,6129	61,29	1,63
1998	1305,5	1136,8	20	0,6452	64,52	1,55
1999	1136,8	1135,7	21	0,6774	67,74	1,48
2000	1462,5	1099,8	22	0,7097	70,97	1,41
2001	1055,8	1093,8	23	0,7419	74,19	1,35
2002	1423,5	1055,8	24	0,7742	77,42	1,29
2003	1099,8	1036,9	25	0,8065	80,65	1,24
2004	1478,7	1009,2	26	0,8387	83,87	1,19
2005	1388,9	952,5	27	0,8710	87,10	1,15
2006	1304,3	873,5	28	0,9032	90,32	1,11
2007	683	829,3	29	0,9355	93,55	1,07
2008	952,5	683	30	0,9677	96,77	1,03
média	1269,58					
Desv.pad.	272,55					

Tabela IV. 48 - Precipitação provável para a estação Guanhães.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1618,45
25	0,67	1452,19
50	0	1269,58
75	-0,67	1086,97
90	-1,28	920,72

Tabela IV. 49 - Totais Anuais para a estação Itabirito Linígrafo.

Ano	Total Anual (mm)	Ordem decresc.(mm)	m	F(weibull)	F(%)	Tr (anos)
1985	1974,5	1974,5	1	0,0400	4,00	25,00
1986	1313,1	1921,7	2	0,0800	8,00	12,50
1987	1325,7	1781	3	0,1200	12,00	8,33
1988	1106,8	1695,4	4	0,1600	16,00	6,25
1989	1599,8	1599,8	5	0,2000	20,00	5,00
1990	1218,9	1593,5	6	0,2400	24,00	4,17
1991	1921,7	1540,1	7	0,2800	28,00	3,57
1992	1695,4	1422,9	8	0,3200	32,00	3,13
1993	1422,9	1414,2	9	0,3600	36,00	2,78
1994	1391,8	1407	10	0,4000	40,00	2,50
1995	1540,1	1391,8	11	0,4400	44,00	2,27
1996	1374,4	1374,4	12	0,4800	48,00	2,08
1997	1184,7	1361,8	13	0,5200	52,00	1,92
1998	1361,8	1330,2	14	0,5600	56,00	1,79
1999	1330,2	1325,7	15	0,6000	60,00	1,67
2000	1414,2	1313,1	16	0,6400	64,00	1,56
2001	1211,5	1307,5	17	0,6800	68,00	1,47
2002	1307,5	1283,9	18	0,7200	72,00	1,39
2003	1283,9	1218,9	19	0,7600	76,00	1,32
2004	1407	1211,5	20	0,8000	80,00	1,25
2005	1593,5	1184,7	21	0,8400	84,00	1,19
2006	1182,1	1182,1	22	0,8800	88,00	1,14
2007	1086,8	1106,8	23	0,9200	92,00	1,09
2008	1781	1086,8	24	0,9600	96,00	1,04
média	1417,89					
Desv.pad.	233,91					

Tabela IV. 50 - Precipitação provável para a estação Itabirito Linígrafo.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1717,29
25	0,67	1574,61
50	0	1417,89
75	-0,67	1261,17
90	-1,28	1118,48

Tabela IV. 51 - Totais Anuais para a estação Jaboticatubas.

Ano	Total Anual (mm)	Ordem decresc.(mm)	m	F(weibull)	F(%)	Tr (anos)
1979	2091,4	2091,4	1	0,0323	3,23	31,00
1980	1358,3	1758,2	2	0,0645	6,45	15,50
1981	1428,9	1742,5	3	0,0968	9,68	10,33
1982	1087,9	1596,2	4	0,1290	12,90	7,75
1983	1742,5	1578,4	5	0,1613	16,13	6,20
1984	1025,7	1507,3	6	0,1935	19,35	5,17
1985	1507,3	1475,3	7	0,2258	22,58	4,43
1986	1171,5	1464,1	8	0,2581	25,81	3,88
1987	1158,9	1428,9	9	0,2903	29,03	3,44
1988	1194	1408,8	10	0,3226	32,26	3,10
1989	1313,1	1395,7	11	0,3548	35,48	2,82
1990	894,4	1358,3	12	0,3871	38,71	2,58
1991	1596,2	1313,1	13	0,4194	41,94	2,38
1992	1758,2	1310,8	14	0,4516	45,16	2,21
1993	1305,4	1305,4	15	0,4839	48,39	2,07
1994	1395,7	1291,7	16	0,5161	51,61	1,94
1995	1464,1	1287,1	17	0,5484	54,84	1,82
1996	1287,1	1281,9	18	0,5806	58,06	1,72
1997	1578,4	1281,8	19	0,6129	61,29	1,63
1998	1281,8	1194	20	0,6452	64,52	1,55
1999	972,1	1171,5	21	0,6774	67,74	1,48
2000	1102,5	1158,9	22	0,7097	70,97	1,41
2001	1115,3	1115,3	23	0,7419	74,19	1,35
2002	1291,7	1102,5	24	0,7742	77,42	1,29
2003	1310,8	1094,5	25	0,8065	80,65	1,24
2004	1408,8	1087,9	26	0,8387	83,87	1,19
2005	1475,3	1025,7	27	0,8710	87,10	1,15
2006	1094,5	972,1	28	0,9032	90,32	1,11
2007	845,4	894,4	29	0,9355	93,55	1,07
2008	1281,9	845,4	30	0,9677	96,77	1,03
média	1317,97					
Desv.pad.	264,10					

Tabela IV. 52 - Precipitação provável para a estação Jaboticatubas.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1656,01
25	0,67	1494,91
50	0	1317,97
75	-0,67	1141,03
90	-1,28	979,93

Tabela IV. 53 - Totais Anuais para a estação Matipo.

