



**CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005*

*ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL*

**ANDREA KHRISMAN SANTOS**

**AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS QUÍMICO, FÍSICO E BIOLÓGICO DE UMA  
LAGOA DE PISCICULTURA DO ATERRO SANITÁRIO DE PALMAS – TO**

**Palmas  
2016**



**CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005*

*ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL*

**ANDREA KHRISMAN SANTOS**

**AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS QUÍMICO, FÍSICO E BIOLÓGICO DE UMA  
AGOA DE PISICULTURA DO ATERRO SANITÁRIO DE PALMAS – TO**

Projeto apresentado como requisito parcial da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II) do curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor Mestre José Geraldo Delvaux Silva.

**Palmas  
2016**

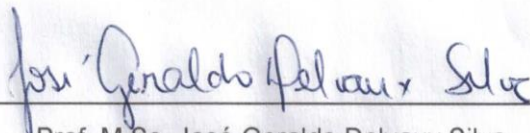
ANDREA KHRISMAN SANTOS

**AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS QUÍMICO, FÍSICO E BIOLÓGICO DE UMA  
LAGOA DE PISCICULTURA DO ATERRO SANITÁRIO DE PALMAS – TO**

Projeto apresentado como requisito parcial da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II) do curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor Mestre José Geraldo Delvaux Silva.

Aprovada em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_ 2016

**BANCA EXAMINADORA**



Prof. M.Sc. José Geraldo Delvaux Silva  
Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof. M.Sc. Fábio Moreira Spinola de Castro  
Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof. M.Sc. Walkíria Régis de Medeiros  
Centro Universitário Luterano de Palmas

**PALMAS - TO  
2016**

## **DEDICATÓRIA**

Gostaria de dedicar essa conquista a Deus. A Ele, pois foi quem me deu o dom da vida, a oportunidade de ingressar nessa faculdade, a coragem para enfrentar os desafios durante todos esses anos e a força para concluir essa monografia e vencer mais uma etapa da minha caminhada. Obrigado, Deus!

## **AGRADECIMENTOS**

Não seria possível chegar tão longe, sem as bençãos de Deus. Essa força misteriosa e sublime que nos move, que nos levanta quando o desânimo se faz presente, que nos acolhe quando, erroneamente, deduzimos não poder mais. Hoje ao olhar para trás, percebo o quanto sou amparada por ti. Sei que estás sempre ao meu lado, sussurrando ao meu coração: “Vai! Continua! Eu estou contigo.” Meu sincero agradecimento pela tua eterna e inesgotável fidelidade.

Agradeço os meus pais, Teotonio Alves Neto e Claureci Alexandre Alves, que um dia sonharam comigo, me amaram antes mesmo que eu existisse, acompanharam meu crescimento, trabalharam dobrado, sacrificando seus sonhos em favor dos meus. Que me fizeram vida e me ensinaram a vivê-la com dignidade. Tudo que tenho feito é receber, então hoje lhes ofereço essa vitória.

Não poderia deixar de agradecer ao meu professor e orientador, Mestre José Geraldo. Agradeço em especial pelas orientações essenciais e necessárias para o desenvolvimento desta monografia.

A todos que fizeram parte da minha vida acadêmica e torceram pela conclusão do meu curso, deixo aqui o meu muito obrigado.

## RESUMO

SANTOS, ANDREA KHRISMAN. Trabalho de Conclusão de Curso. 2016. **Avaliação dos parâmetros químico, físico e biológico de uma lagoa de piscicultura do aterro sanitário de palmas – TO**. Curso de Engenharia Civil. Centro Universitário Luterano de Palmas. Orientador Prof. M.Sc. José Geraldo Delvaux Silva.

O crescimento da população juntamente com o aumento da atividade humana tem provocado um aumento acelerado na geração de resíduos sólidos urbanos, que traz consequências ao meio ambiente, e à qualidade de vida da população. Para garantir uma proteção ao meio ambiente mais eficiente, as cidades se preparam com aterros sanitários. Aterro sanitário é um espaço destinado à deposição final de resíduos sólidos gerados pela atividade humana. Próximo ao aterro existe uma lagoa destinada à criação de peixes, e através dessa podemos comprovar se o aterro influencia ou não na qualidade de águas próximas a ele. Portanto, este trabalho consiste em avaliar os parâmetros químico, físico e biológico, e usando o cálculo do IQA, encontrar a qualidade da água de uma lagoa de piscicultura próxima ao aterro sanitário no município de Palmas – TO, e por fim avaliar possíveis impactos decorrentes de um tratamento ineficiente de resíduos. A partir da aplicação do IQA na lagoa de piscicultura, avaliou-se que a água tem qualidade média, e entre os parâmetros analisados, o que ficou acima do máximo permitido, indicando contaminação, foi os coliformes fecais, mostrando que há poluição fecal proveniente de fezes de animais de sangue quente e/ou humanos, principalmente, nos despejos domésticos produzidos. Uma má disposição de resíduos sólidos urbanos pode acarretar sérias consequências à saúde pública e ao meio ambiente, como a poluição das águas, do solo e do ar.

Palavras chave: Aterro Sanitário, IQA, Resíduos sólidos.

## ABSTRACT

SANTOS, ANDREA KHRISMAN. Completion of course work. 2016. **Evaluation of chemical parameters physical and biological a piscicultura lagoon landfill Palmas - TO**. Civil Engineering course. University Center of Lutheran Palmas. Advisor Prof. M.Sc. José Geraldo Silva Delvaux.

Population growth coupled with increasing human activity has caused a rapid increase in the generation of urban solid waste, that brings consequences for the environment and people's quality of life. To ensure an environmental protection more efficient, cities prepare landfills. Landfill is a space destined to the final disposal of solid waste generated by human activity. Near the landfill there is a pond intended for fish farming, and through this pond we can see if the landfill influences or not the water's quality close to it. Therefore, this work is to evaluate the chemical, physical and biological parameters, and using the calculation of IQA, find the water quality of a nearby fish pond to the landfill in the city of Palmas - TO, and finally assess potential impacts of an inefficient waste treatment. From the application of IQA in fish farming pond, we assessed that the water has medium quality, and among the analyzed parameters, wich was above the maximum allowed, indicating contamination, was the fecal coliforms, showing that there is fecal pollution from warm-blooded animal droppings/ or humans, mainly in domestic sewage produced. A bad disposition of urban solid waste can have serious consequences to public health and the environment, such as pollution of water, soil and air.

Keywords: Landfill, IQA, solid waste.

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| LISTA DE FIGURAS .....  | 10 |
| LISTA DE TABELAS .....  | 11 |
| LISTA DE ABREVIATURAS E SILGAS .....  | 12 |
| 1. INTRODUÇÃO .....   | 13 |
| 2. OBJETIVOS.....   | 15 |
| 2.1. OBJETIVOS GERAIS .....   | 15 |
| 2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....   | 15 |
| 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....   | 16 |
| 3.1. ATERRO SANITÁRIO.....  | 16 |
| 3.2. RESÍDUOS SÓLIDOS.....  | 17 |
| 3.3. IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS AOS RESIDUOS SÓLIDOS...                       | 19 |
| 3.4. CHORUME, LÍQUIDOS PERCOLADOS OU LIXIVIADOS.....                              | 20 |
| 3.5. O MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....                                   | 22 |
| 3.6. O MONITORAMENTO DE MANACIAIS / SUPERFICIAIS .....                            | 22 |
| 3.7. QUALIDADE DAS ÁGUAS.....   | 23 |
| 3.8. PARÂMETROS INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA .....                            | 24 |
| 3.8.1. Descrição dos Parâmetros do IQA.....                                       | 25 |
| 3.9. ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA).....                                       | 37 |
| 3.10. IMPACTOS DE ATERROS SANITÁRIOS NA QUALIDADE DAS ÁGUAS<br>SUPERFICIAIS ..... | 38 |
| 4. METODOLOGIA .....  | 39 |
| 4.1. Local de estudo .....  | 39 |
| 4.2. Método de Estudo .....   | 39 |
| 4.3. Para o estudo da análise da disposição de resíduos sólidos .....             | 40 |
| 4.4. Método do Índice de Qualidade da Água .....                                  | 40 |
| 4.4.1. Oxigênio dissolvido .....  | 41 |
| 4.4.2. Coliformes Fecais.....   | 43 |
| 4.4.3. Potencial Hidrogeniônico .....   | 43 |
| 4.4.4. Demanda Bioquímica de Oxigênio.....  | 44 |
| 4.4.6. Nitrogênio Total .....   | 45 |
| 4.4.7. Fósforo Total.....   | 45 |
| 4.4.8. Turbidez .....   | 46 |
| 4.4.9. Resíduo Total.....   | 47 |



|  |           |
|--|-----------|
| <b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>   | <b>50</b> |
| <b>5.1. Avaliação dos parâmetros segundo a resolução CONAMA 430/2011, classe 2. ....</b> | <b>51</b> |
| <b>5.1.1. Parâmetros físicos .....</b>   | <b>51</b> |
| <b>5.1.2. Parâmetros Químicos .....</b>  | <b>52</b> |
| <b>5.1.3. Parâmetros Biológicos .....</b>  | <b>55</b> |
| <b>5.2. Índice de qualidade da água.....</b>   | <b>55</b> |
| <b>5.3. Aterro Sanitário de Palmas.....</b>  | <b>56</b> |
| <b>5.3.1. Disposição dos resíduos e sistemas do Aterro Sanitário de Palmas</b>           | <b>56</b> |
| <b>5.3.2. Sistemas de Drenagem de Gases .....</b>  | <b>59</b> |
| <b>5.3.3. Sistemas de Drenagem do Chorume .....</b>                                      | <b>60</b> |
| <b>5.3.4. Sistema de Monitoramento do Aterro de Palmas .....</b>                         | <b>61</b> |
| <b>7. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>  | <b>64</b> |
| <b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>   | <b>65</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1- Localização do aterro sanitário de Palmas-TO.....   | 39 |
| Figura 2 – Localização da lagoa de piscicultura.....  | 40 |
| Figura 3 - Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para<br>o cálculo do IQA. .... | 47 |
| Figura 4 – Peixes na lagoa de piscicultura.....   | 53 |
| Fonte: Autor. ....  | 53 |
| Figura 5 – Barreira de Eucalipto no entorno do aterro. ....   | 56 |
| Figura 6 - Balança para controle na entrada do aterro.....  | 57 |
| Figura 7 - Retroescavadeira fazendo a cobertura do lixo depositado. ....                                  | 58 |
| Figura 8 - Serviço de impermeabilização da base e laterais do aterro.....                                 | 58 |
| Figura 9 - Nova célula do Aterro Sanitário de Palmas. ....  | 59 |
| Figura 10 - Drenos de gás na base antes de iniciar o depositam dos resíduos. ....                         | 59 |
| Figura 11 - Drenos de gás a 20 metros de aterro de resíduos. ....   | 60 |
| Figura 12 - Lagoas de tratamento do Chorume.....  | 61 |
| Figura 13 - Poço de monitoramento situado na montante do Aterro Sanitário. ....                           | 61 |
| Figura 14 - Poço de monitoramento situado na jusante do Aterro Sanitário. ....                            | 62 |
| Figura 15 – Lagoa de piscicultura formada com nascente na jusante do aterro. ....                         | 62 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - Parâmetros do IQA e respectivos pesos. ....                             | 41 |
| Tabela 2 - Classificação da qualidade da água segundo IQA-NSF e IQA – CETESB ..... | 49 |
| Tabela 3 - Valores limites aceitáveis.....   | 50 |
| Tabela 4 – Resultados obtidos a partir das coletas.....                            | 51 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SILGAS

IQA – Índice de qualidade da água  
CETESB – Companhia Ambiental do Estado de DP  
IQR – Índice de qualidade de aterro de resíduos  
IQNAS – Índice de qualidade natural de água subterrânea  
NSF - *National Sanitation Foudantion*  
NBR – Norma Brasileira  
RSU – Resíduos sólidos urbanos  
DQO - demanda química de oxigênio  
DBO - demanda bioquímica de oxigênio  
COT - carbono orgânico total  
AGV - ácidos graxos voláteis  
pH – Potencial hidrogeniônico  
OD – Oxigênio dissolvido  
RIMA – Relatório de impacto ambiental  
UJT - Unidade Jackson de Turbidez  
UNT - unidades nefelométricas de turbidez

## 1. INTRODUÇÃO

As atividades humanas produzem muito lixo e isto é um grande problema para o planeta, pois são gerados cada vez mais detritos, muitos de difícil decomposição. Antigamente, quando o homem se baseava no extrativismo vegetal para sua sobrevivência, menos resíduos eram gerados, logo não havia a necessidade de preocupação com eles.

Com o crescimento da quantidade de lixos urbanos gerados, logo surgiram os primeiros problemas relacionados com o lixo, o seu armazenamento e a disposição e/ou operação inadequada de resíduos sólidos em aterros sanitários. Vários problemas ambientais são gerados, incluindo riscos de contaminação das águas superficiais e subterrâneas devido ao lixiviado produzido na decomposição dos resíduos. Este fato, que pode acarretar sérias consequências à saúde pública e ao meio ambiente, como a poluição das águas, do solo e do ar.

