

CAROLINE LINKE MORAES

**AVALIAÇÃO DO PASSIVO AMBIENTAL LIXÃO DESATIVADO
DO MUNICÍPIO DE LAGES – SC**

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

Orientador: Valter Antonio
Becegato

**LAGES – SC
2014**

M827a Moraes, Caroline Linke
 Avaliação do passivo ambiental lixão desativado
 do município de Lages-SC / Caroline Linke Moraes.
 - Lages, 2014.
 174 p.: il.; 21 cm

 Orientador: Valter Antonio Becegato
 Bibliografia: p. 156-165
 Dissertação (mestrado) - Universidade do
Estado de
Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Florestal, Lages, 2014.

 1. Lixão desativado. 2. Parâmetros físico-
químicos e biológicos da água e do chorume. 3.
Concentração de gás metano. I. Moraes, Caroline
Linke. II. Becegato, Valter Antonio. III.
Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa
de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. IV.
Título

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Setorial do
CAV/ UDESC

CAROLINE LINKE MORAES

**AVALIAÇÃO DO PASSIVO AMBIENTAL LIXÃO DESATIVADO
DO MUNICÍPIO DE LAGES – SC**

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

Banca examinadora

Orientador:

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

Membros:

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

Prof. Dr. Everton Skoronski
Universidade do Estado de Santa Catarina

Prof. Dr. Gilmar Conte
Universidade do Estado de Santa Catarina

Lages, 25/02/2014

Aos meus familiares e amigos
que me incentivaram e
torceram para que eu atingisse
esta conquista,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me dar força para superar as dificuldades e iluminar o meu caminho;

Aos meus pais, Paulo Cesar e Marisa, pelo amor, apoio e encorajamento incondicional em todos os momentos da minha vida;

Ao meu esposo, Thiago, por estar sempre ao meu lado, pelo amor, incentivo e compreensão incomparáveis;

Ao meu irmão Gabriel pela paciência durante a noite e os finais de semana em que eu ocupei o carro;

Ao meu irmão Matheus, que sempre me acompanhou e me ajudou quando precisei;

À minha amiga Pollyni pela companhia e parceria;

Ao meu Orientador Valter Antonio Becegato, por ter acreditado em mim e ter me mostrado o caminho da ciência;

Aos professores Everton Skoronski, Gilmar Conte, Leonardo Biffi e Josiane Cardoso, que me auxiliaram nos momentos que precisei;

À laboratorista Rosane que me ensinou e me auxiliou durante os procedimentos de laboratório;

Aos acadêmicos Ilana Marin Suppi, Fernanda Rohden, Renato Horstmann, Vitor Rodolfo Becegato, Camila Barni, Marielli Debiasi Orben, Carolina Natel e Helen Hugen, que me ajudaram durante a coleta de dados e as análises de laboratório.

“O aumento do conhecimento é como uma esfera dilatando-se no espaço: quanto maior a nossa compreensão, maior o nosso contato com o desconhecido.”

Blaise Pascal

RESUMO

MORAES, Caroline Linke. **Avaliação do passivo ambiental lixão desativado do município de Lages – SC.** 2014. 174 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal – Área: Engenharia Florestal) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Lages, 2014.

A poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas, provocada por resíduos sólidos urbanos passou a ser motivo de estudos em todo o mundo, dado ao reconhecido potencial poluidor dos passivos ambientais e o grande volume de resíduos gerado diariamente. O presente trabalho visa fazer uma avaliação do passivo ambiental “lixão” desativado do município de Lages-SC. O local em questão está localizado na margem esquerda da BR-282 sentido Lages/Florianópolis-SC, entre as coordenadas 27°46'15,38" S e 50°15'10,92" W em uma área de 48.000 m². O uso de tal área para depósito de resíduos ocorreu entre os anos de 1987 e 2005, quando o mesmo foi desativado. Foram realizadas coletas de chorume, água, macroinvertebrados bentônicos e gás metano para que uma análise qualitativa e quantitativa fosse realizada. A metodologia utilizada nas amostragens de água e chorume seguiu as orientações estabelecidas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1999). Quanto aos macroinvertebrados bentônicos seguiu-se o Comunicado Técnico N°19 da Embrapa; o gás metano foi medido a 1m acima da superfície do solo a 40 cm abaixo da superfície do solo. Utilizou-se a Resolução N° 357/05 do CONAMA como referência para avaliar os parâmetros físico-químicos obtidos para as amostras de água, bem como calculou-se o IQA. Além disso, o índice BMWP' foi utilizado para análise dos macroinvertebrados bentônicos. Para avaliar os valores dos parâmetros físico-químicos do chorume a Resolução N° 430/11 do CONAMA foi utilizada, quando não existia valor de referência na mesma utilizou-se a N° 357/05. Também analisou-se a fase de decomposição em que se encontra o aterro e para

análise do metano utilizou-se o anexo 11 da Norma Regulamentadora 15 como norteador. Utilizando como referência a Resolução N° 357/05 do CONAMA, se levarmos em consideração a situação atual, o córrego influenciado pelo lixão seria enquadrado como de Classe 4, assim como 92,85% dos pontos coletados no entorno. De acordo com o IQA, o córrego analisado, em média, foi classificado como aceitável; ressaltando-se que no mesmo cinco pontos amostrados foram classificados como ruins e apenas um como bom. Conforme o índice BMWP', o córrego analisado apresenta águas críticas como predominantes, sendo considerado com água muito poluída. Tomando-se como referência a Resolução N° 430/11 do CONAMA, 43,33% dos pontos de chorume não atendem a mesma e portanto não poderiam estar sendo lançados no ambiente. No que se refere a fase de decomposição o lixão estaria predominantemente na fase metanogênica. A concentração de gás metano coletado a 1m de altura a partir da superfície de solo, tanto encima das células de lixo quanto do contorno, atendem os limites do anexo 11 da Norma Regulamentadora 15; o mesmo não ocorre com os pontos amostrados a 40 cm abaixo da superfície do solo, que não atendem ao limite do oxigênio e, ao considerar o limite inferior de inflamabilidade do metano 44% atingem este valor.

Palavras-chave: Lixão desativado. Parâmetros físico-químicos e biológicos da água e do chorume. Concentração de gás metano.

ABSTRACT

MORAES, Caroline Linke. **Evaluation of environmental liabilities off the dump Lages – SC.** 2014. 174 f. Dissertation (Master in *Forest Engineering* – Area: *Forest Engineering*) – Santa Catarina State University. Forestry Engineering Graduate Program, Lages, 2014.

The pollution of soil, surface and groundwater caused by solid waste became the focus of studies around the world, given the recognized potential polluter of environmental liabilities and the large volume of waste generated daily. This study aims to evaluate the environmental liabilities off "dump" the city of Lages - SC. The site in question is located on the left bank of the BR - 282 sense Lages/ Florianópolis - SC, between the coordinates 27 ° 46'15", 38 " S and 50 ° 15'10", 92 " W in an area of 48,000 m². The use of this area for waste disposal occurred between the years 1987 and 2005, when it was deactivated. Collection of leachate, water, benthic macroinvertebrates and methane for a qualitative and quantitative analysis were performed. Gas analysis was performed. The methodology used in the sampling of water and leachate followed the guidelines in Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1999). As for macroinvertebrates, the method followed Technical Bulletin N°19 EMBRAPA, methane gas was measured at 1 m above the ground surface to 40 cm below the ground surface. Using the Resolution N° 357/05 of CONAMA as a reference to evaluate the physico-chemical parameters obtained for water samples and calculated the WQI. In addition, the BMWP' index was used for analysis of macroinvertebrates. To evaluate the values of the physicochemical parameters of landfill leachate Resolution N° 430/11 of CONAMA was used, as there was in the same reference value was used in the 357/05. Also analyzed the decomposition phase in which is the landfill and methane analysis used the Annex 11 of Norm 15 as reference. Using as reference to Resolution N° 357/05 of CONAMA, if we take into account the current situation, the stream would be affected by the landfill

framed as Class 4, as well as 92,85% of the points listed in the surroundings. According to the WQI, stream analysis, on average, were rated as acceptable, it is noteworthy that the five stream sampling sites were classified as bad and just as good. As BMWP' index, the stream presents critical analysis as predominant and considered very polluted water. Taking as reference to Resolution N° 430/11 of CONAMA, 43,33% of the points of leachate do not meet the same and therefore could not stand being dumped. With regard to the decomposition phase was predominantly in the methanogenic landfill phase. The concentration of methane gas collected at 1m height from the soil surface, both of cells on top of garbage as contour, meet the limits in Annex 11 of Norm 15, the same does not occur with the points sampled at 40 cm below the soil surface, which do not meet the limit of oxygen and, when considering the lower flammability limit of methane 44 % reach this value.

Keywords : Dump disabled . Physico-chemical and biological water and leachate. Concentration of methane gas.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Localização da área de estudo.....	39
Figura 2 - Coleta de chorume.	42
Figura 3 - a) coleta de água no córrego. b) coleta de água no entorno.....	42
Figura 4 - a) medição do oxigênio dissolvido e da temperatura. b) medidor eletrônico de oxigênio dissolvido.	44
Figura 5 - Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do IQA.	54
Figura 6- a) recolhimento do material bentônico com <i>Surber</i> . b) recolhimento do material em saco plástico. c) balde identificado com o saco plástico contendo a amostra.....	60
Figura 7 - a) lavagem do material. b) pré-triagem do material. .	61
Figura 8 - Aparelho <i>EAGLE</i> da marca RKI utilizado na medição de gás metano.....	65
Figura 9 - Medição de metano 40cm abaixo da superfície do solo.a) trado utilizado para realizar furo .b) Furo utilizado para coleta de metano. c) realização da medição de metano.	65
Figura 10 - Medição de gás metano a 1m acima da superfície do solo.	66
Figura 11 - Localização dos pontos de água amostrados.....	68
Figura 12- Temperatura da água para as 26 amostras do córrego abaixo do lixão.....	70
Figura 13- Temperatura da água para as 14 amostras do entorno do lixão.	70
Figura 14 - Histogramas da temperatura da água: a) do córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinho ao lixão.....	72
Figura 15 - OD da água das 26 amostras do córrego abaixo do lixão.	73
Figura 16 - a) Imagem entre os pontos A09 e o A10. b) Coleta de água no ponto A10.	74
Figura 17 - OD da água das 14 amostras no entorno do lixão...	74
Figura 18 - Classificação das amostras em relação ao valor de oxigênio dissolvido de acordo com a Resolução N°357/05 do CONAMA.....	75
Figura 19 - Histogramas da variável OD da água: a) do córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinhos ao lixão.	76

Figura 20 - pH da água das 26 amostras do córrego abaixo do lixão.	78
Figura 21 - pH da água das 14 amostras coletadas no entorno do lixão.	78
Figura 22 - a) Poço da propriedade vizinha ao lixão. b) Ponto A13	79
Figura 23 - Classificação das amostras de água em relação ao valor de pH de acordo com a Resolução N° 357/05 do CONAMA.	79
Figura 24 - Histograma da variável pH da água: a) do córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinhos ao Lixão.	80
Figura 25 - Turbidez da água obtida nas 26 amostras coletadas no córrego abaixo do lixão.	81
Figura 26 - Turbidez da água obtida nas 14 amostras obtidas no entorno do lixão.	82
Figura 27 - Açude onde foi coletada a amostra A19, que apresentou turbidez de 175 UNT.	82
Figura 28 - Classificação das amostras de água em relação ao valor de turbidez de acordo com a Resolução N°357/05 do CONAMA.	83
Figura 29 - Histograma da variável turbidez da água: a) do córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinhos ao lixão.	84
Figura 30 - Cor da água das 26 amostras do córrego abaixo do lixão.	85
Figura 31 - Cor da água das 14 amostras do entorno do lixão. .	86
Figura 32 - Classificação das amostras de água em relação ao valor da cor de acordo com a Resolução N°357/05 do CONAMA.	87
Figura 33 - Histograma da variável cor da água: a) do córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinhos ao lixão.	88
Figura 34 - Condutividade da água obtida nas 26 amostras do córrego abaixo do lixão.	89
Figura 35 - Condutividade da água obtida nas 14 amostras do entorno do lixão.	90
Figura 36 - Classificação das amostras de água em relação ao valor da condutividade de acordo com a CETESB (2013).	90
Figura 37 - Histograma da variável condutividade da água: a) do córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinhos ao lixão.	91
Figura 38 - SDT das 26 amostras do córrego que passa abaixo do lixão.	93
Figura 39 - SDT das 14 amostras no entorno do lixão.	93

Figura 40 - Classificação das amostras de água em relação ao valor dos sólidos dissolvidos totais de acordo com a Resolução N°357/05 do CONAMA.....	94
Figura 41 - Histograma da variável SDT da água: a) do córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinhos ao lixão.....	95
Figura 42 - Sólidos suspensos das 26 amostras do córrego que passa abaixo do lixão.....	96
Figura 43 - Sólidos suspensos das 14 amostras do entorno do lixão.	96
Figura 44 - Histograma da variável sólidos suspensos da água: a) do córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinhos ao lixão. .	97
Figura 45 - Sólidos totais das 26 amostras do córrego que passa abaixo do lixão.....	98
Figura 46 - Sólidos totais das 14 amostras do entorno do lixão.	99
Figura 47 - Histograma da variável sólidos totais da água: a) d córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinhos ao lixão.	100
Figura 48 - Histograma da variável alcalinidade da água: a) do córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinhos ao lixão.	101
Figura 49 - Concentrações do Fósforo total das 26 amostras de água do córrego abaixo do lixão.	102
Figura 50 - Concentrações do Fósforo total das 14 amostras do entorno do lixão.....	103
Figura 51 - Classificação das amostras de água em relação ao valor do fósforo total de acordo com a Resolução N°357/05 do CONAMA.....	104
Figura 52 - Histograma da variável fósforo total da água: a) do córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinhos ao lixão.	105
Figura 53 - Concentrações de nitrato para as 26 amostras de água do córrego abaixo do lixão.	107
Figura 54 - Concentrações de nitrato para as 14 amostras de água do entorno do lixão.....	107
Figura 55 - Coleta realizada no ponto A03.	108
Figura 56 - Classificação das amostras de água em relação ao valor do nitrato de acordo com a Resolução N°357/05 do CONAMA.....	108
Figura 57 - a) Histograma da variável nitrato da água: a) do córrego e b) do açudes, córrego e poço vizinhos ao lixão.	109
Figura 58 - Concentrações de nitrogênio amoniacal das 26 amostras de água do córrego abaixo do lixão.	110
Figura 59 - Concentrações de nitrogênio amoniacal das 14 amostras de água do entorno do lixão.....	111

Figura 60 - Classificação das amostras de água em relação ao valor do nitrogênio amoniacal de acordo com a Resolução N°357/05 do CONAMA.	112
Figura 61 - a) Histograma da variável nitrogênio amoniacal da água: a) do córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinhos ao lixão.	113
Figura 62 - Concentrações de nitrogênio total das 26 amostras de água do córrego abaixo do lixão.	114
Figura 63 - Concentrações de nitrogênio total das 14 amostras de água do entorno do lixão.	114
Figura 64 - a) Histograma da variável nitrogênio total da água: a) do córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinhos ao lixão.	115
Figura 65 - Valores de DBO ₅ para as 26 amostras coletadas no córrego abaixo do lixão.	118
Figura 66 - DBO ₅ para as 14 amostras coletadas no entorno do lixão.	118
Figura 67- Classificação das amostras de água em relação ao valor da DBO ₅ de acordo com a Resolução N°357/05 do CONAMA.	119
Figura 68 - Histograma da variável DBO ₅ da água: a) do córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinhos ao Lixão.	120
Figura 69 - DQO para amostras coletadas no córrego abaixo do lixão.	121
Figura 70 - DQO para as 14 amostras coletadas no entorno do lixão.	122
Figura 71 - Histograma da variável DQO da água: a) do córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinhos ao Lixão.	123
Figura 72 - Coliformes totais e fecais do córrego abaixo do lixão.	125
Figura 73 - Coliformes totais e fecais no entorno do lixão.	125
Figura 74 - Classificação das amostras de água em relação ao valor dos coliformes fecais de acordo com a Resolução N°357/05 do CONAMA.	126
Figura 75 - Classificação das amostras de água em relação ao valor dos coliformes totais de acordo com a Resolução N°357/05 do CONAMA.	126
Figura 76 - Histograma da variável coliformes totais da água: a) do córrego e b) do entorno.	128
Figura 77 - Histograma da variável coliformes fecais da água: a) do córrego e b) do entorno.	128

Figura 78. Localização dos pontos de macroinvertebrados bentônicos amostrados.	129
Figura 79 - Qualidade dos pontos amostrados de acordo com o Índice BMWP'.	132
Figura 80 - Classificação dos pontos de água amostrados de acordo com o IQA.	135
Figura 81 - Localização dos pontos amostrados de chorume..	136
Figura 82 - Valores de pH para os 30 pontos amostrados de chorume.....	137
Figura 83 - Histograma da variável pH para chorume.....	138
Figura 84 - Temperatura para os 30 pontos amostrados de chorume.....	138
Figura 85 - Amostras de chorume em relação ao valor da temperatura de acordo com a Resolução N° 430/11 do CONAMA.....	139
Figura 86 - Histograma da variável temperatura para chorume.	140
Figura 87 - Nitrogênio amoniacal para os 30 pontos de chorume.	140
Figura 88 - Amostras de chorume em relação ao valor do nitrogênio amoniacal de acordo com a Resolução N° 430/11 do CONAMA.....	141
Figura 89 - Histograma da variável amônia para o chorume. ..	142
Figura 90 - Valores de DBO ₅ do chorume.	143
Figura 91 - Classificação das amostras de chorume em relação ao valor da DBO ₅ de acordo com a Resolução N° 357/05 do CONAMA.....	143
Figura 92- Histograma da variável DBO ₅ para o chorume.	144
Figura 93 - Histograma da variável DQO para chorume.	145
Figura 94 - Classificação das amostras de chorume em relação as fases de decomposição.....	146
Figura 95 - Valores de gás metano obtidos nas 50 amostras a 40cm de profundidade a partir da superfície do solo.....	147
Figura 96 - a) Boca para saída de gás metano. b) Exemplo de um ponto onde havia lixo bloqueando a saída de gás metano.	148
Figura 97 - Localização dos pontos de gás metano coletadas a 40cm de profundidade a partir da superfície do solo.....	148
Figura 98 - Histograma da variável metano para as amostras a 40cm de profundidade a partir da superfície do solo.....	149

Figura 99 - Valores de gás metano obtidos nas 52 amostras coletadas sobre as células de lixo a 1m de altura a partir da superfície do solo.	150
Figura 100 - Localização dos pontos de gás metano coletados sobre as células de lixo a 1m de altura a partir da superfície do solo.	151
Figura 101 - Histograma da variável metano para as amostras coletadas sobre as células de lixo a 1m de altura a partir da superfície do solo.	152
Figura 102 - Valores de gás metano obtidos nas 62 amostras coletadas no contorno do lixão a 1m de altura a partir da superfície do solo.	153
Figura 103 - Localização dos pontos de gás metano coletados no contorno do lixão a 1m de altura a partir da superfície do solo.	153
Figura 104 - Histograma da variável metano para as amostras coletadas no contorno do lixão a 1m de altura a partir da superfície do solo.	154

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Recomendações quanto ao tipo de frasco, forma de preservação e prazo de execução de análise para cada parâmetro.	45
Tabela 2 – Classificação das águas doces, segundo seu destino de uso, segundo a Resolução N° 357/05 do CONAMA.	51
Tabela 3 – Condições e padrões de qualidade das águas doces das classes 1, 2,3 e 4, segundo a Resolução N° 357/05 do CONAMA.	52
Tabela 4 - Faixa de variação dos parâmetros do chorume para as fases acetogênica e metanogênica de um aterro sanitário.	58
Tabela 5 - Estatísticas descritivas da turbidez da água.	84
Tabela 6 - Estatísticas descritivas da cor da água.	87
Tabela 7 - Estatísticas descritivas da cor da água.	91
Tabela 8 - Estatísticas descritivas dos sólidos totais dissolvidos da água.	94
Tabela 9 - Estatísticas descritivas dos sólidos suspensos da água.	97
Tabela 10 - Estatística descritiva dos sólidos totais da água.	99
Tabela 11 - Estatísticas descritivas da alcalinidade da água. ..	101
Tabela 12 - Estatísticas descritivas do fósforo total da água. ..	104
Tabela 13 - Estatísticas descritivas do nitrato da água.	109
Tabela 14 - Estatísticas descritivas do nitrogênio amoniacal da água.	112
Tabela 15 - Estatísticas descritivas do nitrogênio total da água.	115
Tabela 16 - Estatísticas descritivas da DBO ₅ da água.	120
Tabela 17 - Estatísticas descritivas da DQO da água.	122
Tabela 18 - Estatísticas descritivas dos coliformes totais da água.	127
Tabela 19 - Estatísticas descritivas dos coliformes fecais da água.	127
Tabela 20 - Resultados obtidos para a classificação da água do córrego afluente em função das coletas segundo o IQA _{NSF} . a) pontos à montante; b) pontos a partir do aporte de chorume; c) pontos a jusante.	133

Tabela 21 - Resultados obtidos para a classificação da água dos pontos lindeiros ao lixão em função das coletas segundo o índice IQA_{NSF} .	134
Tabela 22 - Estatística descritiva do pH do chorume.	137
Tabela 23 - Estatísticas descritivas da temperatura do chorume.	139
Tabela 24 – Estatística descritiva do nitrogênio amoniacal do chorume.	142
Tabela 25 - Estatísticas descritivas da DBO do chorume.	144
Tabela 26 - Estatísticas descritivas da DQO do chorume.	145
Tabela 27 - Estatísticas descritivas das amostras de gás metano coletadas a 40cm de profundidade a partir da superfície do solo.	149
Tabela 28 - Estatísticas descritivas das amostras de gás metano coletadas sobre as células de lixo a 1m de altura a partir da superfície.	151
Tabela 29 - Estatísticas descritivas das amostras de gás metano coletadas no contorno do lixão a 1m de altura a partir da superfície.	154

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e respectivo peso.	55
Quadro 2 - Classificação da água segundo o IQA_{NSF}	55
Quadro 3 - Pontuações designadas as diferentes famílias de macroinvertebrados aquáticos para obtenção do Índice BMWP'.	63
Quadro 4 - Classificação de qualidade da água, significado dos valores do <i>BMWP'</i> e cores para serem utilizadas nas representações cartográficas.....	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ANA	Agência Nacional de Águas
APHA	<i>American Public Health Association</i>
BMWP'	<i>Biological Monitoring Work Party Escore System</i>
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda química de oxigênio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FS	fornecido pelo sensor
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
IQA	Índice de Qualidade das Águas
LEL	<i>Lower Explosivit Limit</i>
NTK	Nitrogênio Total Kjeldahl
OD	Oxigênio Dissolvido
pH	potencial hidrogeniônico
RSU	resíduos sólidos urbanos
SC	Santa Catarina

STD	Sólidos Totais Dissolvidos
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez
U.S. EPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
°	Graus
°C	Graus <i>Celcius</i>
'	Minuto
"	Segundo
<	Menor
μS	microSiemens
μm	Micrometro
As	Arsênio
CH ₄	Metano
Cm	Centímetro
Cr	Cromo
Cu	Cobre
Hg	Mercúrio
K	Potássio
Kg	Quilograma
M	Metro
m ²	Metro quadrado
m ³	Metro cúbico
Mg	Miligramma
mgL ⁻¹	Miligramma por Litro
mL	Mililitro
Mm	Milímetros
mmHg	Milímetro de Mercúrio

Mn	Manganês
Mol. L ⁻¹	Mol por Litro
Mpa	Mega Pascal
mS.cm ⁻¹	MiliSiemens por centímetro
N°	Número
N	Nitrogênio
Na ₂ S ₂ O ₃	Tiossulfato de Sódio
Pt. L ⁻¹	Platina por Litro
Pb	Chumbo
Ppm	Parte por milhão
S	Sul
Th	Tório
U	Urânio
uC	Unidade de Cor
W	West
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	33
1.1 OBJETIVOS.....	38
1.1.1 Objetivo Geral.....	38
1.1.2 Objetivos Específicos.....	38
2 METODOLOGIA	39
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	39
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	40
2.2.1 Planejamento	40
2.2.2 Coleta das amostras de água e chorume e procedimentos de campo.....	41
2.2.2.1 Coleta das amostras de chorume	41
2.2.2.2 Coleta das amostras de água	42
2.2.2.3 Análises de campo.....	43
2.2.2.4 Identificação das amostras	44
2.2.2.5 Preservação das amostras.....	44
2.2.2.6 Coleta e preservação das amostras.....	45
2.2.2.7 Procedimentos de laboratório	46
2.2.2.7.1 Parâmetros físico-químicos e biológicos.....	46
2.2.2.7.2 pH.....	46
2.2.2.7.3 Condutividade elétrica e Sólidos Totais Dissolvidos	46
2.2.2.7.4 Turbidez.....	47
2.2.2.7.5 Cor	47
2.2.2.7.6 Alcalinidade	47
2.2.2.7.7 Demanda Química de Oxigênio (DQO)	47
2.2.2.7.8 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO ₅).....	48
2.2.2.7.9 Nitrogênio	48
2.2.2.7.9.1 Nitrogênio amoniacal (NH ₃).....	48
2.2.2.7.9.2 Nitrato (NO ₃ ⁻).....	49
2.2.2.7.10 Fósforo total (P)	49
2.2.2.7.11 Coliformes totais e fecais	49
2.2.2.7.12 Referencial Teórico.....	50
2.2.2.7.12.1 Análise da água.....	50
2.2.2.7.12.1.1 Índice de Qualidade da Água (IQA).....	53
2.2.2.7.12.2 Análise do chorume.....	56

2.2.3 Coleta dos macroinvertebrados bentônicos	59
2.2.3.1 Procedimentos de Laboratório.....	60
2.2.3.2 Análise dos macroinvertebrados bentônicos.....	62
2.2.4 Coleta de Metano	64
2.2.4.1 Análise do metano	66
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
3.1 ÁGUA.....	68
3.1.1 Parâmetros físico-químicos.....	69
3.1.1.1 Temperatura da água.....	69
3.1.1.3 pH.....	77
3.1.1.4 Turbidez	81
3.1.1.5 Cor	85
3.1.1.6 Condutividade elétrica	88
3.1.1.7 Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)	92
3.1.1.8 Sólidos Suspensos	95
3.1.1.9 Sólidos Totais.....	98
3.1.1.10 Alcalinidade	100
3.1.1.11 Fósforo total	101
3.1.1.12 Compostos Nitrogenados	105
3.1.1.12.1 Nitrato.....	106
3.1.1.12.2 Nitrogênio amoniacal	110
3.1.1.12.3 Nitrogênio Total.....	113
3.1.1.13 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO ₅).....	115
3.1.1.14 Demanda Química de Oxigênio (DQO).....	121
3.1.2 Parâmetros Microbiológicos.....	123
3.1.2.1 Coliformes Totais e Fecais	123
3.1.2.2 Macroinvertebrados Bentônicos.....	129
3.1.3 Índice de Qualidade da Água - IQA	133
3.2 CHORUME	136
3.2.1 pH.....	136
3.2.2 Temperatura.....	138
3.2.3 Nitrogênio amoniacal.....	140
3.2.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO ₅).....	142
3.2.5 Demanda Química de Oxigênio (DQO)	145
3.2.6 Relação DBO/DQO	146
3.3 METANO	147
4 CONCLUSÃO	155
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	156

APÊNDICES.....	166
APÊNDICE A - RESULTADO DAS ANÁLISES DE ÁGUA DO CÓRREGO E RESUMO ESTATÍSTICO.....	166
APÊNDICE B - RESULTADO DAS ANÁLISES DE ÁGUA DOS AÇUDES, CÓRREGO E POÇO VIZINHOS AO LIXÃO, E RESUMO ESTATÍSTICO. ..	167
.....	167
APÊNDICE C - RESULTADO DAS ANÁLISES DO CHORUME E RESUMO ESTATÍSTICO.....	168
APÊNDICE F – PLANILHA PARA CÁLCULO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA DOS 26 PONTOS AMOSTRADOS NO CÓRREGO QUE PASSA ABAIXO DO LIXÃO DE LAGES – SC.....	171
APÊNDICE G – PLANILHA PARA CÁLCULO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA DOS 14 PONTOS AMOSTRADOS NO ENTORNO DO LIXÃO DE LAGES – SC.	171

1 INTRODUÇÃO

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004) define o lixo como os "restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis, podendo-se apresentar no estado sólido, semi-sólido ou líquido, desde que não seja passível de tratamento convencional." Ressaltando que resíduos sólidos constituem aquilo que genericamente se chama lixo.

A produção de lixo tem sido diretamente associada ao estágio de desenvolvimento de um país ou de uma região. O crescimento da renda *per capita* nas últimas décadas, especialmente em países subdesenvolvidos, gerou um aumento no consumo de bens duráveis e não duráveis. Além do avanço econômico e da melhor qualidade de vida das pessoas, outra consequência deste crescimento foi a geração de maiores volumes de resíduos sólidos diversos (BNDS, 1997).

Sendo assim, a questão dos resíduos sólidos está sendo considerada como um problema ambiental importante e emergente, já que a taxa média de geração de resíduos sólidos varia de 0,5kg/pessoa/dia a 4,5kg/pessoa/dia em várias partes do mundo (RENOU et al. 2008; BADERNA et al. 2011).

No Brasil, a gestão de resíduos sólidos é de competência do Município, desde que estes sejam produzidos em seu território, com exceção dos de natureza industrial, mas incluindo-se os provenientes dos serviços de saúde (BNDS, 2010).

As formas mais comuns para a destinação desses resíduos, na maioria dos países, são os aterros sanitários ou a incineração. Os aterros sanitários são as medidas mais utilizadas para a disposição de resíduos sólidos, sendo empregado por cerca de 95% dos países (KJELDSEN et al. 2002; DI IACONI et al. 2011).

No Brasil ainda existe uma enorme quantidade de aterros controlados e lixões, embora a prática amplamente utilizada para tratamento dos resíduos sólidos urbanos seja a disposição em aterros sanitários. No entanto, o uso de aterros sanitários no País como principal forma de tratamento dos resíduos sólidos não é justificada por argumentos técnicos, principalmente pela falta de conhecimento das alternativas tecnológicas disponíveis (BNDS, 2010).

De acordo com Kjeldsen et al. (2002), grande parte dos aterros sanitários são construídos de forma irregular e inadequada, sem nenhum critério de engenharia, como a correta impermeabilização das células onde será depositado o lixo. Geralmente as áreas escolhidas para esse tipo de empreendimento apresentam características ambientais que não são adequadas para a implantação destes depósitos, como áreas de recarga de aquífero e divisores de água, solos com características físicas e químicas desfavoráveis, facilitando desta forma a mobilidade dos metais potencialmente tóxicos e dos compostos orgânicos que pode ser propiciada por uma série de fenômenos naturais como a lixiviação, percolação, arrastamento, solução, entre outros (LIMA, 2004).

Os aterros nem sempre são fiscalizados durante a sua construção e operação, podendo também gerar impactos ambientais negativos. Além disso, na maioria dos casos não se considera a periculosidade do material que será depositado, assim os passivos ambientais envolvidos nesse tipo de empreendimento podem causar grandes prejuízos ao meio ambiente e à saúde pública.

Os principais passivos ambientais associados a um aterro sanitário são a produção de gás metano (CH_4) e o chorume.

O chorume é uma substância líquida escura, com alto potencial poluente, gerado pela decomposição da matéria orgânica dos resíduos. É constituído pelos resíduos orgânicos apenas parcialmente biodegradados, contém contaminantes orgânicos e inorgânicos dissolvidos, em suspensão e microorganismos (BAIRD, 2002).

Por apresentar substâncias altamente solúveis, o chorume pode contaminar as águas do subsolo e superficiais nas proximidades do aterro (IPT, 2000). O chorume pode conter metais potencialmente tóxicos como Chumbo (Pb), Zinco (Zn), Cádmio (Cd), Arsênio (As), Cromo (Cr), Manganês (Mn), Mercúrio (Hg), Cobre (Cu), dentre outros, e ainda compostos orgânicos variados que estão presentes nos diversos tipos de resíduos dispostos nestes depósitos. As principais alterações observadas nos recursos hídricos são: redução do teor de oxigênio dissolvido (OD) provocada pelo excesso de matéria orgânica biodegradável; crescimento excessivo de alguns organismos aquáticos devido ao excesso de nutrientes e

transmissão de doenças pelos organismos patogênicos. Portanto, a presença de chorume no meio aquático pode prejudicar a fauna e a flora aquática e a saúde pública (BRAGA et al, 2002).

De acordo com a Prefeitura Municipal de Lages, Santa Catarina (SC), o volume total de resíduos depositados no aterro sanitário no período que compreende os anos de 1986 a 2005 (18 anos) foi de aproximadamente 477.000 m³. O chorume proveniente da decomposição desta massa de resíduos, escorre superficialmente, percola no perfil do solo (PORSANI et al., 2004; MARTINHO & ALMEIDA, 2006; MONDELLI et al., 2007) contaminando-o bem como o lençol freático. Além disso, a infiltração desse contaminante no solo e nas fraturas existentes nas rochas do local pode atingir às águas subterrâneas, contaminando-as.

Os poluentes presentes no chorume, se atingirem os corpos d'água, podem ser assimilados por qualquer espécie aquática, sendo transferidos através da cadeia alimentar e bioacumulados por longos períodos de tempo (DI IACONI et al. 2011).

Além do problema de percolação do chorume no meio externo às células de deposição do lixo, existe ainda a questão da idade do aterro sanitário. A idade do aterro está relacionada ao tempo de deposição do lixo no local, ou seja, o período de tempo no qual o lixo depositado está sendo submetido a decomposição e a degradação. Quanto maior a taxa de degradação, maior é o efeito tóxico do chorume e mais difícil é o tratamento dessa substância e das áreas atingidas por ele (DI IACONI et al. 2011). Quanto mais antigo é o aterro, mais recalcitrantes e estáveis tornam-se as substâncias presentes no chorume, formando associações e complexos que permanecem por longo tempo no solo, facilitando assim seu transporte para as águas subterrâneas.

O aterro sanitário de Lages, SC, com idade aproximada de 18 anos, onde foram depositados todo o tipo de resíduo sólido, pode estar liberando para o meio ambiente chorume com características recalcitrantes, que apresentam impacto ambiental potencializado devido a sua estabilidade.

A poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas, provocada por resíduos sólidos urbanos

(MONDELLI et al., 2007; HAMZAH, et al., 2006; KUMAR et al., 2010; GUSTAVSSON & ENGWALL, 2012) passou a ser motivo de estudos em todo o mundo, dado ao reconhecido potencial poluidor dos passivos ambientais e o grande volume de resíduos gerado diariamente. A possibilidade de contaminação ambiental, associada à necessidade de grandes áreas para a disposição e tratamento, transformou a solução para o problema dos resíduos sólidos urbanos em um dos mais sérios desafios para as administrações públicas municipais.

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

Na Europa, os riscos ambientais gerados pelo chorume são considerados uma das maiores questões ambientais a ser resolvida, devido ao grande número de aterros sanitários existentes neste continente e a importância da proteção das águas superficiais e subterrâneas (BADERNA et al. 2011).

Os dados do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil em 2012, feito pela Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2012), mostraram que a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil cresceu 1,3%, de 2011 para 2012, índice que é superior à taxa de crescimento populacional urbano no país no período, que foi de 0,9%. Somente em 2012 foram produzidas 201 mil toneladas de resíduos diariamente em todo o território nacional. O resultado final foram 62,7 milhões de toneladas de lixo, sendo que pouco menos de 10% deste montante não foi sequer coletado, indo parar em córregos, terrenos baldios, ruas e rios. Ainda, de acordo com o relatório, no ano de 2012, 42,02% dos resíduos não receberam a destinação adequada, e apesar de terem sido coletados, foram parar em lixões ou aterros irregulares.

Quanto a desativação dos aterros sanitários, é realizada por prefeituras e empresas particulares, só é exigida e/ou realizada a cobertura das células de deposição do lixo com solo e o plantio de alguma espécie vegetal. A problemática paisagística do local é resolvida, mas não há o controle e o monitoramento dos passivos ambientais e do meio ambiente no

entorno do aterro. Assim, o gás metano gerado na decomposição do lixo escapa sem controle para a atmosfera, contribuindo desta forma para o aquecimento global; e a percolação do chorume através do solo pode contaminá-lo, além de atingir as águas superficiais e subterrâneas, transportando metais potencialmente tóxicos e substâncias orgânicas diversas.

Além disso, alguns elementos radioativos, como Urânio (U), Potássio (K) e Tório (Th), podem estar presentes na referida área. Tais elementos podem emanar radioatividade, (ECHEVARRIA et al., 2001; NAVAS et al., 2002; SAN MIGUEL et al., 2003; KILISLIOGLU, 2003; BECEGATO & FERREIRA, 2005; BECEGATO & FERREIRA, 2008) sendo prejudiciais ao homem e aos animais.