Ano	Total Anual (mm)	Ordem decresc.(mm)	m	F(weibull)	F(%)	Tr (anos)
1979	2777,4	2777,4	1	0,0323	3,23	31,00
1980	1173,3	1646,3	2	0,0645	6,45	15,50
1981	1107,5	1529,9	3	0,0968	9,68	10,33
1982	1009	1519,6	4	0,1290	12,90	7,75
1983	1299,4	1469,5	5	0,1613	16,13	6,20
1984	1248,6	1394,5	6	0,1935	19,35	5,17
1985	1529,9	1377,4	7	0,2258	22,58	4,43
1986	839,1	1373,5	8	0,2581	25,81	3,88
1987	1274,4	1371,8	9	0,2903	29,03	3,44
1988	1263,7	1302,4	10	0,3226	32,26	3,10
1989	1285,1	1299,4	11	0,3548	35,48	2,82
1990	679,5	1285,1	12	0,3871	38,71	2,58
1991	1373,5	1274,4	13	0,4194	41,94	2,38
1992	1646,3	1263,7	14	0,4516	45,16	2,21
1993	923,5	1254,9	15	0,4839	48,39	2,07
1994	1302,4	1248,6	16	0,5161	51,61	1,94
1995	916,3	1225,9	17	0,5484	54,84	1,82
1996	1254,9	1203,3	18	0,5806	58,06	1,72
1997	1106,3	1187,2	19	0,6129	61,29	1,63
1998	1148,4	1173,3	20	0,6452	64,52	1,55
1999	1030,2	1148,4	21	0,6774	67,74	1,48
2000	1377,4	1107,5	22	0,7097	70,97	1,41
2001	1203,3	1106,3	23	0,7419	74,19	1,35
2002	1371,8	1030,2	24	0,7742	77,42	1,29
2003	1187,2	1009	25	0,8065	80,65	1,24
2004	1394,5	950,2	26	0,8387	83,87	1,19
2005	1519,6	923,5	27	0,8710	87,10	1,15
2006	1225,9	916,3	28	0,9032	90,32	1,11
2007	950,2	839,1	29	0,9355	93,55	1,07
2008	1469,5	679,5	30	0,9677	96,77	1,03
média	1262,94					
Desv.pad.	352,66					

Tabela IV. 54 - Precipitação provável para a estação Jaboticatubas.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1714,34
25	0,67	1499,22
50	0	1262,94
75	-0,67	1026,66
90	-1,28	811,53

Tabela IV. 55 - Totais Anuais para a estação Morro do Pilar.

Ano	Total Anual (mm)	Ordem decresc.(mm)	m	F(weibull)	F(%)	Tr (anos)
1979	2265,8	2428,8	1	0,0323	3,23	31,00
1980	1802,2	2265,8	2	0,0645	6,45	15,50
1981	1752,1	2210	3	0,0968	9,68	10,33
1982	1737,7	2167,5	4	0,1290	12,90	7,75
1983	2167,5	2045	5	0,1613	16,13	6,20
1984	1206	1951,6	6	0,1935	19,35	5,17
1985	2210	1899,4	7	0,2258	22,58	4,43
1986	1099,1	1862,6	8	0,2581	25,81	3,88
1987	1681,9	1802,2	9	0,2903	29,03	3,44
1988	1437,2	1762,9	10	0,3226	32,26	3,10
1989	1665,8	1752,1	11	0,3548	35,48	2,82
1990	949,1	1737,7	12	0,3871	38,71	2,58
1991	1721,5	1721,5	13	0,4194	41,94	2,38
1992	2428,8	1719,5	14	0,4516	45,16	2,21
1993	1067,2	1681,9	15	0,4839	48,39	2,07
1994	1306,4	1665,8	16	0,5161	51,61	1,94
1995	1719,5	1605,7	17	0,5484	54,84	1,82
1996	1547,5	1570,3	18	0,5806	58,06	1,72
1997	1605,7	1547,5	19	0,6129	61,29	1,63
1998	1346,6	1518,1	20	0,6452	64,52	1,55
1999	1347,5	1437,2	21	0,6774	67,74	1,48
2000	1899,4	1420,6	22	0,7097	70,97	1,41
2001	1420,6	1347,5	23	0,7419	74,19	1,35
2002	1762,9	1346,6	24	0,7742	77,42	1,29
2003	1518,1	1306,4	25	0,8065	80,65	1,24
2004	2045	1206	26	0,8387	83,87	1,19
2005	1862,6	1195	27	0,8710	87,10	1,15
2006	1570,3	1099,1	28	0,9032	90,32	1,11
2007	1195	1067,2	29	0,9355	93,55	1,07
2008	1951,6	949,1	30	0,9677	96,77	1,03
média	1643,02					
Desv.pad.	363,30					

Tabela IV. 56 - Precipitação provável para a estação Morro do Pilar.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	2108,04
25	0,67	1886,43
50	0	1643,02
75	-0,67	1399,61
90	-1,28	1178,00

Tabela IV. 57 - Totais Anuais para a estação Raul Soares.

Ano	Total Anual (mm)	Ordem decresc.(mm)	m	F(weibull)	F(%)	Tr (anos)
1979	1552,4	1968,5	1	0,0323	3,23	31,00
1980	1205,3	1670,8	2	0,0645	6,45	15,50
1981	1294,7	1630	3	0,0968	9,68	10,33
1982	1069,7	1605	4	0,1290	12,90	7,75
1983	1670,8	1552,4	5	0,1613	16,13	6,20
1984	1469,9	1518	6	0,1935	19,35	5,17
1985	1630	1500,3	7	0,2258	22,58	4,43
1986	852,1	1469,9	8	0,2581	25,81	3,88
1987	1077,4	1464,9	9	0,2903	29,03	3,44
1988	1125,7	1387	10	0,3226	32,26	3,10
1989	1291,6	1371,1	11	0,3548	35,48	2,82
1990	642,6	1363,8	12	0,3871	38,71	2,58
1991	1518	1319,4	13	0,4194	41,94	2,38
1992	1500,3	1317	14	0,4516	45,16	2,21
1993	837,4	1294,7	15	0,4839	48,39	2,07
1994	1317	1291,6	16	0,5161	51,61	1,94
1995	998,3	1205,3	17	0,5484	54,84	1,82
1996	1020,3	1177	18	0,5806	58,06	1,72
1997	1371,1	1157	19	0,6129	61,29	1,63
1998	1157	1132	20	0,6452	64,52	1,55
1999	1073	1125,7	21	0,6774	67,74	1,48
2000	1387	1077,4	22	0,7097	70,97	1,41
2001	1319,4	1073	23	0,7419	74,19	1,35
2002	1363,8	1069,7	24	0,7742	77,42	1,29
2003	1132	1020,3	25	0,8065	80,65	1,24
2004	1968,5	998,3	26	0,8387	83,87	1,19
2005	1605	870,2	27	0,8710	87,10	1,15
2006	1177	852,1	28	0,9032	90,32	1,11
2007	870,2	837,4	29	0,9355	93,55	1,07
2008	1464,9	642,6	30	0,9677	96,77	1,03
média	1265,41					
Desv.pad.	284,80					

Tabela IV. 58 - Precipitação provável para a estação Raul Soares.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1629,96
25	0,67	1456,23
50	0	1265,41
75	-0,67	1074,60
90	-1,28	900,87



Tabela IV. 59 - Totais Anuais para a estação Sabará.