Para a disposição de resíduos sólidos a técnica mais difundida e aceita em todo mundo são os aterros sanitários (MELO & JUCÁ, 2001). Que se trata de um processo utilizado para a disposição de resíduos sólidos no solo, particularmente, específicas, permite a confinamento segura em termos de controle de poluição ambiental, proteção à saúde pública.

Os resíduos sólidos são de grande variedade química, sob a influência de agentes naturais, é objeto de evoluções complexas, constituídas pela superposição de mecanismos físicos, químicos e biológicos, sendo o principal responsável pela degradação dos resíduos é a bioconversão da matéria orgânica em formas solúveis e gasosas.

O conjunto desses fenômenos conduz a geração de metabólitos gasosos e ao carregamento pela água de moléculas muito diversas, as quais originam os vetores da poluição em aterro sanitário: o biogás e os lixiviados, chamado também de chorume (líquido percolado) com carga poluidora várias vezes maior que a do esgoto doméstico, podendo gerar grande impacto ao meio ambiente. Para agravar o problema, também há uma provável contaminação química, principalmente por metais pesados, que não são removidos no tratamento biológico realizado nas lagoas e por infiltração de chorume no aquífero freático (SANTOS, 2008).

A qualidade e a quantidade do lixiviado (chorume) produzido são influenciadas pela composição e umidade contida nos resíduos sólidos, assim como

fatores locais, tais como condições hidrogeológicas, clima, altura do nível freático e tipo do aterro (JOHANSEN & CARLSON, 1976). Entretanto, apresenta características marcantes, como altas concentrações de matéria orgânica, medida como demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO), além de quantidades consideráveis de substâncias inorgânicas, como metais pesados, e nitrogênio na forma amoniacal e nítrica.

Próximo ao aterro existe uma lagoa de piscicultura, que é uma lagoa destinada à criação de peixes, que através da mesma podemos comprovar que o aterro influencia ou não na qualidade de águas próximas a ele e que não há contaminação do solo. Portanto, este trabalho consiste em avaliar a qualidade da água de uma lagoa de piscicultura próxima ao aterro sanitário no município de Palmas – TO mediante a aplicação do Índice da Qualidade de Águas – IQA proposto por FARIA (2002). A aplicação da ferramenta IQA utilizada neste trabalho permite gerar índices com os seguintes intervalos e respectivas avaliações: 0 a 25, 25 a 50, 50 a 70, 70 a 90, 90 a 100.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVOS GERAIS**

Avaliar a qualidade da água da lagoa de piscicultura do aterro sanitário de Palmas, que possam indicar possível contaminação.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Avaliar os parâmetros químicos, físicos e biológicos da água proveniente de uma lagoa de piscicultura do aterro sanitário de Palmas, TO.
- Calcular e classificar a água superficial na área de influência do aterro, de acordo com o Índice de Qualidade Água (IQA).
- Avaliar possíveis impactos decorrentes de um tratamento ineficiente de resíduos.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. ATERRO SANITÁRIO**

Aterro sanitário é um processo utilizado para a disposição de resíduos sólidos no solo, particularmente lixo domiciliar que, fundamentado em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, permite um confinamento seguro em termos de controle de poluição ambiental e proteção a saúde pública, ou seja, é a forma de disposição final dos resíduos sólidos urbanos no solo, mediante ao confinamento em camadas cobertas com material inerte, geralmente solo e compactada em níveis satisfatórios, minimizando os impactos ambientais (CONSONI et al., 2000). A norma NBR 8419/1992, define aterro sanitário como sendo:

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbano no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os como uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou intervalos menores, se necessário.

Esses critérios de engenharia mencionados materializam-se no projeto de sistemas de drenagem periférica e superficial para afastamento de águas de chuva, de drenagem de fundo para a coleta do lixiviado, de sistema de tratamento para o lixiviado drenado, de drenagem e queima dos gases gerados durante o processo de bioestabilização da matéria orgânica (BIDONE e POVINELLI, 1999).

Dentre as alternativas de disposição final do lixo, o aterro sanitário é o recurso menos impactante, pois o mesmo é projetado para impedir a contaminação do subsolo pelo chorume, líquido oriundo do lixo, altamente poluente, com elevada concentração de matéria orgânica e metais pesados. Há a impermeabilização da base onde é depositado o lixo e também há drenagem dos gases e do chorume.

O aterro é diariamente recoberto de terra, evitando a ação de vetores. Nele não é permitida a entrada de catadores, a não ser quando há um centro de triagem de lixo, o qual não se recomenda quando o município não possui coleta seletiva (LAUREANO, 2007).



Embora o aterro sanitário seja a melhor solução para destinação final de lixo, ele não vem sendo utilizado da forma correta, pois nele deveria ser depositado somente o que realmente é lixo, quer dizer, materiais que não podem ser reaproveitados ou reciclados. Dessa forma a vida útil do aterro seria prolongada, os recursos naturais seriam poupados e o consumo de energia muito reduzido, tendo em vista a reciclagem. Conseguiríamos atingir todos esses objetivos se o princípio dos 3R's fosse seguido, reduzir, reciclar e reutilizar.

Visando minimizar problemas ambientais relacionados à má gestão do lixo, é de fundamental importância que se trabalhe a educação ambiental da comunidade, a separação do material reciclável, a compostagem da matéria orgânica e o que sobrar, que não for reaproveitável, deve ser disposto em aterros sanitários. Conseqüentemente diminuindo a quantidade de lixo a ser aterrado (SANTOS, 2005).

### **3.2. RESÍDUOS SÓLIDOS**

Os resíduos sólidos são diversos e complexos. As suas características físicas, químicas e biológicas variam de acordo com sua atividade geradora. Fatores econômicos, sociais, geográficos, educacionais, culturais, tecnológicos e legais afetam o processo de geração dos resíduos sólidos, tanto em relação à quantidade gerada quanto à sua qualidade (ZANTA *et al.*, 2006). Com o resíduo gerado, a forma como é manejado, tratado e destinado pode alterar suas características que em certos casos, os riscos à saúde e ao ambiente são potencializados (ZANTA *et al.*, 2006).

Segundo a Norma Brasileira NBR – 10004 (2004) –:

“Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.”

A definição da norma torna evidente a diversidade e complexidade dos resíduos sólidos. Os resíduos sólidos de origem urbana (RSU) são aqueles produzidos pelas inúmeras atividades desenvolvidas em áreas com aglomeração humanas, contendo resíduos de varias origens, sendo eles, residenciais, comerciais, de estabelecimentos de saúde, industriais, da limpeza publica, da construção civil e os resíduos agrícolas. Dentre os vários RSU produzidos, os resíduos de origem domiciliar ou aqueles com características similares, como os comerciais, e os resíduos da limpeza pública são normalmente encaminhados para a disposição em aterros sob-responsabilidade do poder municipal (ZANTA et al.,2003).

O conhecimento das características e da classificação dos resíduos sólidos é um dos subsídios para o prognóstico de estratégias de gerenciamento de resíduos. O gerenciamento adequado dos resíduos minimiza possíveis impactos ambientais e prejuízo à saúde pública decorrentes da liberação de emissões gasosas e líquidas associadas às características dos resíduos sólidos. Pensando nisso a norma classifica os resíduos quanto a sua gravidade à saúde pública e ao meio ambiente o grau de periculosidade dos resíduos depende de suas propriedades físicas, químicas e infectocontagiosas. Assim, um resíduo ou um dos seus constituintes que apresentem qualquer uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, é classificada como perigoso (ZANTA et al., 2006).

Mesmo com a capacidade da natureza em diluir, dispersar, degradar, absorver e conseqüentemente, diminuir seus impactos, os resíduos têm sido produzidos numa freqüência maior que sua capacidade de assimilação natural. (TCHOBANOGLIOUS et al., 1993, citado por LEAL 2011). A quantidade de resíduos sólidos gerada por habitante por dia vem aumentando e depende de vários fatores, como época do ano, renda per capita, modo de vida, movimento da população nos períodos de férias e fins de semana e novos métodos de acondicionamento de mercadorias, com a tendência mais recente de utilização de embalagens não retornáveis (CUNHA, 2002).

O lixo doméstico no Brasil é composto de cerca de 50% de matéria orgânica. Esse percentual varia de acordo com os fatores climáticos, pois as chuvas aumentam o teor de umidade, já no outono há mais folhas e no verão, mais embalagens de bebida; épocas especiais, visto que nos feriados aumentam o teor de embalagens; demográficos, diante disto quanto maior a população urbana, maior

a produção *per capita*; e sócio-econômicos, pois quanto maior o nível cultural, educacional e aquisitivo, maior a incidência de materiais recicláveis e menor a incidência de matéria orgânica. Quando acontecem campanhas ambientais, há uma redução de materiais não-biodegradáveis como plásticos.

### **3.3. IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS AOS RESÍDUOS SÓLIDOS**

O crescimento proeminente da geração de resíduos sólidos e a sua concentração espacial devido à urbanização diminuem as chances de assimilação dos resíduos pelo meio ambiente, sem que haja alterações, muitas vezes significativas, na qualidade da água, do solo e ar, ou seja, do meio físico. A poluição destes compartimentos ambientais pode atingir níveis de contaminação, afetando o meio antrópico (homem) e biológico (fauna e flora). As características físicas dos resíduos podem ser associadas a vários impactos negativos no meio físico como alteração da paisagem pela poluição visual, a liberação de maus odores ou substâncias químicas voláteis pela decomposição dos resíduos. Ainda, materiais particulados podem ser dispersos pela ação do vento ou serem liberados juntos com gases tóxicos quando os resíduos são queimados, por exemplo, para facilitar a captação de materiais recicláveis. Outro problema comum em áreas urbanas carentes e com topografia acidentada é o lançamento dos resíduos em encostas aumentando o risco de deslizamentos do solo destas áreas. Por sua vez, as características químicas são associadas à impactos como a poluição ou contaminação química por substâncias perigosas presentes nos resíduos carregadas pela infiltração de lixiviado no solo e nos aquíferos subterrâneos ou quando este atinge, por escoamento natural, corpos d'água (ZANTA et al, 2006).

O lixiviado pode abranger matéria orgânica dissolvida ou solubilizada, nutrientes, produtos intermediários da digestão anaeróbia dos resíduos, como ácidos orgânicos voláteis, substâncias químicas, como por exemplo, metais pesados tais como, cádmio, zinco, mercúrio, ou organoclorados, oriundos do descarte de inseticidas e agrotóxicos, além de microorganismos (ZANTA et al., 2006).

No meio aquático a carga orgânica presente no lixiviado pode diminuir a concentração de oxigênio dissolvido gerando a morte de seres vivos. Nutrientes, como nitrogênio e fósforo, podem causar eutrofização e substâncias químicas podem ser tóxicas ou bioacumulativas na cadeia alimentar. Muitas vezes os

resíduos sólidos são descartados diretamente nos corpos d'água causando obstrução do leito do rio e também poluição visual. A contaminação das águas do subsolo por percolações de lixiviado depende não só da profundidade em que se situa o lençol freático, mas também da força de absorção e da capacidade de auto purificação do solo percorrido. A natureza do solo influencia também a velocidade de escoamento das águas infiltradas, de modo que depósitos de resíduos podem comprometer as águas profundas imediatamente ou após algum tempo (FELLENBERG, 1980).

Os resíduos sólidos constituem uma fonte de alimento, água e abrigo para inúmeros vetores veiculadores de agentes etiológicos de reservatórios naturais aos hospedeiros suscetíveis. Dentre os vetores atraídos pelos resíduos sólidos destacam-se os insetos e roedores. Doenças como a dengue transmitida pelo mosquito *Aedes Aegypti*, que prolifera em ambientes descartados que armazenam água, intoxicações alimentares causadas por micro-organismos como *salmonellas*, transportados por vetores mecânicos como a mosca domestica, ou casos leptospirose e de peste bubônica transmitidas pela urina de ratos e parasitas como a pulga são exemplos de doenças relacionadas aos vetores atraídos pelos resíduos sólidos (ZANTA et al., 2006 ).

Também é importante lembrar que em vários lugares de deposição clandestina de resíduos sólidos há a presença de animais como cães, gatos, que podem veicular a toxoplasmose, ou gado e porcos que por sua vez podem transmitir cisticercose e teníase. O catador, que trabalha em condições inadequadas de higiene e segurança, e em geral, apresenta um quadro de carência nutricional, tanto se constitui em um grupo de risco por estar muito suscetível à doença como também podem ser um macrovetor.

### **3.4. CHORUME, LÍQUIDOS PERCOLADOS OU LIXIVIADOS.**

Um dos maiores impactos ambientais provocados pelos aterros sanitários esta relacionado a biodegradação da matéria orgânica aterrada e a consequente geração de gases lixiviados.