O estudo detalhado dos impactos referentes a percolação de chorume no solo é importante para a determinação do padrão de dispersão do poluente, possibilitando assim a avaliação dos riscos dessa substância contaminar as águas superficiais e subterrâneas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Realizar uma avaliação do passivo ambiental “lixão” desativado do município de Lages-SC.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar as características físico-químicas e microbiológicas e realizar o enquadramento dos corpos d'água superficiais;
- Classificar a qualidade da água;
- Analisar se o efluente (chorume) está de acordo com os padrões de lançamento do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA;
- Verificar em que fase de decomposição predominante está o material aterrado em questão;
- Avaliar a concentração de gás metano.

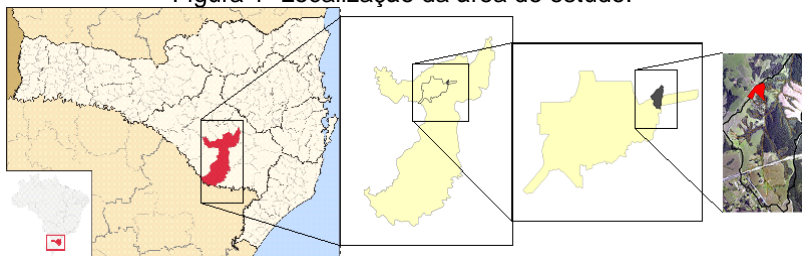
2 METODOLOGIA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Lages, SC, está localizado entre a latitude 27°48'58"S e a longitude 50°19'30"O, com altitude média de 884 m. O presente estudo foi realizado no aterro sanitário desativado do município de Lages, SC, que está localizado na margem esquerda da BR-282 sentido Lages/Florianópolis-SC, entre as coordenadas 27°46'15,38" S e 50°15'10,92" O em uma área de 48.000 m² (Figura 1). O uso de tal área para depósito de resíduos ocorreu entre os anos de 1987 e 2005, quando o mesmo foi desativado.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é Cbf, com precipitação média anual entre 1330 e 1500 mm, relativamente bem distribuídas no ano, e temperatura anual média variando entre 15 e 16°C (PANDOLFO et al., 2002). Lages está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Canoas, com topografia predominante suave-ondulada a ondulada (EMBRAPA, 1998), sendo a vegetação classificada, de acordo com o Sistema de Classificação do IBGE (1999), como Floresta Ombrófila Mista Montana.

Figura 1- Localização da área de estudo.



Fonte: Wikipedia e Google Earth (2013).

O empreendimento está inserido em uma bacia hidrográfica com extensa rede de drenagem, em cujo entorno encontram-se áreas de proteção ambiental e reflorestamentos.

Com relação ao contexto geológico, a área de estudos insere-se nos domínios da unidade geotectônica Bacia do

Paraná, constituída por sedimentos gondwânicos paleomesozóicos (arenitos), capeados por rochas vulcânicas mesozóicas/juro-cretáceas (ROLDAN et al. 2010). O relevo caracteriza-se por modelados de dissecção homogênea, representado por “coxilhões”, com encostas íngremes e vales relativamente profundos, favorecendo a atuação do escoamento superficial e dos processos erosivos.

O córrego analisado (que passa abaixo do Lixão) está inserido na Bacia do Rio Canoas, sendo afluente do Córrego da Chapada, que por sua vez é um afluente do Rio dos Índios. A identificação do córrego analisado ocorreu através da Carta do Brasil, denominada Lajes, folha SG-22-Z-C-V na escala 1:100.000.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Planejamento

Para que o trabalho proposto fosse desenvolvido, preliminarmente delimitou-se a área de estudo, assim como as variáveis que seriam analisadas. As variáveis foram escolhidas de acordo com a sua relevância para que o objetivo do trabalho fosse atingido. O planejamento objetivou definir as atividades de coleta, preservação, manuseio e transporte das amostras, para que desta forma todas as informações necessárias fossem obtidas da forma mais precisa e com o menor custo possível. Assim, informações prévias como a determinação dos pontos de coleta e itinerário a ser seguido foram escolhidos levando em consideração a disponibilidade do laboratório para a execução das análises e prazos de preservação das amostras.

Foram realizadas coletas de chorume, água, macroinvertebrados bentônicos e gás metano, sendo que o último foi medido no ar (1m acima da superfície do solo) e no solo (40 cm abaixo da superfície do solo), para que uma análise quantitativa fosse realizada.

2.2.2 Coleta das amostras de água e chorume e procedimentos de campo

A metodologia utilizada em todas as amostragens de água e chorume percolado, sendo para coleta, preservação e análise das amostras seguiu as orientações estabelecidas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1999).

Realizou-se amostragem simples, já que foram escolhidos pontos específicos no tempo. Considerando-se que a qualidade da água varia com o tempo, uma amostra simples não pode representar a variabilidade temporal, no entanto, é pertinente quando se deseja caracterizar a qualidade da água em um tempo particular, fornecer informações sobre máximos e mínimos e permitir a coleta de volume variável (HUIBREGTSE & MOSER, 1976 *apud* MACHADO, 2006).

Grab samples são amostras simples coletadas em um ponto específico em um local ao longo de um curto período de tempo (tipicamente alguns segundos ou minutos). Assim, eles representam instantaneamente no espaço e no tempo uma área de amostragem. A amostra pode representar apenas a composição de sua fonte no momento e local de coleta. Quando a composição de fonte varia no espaço (isto é, a partir um local para outro) em vez de tempo, coletar amostras de locais apropriados que atendam os objetivos do estudo (a montante e a jusante de uma fonte pontual) (APHA, 1999, p. 83).

2.2.2.1 Coleta das amostras de chorume

As coletas de chorume percolado (Figura 2) ocorreram nos meses de outubro, novembro e dezembro do ano de 2012. Os pontos amostrados foram escolhidos de acordo com o afloramento deste líquido em locais que possibilitavam a coleta, sendo que estas foram realizadas sempre com chuva precedente. No total 30 amostras foram coletadas (APÊNDICE C). As coletas foram armazenadas em frascos de polietileno (quimicamente inertes e com uma perfeita vedação), previamente lavados e autoclavados (121°C a 0,1 MPa por 15 minutos), com boca larga, tampa de rosca resistente a autoclavação, com capacidade de 1000 mL.

Figura 2 - Coleta de chorume.



Fonte: produção do próprio autor.

2.2.2.2 Coleta das amostras de água

As amostras de água foram coletadas entre os meses de novembro e dezembro de 2012 (Figura 3).

Figura 3 - a) coleta de água no córrego. b) coleta de água no entorno.

a)



b)



Fonte: produção do próprio autor.

Buscou-se representar toda a área de influência amostrando-se 40 pontos. Desse total, 26 amostras em pontos no córrego que corre logo abaixo da área de estudo (APÊNDICES A), incluindo pontos onde ocorre entrada de chorume. Além disso, foram coletadas 13 amostras de açudes e córregos vizinhos e uma do poço utilizado por uma propriedade que faz divisa com o lixão (APÊNDICES B).

As coletas de água foram armazenadas em frascos de polietileno. Como as análises das amostras de água visaram avaliar a contribuição do lançamento de chorume na qualidade do corpo receptor, a coleta foi realizada em pelo menos dois pontos: montante (ponto controle, localizado antes do lançamento, de forma que este ponto não seja influenciado pela zona de difusão) e jusante (logo após o lançamento da fonte poluidora); além de vários pontos no curso do corpo d'água para avaliar a capacidade de diluição. Paralelamente, foi realizada a coleta de um ponto controle da origem, ou seja, a coleta do próprio efluente que estava sendo lançado para que fosse possível a caracterização e o confronto.

2.2.2.3 Análises de campo

Durante as coletas foram realizadas *in loco* as determinações da temperatura e do oxigênio dissolvido (OD).

A medição de OD foi baseada na metodologia N° 4500-O G *Membrane Electrode Method* (APHA, 1999). A unidade de OD utilizada é mg.L^{-1} (PINTO, 2007). Ainda de acordo com Pinto (2007), o método eletrométrico para determinação de OD consiste na medição de corrente elétrica devido à redução eletroquímica do oxigênio ($\text{O}_2 \rightarrow \text{OH}^-$) da amostra, que atravessa a membrana da sonda, pela aplicação de uma voltagem entre o cátodo e o ânodo. A corrente elétrica é linearmente proporcional à concentração de oxigênio. Desta forma, para medir o OD, utilizou-se o medidor eletrônico de oxigênio dissolvido *Lutron DO-5519* (Figura 4); cuja calibração realizada a campo antes de cada amostragem utilizava a quantidade de oxigênio disponível no ar, até que o OD e a temperatura da amostra se estabilizassem. O mesmo medidor fornecia o valor de oxigênio dissolvido em mg.L^{-1} e a temperatura em $^{\circ}\text{C}$.

Nas primeiras amostras um termômetro de mercúrio foi utilizado para determinar a temperatura, assim como preconiza a metodologia N° 2550 B. *Laboratory and Field Methods* (APHA, 1999); no entanto como a temperatura fornecida pelo medidor eletrônico de oxigênio dissolvido era a mesma, optou-se por utilizar o valor fornecido por ele já que o processo tornava-se mais prático.

Figura 4 - a) medição do oxigênio dissolvido e da temperatura. b) medidor eletrônico de oxigênio dissolvido.



Fonte: produção do próprio autor.

2.2.2.4 Identificação das amostras

Os pontos coletados foram descritos na ficha de coleta, contendo as seguintes informações: nome do responsável, município, local, identificação do ponto e suas coordenadas, observação, análises de campo e análises a serem realizadas no laboratório. Todo o procedimento de coleta foi documentado com fotos e a localização precisa dos pontos foi obtida através de um GPS (*Global Positioning System* - Sistema de Posicionamento Global). Cada frasco de coleta foi identificado adequadamente com etiqueta.

2.2.2.5 Preservação das amostras

As técnicas de preservação são vitais para minimizar alterações das amostras. Para preservar as amostras utilizou-se caixa térmica com gelo, visando manter as amostras entre as temperaturas 1 e 4°C, preservando assim a maioria das características físicas, químicas e biológicas em curto prazo (< 24 horas).

2.2.2.6 Coleta e preservação das amostras

As recomendações quanto ao tipo de frasco para coleta, quantidade de amostra necessária, forma de preservação e o prazo entre a coleta e o início de análise para os parâmetros de maior interesse são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Recomendações quanto ao tipo de frasco, forma de preservação e prazo de execução de análise para cada parâmetro.

Parâmetros	Frasco	Preservação	Prazo
Alcalinidade	Vidro polietileno ou polipropileno	Refrigeração a 4°C	14 dias
Condutividade			24 horas
Cor			48 horas
DBO ₅		Refrigeração a 4°C, H ₂ SO ₄ para pH < 2	28 dias
DQO			24 horas
Fósforo reativo			
Nitrogênio Amoniacal			
O ₂ Dissolvido	Vidro	Refrigeração a 4°C, HCl para pH < 2	04 a 08 horas
pH	Polietileno, polipropileno ou vidro	Análise imediata
Turbidez	Polietileno, polipropileno ou vidro âmbar	Refrigeração a 4°C	48 horas
Coliformes Totais e Fecais		Refrigeração a 4°C, 0,008% Na ₂ S ₂ O ₃ – águas cloradas	08 horas preferência; Não exceder 24 horas

Fonte: Metodologia inclusa na 21ª Edição do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005) e U.S. EPA (1998).

2.2.2.7 Procedimentos de laboratório

2.2.2.7.1 Parâmetros físico-químicos e biológicos

O uso de parâmetros físico-químicos e biológicos da qualidade da água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na água, podendo estas ser de origem antrópica ou natural. Desta forma, esses parâmetros são indicadores da qualidade da água. Para a avaliação da qualidade da água determinaram-se os seguintes parâmetros físico-químicos: temperatura, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, turbidez, cor, OD, pH (potencial hidrogeniônico), alcalinidade, nitrato, amônia, fósforo total, demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅); e os parâmetros biológicos: coliformes totais, coliformes fecais e macroinvertebrados bentônicos.

2.2.2.7.2 pH

A medição do pH foi realizada imediatamente ao se chegar no laboratório com o auxílio de um pHmetro, pelo método eletrométrico, que é considerado padrão, e descrito na metodologia N° 4500-H+ B. *Electrometric Method* (APHA, 1999).

2.2.2.7.3 Condutividade elétrica e Sólidos Totais Dissolvidos

A metodologia utilizada para medição da condutividade elétrica encontra-se descrita no livro *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1999) sob o N° 2510 B. *Laboratory Method*. O instrumento de bancada foi calibrado com solução padrão de KCl 0,0100 mol.L⁻¹.

A condutividade e os STD foram medidos através do método eletrométrico, com auxílio do aparelho AZ-86505 - *AZ Instruments* que mede simultaneamente estas variáveis. O aparelho citado possui faixa de medição de 0 a 200 mS.cm⁻¹ para condutividade e 0 a 2000 ppm para STD; exatidão de $\pm 1\%$ FS ± 1 dígito para as duas variáveis.

2.2.2.7.4 Turbidez

O método nefelométrico é baseado na comparação da intensidade de luz espalhada pela amostra em condições definidas, com a intensidade da luz espalhada por uma suspensão considerada padrão e descrito sob o N° 2130 B. *Nephelometric Method* (APHA, 1999). Turbidez é uma expressão da propriedade óptica, que faz com que a luz seja dispersa e absorvida ao invés de ser transmitida sem alteração na direção do fluxo ou do nível através da amostra (APHA, 1999).

Para determinar a turbidez das amostras utilizou-se o Turbidímetro Digital Bancada - tb-1000, que fornece o valor em uT.

2.2.2.7.5 Cor

A medida da cor de uma água é feita pela comparação com soluções conhecidas de platina-cobalto ou com discos de vidro corados calibrados com solução de platina-cobalto (APHA, 1999).

A cor foi determinada segundo a metodologia N° 2120 B. *Visual Comparison Method* (APHA, 1999). A cor foi medida com auxílio do medidor de cor de água Q406COR QUIMIS, que é um fotocolorímetro desenvolvido para determinação de cor natural e aparente das águas e atende a necessidade de leitura em água bruta, na faixa de 0 e 500 uC (Unidades de Cor).

2.2.2.7.6 Alcalinidade

Para determinar a alcalinidade das amostras utilizou-se o método titulométrico com indicador, assim como descrito na metodologia N° 2320 B. *Titration Method* (APHA, 1999). Utilizou-se como indicador a Fenolftaleína e solução de H_2SO_4 0,01M para efetuar a titulação.

2.2.2.7.7 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A determinação da DQO baseou-se na determinação N° 5220 C. *Closed Reflux Method* (APHA, 1999), sendo este o método colorimétrico com refluxo fechado. Utilizou-se o

Termoreator SPECTROQUANT TR 420 da Merck para realizar a digestão das amostras. Os reagentes utilizados foram: solução digestão (solução de dicromato de potássio – $K_2Cr_2O_7$, ácido sulfúrico – H_2SO_4 e sulfato de mercúrio – $HgSO_4$) e solução catalítica (sulfato de prata – Ag_2SO_4 e ácido sulfúrico H_2SO_4).

2.2.2.7.8 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅)

Uma das técnicas utilizadas com bastante frequência consiste na determinação da DBO através da medida da quantidade de oxigênio dissolvido após 5 dias de incubação da amostra a temperatura de 20°C. Tal metodologia encontra-se descrita sob o N° 5210 B. *5-Day BOD Test* (APHA, 1999).

Para determinar a DBO utilizou-se o conjunto BOD da WTW. A medição é feita utilizando OxiTop, sendo baseada na medição de pressão em um sistema fechado, onde os microorganismos encontrados na amostra consomem oxigênio – O_2 e produzem dióxido de carbono – CO_2 ; o CO_2 é absorvido pelo hidróxido de sódio – $NaOH$, criando assim uma pressão negativa que pode ser lida diretamente como um valor medido em $mg.L^{-1}$ de DBO. O volume de amostra regula a quantidade de oxigênio disponível para uma completa DBO, sendo este determinado pela tabela de DBO que acompanha o conjunto.

2.2.2.7.9 Nitrogênio

2.2.2.7.9.1 Nitrogênio amoniacal (NH₃)

A análise do nitrogênio amoniacal foi realizada no aparelho SPECTROQUANT NOVA 60 através do método espectrofotométrico descrito sob o N° 4500-NH₃ F. *Phenate Method* (APHA, 1999).

O princípio do método se baseia na formação do indofenol, que é um composto intensamente azul, sendo formado pela reação de amônia, hipoclorito, e fenol catalisada por nitroprussiato de sódio.

2.2.2.7.9.2 Nitrato (NO_3^-)

O nitrato foi analisado pelo método espectrofotométrico, descrito sob o N° 4500- NO_3^- B. *Ultraviolet Spectrophotometric Screening Method* (APHA, 1999), através do aparelho SPECTROQUANT NOVA 60.

O procedimento padrão, no método espectrofotométrico, consiste em reduzir o nitrato a nitrito e formar um complexo colorido entre o nitrito e um reagente orgânico adequado. A medição da absorção de UV a 220 nm, permite a determinação rápida de NO_3^- .

2.2.2.7.10 Fósforo total (P)

Para analisar o fósforo total utilizou-se o método espectrofotométrico, cuja metodologia está descrita no N° 4500-P *PHOSPHORUS 3b. Colorimetric method* (APHA, 1999).

O método consiste numa sequência de reações que geram como produto principal um complexo entre o fósforo, na forma de fosfato, o molibdênio, na forma de molibdato, e o vanádio, na forma de vanadato. O complexo confere uma cor amarela à solução, característica do complexo, a intensidade da coloração é diretamente proporcional à concentração de fósforo, logo, com base nessas informações quantifica-se o fósforo presente em uma amostra de água natural através do espectrofotômetro.

2.2.2.7.11 Coliformes totais e fecais

Para realizar a análise de coliformes totais e fecais, utilizou-se os métodos 9221 B. *Standard Total Coliform Fermentation Technique* e 9221 E. *Fecal Coliform Procedure*, respectivamente (APHA, 1999).

2.2.2.7.12 Referencial Teórico

2.2.2.7.12.1 Análise da água

As águas superficiais podem ser consideradas como um capital natural, assim determinada qualidade relaciona-se com o seu uso. Como este recurso natural possui usos múltiplos, vários requisitos de qualidade podem ser atendidos simultaneamente.

Existe um ordenamento jurídico-administrativo para disciplinar estes usos e requisitos de qualidade, que dispõe de uma classificação dos corpos hídricos, bem como o seu enquadramento e o estabelecimento de padrões de qualidade. Tais requisitos estão definidos na Resolução do CONAMA Nº 357 (BRASIL, 2005). O CONAMA estabelece nove classes de qualidade de água, de acordo com os minerais e substâncias presentes e suas respectivas concentrações. No grupo Águas Doces, há cinco classes de acordo com o fim a que se destinam (Tabela 2). Portanto, na classificação é levada em consideração a possibilidade de prejuízo se usada abaixo da classe a que se destina, ou são recomendados tratamentos de desinfecção ou purificação.

De acordo com a mesma Resolução, o enquadramento dos corpos de água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender as necessidades da comunidade, no entanto para efeito de comparação entre os pontos avaliaremos a situação no momento da coleta.

Assim, utilizou-se a Resolução Nº 357/05 do - CONAMA (Brasil, 2005) como referência para avaliar os parâmetros físico-químicos obtidos para as amostras de água, sendo que as condições e padrões de qualidade, dos parâmetros analisados, que as águas doces devem observar, são apresentados na Tabela 3.

Tabela 2 – Classificação das águas doces, segundo seu destino de uso, segundo a Resolução N° 357/05 do CONAMA.

Classe Especial	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
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.	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 CO-NAMA N° 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.	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, conforme Resolução CO-NAMA N° 274, de 2000; 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.	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.	a) à navegação; e, b) à harmonia paisagística.

Fonte: Adaptado da Resolução N° 357/05 do CONAMA.

Tabela 3 – Condições e padrões de qualidade das águas doces das classes 1, 2,3 e 4, segundo a Resolução N° 357/05 do CONAMA.

Parâmetro	Limite Classe 1	Limite Classe 2	Limite Classe 3	Limite Classe 4
Temperatura	-	-	-	-
Oxigênio dissolvido	não inferior a 6 mg.L ⁻¹	não inferior a 5 mg.L ⁻¹	não inferior a 4 mg.L ⁻¹	superior a 2 mg.L ⁻¹
pH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Turbidez	40 UNT	100 UNT	100 UNT	-
Cor verdadeira	nível de cor natural do corpo de água	75 mg Pt.L ⁻¹	75 mg Pt.L ⁻¹	-
Alcalinidade	-	-	-	-
Sólidos dissolvidos totais	500 mg.L ⁻¹	500 mg.L ⁻¹	500 mg.L ⁻¹	-
Fósforo total	0,020 mg.L ⁻¹ P ambiente lântico; 0,025 mg.L ⁻¹ P ambiente intermediário; e, 0,1 mg.L ⁻¹ P ambiente lótico e tributários	0,030 mg.L ⁻¹ P ambiente lântico; 0,050 mg.L ⁻¹ P ambiente intermediário; e, 0,1 mg.L ⁻¹ P ambiente lótico e tributários	0,030 mg.L ⁻¹ P ambiente lântico; 0,050 mg.L ⁻¹ P ambiente intermediário; e, 0,1 mg.L ⁻¹ P ambiente lótico e tributários	-
Nitrato	10 mg.L ⁻¹	10 mg.L ⁻¹	10 mg.L ⁻¹	-
Nitrogênio amoniacal	3,7 mg.L ⁻¹ N, para pH ≤ 7,5; 2,0 mg.L ⁻¹ N, para 7,5 < pH ≤ 8,0; 1,0 mg.L ⁻¹ N, para 8,0 < pH ≤ 8,5; 0,5 mg.L ⁻¹ N, para pH > 8,5	3,7 mg.L ⁻¹ N, para pH ≤ 7,5; 2,0 mg.L ⁻¹ N, para 7,5 < pH ≤ 8,0; 1,0 mg.L ⁻¹ N, para 8,0 < pH ≤ 8,5; 0,5 mg.L ⁻¹ N, para pH > 8,5	13,3 mg.L ⁻¹ N, para pH ≤ 7,5; 5,6 mg.L ⁻¹ N, para 7,5 < pH ≤ 8,0; 2,2 mg.L ⁻¹ N, para 8,0 < pH ≤ 8,5; 1,0 mg.L ⁻¹ N, para pH > 8,5	-
Demanda bioquímica de oxigênio	3 mg.L ⁻¹ O ₂	5 mg.L ⁻¹ O ₂	10 mg.L ⁻¹ O ₂	-

Fonte: Adaptado da Resolução N° 357/05 do CONAMA.

2.2.2.7.12.1.1 Índice de Qualidade da Água (IQA)

Os dados de água obtidos em laboratório também foram utilizados para o cálculo do índice de qualidade da água (IQA), o qual expressa em uma escala de 0 a 100 o nível de contaminação presente em um determinado corpo de água em termos de parâmetros físico-químicos e microbiológico.

Conceitualmente, o IQA é um número resultante de uma síntese de valores e pesos atribuídos aos parâmetros analisados, fornecendo uma indicação relativa da qualidade da água em diferentes pontos no espaço ou tempo (ISAM, 1999 apud ZANONI & BOLLMANN, 2007). Para calcular o IQA nove parâmetros são considerados: temperatura, pH, DBO, nitrogênio total, OD, sólidos totais (resíduo total), fósforo total, turbidez e coliformes fecais (termotolerantes). O cálculo do IQA é realizado pelo produto ponderado (Equação 1) das notas atribuídas a cada parâmetro de qualidade de água já citados, sendo que a nota de cada parâmetro é atribuída segundo as curvas apresentadas na Figura 5.

Equação 1 - Equação utilizada para o cálculo do IQA.

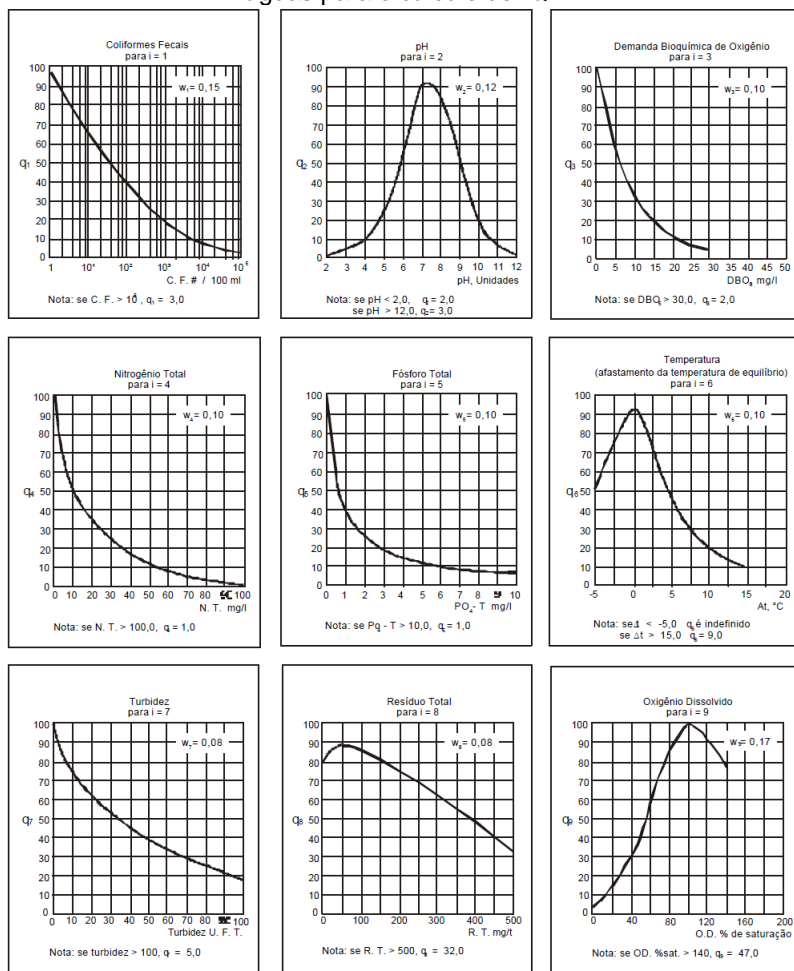
$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

onde:

q_i = Nota atribuída ao indicador

w_i = Peso relativo do parâmetro

Figura 5 - Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do IQA.



Fonte: ANA, 2004.

O Quadro 1 apresenta os parâmetros de qualidade da água utilizados para cálculo do IQA e seu respectivo peso e o Quadro 2, a escala utilizada para classificação da água em função da pontuação obtida no cálculo do IQA.

Quadro 1 - Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e respectivo peso.

Parâmetro	Peso relativo
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes fecais	0,15
pH	0,12
Demanda bioquímica de oxigênio	0,10
Fosfato total	0,10
Temperatura	0,10
Nitrogênio total	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos totais	0,08

Quadro 2 - Classificação da água segundo o IQA_{NSF}.

Valor do IQA	Classificação
80 - 100	Ótima
52 - 79	Boa
37 - 51	Aceitável
20 - 36	Ruim (Imprópria para tratamento convencional)
0 - 19	Péssima (Imprópria para qualquer uso)

2.2.2.7.12.2 Análise do chorume

O chorume é um líquido altamente poluente e de complexa composição, que se forma quando a água percola através da massa de lixo carregando compostos orgânicos e inorgânicos e produtos em decomposição (SISINNO & OLIVEIRA, 2002). Ainda de acordo com os autores, para que ocorra a formação do chorume deve-se existir manutenção de condições anaeróbias, teores elevados de matéria orgânica e umidade, sendo que a principal fonte precursora na formação do chorume é a água da chuva que através da sua infiltração, permite a migração dos compostos químicos presentes na massa de lixo aterrada, aumentando assim o volume do percolado, diluindo a concentração de muitos íons contaminantes.

De forma geral, a biodegradação dos resíduos sólidos ocorre em três fases: a primeira denomina-se fase aeróbia, seguida da fase acetogênica (anaeróbia) e por último a fase metanogênica (LO, 1996). No entanto, durante a vida ativa do aterro, as fases não são tão bem delimitadas, sendo possível encontrar as três fases ocorrendo simultaneamente em um único aterro.

A fase aeróbia é relativamente curta, ocorre logo após a cobertura do aterro e dura aproximadamente um mês, tempo suficiente para que todo oxigênio presente na massa de lixo seja consumido pela decomposição realizada por bactérias aeróbias. Nesta, a temperatura da massa de lixo é significativamente maior do que a temperatura ambiente, o que favorece a formação de sais contendo metais, visto que muitos íons são solúveis em água em temperaturas elevadas (LIMA, 2008).

Na fase acetogênica que pode perdurar por alguns anos, o pH é baixo, podendo oscilar entre 4,5 – 7,5 para estes efluentes (IPT, 2000). A decomposição anaeróbia, diferentemente da fase aeróbia, resulta em subprodutos orgânicos, tais como metano, alcoóis, sulfetos e amônia, ainda passíveis de posterior oxidação. Nesta fase, em razão da indisponibilidade de oxigênio molecular como aceptor de elétrons, outros compostos são utilizados para este fim, tais como nitratos, sulfatos e dióxido de carbono (CASSINI, 2003).

A atividade microbiana anaeróbia passa a ser predominante no meio, com destaque para os microrganismos formadores de ácidos orgânicos e hidrogênio, são produzidos compostos orgânicos simples e de alta solubilidade, principalmente ácidos graxos voláteis, como ácido acético e também nitrogênio amoniacal. Estes ácidos se misturam com o líquido que percola pela massa de resíduo sólido, causando a diminuição do pH para valores entre 4 e 6. O caráter ácido desta mistura ajuda na solubilização de materiais inorgânicos, podendo o líquido apresentar altas concentrações de ferro, manganês, zinco, cálcio e magnésio, favorecendo também o aparecimento de maus odores devido à liberação de gases como ácido sulfídrico (H_2S), amônia (NH_3) e outros (LIMA, 2008). O chorume produzido nesta fase apresenta grande quantidade de matéria orgânica e, conseqüentemente, alta DBO e alta DQO, sendo os valores da razão de biodegradabilidade (DBO/DQO) relativamente altos, ou seja, superiores a 0,7. Estes valores denotam que o chorume é relativamente biodegradável (LIMA, 2005).

Na terceira fase, metanogênica, os compostos orgânicos simples formados na fase acetogênica começam a ser consumidos por bactérias estritamente anaeróbias, denominadas bactérias metanogênicas, que dão origem ao metano (CH_4) e gás carbônico (CO_2). O chorume torna-se mais alcalino, com valores de pH oscilando entre 7,5 e 9,0 (IPT, 2000), devido ao consumo de substâncias ácidas e pela intensificação da taxa de produção de metano (CHRISTENSEN et al, 1998 & EL FADEL et al, 2002). Como o pH está próximo do neutro, a solubilização de compostos inorgânicos é reduzida, com conseqüente diminuição da condutividade do chorume. Enquanto o aumento do pH é conseqüência do consumo de ácidos voláteis simples, a DBO do chorume começa a diminuir e a razão DBO/DQO resulta em valores mais baixos, o que significa menor capacidade de biodegradação do chorume (LIMA, 2008). Assim, reforça-se o entendimento de que a composição do chorume varia conforme a fase de decomposição em que se encontra a massa de lixo.

A fase de decomposição do chorume está diretamente relacionada ao impacto produzido por ele sobre o meio ambiente. O chorume de aterro novo, quando recebe boa quantidade de águas pluviais é caracterizado por pH ácido, alta DBO, alto valor de DQO e diversos compostos potencialmente tóxicos. Com o

passar dos anos, há uma redução significativa da biodegradabilidade devido à conversão de compostos orgânicos em gás metano e dióxido de carbono (SILVA, 2004).

A avaliação de parâmetros como pH, DBO, DQO e metais (PESSIN et al., 1997) são sugeridos para avaliar a fase de decomposição em se encontra um aterro. Alguns valores típicos destes parâmetros empregados para a caracterização do chorume nas fases acetogênica e metanogênica são demonstrados na Tabela 4.

Tabela 4 - Faixa de variação dos parâmetros do chorume para as fases acetogênica e metanogênica de um aterro sanitário.

Parâmetro Variação	Fase Acetogênica	Fase Metanogênica
pH	4,5 – 7,5	7,5 – 9,0
DBO (mg.L ⁻¹)	4.000 – 40.000	20 – 550
DQO (mg.L ⁻¹)	6.000 – 60.000	500 – 4.500

Fonte: IPT, 2000.

Segundo Castilhos Jr. et al. (2002), a diferenciação das fases também pode ser observada através da relação DBO:DQO, sendo que o valor de referência DBO:DQO = 0,4 define a mudança de fase da digestão anaeróbia, ou seja, valores superiores a 0,4 indicam o predomínio da fase acetogênica e, inferiores a 0,4 referem-se a fase metanogênica. Muitas vezes, na prática, estas fases não são bem delimitadas porque sempre há o aterramento de resíduos sólidos novos, fato este que causa grande variabilidade na idade do material disposto. Também não é raro deparar-se com as três fases ocorrendo simultaneamente (IPT, 2000).

Apesar da grande variabilidade no tocante à sua composição química, o chorume é comumente despejado nos ecossistemas aquáticos. Uma das primeiras alterações observadas é a redução do teor de OD, elevando a DBO. Quando o OD desaparece ou é reduzido significativamente, os organismos aeróbios podem ser extinguidos da biota aquática cedendo lugar aos anaeróbios, responsáveis pela liberação de gases como CH₄ e NH₃, sendo este último tóxico para a maioria das formas de vida superiores (LIMA, 2004).

O chorume pode permanecer por muitos anos após o encerramento das operações do aterro, fazendo-se necessário o monitoramento do líquido durante décadas (CASSINI, 2003).

Ao entrar em contato com as águas superficiais e/ou subterrâneas, o chorume tende a alterar significativamente as características naturais dos corpos hídricos, o que os torna impróprios para o consumo e até mesmo para a sobrevivência dos organismos aquáticos.

Desta forma, utilizou-se a Resolução N° 430/11 do CONAMA (BRASIL, 2011) como norteadora para os parâmetros físico-químicos do chorume, cuja dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução N° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, que também foi utilizada quando não existia valor de referência na primeira resolução citada.

Além disso, os parâmetros pH, DBO e DQO foram utilizados para avaliar a fase de decomposição em que se encontra o aterro (IPT, 2000).

2.2.3 Coleta dos macroinvertebrados bentônicos

A coleta, preservação e a análise dos macroinvertebrados bentônicos seguiu o Comunicado Técnico N° 19 da Embrapa, intitulado “Protocolo de Coleta e Preparação de Amostras de Macroinvertebrados Bentônicos em Riachos” (SILVEIRA et al, 2004).

O uso de indicadores biológicos para avaliação da qualidade das águas tem sido cada vez mais utilizado. Baseia-se no princípio de que cada organismo precisa de determinada condição para se desenvolver, assim as condições para o seu desenvolvimento dependem da qualidade física, química, e estrutural do meio.

Os macroinvertebrados bentônicos foram coletados no mês de março de 2013. Foram estabelecidos para amostragem sete pontos, sendo que em cada ponto foram coletados material das margens direita, esquerda e do fundo, totalizando 21 amostras. Como o córrego analisado é de pequeno porte utilizou-se o amostrador do tipo *Surber* e estabeleceu-se o tempo de coleta de um minuto. O amostrador *Surber* possui armação

dobrável em aço carbono com pintura eletrostática, tela de nylon 250 μ m de abertura de malha e 60 cm de comprimento.

Assim como apresentado na Figura 6, posicionava-se o *Surber* contra a correnteza, e recolhia-se com a mão, ou com a ajuda de uma pequena escova todo o substrato contido dentro da área para dentro da rede coletora; transferia-se o material recolhido para sacos plásticos previamente identificados e contendo álcool 70%; verificava-se cuidadosamente se nenhum animal havia ficado preso na rede; fechava-se os sacos plásticos com um nó simples, anotava-se as características do ponto e os colocava em baldes plásticos correspondentes ao ponto de coleta.

Figura 6- a) recolhimento do material bentônico com *Surber*. b) recolhimento do material em saco plástico. c) balde identificado com o saco plástico contendo a amostra.



Fonte: produção do próprio autor.