Ano	Total Anual (mm)	Ordem decresc.(mm)	m	F(weibull)	F(%)	Tr (anos)
1979	2064,2	2285,7	1	0,0323	3,23	31,00
1980	1652,9	2064,2	2	0,0645	6,45	15,50
1981	1413,1	1866,1	3	0,0968	9,68	10,33
1982	1148,9	1857,1	4	0,1290	12,90	7,75
1983	2285,7	1831,2	5	0,1613	16,13	6,20
1984	937,1	1767,2	6	0,1935	19,35	5,17
1985	1831,2	1662,4	7	0,2258	22,58	4,43
1986	1230	1659,8	8	0,2581	25,81	3,88
1987	1347,9	1652,9	9	0,2903	29,03	3,44
1988	1208,9	1585,8	10	0,3226	32,26	3,10
1989	1354,9	1521,8	11	0,3548	35,48	2,82
1990	877,1	1434,9	12	0,3871	38,71	2,58
1991	1370,5	1413,1	13	0,4194	41,94	2,38
1992	882,8	1407,6	14	0,4516	45,16	2,21
1993	588,7	1370,5	15	0,4839	48,39	2,07
1994	591,4	1354,9	16	0,5161	51,61	1,94
1995	1659,8	1347,9	17	0,5484	54,84	1,82
1996	1251,2	1315	18	0,5806	58,06	1,72
1997	1033,3	1293,1	19	0,6129	61,29	1,63
1998	1434,9	1256,1	20	0,6452	64,52	1,55
1999	1293,1	1251,2	21	0,6774	67,74	1,48
2000	1767,2	1230	22	0,7097	70,97	1,41
2001	1315	1208,9	23	0,7419	74,19	1,35
2002	1662,4	1148,9	24	0,7742	77,42	1,29
2003	1585,8	1033,3	25	0,8065	80,65	1,24
2004	1866,1	937,1	26	0,8387	83,87	1,19
2005	1521,8	882,8	27	0,8710	87,10	1,15
2006	1407,6	877,1	28	0,9032	90,32	1,11
2007	1256,1	591,4	29	0,9355	93,55	1,07
2008	1857,1	588,7	30	0,9677	96,77	1,03
média	1389,89					
Desv.pad.	392,34					

Tabela IV. 60 - Precipitação provável para a estação Sabará.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1892,09
25	0,67	1652,76
50	0	1389,89
75	-0,67	1127,02
90	-1,28	887,69

Tabela IV. 61 - Totais Anuais para a estação São João Evangelista.

Ano	Total Anual (mm)	Ordem decresc.(mm)	m	F(weibull)	F(%)	Tr (anos)
1984	929,2	1764,7	1	0,0385	3,85	26,00
1985	1575,5	1672,2	2	0,0769	7,69	13,00
1986	742,7	1575,5	3	0,1154	11,54	8,67
1987	1079,7	1502,7	4	0,1538	15,38	6,50
1988	1093,1	1456,7	5	0,1923	19,23	5,20
1989	985,1	1437,2	6	0,2308	23,08	4,33
1990	690,9	1432,3	7	0,2692	26,92	3,71
1991	1264	1274,5	8	0,3077	30,77	3,25
1992	1764,7	1264	9	0,3462	34,62	2,89
1993	840,4	1247,2	10	0,3846	38,46	2,60
1994	1207,7	1207,7	11	0,4231	42,31	2,36
1995	1165,3	1165,3	12	0,4615	46,15	2,17
1996	1043,8	1137,5	13	0,5000	50,00	2,00
1997	1437,2	1093,1	14	0,5385	53,85	1,86
1998	1274,5	1079,7	15	0,5769	57,69	1,73
1999	1010,9	1052,4	16	0,6154	61,54	1,63
2000	1247,2	1043,8	17	0,6538	65,38	1,53
2001	938,2	1010,9	18	0,6923	69,23	1,44
2002	1432,3	985,1	19	0,7308	73,08	1,37
2003	1052,4	938,2	20	0,7692	76,92	1,30
2004	1137,5	929,2	21	0,8077	80,77	1,24
2005	1502,7	840,4	22	0,8462	84,62	1,18
2006	1456,7	810,2	23	0,8846	88,46	1,13
2007	810,2	742,7	24	0,9231	92,31	1,08
2008	1672,2	690,9	25	0,9615	96,15	1,04
média	1174,16					
Desv.pad.	282,59					

Tabela IV. 62 - Precipitação provável para a estação São João Evangelista.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1535,88
25	0,67	1363,50
50	0	1174,16
75	-0,67	984,83
90	-1,28	812,45

Tabela IV. 63 - Totais Anuais para a estação Usina Brecha.

Ano	Total Anual (mm)	Ordem decresc.(mm)	m	F(weibull)	F(%)	Tr (anos)
1979	1641,7	1997,5	1	0,0323	3,23	31,00
1980	1303,7	1875,4	2	0,0645	6,45	15,50
1981	1344,4	1866,2	3	0,0968	9,68	10,33
1982	1613,2	1746,8	4	0,1290	12,90	7,75
1983	1997,5	1643,6	5	0,1613	16,13	6,20
1984	1276,9	1641,7	6	0,1935	19,35	5,17
1985	1746,8	1613,2	7	0,2258	22,58	4,43
1986	1097,5	1599,5	8	0,2581	25,81	3,88
1987	1444	1533,3	9	0,2903	29,03	3,44
1988	1047,1	1444	10	0,3226	32,26	3,10
1989	1378,3	1417,3	11	0,3548	35,48	2,82
1990	729,2	1378,3	12	0,3871	38,71	2,58
1991	1599,5	1349,9	13	0,4194	41,94	2,38
1992	1875,4	1344,4	14	0,4516	45,16	2,21
1993	1072,4	1303,7	15	0,4839	48,39	2,07
1994	1260,6	1287,3	16	0,5161	51,61	1,94
1995	1072,9	1276,9	17	0,5484	54,84	1,82
1996	1232,2	1273,6	18	0,5806	58,06	1,72
1997	1533,3	1260,6	19	0,6129	61,29	1,63
1998	1127,8	1232,2	20	0,6452	64,52	1,55
1999	1087,2	1159,5	21	0,6774	67,74	1,48
2000	1349,9	1127,8	22	0,7097	70,97	1,41
2001	1273,6	1097,5	23	0,7419	74,19	1,35
2002	1159,5	1087,2	24	0,7742	77,42	1,29
2003	1026,1	1072,9	25	0,8065	80,65	1,24
2004	1643,6	1072,4	26	0,8387	83,87	1,19
2005	1417,3	1047,1	27	0,8710	87,10	1,15
2006	1287,3	1026,1	28	0,9032	90,32	1,11
2007	900,4	900,4	29	0,9355	93,55	1,07
2008	1866,2	729,2	30	0,9677	96,77	1,03
média	1346,85					
Desv.pad.	298,06					

Tabela IV. 64 - Precipitação provável para a estação Usina Brecha.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1728,37
25	0,67	1546,55
50	0	1346,85
75	-0,67	1147,15
90	-1,28	965,33

Tabela IV. 65 - Totais Anuais para a estação Vau da Lagoa.