De forma geral, o processo de decomposição do lixo em aterros dá-se em três fases: a primeira denomina-se aeróbica. Em seguida, vem a acetogênica e, por ultimo, a fase metanogênica (LO, 1996). Durante essas fases, a suscetibilidade ao

arraste de substâncias químicas pelo líquido que escoa se modifica. Esse processo de carregamento denomina-se lixiviação. Por meio desse processo, ou compostos arrastados do interior da massa de resíduo dão origem a chorume com composição diversa (ALVES et al.,2000).

Um dos parâmetros mais importantes é o teor de umidade, que expressa a quantidade de água contida na massa de resíduo. Esta água tendera a solubilizar substâncias presentes nos resíduos sólidos, principalmente aqueles de composição orgânica, dando origem a uma mistura líquida complexa com composição química bastante variável. Esta variabilidade pode ser tanto quantitativa quanto qualitativa. Tais características são, por sua vez, variáveis ao longo do tempo, exigindo cuidados especiais no que se trata de resolver o problema do chorume. Todo esse processo ocorre, principalmente em função da decomposição biológica do lixo provocada por micro-organismos (ALVES et al., 2000).

A interação entre o processo de biodegradação da fração orgânica dos resíduos sólidos e a percolação de água pluviais na massa de resíduos solubilizam componentes orgânicos e inorgânicos, formando um líquido escuro, turvo e malcheiroso de composição variável, chamado também de lixiviado (FERNANDES et al.,2006).

Durante a vida ativa de um aterro sanitário, a geração do chorume é influenciada por uma série de fatores, sendo eles fatores climatológicos e correlatos, que nada mais é que o regime de chuvas, precipitação anual, escoamento superficial, infiltração, evapotranspiração e temperatura; fatores relativos aos resíduos sólidos, que consiste na composição, densidade e teor de umidade inicial do resíduo; e fatores relativos ao tipo de disposição, que são características de permeabilidade do aterro, densidade e teor de umidade (ALVES et al., 2000).

A quantidade produzida do chorume em um aterro sanitário depende da interação de fatores geológicos, hidrogeológicos, meteorológicos, topográficos, condições de operação do aterro e da natureza dos resíduos sólidos confinados (TORRES et al., 1997).

O lixiviado apresenta altas concentrações de matéria orgânica, medida como DQO (demanda química de oxigênio), DBO (demanda bioquímica de oxigênio), COT (carbono orgânico total) e AGV (ácidos graxos voláteis), bem como quantidades consideráveis de substâncias inorgânicas (metais pesados), e ainda apresenta variações de pH; valores altos de sólidos totais, sólidos dissolvidos e de nitrogênio

na forma amoniacal, entre outros. E, pelo fato do chorume conter, às vezes, altos níveis de metais e outros compostos podem ser considerados uma água residuária industrial, sendo que sua composição muda de um aterro para outro, em função da qualidade e características dos resíduos sólidos depositados (TORRES *et al.*, 1997).

Os mananciais de água, passíveis de recebimento do chorume apresentam modificação de coloração, depreciação de oxigênio dissolvido e contagem de patogênicos, levando a impactos no meio aquático com quebra do ciclo vital das espécies (TORRES *et al.*, 1997).

### **3.5. O MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

Com o objetivo de detectar influências do aterro sanitário na qualidade das águas do sub solo, são feitos poços de monitoramento, que deve ter pelo menos um ponto na montante da instalação que deverá ser monitorados para a avaliação da qualidade da água subterrânea. E na jusante a instalações devem ser instalados no mínimo três poços, que não sejam alinhados, com o intuito de avaliar possível interferência na qualidade original destas águas subterrâneas na localidade (ABNT, 1997).

O aterro sanitário só produz algum tipo de emissão se ele estiver ativo, então as amostras só são retiradas quando ele está funcionando. As análises das amostras nos poços de monitoramento têm que ser feitas pelo menos quatro vezes ao ano, pois é de suma importância que o aterro esteja sendo operado de maneira que mantenha a qualidade as das águas subterrâneas, visando o uso das mesmas para abastecimento publico. O resultado das analises tem que atender os padrões de potabilidade estabelecidas na legislação vigente (ABNT, 1997).

### **3.6. O MONITORAMENTO DE MANACIAIS / SUPERFICIAIS**

O monitoramento de águas superficiais só é recomendado quando na área de influência direta do aterro tiver nascentes de águas, córregos, represas, rios, lagos. Todos os recursos hídricos que tem possibilidades de serem afetados pelo funcionamento de um aterro devem ser monitorados (CASTILHO JUNIOR, 2003). O monitoramento acontece através de coleta e análise dos corpos hídricos.

Para realizar o recolhimento das amostras dos corpos hídricos deve ser feito um planejamento em cima do que se tem como objetivo proposto, também com a escolha das amostras e do mínimo de amostras que de fato tem-se a representar o efluente ou corpo de água em estudo (ABNT, 1987).

### **3.7. QUALIDADE DAS ÁGUAS**

A qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem. Tem como objetivo principal, “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” (ANA, 2005).

A qualidade da água é função das condições naturais e do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica. Mesmo com a bacia hidrográfica preservada nas suas condições naturais, a qualidade das águas é afetada pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo, resultantes da precipitação atmosférica. A ação do homem de uma forma concentrada, como na formação de despejos domésticos ou industriais, de uma forma dispersa, contribui na introdução de compostos na água, afetando diretamente na sua qualidade (VON SPERLING, 2005).

Assim, a qualidade da água está internamente ligada ao uso que se deve dar a esta água. É necessário identificar os propósitos de utilização de um corpo hídrico, como abastecimento humano em uso doméstico, para uso industrial, irrigação de plantações, saciar a sede animal, pesca, lazer, entre outros e, então, estabelecer os critérios da qualidade da água. Assim, são determinados os atributos biológicos e químicos da água necessários para atingir os usos atribuídos. A qualidade total pode atingir elevados graus de complexidade.

Com uso acentuado de insumos químicos as populações dos grandes centros urbanos, industriais e áreas de desenvolvimento agrícola já se defrontam com problemas de escassez qualitativa de água para consumo. A ausência quantitativa de água constitui fator limitante ao desenvolvimento, e gera problemas muito mais sérios à saúde pública, à economia e ao ambiente em geral (REBOUÇAS, 2002).

É cada dia mais freqüente os casos em que se caracterizam não só limites científicos, tecnológicos e financeiros. Para se purificar uma água que teve a sua qualidade degradada pelas atividades humanas. A utilização de métodos muito sofisticados de tratamento pode causar problemas cada vez mais complexos e de

difícil solução, os quais afetam a qualidade do ambiente, em geral, e a saúde pública (REBOUÇAS, 2002).

Devido aos problemas causados, não é confiável os processos convencionais de tratamento de água de mananciais que recebem esgotos de centros urbanos, efluentes industriais, águas residuais da mineração ou, simplesmente, o escoamento superficial difuso de bacias hidrográficas onde se pratica uma agricultura com uso intensivo de insumos químicos, devido à quase impossibilidade de eliminação adequada de grande variedade de elementos menores ou traços, como, por exemplo, neurotóxicos, carcinogênicos, mutagênicos, teratogênicos, entre outros, que podem estar presentes nas águas de consumo (REBOUÇAS, 2002).

Logo, águas captadas de bacias hidrográficas não protegidas não são confiáveis para abastecimento público, porque não atende aos poucos parâmetros de qualidade estabelecidos pelos padrões gerais de qualidade ambiental ou de potabilidade para águas de consumo humano. Portanto, os aspectos qualitativos da água tornam-se cada vez mais importantes, tão importantes quanto os problemas tradicionais de escassez quantitativa, natural ou gerada pelo crescimento acelerado ou desordenado das demandas locais (REBOUÇAS, 2002).

### **3.8. PARÂMETROS INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA**

Não existe água pura na natureza, a não serem as moléculas de água presentes na atmosfera na forma de vapor. Assim que ocorre a condensação, começam a ser dissolvidos na água, por exemplo, os gases atmosféricos. Isso ocorre porque a água é um ótimo solvente. Como consequência, são necessários indicadores físicos, químicos e biológicos para caracterizar a qualidade da água (BERNARDO et al., 2002)

As características físicas, químicas e biológicas das águas naturais decorrem de uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e na bacia hidrográfica, como consequência das capacidades de dissolução de uma ampla gama de substâncias e de transporte pelo escoamento superficial e subterrâneo (LIBÂNIO, 2005).



### **3.8.1. Descrição dos Parâmetros do IQA**

#### **3.8.1.1. Alcalinidade**

Alcalinidade total é um parâmetro que mede a quantidade de hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) presentes na água. Pode ser considerada também a medida indireta da capacidade da água em resistir a grandes variações de pH. A alcalinidade reflete a quantidade de íons na água que reagirão para neutralizar os íons hidrogênio. É uma medida da capacidade da água de neutralizar os ácidos. Este parâmetro é influenciado pela quantidade de sólidos e gases dissolvidos. Os processos oxidativos tendem a consumir a alcalinidade, que, caso atinja baixos teores, pode dar condições a valores reduzidos de pH (VON SPERLING, 2005).

Sua importância está associada ao gosto amargo para a água, apesar de não ter significado sanitário para a potabilidade da água, também é uma determinação importante no controle do tratamento de água, estando relacionada com a coagulação, redução de dureza e prevenção da corrosão em tubulações. Quanto ao tratamento dos esgotos, há evidências de que a redução do pH pode afetar os microrganismos responsáveis pela depuração (VON SPERLING, 2005).

#### **3.8.1.2. Alumínio**

Dentre os componentes atmosféricos, particularmente de poeira derivada de solos e partículas originadas da combustão de carvão, tem-se como principal constituinte, o alumínio. Na água, o mesmo é complexado e influenciado pelo pH, temperatura e a presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes.

O alumínio é um metal que não é essencial às plantas e organismos. Na terra ocorre a combinação com o silício e oxigênio para formar feldspato, mica e argila. O alumínio e suas ligas são usados em trocadores de calor, recipientes, materiais de construção, peças de aeronaves, etc. Sulfato de potássio alumínio é utilizado no tratamento de água, na floculação de partículas suspensas, e pode deixar resíduos de alumínio na água. Concentrações acima de  $1,5 \text{ mg L}^{-1}$  podem ser consideradas tóxicas aos ambientes (APHA, 2005).

#### **3.8.1.3. Cádmio**

O cádmio é um metal não essencial às plantas e organismos e ocorre em sulfetos que também contêm zinco, chumbo ou cobre. O metal é usado em galvanoplastia, baterias, pigmentos de tintas e em ligas com vários outros metais. É muito tóxico e acumulativo no fígado e rins, exposições longas em baixas concentrações pode causar problemas nos rins (APHA, 2005).

O cádmio absorvido pelo homem via alimentos ou água ou inalado sob forma gasosa pode concentrar-se em vários órgãos como fígado, rins, sistema nervoso, intestinos, ossos, pele, comprometendo o perfeito funcionamento dos mesmos (BLOTTNER et al., 1999). O trabalhador que tem exposição direta do cádmio em seus locais de trabalho ou em áreas industriais poluidoras pode causar intoxicações agudas. (IKEDA, 2000).

#### **3.8.1.4. Chumbo**

O chumbo está presente no ar, nas bebidas, nos alimentos e no tabaco. Está presente também na água devido às descargas de efluentes industriais como, por exemplo, os efluentes das indústrias de acumuladores (baterias), bem como devido ao uso indevido de tintas e tubulações e acessórios a base de chumbo (materiais de construção). O chumbo e seus compostos também são utilizados em eletrodeposição e metalurgia.

O chumbo é um metal não essencial às plantas e organismos e obtido principalmente através do sulfeto de chumbo (galena). É utilizado em baterias, munições, solda, tubulações, pigmentos, inseticidas e ligas. O chumbo é acumulativo e pode ser tóxico se ingerido (APHA, 2005).

Constitui veneno cumulativo, provocando um envenenamento crônico denominado saturnismo. Também pode provocar tontura, irritabilidade, dor de cabeça, perda de memória, deficiência dos músculos extensores, entre outros. A toxicidade do chumbo, quando aguda, é caracterizada pela sede intensa, sabor metálico, inflamação gastrointestinal, vômitos e diarreias (CETESB, 2006).

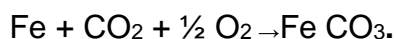
#### **3.8.1.5. Cromo**

As concentrações de cromo em água doce são muito baixas. É normalmente utilizado em aplicações industriais e domésticas, como na produção de alumínio anodizado, aço inoxidável, tintas, pigmentos, explosivos, papel, fotografia.

O cromo é um metal não essencial às plantas, porém, é considerado um elemento traço para os animais. É encontrado principalmente como cromo-ferro e utilizado em galvanoplastia, ligas e pigmentos. Compostos cromados geralmente são adicionados à águas de resfriamento para controle da corrosão (APHA, 2005).