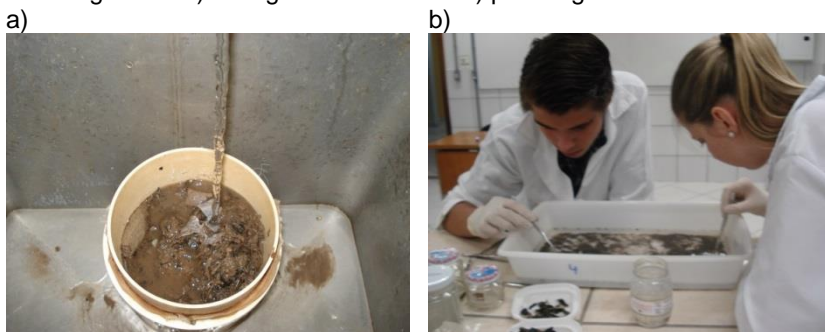
2.2.3.1 Procedimentos de Laboratório

Os procedimentos de preparo e conservação das amostras que chegaram no laboratório seguiram o seguinte protocolo: lavagem, pré-triagem, triagem e identificação dos organismos.

Inicialmente lavava-se a amostra, com o objetivo de separar o material grosseiro (folhas grandes, galhos ociosos, pedras) do mais particulado, de modo a facilitar a triagem posterior dos macroinvertebrados. Os substratos amostrados eram retirados dos sacos plásticos e colocados em uma peneira com uma malha superior à da rede do coletor *Surber* utilizado (por exemplo de 1 ou 2 mm), utilizava-se água corrente de pia para lavagem (Figura 7a), durante esta etapa, muito cuidado era

tomado para evitar a quebra dos organismos. Após a lavagem, a amostra era colocada em bandejas plásticas translúcidas com capacidade para 3 litros (Figura 7b). Os animais que flutuavam assim como os encontrados, eram retirados com uma pinça cirúrgica número 02 de aço inoxidável, e armazenados em frascos de vidro transparente de 100 mL com álcool a 70% e dentro destes vidros era colocada uma etiqueta feita com papel vegetal, escrita a lápis, com as seguintes informações: o nome do município e estado onde o material foi coletado, data da coleta, identificação do ponto e local de coleta. Uma única amostra era dividida e colocada em mais de uma bandeja, garantindo assim que os macroinvertebrados fossem encontrados com maior facilidade. Os vidros eram armazenados em um armário à temperatura ambiente e agrupados de acordo com o ponto de coleta ao qual pertenciam.

Figura 7 - a) lavagem do material. b) pré-triagem do material.



Fonte: produção do próprio autor.

Na etapa da triagem final utilizou-se uma lupa estereoscópica, para identificar os macroinvertebrados. A triagem no nível taxonômico de ordem foi feita com o auxílio de uma pequena cartilha com fotos ou desenhos das principais ordens, acompanhada de algumas das principais características morfológicas de cada ordem. A triagem e a identificação dos macroinvertebrados foram feitas colocando-se um pouco da amostra diluída em álcool a 70% em placas de Petri, e então os organismos eram coletados com uma pinça cirúrgica número 02 tamanho AA de aço inoxidável. Este procedimento era realizado

até que toda a amostra fosse examinada. Os organismos pinçados eram colocados em pequenos frascos plásticos de 3,0 mL etiquetados e conservados em álcool a 70%. Os indivíduos eram identificados em nível de Família utilizando-se as seguintes chaves de identificação: Mugnai R., Nessimian, J. L. e Baptista, D. F. (2010); Magalhães, C. (2003); Lecci, L.S. e Froehlich, C.G. (2007) e; Costa, J. M. & Oldrini, B. B. (2007).

2.2.3.2 Análise dos macroinvertebrados bentônicos

Para que os problemas ambientais sejam resolvidos, torna-se necessário o desenvolvimento de métodos de avaliação ambiental que sejam confiáveis, para que assim formas rápidas e seguras de se diagnosticar a qualidade dos corpos hídricos sejam encontradas (BUSS *et al.*, 2003).

A utilização de indicadores biológicos tem sido um dos métodos mais eficazes para avaliar esse aspecto, já que organismos vivos são capazes de responder às mudanças ambientais promovidas pela ação humana. Este tipo de monitoramento tem sido associado ao monitoramento físico-químico da água e é capaz de mostrar o real impacto que a biota está sofrendo sob a ação de diferentes xenobióticos, em condições de exposições pontuais ou crônicas (BUSS *et al.*, 2003; GOULART & CALLISTO, 2003; KONIG *et al.*, 2008).

Para a análise dos macroinvertebrados bentônicos foi aplicado o índice BMWP' (*Biological Monitoring Work Party Escore System*) adaptado de Loyola (2000), o qual pontua de 1 a 10 o grau de sensibilidade dos organismos, conferindo maiores valores para aqueles com maior sensibilidade à poluição orgânica (Quadro 3). Os valores obtidos em cada ponto são somados e o local é classificado conforme demonstrado no Quadro 4.

Quadro 3 - Pontuações designadas as diferentes famílias de macroinvertebrados aquáticos para obtenção do Índice BMWP'.

Famílias	Pontuação
Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Potamanathidae, Ephemeridae, Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae, Aphelocheridae, Phryganidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Leptodostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae, Athericidae, Blephareceridae, Calamoceratidae, Helicopsychidae, Megapodagrionidae	10
Astacidae, Lestidae, Calopterygidae, Gomphidae, Cordulegastridae, Aeshnidae, Corduliidae, Libellulidae, Psychomyidae, Philopotamidae, Glossosomatidae	8
Ephemerellidae, Prosopistomatidae, Nemouridae, Gryptopterygidae, Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephelidae, Ecnomidae, Hydrobiosidae, Pyralidae, Psephenidae	7
Neritidae, Viviparidae, Ancyliidae, Thiaridae, Unionidae, Mycetopodidae, Hyriidae, Corophilidae, Gammaridae, Hyalellidae, Atyidae, Palaemonidae, Trichodactilidae, Platycnemididae, Coenagrionidae, Leptohiphidae	6
Oligoneuridae, Polymitarcidae, Dryopidae, Elmidae (Elminthidae), Helophoridae, Hydrochidae, Hydraenidae, Clambidae, Hydropsichidae, Tipulidae, Simuliidae, Planariidae, Dendrocoelidae, Dugesidae, Aegidae	5
Baetidae, Caenidae, Haliplidae, Curculionidae, Chrysomelidae, Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae, Dolichodidae, Dixidae, Ceratopogonidae, Anthomyiidae, Limoniidae, Psychodidae, Sciomyzidae, Rhagionidae, Sialidae, Corydalidae, Hydracarina	4
Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Limnecoridae, Pleidae, Notonectidae, Corixidae, Veliidae, Helodidae, Hydrophilidae, Hygrobiidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Bythinellidae, Sphaeridae, Glossiphonidae, Hirudidae, Erpobdellidae, Asellidae, Ostracoda	3
Chironomidae, Culicidae, Ephyridae, Thaumaleidae	2
Oligochaeta (todas as classes), Syrphidae	1

Fonte: adaptado de LOYOLA (2000).

Quadro 4 - Classificação de qualidade da água, significado dos valores do *BMWP'* e cores para serem utilizadas nas representações cartográficas.

Classe	Qualidade	Valor	Significado	Cor
I	Ótima	>150	Águas prístinas (muito limpas)	Lilás
II	Boa	101 a 120	Águas não poluídas, sistema perceptivelmente não alterado	Azul
III	Aceitável	61 a 100	Evidentes efeitos moderados de poluição	Verde
IV	Duvidosa	36 a 60	Águas poluídas (sistemas alterados)	Amarela
V	Crítica	16 a 35	Águas muito poluídas (sistemas muito alterados)	Laranja
VI	Muito crítica	<15	Água fortemente poluída (sistemas fortemente alterados)	Vermelho

Fonte: Alba-Tecedor & Sanchez-Órtega (1988), com modificações.

2.2.4 Coleta de Metano

A determinação da concentração do gás metano iniciou no mês de dezembro de 2012, e teve continuidade nos meses de fevereiro, março e abril de 2013. Para medição do gás metano utilizou-se o aparelho *EAGLE* da marca RKI (Figura 8), que se destaca no monitoramento de voláteis a campo com ou sem exclusão de metano, podendo ser aplicado em áreas de diagnóstico de contaminações de solo e água, espaço confinado e monitoramento de ambientes. Como princípio de detecção utiliza combustão catalítica, célula eletrolítica, célula galvânica e infravermelho. Detecção de hidrocarbonetos em ppm (partes por milhão) e LEL (*lower explosivit limit* ou limite inferior de explosividade) Máxima variância de +/- 5% do fundo de escala. Possui limite de medição de 50000 ppm.

Figura 8 - Aparelho *EAGLE* da marca RKI utilizado na medição de gás metano.



Fonte: produção do próprio autor.

Como não foi encontrada nenhuma metodologia definida para coleta de metano, uma própria foi desenvolvida. Com o auxílio de um trado tipo holandês (Figura 9a) fez-se furos no solo (Figura 9b) que cobria as cinco células distintas de massa de lixo e efetuou-se a medição da concentração em ppm do gás metano (Figura 9c), cujos pontos foram georreferenciados com um GPS. Realizou-se a leitura em 50 pontos (APÊNDICE F).

Figura 9 - Medição de metano 40cm abaixo da superfície do solo.a) trado utilizado para realizar furo .b) Furo utilizado para coleta de metano. c) realização da medição de metano.



Fonte: produção do próprio autor.

Para determinar a concentração do gás metano no ambiente sobre os pontos antes da realização dos furos de trado, estabeleceu-se uma metodologia de efetuar a medição do metano a 1m de altura do solo (Figura 10), objetivando

determinar a concentração do gás antes e após os furos sobre as massas de lixo. Foram coletados 52 pontos (APÊNDICE G), sendo aproximadamente 10 em cada massa de lixo, além disso efetuou-se medições da concentração em todo o contorno do lixão (62 pontos) (APÊNDICE H).

Figura 10 - Medição de gás metano a 1m acima da superfície do solo.



Fonte: produção do próprio autor.

2.2.4.1 Análise do metano

O metano é um gás incolor, inflamável e não tóxico, encontrado na atmosfera na proporção aproximada de 1,7 ppm (partículas por milhão).

No Brasil a Norma Regulamentadora 15 (NR 15), que trata das atividades e operações insalubres, no seu anexo 11 considera o metano como asfixiante simples e não impõe limites de tolerância. O fator limitante é o oxigênio disponível, sendo que em presença desta substância, a concentração mínima deverá ser de 18 % em volume. As situações na qual a concentração de oxigênio estiver abaixo deste valor serão consideradas de risco grave e iminente. Devido à alta inflamabilidade do produto, deve-se garantir que o limite inferior de inflamabilidade do metano, 5,0% no ar atmosférico, jamais seja atingido, por isso, é recomendável que seja respeitado um limite de 1,0% (GAMA GASES, 2007).

Em caso de super exposição ao produto, ele pode causar asfixia e neste caso os sintomas são: náuseas, pressão na testa e nos olhos, pode ainda causar perda de consciência e morte

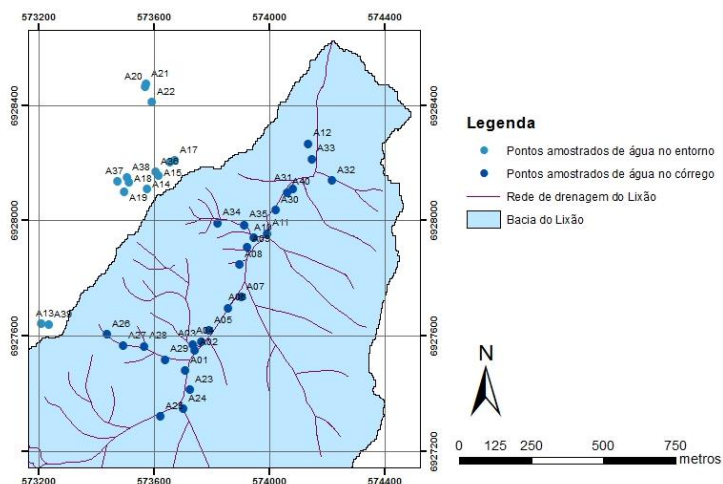
O metano é produzido através dos seguintes processos naturais: decomposição de lixo orgânico, digestão de animais herbívoros, metabolismo de certos tipos de bactérias, vulcões de lama, extração de combustíveis minerais (principalmente o petróleo), aquecimento de biomassa anaeróbica. Um dos aspectos negativos do metano é que ele participa da formação do efeito estufa, colaborando, desta forma, para o aquecimento global.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ÁGUA

Dos 40 pontos de água amostrados (Figura 11), 26 foram coletados em um córrego que é afluente do Córrego da Chapada, duas de um córrego sem denominação que corre ao lado do lixão, uma de um poço da propriedade vizinha e as demais em açudes lindeiros a área em questão.

Figura 11 - Localização dos pontos de água amostrados.¹



Fonte: produção do próprio autor.

Das amostras coletadas no córrego que é afluente do Córrego da Chapada os pontos A1, A02, A23, A24, A25, A26, A27, A28 e A29 não sofrem interferência do lixiviado, já que

¹ Pontos à montante do aporte de lixiviado: A1, A02, A23, A24, A25, A26, A27, A28 e A29;
Entrada de lixiviado: A03, A08 e A10;
Pontos à jusante das entradas de lixiviado: A11, A30, A40, A31, A32, A33 e A12.

foram coletadas antes que houvesse aporte do mesmo no corpo receptor. O ponto A3 refere-se ao córrego que vêm das lagoas do lixão. Assim os pontos A4, A5, A6 e A7 cujas amostras foram coletados após o ponto em questão, sofrem interferência do mesmo. Entre os pontos A04, A05, A07 e A08 há entrada de água oriunda de outros afluentes, contribuindo para a diluição do lixiviado que foi incorporado ao córrego. O ponto A8 corresponde a entrada primária de chorume; sendo assim o ponto A9 possui intervenção do mesmo. Os pontos A34 e A35 foram coletados onde há o deslocamento de chorume que vai desaguar no ponto A10, correspondendo à entrada secundária do mesmo no córrego. Os pontos A11, A30, A40, A31, A32, A33 e A12 foram coletados após as entradas de chorume.

O ponto A14 foi coletado no poço da propriedade que faz divisa com o lixão. Os pontos A15 e A16 correspondem às amostras coletadas no córrego vizinho ao lixão. Os demais pontos de coletas referem-se aos açudes lindeiros a área em questão.

3.1.1 Parâmetros físico-químicos

3.1.1.1 Temperatura da água

A temperatura da água é ditada pela radiação solar, exceto nos casos de despejos industriais, de termelétricas e de usinas atômicas que operem nas margens de lago ou reservatório.

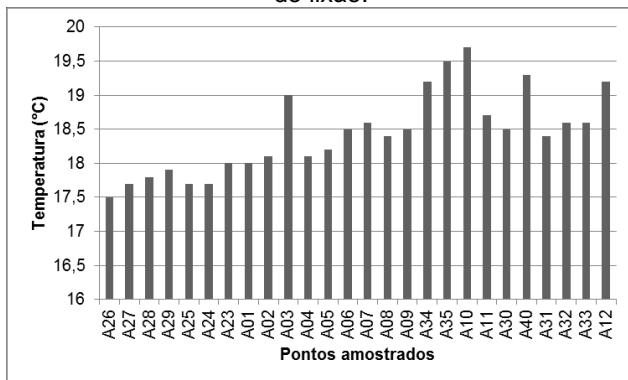
A temperatura, assim como sua alteração, é responsável pela modificação na velocidade das atividades metabólicas dos organismos, bem como na alteração da velocidade das reações químicas, e na solubilidade das substâncias (MACHADO, 2006).

Em ambientes brasileiros a temperatura geralmente se mantém entre 20 a 30 °C, podendo chegar entre 5 e 15 °C no inverno na Região Sul (VON SPERLING, 1997).

Nos pontos amostrados no córrego abaixo do lixão, a temperatura se apresentou ligeiramente abaixo dos 20 °C (Figura 12), já que o córrego possui uma mata ciliar mais densa, o que não permite que a radiação solar incida diretamente sobre a água.

É importante ressaltar que as amostras de água foram coletadas nos meses de novembro e dezembro de 2012, portanto sem o rigor do inverno.

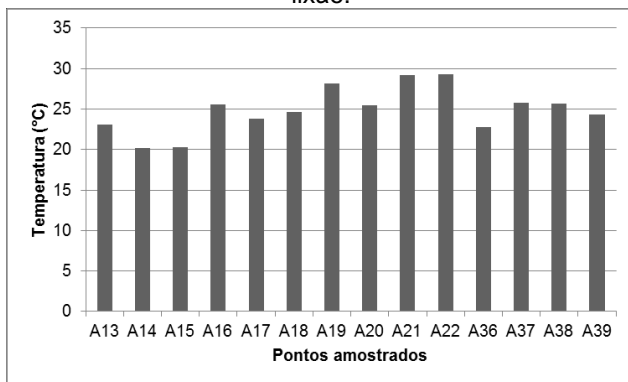
Figura 12- Temperatura da água para as 26 amostras do córrego abaixo do lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

A temperatura da água apresentou comportamento dentro da estimativa apresentada por VON SPERLING (1997) em 14 pontos amostrados no entorno (Figura 13).

Figura 13- Temperatura da água para as 14 amostras do entorno do lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

Destes, 11 foram coletados nos açudes e um no poço da propriedade vizinha ao lixão, o que pode justificar as temperaturas mais elevadas, quando comparadas as do córrego que corre abaixo do lixão, é o fato de a radiação solar incidir diretamente sobre a água, já que não há vegetação ao redor. As outras duas amostras com temperatura superior a 20 °C, foram coletadas em um córrego de uma propriedade vizinha ao lixão que possui uma pequena faixa de mata ciliar, no entanto no dia da coleta de acordo com os dados históricos apresentados no site do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, a temperatura máxima registrada foi de 29 °C e a mínima de 14,1 °C, o que pode justificar tais valores.

A Tabela 3 apresenta as estatísticas descritivas da temperatura da água.

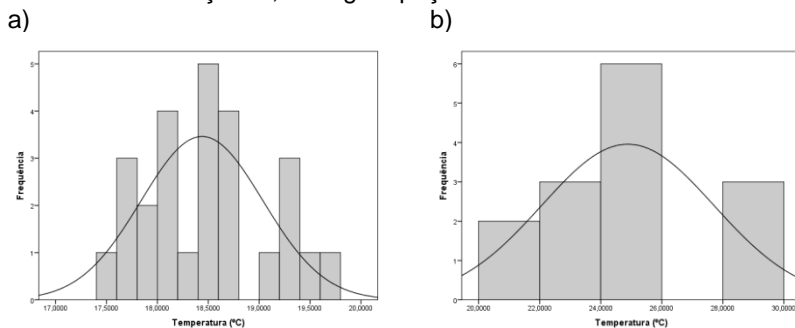
Tabela 3 - Estatísticas descritivas para a temperatura da água.

Temperatura (°C)	Córrego	Entorno
Mínimo	17,50	20,20
Máximo	19,70	29,30
Média	18,45	24,89
Mediana	18,45	25,05
Desvio padrão	0,59	2,82
CV (%)	3,20	11,33
Assimetria	0,45	-0,04
Curtose	-0,58	-0,37

Fonte: produção do próprio autor.

O indicador temperatura se caracteriza pela baixa variabilidade dos dados, representado por 3,20% e 11,33% para os dados do córrego e do entorno respectivamente. Analisando-se o conjunto de dados verifica-se que o valor da média é igual ao valor da mediana indicando que os dados são simétricos, assim como mostra a (Figura 14a); já para as demais amostras no entorno do lixão, a média é ligeiramente inferior ao valor da mediana, indicando uma assimetria negativa (Figura 14b). No que se refere ao índice de curtose, a temperatura apresentou uma distribuição levemente platicúrtica.

Figura 14 - Histogramas da temperatura da água: a) do córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinho ao lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

3.1.1.2 Oxigênio Dissolvido

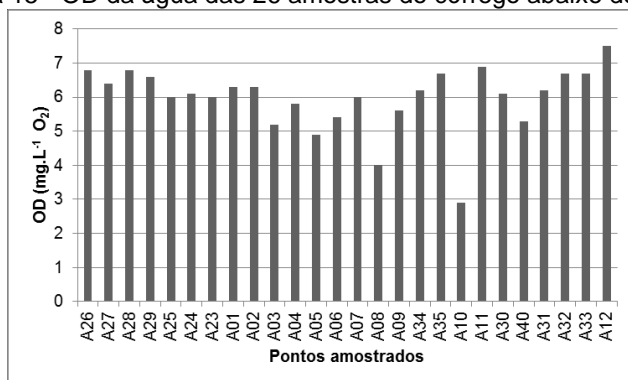
Para manter as atividades do ecossistema aquático, as águas superficiais necessitam de oxigênio dissolvido (OD), sendo este o oxigênio molecular (O_2) dissolvido na água. A disponibilidade deste elemento depende das condições de temperatura e pressão, e é função da interação do gás oxigênio que existe na atmosfera, o qual é transferido para o meio líquido.

Como citado por MACHADO (2006), a concentração de OD nos cursos d'água depende da temperatura, da pressão atmosférica, da salinidade, das atividades biológicas, de características hidráulicas e, de forma indireta, de interferências antrópicas, como lançamento de efluentes nos cursos d'água. Este processo de transferência caracteriza-se como sendo o transporte de oxigênio em massas de água, desta forma, quanto maior a turbulência maior é a quantidade de oxigênio dissolvido. O teor de oxigênio dissolvido nas águas, a uma pressão de 760 mmHg, 100% umidade relativa e a uma temperatura de 0°C, é de 14,60 mg de $O_2.L^{-1}$.

Conforme a Resolução do CONAMA N° 357/05 (BRASIL, 2005), corpos hídricos de Classe 1 não podem apresentar OD inferior a 6 mg. L^{-1} de O_2 ; de Classe 2 o OD não deve ser inferior a 5 mg. L^{-1} de O_2 ; de Classe 3 o OD não pode ser inferior a 4 mg. L^{-1} de O_2 ; e de Classe 4, o OD deve ser superior a 2 mg. L^{-1} de O_2 em qualquer amostra.

O conjunto de dados do córrego afluente do Córrego da Chapada indica que algumas amostras apresentaram valores abaixo de 6 mg.L^{-1} de O_2 , no entanto superiores a 2 mg.L^{-1} de O_2 (Figura 15), o que enquadra o córrego analisado na classe 4 de acordo com a Resolução do CONAMA N° 357/05 (BRASIL, 2005). Das 26 amostras, 08 apresentaram valor inferior a 6 mg.L^{-1} de O_2 . Destas, as amostras A03, A04, A06, A09 e A40 se enquadram como de Classe 2; as amostras A05 e A08 como de Classe 3; e a amostra A10 (Figura 16b) como de Classe 4. O fato de tais amostras terem sido coletadas no local de entrada do chorume ou serem sequentes a estas justifica os valores.

Figura 15 - OD da água das 26 amostras do córrego abaixo do lixão.²



Fonte: produção do próprio autor.

² Pontos à montante do aporte de lixiviado: A1, A02, A23, A24, A25, A26, A27, A28 e A29;
Entrada de lixiviado: A03, A08 e A10;
Pontos à jusante das entradas de lixiviado: A11, A30, A40, A31, A32, A33 e A12.

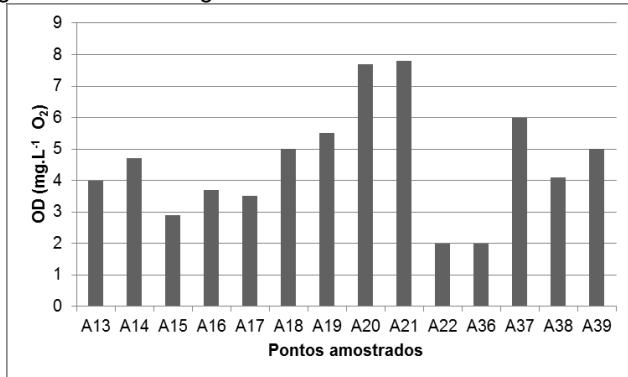
Figura 16 - a) Imagem entre os pontos A09 e o A10. b) Coleta de água no ponto A10.



Fonte: produção do próprio autor.

Nos pontos coletados no entorno do lixão, 21,43% se enquadrariam na Classe 1, a mesma porcentagem na Classe 2 e na Classe 3, e 35,71% na Classe 4 (Figura 17), evidenciando o aporte de efluentes orgânicos onde os valores são inferiores a 6 mg.L^{-1} de O_2 .

Figura 17 - OD da água das 14 amostras no entorno do lixão.

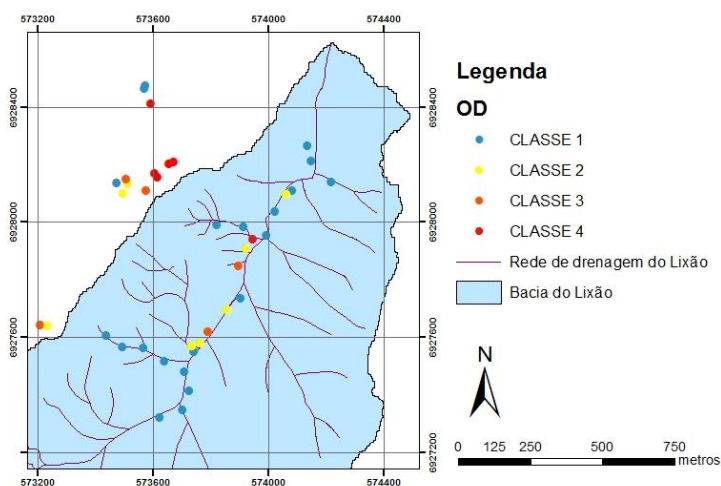


Fonte: produção do próprio autor.

Correlacionando o aporte de efluentes orgânicos aos aspectos de caracterização dos efeitos da alteração na qualidade das águas superficiais, o oxigênio dissolvido pode ser utilizado como um indicador primordial na avaliação dos efeitos causados por estes despejos, apontando as seguintes relações: valores

superiores à saturação indicariam a presença de algas e um bom processo de fotossíntese; valores inferiores à saturação indicariam a presença de matéria orgânica provavelmente de esgotos; na faixa de 4 a 5 mg.L⁻¹ de O₂ onde poderia conduzir para a morte de peixes mais exigentes em relação aos níveis de oxigênio na água; em valores próximos a 2 mg. L⁻¹ de O₂ provavelmente ocorreria a morte de todos os peixes; e para valores próximos a 0 mg. L⁻¹ de O₂ apresenta condições de anaerobiose (MACHADO, 2006). Na Figura 18 pode-se verificar a classificação relativa ao oxigênio dissolvido.

Figura 18 - Classificação das amostras em relação ao valor de oxigênio dissolvido de acordo com a Resolução N°357/05 do CONAMA.³



Fonte: produção do próprio autor.

³ Pontos à montante do aporte de lixiviado: A1, A02, A23, A24, A25, A26, A27, A28 e A29;
Entrada de lixiviado: A03, A08 e A10;
Pontos à jusante das entradas de lixiviado: A11, A30, A40, A31, A32, A33 e A12.

A Tabela 4 apresenta as estatísticas descritivas do oxigênio dissolvido.

Tabela 4 - Estatísticas descritivas para o oxigênio dissolvido da água.

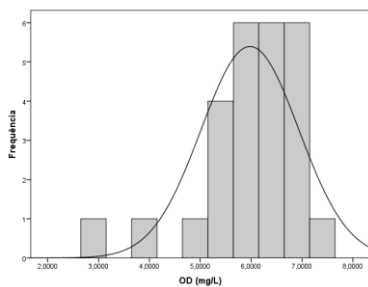
OD (mg.L⁻¹)	Córrego	Entorno
Mínimo	2,90	2,00
Máximo	7,50	7,80
Média	5,98	4,56
Mediana	6,15	4,40
Desvio padrão	0,96	1,80
CV (%)	16,05	39,47
Assimetria	-1,57	0,44
Curtose	3,45	-0,23

Fonte: produção do próprio autor.

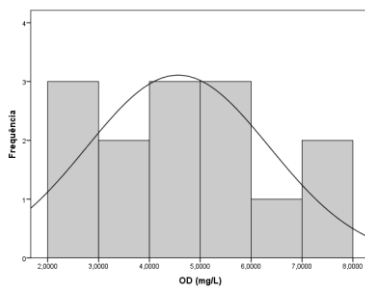
Ao analisar os dados do córrego verifica-se uma assimetria negativa (Figura 19a); o inverso ocorre para os dados do entorno do lixão, onde a assimetria é positiva (Figura 19b). De acordo com Andreotti (2005), podemos considerar homogeneidade dos dados. Em relação a curtose os valores de oxigênio dissolvido apresentaram uma distribuição leptocúrtica para os valores do córrego e platicúrtica para os do entorno.

Figura 19 - Histogramas da variável OD da água: a) do córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinhos ao lixão.

a)



b)



Fonte: produção do próprio autor.

3.1.1.3 pH

O balanço entre ácidos e bases nas águas indica o pH, expresso pela concentração de hidrogênio neste meio; cuja amplitude varia de 7 a 14. A uma temperatura de 25°C, valores inferiores a 7 indicam que a água é ácida, neutra para pH igual a 7 ou alcalina para pH maior do que 7. O pH da água depende de sua origem e características naturais, mas pode ser alterado por atividades antrópicas.

Os ecossistemas aquáticos naturais são influenciados diretamente pelo pH devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Ainda há o efeito indireto que é muito importante, podendo em determinadas condições de pH, contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados, além de exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes em outras condições.

Segundo Machado (2006), o aporte de fontes pontuais nos corpos hídricos podem conduzir a alterações demoradas nos valores do pH, o que, em função das oscilações a curto prazo, podem resultar na inibição dos processos metabólicos, com a consequente interferência nas espécies dos organismos aquáticos, e no poder de autodepuração dos corpos hídricos.

De acordo com a Resolução do CONAMA N° 357/05 (BRASIL, 2005) o pH pode variar entre 6 e 9 não diferindo entre as classes de água doce.

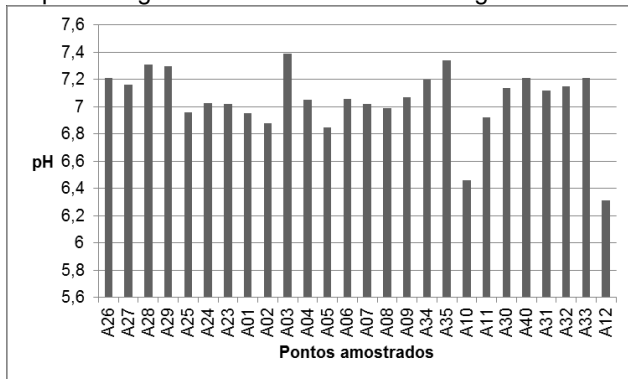
As Figuras 20 e 21 mostram os valores de pH encontrados para as 40 amostras de água analisadas.

Os pontos amostrados no córrego abaixo do lixão estão dentro do limite de pH estabelecido pela Resolução citada, já que variaram entre 6,31 e 7,39.

No entorno, observa-se que duas amostras ficaram abaixo do padrão, sendo que uma foi coletada em um açude próximo e outra no poço de uma propriedade que faz divisa com o lixão (Figura 22). Estes valores indicam que a água é ácida podendo estar relacionado à sua origem e características naturais, mas também pode ter sido alterada pela introdução elementos químicos oriundos de resíduos. O pH também é padrão de potabilidade, recomendando-se que as águas para abastecimento público apresentem valores entre 6,0 e 9,5, de acordo com a Portaria N° 2914/2011 do Ministério da Saúde,

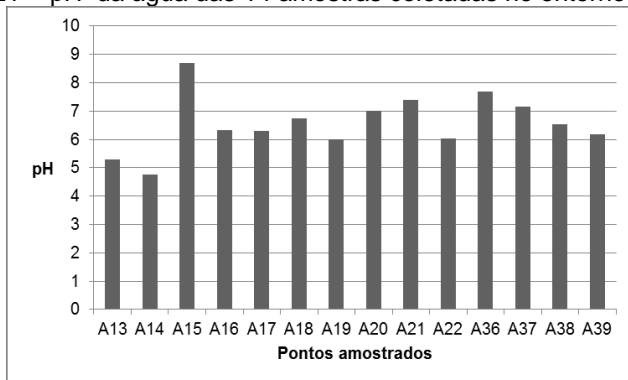
sendo assim a água do poço não deveria estar sendo consumida pelos moradores do local.

Figura 20 - pH da água das 26 amostras do córrego abaixo do lixão.⁴



Fonte: produção do próprio autor.

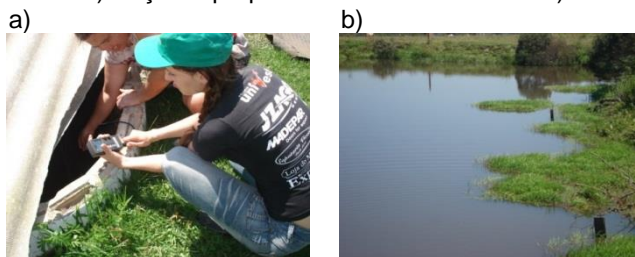
Figura 21 - pH da água das 14 amostras coletadas no entorno do lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

⁴ Pontos à montante do aporte de lixiviado: A1, A02, A23, A24, A25, A26, A27, A28 e A29;
Entrada de lixiviado: A03, A08 e A10;
Pontos à jusante das entradas de lixiviado: A11, A30, A40, A31, A32, A33 e A12.

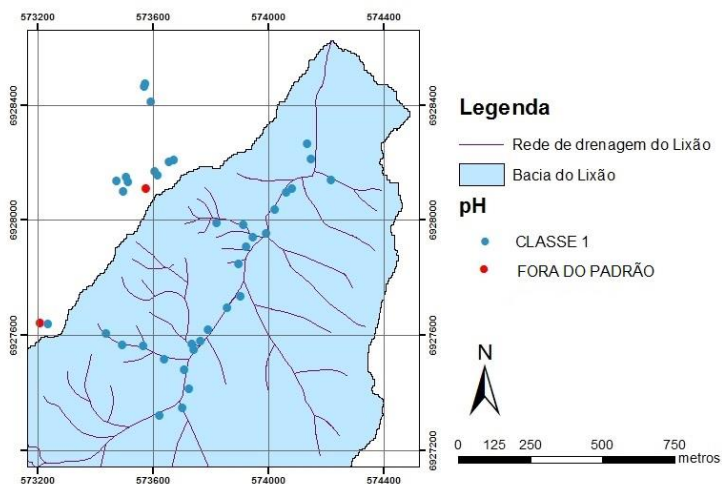
Figura 22 - a) Poço da propriedade vizinha ao lixão. b) Ponto A13 .



Fonte: produção do próprio autor.

A classificação e a localização das amostras de água em relação ao valor de pH, está apresentada na Figura 23.

Figura 23 - Classificação das amostras de água em relação ao valor de pH de acordo com a Resolução N° 357/05 do CONAMA.



Fonte: produção do próprio autor.

A Tabela 5 apresenta os parâmetros estatísticos do pH.

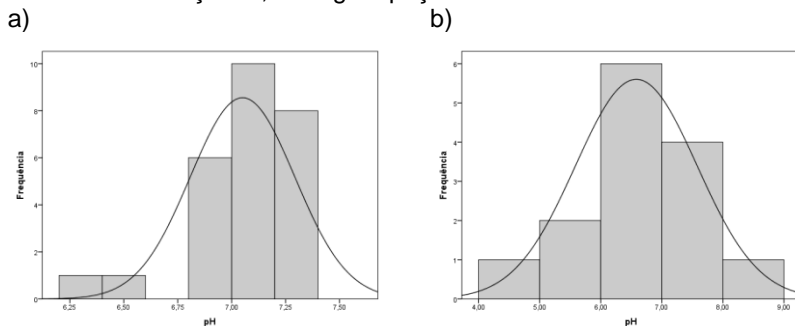
Tabela 5 - Estatísticas descritivas do pH da água.

pH	Córrego	Entorno
Mínimo	6,31	4,76
Máximo	7,39	8,70
Média	7,05	6,58
Mediana	7,06	6,43
Desvio padrão	0,24	1,00
CV (%)	3,40	15,20
Assimetria	-1,56	0,27
Curtose	3,32	0,67

Fonte: produção do próprio autor.

Considerando o conjunto de dados do córrego constata-se assimetria positiva; no entanto para os dados do entorno ocorre assimetria negativa. Para o coeficiente de variação (CV), observa-se que o valor está abaixo dos 40% o que confere homogeneidade aos dados (ANDREOTTI, 2005). No que se refere ao índice de curtose o pH apresentou uma distribuição leptocúrtica para ambos conjuntos de dados.