Ano	Total Anual (mm)	Ordem decresc.(mm)	m	F(weibull)	F(%)	Tr (anos)
1977	1468,2	2413,2	1	0,0323	3,23	31,00
1978	1599,5	2156,3	2	0,0645	6,45	15,50
1979	2413,2	2073,7	3	0,0968	9,68	10,33
1980	1606,9	1935,8	4	0,1290	12,90	7,75
1981	1746,7	1853	5	0,1613	16,13	6,20
1982	1649,5	1746,7	6	0,1935	19,35	5,17
1983	2156,3	1728	7	0,2258	22,58	4,43
1984	1447	1714,4	8	0,2581	25,81	3,88
1985	1935,8	1676,8	9	0,2903	29,03	3,44
1986	1421,8	1656,1	10	0,3226	32,26	3,10
1987	1423,4	1649,5	11	0,3548	35,48	2,82
1988	1617,9	1617,9	12	0,3871	38,71	2,58
1989	1656,1	1606,9	13	0,4194	41,94	2,38
1990	1219	1599,5	14	0,4516	45,16	2,21
1991	2073,7	1590	15	0,4839	48,39	2,07
1992	1853	1572,1	16	0,5161	51,61	1,94
1993	1293,4	1539,5	17	0,5484	54,84	1,82
1994	1137,4	1500,8	18	0,5806	58,06	1,72
1995	1500,1	1500,1	19	0,6129	61,29	1,63
1996	1297,1	1468,2	20	0,6452	64,52	1,55
1997	1714,4	1447	21	0,6774	67,74	1,48
1998	1539,5	1423,4	22	0,7097	70,97	1,41
1999	1313,7	1421,8	23	0,7419	74,19	1,35
2000	1728	1371	24	0,7742	77,42	1,29
2001	1357,4	1357,4	25	0,8065	80,65	1,24
2002	1572,1	1313,7	26	0,8387	83,87	1,19
2003	1371	1297,1	27	0,8710	87,10	1,15
2004	1590	1293,4	28	0,9032	90,32	1,11
2005	1500,8	1219	29	0,9355	93,55	1,07
2006	1676,8	1137,4	30	0,9677	96,77	1,03
média	1595,99					
Desv.pad.	276,92					

Tabela IV. 66 - Precipitação provável para a estação Vau da Lagoa.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1950,45
25	0,67	1781,53
50	0	1595,99
75	-0,67	1410,45
90	-1,28	1241,53

Tabela IV. 67 - Totais Anuais para a estação Vermelho Velho.

Ano	Total Anual (mm)	Ordem decresc.(mm)	m	F(weibull)	F(%)	Tr (anos)
1979	1579,7	1933,8	1	0,0323	3,23	31,00
1980	956,1	1672,6	2	0,0645	6,45	15,50
1981	978,8	1579,7	3	0,0968	9,68	10,33
1982	1157,8	1574,6	4	0,1290	12,90	7,75
1983	1336,7	1569	5	0,1613	16,13	6,20
1984	1408,6	1546,4	6	0,1935	19,35	5,17
1985	1425,1	1512,2	7	0,2258	22,58	4,43
1986	946,8	1465,8	8	0,2581	25,81	3,88
1987	1076,1	1425,1	9	0,2903	29,03	3,44
1988	1034	1408,6	10	0,3226	32,26	3,10
1989	1358,5	1382,1	11	0,3548	35,48	2,82
1990	699,5	1363	12	0,3871	38,71	2,58
1991	1569	1358,5	13	0,4194	41,94	2,38
1992	1382,1	1336,7	14	0,4516	45,16	2,21
1993	895,7	1309,8	15	0,4839	48,39	2,07
1994	1546,4	1295,5	16	0,5161	51,61	1,94
1995	1075,4	1274,8	17	0,5484	54,84	1,82
1996	1066,6	1261,7	18	0,5806	58,06	1,72
1997	1309,8	1157,8	19	0,6129	61,29	1,63
1998	1465,8	1076,1	20	0,6452	64,52	1,55
1999	985,9	1075,4	21	0,6774	67,74	1,48
2000	1574,6	1066,6	22	0,7097	70,97	1,41
2001	1295,5	1057,3	23	0,7419	74,19	1,35
2002	1672,6	1034	24	0,7742	77,42	1,29
2003	1274,8	985,9	25	0,8065	80,65	1,24
2004	1933,8	978,8	26	0,8387	83,87	1,19
2005	1512,2	956,1	27	0,8710	87,10	1,15
2006	1261,7	946,8	28	0,9032	90,32	1,11
2007	1057,3	895,7	29	0,9355	93,55	1,07
2008	1363	699,5	30	0,9677	96,77	1,03
média	1273,33					
Desv.pad.	270,64					

Tabela IV. 68 - Precipitação provável para a estação Vermelho Velho.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1619,75
25	0,67	1454,66
50	0	1273,33
75	-0,67	1092,00
90	-1,28	926,91