#### **3.8.1.6. Ferro**

O ferro aparece principalmente em águas subterrâneas devido à dissolução do minério pelo gás carbônico da água, conforme a reação:



O ferro ocorre nos minerais hematita, magnetita e pirita e é amplamente usado no aço e outras ligas. Elevadas concentrações de ferro na água podem causar manchas no encanamento, roupas, e utensílios de cozinha, além de transmitir gosto desagradável e cores aos alimentos (APHA, 2005). O mesmo constitui-se em padrão de potabilidade, tendo sido estabelecida a concentração limite de 0,3 mg/L na Portaria 1469 do Ministério da Saúde.

O ferro não é tóxico, mas traz diversos problemas para o abastecimento público de água. Confere cor e sabor à água, provocando manchas em roupas e utensílios sanitários. Também traz o problema do desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferrobactérias, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição.

#### **3.8.1.7. Fósforo total**

Em águas naturais o fósforo aparece devido principalmente às descargas de esgotos sanitários, visto que os detergentes superfosfatados sendo muito usado domesticamente constituem a principal fonte, além da matéria fecal, que é rica em proteínas. Alguns efluentes industriais apresentam fósforo em quantidades excessivas, como os de química em geral, indústrias de fertilizantes, conservas

alimentícias, pesticidas, abatedouros, frigoríficos e laticínios. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais.

O fósforo ocorre em águas naturais quase exclusivamente como fosfatos. São classificados como ortofosfatos, fosfatos condensados (piro-, meta- e outros polifosfatos) e fosfatos orgânicos. Podem ocorrer em solução, em partículas ou detritos, ou nos constituintes orgânicos. Existem várias fontes de fosfato nos ambientes. São utilizados na agricultura como fertilizantes e na indústria de produtos de limpeza (são a base constituinte de alguns detergentes). Fosfatos orgânicos são formados principalmente em processos biológicos. O fósforo é indispensável para o crescimento dos organismos e pode ser o nutriente que limita a produtividade primária de um corpo de água. Nos casos em que é um nutriente limitante para o crescimento, a liberação de esgoto bruto ou tratado, drenagem agrícola, industrial ou de certos resíduos podem estimular o crescimento de microrganismos fotossintéticos aquáticos e macrorganismos em quantidades incômodo, causando a eutrofização (APHA, 2005).

Os esgotos sanitários no Brasil apresentam, normalmente, concentração de fósforo total na faixa de 6 a 10 mg/L, não exercendo efeito limitante sobre o tratamento biológico. Alguns efluentes industriais, porém, apresentam concentrações muito baixas ou simplesmente não possuem fósforo em suas composições. Neste caso, devem-se adicionar artificialmente compostos contendo fósforo como o monoamônio-fosfato que, por ser usado em larga escala como fertilizante e apresenta custo relativamente baixo. Ainda por ser nutriente para processos biológicos, o excesso de fósforo em esgotos sanitários e efluentes industriais, por outro lado, conduz a processos de eutrofização das águas naturais (CETESB, 2006).

#### **3.8.1.8. *Mercúrio***

O mercúrio é muito utilizado no Brasil nos garimpos, no processo de extração do ouro. O problema é em primeira instância ocupacional, pois o próprio garimpeiro inala o vapor de mercúrio, mas, posteriormente, torna-se um problema ambiental, pois normalmente nenhuma precaução é tomada e o material acaba por ser descarregado nas águas. O mercúrio é também usado em células eletrolíticas para a produção de cloro e soda e em certos praguicidas ditos mercuriais. Pode ainda ser

usado em indústrias de produtos medicinais, desinfetantes e pigmentos. É altamente tóxico ao homem, sendo que doses de 3 a 30 gramas são fatais. Apresenta efeito cumulativo e provoca lesões cerebrais. O padrão de potabilidade fixado pela Portaria 1469 do Ministério da Saúde é de 0,001 mg/L.

O mercúrio é um metal não essencial às plantas e animais e pode ocorrer livre no ambiente, mas sua forma principal é como cinabarita. É utilizado em amálgamas, revestimentos de espelhos, lâmpadas de vapor, tintas, aparelhos de medição (termômetros, barômetros, manômetros), produtos farmacêuticos, pesticidas e fungicidas. Na presença de sulfetos pode formar o metil mercúrio, que é tóxico e pode se concentrar na cadeia alimentar (APHA, 2005).

#### **3.8.1.9. *Níquel***

O níquel pode ser considerado um elemento essencial às plantas e animais e é obtido principalmente da garnierita. É utilizado em ligas, ímãs, revestimentos de protetores, catalisadores e baterias (APHA, 2005).

#### **3.8.1.10. *Zinco***

O zinco é um elemento essencial às plantas e animais, porém, em elevadas concentrações pode ser tóxico para alguns animais aquáticos. É utilizado em ligas, como latão e bronze, baterias, fungicidas e pigmentos (APHA, 2005).

Em águas superficiais, as concentrações de zinco estão normalmente na faixa de 0,001 a 0,10 mg/L. Largamente utilizado na indústria, o zinco é produzido no meio ambiente por processos naturais e antropogênicos, entre os quais se destacam as produções de zinco primário, combustão de madeira, incineração de resíduos, produção de ferro e aço, efluentes domésticos. A água com alta concentração de zinco tem uma aparência leitosa e apresenta um sabor metálico ou adstringente quando aquecida (PHILIPPI et al., 2004).

#### **3.8.1.11. *Nitrato***

Nitrato é a forma mais completamente oxidada do nitrogênio. Ele é formado durante os estágios finais da decomposição biológica, tanto em estações de

tratamento de água como em mananciais de água natural. Sua presença não é estranha, principalmente em águas armazenadas em cisternas em comunidades rurais. Nitratos inorgânicos, assim como o nitrato de amônia, são largamente utilizados como fertilizantes. Baixas concentrações de nitrato podem estar presentes em águas naturais. No entanto, um máximo de 10 mg/L de nitrato (nitrogênio) é permissível em água potável (IGAM, 2004).

A maioria dos materiais nitrogenados em águas naturais tende a ser convertido em nitrato, que é o produto final da oxidação. Assim, os nitrogênios orgânico e amoniacal devem ser considerados fontes potenciais de nitrato. Os nitratos podem apresentar-se na forma de nitrato de potássio e nitrato de amônio, e são adicionados ao meio natural principalmente pelos fertilizantes (APHA, 2005) e podem ser indicativos de contaminação menos recente que o nitrogênio amoniacal (VON SPERLING, 1996).

#### **3.8.1.12. Nitrito**

O nitrito é um produto intermediário da redução do nitrato ou oxidação da amônia. Também pode ser excretado pelo fitoplâncton. Ao contrário do nitrato, o nitrito está presente nos ambientes em concentrações muito pequenas, geralmente inferiores a 0,01 mg L<sup>-1</sup> N-NO<sub>2</sub>. Altas taxas fotossintéticas e esgotos domésticos podem alterar sua concentração (APHA, 2005).

#### **3.8.1.13. Nitrogênio total**

O nitrogênio total pelo método Kjeldahl (NTK) refere-se à soma das formas de nitrogênio orgânico e amoniacal e se apresenta nos ambientes aquáticos nas formas de amônia (NH<sub>3</sub>), íon amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), nitrogênio orgânico dissolvido (aminas, aminoácidos, etc.) e nitrogênio orgânico particulado (bactérias, fitoplâncton, zooplâncton e detritos) (APHA, 2005).

#### **3.8.1.14. Cianobactérias**

As cianobactérias são microrganismos fotossintetizantes com estrutura de bactérias. São encontradas em todo o mundo, porém, os ecossistemas de água

doce são os ambientes mais apropriados, pois apresentam melhor desenvolvimento em águas neutroalcalinas, com pH entre 6,0 e 9,0, temperaturas entre 15°C e 30°C e com alta concentração de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo (CALIJURI et al., 2006).

As cianobactérias são capazes de realizar fotossíntese em ambientes pouco adequados às células eucarióticas devido à presença de ficocianina e ficoeritrina como seus pigmentos fotossintéticos. As células das cianobactérias são procariotas e exibem parede celular, membrana plasmática, cápsula ou bainha mucilagínosa, nucleóide, ribossomos, inclusões de fosfato, proteínas e lipídios, citoplasma e lamelas fotossintéticas. Algumas podem apresentar vacúolos gasosos associados à capacidade de controlar a flutuação da célula, o que permite que se mantenham em profundidade ótima em nutrientes, concentração de oxigênio e disponibilidade de luz (CALIJURI et al., 2006).

#### **3.8.1.15. Cloretos**

O cloreto é o ânion  $\text{Cl}^-$  que se apresenta nas águas subterrâneas através de solos e rochas. Em águas superficiais são fontes de grande importância às descargas de esgotos sanitários, onde cada pessoa elimina através da urina cerca de 6 g de cloreto por dia, fazendo com que os esgotos apresentem concentrações de cloreto que ultrapassam 15 mg/L. Diversos são os efluentes industriais que apresentam concentrações de cloreto elevadas como os da indústria do petróleo, algumas indústrias farmacêuticas, curtumes, etc. (GONÇALVES, 2009)

Os cloretos ( $\text{Cl}^-$ ) são originados da dissolução de sais, por exemplo, cloreto de sódio. Todas as águas naturais, em maior ou menor escala, contêm íons resultantes da dissolução de minerais. Além disso, despejos domésticos, industriais e águas utilizadas em irrigação podem aumentar dos valores naturais desses íons (VON SPERLING, 2005).

Pode-se associar a elevação do nível de cloreto em um rio com o lançamento de esgotos sanitários. Hoje, porém, o teste de coliformes fecais é mais preciso para esta função. O cloreto apresenta também influência nas características dos ecossistemas aquáticos naturais, por provocarem alterações na pressão osmótica em células de microrganismos (CETESB, 2009).

#### **3.8.1.16. Coliformes fecais**

Os coliformes fecais vivem no intestino dos animais como porcos, bois, gatos, cachorros, homens etc., sem lhes causar prejuízos. Eles são obtidos quando penetram pela pele ou quando são ingeridos juntamente com a água ou alimentos contaminados e são constantemente liberados junto com as fezes, em grande quantidade.

Quando se encontra contaminação por coliformes fecais em água, significa que no local houve liberação de esgoto em período recente, aumentando a probabilidade de ter ali ovos e larvas de parasitas intestinais, visto que estas formas também podem ser eliminadas com fezes.

Os coliformes fecais são bactérias também pertencentes à família *Enterobacteriaceae* e que suportam temperaturas de aproximadamente 40°C. Estão presentes em grande quantidade no intestino dos animais de sangue quente. Apesar de não serem patogênicos, indicam a presença de contaminação recente com matéria orgânica advinda de animais, que pode conter organismos patogênicos (APHA, 2005).

Logo, a presença de coliformes fecais, que são mais facilmente detectáveis em exames de rotina de laboratório do que a forma parasitária indica que a água não deve ser utilizada porque há um risco aumentado de contaminação (LIBÂNIO, 2005).

#### **3.8.1.17. Coliformes totais**

Os coliformes totais consistem em vários grupos de bactérias pertencentes à família *Enterobacteriaceae*. Podem habitar o intestino dos animais de sangue quente ou ocorrem naturalmente no solo, vegetação e água. São definidos com bastonetes Gramnegativos que formam esporos e fermentam a lactose formando gás e ácido. Estão associados à decomposição da matéria orgânica (APHA, 2005).

#### **3.8.1.18. Condutividade**

A condutividade elétrica indica a capacidade da água natural de transmitir corrente elétrica. Esse parâmetro é dependente da concentração e tipo de íons na



água (estado de oxidação e mobilidade), assim como da temperatura (APHA, 2005). Portanto, quanto maior a condutividade, maior a poluição.

Embora não seja um parâmetro integrante do padrão de potabilidade brasileiro e, por isso, somente monitorado nas estações de maior porte, constitui-se importante indicador de eventual lançamento de efluentes por relacionar-se à concentração de sólidos dissolvidos. A correlação entre esses parâmetros vai se manifestar diferentemente para cada corpo d'água (LIBÂNIO, 2005).

#### **3.8.1.19. Cor**

A cor da água é produzida pela reflexão da luz em partículas minúsculas, denominadas colóides, finamente dispersas, de origem predominantemente orgânica e dimensão inferior a um micron (LIBÂNIO, 2005).

O parâmetro cor representa a coloração da água amostrada e é influenciada pelos sólidos dissolvidos. Suas fontes naturais são a decomposição da matéria orgânica e a presença de ferro e manganês, enquanto as fontes artificiais envolvem resíduos industriais e esgotos domésticos (VON SPERLING, 2005).

#### **3.8.1.20. Demanda bioquímica do oxigênio**

A expressão Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é a quantidade de oxigênio molecular necessário à estabilização da matéria orgânica decomposta aerobicamente por via biológica (MOTA, 1988).

Ela expressa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia. Grandes quantidades de matéria orgânica consomem grandes quantidades de oxigênio. Quanto maior a DBO, maior será o grau de poluição dos cursos d'água, o que condiciona a morte de todos os organismos aeróbios de respiração subaquática. A morte de peixes em rios poluídos se deve, também, à ausência de oxigênio e não somente à presença de substâncias tóxicas (VON SPERLING, 2005).