Figura 24 - Histograma da variável pH da água: a) do córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinhos ao Lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

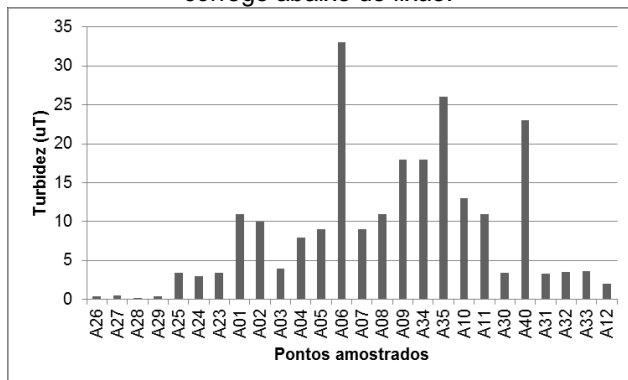
3.1.1.4 Turbidez

A turbidez é uma expressão da propriedade óptica que faz com que a luz seja espalhada e absorvida e não transmitida em linha reta através da amostra (PARRON et al, 2011).

Em termos práticos, turbidez é a redução da transparência das águas, causada pela presença de matéria em suspensão, a qual reflete a luz, dificultando a passagem pela solução. Assim a turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias, plâncton em geral, etc (LIMA, 2005).

Conforme a Resolução N° 357/05 (BRASIL, 2005) as águas doces de Classe 1 observam padrão de até 40 unidades de turbidez (uT), o que enquadraria as amostras retiradas do afluente do Córrego da Chapada, que apresentaram valor mínimo e máximo de 0,23 e 33,00 respectivamente (Figura 25).

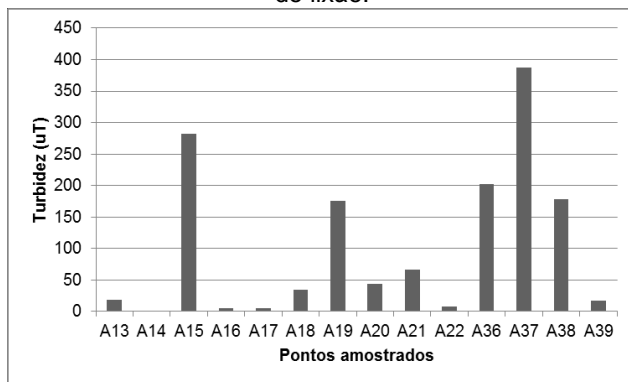
Figura 25 - Turbidez da água obtida nas 26 amostras coletadas no córrego abaixo do lixão.⁵



Fonte: produção do próprio autor.

⁵ Pontos à montante: A1, A02, A23, A24, A25, A26, A27, A28 e A29;
Entrada de lixiviado: A03, A08 e A10;
Pontos à jusante: A11, A30, A40, A31, A32, A33 e A12.

Figura 26 - Turbidez da água obtida nas 14 amostras obtidas no entorno do lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

A amostra coletada do poço pertencente ao morador ao lado do lixão (A14) apresentou valor de 0,53 enquadrando-se como Classe 1, assim como as duas amostras retiradas do córrego ao lado do lixão (A16 e A17) e quatro amostras coletadas de açudes. Dois açudes foram se enquadraram como de Classe 2, com valor até 100 uT. Em cinco açudes, o valor de turbidez variou entre 175 (Figura 27) e 387 UNT o que não os enquadraria nas classes apresentadas pela Resolução citada.

Figura 27 - Açude onde foi coletada a amostra A19, que apresentou turbidez de 175 UNT.

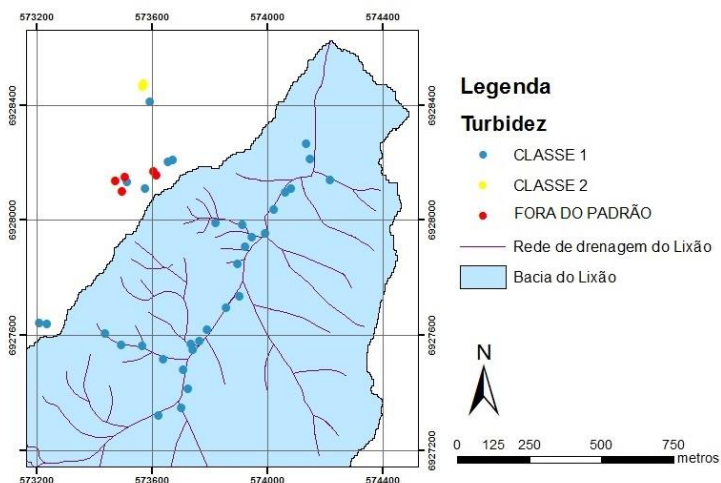


Fonte: produção do próprio autor.

A presença de matérias sólidas em suspensão, matéria orgânica e inorgânica e organismos microscópicos podem ser a causa da turbidez elevada em algumas amostras retiradas de açudes. A turbidez reduz a penetração da luz solar, prejudica a fotossíntese das algas e plantas aquáticas submersas, além de poder recobrir os ovos dos peixes e dos invertebrados bentônicos. Os sedimentos em suspensão podem carrear nutrientes e pesticidas, prejudicando a fauna aquática. As partículas em suspensão localizadas próximo a superfície podem absorver calor adicional da luz solar, aumentando a temperatura da camada superficial da água.

A localização de cada ponto amostrado, assim como a classificação referente a turbidez pode ser visualizada na Figura 28.

Figura 28 - Classificação das amostras de água em relação ao valor de turbidez de acordo com a Resolução N°357/05 do CONAMA.



Fonte: produção do próprio autor.

Os parâmetros estatísticos da turbidez da água estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Estatísticas descritivas da turbidez da água.

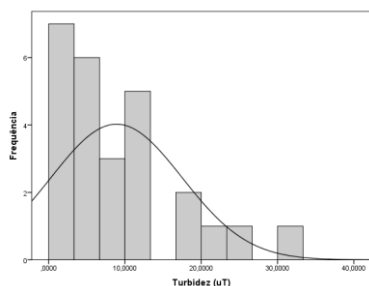
Turbidez (uT)	Córrego	Entorno
Mínimo	0,23	0,53
Máximo	33,00	387,00
Média	8,89	101,69
Mediana	6,00	39,00
Desvio padrão	8,59	122,78
CV (%)	96,63	120,74
Assimetria	1,32	1,24
Curtose	1,34	0,65

Fonte: produção do próprio autor.

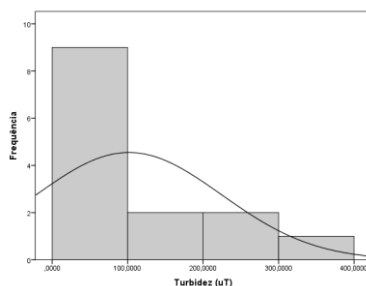
Os dados possuem grande variabilidade já que o CV está próximo ou acima dos 100% (ANDREOTTI, 2005). No que se refere a análise da assimetria, como a média é superior a mediana, considera-se que o conjunto de dados é assimétrico positivo. Em relação ao índice de curtose o turbidez apresentou uma distribuição leptocúrtica (Figura 29a e 29b).

Figura 29 - Histograma da variável turbidez da água: a) do córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinhos ao lixão.

a)



b)



Fonte: produção do próprio autor.

3.1.1.5 Cor

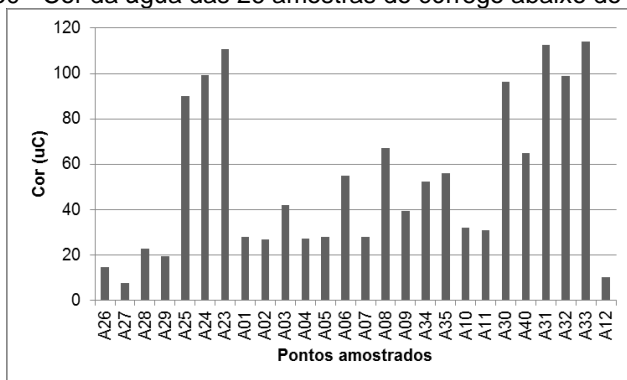
A cor resulta da existência na água de substâncias em solução; podendo ser causada pelo ferro ou manganês, pela decomposição da matéria orgânica da água (principalmente vegetais), pelas algas ou pela introdução de esgotos industriais e domésticos.

De acordo com a NBR 9896 (ABNT, 1993), cor pode ser definida como as características físicas de uma água, devido a existência de substâncias dissolvidas, ou em estado coloidal, na maioria dos casos de natureza orgânica.

De acordo com a Resolução N° 357/05 (BRASIL, 2005), as águas doces da classe 1 devem apresentar cor verdadeira em nível de cor natural do corpo de água em mg. Já para as águas classificadas como classes 2 e 3 a cor verdadeira não pode ser superior a 75 mg.

Assim, 19 amostras coletadas no Córrego que é um afluente do Córrego da Chapada não superaram o valor máximo; no entanto 7 amostras o superaram (Figura 30).

Figura 30 - Cor da água das 26 amostras do córrego abaixo do lixão.⁶

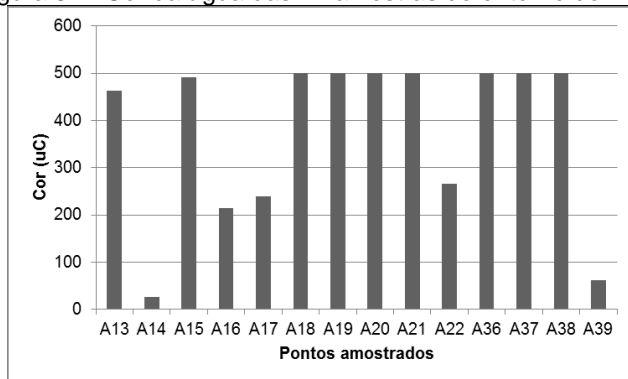


Fonte: produção do próprio autor.

⁶ Pontos à montante: A1, A02, A23, A24, A25, A26, A27, A28 e A29;
Entrada de lixiviado: A03, A08 e A10;
Pontos à jusante: A11, A30, A40, A31, A32, A33 e A12.

Das amostras coletadas no entorno, duas coletadas no córrego vizinho ao lixão também superaram o valor limite, apresentando 214,7 e 240 mg. A amostra retirada do poço da propriedade vizinha ao lixão, apresentou valor de 26,9 mg, classificada como Classe 1, já que apresentou cor natural. O excesso de matéria orgânica nos açudes justifica os valores elevados de cor, assim, das amostras retiradas dos mesmos apenas uma apresentou valor igual ou inferior a 75 mg. Os valores de cor obtidos dos pontos amostrados no entorno do lixão estão apresentados na Figura 31.

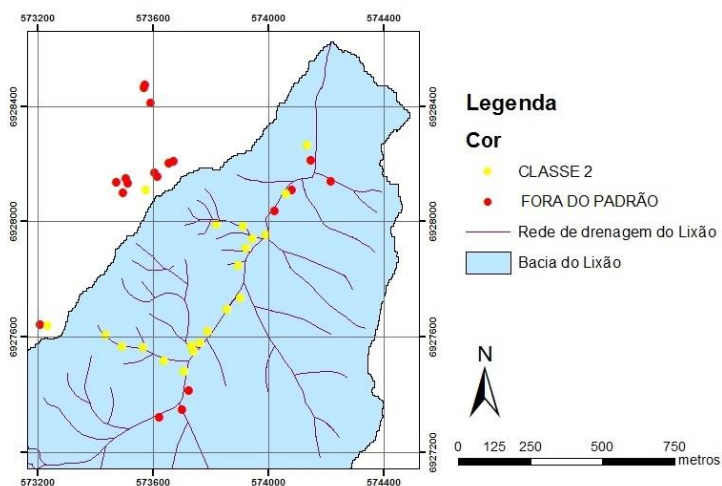
Figura 31 - Cor da água das 14 amostras do entorno do lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

Na Figura 32 estão plotados os pontos de água amostrados, assim como sua classificação referente à cor de acordo com a Resolução N° 357/05 do CONAMA (BRASIL, 2005).

Figura 32 - Classificação das amostras de água em relação ao valor da cor de acordo com a Resolução N°357/05 do CONAMA.



Fonte: produção do próprio autor.

A Tabela 6 contém os parâmetros estatísticos da cor da água.

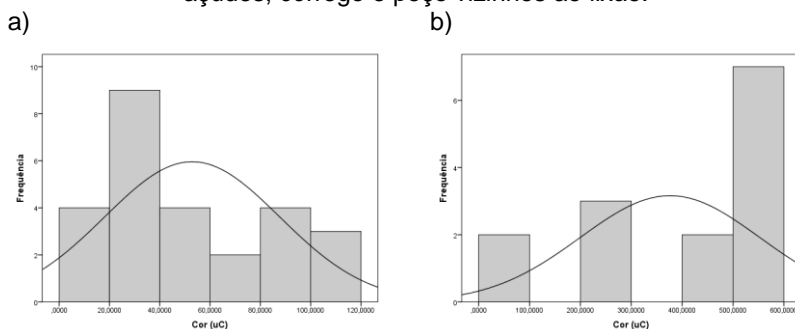
Tabela 6 - Estatísticas descritivas da cor da água.

Cor (uC)	Córrego	Entorno
Mínimo	7,50	26,90
Máximo	113,90	500,00
Média	52,86	376,06
Mediana	40,80	495,85
Desvio padrão	34,79	176,59
CV (%)	65,82	46,96
Assimetria	0,59	-1,07
Curtose	-1,09	-0,37

Fonte: produção do próprio autor.

Analisando os dados de cor do córrego, verifica-se que o valor da média é superior ao valor da mediana, demonstrando que os dados não são simétricos, mas assimétricos positivos; o inverso ocorreu com os dados do entorno, que apresentaram uma assimetria negativa. Os dados são considerados heterogêneos, já que o coeficiente de variação (CV) é superior a 40%. Em se tratando do índice de curtose a cor apresentou uma distribuição platicúrtica (Figura 33).

Figura 33 - Histograma da variável cor da água: a) do córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinhos ao lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

3.1.1.6 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica é a expressão numérica da capacidade de uma água conduzir corrente elétrica (PINTO, 2007). De acordo com a CETESB (2013), a condutividade depende das concentrações iônicas e da temperatura, indicando a quantidade de sais existentes na coluna d'água, representando assim uma medida indireta da concentração de poluentes.

A condutividade elétrica está relacionada basicamente com os sais e indica, portanto, a quantidade de íons mono e multivalentes contidos no líquido (SAMPAIO et al, 2007). Assim quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica na água (PINTO, 2007).

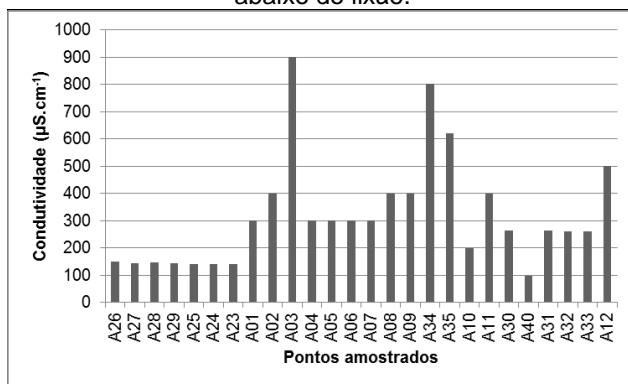
A Resolução do CONAMA N° 357/05 (BRASIL, 2005), não cita um valor limite para este indicador, entretanto ultimamente, segundo MACHADO (2006), a condutividade vem ganhando uma importância na avaliação da qualidade das águas

superficiais, cujos resultados são comparáveis ao teor de matéria orgânica oxidável (expressa pela DBO_5) e teor de matéria inorgânica oxidável (DQO).

Segundo a CETESB (2013), em geral, níveis superiores a $100 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ indicam ambientes impactados. A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, no entanto não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes.

Em relação aos pontos coletados no córrego abaixo do lixão, apenas uma amostra apresentou resultado inferior a $100 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ (Figura 34), o que pode indicar um ambiente impactado de acordo com a CETESB (2013). Destaca-se o ponto A03, que corresponde ao córrego que vêm das lagoas e apresentou condutividade de $900 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$.

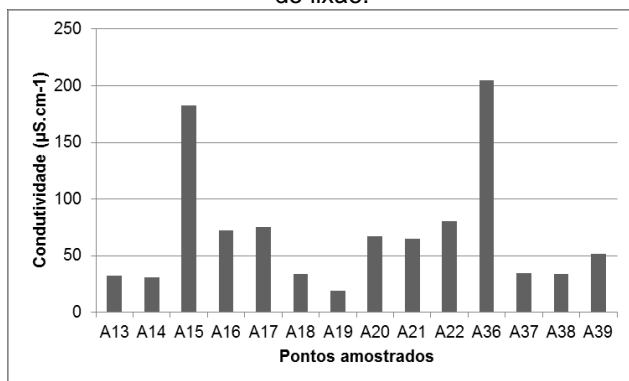
Figura 34 - Condutividade da água obtida nas 26 amostras do córrego abaixo do lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

No que se refere as demais amostras (Figura 35), coletadas no entorno, apenas duas apresentaram valor superior a $100 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$, sendo que ambas foram coletadas no açude cuja propriedade faz divisa com o lixão, o qual recebe esgoto oriundo da mesma.

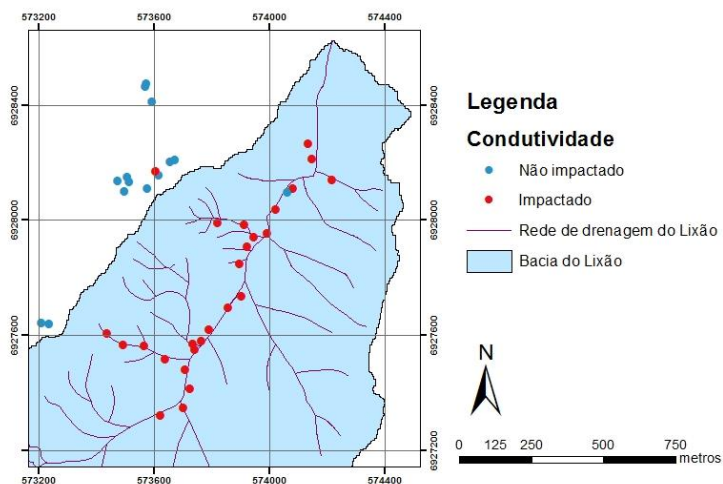
Figura 35 - Condutividade da água obtida nas 14 amostras do entorno do lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

A classificação das amostras de água em relação ao valor da condutividade elétrica está apresentada na Figura 36.

Figura 36 - Classificação das amostras de água em relação ao valor da condutividade de acordo com a CETESB (2013).



Fonte: produção do próprio autor.

Os valores referentes aos parâmetros estatísticos da variável condutividade são demonstrados na Tabela 7.

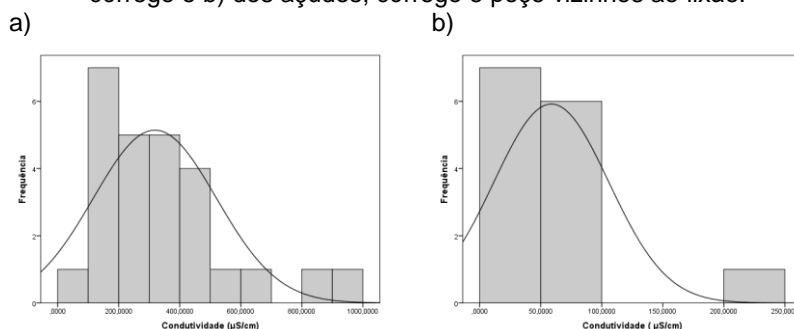
Tabela 7 - Estatísticas descritivas da cor da água.

Condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	Córrego	Entorno
Mínimo	96,60	18,24
Máximo	900,00	205,00
Média	318,41	58,68
Mediana	282,50	43,45
Desvio padrão	201,69	47,17
CV (%)	63,34	80,39
Assimetria	1,57	2,52
Curtose	2,41	7,68

Fonte: produção do próprio autor.

Ao considerar o conjunto de dados do córrego e do entorno constata-se que o valor da média foi superior ao da mediana, indicando uma assimetria negativa. Os dados são heterogêneos, já que o coeficiente de variação (CV) está acima dos 40% (ANDREOTTI, 2005). No que se refere ao índice de curtose a condutividade apresentou uma distribuição leptocúrtica para os dois conjuntos de dados (Figura 37).

Figura 37 - Histograma da variável condutividade da água: a) do córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinhos ao lixão.



3.1.1.7 Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)

Sólidos dissolvidos totais é a soma de todos os constituintes químicos dissolvidos na água. Reflete a concentração de substâncias iônicas sendo expressa em mg L^{-1} (PARRON et al, 2011). Estes sais podem alterar as propriedades físico-químicas das águas superficiais. Analiticamente são considerados sólidos dissolvidos aquelas substâncias ou partículas com diâmetros inferiores a $1,2 \mu\text{m}$ e em suspensão partículas com diâmetros superiores (CETESB, 1992).

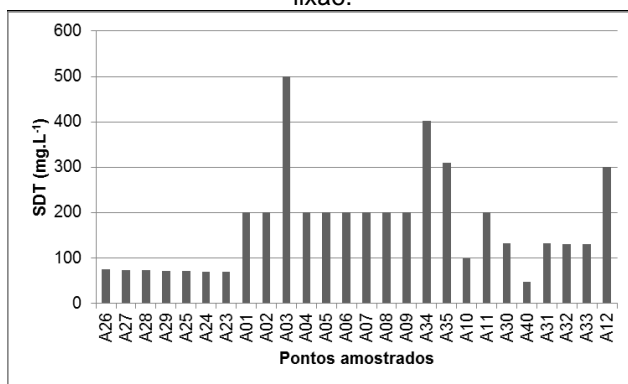
A principal aplicação da determinação dos STD é de qualidade estética da água potável e como um indicador agregado da presença de produtos químicos contaminantes. Uma das formas de estimar a STD é através da conversão da medida de condutividade elétrica. Para converter a condutividade elétrica da amostra em concentração aproximada de sólidos totais dissolvidos, o valor de CE é multiplicado por um fator de conversão, que depende da composição química da STD e pode variar entre 0,54 e 0,96. A maioria dos instrumentos multiparâmetros que possuem medidor de condutividade fazem essa conversão. Uma vez que a condutividade varia com a temperatura, os instrumentos contêm circuitos que a compensam automaticamente para corrigir as leituras com um padrão de 25°C (PARRON et al, 2011).

A Resolução do CONAMA N° 357/05 (BRASIL, 2005) estabelece valor limite de 500 mg.L^{-1} para esta variável. Verificou-se que todas as amostras ficaram abaixo desse valor, ressaltando o ponto A03 que atingiu o valor citado.

A Portaria N° 2914 (BRASIL, 2011) do Ministério da Saúde, também cita um valor de referência que é de 1000 mg.L^{-1} .

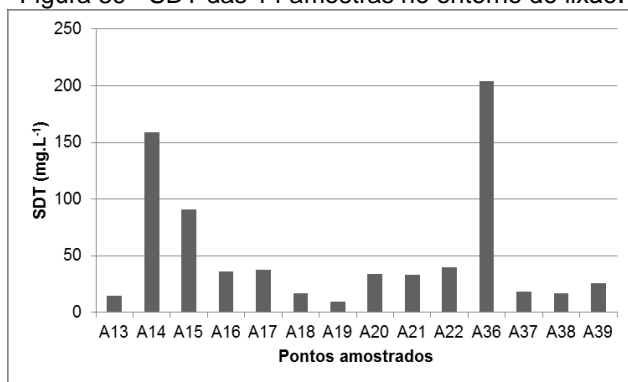
As Figuras 38 e 39 apresentam os valores de sólidos dissolvidos totais.

Figura 38 - SDT das 26 amostras do córrego que passa abaixo do lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

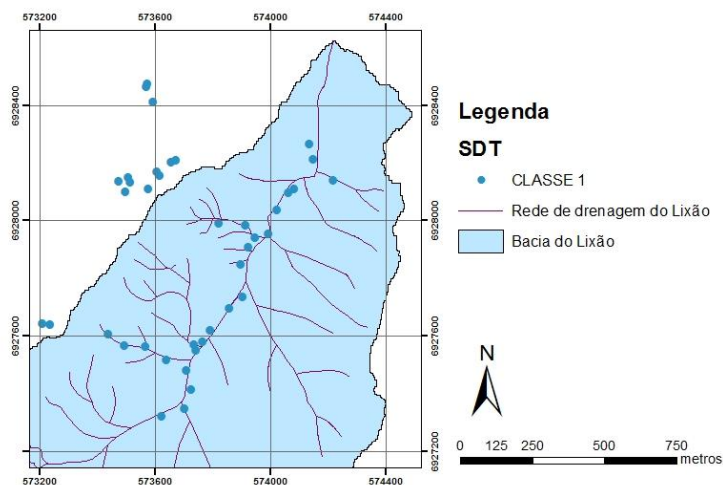
Figura 39 - SDT das 14 amostras no entorno do lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

A classificação das amostras de água em relação ao valor dos sólidos dissolvidos totais de acordo com a Resolução N°357/05 do CONAMA, bem como sua localização estão demonstrados na Figura 40.

Figura 40 - Classificação das amostras de água em relação ao valor dos sólidos dissolvidos totais de acordo com a Resolução N°357/05 do CONAMA.



Fonte: produção do próprio autor.

Os parâmetros estatísticos da variável sólidos dissolvidos totais são apresentados na Tabela 8.

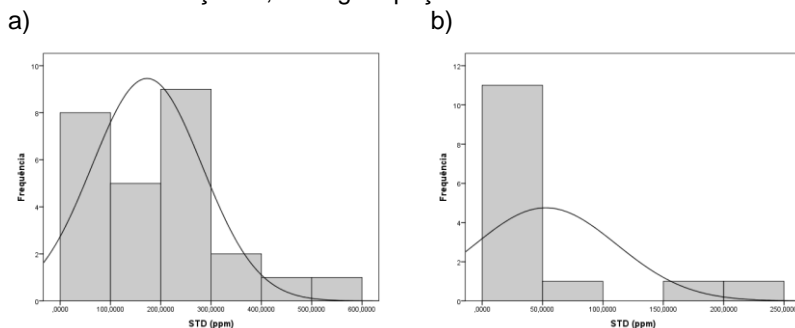
Tabela 8 - Estatísticas descritivas dos sólidos totais dissolvidos da água.

SDT (ppm)	Córrego	Entorno
Mínimo	47,90	9,55
Máximo	500,00	204,00
Média	172,71	52,65
Mediana	166,50	33,35
Desvio padrão	109,67	58,74
CV (%)	63,50	111,57
Assimetria	1,39	1,96
Curtose	2,20	3,00

Fonte: produção do próprio autor.

Analisando os dados do córrego e do entorno constata-se uma assimetria positiva. De acordo com Andreotti (2005), pode-se considerar heterogeneidade dos dados, visto que o coeficiente de variação é superior a 40%; no caso do córrego há grande variabilidade entre os valores visto que o CV foi superior a 100%. Em relação a curtose os valores de STD apresentaram uma distribuição leptocúrtica (Figura 41).

Figura 41 - Histograma da variável STD da água: a) do córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinhos ao lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

3.1.1.8 Sólidos Suspensos

Todas as impurezas, com exceção dos gases dissolvidos, são considerados sólidos suspensos em corpos d'água. Altas concentrações de sólidos em suspensão reduzem a passagem de luz solar, afetam organismos bentônicos e desequilibram as cadeias tróficas (TAVARES, 2005).

Os sólidos totais suspensos não foram analisados em laboratório, no entanto como este parâmetro é necessário para se obter os sólidos totais utilizado para calcular o índice de qualidade das águas – IQA, este foi obtido através da correlação com o valor da turbidez obtido através da Equação 2 de Teixeira Senhorelo (2000) que apresentou R^2 de 0,9821.

Equação 2 - Equação utilizada para cálculo dos sólidos suspensos.

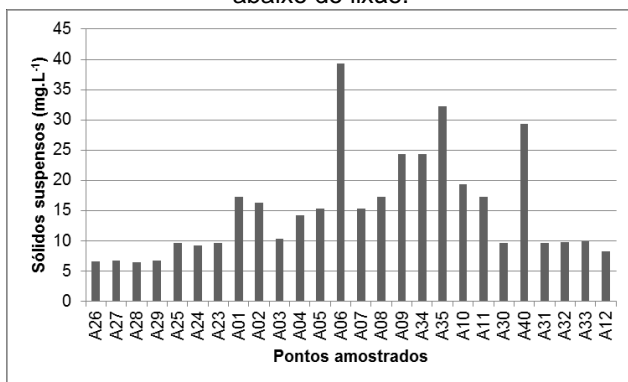
$$SS = 1,0T + 6,3$$

onde:

T = turbidez

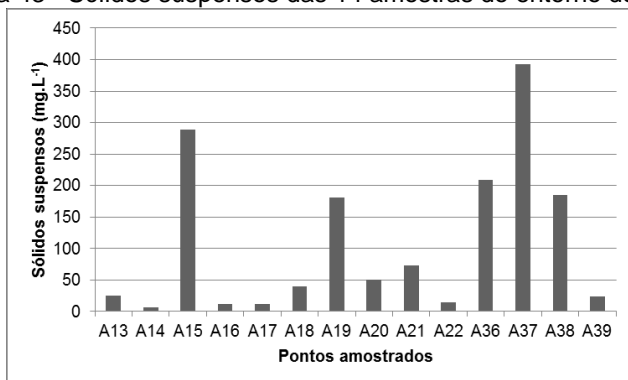
Os valores de sólidos suspensos são apresentados nas Figuras 42 e 43.

Figura 42 - Sólidos suspensos das 26 amostras do córrego que passa abaixo do lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

Figura 43 - Sólidos suspensos das 14 amostras do entorno do lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

A Resolução do CONAMA N°357/05 (BRASIL, 2005) não contem valores de referência para a variável sólidos suspensos. A Tabela 9 apresenta os parâmetros estatísticos.

Tabela 9 - Estatísticas descritivas dos sólidos suspensos da água.

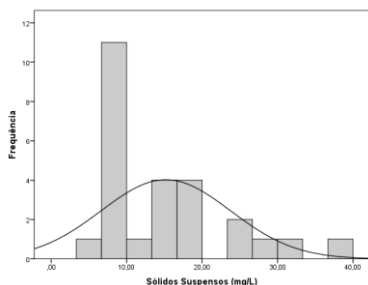
Sólidos Suspensos (mg.L⁻¹)	Córrego	Entorno
Mínimo	6,53	6,83
Máximo	39,30	393,30
Média	15,19	107,99
Mediana	12,30	45,30
Desvio padrão	8,59	122,78
CV (%)	0,57	1,14
Assimetria	1,32	1,24
Curtose	1,34	1,69

Fonte: produção do próprio autor.

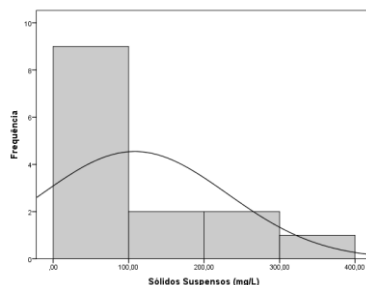
Cotejando-se os valores da estatística descritiva, observa-se que a média é superior a mediana indicando a assimetria dos dados. Os valores de CV encontrados são extremamente baixos, o que confere pouca variabilidade aos dados. A Figura 44 apresenta os histogramas da variável sólidos suspensos da água.

Figura 44 - Histograma da variável sólidos suspensos da água: a) do córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinhos ao lixão.

a)



b)



Fonte: produção do próprio autor.

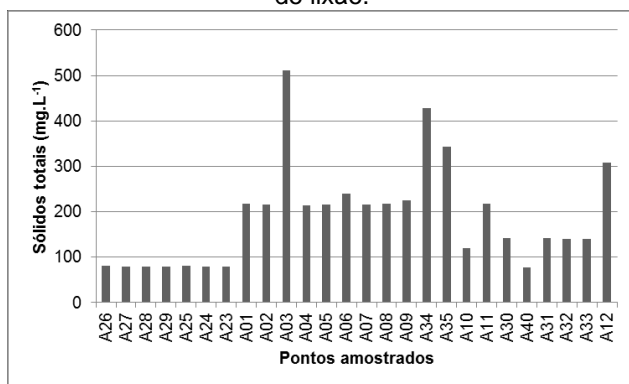
3.1.1.9 Sólidos Totais

Sólidos totais são o resíduo que resta na cápsula após a evaporação em banho-maria de uma porção de amostra e sua posterior secagem em estufa a 103-105° C até peso constante. A medição dos sólidos totais é importante para definir as condições ambientais baseadas nas premissas de que estes sólidos podem causar danos à vida aquática em geral; podendo danificar os leitos de desova de peixes, reterem bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, resultando em decomposição anaeróbia. Altos teores de sais minerais, particularmente sulfato e cloreto, também estão associados à tendência de corrosão em sistemas de distribuição, além de conferir sabor às águas, prejudicando o abastecimento público de água (PROGRAMA ÁGUA AZUL, 2013).

Como os sólidos totais não foram analisados em laboratório, estes valores foram obtidos através do somatório dos sólidos dissolvidos totais e dos sólidos suspensos, visto que este valor foi necessário para efetuar o cálculo do índice de qualidade das águas – IQA.

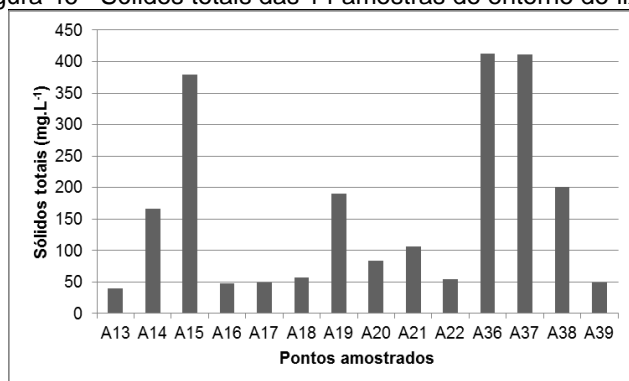
Os valores calculados para os sólidos totais são apresentados nas Figuras 45 e 46.

Figura 45 - Sólidos totais das 26 amostras do córrego que passa abaixo do lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

Figura 46 - Sólidos totais das 14 amostras do entorno do lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

Não existe um valor de referência para os sólidos totais na Resolução N° 357/05 do CONAMA (BRASIL,2005).

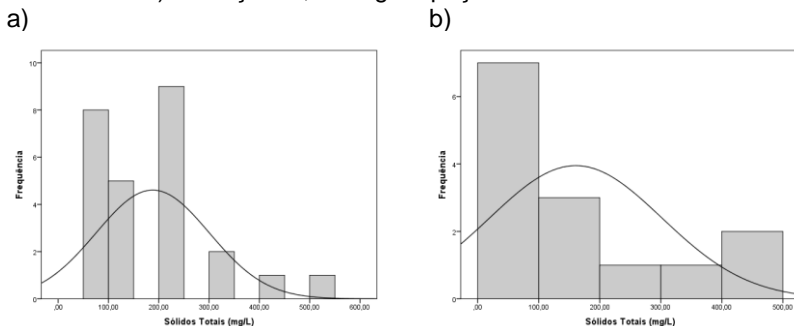
A Tabela 10 mostra os parâmetros estatísticos obtidos para os sólidos totais.

Tabela 10 - Estatística descritiva dos sólidos totais da água.

Sólidos Totais (mg.L⁻¹)	Córrego	Entorno
Mínimo	77,20	39,60
Máximo	510,30	412,30
Média	187,90	160,63
Mediana	178,50	95,15
Desvio padrão	112,52	141,36
CV (%)	0,60	0,88
Assimetria	1,28	1,06
Curtose	0,65	-0,39

Os dados apresentados possuem assimetria positiva, com o CV inferior a 1% denotando pouca variabilidade entre os dados. Enquanto os dados do córrego apresentam distribuição leptocúrtica (Figura 47a), os do entorno possuem distribuição platicúrtica (Figura 47b).

Figura 47 - Histograma da variável sólidos totais da água: a) d córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinhos ao lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

3.1.1.10 Alcalinidade

Alcalinidade é a característica que consiste na capacidade de as águas neutralizarem compostos ácidos, devido a presença de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, quase sempre de metais alcalinos ou alcalinos terrosos (sódio, potássio, cálcio, magnésio, e outros) e, ocasionalmente boratos, silicatos e fosfatos. É expressa em miligrama por litro de carbonato de cálcio equivalente. (NBR 9896/1993).

Considerando que o valor máximo permissível para alcalinidade total em águas para consumo humano recomendada pela Organização Mundial de Saúde (OMS, 1999), é de 400 mg.L^{-1} , todas as amostras apresentaram valores inferior a este limite.

A Tabela 11 mostra os parâmetros estatísticos da alcalinidade da água.