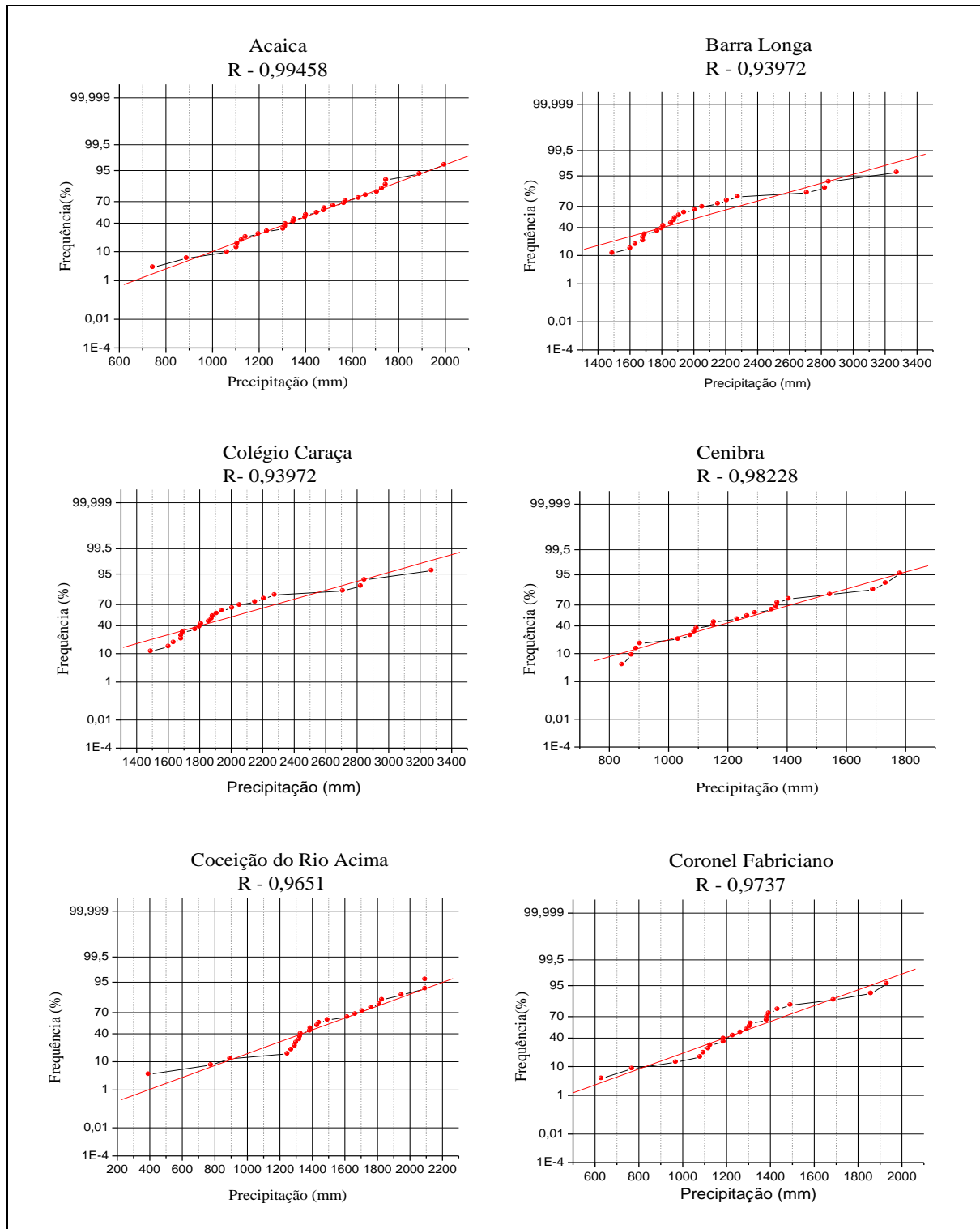
Tabela IV. 69 - Totais Anuais para a estação José de Melo.

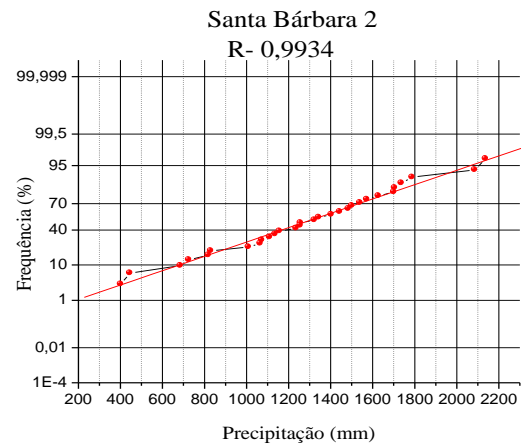
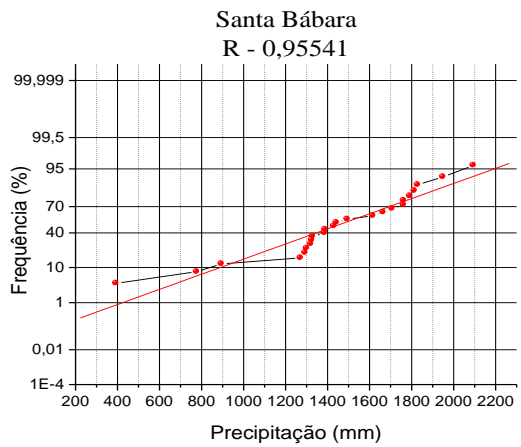
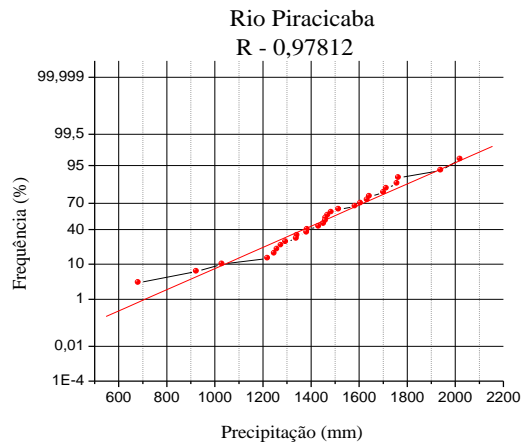
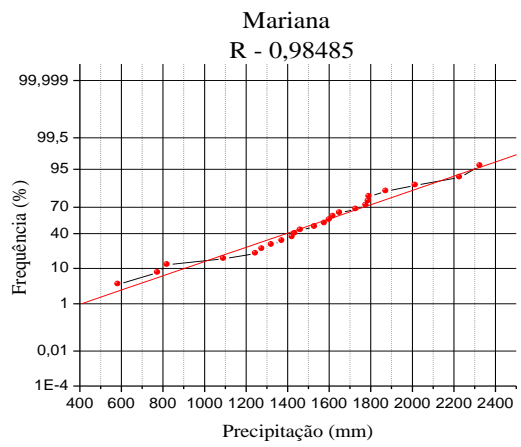
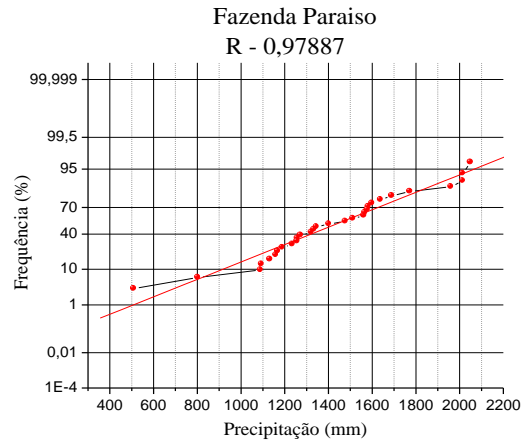
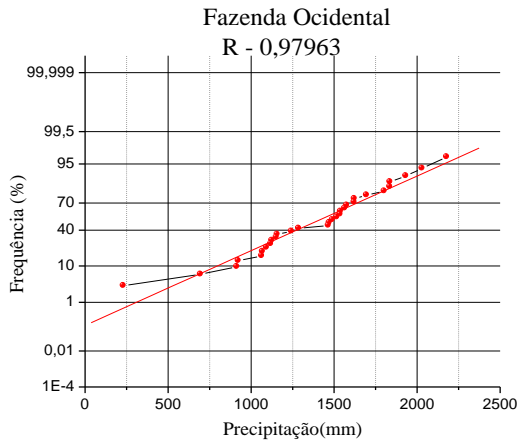
Ano	Total Anual (mm)	Ordem decresc.(mm)	m	F(weibull)	F(%)	Tr (anos)
1979	2059	2223,1	1	0,0323	3,23	31,00
1980	1480,8	2150,4	2	0,0645	6,45	15,50
1981	1560,5	2059	3	0,0968	9,68	10,33
1982	1427,4	1952,1	4	0,1290	12,90	7,75
1983	2223,1	1713,6	5	0,1613	16,13	6,20
1984	1150,3	1700,9	6	0,1935	19,35	5,17
1985	1952,1	1695,9	7	0,2258	22,58	4,43
1986	1257,6	1673,5	8	0,2581	25,81	3,88
1987	1421,4	1620,1	9	0,2903	29,03	3,44
1988	1422,2	1605,4	10	0,3226	32,26	3,10