#### **3.8.1.21. Demanda química de oxigênio**

A demanda química de oxigênio (DQO) expressa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica quimicamente, em meio ácido, sendo esta biodegradável ou não. Grandes quantidades de matéria orgânica utilizam grandes quantidades de oxigênio. Assim como a DBO, quanto maior a DQO, maior será o grau de poluição dos cursos d'água (VON SPERLING, 2005).

#### **3.8.1.22. Oxigênio dissolvido**

A concentração de oxigênio dissolvido (OD) é reconhecidamente o parâmetro mais importante para expressar a qualidade de um ambiente aquático (LIBÂNIO, 2005).

O oxigênio dissolvido é de essencial importância para os organismos aeróbios. Ao decorrer da estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo causar uma redução na sua concentração no meio. Dependendo da magnitude deste fenômeno, podem vir a morrer diversos seres aquáticos, inclusive os peixes. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, têm-se as condições anaeróbias (ausência de oxigênio), com geração de maus odores. A taxa fotossintética e a dissolução do oxigênio atmosférico são as duas principais fontes de oxigênio dissolvido nas águas (VON SPERLING, 2005).

#### **3.8.1.23. Potencial Hidrogeniônico**

O potencial hidrogeniônico (pH) é usado para expressar a intensidade da condição ácida ou básica de uma solução e é uma maneira de expressar a concentração do íon hidrogênio (SAWYER et al., 1994).

O termo pH, representa a concentração de íons hidrogênio (em escala anti-logarítmica), indicando a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Seu valor é influenciado pelos sólidos e gases dissolvidos. A oxidação da matéria orgânica, e conseqüentemente seus subprodutos, como CO<sub>2</sub> e ácidos orgânicos

dissolvidos, após dissociação na água, libera íons ( $H^+$ ) afetando os valores de pH, sendo que a fotossíntese também influencia este parâmetro (VON SPERLING, 2005).

As medidas de pH são de extrema importância, pois fornecem inúmeras informações a respeito da qualidade da água. Nas águas naturais as variações deste parâmetro são ocasionadas geralmente pelo consumo e/ou produção de dióxido de carbono ( $CO_2$ ), realizado pelos organismos fotossintetizadores e pelos fenômenos de respiração/fermentação de todos os organismos presentes na massa de água, produzindo ácidos orgânicos fracos (BRANCO, 1989). O pH indica se a água é ácida, básica ou neutra. Se estiver em torno de 7 a água é neutra; menor que 6 é ácida e maior que 8 é básica (AYRES & WESTCOT, 1999). O pH é muito influenciado pela quantidade de matéria morta a ser decomposta, sendo que quanto maior a quantidade de matéria orgânica disponível, menor o pH, pois para haver decomposição de materiais ocorre a produção de muito ácido como o ácido húmico.

A utilização mais freqüente do parâmetro está na caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas, de águas residuárias brutas, controle da operação de estações de tratamento de água (coagulação, e grau de incrustabilidade / corrosividade), controle da operação de estações de tratamento de esgotos (digestão anaeróbia) e caracterização de corpos d'água (VON SPERLING, 2005).

#### **3.8.1.24. Sólidos totais dissolvidos**

Sólidos nas águas (em saneamento) correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado. No geral as operações de secagem, calcinação e filtração são as que definem as diversas frações de sólidos presentes na água (sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis).

Os sólidos totais dissolvidos referem-se à medida de todos os constituintes dissolvidos na água e reflete a concentração de sais inorgânicos dissolvidos e matéria orgânica dissolvida. Os principais ânions inorgânicos dissolvidos são carbonatos, cloretos, sulfatos e nitratos. Os principais cátions inorgânicos incluem sódio, potássio, cálcio e magnésio. Os sólidos totais dissolvidos são indicadores da presença de uma ampla gama de contaminantes químicos na água (APHA, 2005).

Os sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática. Eles podem sedimentar no leito dos rios, destruindo organismos que fornecem alimentos, ou também danificar os leitos de desova de peixes. Os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia. Altos teores de sais minerais, particularmente sulfato e cloreto, estão associados à tendência de corrosão em sistemas de distribuição, além de conferir sabor às águas.

#### **3.8.1.25. Temperatura**

A temperatura da água e dos fluidos em geral indica a magnitude da energia cinética do movimento aleatório das moléculas e sintetiza o fenômeno de transferência de calor à massa líquida. As forças de coesão intermolecular são de natureza eletrostática e, em princípio, independentes da temperatura. Caso seja fornecida energia em forma de calor (aquecimento) à massa líquida, atingir-se-á um estado no qual as forças inerciais das moléculas em movimento serão de mesma magnitude que as de coesão intermolecular. O novo aumento da temperatura fará com que ocorra a expansão e mudança de estado para gás ou vapor (LIBÂNIO, 2005).

A temperatura nos corpos d'água é de suma importância, pois suas elevações aumentam a taxa das reações químicas e biológicas, diminuem a solubilidade dos gases (oxigênio dissolvido), aumenta a taxa de transferência de gases, o que pode gerar mau cheiro, no caso da liberação de gases com odores desagradáveis.

A temperatura nos corpos d'água deve ser analisada em conjunto com outros parâmetros, tais como oxigênio dissolvido (VON SPERLING, 2005).

#### **3.8.1.26. Turbidez**

A turbidez representa o grau de interferência na passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva. Suas fontes naturais são partículas de rocha, argila e silte, algas e outros microrganismos. As origens antropogênicas são os despejos de esgotos, microrganismos e erosões (VON SPERLING, 2005).

Uma das causas da turbidez justifica-se pela presença de partículas em suspensão, ou de substâncias em solução, relativas à cor, e que pode concorrer para o agravamento da poluição. A turbidez limita a penetração de raios solares, restringindo a realização da fotossíntese que, por sua vez, reduz a reposição do oxigênio.

### **3.9. ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)**

Os índices de qualidade de água foram propostos visando reunir as variáveis analisadas em um número, de forma que possibilite analisar a evolução da qualidade da água no tempo e no espaço. Este índice serve para facilitar a interpretação de extensas listas de indicadores ou variáveis (ANA, 2005).

O IQA desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* dos Estados Unidos da América significa uma espécie de nota atribuída à qualidade da água, podendo variar entre zero e cem. Este índice é mais apropriado para corpos d' água corrente ou lótico. A sua criação se baseou em pesquisa de opinião feita entre vários especialistas, os quais indicaram os parâmetros que deveriam ser medidos, bem como sua importância relativa. Acabaram sendo selecionados nove parâmetros: oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes fecais, temperatura, pH, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez.

Os parâmetros de qualidade que fazem parte do cálculo do IQA refletem, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento de esgotos domésticos. É importante também enfatizar que esse índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade das águas, tendo como determinante principal sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas (ANA, 2005). Na metodologia serão repassados os cálculos para se conhecer o IQA.

A avaliação da qualidade da água obtida pelo IQA tem limitações, considerando que este índice não analisa vários parâmetros importantes para o abastecimento público, tais como substâncias tóxicas (por exemplo, metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água. Sendo assim, a avaliação da qualidade da água, obtida pelo IQA, apresenta limitações, entre elas a de considerar apenas sua utilização para o abastecimento público, de que também exige atender

aos padrões de potabilidade. Além disso, mesmo se considerando apenas o uso para abastecimento público, o IQA não analisa outros parâmetros importantes para esse uso, tais como os compostos orgânicos com potencial mutagênico, as substâncias que afetam as propriedades organolépticas da água, o potencial de formação de trihalometanos e a presença de parasitas patogênicos (ANA, 2005).

### **3.10. IMPACTOS DE ATERROS SANITÁRIOS NA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS**

Muitos estudos que avaliam a contaminação das águas superficiais por aterros sanitários, sendo em sua maioria, relacionadas à contaminação causada pelo chorume em mananciais superficiais e subterrâneos. Para minimização deste impacto é necessária a coleta e remoção dos líquidos percolados, contemplando também seu tratamento, não sendo admissível sua descarga em corpos de águas superficiais.

A área de contribuição de águas superficiais do aterro deve ser isolada, de modo a evitar a entrada de água nas áreas já aterradas com lixo. Locais com nível d'água raso poderão, ainda, exigir drenagem subterrânea para impedir que água do lençol freático venha a entrar em contato com o lixo. Outra tarefa importante é a separação das águas superficiais (não contaminadas) das águas que passam pelo aterro (contaminadas). Portanto, há a necessidade de execução de drenagens de águas pluviais sobre as áreas que já receberam cobertura final no aterro sanitário (CONSONI et al., 2000).

Os mananciais de água, que recebem chorume apresentam modificação de coloração, diminuição do teor de oxigênio dissolvido e presença de agentes patogênicos, levando a impactos no meio aquático com quebra do ciclo vital das espécies (TORRES et al., 1997).



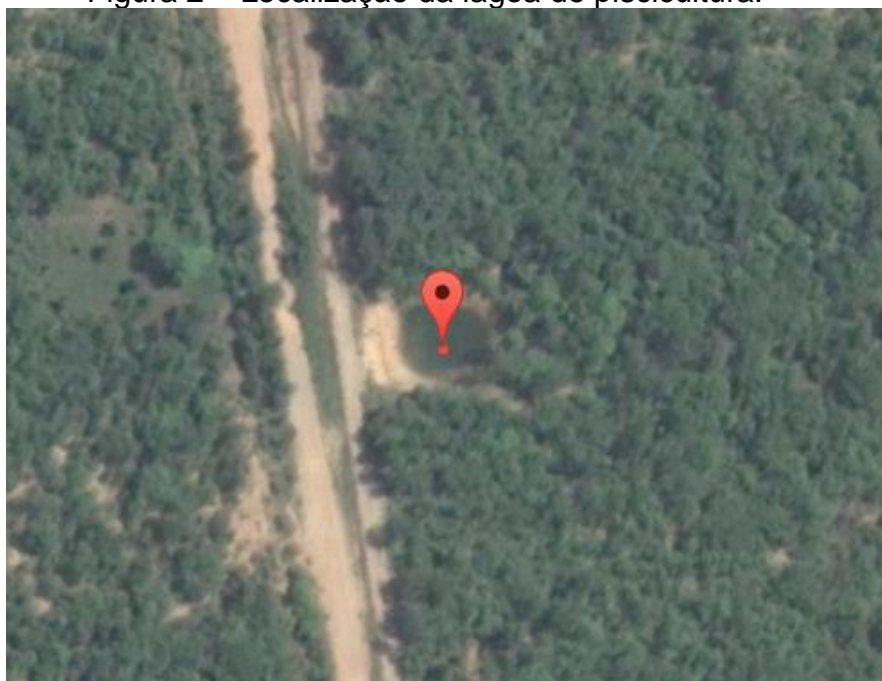
#### **4.3. Para o estudo da análise da disposição de resíduos sólidos**

Vários fatores foram observados para que possa minimizar os impactos ambientais, já que o bom funcionamento do aterro pode evitar problemas que afetam o solo, a água, o ar e conseqüentemente a saúde pública.

#### **4.4. Método do Índice de Qualidade da Água**

Durante uma entrevista, João Marques, o engenheiro responsável pelo aterro sanitário de Palmas disponibilizou o relatório de análises de uma amostra de água da lagoa de piscicultura próxima ao aterro. Coordenadas da lagoa: 10°21'56.2"S 48°14'33.5"W. Onde o mesmo relatório informava os valores dos parâmetros físicos-químicos e biológicos encontrados na amostra. A partir destes dados foram feitas análises dos resultados, calculado e classificado o índice de qualidade da água da lagoa de piscicultura.

Figura 2 – Localização da lagoa de piscicultura.



Fonte: Google Earth.

Para a realização dos cálculos de IQA deste trabalho, foi utilizada a metodologia do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM).

O IQA possui nove parâmetros, que são fixados em função da sua importância para a conformação da qualidade da água, então possui seus respectivos pesos (w), como demonstra a Tabela 1 a seguir.



Tabela 1 - Parâmetros do IQA e respectivos pesos.

| <b>Parâmetros</b>              | <b>Pesos (w)</b> |
|--------------------------------|------------------|
| <i>Oxigênio Dissolvido</i>     | 0,17             |
| <i>Coliformes Fecais</i>       | 0,15             |
| Potencial Hidrogeniônico       | 0,12             |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio | 0,10             |
| Temperatura                    | 0,10             |
| Nitrogênio Total               | 0,10             |
| Fósforo Total                  | 0,10             |
| Turbidez                       | 0,08             |
| Resíduo Total                  | 0,08             |

Fonte: ANA (2005).

Os parâmetros físicos-químicas e biológicos das amostras, foram realizadas de acordo com as metodologias descritas no Standard methods for examination of water and wastewater, (EATON et al., 2005), e segue as técnicas recomendadas pela American Public Health Association (APHA, 2005), respectivamente para determinar o Índice de qualidade da água – IQA

#### 4.4.1. Oxigênio dissolvido

A metodologia mais aplicável para a determinação de oxigênio dissolvido, segundo a APHA (2005) é o método Alsterberg a modificação sódica do método Winkler (método iodométrico), o qual é recomendado para a maioria das condições.