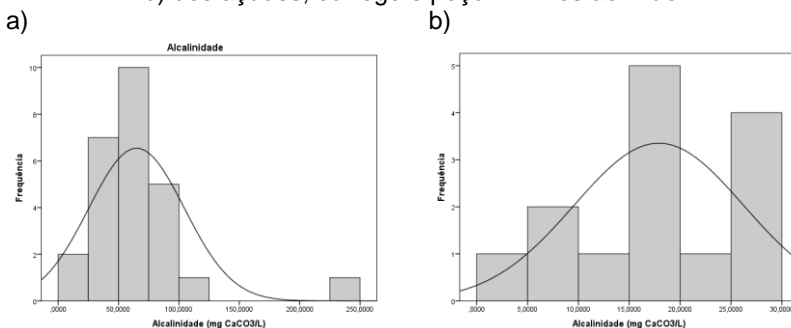
Observando-se os dados, em ambos os casos, a média é ligeiramente inferior a mediana, caracterizando-os como assimétricos positivos. Como citato por Andreotti (2005), valores de coeficiente de variação superiores a 40% denotam heterogeneidade aos dados. Em se tratando da curtose podemos verificar que os dados do córrego apresentam distribuição leptocúrtica (Figura 48a), enquanto os do entorno demonstraram distribuição platicúrtica (Figura 48b).

Tabela 11 - Estatísticas descritivas da alcalinidade da água.

Alcalinidade (mg CaCO₃.L⁻¹)	Córrego	Entorno
Mínimo	11,00	4,00
Máximo	225,10	29,00
Média	64,95	17,90
Mediana	65,00	18,50
Desvio padrão	39,64	8,33
CV (%)	61,03	46,54
Assimetria	2,68	-0,32
Curtose	10,64	-1,15

Fonte: produção do próprio autor.

Figura 48 - Histograma da variável alcalinidade da água: a) do córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinhos ao lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

3.1.1.11 Fósforo total

O fósforo encontra-se na água nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. É essencial para o crescimento de algas, mas, em excesso, causa a eutrofização.

O Fósforo é considerado um nutriente limitante da produtividade primária em sistemas de água doce, já que é um elemento essencial para a vida dos organismos. Este elemento participa em processos fundamentais do metabolismo dos seres vivos, sendo componente dos ácidos nucleicos e dos

fosfolipídios, daí sua importância nos sistemas biológicos (ESTEVES, 1998). Por esta razão o fósforo controla a população de organismos nos corpos de água.

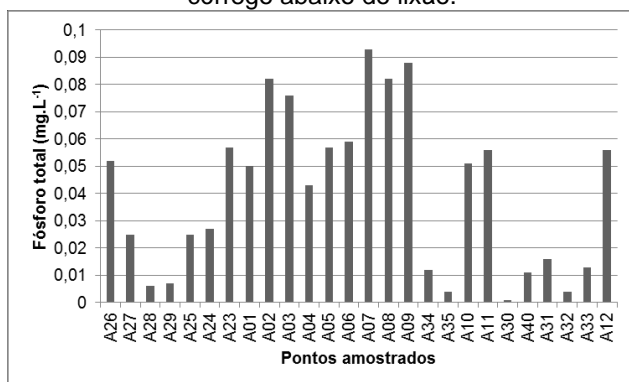
O fósforo aparece em águas naturais devido principalmente às descargas de esgotos sanitários. Sendo que, os detergentes superfosfatados empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas (LIMA, 2005).

Para ambientes lóticos e tributários de ambientes intermediários, no qual se enquadra o córrego afluente do Córrego da Chapada, de acordo com a Resolução N°357/05 (BRASIL, 2005) o limite de fósforo total para a Classe 1 e 2 é de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ e para a Classe 3 é de $0,15 \text{ mg.L}^{-1}$.

Para ambientes lênticos, caso dos açudes, de acordo com a citada resolução, o fósforo total da Classe 1 pode atingir o limite de $0,020 \text{ mg.L}^{-1}$; $0,030 \text{ mg.L}^{-1}$ para a Classe 2 e $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$ para a Classe 3.

Das amostras coletadas no córrego que passa abaixo do lixão todas se enquadram na Classe 1, já que nenhum ponto amostrado ultrapassou o valor de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ para esta variável (Figuras 49).

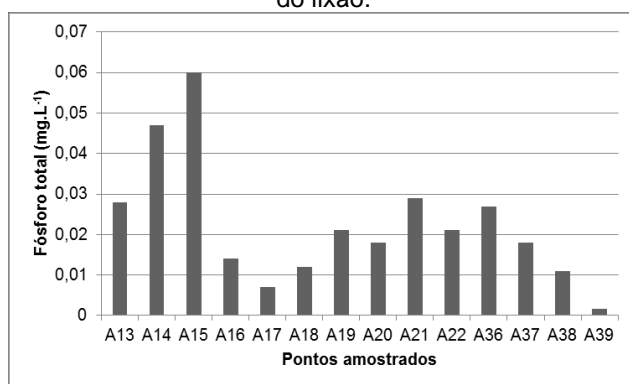
Figura 49 - Concentrações do Fósforo total das 26 amostras de água do córrego abaixo do lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

Nas demais amostras, coletadas no entorno (Figura 50), as duas retiradas do córrego ao lado do lixão apresentaram-se como de Classe 1; a do poço da propriedade vizinha enquadrou-se na Classe 3, cuja explicação pode ser devido a presença deste elemento presente nos solos da região. Uma amostra do açude da propriedade vizinha estava acima do valor máximo permitido para a Classe 3 e a outra como de Classe 2; ressalta-se que as amostras foram coletadas em diferentes datas e que há despejo de esgoto no mesmo. Das amostras retiradas dos açudes ao lado oposto do lixão, três foram classificadas como de Classe 2 devido a exploração e/ou presença de gado no local; o restante enquadra-se como Classe 1.

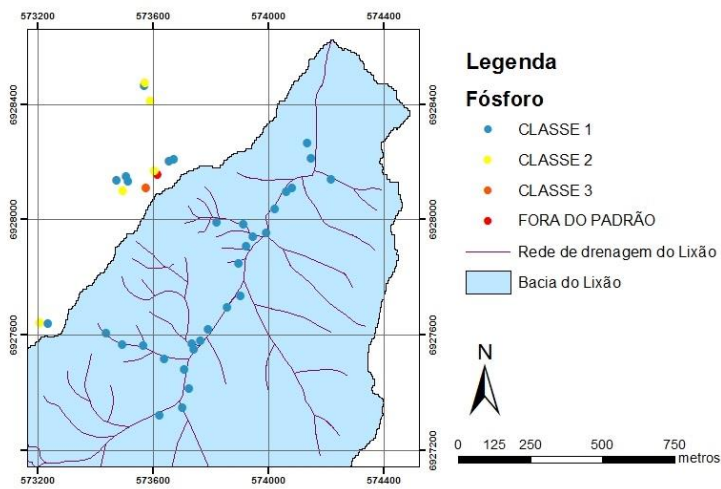
Figura 50 - Concentrações do Fósforo total das 14 amostras do entorno do lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

A classificação dos pontos amostrados em relação ao fósforo total está apresentada na Figura 51.

Figura 51 - Classificação das amostras de água em relação ao valor do fósforo total de acordo com a Resolução N°357/05 do CONAMA.



Fonte: produção do próprio autor.

Os parâmetros estatísticos do fósforo são apresentados na Tabela 12.

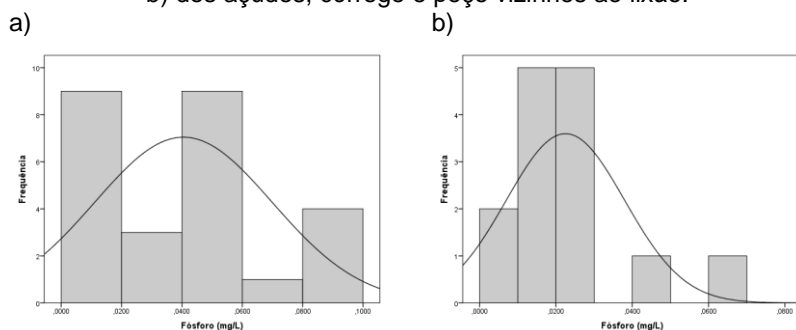
Tabela 12 - Estatísticas descritivas do fósforo total da água.

Fósforo (mg.L ⁻¹)	Córrego	Entorno
Mínimo	0,001	0,002
Máximo	0,093	0,060
Média	0,041	0,022
Mediana	0,047	0,020
Desvio padrão	0,029	0,016
CV (%)	71,605	72,727
Assimetria	0,228	1,247
Curtose	-1,240	1,696

Fonte: produção do próprio autor.

Observando-se os dados do córrego constata-se que valor da média é ligeiramente inferior ao da mediana, denotando que os dados não são simétricos, mas sim assimétricos negativos; o contrário ocorreu com os valores do entorno, onde a média é ligeiramente superior a mediana, indicando uma assimetria positiva. De acordo com Andreotti (2005), pode-se considerar heterogeneidade dos dados, visto que o coeficiente de variação é superior a 40%. Em relação a curtose os valores de fósforo apresentaram uma distribuição platicúrtica nos dados do córrego e leptocúrticos do entorno (Figura 52).

Figura 52 - Histograma da variável fósforo total da água: a) do córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinhos ao lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

3.1.1.12 Compostos Nitrogenados

O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras chamam-se formas reduzidas e as duas últimas, oxidadas (LIMA, 2005).

O nitrogênio é um elemento indispensável ao crescimento de algas, mas, em excesso, pode ocasionar um exagerado desenvolvimento desses organismos, fenômeno chamado de eutrofização. O nitrato na água pode causar a metemoglobinemia, enquanto a amônia é tóxica aos peixes. Algumas causas do aumento do nitrogênio na água podem ser

esgotos domésticos e industriais, fertilizantes, excrementos de animais.

A idade da poluição pode ser associada às formas de nitrogênio, assim, se for coletada uma amostra de água superficial e as análises demonstrarem predominância das formas reduzidas (orgânico e amoniacal) significa, que o foco de poluição se encontra próximo; se prevalecer nitrito e nitrato denotam que as descargas de esgotos se encontram distantes. Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio orgânico na zona de degradação, amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas (LIMA, 2005).

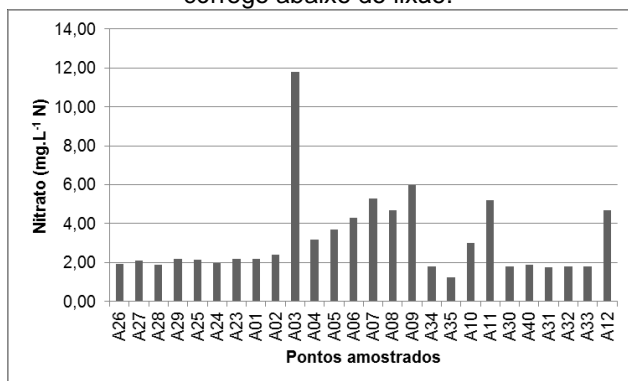
Ainda o nitrogênio amoniacal somado ao nitrogênio orgânico é denominado de nitrogênio total Kjeldahl (NTK). Este valor pode contribuir para uma avaliação geral da abundância de nutrientes nos corpos hídricos, mas de acordo com British Columbia, (1998), não existem critérios estabelecendo a quantidade máxima no ambiente para esta variável, uma vez que está relacionada a outras formas de nitrogênio. Em geral, em termos de corpos hídricos, apresenta-se com maior importância o nitrato e o íon amônio, tendo em vista que estes representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários.

3.1.1.12.1 Nitrato

O limite constante na Resolução N° 357/05 CONAMA (BRASIL, 2005) para o nitrato é de $10 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, sendo o mesmo para as diferentes classes de água.

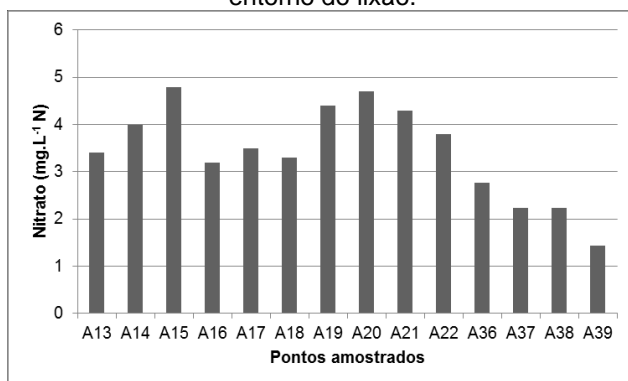
Analisando os valores encontrados para o nitrato nas amostras do córrego que corre abaixo do lixão verifica-se que apenas uma amostra, do ponto A03, superou o limite citado (Figura 55), correspondente ao córrego que vêm das lagoas, possivelmente justificando o valor elevado. Os demais pontos amostrados apresentaram valor inferior ao limite apresentado pela Resolução, inclusive os coletados no entorno do lixão (Figuras 53 e 54).

Figura 53 - Concentrações de nitrato para as 26 amostras de água do córrego abaixo do lixão.⁷



Fonte: produção do próprio autor.

Figura 54 - Concentrações de nitrato para as 14 amostras de água do entorno do lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

⁷ Pontos à montante do aporte de lixiviado: A1, A02, A23, A24, A25, A26, A27, A28 e A29;
Entrada de lixiviado: A03, A08 e A10;
Pontos à jusante das entradas de lixiviado: A11, A30, A40, A31, A32, A33 e A12.

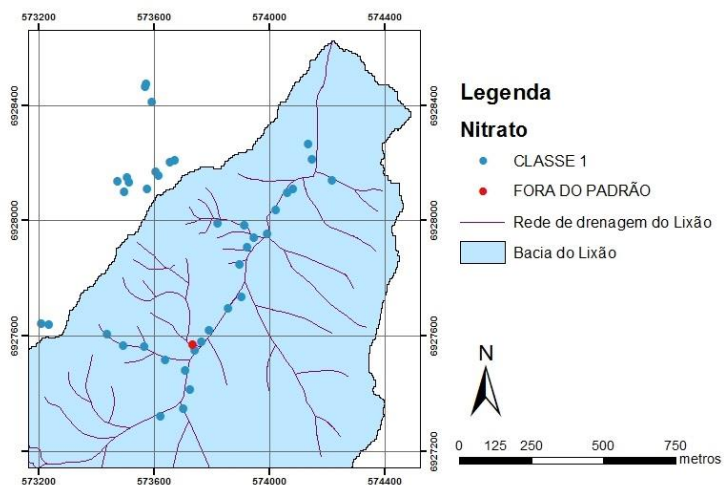
Figura 55 - Coleta realizada no ponto A03.



Fonte: produção do próprio autor.

Na Figura 56 encontra-se a classificação para o nitrato.

Figura 56 - Classificação das amostras de água em relação ao valor do nitrato de acordo com a Resolução N°357/05 do CONAMA.



Fonte: produção do próprio autor.

A Tabela 13 mostra os parâmetros estatísticos do nitrato.

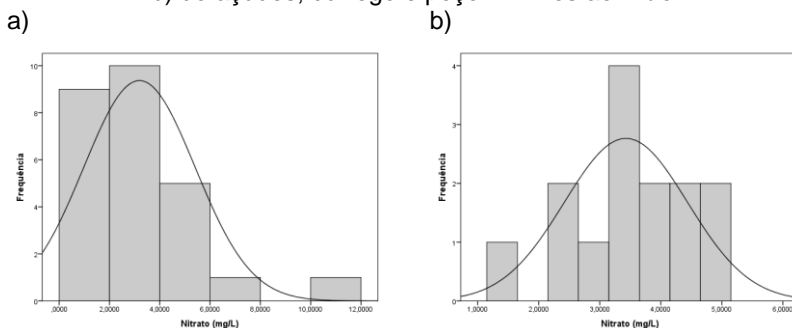
Tabela 13 - Estatísticas descritivas do nitrato da água.

Nitrato (mg.L⁻¹ N)	Córrego	Entorno
Mínimo	1,20	1,40
Máximo	11,80	4,80
Média	3,19	3,45
Mediana	2,20	3,45
Desvio padrão	2,21	1,01
CV (%)	69,28	29,45
Assimetria	2,60	-0,51
Curtose	8,56	-0,39

Fonte: produção do próprio autor.

Os dados referentes ao córrego são assimétricos de forma positiva. Já os do entorno são simétricos, visto que o valor da média e da mediana são iguais. Os dados coletados no córrego são heterogêneos e os do entorno são homogêneos, tomando-se como referência um CV de 40%. Quanto a curtose os dados do córrego possuem distribuição leptocúrtica (Figura 57a), enquanto os do entorno apresentaram distribuição platicúrtica (Figura 57b).

Figura 57 - a) Histograma da variável nitrato da água: a) do córrego e b) do açudes, córrego e poço vizinhos ao lixão.



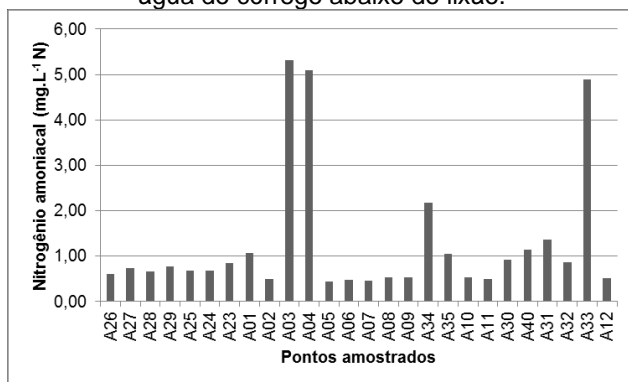
Fonte: produção do próprio autor.

3.1.1.12.2 Nitrogênio amoniacal

No que tange ao nitrogênio amoniacal a Resolução N° 357/05 CONAMA (BRASIL, 2005) estabelece limites diferentes para classes distintas, variando com o pH da amostra. Para a Classe 1 os limites estabelecidos são $3,7 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, para $\text{pH} \leq 7,5$; $2,0 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$; $1,0 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$; e $0,5 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, para $\text{pH} > 8,5$. Já para a Classe 2 os limites estabelecidos são $13,3 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, para $\text{pH} \leq 7,5$; $5,6 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$; $2,2 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$; e $1,0 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, para $\text{pH} > 8,5$.

Todas as amostras coletadas no córrego que corre abaixo do lixão apresentaram pH inferior a 7,5, cujo limite seria de $3,7 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$ para a Classe 1 e $13,3 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$ para a Classe 3. Três pontos A03, A04 e A33 apresentaram valores superiores ao limite estabelecido para a Classe 1. O ponto A03 refere-se ao córrego que vem das lagoas justificando o valor de $5,32 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, o ponto A04 apresentou $5,10 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$ por estar muito próximo do ponto A03 em uma distância de aproximadamente 30 metros. O ponto A33 com valor de $4,89 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$ justifica-se por estar na zona de decomposição ativa.

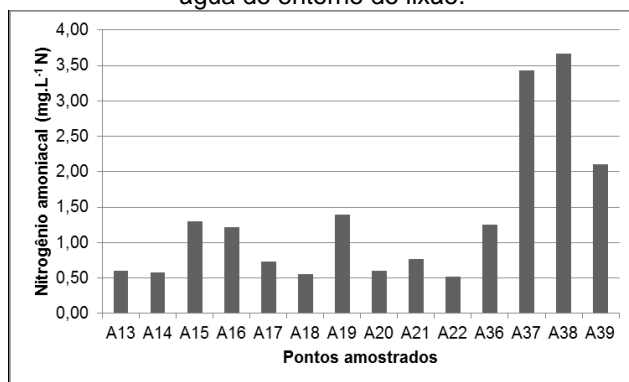
Figura 58 - Concentrações de nitrogênio amoniacal das 26 amostras de água do córrego abaixo do lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

Nos pontos lindeiros ao lixão apenas um apresentou pH superior a 7,5 sendo este o ponto A36 com pH igual a 7,7. Nos pontos com pH inferior ou igual a 7,5 o valor de nitrogênio amoniacal não ultrapassou $3,7 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, considerados assim como de Classe 1. O limite de $2,0 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$ não foi ultrapassado pelo ponto A36, sendo também classificado como Classe 1.

Figura 59 - Concentrações de nitrogênio amoniacal das 14 amostras de água do entorno do lixão.

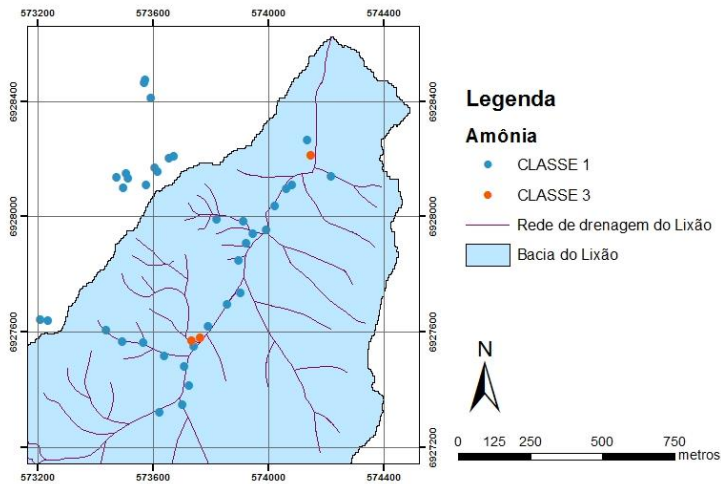


Fonte: produção do próprio autor.

A localização e a classificação das amostras de água em relação ao valor do nitrogênio amoniacal de acordo com a Resolução N°357/05 do CONAMA estão apresentados na Figura 60⁸.

⁸ Pontos à montante do aporte de lixiviado: A1, A02, A23, A24, A25, A26, A27, A28 e A29;
Entrada de lixiviado: A03, A08 e A10;
Pontos à jusante das entradas de lixiviado: A11, A30, A40, A31, A32, A33 e A12

Figura 60 - Classificação das amostras de água em relação ao valor do nitrogênio amoniacal de acordo com a Resolução N°357/05 do CONAMA.



Fonte: produção do próprio autor.

Conforme os parâmetros estatísticos apresentados na Tabela 14 observa-se que os dados de nitrogênio amoniacal apresentaram elevada variabilidade.

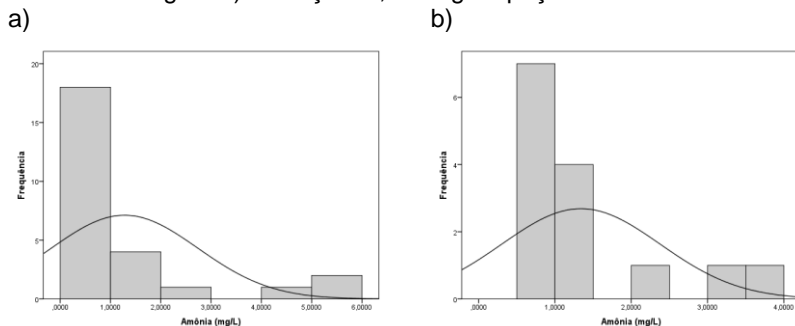
Tabela 14 - Estatísticas descritivas do nitrogênio amoniacal da água.

Amônia (mg.L ⁻¹ N)	Córrego	Entorno
Mínimo	0,44	0,52
Máximo	5,32	3,67
Média	1,28	1,34
Mediana	0,71	1,00
Desvio padrão	1,46	1,04
CV (%)	114,06	77,61
Assimetria	2,29	1,56
Curtose	3,99	1,50

Fonte: produção do próprio autor.

Os dois conjuntos de dados apresentaram assimetria positiva. No que se refere ao índice de curtose os dados demonstraram distribuição leptocúrtica (Figura 61a e 61b).

Figura 61 - a) Histograma da variável nitrogênio amoniacal da água: a) do córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinhos ao lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

3.1.1.12.3 Nitrogênio Total

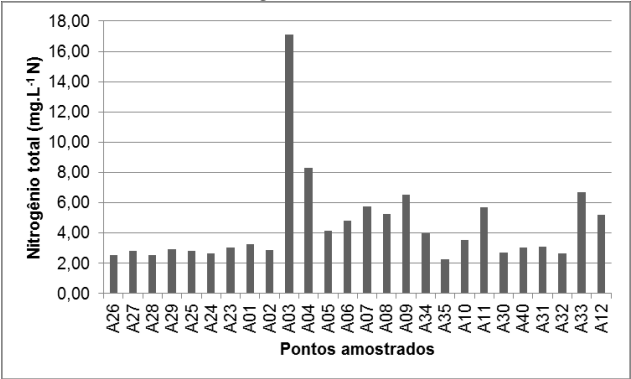
O valor de nitrogênio total para cada ponto amostrado foi obtido através do somatório dos valores de nitrato e nitrogênio amoniacal.

Nas Figuras 62 e 63 são apresentados os valores de nitrogênio total para os pontos amostrados do córrego e do entorno do lixão. A Resolução N° 357/05 do CONAMA não faz referência a esta variável.

Para o córrego em questão⁹ os valores variaram de 2,28 a 17,12 mg.L⁻¹, enquanto que para as amostras do entorno ficaram entre 3,55 e 6,10 mg.L⁻¹.

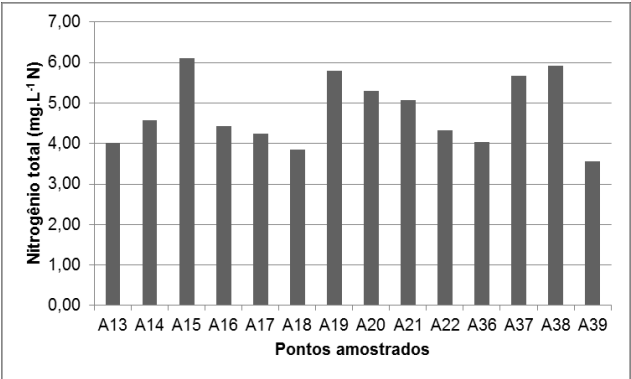
⁹ Pontos à montante do aporte de lixiviado: A1, A02, A23, A24, A25, A26, A27, A28 e A29;
Entrada de lixiviado: A03, A08 e A10;
Pontos à jusante das entradas de lixiviado: A11, A30, A40, A31, A32, A33 e A12.

Figura 62 - Concentrações de nitrogênio total das 26 amostras de água do córrego abaixo do lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

Figura 63 - Concentrações de nitrogênio total das 14 amostras de água do entorno do lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

Tomando-se como comparativo a média e a mediana da variável nitrogênio total apresentados na Tabela 15 constata-se que os dados são assimétricos positivos. As amostras coletadas no córrego apresentaram maior variação que as do entorno.

Tabela 15 - Estatísticas descritivas do nitrogênio total da água.

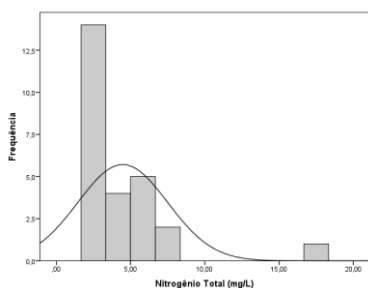
Nitrogênio Total (mg.L⁻¹ N)	Córrego	Entorno
Mínimo	2,28	3,55
Máximo	17,12	6,10
Média	4,47	4,77
Mediana	3,19	4,50
Desvio padrão	3,03	0,85
CV (%)	67,69	17,82
Assimetria	3,18	0,29
Curtose	12,34	-1,42

Fonte: produção do próprio autor.

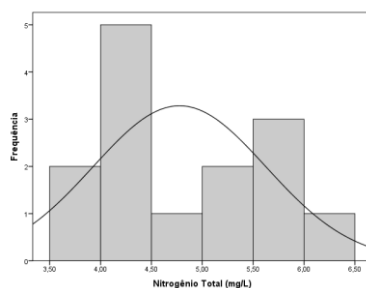
A Figura 64 mostra que os dados do córrego possuem distribuição leptocúrtica e os do entorno planicúrtica.

Figura 64 - a) Histograma da variável nitrogênio total da água: a) do córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinhos ao lixão.

a)



b)



Fonte: produção do próprio autor.

3.1.1.13 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅)

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é um parâmetro que indica a quantidade de oxigênio consumida durante a degradação bioquímica da matéria orgânica (demanda carbonácea) juntamente com o oxigênio usado na oxidação de produtos inorgânicos em um certo período de tempo, e também o

oxigênio utilizado para oxidar formas reduzidas de nitrogênio (demanda nitrogenada), pelo metabolismo de microrganismos aeróbios, que promovem a estabilização desta matéria orgânica presente no meio líquido.

A oxidação bioquímica é um processo lento, que dependerá dentre outros fatores, da população biológica envolvida e da temperatura. Um tempo praticamente infinito pode ser necessário para uma completa oxidação biológica, mas para propósitos práticos pode-se considerar que esta reação seja completada em 20 dias, uma vez que neste período há uma oxidação de cerca de 95% a 99% da matéria orgânica. Acontece que o período de 20 dias pode ser inviável para certos fins e assim determinou-se o prazo de 5 dias para o ensaio de DBO, quando 60% a 70% da oxidação já se efetuou (ZIMMERMANN, 2013).

De acordo com a CETESB (2013), a DBO de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de 20°C é frequentemente usado e referido como $DBO_{5,20}$.

O grau de poluição de um corpo d'água e o desempenho de um processo de tratamento de águas residuárias, pode ser avaliado e controlado utilizando-se o valor da DBO_5 .

Desta forma, pode-se dizer que a DBO_5 é quantidade ou a taxa de oxigênio a ser consumida bioquimicamente durante certo intervalo de tempo, a uma determinada temperatura e numa dada quantidade de amostra.

Este parâmetro informa, de forma indireta, se os corpos hídricos possuem boas condições de oxigenação e ainda se está ocorrendo aporte de matéria orgânica nos corpos hídricos (MACHADO, 2006).

A Resolução N° 357/05 do CONAMA (BRASIL, 2005), estabelece que o valor limite para a DBO_5 é de 10 mg de $O_2 \cdot L^{-1}$. Para a Classe 1 o limite da DBO 5 dias a 20°C é de até 3 mg. L^{-1} O_2 ; para a Classe 2 é de 5 mg. L^{-1} O_2 ; para a Classe 3 é de 10 mg. L^{-1} O_2 .

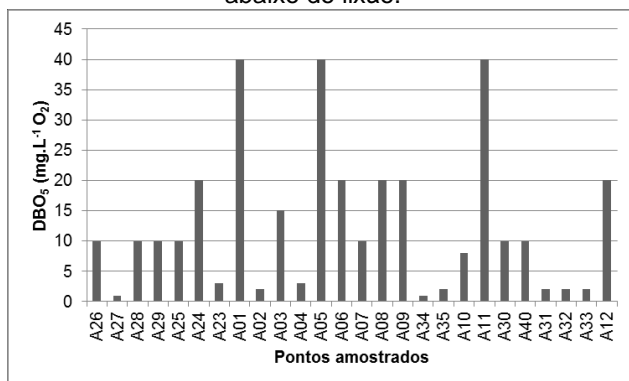
Com relação ao córrego abaixo do lixão (Figura 65), nos pontos coletados a montante das entradas de chorume apenas três foram classificados como de Classe 1; quatro pontos como de Classe 3 e dois superaram o valor limite. Nos pontos A01 e A24 que excederam o valor máximo, havia troncos de árvores caídos, que pode estar contribuindo para o aumento da concentração do teor de matéria orgânica. Nos pontos classificados como de Classe 3 havia presença maciça de folhas.

O primeiro ponto que sofre interferência do chorume é o A03, e ultrapassou o limite da Resolução. Como antes do ponto A04 há entrada de água, o chorume sofreu diluição e este foi classificado como Classe 1. Os pontos A05 e A06 também apresentaram valor superior ao limite máximo, possivelmente devido a elevada presença de folhas e galhos nesta parte do córrego. Como no ponto A07 havia um pouco menos de folhas, este se encaixou como Classe 3.

No ponto A08 há uma nova entrada de chorume e este também excedeu o valor máximo permitido, assim como o ponto A09 que é subsequente, visto que não há entrada de água que possibilite a diluição do mesmo. Os pontos A34 e A35 foram coletados porque representam o chorume que escoar até o ponto A10, no entanto foram classificados como de Classe 1 já que provém de uma massa de lixo mais velha, apresentando valor de DBO baixa.

No ponto A10 há uma nova entrada de chorume, no entanto com menos intensidade no dia da coleta, classificando o ponto como de Classe 3, já que havia grande quantidade de folhas no local também. No ponto A11 havia novamente grande quantidade de matéria orgânica em decomposição, justificando o valor superior ao limite. Os pontos A30 e A40 foram enquadrados na Classe 3 pela presença de folhas nos locais de coleta, além da presença de gado no ponto A40. Os pontos A31, A32 e A33 se ajustaram a Classe 1 devido a menor presença de matéria orgânica e da entrada de água após o ponto A31. No último ponto coletado (A12), a DBO apresentou valor maior que o limite máximo, pelo mesmo motivo dos pontos a montante da entrada de chorume.

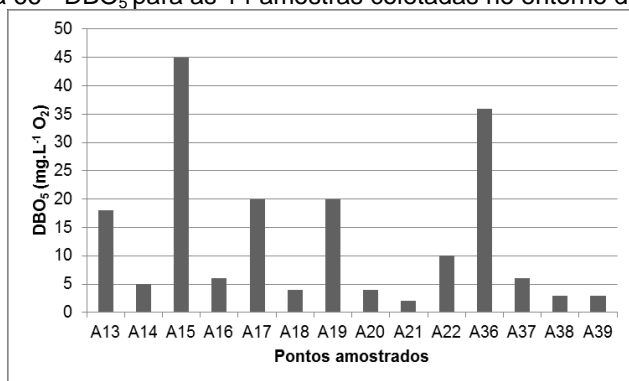
Figura 65 - Valores de DBO_5 para as 26 amostras coletadas no córrego abaixo do lixão.¹⁰



Fonte: produção do próprio autor.

Dos pontos amostrados no entorno do lixão (Figura 66), três se enquadram como de Classe 1. Outros três pontos se enquadraram como de Classe 2 e o mesmo número como de Classe 3. Os demais pontos excederam o valor máximo citado, enfatizando o aporte de matéria orgânica nesses locais.

Figura 66 - DBO_5 para as 14 amostras coletadas no entorno do lixão.

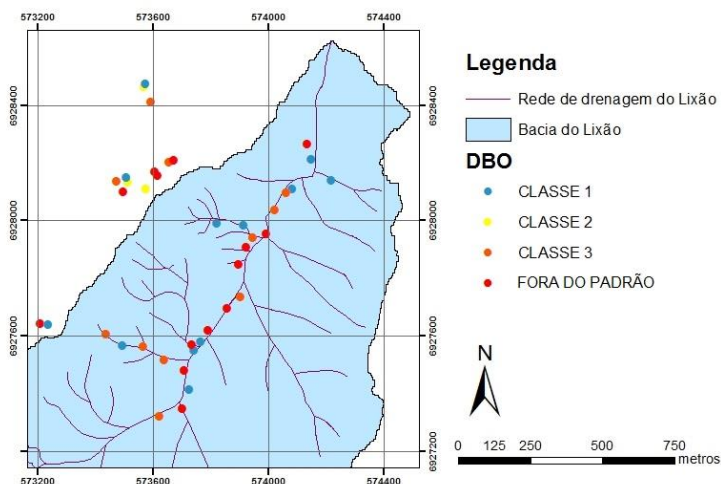


Fonte: produção do próprio autor.

¹⁰ Pontos à montante: A1, A02, A23, A24, A25, A26, A27, A28 e A29;
Entrada de lixiviado: A03, A08 e A10;
Pontos à jusante: A11, A30, A40, A31, A32, A33 e A12.

Na Figura 67 está apresentada a localização assim como a classificação dos pontos amostrados de água em relação ao valor da DBO₅ de acordo com a Resolução N°357/05 do CONAMA.

Figura 67- Classificação das amostras de água em relação ao valor da DBO₅ de acordo com a Resolução N°357/05 do CONAMA.



Fonte: produção do próprio autor.

Segundo Von Sperling (1997), em ambientes naturais sem aporte de matéria orgânica, os valores para as concentrações da DBO₅ ficariam no intervalo de 1 a 10 mg de O₂ L⁻¹. Levando-se em conta o referido intervalo, 34,62% dos valores do conjunto de dados do córrego abaixo do lixão são considerados como poluídos, assim como 35,71% dos dados do entorno.

A Tabela 16 apresenta os parâmetros estatísticos da DBO₅ da água.

Tabela 16 - Estatísticas descritivas da DBO₅ da água.

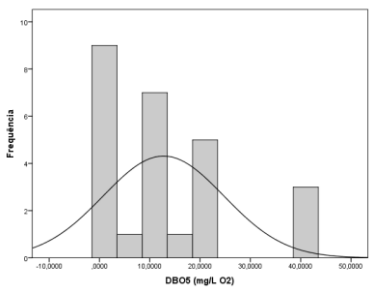
DBO ₅ (mg.L ⁻¹ O ₂)	Córrego	Entorno
Mínimo	1,00	2,00
Máximo	40,00	45,00
Média	12,73	13,00
Mediana	10,00	6,00
Desvio padrão	12,03	13,39
CV (%)	94,46	103,00
Assimetria	1,28	1,49
Curtose	0,97	1,46

Fonte: produção do próprio autor.