1989	1582,8	1582,8	11	0,3548	35,48	2,82
1990	1235,8	1560,5	12	0,3871	38,71	2,58
1991	1700,9	1545,8	13	0,4194	41,94	2,38
1992	2150,4	1480,8	14	0,4516	45,16	2,21
1993	1295	1480,7	15	0,4839	48,39	2,07
1994	1472,6	1472,6	16	0,5161	51,61	1,94
1995	1713,6	1427,4	17	0,5484	54,84	1,82
1996	1393,1	1422,2	18	0,5806	58,06	1,72
1997	1695,9	1421,4	19	0,6129	61,29	1,63
1998	1545,8	1394,6	20	0,6452	64,52	1,55
1999	1174,9	1393,1	21	0,6774	67,74	1,48
2000	1673,5	1363,5	22	0,7097	70,97	1,41
2001	1394,6	1330,5	23	0,7419	74,19	1,35
2002	1605,4	1295	24	0,7742	77,42	1,29
2003	1620,1	1257,6	25	0,8065	80,65	1,24
2004	1480,7	1235,8	26	0,8387	83,87	1,19
2005	1330,5	1185,2	27	0,8710	87,10	1,15
2006	1185,2	1174,9	28	0,9032	90,32	1,11
2007	1126,3	1150,3	29	0,9355	93,55	1,07
2008	1363,5	1126,3	30	0,9677	96,77	1,03
média	1523,17					
Desv.pad.	280,80					