O primeiro passo para a determinação do índice para Oxigênio Dissolvido é a determinação da Concentração de saturação de oxigênio:

(1)

$$C_s = (14,2 * e^{-0,0212 \times T} - (0,0016 * C_{Cl} * e^{-0,0264 \times T})) \times (0,994 - (0,0001042 \times H))$$

Em que:

$C_s$  – concentração de saturação de oxigênio (mg/L)

$T$  – temperatura (°C)

$C_{Cl}$  – Concentração de Cloreto (mg/L)

H – Altitude (m)

Depois se calcula a porcentagem de oxigênio dissolvido, dada pela fórmula

(2):

$$\%OD = (OD/C_s) \times 100$$

Sendo:

OD% – porcentagem de oxigênio dissolvido OD – oxigênio dissolvido (mg/L)

C<sub>s</sub> – concentração de saturação de oxigênio dissolvido (mg/L)

As equações para o cálculo do q<sub>i</sub> para o parâmetro Oxigênio Dissolvido são:

Para OD% saturação ≤ 100

(3)

$$q_i = 100 \times (\text{sen } (y_1))^2 - [(2,5 \times \text{sen } (y_2) - 0,018 \times OD\% + 6,86) \times \text{sen } (y_3)] + \frac{12}{e^{y_4} + e^{y_5}}$$

Em que:

(4)

$$y_1 = 0,01396 \times OD\% + OD\% 0,0873$$

(5)

$$y_2 = \frac{\pi}{56} \times (OD\% - 27)$$

(6)

$$y_3 = \frac{\pi}{85} (OD\% - 15)$$

(7)

$$y_4 = \frac{(OD\% - 65)}{10}$$

(8)

$$y_5 = \frac{(65 - OD\%)}{10}$$

Para 100 < OD% saturação ≤ 140

(9)

$$q_i = -0,00777142857142832 \times (OD\%)^2 + 1,27854285714278 \times OD\% + 49,8817148572$$

Para OD% saturação > 140  $q_i = 47$

#### 4.4.2. Coliformes Fecais

Pode ser determinado utilizando-se técnicas de números mais provável em fermentação em tubos múltiplos por meio da contagem de unidades formadoras de colônias por membrana filtrante, ou pelo método cromogênico (procedimentos enzimáticos) (JORDÃO E PESSOA, 1995)

As análises laboratoriais das amostras de água para a determinação de coliformes totais foram realizadas de acordo com o especificado no Standard Methods... (APHA, 2005).

As equações para o cálculo do  $q_i$  para o parâmetro Coliformes Fecais estão descritas abaixo:

Para  $CF \leq 105 \text{ NMP}/100\text{ml}$   
(10)

$$q_i = 98,24034 - 34,7145 \times (\log.(CF)) + 2,614267 \times (\log.(CF))^2 + 0,107821 \times \log.(CF)^3$$

Para  $CF > 105 \text{ NMP}/100\text{ml}$  →

$$q_i = 3,0$$

#### 4.4.3. Potencial Hidrogeniônico

A medição do pH irá ser feita utilizando-se um medidor de pH, que consiste em um eletrodo acoplado a um potenciômetro. O medidor de pH é um milivoltímetro com uma escala que converte o valor de potencial do eletrodo em unidades de pH.

As equações para o cálculo do  $q_s$  para o parâmetro Potencial Hidrogeniônico (pH) são:

Para  $pH \leq 2,0$  →

$$q_i = 2,0$$

Para  $2,0 < \text{pH} \leq 6,9$

(11)

$$q_i = -37,1085 + 41,91277 \times \text{pH} - 15,7043 \times \text{pH}^2 + 2,417486 \times \text{pH}^3 - 0,091252 \times \text{pH}^4$$

Para  $6,9 < \text{pH} \leq 7,1$

(12)

$$q_i = -4,69365 - 21,4593 \times \text{pH} - 68,4561 \times \text{pH}^2 + 21,638886 \times \text{pH}^3 - 1,59165 \times \text{pH}^4$$

Para  $7,1 < \text{pH} \leq 12$

(13)

$$q_i = -7.698,19 + 3.262,031 \times \text{pH} - 499,494 \times \text{pH}^2 + 33,1551 \times \text{pH}^3 - 0,810613 \times \text{pH}^4$$

Para  $\text{pH} > 12,0$

$$q_i = 3,0$$

#### 4.4.4. Demanda Bioquímica de Oxigênio

Pelo método iodométrico.

As equações para o cálculo do  $q_i$  para o parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) são:

Para  $\text{DBO} \leq 30 \text{ mg/L}$

(14)

$$q_i = 100,9571 - 10,7121 \times \text{DBO} + 0,49544 \times \text{DBO}^2 - 0,011167 \times \text{DBO}^3 + 0,0001 \times \text{DBO}^4$$

Para  $\text{DBO} > 30 \text{ mg/L}$  →

$$q_i = 2,0$$

#### 4.4.5. Variação da Temperatura

As equações desenvolvidas pela NSF levam em consideração as características dos corpos de água e variações climáticas dos EUA, sendo a

variação de temperatura de equilíbrio o principal parâmetro afetado. Como no nosso caso, os ambientes não recebem cargas térmicas elevadas, as equações não condizem com a realidade brasileira, pois a variação da temperatura de equilíbrio é próxima de zero, então teremos:

Para  $-0,625 < T \leq 0,625$   $q_i = 4,8 \cdot T + 93$

$q_i = 4,8 \times (0) + 93$

$$q_i = 93,0$$

O  $q_i$  utilizado para variação de temperatura neste estudo é constante igual a 93.

#### 4.4.6. Nitrogênio Total

A medição do nitrogênio total é feita pelo método Kjeldhal.

As equações para o cálculo do  $q_i$  para o parâmetro Nitrato Total ( $\text{NO}_3^-$ ) são:

(15)

Para  $\text{NO}_3^- \leq 10 \text{ mg/L}$



$$q_i = -5,1 \times \text{NO}_3 + 100,17$$

(16)

Para  $10 < \text{NO}_3^- \leq 60 \text{ mg/L}$



$$q_i = -22,853 \times \ln(\text{NO}_3) + 101,18$$

(17)

Para  $60 < \text{NO}_3^- \leq 90 \text{ mg/L}$



$$q_i = 10.000.000.000 \times (\text{NO}_3)^{-5,1161}$$

Para  $\text{NO}_3^- > 90 \text{ mg/L}$



$$q_i = 1,0$$

#### 4.4.7. Fósforo Total

A medição do fósforo total é feita por espectrofotometria.

As equações para o cálculo do  $q_i$  para o parâmetro Fosfato Total ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) são:

(18)

$$\text{Para } \text{PO}_4^{3-} \leq 10 \text{ mg/L} \longrightarrow q_i = 79,7 \times (\text{PO}_4 + 0,821)^{-1,15}$$

$$\text{Para } \text{PO}_4^{3-} > 10 \text{ mg/L} \longrightarrow q_i = 5,0$$

Observação: Para a conversão de Fósforo Total em Fosfato Total, foi feita a multiplicação dos valores por 3,066.

#### 4.4.8. Turbidez

A determinação da turbidez em águas é feita com o turbidímetro de vela de Jackson. Este turbidímetro tem um tubo de vidro graduado sob o qual se posiciona uma vela acesa. Conforme se adiciona água ao tubo e se observa pela outra extremidade em relação à vela, a chama reduz de intensidade progressivamente até sumir por completo, quando deverá ser efetuada a leitura na escala. Este método obedece ao princípio da “turbidimetria”, ou seja, a fonte de luz e o observador encontram-se em posições opostas (ângulo de 180°) e os resultados são expressos em UJT (Unidade Jackson de Turbidez).

No entanto, este método apresenta limitação, ele não determina valores abaixo de 25 UNT, que é o caso de água tratada, porque partículas pequenas não dispersam a luz na faixa amarelo-vermelho do espectro eletromagnético, que corresponde à chama da vela. Neste caso, usamos o método de nefelométricos, mais sensíveis, que é um equipamento com uma fonte de luz, que incide na amostra e um detector fotoelétrico capaz de medir a luz que é dispersa em um ângulo de 90° em relação à luz incidente. A turbidez assim medida é fornecida em unidades nefelométricas de turbidez (UNT).

As equações para o cálculo do  $q_i$  para o parâmetro Turbidez ( $T_u$ ) são:

Para  $T_u \leq 100$

(19)

$$q_i = 90,37 \times e^{(-0,0169 \times T_u)} - 15 \times \cos(0,0571 \times (T_u - 30)) + 10,22 \times e^{(-0,231 \times T_u)} - 0,8$$

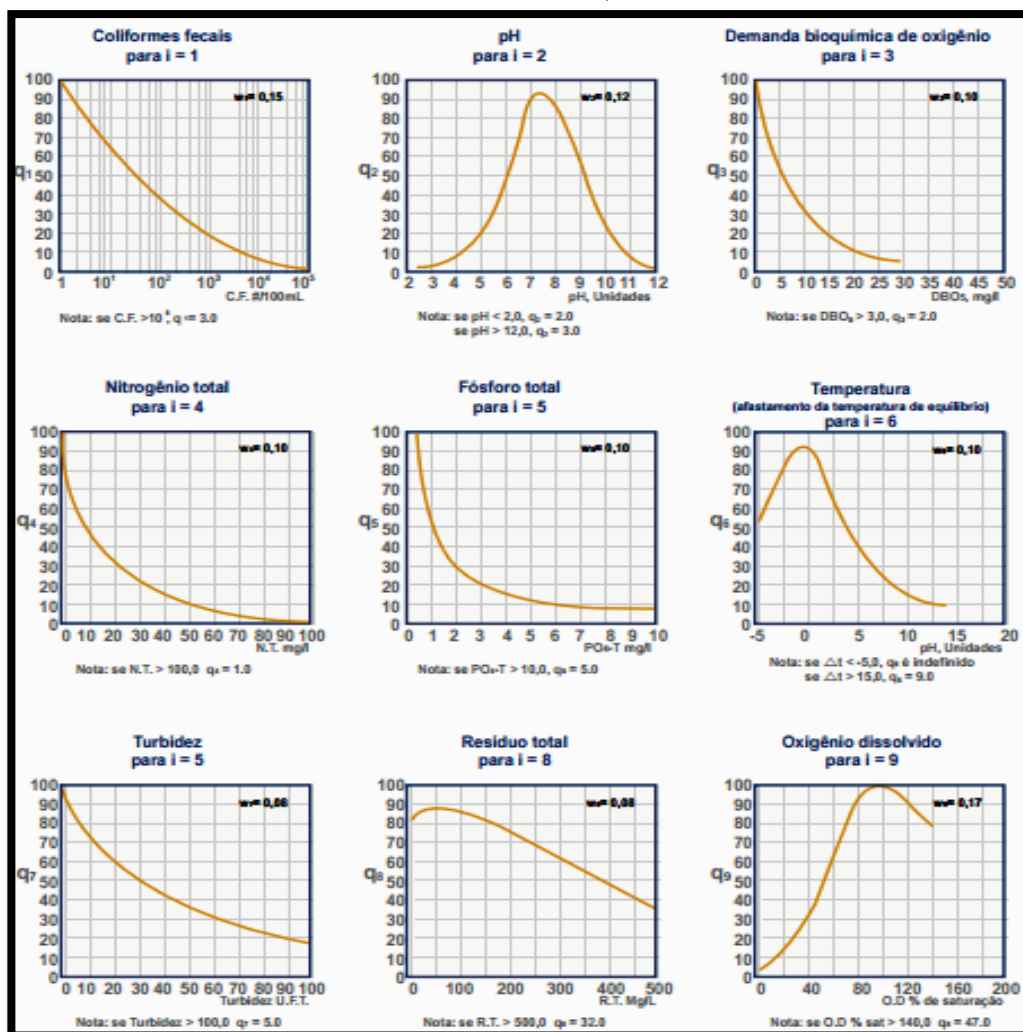
Para  $T_u > 100 \rightarrow q_i = 5,0$

#### 4.4.9. Resíduo Total

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. Também denominado resíduo total.

Pois para cada parâmetro, possui seu peso ( $w$ ) e também certo valor de qualidade ( $q$ ) onde é demonstrado na Figura 2 a seguir.

Figura 3 - Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do IQA.



Fonte: ANA (2005)

#### 4.4.10. Sólidos totais

As equações para o cálculo do  $q_i$  para o parâmetro Sólidos Totais (ST) são:

Para  $ST \leq 500$  mg/l  
(19)

$$q_i = 133,17 \times e^{(-0,0027 \times ST)} - 53,17 \times e^{(-0,0141 \times ST)} + [(-6,2 \times e^{(-0,00462 \times ST)}) \times \text{sen}(0,0146 \times ST)]$$

Para  $ST > 500$  mg/l  $\longrightarrow$   $q_i = 30,0$

O IQA é determinado pelo produtório ponderado das qualidades estabelecidas para cada parâmetro, conforme a equação 20 abaixo:

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

Sendo:

IQA: índice de qualidade das águas (número entre 0 e 100)

$q_i$ : qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de concentração ou medida.