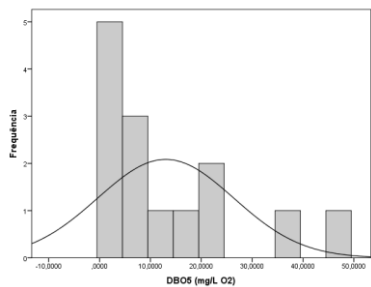
Com relação ao comportamento da DBO₅, observa-se um distanciamento entre os valores da média e da mediana, sendo a média superior ao valor da mediana, com grande diferença de amplitude entre os valores. Para os dados de coeficiente de variação (CV) observamos que os valores se aproximam ou ultrapassam 100%, indicando grande variabilidade entre os dados. A distribuição dos dados é leptocúrtica (Figura 68).

Figura 68 - Histograma da variável DBO₅ da água: a) do córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinhos ao Lixão.

a)



b)



Fonte: produção do próprio autor.

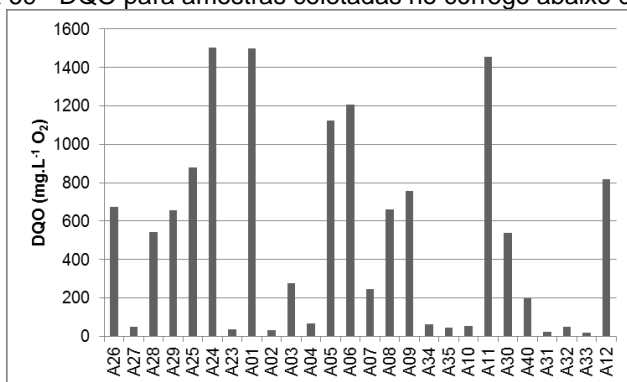
3.1.1.14 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A determinação do conteúdo de matéria orgânica é uma das características mais importantes no estudo das águas residuais e naturais. O teste de DQO corresponde a uma oxidação química da matéria orgânica, obtida através de um oxidante forte, o dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) em meio ácido, em elevada temperatura. Durante a determinação de DQO, a matéria orgânica é convertida a CO_2 e H_2O , determinando o nível do oxigênio existente nos corpos hídricos. Como a oxidação da matéria orgânica se dá mediante um agente oxidante químico extremamente forte que oxida tanto a matéria orgânica como a inorgânica, o valor da DQO sempre será maior que a DBO_5 .

A DQO em águas superficiais podem atingir valores de até 20 mg.L^{-1} , sendo que nestes valores as águas são consideradas menos poluídas. Para valores acima de 200 mg.L^{-1} , são consideradas águas recebendo efluentes. Águas residuais industriais podem ter valores de DQO variando de 100 mg.L^{-1} a 60.000 mg.L^{-1} (CHAPMAN, 1996).

Das 26 amostras do córrego que passa abaixo do lixão, 57,69% apresentaram valor de DQO superior a 200 mg.L^{-1} , indicando segundo Chapman (1996) o aporte de efluentes; ainda segundo o mesmo autor, apenas a amostra A33 poderia ser considerada como água menos poluída já que foi a única com valor inferior a 20 mg.L^{-1} .

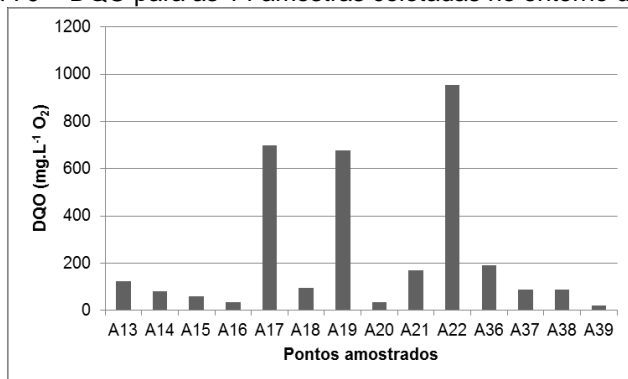
Figura 69 - DQO para amostras coletadas no córrego abaixo do lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

Das amostras coletadas no entorno do lixão apenas 21,43% possuíam valor superior a 200 mg.L^{-1} , indicando de acordo com Chapman (1996) que há o aporte de efluentes nesses locais.

Figura 70 - DQO para as 14 amostras coletadas no entorno do lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

Os parâmetros estatísticos da DQO da água são apresentados na Tabela 17.

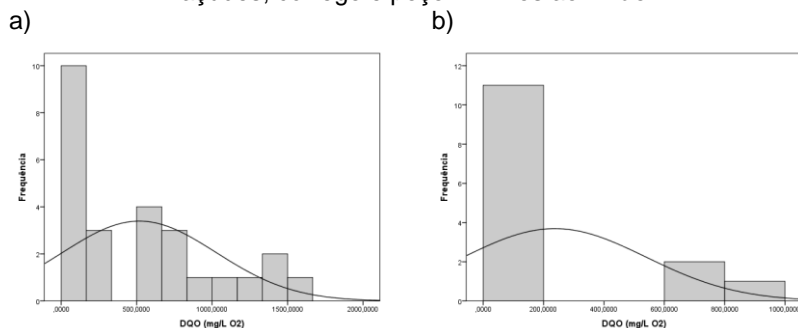
Tabela 17 - Estatísticas descritivas da DQO da água.

DQO ($\text{mg.L}^{-1} \text{ O}_2$)	Córrego	Entorno
Mínimo	17,14	21,43
Máximo	1502,89	955,73
Média	517,87	237,05
Mediana	407,87	91,43
Desvio padrão	509,24	302,67
CV (%)	98,33	127,68
Assimetria	0,73	1,64
Curtose	-0,71	1,38

Fonte: produção do próprio autor.

No conjunto de dados da análise estatística descritiva que representam o valor de DQO, foi observado que o valor das médias foi superior ao das medianas. O coeficiente de variação foi superior no conjunto de dados do entorno, no entanto ambos denotam heterogeneidade no conjunto de dados. Os histogramas da variável DQO da água são apresentadas na Figura 71.

Figura 71 - Histograma da variável DQO da água: a) do córrego e b) dos açudes, córrego e poço vizinhos ao Lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

3.1.2 Parâmetros Microbiológicos

3.1.2.1 Coliformes Totais e Fecais

O grupo de bactérias denominado coliformes totais são aquelas que não causam doenças, visto que habitam o intestino de animais mamíferos inclusive o homem. O grupo de bactérias coliformes é considerado como o principal indicador de contaminação bacteriológica de origem fecal e define a adequabilidade do uso da água.

O teste de contagem de coliformes fecais é aplicável para investigar a poluição de cursos de água, eficiência de desinfecção de sistemas de tratamento de água, de efluentes industriais e domésticos, balneabilidade de praias, rios e monitoramento sistemático para classificação da qualidade da água de rios. O grupo de bactérias coliformes é considerado

como o principal indicador de contaminação bacteriológica de origem fecal e define a adequabilidade do uso da água.

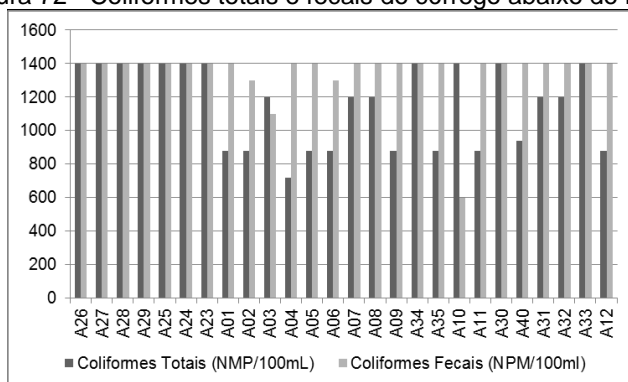
Conforme a Resolução N° 357 (BRASIL, 2005) coliformes termotolerantes presentes na água para o uso de recreação de contato primário deverão obedecer os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA N° 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral, para ser considerado como Classe 1. Para a Classe 2 não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros; o limite de 2500 coliformes termotolerantes por 100 mililitros não deverá ser excedido para a Classe 3 nas mesmas condições citadas para a Classe 1.

Como se realizou apenas uma coleta por ponto amostrado não poderíamos utilizar os limites estabelecidos pela referida Resolução, no entanto utilizamos os valores citados como referência.

Sendo assim, o córrego abaixo do lixão seria enquadrado como de Classe 2 visto que 38,46% está abaixo do limite da Classe 3 (Figura 72). Do universo amostral uma poderia ser enquadrada como Classe 1, um ponto amostrado de um açude do lado oposto ao lixão. Todos os pontos do entorno do lixão foram classificados como Classe 3, já que 85% das amostras ultrapassaram o valor de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros (Figura 73).

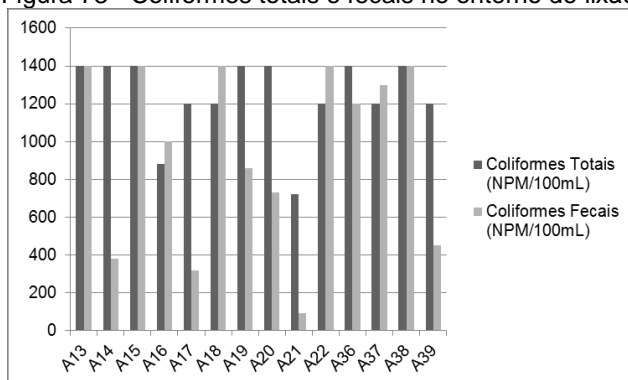
Em relação aos coliformes fecais o entorno se enquadraria na Classe 3, porque 50% das amostras excedeu o limite da Classe 2; o córrego se enquadraria na mesma classe, sendo que 96,15% dos pontos excederam o valor de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros.

Figura 72 - Coliformes totais e fecais do córrego abaixo do lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

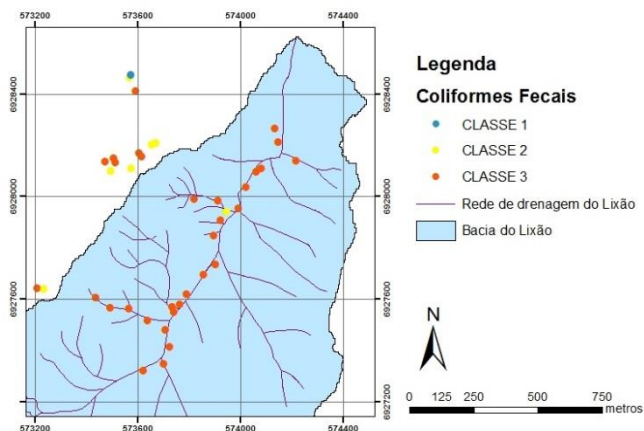
Figura 73 - Coliformes totais e fecais no entorno do lixão.



Fonte: produção do próprio autor.

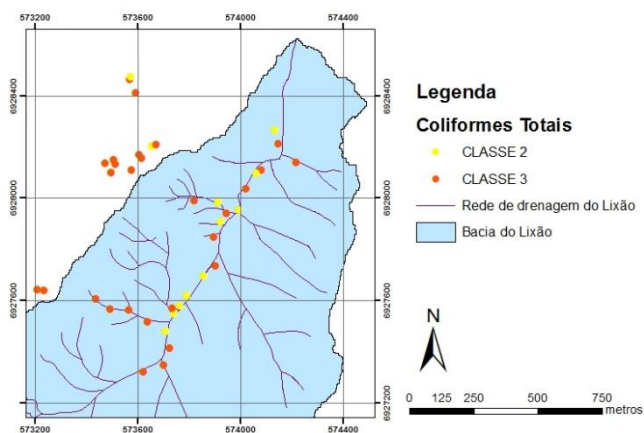
As Figuras 74 e 75 mostram a classificação de cada ponto coletado considerando os limites citados.

Figura 74 - Classificação das amostras de água em relação ao valor dos coliformes fecais de acordo com a Resolução N°357/05 do CONAMA.



Fonte: produção do próprio autor.

Figura 75 - Classificação das amostras de água em relação ao valor dos coliformes totais de acordo com a Resolução N°357/05 do CONAMA.



Fonte: produção do próprio autor.

As Tabelas 18 e 19 apresentam os parâmetros estatísticos dos coliformes totais e fecais das amostras de água coletadas.

Tabela 18 - Estatísticas descritivas dos coliformes totais da água.

Coliformes Totais (NMP.100mL⁻¹)	Córrego	Entorno
Mínimo	720,00	720,00
Máximo	1400,00	1400,00
Média	1157,69	1242,86
Mediana	1200,00	1300,00
Desvio padrão	245,82	212,51
CV (%)	21,23	17,10
Assimetria	-0,32	-1,53
Curtose	-1,66	1,94

Fonte: produção do próprio autor.

Tabela 19 - Estatísticas descritivas dos coliformes fecais da água.

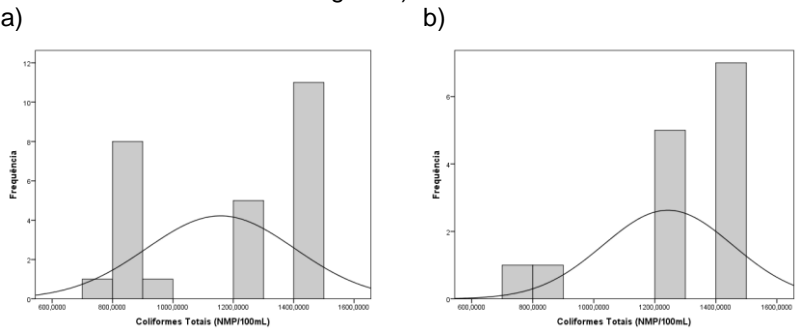
Coliformes Fecais (NPM.100mL⁻¹)	Córrego	Entorno
Mínimo	600,00	94,00
Máximo	1400,00	1400,00
Média	1350,00	952,43
Mediana	1400,00	1100,00
Desvio padrão	165,53	477,25
CV (%)	12,26	50,11
Assimetria	-4,16	-0,58
Curtose	18,32	-1,26

Fonte: produção do próprio autor.

Com referência aos coliformes totais e fecais, o valor da média é superior ao da mediana, o que denota uma assimetria negativa aos dados. Com exceção dos dados de coliformes fecais do entorno, os demais apresentaram homogeneidade, cujo CV é inferior a 40%. Assim como demonstrado nas Figuras 76 e 77 a distribuição dos dados de coliformes fecais do entorno e dos

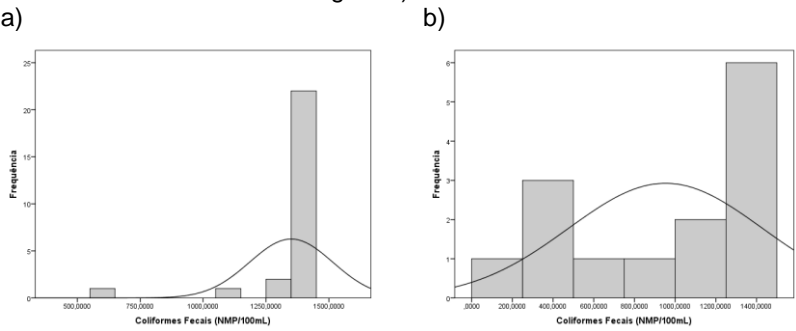
coliformes fecais do córrego é leptocúrtica, enquanto as demais são platocúrticas.

Figura 76 - Histograma da variável coliformes totais da água: a) do córrego e b) do entorno.



Fonte: produção do próprio autor.

Figura 77 - Histograma da variável coliformes fecais da água: a) do córrego e b) do entorno.

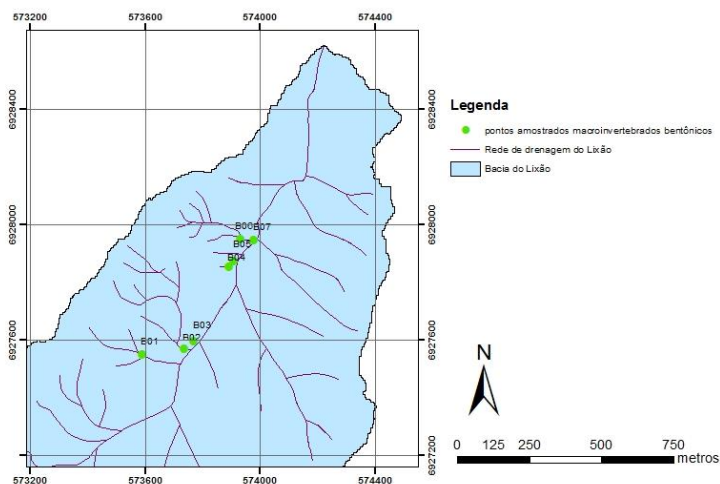


Fonte: produção do próprio autor.

3.1.2.2 Macroinvertebrados Bentônicos

Foram coletados sete pontos no córrego afluente do Córrego da Chapada, sendo: o ponto B01 é correspondente ao A27; o B02 ao A03; o B03 ao A04; o B04 ao A08; o B05 ao A09; o B06 ao A10 e o B07 ao A11 (Figura 78).

Figura 78. Localização dos pontos de macroinvertebrados bentônicos amostrados.



Fonte: produção do próprio autor.

Nos sete pontos amostrados coletou-se um total de 911 exemplares de macroinvertebrados bentônicos pertencentes a 23 famílias identificadas dentro de 10 Ordens e 5 Classes: Insecta, Malacostrada, Hirudinida, Oligochaeta e Gastropoda. Trinta e três exemplares foram identificados apenas em nível de Classe e um de Filo (APÊNDICE D)

Os locais amostrados apresentaram vegetação em suas margens. No ponto B01 onde não há influência do chorume, coletou-se 67 indivíduos distribuídos em 07 Famílias distintas, dentro das ordens: Amphipoda (01 Família), Coleoptera (04 Famílias) e Diptera (02 Famílias). A Ordem com maior diversidade encontrada neste local foi a Coleoptera com 06

indivíduos distribuídos em 04 Famílias: Dysticidae (03 indivíduos), Hydrofilidae (01 indivíduo), Psephenidae (01 indivíduo) e Scirtidae (01 indivíduo). Já a Ordem que apresentou maior abundância foi a Diptera com total de 51 indivíduos coletados (76% do total coletado neste ponto) dentro de 02 Famílias: Chironomidae (50 indivíduos) e um indivíduo pertencente a Ordem Diptera, não identificado em nível de Família, devendo ser encaminhado à especialista na área.

No ponto B02, córrego que vêm das lagoas do Lixão, foram coletados um total de 69 indivíduos pertencentes à 10 Famílias identificadas: Psephenidae e Hydrobiidae (com 23 indivíduos cada); Hydropsichidae (7 indivíduos); Baetidae (5 indivíduos); Chironomidae (4 indivíduos); Elmidae (1 indivíduo); Hyalellidae, Hydrophilidae e Lutrochidae com 1 indivíduo cada. Dois indivíduos foram classificados como pertencentes à Classe e Hirudinida.

O ponto B03 localizado entre o córrego que vêm das lagoas e a entrada primária de chorume coletou-se o menor número de indivíduos, totalizando 21 distribuídos dentro de 8 famílias: Leptoceridae (5 indivíduos); Hyalellidae (4 indivíduos); Scirtidae (3 indivíduos); Dytiscidae, Chironomidae, Empididae e Caenidae (com 2 indivíduos); Staphylinidae (1 indivíduo).

No ponto B04, entrada primária de chorume, foram encontrados 24 insetos pertencentes à sete famílias: Chironomidae (8 indivíduos); Aeglidae (7 indivíduos); Leptohyphidae (5 indivíduos); Mesovellidae, Veliidae e Leptoceridae (com 1 indivíduo cada). Coletou-se 1 indivíduo pertencente à Classe e Hirudinida, não identificado à nível de Ordem e Família, devendo ser encaminhado à especialista na área.

Após a entrada primária de chorume referente ao ponto B05, coletou-se 55 indivíduos pertencentes à 9 famílias: Hydrobiidae (18 indivíduos); Chironomidae (12 indivíduos); Aeglidae e Psephenidae (com 7 indivíduos cada família); Empididae (5 indivíduos); Leptohyphidae e Hyalellidae (com 2 indivíduos cada); Perlidae e Leptoceridae (com 1 indivíduo cada).

O ponto B06 corresponde a entrada secundária de chorume, onde foram amostrados o maior número de indivíduos, perfazendo um total de 439, com 7 famílias identificadas: Chironomidae (391 indivíduos); Empididae (6 indivíduos);

Aeglidae (5 indivíduos); Stratiomidae e Tabanidae (com 2 indivíduos cada); Caenidae e Hydrobiidae (com 1 indivíduo cada). Dentro da Classe Oligochaeta foram identificados 29 indivíduos, na Classe Hirudinida 1 indivíduo e 1 no Filo Nematoda devendo ser encaminhados à especialista na área.

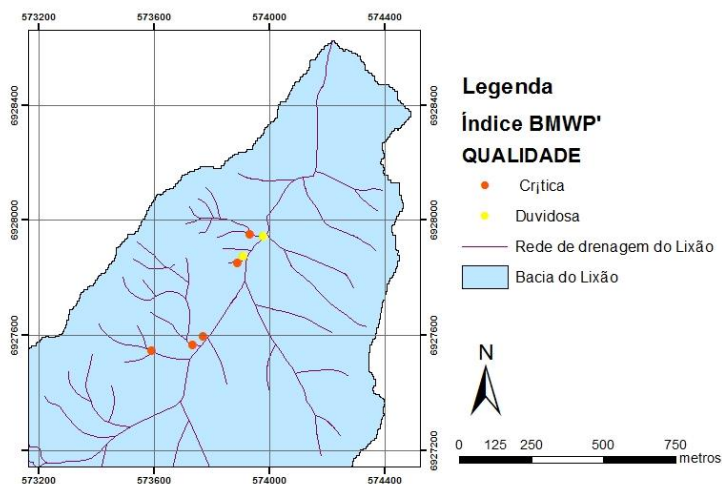
O último ponto identificado como B07, foi coletado a jusante das descargas de chorume e apresentou um total de 236 indivíduos pertencentes à 8 famílias: Chironomidae (119 indivíduos); Psephenidae (79 indivíduos); Hydrobiidae (23 indivíduos); Aeglidae (10 indivíduos), Dolichopodidae (2 indivíduos); Elmidae, Conegionidae e Leptoceridae (com 1 indivíduo cada).

A Família com maior número de indivíduos foi Chironomidae com 64% do total de espécimes coletados. Em seguida têm-se as famílias: Psephenidae correspondendo a 19% e Hydrobiidae com 7,1% do total. A Família Chironomidae foi a única coletada nos 7 pontos amostrados, sendo a mais abundante em quatro deles. Ela se caracteriza por ser bioindicadora de poluição uma vez que a maioria das espécies é capaz de suportar grandes oscilações nas concentrações de oxigênio (OLIVER, 1971; PINDER 1986). Segundo Faria e Almeida (2007) a Família Chironomidae (Ordem Diptera) é o mais conspicuo grupo de invertebrados de água doce, ocupando desde ambientes conservados até locais amplamente poluídos. Em todos os pontos foram encontrados organismos da Ordem Diptera, que são indicadores de águas extremamente poluídas, face serem resistentes a poluição (MUGNAI, et al., 2010). Também de acordo com Barboza et al. (2011) os organismos pertencentes a Ordem Diptera vivem em ambientes aquáticos com inúmeras estratégias alimentares e algumas espécies possuem adaptações para poder viver em locais extremamente poluídos, com pouco oxigênio dissolvido na água.

Os Pontos B01, B02, B03, B04 e B06 apresentaram águas críticas de acordo com o índice BMWP (*Biological Monitoring Work Party System*) adaptado por Loyola (2000) (APÊNDICE E e Figura 79), com águas muito poluídas e sistemas altamente alterados. A presença de Chironomidae em todos os pontos, Hydrobiidae nos pontos 2 e 3, Hirudinea nos pontos 2, 4 e 6 e de Oligochaeta no ponto 6 são fortes indicadores de ambientes poluídos com matéria orgânica, uma

vez que são todos grupos que recebem baixa pontuação no Índice BMWP'.

Figura 79 - Qualidade dos pontos amostrados de acordo com o Índice BMWP'.



Fonte: produção do próprio autor.

Indivíduos das famílias Perlidae e Leptoceridae foram encontrados nos pontos 3 e 4 indicando que estes locais, apesar de serem classificados como ambientes críticos, provavelmente apresentem trechos com taxa de oxigenação capazes de sustentar organismos mais exigentes em relação à qualidade da água. A presença de vegetação nas bordas pode aumentar a quantidade de microhabitats adequados à sobrevivência de insetos mais sensíveis à poluição do meio, como aqueles pertencentes às Famílias Trichoptera e Plecoptera (GOULLART & CALLISTO, 2003).

Os Pontos B05 e B07 foram classificados, segundo o índice BMWP, como ambientes de águas duvidosas, com a presença de poluentes (sistema alterado). De acordo com Barboza et al. (2011) os organismos pertencentes à ordem Plecoptera são considerados intolerantes a mudanças na qualidade da água, necessitando de água extremamente limpa e bem oxigenada, sendo que apenas um indivíduo de Plecoptera foi encontrado no ponto B05. A presença nestes locais de

Famílias de média tolerância à poluição, como os Psephenidae e os Coenagrionidae, pode indicar que está ocorrendo uma diluição dos poluentes provenientes do lixão, fazendo com a água se encontre em um estado de melhor qualidade.

3.1.3 Índice de Qualidade da Água - IQA

Tomando-se por base os dados das análises, cujos valores individuais são apresentados no Anexo 1, calculou-se os valores dos índices de qualidade da água que possibilitaram a sua classificação segundo o IQA_{NSF} (APÊNDICES F e G). Dos pontos a montante do lançamento de chorume 7 foram classificados como aceitáveis. O ponto A27 como bom OD elevado e DBO baixa e o A01 como ruim DBO elevada; três coletados após o lançamento do efluente foram classificados como ruins (DBO elevada e OD baixo; os coletados a jusante foram classificados como aceitáveis, exceto o ponto A12 DBO elevada (Tabela 20).

Cabe ressaltar que mesmo nos pontos a montante do aporte de chorume as notas estiveram alinhadas com os valores obtidos para os pontos a jusante, onde eram esperadas notas mais baixas. Os principais efeitos observados são relativos ao oxigênio dissolvido e a demanda bioquímica de oxigênio, sugerindo a inserção de matéria orgânica na água.

Tabela 20 - Resultados obtidos para a classificação da água do córrego afluente em função das coletas segundo o IQA_{NSF} . a) pontos à montante; b) pontos a partir do aporte de chorume; c) pontos a jusante.

a)			b)			c)		
Ponto	IQA	Classificação	Ponto	IQA	Classificação	Ponto	IQA	Classificação
A26	69,46	Aceitável	A03	60,02	Aceitável	A11	45,60	Ruim
A27	70,13	Boa	A04	62,44	Aceitável	A30	67,83	Aceitável
A28	69,81	Aceitável	A05	42,82	Ruim	A40	63,69	Aceitável
A29	69,26	Aceitável	A06	50,33	Aceitável	A31	68,15	Aceitável
A25	67,36	Aceitável	A07	64,04	Aceitável	A32	69,42	Aceitável
A24	56,12	Aceitável	A08	47,18	Ruim	A33	67,23	Aceitável
A23	66,82	Aceitável	A09	50,99	Aceitável	A12	48,34	Ruim
A01	45,82	Ruim	A34	63,47	Aceitável			
A02	66,40	Aceitável	A35	64,92	Aceitável			
			A10	56,00	Aceitável			

Fonte: produção do próprio autor.

Dos pontos coletados em torno do Lixão1 foi classificado como bom, 7 como aceitáveis e 5 como ruins (Tabela 21). O A21 classificado como bom apresentou oxigênio dissolvido elevado e coliformes fecais baixo. Os classificados como ruins diferiram dos demais pelo teor de fósforo, DBO, OD e turbidez. O ponto coletado no poço do morados vizinho ao Lixão foi classificado como aceitável, já que apresentou OD relativamente baixo, assim como os demais pontos amostrados.

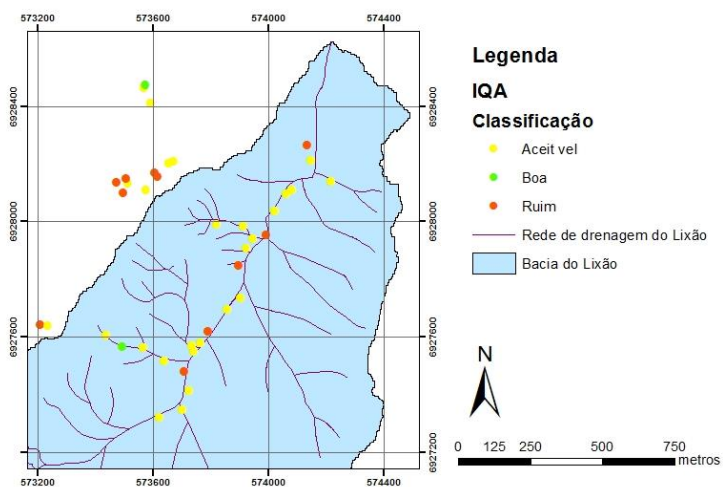
Tabela 21 - Resultados obtidos para a classificação da água dos pontos lindeiros ao lixão em função das coletas segundo o índice IQA_{NSF} .

Ponto	IQA	Classificação
A13	44,42	Ruim
A14	53,92	Aceitável
A15	27,68	Ruim
A16	60,28	Aceitável
A17	50,92	Aceitável
A18	61,41	Aceitável
A19	42,48	Ruim
A20	65,84	Aceitável
A21	70,82	Boa
A22	50,32	Aceitável
A36	27,49	Ruim
A37	46,93	Ruim
A38	47,53	Ruim
A39	65,50	Aceitável

Fonte: produção do próprio autor.

A Figura 80 mostra a classificação dos pontos de água de acordo com o IQA.

Figura 80 - Classificação dos pontos de água amostrados de acordo com o IQA.

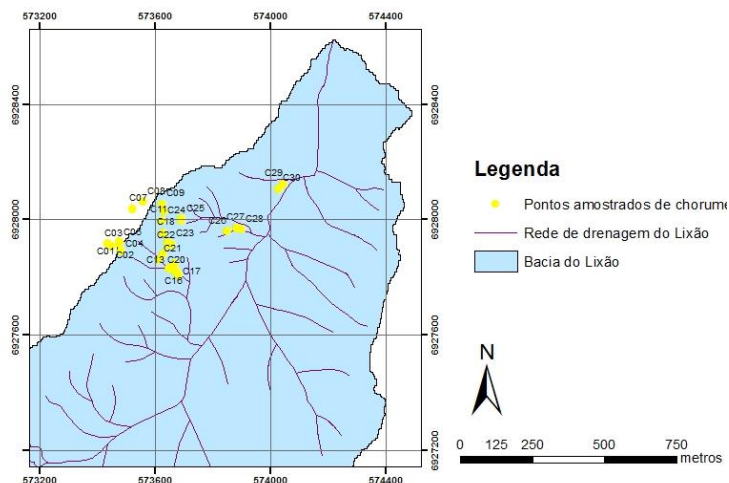


Fonte: produção do próprio autor.

3.2 CHORUME

A Figura 81 mostra a localização dos 30 pontos amostrados de chorume.

Figura 81 - Localização dos pontos amostrados de chorume.



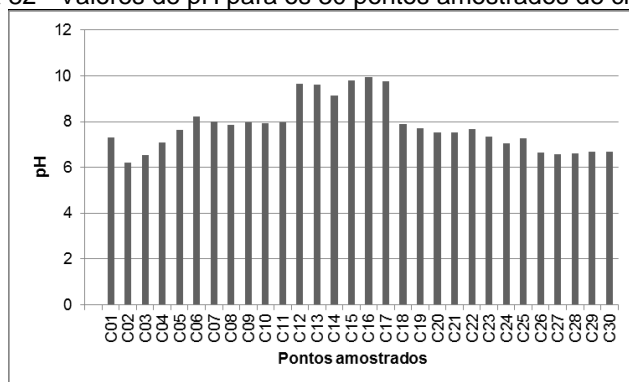
Fonte: produção do próprio autor.

3.2.1 pH

De acordo com a Resolução N° 430/11 do CONAMA (Brasil, 2011), para um efluente ser lançado diretamente no corpo receptor o pH pode variar entre 5 e 9. A Figura 82 apresenta os valores de pH.

Nos 30 pontos amostrados de chorume o pH variou entre 6,20 e 9,95 (Figura 82). Nos pontos C12, C13, C14, C15, C16 e C17 coletados nas lagoas de decantação, locais em que o chorume está mais diluído, o pH foi superior a 9, estando em desacordo com a Resolução N° 430/11 do CONAMA (Brasil, 2011). Nos demais pontos o valor de pH está de acordo com a resolução citada.

Figura 82 - Valores de pH para os 30 pontos amostrados de chorume.



Fonte: produção do próprio autor.

Levando-se em conta a variação de pH-considera-se que o lixão desativado do município de Lages-SC está entre as fases acetogênica e metanogênica (IPT, 2000), se aproximando mais da última já que apenas 26,67% dos pontos amostrados possuem pH inferior a 7,5. Cabe ressaltar que as fases não são bem delimitadas, podendo ocorrer mais que uma fase.

Os parâmetros estatísticos do pH das amostras de chorume são apresentados na Tabela 22.

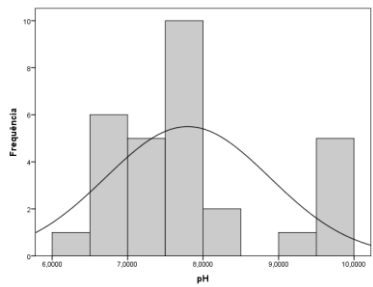
Tabela 22 - Estatística descritiva do pH do chorume.

pH	
Mínimo	6,2
Máximo	9,95
Média	7,8
Mediana	7,66
Desvio padrão	1,09
CV (%)	13,96
Assimetria	0,74
Curtose	-0,36

Fonte: produção do próprio autor.

Os dados apresentam assimetria positiva, visto que o valor da média é ligeiramente superior ao da mediana. Os dados são homogêneos, com distribuição platicúrtica (Figura 83).

Figura 83 - Histograma da variável pH para chorume.

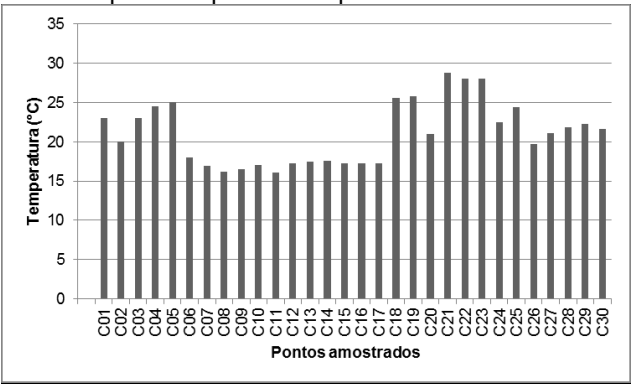


Fonte: produção do próprio autor.

3.2.2 Temperatura

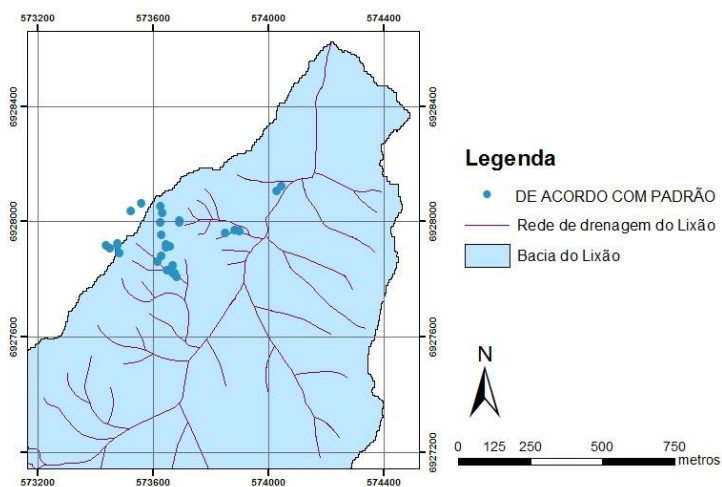
A Resolução N° 430/11 do CONAMA (Brasil, 2011) cita que a temperatura dos efluentes que serão lançados em corpos receptores deve ser inferior a 40°C. A Figura 84 apresenta os valores individuais. Todos os pontos amostrados estão de acordo com a Resolução citada (Figura 85), sendo que a temperatura mais elevada, 28,8°C, foi encontrada no ponto C21.

Figura 84 - Temperatura para os 30 pontos amostrados de chorume.



Fonte: produção do próprio autor.

Figura 85 - Amostras de chorume em relação ao valor da temperatura de acordo com a Resolução N° 430/11 do CONAMA.



Fonte: produção do próprio autor.

A Tabela 23 apresenta as estatísticas descritivas da temperatura dos pontos amostrados de chorume.