Tabela IV. 70 - Precipitação provável para a estação José de Melo.

Prob	KTR	XTR (mm)
10	1,28	1882,59
25	0,67	1711,30
50	0	1523,17
75	-0,67	1335,03
90	-1,28	1163,74

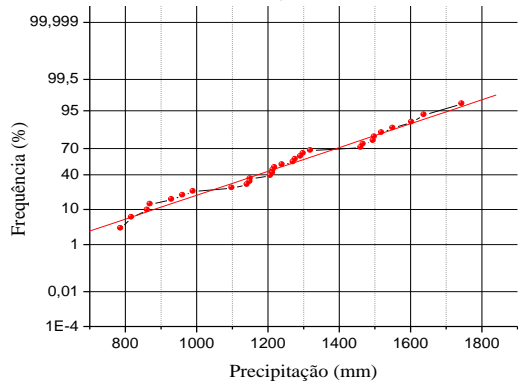
## Anexo V – Dados Pluviométricos ajustados a Distribuição Normal.



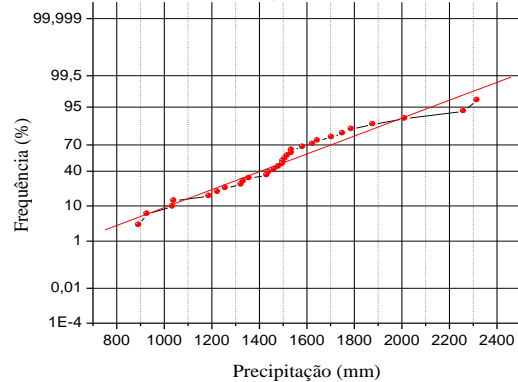




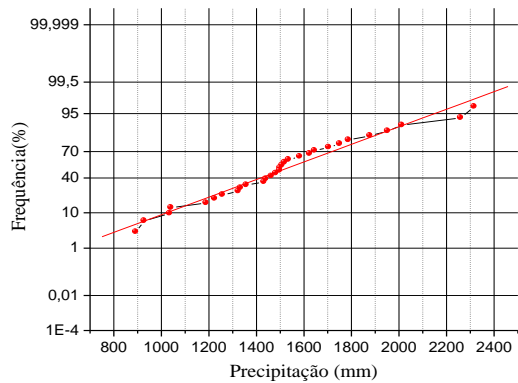
Santa Rita do Itabira  
R - 0,99051



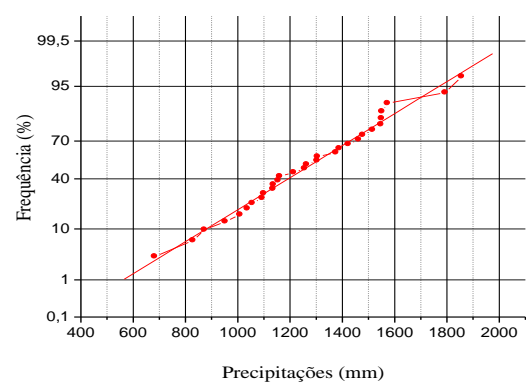
Usina Peti  
R - 0,97756



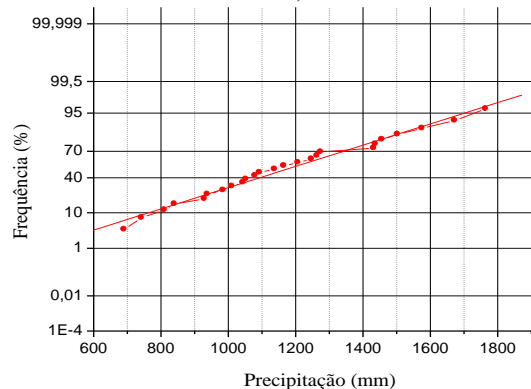
UHE - Peti  
R- 0,98527



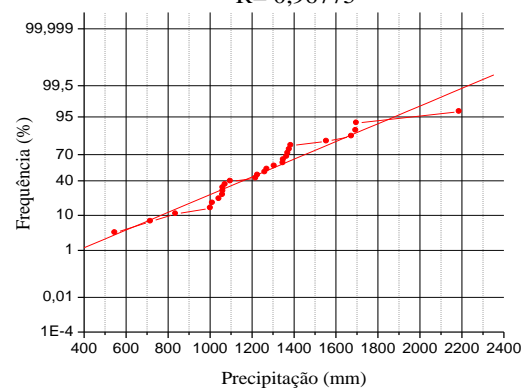
Guanhães  
R=0,9936

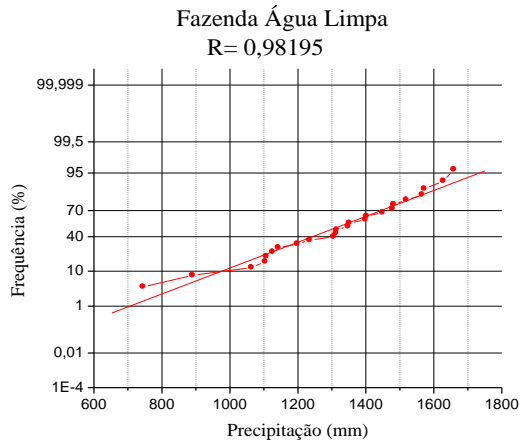
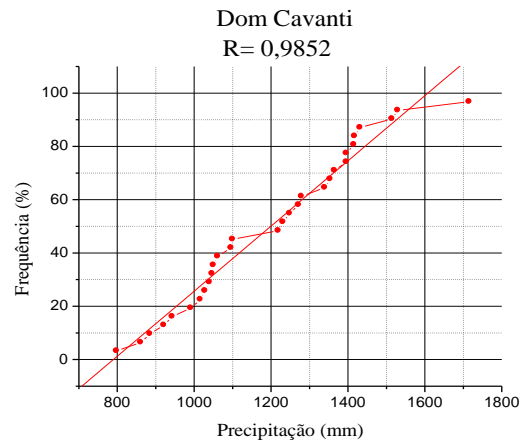
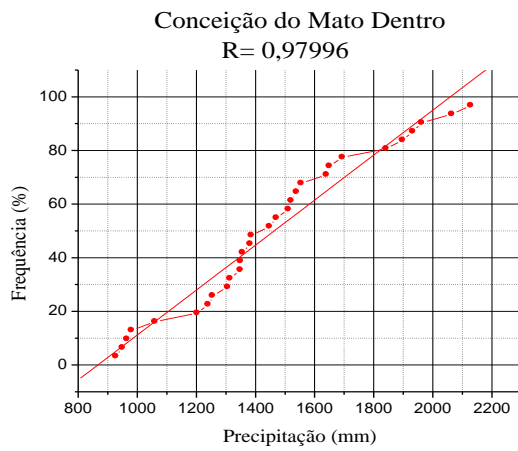
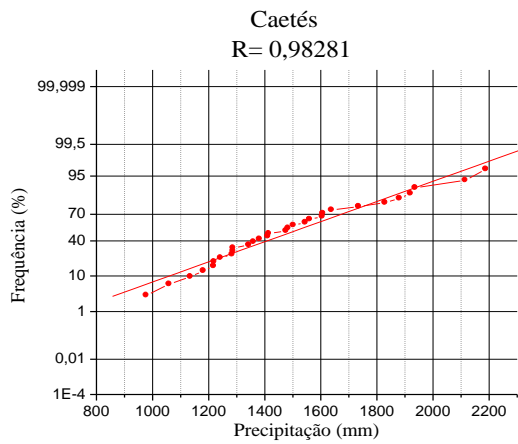
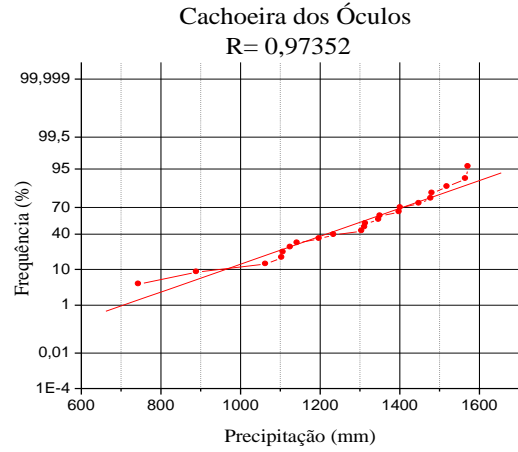
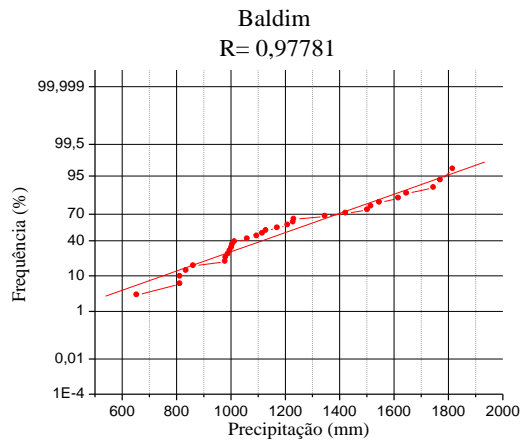