$w_i$ : peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade.

$i$  = número do parâmetro, variando de 1 a 9 ( $n=9$ , ou seja, o número de parâmetros que compõem o IQA é 9).

O somatório dos pesos de todos os parâmetros é igual a 1, conforme a expressão abaixo:

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1$$

em que:

$n$ : número de parâmetros que entram no cálculo do IQA. No caso de não se dispor do valor de algum dos 9 parâmetros, o cálculo do IQA é inviabilizado. A partir do



cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, conforme a Tabela 2, a seguir:

Tabela 2 - Classificação da qualidade da água segundo IQA-NSF e IQA – CETESB

| CATEGORIA  | PONDERAÇÃO                 |
|------------|----------------------------|
| EXCELENTE  | $90 < \text{IQA} \leq 100$ |
| BOM        | $70 < \text{IQA} \leq 90$  |
| MÉDIO      | $50 < \text{IQA} \leq 70$  |
| RUIM       | $25 < \text{IQA} \leq 50$  |
| MUITO RUIM | $0 < \text{IQA} \leq 25$   |

FONTE: IGAM (2005).

Com base nas análises de corpos hídricos coletadas no aterro sanitário sabe-se da influencia ou não do aterro na contaminação de águas subterrâneas.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os nove parâmetros analisados do IQA, a Tabela 3 abaixo consta o valor Máximo permitido (VMP) de acordo com o CONAMA 430 de 2011, com exceção do fósforo total, que o CONAMA 430/2011 não estabelece um limite, então o valor máximo permitido foi de acordo com o CONAMA 357/2005.

Tabela 3 - Valores limites aceitáveis.

| Parâmetro Físico, Químicos e Biológicos |              |              |              |              |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Parâmetros                              | Unidade      | VMP Classe 1 | VMP Classe 2 | VMP Classe 3 |
| DBO                                     | mg/L         | ≤ 3          | ≤ 5          | ≤ 10         |
| OD                                      | mg/L         | ≥ 6          | ≥ 5          | ≥ 4          |
| Temperatura                             | °C           | -            | -            | -            |
| Fósforo Total                           | mg/L         | ≤ 0,020      | ≤ 0,030      | ≤ 0,05       |
| Nitrogênio Total                        | mg/L         | ≤ 1,27       | ≤ 1,27       | ≥ 1,27       |
| pH                                      | -            | 6 – 9        | 6 – 9        | 6 – 9        |
| Sólidos Totais                          | mg/L         | 500          | 500          | 500          |
| Turbidez                                | NTU          | ≤ 40         | ≤ 100        | ≥ 100        |
| Coliformes termotolerantes              | NMP/100 (mL) | ≤ 200        | ≤ 1000       | ≤ 2500       |

Fonte: Autor.

Classe 1 - águas destinadas:

- Ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado;
- À proteção das comunidades aquáticas;
- À recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);
- 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.
- À criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Classe 2 – águas destinadas:

- Ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- À proteção das comunidades aquáticas;
- À recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho);
- À irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;

- À criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Classe 3 – águas destinadas:

- Ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- À irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- À dessedentação de animais.

### 5.1. Avaliação dos parâmetros segundo a resolução CONAMA 430/2011, classe 2.

Na Tabela 4 abaixo, está apresentada a média aritmética dos resultados, obtidos na lagoa de piscicultura do aterro sanitário de Palmas-TO.

Tabela 4 – Resultados obtidos a partir das coletas.

| Parâmetro Físico, Químicos e Biológicos |              |              |           |                 |
|---|--------------|--------------|-----------|-----------------|
| Parâmetros                              | Unidade      | VMP Classe 2 | Resultado | Data de análise |
| DBO                                     | mg/L         | $\leq 5$     | 7         | 01/05/2015      |
| OD                                      | mg/L         | $\geq 5$     | 6,42      | 30/04/2015      |
| Temperatura                             | °C           | -            | 26        | 30/04/2015      |
| Fósforo Total                           | mg/L         | $\leq 0,030$ | 0,016     | 06/05/2015      |
| Nitrogênio Total                        | mg/L         | $\leq 1,27$  | 0,4       | 30/04/2015      |
| pH                                      | -            | 6 – 9        | 6,23      | 30/04/2015      |
| Sólidos Totais                          | mg/L         | 500          | 18,3      | 30/04/2015      |
| Turbidez                                | NTU          | $\leq 100$   | 6,32      | 30/04/2015      |
| Coliformes termotolerantes              | NMP/100 (mL) | $\leq 1000$  | 1553,1    | 30/04/2015      |

#### 5.1.1. Parâmetros físicos

##### 5.1.1.1. Cor

A análise teve resultado satisfatório, pois ficou menor que o limite permitido com 33 mg Pt/L. A resolução CONAMA 430/2011 estabelece o limite de 75 mg Pt/L. O resultado mostra que na lagoa de piscicultura tem poucos sólidos dissolvidos (orgânicos e inorgânicos).

Em um ambiente aquático com a cor elevada, existe a dificuldade de penetração dos raios solares. Apenas poucas espécies resistentes às condições severas de poluição conseguem sobreviver.

#### **5.1.1.2. Turbidez**

Através da amostra de água da lagoa de piscicultura, encontramos 6,32 NTU, mostrando-se abaixo do limite de turbidez, 100 NTU, estabelecido pela Resolução CONAMA 430/211.

O aumento da turbidez faz com que uma quantidade maior de produtos químicos (ex: coagulantes) sejam utilizados nas estações de tratamento de águas, aumentando os custos de tratamento. Além disso, a alta turbidez também afeta a preservação dos organismos aquáticos, o uso industrial e as atividades de recreação.

#### **5.1.1.3. Temperatura**

A temperatura no momento da análise era de 26° C. Não existe um valor Máximo permitido.

Dependendo da temperatura, você tem uma condição favorável à proliferação de micro-organismo. Uma variação brusca de temperatura acaba morrendo uma comunidade e nasce outra. Se tivesse uma variação muito grande, seria uma condição desfavorável a vida aquática.

### **5.1.2. Parâmetros Químicos**

#### **5.1.2.1. pH**

Os valor de pH encontrado foi de 6,23, ficando na faixa recomendada pela Resolução CONAMA 430/2011, para corpos de água de classe 2, entre 6,0 e 9,0. Alterações nos valores de pH afetam o metabolismo de várias espécies e também podem aumentar o efeito de substâncias químicas que são tóxicas para os organismos aquáticos, tais como os metais pesados.

E como mostra na Figura 4 há presença de peixes na lagoa em análise.

Figura 4 – Peixes na lagoa de piscicultura.



Fonte: Autor.

#### **5.1.2.2. Oxigênio dissolvido**

O resultado da amostra foi de 6,42mg/L, apresentou-se acima do limite mínimo que é 5mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA 430/2011.

Oxigênio dissolvido é vital para a preservação da vida aquática. O mesmo indica a capacidade que as bactérias têm de consumir matéria orgânica, a partir do resultado podemos concluir que tem muitos organismos consumindo matéria orgânica, ou seja, o ambiente é favorável à vida aquática. Normalmente águas poluídas apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido e águas limpas superiores a 5mg/L.

#### **5.1.2.3. Demanda Bioquímica de Oxigênio**

O valor de DBO foi de 7 mg/L, logo observou-se que o valor esta acima do limite estabelecido, 5mg/L pela Resolução CONAMA 430/2011. Obs: A análise teve incerteza de 2 mg/L.

Valores altos de DBO são provocados geralmente pelo lançamento de cargas orgânicas, principalmente esgotos domésticos. A ocorrência de altos valores deste

parâmetro causa uma diminuição dos valores de oxigênio dissolvido na água, o que pode provocar mortandades de peixes e eliminação de outros organismos aquáticos.

O resultado ficou acima do permitido, mas como temos uma incerteza de 2mg/L, não podemos afirmar certeza nesse resultado. Logo, com a presença de vida aquática na lagoa de piscicultura podemos afirmar que estão dentro do limite permitido;

#### **5.1.2.4. Demanda Química de Oxigênio**

A análise de BDO é dependente da DQO, a análise de DQO tem que ser feita antes, pois tem estudos que comprovam que a DBO tem que dar metade da DQO, ou bem abaixo. Comparando os resultados de DBO e DQO, o resultado de DBO deu bem abaixo do resultado de DQO.

A Resolução CONAMA 430/2011 não estabelece limite para este parâmetro.

O aumento da concentração de DQO num corpo d'água se deve principalmente a despejos de origem industrial. Os valores da DQO são, normalmente, maiores que os da DBO.

#### **5.1.2.5. Sólidos totais dissolvidos**

O resultado de sólidos totais dissolvidos foi de 18,3 mg/L. Logo, a amostra manteve-se abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 430/2011, que é 500 mg/L de sólidos totais dissolvidos.

A alta concentração de sólidos e de turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e das algas, esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas (CETESB, 2013).

#### **5.1.2.6. Nitrito**

Os valores de nitrito encontrados na lagoa de piscicultura foi menor que 0,1 mg/L. Logo, manteve-se abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 430/2011, que é 1mg/L.

#### **5.1.2.7. Nitrato**

Os valores de nitrato encontrados na lagoa de piscicultura foi de 0,4 mg/L. Logo, manteve-se abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 430/2011 que é 10 mg/L.

#### **5.1.2.8. Fósforo total**

Foram encontrados 0,016 mg/L de fósforo total na lagoa de piscicultura. A Resolução CONAMA 457/2005 estabelece limite um limite de 0,020 mg/L para este parâmetro.

O nitrogênio e o fósforo são um dos principais nutrientes para os processos biológicos, porque quando presentes em altas concentrações podem ocasionar o fenômeno de eutrofização, que consiste no excesso destes nutrientes, podendo causar um aumento excessivo de algas na água (BRASIL – ANA, 2013).

### **5.1.3. Parâmetros Biológicos**

#### **5.1.3.1. Coliformes fecais**

Para 100 mL de amostra encontramos 1553,1 NMP. O indicador de contaminação fecal é acima do permitido pela resolução CONAMA 430/2011 que estabelece, os coliformes fecais não deverão exceder 1.000 NMP 100 mL.

A presença das bactérias coliformes termotolerantes demonstra que ocorre a poluição fecal proveniente de fezes de animais de sangue quente e/ou humanos, principalmente, nos despejos domésticos produzidos. Sua presença em grandes números possibilita transmissão de doenças de veiculação hídrica (ex: desintéria bacilar, febre tifoide, cólera).

### **5.2. Índice de qualidade da água**

Os parâmetros analisados foram de amostras coletadas do mês de abril e maio. Os resultados das médias e os padrões máximos dos parâmetros analisados foram comparados com os valores da Resolução CONAMA nº. 430/2011.

O cálculo do Índice de Qualidade Natural da Água Subterrânea foi feito usando os valores de cada parâmetro e os pesos estabelecidos. As amostras apresentaram qualidade média com valor de 61, respectivamente.

### **5.3. Aterro Sanitário de Palmas**

#### **5.3.1. Disposição dos resíduos e sistemas do Aterro Sanitário de Palmas**

O Aterro Sanitário de Palmas recebe diariamente cerca de 240 toneladas de lixo, seu funcionamento acontece de domingo a domingo, 24 horas por dia. Estima-se que sua vida útil seja de 35 a 40 anos, aproximadamente, dependendo do modo como ele for operado. O aterro atende as Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), e sua administração é de responsabilidade da Prefeitura Municipal de Palmas (Marques J. – Consulta Pessoal, 2016).

No entorno do aterro foram plantadas 4,5 mil mudas de eucaliptos, elas podem chegar a 20 metros de altura após o ciclo de crescimento, o que formará uma “barreira verde” em torno de todo perímetro do aterro, como podemos ver na Figura 5 abaixo. O objetivo é que essa barreira odorizante e minimize os impactos de eventual produção de gás metano, eliminados durante o processamento do lixo.

Figura 5 – Barreira de Eucalipto no entorno do aterro.



Fonte: Autor.



Antes de dar entrada ao aterro o lixo é pesado na guarita (portaria) como mostra na figura 6, para que haja um controle de tudo, e que tenha um controle do volume diário e mensal do que é depositado no mesmo.

Figura 6 - Balança para controle na entrada do aterro.



Fonte: Autor.

Após o recebimento e pesagem do lixo, o caminhão faz o depósito nas trincheiras. Após depositar o lixo, ocorre o espalhamento e compactação dos resíduos, sendo o lixo em seguida coberto com uma camada de solo de espessura de aproximadamente 15 cm. O solo utilizado para cobertura provém dos materiais excedentes das operações de cortes/escavação executadas na fase de execução das jazidas, e esta cobertura tem como objetivo impedir que a ação do vento espalhe o lixo, evitar a disseminação de odores e evitar a proliferação de vetores como; ratos, moscas, baratas dentre outros. E para fazer estes serviços utilizam-se trator esteira, pá mecânica, retroescavadeira e caminhão basculante.