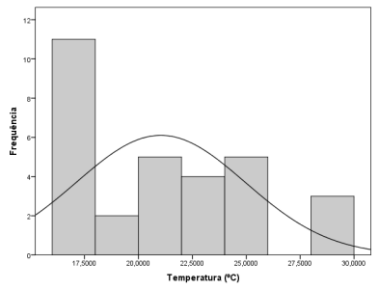
Tabela 23 - Estatísticas descritivas da temperatura do chorume.

Temperatura (°C)	
Mínimo	16,10
Máximo	28,80
Média	21,04
Mediana	21,05
Desvio padrão	3,92
CV (%)	18,64
Assimetria	0,44
Curtose	-0,98

Fonte: produção do próprio autor.

Os dados de temperatura apresentaram distribuição platicúrtica (Figura 86) com baixa variabilidade entre eles.

Figura 86 - Histograma da variável temperatura para chorume.

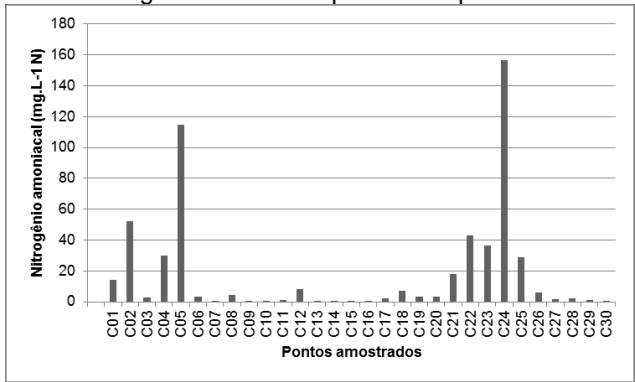


Fonte: produção do próprio autor.

3.2.3 Nitrogênio amoniacal

Dos parâmetros inorgânicos citados pela Resolução N° 430/11 do CONAMA (Brasil, 2011), apenas o nitrogênio amoniacal total foi analisado (Figura 87), sendo que o valor máximo permitido é de 20 mg.L⁻¹ N.

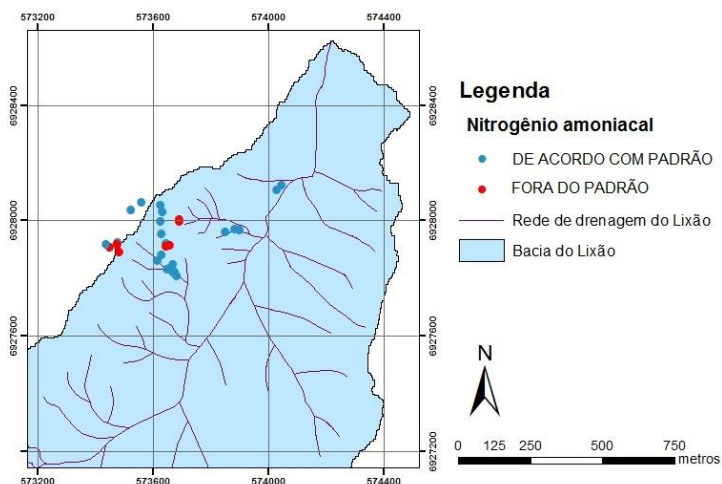
Figura 87 - Nitrogênio amoniacal para os 30 pontos de chorume.



Fonte: produção do próprio autor.

Dos pontos amostrados (Figura 88) 76,67% não extrapolam o limite citado pela referida resolução. No entanto, os pontos C02, C04, C05, C22, C23, C24 e C25 apresentaram valores de nitrogênio amoniacal total superior ao máximo permitido, e, portanto não poderiam ser lançados em corpos receptores.

Figura 88 - Amostras de chorume em relação ao valor do nitrogênio amoniacal de acordo com a Resolução N° 430/11 do CONAMA.



Fonte: produção do próprio autor.

As estatísticas descritivas do nitrogênio amoniacal encontra-se na Tabela 24.

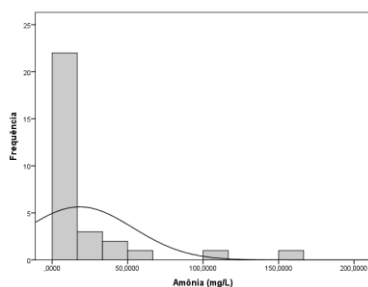
Os pontos amostrados apresentam grande variabilidade, com CV superior a 100%. Os dados são assimétricos positivos e possuem distribuição leptocúrtica (Figura 89).

Tabela 24 – Estatística descritiva do nitrogênio amoniacal do chorume.

Nitrogênio amoniacal (mg.L⁻¹)	
Mínimo	0,10
Máximo	156,61
Média	18,20
Desvio padrão	35,32
CV (%)	194,13
Assimetria	2,96
Curtose	9,14

Fonte: produção do próprio autor.

Figura 89 - Histograma da variável amônia para o chorume.



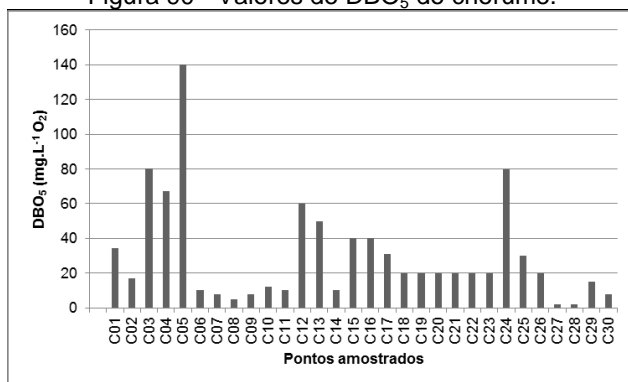
Fonte: produção do próprio autor.

3.2.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅)

Tomando-se como referência a Resolução N° 357 do CONAMA (BRASIL, 2005), o valor limite para DBO 5 dias a 20°C é de até 10 mg.L⁻¹ O₂ para a Classe 3. Assim valores superiores ao citado foram considerados como de fora do padrão, perfazendo 70% dos pontos amostrados.

Observando-se os valores de DBO₅ ocorre uma amplitude entre 2 e 140 mg. L⁻¹ O₂ (Figura 90). Os valores menores indicam a fase metanogênica como predominante, já que nesta fase os valores de DBO devem ficar entre 20 e 550 mg.L⁻¹ O₂. Assim a DBO começa a diminuir e a razão DBO/DQO resulta em valores mais baixos, o que significa que o chorume possui menor capacidade de biodegradação.

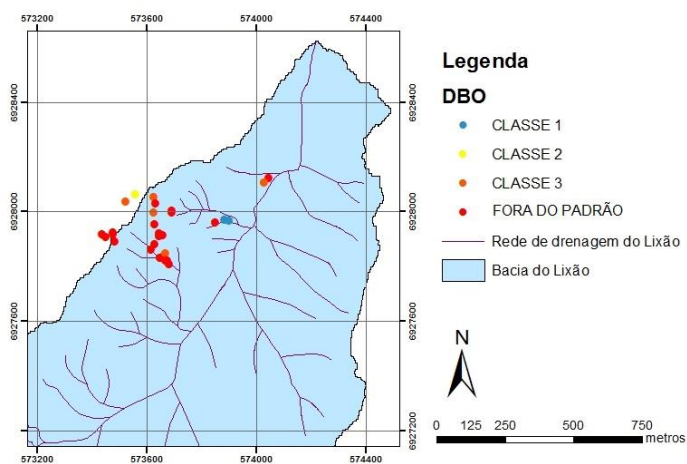
Figura 90 - Valores de DBO₅ do chorume.



Fonte: produção do próprio autor.

A Figura 91 mostra a classificação de cada ponto amostrado.

Figura 91 - Classificação das amostras de chorume em relação ao valor da DBO₅ de acordo com a Resolução N° 357/05 do CONAMA.



Fonte: produção do próprio autor.

No ponto C30 classificado como de Classe 3, havia presença de gado se alimentado sobre um banhado com acúmulo de chorume.

A Tabela 25 contém as estatísticas descritivas da DBO do chorume.

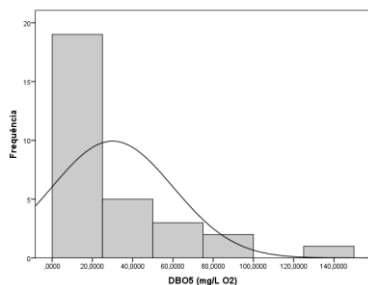
Tabela 25 - Estatísticas descritivas da DBO do chorume.

DBO (mg.L⁻¹)	
Mínimo	2,00
Máximo	140,00
Média	30,00
Mediana	20,00
Desvio padrão	30,12
CV (%)	100,41
Assimetria	2,08
Curtose	5,17

Fonte: produção do próprio autor.

Os dados da DBO apresentam valor da média mais elevado que o da mediana, denotando uma assimetria positiva, apresentam grande variabilidade, cuja distribuição dos mesmos é do tipo leptocúrtica (Figura 92).

Figura 92- Histograma da variável DBO₅ para o chorume.



Fonte: produção do próprio autor.

3.2.5 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Valores de referência ou limite de DQO não foram encontrados em resoluções. Os valores de DQO para os pontos amostrados ficaram entre 7,14 e 1721,46 mg.L⁻¹ com um coeficiente de variação de 87,94% (Tabela 26). Segundo entendimento do IPT (2000), os aterros que tem efluente (chorume) com DQO variando entre 500 e 4500 mg.L⁻¹ estariam na fase metanogênica, o que enquadraria as amostras analisadas, já que 53,33% estão entre os valores citados e as demais abaixo de 500 mg.L⁻¹.

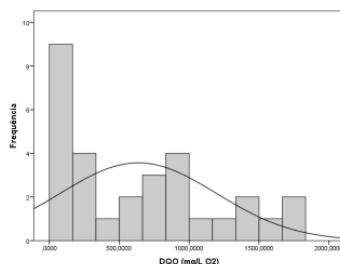
Tabela 26 - Estatísticas descritivas da DQO do chorume.

DQO (mg.L ⁻¹)	
Mínimo	7,14
Máximo	1721,46
Média	636,35
Desvio padrão	559,60
CV (%)	87,94
Assimetria	0,57
Curtose	-0,89

Fonte: produção do próprio autor.

Os dados da respectiva variável apresentam distribuição platicúrtica com distribuição heterogênea (Figura 93).

Figura 93 - Histograma da variável DQO para chorume.

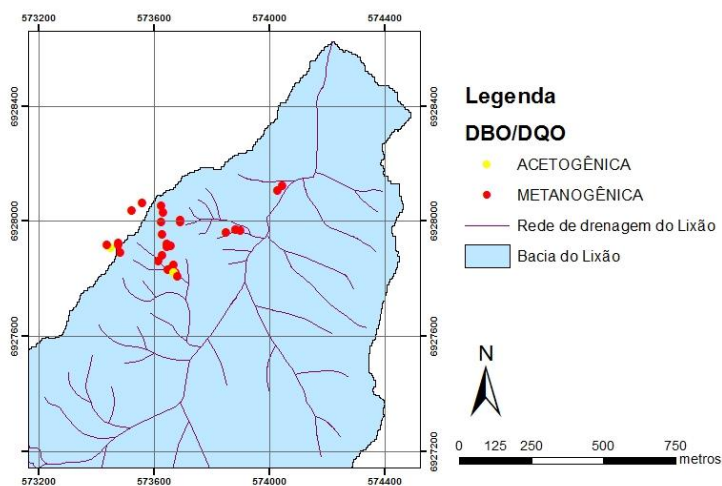


Fonte: produção do próprio autor.

3.2.6 Relação DBO/DQO

A relação DBO/DQO é utilizada como parâmetro de biodegradabilidade do lixiviado, podendo variar entre 0 e 1, sendo que o zero indica não biodegradável e um para totalmente biodegradável. Para as amostras analisadas a relação DBO/DQO variou entre 0,01 e 0,87, sendo que apenas duas amostras apresentaram valor superior a 0,4 que de acordo com Castilhos Jr. et al (2002) é o valor de referência para diferenciação das fases do chorume. Desta forma, os pontos C02 e C16 estariam predominantemente na fase acetogênica e os demais pontos na metanogênica (Figura 94).

Figura 94 - Classificação das amostras de chorume em relação as fases de decomposição.



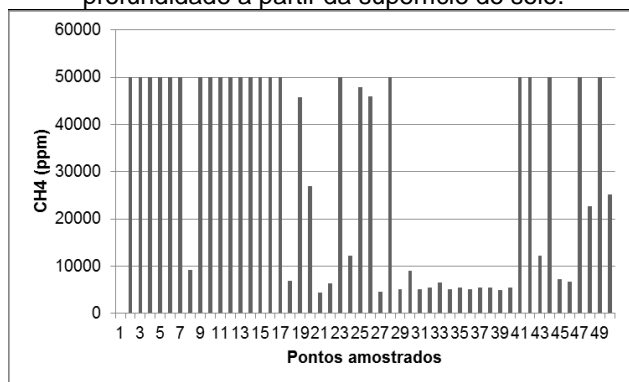
Fonte: produção do próprio autor.

3.3 METANO

Os valores coletados a partir da superfície do solo teriam problema relacionado ao fator limitante, que é a percentagem de oxigênio, visto que nestas condições o valor é inferior a 18%. Neste caso devemos considerar o limite inferior de inflamabilidade do metano, 5% no ar atmosférico.

Das amostras 44% atingiram 50.000 ppm (parte por milhão) (Figura 95), o que corresponde a 5% e representa o limite máximo que o aparelho *Eagle* registra; portanto este valor pode ser ainda superior.

Figura 95 - Valores de gás metano obtidos nas 50 amostras a 40cm de profundidade a partir da superfície do solo.



Fonte: produção do próprio autor.

O ponto coletado com valor mais baixo (15 ppm) corresponde a uma boca de saída de gás metano (Figura 96a), que não está sendo eficiente visto o valor que foi coletado. Os demais pontos onde o valor limite do aparelho não foi superado o furo atingiu material rochoso ou havia lixo bloqueando a saída do gás (Figura 96b).

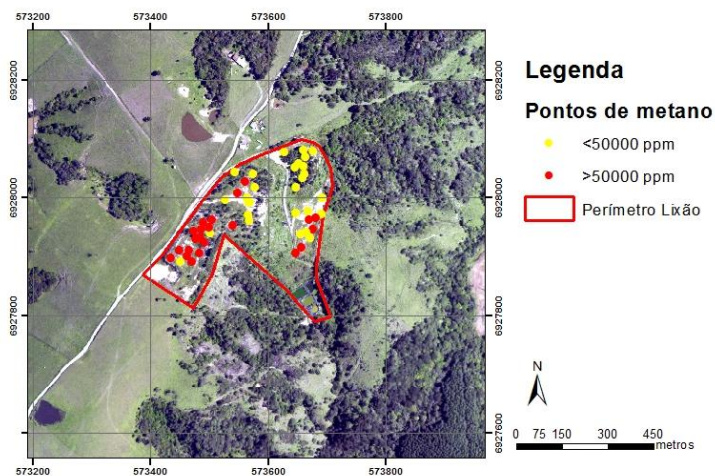
Figura 96 - a) Boca para saída de gás metano. b) Exemplo de um ponto onde havia lixo bloqueando a saída de gás metano.



Fonte: produção do próprio autor.

A Figura 97 apresenta a localização dos pontos de gás metano coletadas a 40cm de profundidade a partir da superfície do solo.

Figura 97 - Localização dos pontos de gás metano coletadas a 40cm de profundidade a partir da superfície do solo.



Fonte: produção do próprio autor.

A Tabela 27 mostra os parâmetros estatísticos das amostras de gás metano coletadas a 40cm de profundidade a partir da superfície do solo.

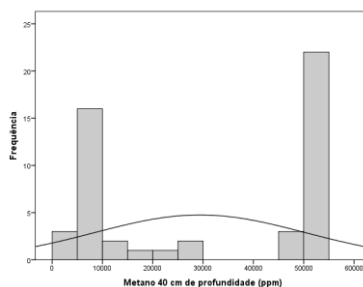
Tabela 27 - Estatísticas descritivas das amostras de gás metano coletadas a 40cm de profundidade a partir da superfície do solo.

Parâmetros Estatísticos	
Mínimo	4500
Máximo	50000
Média	29360
Mediana	36375
Desvio padrão	20964,86
CV (%)	71,41
Assimetria	-0,114
Curtose	-1,968

Fonte: produção do próprio autor.

Em relação aos valores da média e da mediana, os dados apresentaram assimetria negativa, sendo portanto heterogêneos, já que o valor de CV é de 70% cuja distribuição dos dados é platicúrtica (Figura 98).

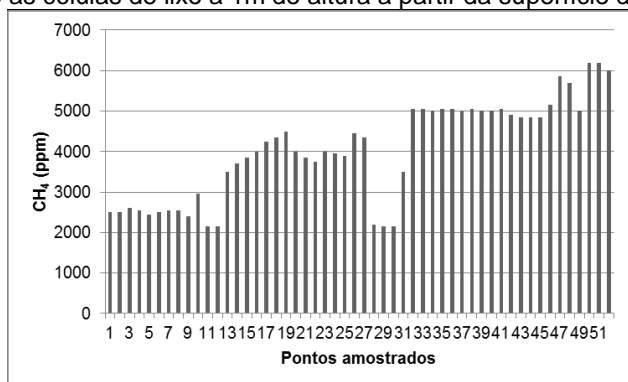
Figura 98 - Histograma da variável metano para as amostras a 40cm de profundidade a partir da superfície do solo.



Fonte: produção do próprio autor.

Os valores de gás metano obtidos nas 52 amostras coletadas sobre as células de lixo a 1m de altura a partir da superfície do solo são apresentados na Figura 99. Os valores variaram de 2150 a 6200 ppm. Além dos valores serem baixos, estão de acordo com a NR 15 já que a concentração mínima de oxigênio em volume é atendida.

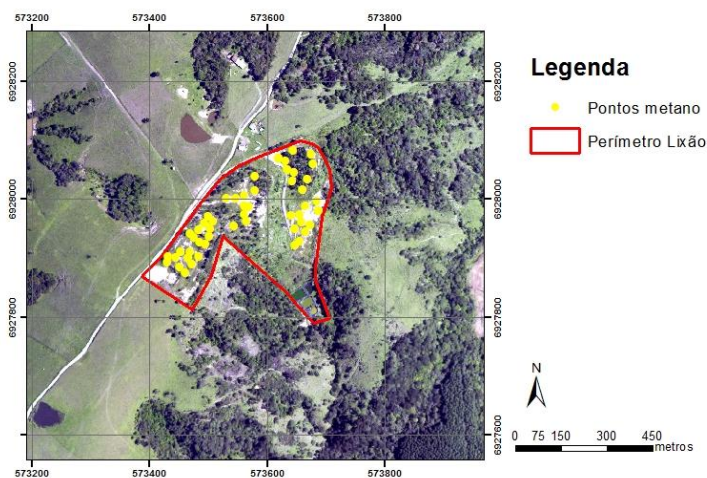
Figura 99 - Valores de gás metano obtidos nas 52 amostras coletadas sobre as células de lixo a 1m de altura a partir da superfície do solo.



Fonte: produção do próprio autor.

A localização dos pontos de gás metano coletados sobre as células de lixo a 1m de altura a partir da superfície do solo é apresentada na Figura 100.

Figura 100 - Localização dos pontos de gás metano coletados sobre as células de lixo a 1m de altura a partir da superfície do solo.



Fonte: produção do próprio autor.

Os parâmetros estatísticos das amostras de gás metano coletadas sobre as células de lixo a 1m de altura a partir da superfície do solo são apresentados na Tabela 28.

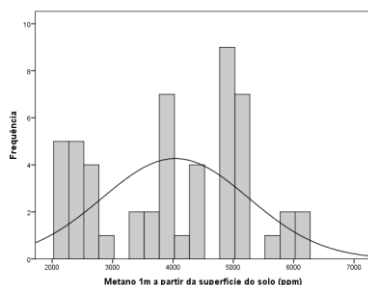
Tabela 28 - Estatísticas descritivas das amostras de gás metano coletadas sobre as células de lixo a 1m de altura a partir da superfície.

Parâmetros Estatísticos	
Mínimo	2150
Máximo	6200
Média	4040,38
Mediana	4125
Desvio padrão	1215,14
CV(%)	30,07
Assimetria	-0,167
Curtose	-1,12

Fonte: produção do próprio autor.

Os dados são assimétricos negativos, visto que o valor da média é um pouco inferior ao valor da mediana. A distribuição dos dados é platicúrtica (Figura 101), com grande variabilidade entre os dados.

Figura 101 - Histograma da variável metano para as amostras coletadas sobre as células de lixo a 1m de altura a partir da superfície do solo.

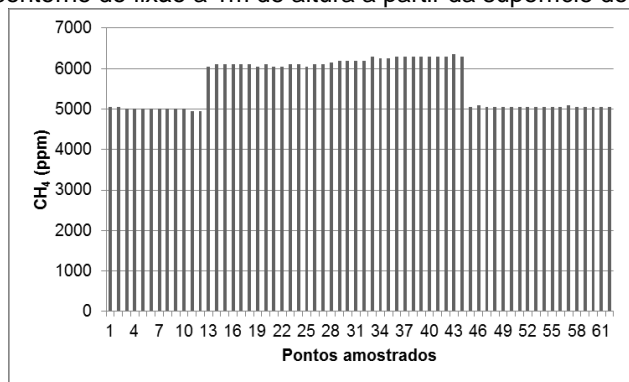


Fonte: produção do próprio autor.

Quanto aos valores coletados no contorno do lixão foram, no geral, superiores aos coletados sobre as massas de lixo. No entanto, a mesma situação ocorre, já que a concentração mínima de oxigênio disponível supera os 18%. O que pode justificar os valores superiores aos coletados sobre as massas de lixo é a cobertura das mesmas com solo argiloso, que por estar compactado impede a saída do gás metano, e devido a pressão lateral escapa para o contorno do lixão.

A Figura 102 apresenta os valores de gás metano obtidos nas 62 amostras coletadas no contorno do lixão a 1m de altura a partir da superfície do solo.

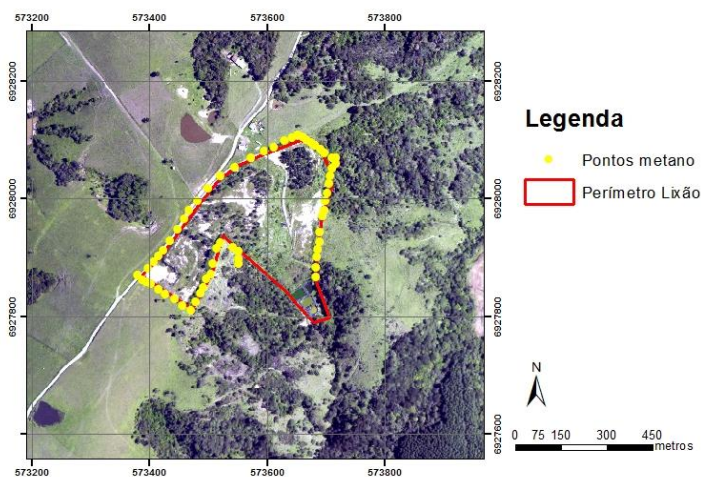
Figura 102 - Valores de gás metano obtidos nas 62 amostras coletadas no contorno do lixão a 1m de altura a partir da superfície do solo.



Fonte: produção do próprio autor.

Na Figura 103 está representada a localização dos pontos no contorno do lixão a 1m de altura a partir da superfície do solo.

Figura 103 - Localização dos pontos de gás metano coletados no contorno do lixão a 1m de altura a partir da superfície do solo.



Fonte: produção do próprio autor.

Na Tabela 29 são relacionados os parâmetros estatísticos das amostras de gás metano coletadas no contorno do lixão a 1m de altura a partir da superfície do solo.

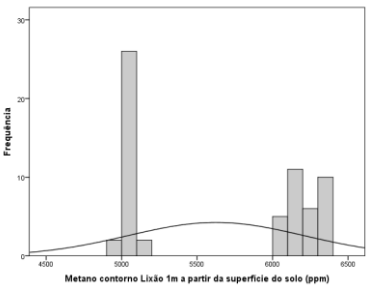
Tabela 29 - Estatísticas descritivas das amostras de gás metano coletadas no contorno do lixão a 1m de altura a partir da superfície.

Parâmetros Estatísticos	
Mínimo	4950
Máximo	6350
Média	5625
Mediana	6050
Desvio padrão	582,59
CV(%)	10,36
Assimetria	-0,024
Curtose	-1,993

Fonte: produção do próprio autor.

Assim como os outros dados da variável metano, esta apresentou assimetria negativa, no entanto os dados são mais homogêneos (CV=10,36%). A distribuição dos dados é platicúrtica (Figura 119).

Figura 104 - Histograma da variável metano para as amostras coletadas no contorno do lixão a 1m de altura a partir da superfície do solo.



Fonte: produção do próprio autor.

4 CONCLUSÃO

Utilizando como referencial a Resolução N° 357/05 do CONAMA, se levamos em consideração a situação atual, baseando-se nas características físico-químicas e microbiológicas, o córrego influenciado pelo lixão se enquadraria como de Classe 4, assim como as águas do entorno, podendo ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

De acordo com o IQA, considerando um valor médio, o córrego que sofre influência do lixão é classificado como aceitável, ressaltando que cinco pontos amostrados foram classificados como ruins e apenas um como bom. Em média, as amostras do entorno também foram classificadas como aceitáveis, enfatizando que seis pontos foram classificados como ruins e apenas um como bom.

Conforme o índice BMWP' (*Biological Monitoring Work Party System*) adaptado por Loyola (2000), o córrego analisado apresenta águas críticas como predominantes, sendo consideradas águas muito poluídas. Dos sete pontos amostrados dois foram classificados como ambientes de águas duvidosas, com a presença de poluentes.

Tomando-se como referência a Resolução N° 430/11 do CONAMA, 43,33% dos pontos de chorume não atendem a mesma e portanto não poderiam estar sendo lançados no ambiente.

No que se refere a fase de decomposição o material aterrado no lixão estaria predominantemente na fase metanogênica, sendo apenas dois pontos coletados enquadrados na fase acetogênica

A concentração de gás metano coletado a 1m de altura a partir da superfície de solo, tanto sobre as células de lixo quanto no contorno, atendem os limites do anexo 11 d Norma Regulamentadora 15. O mesmo não ocorre com os pontos amostrados a 40cm abaixo da superfície do solo, que não atendem ao limite do oxigênio e ao considerar-se o limite inferior de inflamabilidade do metano, 44% atingem este valor.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9896**: Glossário de poluição das águas. Rio de Janeiro, 1993.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Resíduos Sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ABRELPE. Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. Edição especial 10 anos. 2012.

ALBA-TECEDOR, J. & SANCHEZ-ÓRTEGA, A. 1988. Um método rápido y simples para evaluar La calidad biológica de las aguas corrientes basado em El de Hellawell (1978). *Limnetica*, 4: 51-58.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Portal da Qualidade das Águas**. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx>> Acesso em: 19 de set. 2013.

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

APHA. *American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater***. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 20th ed. Washington. 1999.

APHA. *American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater***. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 21st ed. Washington. 2005.

BADERNA, D.; MAGGIONI, S.; BORIANI, E.; GEMMA, S.; MOLTENI, M.; LOMBARDO, A.; COLOMBO, A.; BORDONALI, S.; ROTELLA, G.; LODI, M. BENFENATI, E. A combined

approach to investigate the toxicity of industrial landfill's leachate: chemical analyses risk assessment and in vitro assays. ***Environmental Research***, n.111, p. 603 – 613, 2011.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2. ed. Porto Alegre, RS: Bookam, 2002. 622 p.

BARBOZA, Luiz Gabriel Antão ; RATZ, Raquel Jackeline ; ANZOLIN, Thiago. A utilização de macroinvertebrados aquáticos como subsídios para estratégias de conservação local. In: **CONGRESO NACIONAL DEL AGUA, XXIII**. Chaco, Argentina, 2011.

BECEGATO V. A.; FERREIRA, F. J. F. Gamaespectrometria, resistividade elétrica e susceptibilidade magnética de solos agrícolas no noroeste do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geofísica**. v.23, n.4, p. 371-405, 2005.

BECEGATO, V. A.; FERREIRA, F. J. F. Concentration of Radioactive Elements (U, Th and K) Derived from Phosphatic Fertilizers in Cultivated Soils. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. v.51, n.6, p. 1255-1266, 2008.

BNDS. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Resíduos Sólidos Urbanos. Área de Projetos de Infra-estrutura. **Informe Infra-estrutura**, nº 12. 1997.

BNDS. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. TEMA: Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão. Produto 7: Relatório final sobre as principais rotas tecnológicas de destinação de resíduos sólidos urbanos no exterior e no Brasil. **Pesquisa Científica**. 2010.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo, SP: Prendice - Hall, 2002. 305 p.

BRASIL. Resolução CONAMA N° 274, de 29 de novembro de 2000. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil** de 29 de novembro de 2000. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res00/res27400.html>> Acesso em 01 de agosto de 2013.

BRASIL. Resolução nº. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento bem como estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil** de 17 de março de 2005. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>> Acesso em 01 de agosto 2013.

BRASIL. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil** de 12 de dezembro de 2011 Disponível em <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm./2011/prt2914_12_12_2011.html> acesso em 01 agosto 2013.

BRASIL. Resolução nº. 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil** de 13 de maio de 2011. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>> acesso em 01 agosto 2013.

BRITISH COLUMBIA (Canadá). **Guidelines for interpreting water quality data:** versão 1.0, 1998. Disponível em: <<http://srmwww.gov.bc.ca/risc/pubs/aquatic/interp/interp-01.htm>>. Acesso em: 22 nov. 2013.

BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F.; NESSIMIAN, J. L. Bases conceituais para aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Caderno de Saúde Pública**, v. 19, n. 2, p. 465-473, 2003.

CASSINI, S. T. (coordenador). **Digestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento de biogás**. Vitória, ES: PROSAB, 2003. 210 p

CASTILHOS JR., A.B. de., LANGE, L.C., GOMES, L.P., PESSIN, N. **Alternativas de disposição de resíduos sólidos urbanos para pequenas comunidades** – coletânea de artigos técnicos. Rio de Janeiro: RiMa, ABES, 2002. 104p. Projeto PROSAB.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Nota Técnica sobre tecnologia de controle - Indústria Têxtil - NT-22**. São Paulo, 1992, 31 p.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>> Acesso em: 20 nov. 2013.

CHAPMAN, D. **Water quality assessment: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring**. London: Chapman & Hall, 1996.

CHRISTENSEN, J.B.; JENSEN D.L., GRON C.; FILIP Z.; CHRISTENSEN, T. Characterization of dissolved organic carbon in landfill leachate-polluted groundwater. **Water Research**. vol. 32, n. 1, 125-135.1998.

COSTA, J.M.; SOUZA, L.O.I.; OLDRINI, B.B. 2004. **Chaves para identificação das famílias e gêneros das larvas conhecidas de Odonata do Brasil: comentários e registros bibliográficos**. Rio de Janeiro, Museu Nacional. 44p. (Publicações Avulsas do Museu Nacional, 99).

DI IACONI, C.; ROSSETI, S.; LOPEZ, A.; RIED, A. Effective treatment of stabilized municipal landfill leachates. **Chemical Engineering Journal**, v. 168, p. 1085 – 1092. 2011.

ECHEVARRIA, G.; SHEPPARD, M.I.; MOREL, J.L. Effect of pH on the sorption of uranium in soils. **Journal of Environmental Radioactivity**, v. 53, n. 2, p.257-264.2001.

EL FADEL, M.; DOUSEID, E., CHAHINE, W.; ALAYLIC, B. Factors influencing solid waste generation and management. **Waste Management**. v. 22, n. 3 269-276. 2002.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Levantamento de reconhecimento de alta intensidade dos solos do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1998.

ESTEVES, F. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 1998.

FARIA, Maurício Lopes de ; ALMEIDA, Grazielle Wolff de. Monitoramento da fauna de macroinvertebrados bentônicos do Ribeirão Ipanema - Ipatinga, MG: uma comunidade bioindicadora da efetividade de programas de despoluição de cursos d'água II. **Principium Online**: Iniciação Científica no Unileste-MG, Coronel Fabriciano, v. 1, n. 2, p.82-92, 2007. Disponível em: <http://www.unilestemg.br/principiumonline/publicacoes/02/index.html>. Acesso em: 20 out. 2013.

GAMA GASES. Propriedade dos Gases – Metano. Disponível em: < http://www.gamagases.com.br/propriedades_metano.htm> Acesso em: 19 out. 2013.

GOULART, Michael Dave ; CALLISTO, Marcos. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, ano 2, n. 1. p.156-164, 2003. Disponível em:<http://www.icb.ufmg.br/big/beds/arquivos/goularte_callisto.pdf> Acesso em: 10 out 2013.

GUSTAVSSON, L.; ENGWALL, M. Treatment of sludge containing nitro-aromatic compounds in reed-bed mesocosms – Water, BOD, carbon and nutrient removal. **Waste Management**, v. 32, p.104–109, 2012.

HAMZAH, U.; YAACUP, R.; SAMSUNDIM, A.R.; AYUB, M.S. Electrical imaging of the groundwater aquifer at Banting, Selangor, Malaysia. **Environ. Geol.**,v. 49, p. 1156–1162. 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico da vegetação brasileira. **Série: Manuais técnicos em geociências**. Rio de Janeiro, n. 1, 1999.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **BDMEP – Dados históricos**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>> Acesso em: 30 set. de 2013.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.

KILISLIOGLU, A. The effect of various cations and pH on the adsorption of U(VI) on Amberlite IR-118H resin. ***Applied Radiation and Isotopes***, v. 58, p.713-717, 2003.

KJELDSSEN, P; BARLAZ, S.S.; ROOKER, A.P.; BAUN, A.; LEDIN, A.; Christensen, T. Present and long term composition of MSW landfill leachate: a review. ***Critical Review of Environmental Science and Technology***, v. 32, p. 297 – 336. 2002.

KÖNIG, R.; SUZIN, C. R. H, RESTELLO, R. M; HEPP, L. U. 2008.Qualidade das águas de riachos da região norte do Rio Grande do Sul (Brasil) através de variáveis físicas, químicas e biológicas. ***Pan-American Journal of Aquatic Sciences***.v 3. n. 1.; p. 84-93.

KUMAR, A.; DHALL, P.; KUMA, R. Redefining BOD:COD ratio of pulp mill industrial wastewaters in BOD analysis by formulating a specific microbial seed. ***International Biodeterioration & Biodegradation***, v. 64, p.197-202. 2010.

LECCI, Lucas Silveira ; FROEHLICH, Claudio Gilberto. Plecoptera. In: FROEHLICH,Claudio Gilberto (Org.). **Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline>> Acesso em: 13 dez. 2011.

LIMA, L.M.Q. **Lixo – Tratamento e Biorremediação**. 3ª edição. Editora Hemus. 265p. 2004.

LIMA, M. A. da S. Águas acumuladas em açudes e barragens na região de santa maria e flutuações em seus atributos físico químicos. **DISSERTAÇÃO**. Santa Maria, 2005.

LIMA, S. B. de. Pós-tratamento de chorume com wetlands construídos utilizando macrófitas aquáticas emergentes da região de Campo Mourão-PR. **TESE**. Maringá, 2008.

LO, I. M. C. Characteristics and treatment of leachates from domestic landfills. **Environment International**, New York, v. 22, n. 4, p. 433-442. 1996.

LOYOLA, R. G. N. Atual estágio do IAP de índices biológicos de qualidade. **Anais**. V Simpósio de ecossistemas brasileiros: Conservação. V. 1. Conservação e Duna. ACIESP, n. 109, p. 46-52, 2000.

MACHADO, W. C. P. **Indicadores da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio pato branco**. Tese. Curitiba, 2006.

MACHADO, W.C.P., BECEGATO, V.A., BITTENCOURT, A. V. L. *Anthropic Influence in the Water Quaity of the River Basin that Supp the PatoBranco Municipality-PR* **Brazilian Archives of Biology and Thecnology**. Vol. 52. n1. 231-232 p. 2009.

MAGALHÃES, Célio. Famílias Pseudothdphusidae e Trichodactylidae. In: MELO, Gustavo Augusto S. de. **Manual de identificação dos Crustácea Decapoda de água doce do Brasil**. São Paulo: Editora Loyola, 2003. p.143-287.

MARTINHO, E.; ALMEIDA, F. 3D behaviour of contamination in landfill sites using 2D resistivity/IP imaging: case studies in Portugal. **Environ. Geol.** v. 49, p.1071–1078. 2006.

MONDELLI, G.; GIACHETI, H.L.; BOSCOV, M.; Elis, V.R.; HAMADA, J. Geoenvironmental site investigation using different

techniques in a municipal solid waste disposal site in Brazil. ***Environ. Geol.*** v. 52, p. 871–887, 2007.