São João Evangelista  
R=0,9926

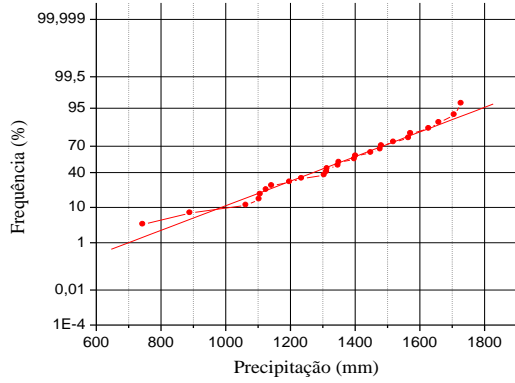


Cachoeira das Antas  
R= 0,96775

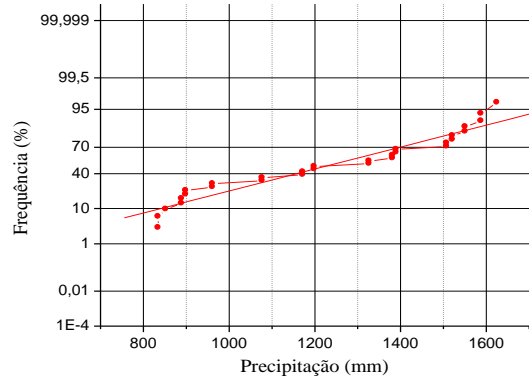




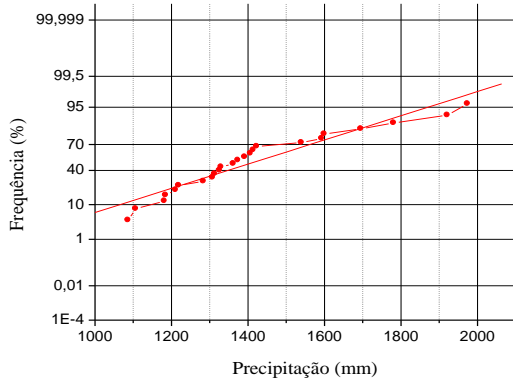
Fazenda Vargem Alegre  
R= 0,98738



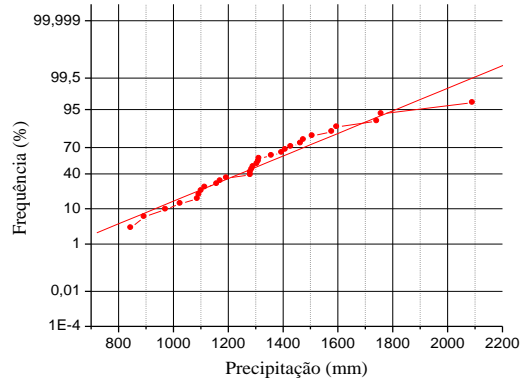
Ferros  
R=0,96496



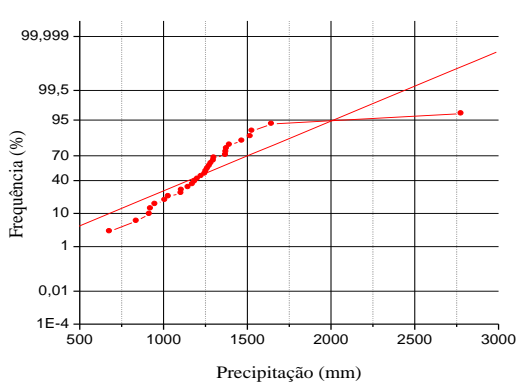
Itabirito Linígrafo  
R= 0,96085



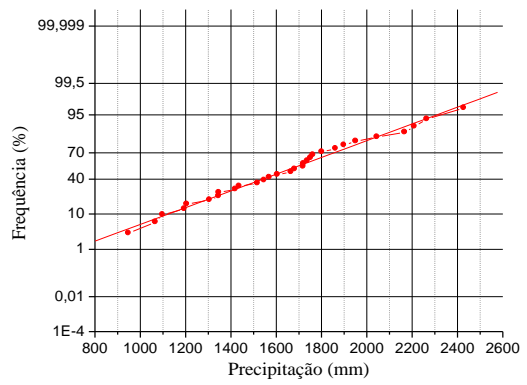
Jaboticatubas  
R= 0,97623



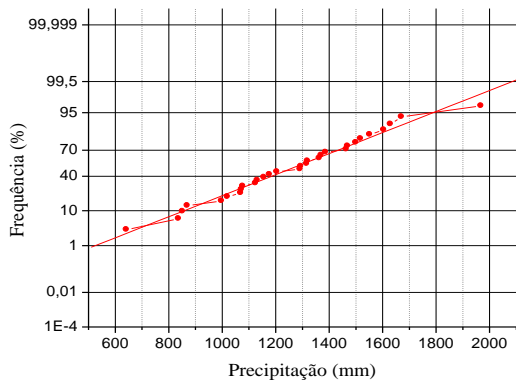
Matipo  
R= 0,85602



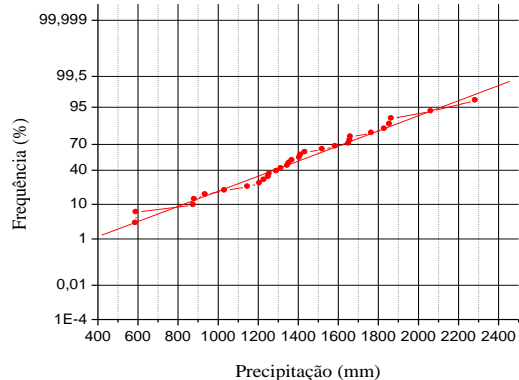
Morro do Pilar  
R= 0,99545



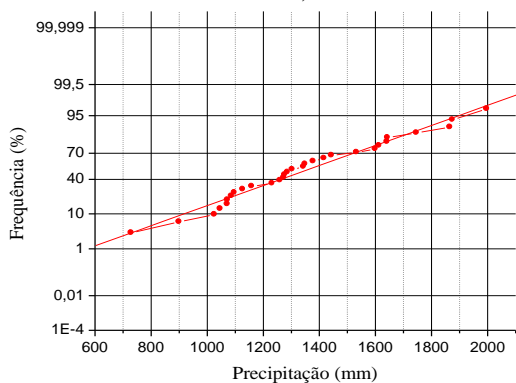
Rau Soares  
R= 0,992



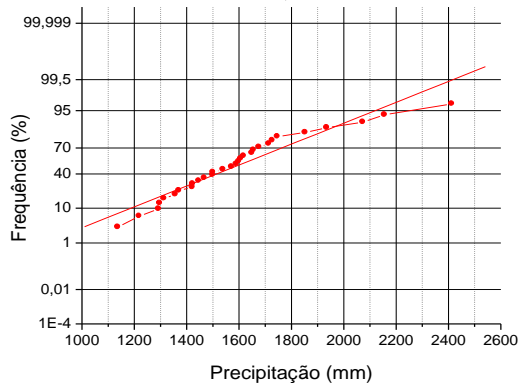
Sabará  
R= 0,99043



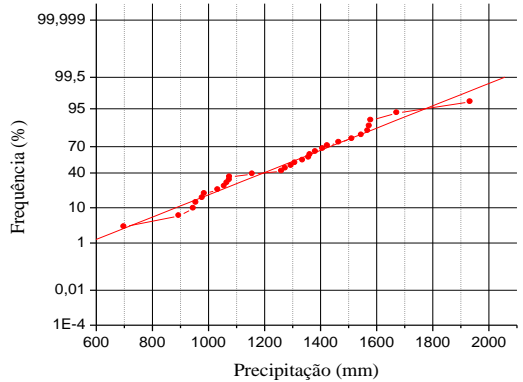
Usina Brecha  
R= 0,98815



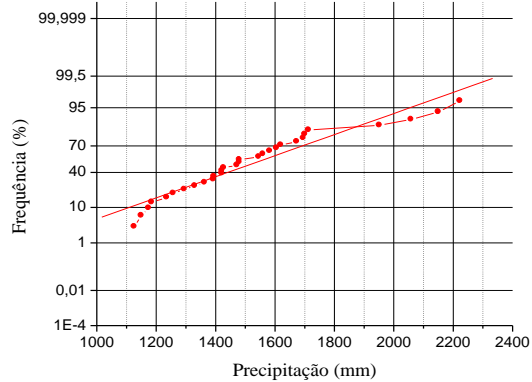
Vau da Lagoa  
R= 0,9628



Vermelho Velho  
R= 0,98721



José de Melo  
R= 0,96403



# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)