Figura 7 - Retroescavadeira fazendo a cobertura do lixo depositado.



Fonte: Autor.

Para começar a receber o lixo no aterro foram feitas trincheiras com dimensão de 18x200m e aproximadamente 2,5 metros de profundidade, onde o lixo é depositado. A base e laterais do aterro é impermeabilizada com uma manta geomembrana de Polietileno de Alta Densidade (PEAD), ela possui 2 milímetros de espessura e têm uma durabilidade de 100 anos, antes de dar início a sua decomposição. Este serviço de impermeabilização da base e laterais é feito por empresas terceirizadas, conforme mostra a Figura 8 abaixo. Esse trabalho evita a contaminação do solo e do lençol freático.

Figura 8 - Serviço de impermeabilização da base e laterais do aterro.



Fonte: Dr. João Marques

Uma nova célula já está em construção como mostra a Figura 9, à previsão para que ela comece a receber lixo é em 2016. Ela já passou pelo processo de desmatamento e escavação, está pronta para receber a manta geomembrana de Polietileno de Alta Densidade (PEAD).

Figura 9 - Nova célula do Aterro Sanitário de Palmas.



Fonte: Autor.

### 5.3.2. Sistemas de Drenagem de Gases

O sistema de drenagem de gás é feito logo após a impermeabilização da base e laterais das células, e é fundamental para manter a estabilidade do aterro, a Figura 10 demonstra a execução deste serviço após a impermeabilização da base. A drenagem é feita através de tubos verticais de concreto perfurado, contendo 1,20 m de diâmetro, uma proteção com brita de número 4 e uma proteção de uma tela.

Figura 10 - Drenos de gás na base antes de iniciar o depositam dos resíduos.



Fonte: Dr. João Marques.



Figura 11 - Drenos de gás a 20 metros de aterro de resíduos.



Fonte: Autor.

### 5.3.3. Sistemas de Drenagem do Chorume

Depois de despejado nas galerias, o lixo recebe uma camada de terra, que é compactada e entra em processo de decomposição. Esse processo resulta um líquido tóxico, o chorume, que também recebe tratamento. O aterro possui um sistema de coleta do chorume que é interligado ao sistema de coleta de gases, onde o mesmo é permitido, levando o chorume à lagoa anaeróbica, onde ele recebe tratamento.

Ao longo desse processo, ele passa por 3 lagoas de tratamento: 1 anaeróbia e 2 facultativas. Então, após a remoção de suas cargas orgânicas através das ações das bactérias e do tempo em que é depositado nas lagoas, o líquido adquire condições ideais para que seja lançado em um corpo receptor sem que haja contaminação, e dar-se início ao processo natural de autodepuração.

Figura 12 - Lagoas de tratamento do Chorume.

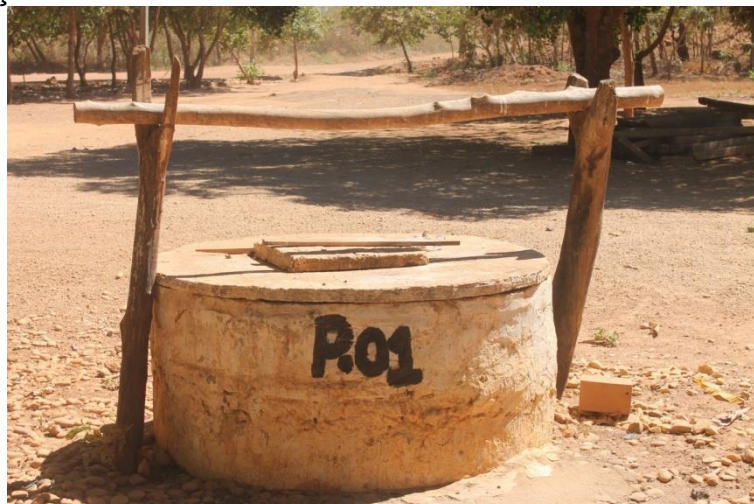


Fonte: Autor.

#### **5.3.4. Sistema de Monitoramento do Aterro de Palmas**

O aterro conta com quatro poços de monitoramento de água: um na parte da montante do aterro, denominado de P.01, conforme ilustra a Figura 13; dois na parte da jusante do aterro, denominados de P.02 e P.03, conforme a Figura 14, e um quarto poço P.04 de monitoramento que se encontra fora da área do aterro, para termos uma melhor análise dos corpos de provas das águas subterrâneas.

Figura 13 - Poço de monitoramento situado na montante do Aterro Sanitário.



Fonte: Autor.



Figura 14 - Poço de monitoramento situado na jusante do Aterro Sanitário.



Fonte: Autor.

Na área do aterro, localizado na jusante da propriedade, é possível encontrar uma lagoa de piscicultura como podemos ver na figura 15. Na lagoa, pode-se constatar a pureza da água e a presença de vidas, a exemplo dos peixes. A criação de peixes tem como objetivo comprovar que o lençol freático tem qualidade e que não há contaminação.

Figura 15 – Lagoa de piscicultura formada com nascente na jusante do aterro.



Fonte: Autor.

## 6. CONCLUSÃO

A avaliação dos parâmetros químicos, físicos e biológicos da água de uma lagoa de piscicultura do aterro sanitário de Palmas-TO, pode-se observar que todos os parâmetros estão dentro do limite estabelecido pelo CONAMA 430/2011, exceto o parâmetro coliforme fecal, que deu acima do limite permitido, mostrando que há poluição fecal proveniente de fezes de animais de sangue quente e/ou humanos, principalmente, nos despejos domésticos produzidos.

Com a realização do cálculo do IQA na lagoa de piscicultura pôde-se realizar a classificação da qualidade da água disponível. O cálculo do Índice da Qualidade de Águas – IQA resultou em 61, o que classifica a água como média.

Por meio de estudos feitos, cálculos e visitas realizadas, este trabalho evidenciou a importância de um aterro sanitário para o meio ambiente e para a saúde da população em geral. Além disso, foi possível explicar e ilustrar como realmente funciona o aterro sanitário de Palmas-TO. Através desta pesquisa foi possível comprovar que a forma com a qual é feita a disposição dos resíduos sólidos da Capital é correta.

A coleta, o tratamento e a disposição final dos resíduos sólidos constituem-se em um dos grandes problemas das cidades brasileiras. A importância que vem sendo dada aos resíduos sólidos é consequência dos aspectos ligados à veiculação de doenças e, portanto, à saúde pública; a contaminação de cursos d'água e lençóis freáticos, na abordagem ambiental; as questões sociais ligadas aos catadores (em especial às crianças que vivem nos lixões) ou ainda as pressões advindas das atividades turísticas. Logo, podemos concluir que uma má disposição de resíduos sólidos urbanos pode acarretar sérias consequências à saúde pública e ao meio ambiente.

É certo de que o aterro sanitário é o melhor local para disposição dos resíduos sólidos, mas, se o mesmo não for operado de forma correta pode acarretar em alguns fatores como a contaminação do solo água superficiais e subterrâneas de proximidade ao aterro.

## **7. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS**

Logo, como sugestão para futuros estudos, considerando a importância do tratamento do lixiviado, torna-se necessário monitorar as águas das lagoas de tratamento. Outra sugestão para trabalhos futuros seria um estudo mais aprofundado sobre os consórcios intermunicipais, para demonstrar de forma mais ampla algumas sugestões para as disposições de resíduos sólidos para os municípios que não tem recursos suficientes para construir e manter um aterro sanitário.



## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil – 2013**. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br>. Acesso em: 01 out 2015.

ALVES, W.; COSTA, P. M. J. A.; LEITE, V. J.; URENHA, C. L. **Manual de gerenciamento integrado**: 2000.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Panorama da qualidade das águas no Brasil**. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília, 2005.

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the examination of Water and Wastewater**. 21 ed. Baltimore, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004. **Classificação de resíduos sólidos**, Rio de Janeiro 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13895 - **Construção de Poços de Monitoramento e Amostragem – Procedimento**. Rio de Janeiro, 1997.

AYRES, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**: Estudos, irrigação e drenagem. Campina Grande – PB.

BIDONE, A. R. F.; POVINELLI, J. **Conceitos Básicos de Resíduos sólidos**. São Carlos: EESC/USP, 1999.

BLOTTNER S; et al. **Influence of environmental cadmium on testicular proliferation in roe deer**. Reprod Toxicol 1999.

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**. 3.ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1989.

CALIJURI, M. C.; ALVES, M. S. A.; SANTOS, A. C. A. **Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais**. São Carlos: ed. Rima, 2006.

CASTILHO JUNIOR, B. A.; LANGE, C. L.; GOMES, P. L.; NEIDE, P. **Alternativas de Disposição de Resíduos Urbanos para Pequenas Comunidades**. Florianópolis, Projeto PROSAB 3, 2002.

CASTILHOS JUNIOR, A. B. (coordenador). **Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos com ênfase na Proteção de Corpos D'água: Prevenção, Geração e Tratamento de lixiviados de Aterros Sanitários**. Florianópolis, Projeto PROSAB 4, 2006.

CASTILHOS JUNIOR, A. B. (coordenador). **Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável Para Município de Pequeno Porte**. Rio de Janeiro,

ABES, RIMA - Projeto PROSAB 3, 2003.

CETESB, Companhia de tecnologia de saneamento ambiental, São Paulo (2006). **Relatório da qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2005/CETESB**. São Paulo: CETESB. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Água/rios/variaveis.asp#fósforo>>. Acesso em: 01 out 2015.

CONSONI, J.Â.; SILVA, C. I.; FILHO, G. A. **Manual de gerenciamento integrado**: 2000.

CUNHA, V.; CAIXETA FILHO, J. V. Gerenciamento da Coleta de Resíduos Sólidos Urbanos: Estruturação e Aplicação de Modelo Não-Linear de Programação por Metas. **Gestão & Produção**, vol. 9 (2). 2002.

DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, A.; CENTURIONE FILHO, P. L. **Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água**. São Carlos, SP: RIMA, 2002.

Dissertação de M. Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Disponível em: <http://www.coc.ufrj.br/index.php/component/search/?searchword=flavia%20faria&searchphrase=all>. Acesso em: 01 out 2015.

FARIA F. S., 2002. **Índice da Qualidade de Aterros de Resíduos Urbanos IQA**.

FELLENBERG, G. **Introdução aos problemas de poluição ambiental**. São Paulo: EDUSP, 1980.

FERNANDES, F. *et al.* **Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpo d'água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários**. In: CASTILHOS JUNIOR, A.B. (Coord.). Rio de Janeiro: ABES, 2006b.

IGAM - INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Minas Gerais em 2000**. Belo Horizonte: FEAM, 2000.

IKEDA M, et al. **Possible effects of environmental cadmium exposure on cadmium function**. In the Japanese general population. *Int Arch Occup Environ Health* 2000.

JOHANSEN, O. J., CARLSON, D. A. Characterization of sanitary landfill leachates. **Water Research**, vol. 10 (12).

LEAL. **Análise ambiental de um aterro sanitário e sua influência relativa sobre a qualidade das águas superficiais do entorno**. Bauru, 2011.

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

LO, I.M.C. 1996. **Characteristics and treatment of leachates from domestic landfills**. *Environment International*, v.22, n.4.

MELO, V.L.A.; JUCÁ, J.F.T. **Diagnóstico ambiental em aterros de resíduos sólidos a partir de estudos de referências**. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, João Pessoa. 2001.

MOTA, S. **Preservação de recursos hídricos**. ABES: 1988.

PHILIPPI, A. JR; ROMERO M. A.;BRUNA, G.C. **Curso de gestão ambiental**. Barueri,SP: Manole, 2004.

QASIM, S.R.; CHIANG, W. **Sanitary landfill leacheate: generation, control and treatment**, Lancaster: Technomic Publishing Co., Inc., 1994.

REBOUÇAS, A. da C. (Org.). Águas doces no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. da C. et al. **Águas doces no mundo e no Brasil**. 2 ed. São Paulo: Escritus, 2002.

SAWYER, C.N.; McCARTY, P.L.; PARKIN, G. F.. **Chemistry for Environmental Engineering**. 4º ed. New York.McGraw - Hill Book Company. 1994.

TORRES, P., BARBA, L.E., RIASCOS, J., VIDAL, J.C. **Tratabilidade biológica de chorume produzido em aterro não controlado**. Eng. Sanit. e Amb., v.2, 1997.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Vol. 1, 3 ed. Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA: Editora UFMG, Belo Horizonte, 2005.

ZANTA, V. M.; MARINHO, M. J. M. R.; LANGE , L. C.; PESSIN, N. **Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpo d'água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários**. In: CASTILHOS JUNIOR, A.B. (Coord.). Rio de Janeiro: ABES, 2006.

ZANTA, V. M.; MARINHO, M. J. M. R.; LANGE , L. C.; PESSIN, N.**Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. In: CASTILHOS JUNIOR, A.B. (Coord.). Rio de Janeiro: ABES, 2003.