MUGNAI, RICARDO ; NESSIMIAN, Jorge Luis ; BAPTISTA, Darcilio Fernandes. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: Technical Books, 2010. 174 p. 26.

NAVAS, A.; SOTO, J.; MACHIN, J. ^{238}U , ^{226}Ra , ^{210}Pb , ^{232}Th and ^{40}K activities in soil profiles of the Flysch sector (Central Spanish Pyrenees). ***Applied Radiation and Isotopes***, v. 57, p. 579-589, 2002.

OMS, Organization Mundial de la Salud. ***Guias para la calidad del agua potable***. 2.ed. v.1, Genebra: OMS, 1999.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H. J.; SILVA JÚNIOR, V. P.; MASSIGNAM, A. M.; PINTO, E. S. P.; THOME, V. M. R.; VIEIRA, V. F. **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina.** Florianópolis, SC: Epagri, 2002. ISBN 8585014431.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. de F.; PEREIRA, C.M. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. Dados eletrônicos, ***Embrapa Florestas***. Colombo, 2011. ISSN 1980-3958, 219.

PESSIN, N.; SILVA, A. R.; BRUSTOLIN, I. et al. Variação da composição dos líquidos percolados do aterro sanitário de São Giacomo – Caxias do Sul – RS. In: **19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Foz do Iguaçu, set. 1997, 170p.

PINDER, L. C. V. 1986. Biology of freshwater chironomidae. ***Annual Review of Entomology***. v. 31, p. 1–23.

PINTO, M. C. F. **Manual Medição in loco: Temperatura, pH, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido.** CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2007.

PORSANI, J.L.; FILHO, W.M.; ELIS, V.R.; FISSEHA, S. F.; DOURADO, J.C; MOURA, H.P. The use of GPR and VES in delineating a contamination plume in a landfill site: a case study in SE Brazil. **Journal of Applied Geophysics**, v. 55, p. 199–209, 2004.

PROGRAMA ÁGUA AZUL. **Sólidos totais**. Disponível em: <http://www.programaaguaazul.rn.gov.br/indicadores_08.php> Acesso em: 20 nov. 2013.

RENOU, S.; GIVAUDAN, J.G.; POULAIN, S.; DIRASSOUYAN, F.; MOULIN, P. Landfill leachate treatment: review and opportunity. **Journal of Harzadous Materials**, v.150, p. 468 – 493, 2008.

ROLDAN, L.F.; MACHADO, R.; SEINER, S.S.; WARREN, L.V. Análise de Lineamentos Estruturais no Domo de Lages (SC) com uso de Imagens de Satélite e Mapas de Relevo Sombreado. Geol. USP, **Sér. cient.**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 57-72, 2010.

SAN MIGUEL, E.G.; PÉREZ-MORENO, J.P.; BOLÍVAR, J.P.; GARCÍA-TENÓRIO, R. Validation of isotope in sediments affected by anthropogenic inputs from uranium series radionuclides. **Environmental Pollution**, v. 123, p.125-130, 2003.

SILVA, L. N. **Diagnóstico do Aterro Sanitário de Campo Mourão-PR quanto a quantidade de resíduos depositados diariamente e a qualidade dos líquidos percolados e das águas subterrâneas**. 2004. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná Unidade de Campo Mourão. 2004.

SILVEIRA, M. P.; QUEIROZ, J. F. de; BOEIRA, R. C. Protocolo de coleta e preparação de amostras de macroinvertebrados bentônicos em riachos. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 7p. il. il. (Embrapa Meio Ambiente. **Comunicado Técnico**, 19).

SISINNO, C. L. S.; OLIVEIRA, R. M. de. **Resíduos sólidos, ambiente e saúde – uma visão multidisciplinar**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2002, 2002. 142p.

TAVARES, A.R. 2005. **Monitoramento da qualidade das águas do rio Paraíba do Sul e diagnóstico de conservação**. Dissertação de Mestrado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica-ITA, São José dos Campos, São Paulo. 176p.

TEIXEIRA, E. C. & SENHORELO, A. P. **V-013 - Avaliação de correlação entre turbidez e concentração de sólidos suspensos em bacias hidrográficas com uso e ocupação diferenciada**. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000.

U.S. EPA. *United States Environment Protection Authority. EPA Guidelines: Regulatory monitoring and testing Water and wastewater sampling*, 35 p.1998.

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

ZANONI, C. D. C. A/ & BOLLMANN, H. A. **MAPEAMENTO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DOS OLHOS D'ÁGUA E NASCENTES NA BACIA DO RIO BELÉM: Sub-Bacia da Barreirinha. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2007.

ZIMMERMANN, CIRO MAURICIO. **Determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅)**. 2013. 3p. Nota de aula. Disponível em: < <http://www.scribd.com/doc/207533660/DBO-OXITOP-AULA-PRATICA>> Acesso em: 23 nov. 2013.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Resultado das análises de água do córrego e resumo estatístico.

Ponto Coleta	Temperatura °C	OD mg/L	pH	Turbidez uT	Cor uC	Condutividade µS/cm	STD ppm	Alcalinidade mg CaCO ₃ /L	Nitrato mg/L	Amônia mg/L	Fósforo mg/L	DQO mg/L O ₂	DBO ₅ mg/L O ₂	Coliformes Totais (NMP/100mL)	Coliformes Fecais (NPM/100mL)
A01	18,00	6,30	6,95	11,00	28,10	300,00	200,00	31,80	2,20	1,06	0,050	1496,60	40,00	880	1400
A02	18,10	6,30	6,88	10,00	26,90	400,00	200,00	40,00	2,40	0,49	0,082	31,43	2,00	880	1300
A03	19,00	5,20	7,39	4,00	42,10	900,00	500,00	225,10	11,80	5,32	0,076	278,58	15,00	1200	1100
A04	18,10	5,80	7,05	8,00	27,20	300,00	200,00	57,70	3,20	5,10	0,043	67,14	3,00	720	1400
A05	18,20	4,90	6,85	9,00	28,00	300,00	200,00	53,10	3,70	0,44	0,057	1122,88	40,00	880	1400
A06	18,50	5,40	7,06	33,00	54,90	300,00	200,00	51,50	4,30	0,48	0,059	1208,60	20,00	880	1300
A07	18,60	6,00	7,02	9,00	28,10	300,00	200,00	49,50	5,30	0,45	0,093	245,72	10,00	1200	1400
A08	18,40	4,00	6,99	11,00	67,00	400,00	200,00	68,00	4,70	0,54	0,082	658,58	20,00	1200	1400
A09	18,50	5,60	7,07	18,00	39,50	400,00	200,00	43,50	6,00	0,53	0,088	758,59	20,00	880	1400
A10	19,70	2,90	6,46	13,00	32,10	200,00	100,00	115,40	3,00	0,53	0,051	52,86	8,00	1400	600
A11	18,70	6,90	6,92	11,00	30,80	400,00	200,00	46,60	5,20	0,49	0,056	1454,31	40,00	880	1400
A12	19,20	7,50	6,31	2,00	10,40	500,00	300,00	41,50	4,70	0,51	0,056	818,59	20,00	880	1400
A23	18,00	6,00	7,02	3,40	110,70	139,40	69,80	65,00	2,20	0,84	0,057	35,72	3,00	1400	1400
A24	17,70	6,10	7,03	3,00	99,30	140,80	70,40	65,00	2,00	0,68	0,027	1502,89	20,00	1400	1400
A25	17,70	6,00	6,96	3,40	90,20	141,90	71,00	68,00	2,10	0,68	0,025	878,59	10,00	1400	1400
A26	17,50	6,80	7,21	0,37	14,60	149,30	74,90	71,00	1,90	0,61	0,052	674,29	10,00	1400	1400
A27	17,70	6,40	7,16	0,52	7,50	145,30	72,70	72,00	2,10	0,73	0,025	51,43	1,00	1400	1400
A28	17,80	6,80	7,31	0,23	23,00	146,30	73,20	79,00	1,90	0,66	0,006	542,87	10,00	1400	1400
A29	17,90	6,60	7,30	0,43	19,40	143,00	71,60	78,00	2,20	0,76	0,007	654,29	10,00	1400	1400
A30	18,50	6,10	7,14	3,40	96,30	265,00	133,00	79,00	1,80	0,92	0,001	537,15	10,00	1400	1400
A31	18,40	6,20	7,12	3,30	112,50	264,00	133,00	75,00	1,80	1,36	0,016	21,43	2,00	1200	1400
A32	18,60	6,70	7,15	3,50	98,90	261,00	130,00	80,00	1,80	0,86	0,004	50,00	2,00	1200	1400
A33	18,60	6,70	7,21	3,60	113,90	260,00	130,00	74,00	1,80	4,89	0,013	17,14	2,00	1400	1400
A34	19,20	6,20	7,20	18,00	52,40	804,00	403,00	30,00	1,80	2,17	0,012	64,29	1,00	1400	1400
A35	19,50	6,70	7,34	26,00	55,90	622,00	310,00	18,00	1,20	1,05	0,004	42,86	2,00	880	1400
A40	19,30	5,30	7,21	23,00	64,80	96,60	47,90	11,00	1,90	1,14	0,011	195,72	10,00	940	1400
Parâmetros Estatísticos															
Mínimo	17,50	2,90	6,31	0,23	7,50	96,60	47,90	11,00	1,20	0,44	0,001	17,14	1,00	720,00	600,00
Máximo	19,70	7,50	7,39	33,00	113,90	900,00	500,00	225,10	11,80	5,32	0,093	1502,89	40,00	1400,00	1400,00
Média	18,45	5,98	7,05	8,89	52,86	318,41	172,71	64,95	3,19	1,28	0,041	517,87	12,73	1157,69	1350,00
Mediana	18,45	6,15	7,06	6,00	40,80	282,50	166,50	65,00	2,20	0,71	0,047	407,87	10,00	1200,00	1400,00
Desvio padrão	0,59	0,96	0,24	8,59	34,79	201,69	109,67	39,64	2,21	1,46	0,029	509,24	12,03	245,82	165,53
Coefficiente de Variação (%)	3,20	16,05	3,40	96,63	65,82	63,34	63,50	61,03	69,28	114,06	71,605	98,33	94,46	21,23	12,26
Assimetria	0,45	-1,57	-1,56	1,32	0,59	1,57	1,39	2,68	2,60	2,29	0,228	0,73	1,28	-0,32	-4,16
Curtose	-0,58	3,45	3,32	1,34	-1,09	2,41	2,20	10,64	8,56	3,99	-1,240	-0,71	0,97	-1,66	18,32

APÊNDICE B - Resultado das análises de água dos açudes, córrego e poço vizinhos ao lixão, e resumo estatístico.

Ponto Coleta	Temperatura °C	OD mg/L	pH	Turbidez uT	Cor uC	Condutividade µS/cm	STD ppm	Alcalinidade mg CaCO ₃ /L	Nitrato mg/L	Amônia mg/L	Fósforo mg/L	DQO mg/L O ₂	DBO ₅ mg/L O ₂	Coliformes Totais (NPM/100mL)	Coliformes Fecais (NPM/100mL)
A13	23,1	4	5,28	18,8	463,4	32,1	14,5	28	3,4	0,61	0,028	124,29	18	1400	1400
A14	20,2	4,7	4,76	0,53	26,9	31,3	159	18	4	0,58	0,047	82,86	5	1400	380
A15	20,3	2,9	8,7	282	491,7	18,24	91,2	29	4,8	1,30	0,06	58,57	45	1400	1400
A16	25,6	3,7	6,32	5,2	214,7	72,6	36,2	19,5	3,2	1,22	0,014	35,72	6	880	1000
A17	23,8	3,5	6,31	5,4	240	75,3	37,7	15	3,5	0,74	0,007	698,59	20	1200	320
A18	24,6	5	6,75	34	500	33,8	17,1	18	3,3	0,56	0,012	94,29	4	1200	1400
A19	28,2	5,5	5,99	175	500	19,5	9,55	19	4,4	1,40	0,021	677,16	20	1400	860
A20	25,5	7,7	7,01	44	500	67,3	33,8	26,8	4,7	0,60	0,018	35,72	4	1400	730
A21	29,2	7,8	7,4	67	500	65,3	32,9	25,3	4,3	0,77	0,029	168,57	2	720	94
A22	29,3	2	6,04	7,7	265,3	80,2	40,1	24	3,8	0,52	0,021	955,73	10	1200	1400
A36	22,8	2	7,7	202	500	205	204	10	2,8	1,25	0,027	190	36	1400	1200
A37	25,8	6	7,17	387	500	35	18,3	7	2,2	3,43	0,018	88,57	6	1200	1300
A38	25,7	4,1	6,53	178	500	34	16,6	4	2,2	3,67	0,011	87,14	3	1400	1400
A39	24,3	5	6,19	17	62,8	51,9	26,1	7	1,4	2,11	0,0017	21,43	3	1200	450
Parâmetros Estatísticos															
Mínimo	20,20	2,00	4,76	0,53	26,90	18,24	9,55	4,00	1,40	0,52	0,002	21,43	2,00	720,00	94,00
Máximo	29,30	7,80	8,70	387,00	500,00	205,00	204,00	29,00	4,80	3,67	0,060	955,73	45,00	1400,00	1400,00
Média	24,89	4,56	6,58	101,69	376,06	58,68	52,65	17,90	3,43	1,34	0,022	237,05	13,00	1242,86	952,43
Mediana	25,05	4,40	6,43	39,00	495,85	43,45	33,35	18,50	3,45	1,00	0,020	91,43	6,00	1300,00	1100,00
Desvio padrão	2,82	1,80	1,00	122,78	176,59	47,17	58,74	8,33	1,01	1,04	0,016	302,67	13,39	212,51	477,25
CV (%)	11,33	39,47	15,20	120,74	46,96	80,39	111,57	46,54	29,45	77,61	72,727	127,68	103,00	17,10	50,11
Assimetria	-0,04	0,44	0,27	1,24	-1,07	2,52	1,96	-0,32	-0,51	1,56	1,247	1,64	1,49	-1,53	-0,58
Curtose	-0,37	-0,23	0,67	0,65	-0,37	7,68	3,00	-1,15	-0,39	1,50	1,696	1,38	1,46	1,94	-1,26

APÊNDICE C - Resultado das análises do chorume e resumo estatístico.

Data da coleta	Temperatura °C	OD mg/L	pH	Turbidez uT	Cor uC	Condutividade µS/cm	STD ppm	Alcalinidade mg CaCO ₃ /L	Nitrato mg/L	Amônia mg/L	Fósforo mg/L	DQO mg/L O ₂	DBO ₅ mg/L O ₂	Coliformes Totais NMP/ml	Coliformes Fecais NMP/ml
08/10/2012	23,0	7,7	7,31	11,9	500,00	900	500	41,0	1,7	14,00	0,07	137,14	34,52	1400	1400
08/10/2012	20,0	5,8	6,20	5,4	353,10	300	200	7,0	1,4	52,00	0,04	87,14	16,80	1400	850
08/10/2012	23,0	7,9	6,52	7,5	481,00	200	100	17,0	1,7	3,00	0,05	162,86	80,30	1400	1300
08/10/2012	24,5	4,8	7,09	269,0	500,00	190	900	109,0	2,3	30,00	0,05	205,71	67,30	1400	860
08/10/2012	25,0	7,2	7,65	19,9	500,00	320	1600	143,0	3,4	115,00	0,09	875,71	140,00	1400	1400
25/10/2012	18,0	12,5	8,21	16,5	278,50	104	500	43,0	3,6	3,10	0,05	588,58	31,19	1200	1400
25/10/2012	16,9	8,2	8,01	3,1	19,20	885	400	25,0	7,1	0,40	0,10	35,72	3,57	1200	1400
25/10/2012	16,2	7,8	7,85	13,7	229,60	709	300	25,0	3,1	4,20	0,06	252,86	14,92	720	1400
25/10/2012	16,5	6,5	7,98	1,8	9,00	1051	500	57,0	2,7	0,60	0,10	35,72	3,43	1400	1400
25/10/2012	17,0	7,2	7,93	0,7	2,60	1369	700	74,0	8,3	0,90	0,08	35,72	2,68	870	860
25/10/2012	16,1	7,5	7,98	1,6	6,80	1491	700	70,0	15,7	1,20	0,02	372,86	6,34	1400	1400
26/10/2012	17,3	6,8	9,64	113,0	500,00	500	300	22,0	1,6	8,20	0,01	871,45	6,97	480	860
26/10/2012	17,5	6,8	9,63	114,0	500,00	500	300	25,0	1,8	0,70	0,03	858,59	24,90	1200	180
26/10/2012	17,6	2,2	9,14	180,7	500,00	900	500	39,0	2,3	0,70	0,01	787,16	8,66	720	1400
26/10/2012	17,3	2,3	9,80	156,0	500,00	400	200	21,0	1,1	0,80	0,00	1097,16	2,19	880	1100
26/10/2012	17,3	4,3	9,95	154,0	500,00	400	200	18,0	1,6	0,10	0,01	740,01	7,40	1400	850
26/10/2012	17,3	2,1	9,78	126,0	500,00	400	200	17,0	1,8	2,10	0,01	35,72	0,21	880	720
01/11/2012	25,6	5,9	7,91	0,9	80,80	137	300	43,0	28,9	7,15	0,05	1358,60	63,85	1400	1000
01/11/2012	25,8	9,4	7,71	1,9	133,70	130	400	53,7	20,5	3,28	0,10	1487,17	144,26	1400	1400
01/11/2012	21,0	2,1	7,52	226,0	500,00	150	400	69,4	8,9	3,10	0,05	1721,46	77,47	1400	1400
01/11/2012	28,8	1,2	7,53	96,0	500,00	210	1100	106,0	9	18,07	0,08	877,16	66,66	1400	1400
01/11/2012	28,0	1,8	7,67	11,2	260,80	140	700	53,5	17	42,90	0,07	1601,46	115,31	1400	1000
01/11/2012	28,0	2,0	7,34	88,0	500,00	120	600	62,0	8	36,38	0,06	1270,02	76,20	880	600
01/11/2012	22,5	0,6	7,06	190,0	500,00	330	1700	92,0	3,4	156,61	0,06	1690,03	108,16	720	1000
01/11/2012	24,4	0,5	7,26	179,0	500,00	280	1400	100,0	12,5	29,08	0,03	784,30	26,67	1400	1400
14/12/2012	19,7	0,7	6,66	1199,0	500,00	22	110	14,0	1,4	6,14	0,07	608,58	40,77	1200	1400
14/12/2012	21,1	0,9	6,57	24,0	134,70	12	61,1	9,0	1,4	1,90	0,06	7,14	0,44	880	990
15/12/2012	21,8	0,8	6,60	40,0	123,30	10	66,7	10,0	1,6	2,40	0,07	8,60	0,56	880	990
18/12/2012	22,3	0,8	6,68	80,0	157,50	32	161	22,0	1,8	1,02	0,03	327,15	10,80	1400	1400
18/12/2012	21,6	0,8	6,68	25,0	85,30	28	139	19,0	2,2	0,87	0,04	168,57	7,08	1400	1400
Parâmetros Estatísticos															
Mínimo	16,10	0,50	6,20	0,73	2,60	10	61,10	7,00	1,10	0,10	0,00	7,14	2,00	480	180
Máximo	28,80	12,50	9,95	1199,00	500,00	1491	1700,00	143,00	28,90	156,61	0,10	1721,46	140,00	1400	1400
Média	21,04	4,50	7,80	111,86	328,53	272	507,93	46,89	5,93	18,20	0,05	636,35	30,00	1170	1139
Mediana	21,05	4,55	7,66	32,50	490,50	112	400,00	40,00	2,50	3,10	0,05	598,58	20,00	1400	1350
Desvio padrão	3,92	3,33	1,09	219,99	199,72	4,05	439,27	35,23	6,79	35,32	0,03	559,60	30,12	2,90	3,18
Coefficiente de Variação (%)	18,64	74,00	13,96	196,66	60,79	148,96	86,48	75,13	114,50	194,13	55,33	87,94	100,41	24,81	27,95
Assimetria	0,44	0,39	0,74	4,42	-0,51	2,06	1,50	1,05	1,97	2,96	-0,10	0,57	2,08	-0,84	-1,11
Curtose	-0,98	-0,85	-0,36	22,01	-1,53	3,33	1,71	0,47	3,76	9,14	-0,76	-0,89	5,17	-0,72	1,06

APÊNDICE D - Número de indivíduos de macroinvertebrados bentônicos para cada ponto amostrado.

Classe	Ordem	Família	B01	B02	B03	B04	B05	B06	B07	Total
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	10	1	4		2			17
	Decapoda	Aegidae				7	7	5	10	29
Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	3		2					5
		Elmidae		2					1	3
		Hydrophilidae	1	1						2
		Lutrochidae		1						1
		Psephenidae	1	23			7		79	110
		Scirtidae	1		3					4
		Staphylinidae	1		1					1
	Diptera	Chironomidae	50	4	2	8	12	391	119	586
		Dolichopodidae							2	2
		Empididae			2		5	6		13
		Stratiomyidae						2		2
		Tabanidae						2		2
		morfo 1	1							1
		Baetidae		5						5
	Ephemeroptera	Caenidae			2			1		3
		Leptohyphidae				5	2			7
		Mesoveliidae				1				1
	Heteroptera	Veliidae				1				1
		Coenagrionidae							1	1
	Plecoptera	Perlidae					1			1
	Trichoptera	Hydropsichidae		7						7
		Leptoceridae			5	1	1		1	8
Hirudinea				2		1		1		4
Oligochaeta								29		29
Gastropoda	Mesogastropoda	Hydrobiidae		23			18	1	23	65
			67	69	21	24	55	439	236	911

APÊNDICE E - Pontuação de acordo com o índice BMWP' (*Biological Monitoring Work Party Escore System*) adaptado de Loyola (2000), e a respectiva classificação de cada ponto.

Classe	Ordem	Família	B01	B02	B03	B04	B05	B06	B07
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	6	6	6	0	6	0	0
	Decapoda	Aegidae	0	0	0	5	5	5	5
Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	3	0	3	0	0	0	0
		Elmidae	0	5	0	0	0	0	5
		Hydrophilidae	3	3	0	0	0	0	0
		Psephenidae	7	7	0	0	7	0	7
	Diptera	Chironomidae	2	2	2	2	2	2	2
		Dolichopodidae	0	0	0	0	0	0	4
		Empididae	0	0	4	0	4	4	0
		Stratiomyidae	0	0	0	0	0	4	0
	Ephemeroptera	Tabanidae	0	0	0	0	0	4	0
		Baetidae	0	4	0	0	0	0	0
		Caenidae	0	0	4	0	0	4	0
		Leptohyphidae	0	0	0	6	6	0	0
	Heteroptera	Mesovelidae	0	0	0	3	0	0	0
		Velidae	0	0	0	3	0	0	0
	Odonata	Coenagrionidae	0	0	0	0	0	0	6
	Plecoptera	Perlidae	0	0	0	0	10	0	0
	Trichoptera	Hydropsichidae	0	5	0	0	0	0	0
		Leptoceridae	0	0	10	10	10	0	10
Oligochaeta			0	0	0	0	0	1	0
Gastropoda	Mesogastropoda	Hydrobiidae	0	3	0	0	3	3	3
Total			21	35	29	29	53	28	42
Classe			V	V	V	V	IV	V	IV
Qualidade			Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Duvidosa	Crítica	Duvidosa
Valor			16 a 35	16 a 35	16 a 35	16 a 35	36 a 60	16 a 35	36 a 60
Cor			Laranja	Laranja	Laranja	Laranja	Amarela	Laranja	Amarela

APÊNDICE F – Planilha para cálculo do Índice de Qualidade da Água – IQA dos 26 pontos amostrados no córrego que passa abaixo do lixão de Lages – SC.

Amostras	Composição										Notas										IQA	Classificação	
	Nitrogênio total (mg/L)	Fósforo total (FTB) (µg/L)	Turbidez (FTU)	Coliformes fecais (UFC/100 mL)	Temperatura (°C)	Altura (m)	Temperatura água (°C)	Oxigênio dissolvido (mg/L)	Oxigênio dissolvido (%)	Sólidos totais (mg/L)	DBO (mg/L)	pH	Nitrogênio total	Fósforo total	Turbidez	Coliformes fecais	Temperatura	Sólidos totais	Oxigênio dissolvido	DBO			pH
1	3,26	0,05	11	1400	18,5	914	19	6,3	73,82563	217,3	40	6,85	76,824669	94,5867	75,3678	18,670818	94	71,428369	79,99462	2	60,8621	48,9151	Ruim
2	2,89	0,062	10	1300	18,5	914	18,1	6,3	73,79778	236,3	2	6,88	76,956928	94,8241	72,248	18,714789	94	71,487559	86,17377	78,1183	69,2702	48,3986	Aceitável
3	17,12	0,076	4	1100	18,5	915	19	5,2	68,20081	250,3	15	6,78	79,404561	94,3404	90,004	20,22917	94	82	43,34213	67,5887	69,4862	60,0005	Aceitável
4	8,30	0,043	8	1400	18,5	914	18,1	5,6	68,5088	214,3	3	7,05	63,80546	95,1753	81,226	18,670818	94	71,846889	72,46574	69,0384	91,7868	42,4405	Aceitável
5	4,14	0,067	9	1400	18,5	915	19,2	4,9	67,88022	215,3	40	6,85	71,40345	95,0621	73,1078	18,670818	94	71,769959	55,6399	2	48,7691	42,8213	Ruim
6	4,78	0,059	9	1300	18,5	914	18,5	5,4	63,93184	239,3	20	7,06	67,60268	93,78	48,6514	18,14289	94	68,366119	46,1118	11,0503	91,6393	50,3334	Aceitável
7	3,75	0,068	9	1400	18,5	911	18,6	5	71,5478	215,3	20	7,02	61,19897	95,9131	75,1078	18,670818	94	71,75599	59,66523	72	67,6175	43,8213	Aceitável
8	5,24	0,082	11	1400	18,5	911	18,4	4	47,24306	217,3	20	6,89	68,50455	91,8341	75,3678	18,670818	94	71,243393	38,59959	11,0503	91,5749	47,1778	Ruim
9	6,53	0,088	18	1400	18,5	908	18,5	5,6	65,25117	224,3	20	7,07	59,70475	91,3300	64,341	18,670818	94	70,541469	69,7817	11,0503	91,8899	50,3088	Aceitável
10	5,53	0,091	13	1400	18,5	907	18,7	2,9	35,14708	119,3	8	6,48	74,595155	94,4897	71,5388	18,436387	94	69,69895	25,5371	76,1829	78,8402	56,0024	Aceitável
11	6,89	0,056	11	1400	18,5	906	18,7	6,9	81,04546	217,3	40	6,92	65,423889	94,0485	75,3678	18,670818	94	71,428369	67,6399	2	56,1363	45,6017	Ruim
12	5,27	0,056	7	1400	18,5	908	18,2	7,5	36,5	206,3	20	6,57	65,76997	94,0485	84,961	18,670818	94	68,366119	50	11,0503	73,3753	48,3495	Ruim
23	2,02	0,057	5,4	1400	21,4	912	18	7	76,23916	79,5	3	7,02	76,10355	93,9627	91,5384	18,670818	94	86,070568	75,1985	46,0984	91,6175	56,1677	Aceitável
24	2,65	0,027	3	1400	21,4	913	17,7	6,1	71,03145	29,7	20	7,03	86,471284	96,5858	82,4988	18,670818	94	86,089188	78,5043	11,0503	91,6759	56,1247	Aceitável
25	2,82	0,025	3,4	1400	21,4	916	17,7	6	68,86229	80,7	10	6,98	79,67058	96,7028	91,5384	18,670818	94	86,084811	74,97513	73,1237	92,6602	67,3601	Aceitável
26	2,55	0,052	0,37	1400	21,4	904	17,5	6,8	73,38152	81,57	10	7,21	81,34174	94,3938	95,1873	18,670818	94	86,181433	85,8351	73,1237	95,3847	69,4386	Aceitável
27	2,63	0,025	0,52	1400	21,4	900	17,7	8,4	74,85844	76,32	1	7,16	79,18617	96,728	95,7516	18,670818	94	86,074281	81,9403	88,3693	92,258	70,1389	Ruim
28	2,96	0,036	0,23	1400	21,4	906	17,8	6,8	75,9724	79,73	10	7,31	81,115153	96,4572	95,0576	18,670818	94	86,099262	85,2687	73,1237	92,5255	69,8116	Aceitável
29	2,95	0,037	0,43	1400	21,4	928	17,9	6,6	77,23927	76,33	10	7,3	79,584143	96,367	95,0289	18,670818	94	86,077258	83,7187	73,1237	92,5185	69,2837	Aceitável
30	2,71	0,031	3,4	1400	21,4	909	18,5	6,5	71,15724	148,7	10	7,4	81,194815	96,9300	91,5384	18,670818	94	81,28284	77,88015	73,1237	95,1688	67,6399	Aceitável
31	3,12	0,016	3,3	1400	21,4	908	18,4	6,2	73,20025	142,6	2	7,12	77,5034	97,5562	91,7701	18,670818	94	81,297381	79,2478	78,1183	95,1138	68,154	Aceitável
32	2,66	0,024	3,5	1400	21,4	912	18,6	6,7	73,46575	139,8	2	7,15	83,5334	96,6376	91,2074	18,670818	94	81,626984	85,7417	73,1183	95,2249	69,4216	Aceitável
33	3,70	0,013	3,6	1400	21,4	907	18,6	6,5	74,6176	139,8	2	7,21	79,80355	97,8572	91,4572	18,670818	94	81,670053	85,2064	78,1183	95,3647	67,2444	Aceitável
34	3,96	0,012	18	1400	20	928	18,2	6,2	74,57888	427,3	1	7,2	72,44775	97,8714	96,341	18,670818	94	82,203659	80,8692	88,3693	92,3742	63,7444	Aceitável
35	2,38	0,024	28	1400	20	914	18,5	6,7	80,2655	140,3	2	7,34	85,26525	96,6376	91,5384	18,670818	94	84,021018	86,29129	78,1183	95,3331	64,6292	Aceitável

APÊNDICE G – Planilha para cálculo do Índice de Qualidade da Água – IQA dos 14 pontos amostrados no entorno do lixão de Lages – SC.

Amostras	Composição													Notas										IQA	Classificação
	Nitrogênio total (mg/L)	Fósforo total (FTB) (µg/L)	Turbidez (FTU)	Coliformes fecais (UFC/100 mL)	Temperatura (°C)	Altura (m)	Temperatura água (°C)	Oxigênio dissolvido (mg/L)	Oxigênio dissolvido (%)	Sólidos totais (mg/L)	DBO (mg/L)	pH	Nitrogênio total	Fósforo total	Turbidez	Coliformes fecais	Temperatura	Sólidos totais	Oxigênio dissolvido	DBO	pH				
A11	4,01	0,038	18,5	1400	18,5	914	23,1	4	51,82954	36,9	18	5,28	72,17509	96,4923	63,2164	18,670818	94	84,677442	46,47194	13,636	92,7388	44,6232	Ruim		
A14	4,58	0,047	0,53	880	18,5	914	23,2	4,7	37,29093	165,89	5	4,76	48,99998	94,827	86,7665	18,670818	94	78,591438	55,50717	53,9888	19,4838	53,9332	Aceitável		
A15	4,16	0,06	282	1400	18,5	905	20,4	4	55,20375	129,4	4	6,1	81,5828	95,7344	18,70616	94	48,4668	55,28703	2	63,5954	27,2756	Aceitável			
A16	4,42	0,014	6,2	1300	18,5	914	23,6	3,7	50,50813	47,7	6	6,32	89,8634	97,7387	97,3088	20,68887	94	85,16384	42,9787	88,1222	74,3176	60,2791	Aceitável		
A17	4,24	0,027	5,4	320	18,5	915	23,8	3,5	45,85135	49,4	20	6,31	70,81443	96,367	98,8528	18,670818	94	85,265388	57,3303	11,0503	73,7679	50,1878	Aceitável		
A18	3,98	0,012	54	1400	18,5	914	24,6	5	68,81979	37,4	4	6,75	79,04935	97,8714	98,5922	18,670818	94	86,087011	70,28275	91,0491	88,5079	61,4568	Aceitável		
A19	5,80	0,024	175	880	18,5	911	28,2	5,6	78,10448	190,89	20	5,69	82,9188	97,1132	9	21,021263	94	75,158428	45,52627	11,0503	69,1485	42,274	Ruim		
A20	5,30	0,018	47	790	18,5	911	23,7	7,7	104,2611	34,1	4	7,05	85,2818	97,3608	41,5443	21,066209	94	86,075897	97,05619	91,0491	97,2572	63,8412	Aceitável		
A21	6,07	0,029	67	94	18,5	908	29,2	7,8	115,72346	106,2	2	7,4	86,44848	86,404	28,6757	93,6911	78,1183	82,4718	70,1018	92,6602	67,4718	70,1018	Ruim		
A22	4,32	0,021	7,7	1400	18,5	907	29,3	2	28,50058	54,1	10	6,04	79,43191	97,1132	81,8492	18,670818	94	85,566211	19,65562	72,4237	92,1127	53,1515	Aceitável		
A26	4,03	0,027	202	1300	18,5	908	29,8	2	25,2444	412,3	36	7,7	72,0336	95,6358	5	13,66779	94	84,900201	17,84577	2	91,1685	17,4008	Aceitável		
A27	6,67	0,018	387	1300	18,5	908	29,8	6	308,3	411,6	6	7,17	43,46828	97,3608	6	15,141289	94	44,397628	50	85,1222	92,6889	48,9308	Ruim		
A28	5,91	0,011	178	480	21,4	912	23,7	6,1	65,72403	200,8	6	6,53	62,39673	96,0077	9	18,761619	94	73,710743	62,71829	69,0584	69,9117	47,433	Aceitável		
A29	5,56	0,017	17	350	21,4	913	24,3	6	66,236102	48,4	3	6,19	74,85183	98,5455	65,0588	26,05913	94	85,203288	69,77705	69,2644	69,2088	65,0516	Aceitável		

APÊNDICE H – Concentração de metano a 40 cm de profundidade e resumo estatístico.

Ponto amostrado	Metano (ppm)	Ponto amostrado	Metano (ppm)
Ms01	15000	Ms31	5050
Ms02	>50000	Ms32	5500
Ms03	>50000	Ms33	6500
Ms04	>50000	Ms34	5050
Ms05	>50000	Ms35	5550
Ms06	>50000	Ms36	5050
Ms07	>50000	Ms37	5500
Ms08	9300	Ms38	5500
Ms09	>50000	Ms39	4900
Ms10	>50000	Ms40	5550
Ms11	>50000	Ms41	>50000
Ms12	>50000	Ms42	>50000
Ms13	>50000	Ms43	12250
Ms14	>50000	Ms44	>50000
Ms15	>50000	Ms45	7250
Ms16	>50000	Ms46	6650
Ms17	>50000	Ms47	>50000
Ms18	6850	Ms48	22750
Ms19	45750	Ms49	>50000
Ms20	27000	Ms50	25250
Ms21	4500	Parâmetros Estatísticos	
Ms22	6350	Mínimo	4500
Ms23	>50000	Máximo	50000
Ms24	12250	Média	29360
Ms25	48000	Mediana	36375
Ms26	46000	Desvio padrão	20964,86
Ms27	4550	CV (%)	71,41
Ms28	>50000	Assimetria	-0,11
Ms29	5050	Curtose	-1,97
Ms30	9100		

APÊNDICE I – Concentração de metano 1m acima da superfície do solo sobre as células de lixo.

<u>Ponto amostrado</u>	<u>Metano (ppm)</u>	<u>Ponto amostrado</u>	<u>Metano (ppm)</u>
Ma01	2500	Ma32	5050
Ma02	2500	Ma33	5050
Ma03	2600	Ma34	5000
Ma04	2550	Ma35	5050
Ma05	2450	Ma36	5050
Ma06	2500	Ma37	5000
Ma07	2550	Ma38	5050
Ma08	2550	Ma39	5000
Ma09	2400	Ma40	5000
Ma10	2950	Ma41	5050
Ma11	2150	Ma42	4900
Ma12	2150	Ma43	4850
Ma13	3500	Ma44	4850
Ma14	3700	Ma45	4850
Ma15	3850	Ma46	5150
Ma16	4000	Ma47	5850
Ma17	4250	Ma48	5700
Ma18	4350	Ma49	5000
Ma19	4500	Ma50	6200
Ma20	4000	Ma51	6200
Ma21	3850	Ma52	6000
Ma22	3750	Parâmetros Estatísticos	
Ma23	4000	Mínimo	2150
Ma24	3950	Máximo	6200
Ma25	3900	Média	4040,38
Ma26	4450	Mediana	4125
Ma27	4350	Desvio padrão	1215,14
Ma28	2200	CV (%)	30,07
Ma29	2150	Assimetria	-0,17
Ma30	2150	Curtose	-1,12
Ma31	3500		

