

# **AVALIAÇÃO AMBIENTAL DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEOS DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DO ATERRO SANITÁRIO DE PALMAS, TO**

Marcel Sousa Marques (UFES) E-mail: marqueseamb@gmail.com  
Marcelo Mendes Pedroza (IFTO) E-mail: \_mendes@ifto.edu.br  
Aurélio Pêsoa Picanço (UFT) E-mail: aurelio.picanco@uft.edu.br  
João Evangelista Marques Soares (TO) E-mail: je.marquess@gmail.com  
Camila Ribeiro Rodrigues (UFT) E-mail: camila.helves@gmail.com

**Resumo:** Este artigo apresenta a avaliação ambiental dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos da área de influência direta do Aterro Sanitário de Palmas, estado de Tocantins. As amostras de água foram coletadas nos poços de monitoramento instalados no aterro, seguindo as normas e legislações ambientais vigentes para o monitoramento ambiental de Aterros Sanitários. São apresentados os resultados obtidos para os parâmetros pH, temperatura, sólidos totais, sólidos suspensos e voláteis, turbidez, alcalinidade, gás arsênio dissolvido no meio líquido, cianetos, bem como os metais: bário, cádmio, chumbo, cobre, cromo, ferro, mercúrio e níquel, realizados em ambas as amostras de águas superficiais e subterrâneas. Os resultados obtidos por meio da avaliação ambiental no sistema de monitoramento dos recursos hídricos e superficiais na área de influência direta do Aterro Sanitário de Palmas - TO, permitiram a análise de cada parâmetro em função do sistema de contenção da contaminação gerada pelo uso da área como aterro de resíduos sólidos, bem como, nas características naturais do aquífero freático sob a área de influência do Aterro Sanitário. Conclui-se assim, com a realização da presente avaliação que as águas superficiais e o aquífero freático na área de influência direta do Aterro Sanitário de Palmas - TO não apresentam poluição e/ou contaminação decorrentes do uso atual da área como Aterro de Resíduos Sólidos Urbanos.

**Palavras-chave:** Monitoramento Ambiental; Recursos Hídricos; Aterro Sanitário; Resíduos Sólidos Urbanos.

## **ENVIRONMENTAL EVALUATION OF SURFACE AND GROUNDWATER RESOURCES OF THE AREA OF DIRECT INFLUENCE OF THE SANITARY LANDFILL OF PALMAS, TO**

**Abstract:** This article presents the environmental assessment of surface and underground water resources in the area of direct influence of the Landfill of Palmas, state of Tocantins. The water samples were collected in the monitoring wells installed in the landfill, following the environmental standards and legislation in force for the environmental monitoring of landfills. The results obtained are presented for the parameters pH, temperature, total solids, suspended and volatile solids, turbidity, alkalinity, arsenic gas dissolved in the liquid medium, cyanides, as well as the metals: barium, cadmium, lead, copper, chromium, iron, mercury and nickel, performed on both surface and groundwater samples. The results obtained through the environmental assessment in the water and surface resources monitoring system in the area of direct influence of the Landfill of Palmas - TO, allowed the analysis of each parameter according to the contamination containment system generated by the use of the area as landfill of solid waste, as well as the natural characteristics of the water table under the area of influence of the sanitary landfill. It is concluded, therefore, with the realization of this evaluation that the surface waters and the phreatic aquifer in the area of direct influence of the Landfill of Palmas - TO do not present pollution and/or contamination resulting from the current use of the area as Landfill of Urban Solid Waste.

**Keywords:** Environmental Monitoring; Landfill; Water Resources; Urban Solid Waste.

### **1. INTRODUÇÃO**

O crescimento desordenado das cidades, em concomitância com a produção exacerbada de resíduos, está contribuindo para o agravamento das condições sanitárias e ambientais

nos grandes centros urbanos (MIRANDA, 2011). Segundo dados disponibilizados pelo Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Tocantins (SEMARH, 2016), apenas cerca de 2,16% dos municípios tocantinenses contam com um Aterro Sanitário instalado e em funcionamento em sua sede municipal.

O maior problema está relacionado a má gestão dos resíduos sólidos urbanos em sua disposição final (MARQUES, 2018). Cerca de 5,03% dos municípios tocantinenses destinam seus resíduos em aterros controlados, a grande maioria, cerca de 92,81% dos municípios, ainda destina seus resíduos sólidos a vazadouros a céu aberto, ocasionando riscos eminentes ao meio ambiente local (SEMARH, 2016).

Mesmo obedecendo todas as normas de instalação e operação de um Aterro Sanitário, os problemas oriundos de sua instalação são facilmente detectados e dificilmente remediados (BARREIRA, 2005). A produção de percolato gerado biologicamente pela decomposição anaeróbia da matéria orgânica confinada nas células do aterro, pode contaminar toda área de influência direta do maciço de resíduos, além de gerar inúmeros problemas ambientais quando este não é tratado de forma adequada e lançado no solo desprotegido (SISINNO e OLIVEIRA, 2000).

O monitoramento ambiental das águas subterrâneas e superficiais consiste no levantamento de amostras de água em pontos previamente selecionados, com o intuito de levantar dados acerca da qualidade de água num dado espaço de tempo estudado (DERÍSIO, 2012).

O levantamento de dados quantitativos e qualitativos da qualidade de água permite ao gestor uma avaliação da disponibilidade hídrica do recurso hídrico local, servindo como uma ferramenta de grande valia para a tomada de decisão em relação a oferta hídrica, bem como do aproveitamento múltiplo e integrado do uso da água (EGLER, 2012).

A qualidade ambiental das águas subterrâneas e superficiais pode ser alterada de forma natural ou antrópica (XU, XUE, et al., 2018). O uso indiscriminado dos recursos naturais, bem como a exploração dos recursos ambientais de forma indiscriminada, influencia diretamente na qualidade ambiental dos recursos hídricos locais (LOPES, 2007; WANG, LI, et al., 2018; YA, LU, et al., 2018).

No Brasil, a qualidade ambiental das águas subterrâneas e superficiais potáveis deve atender aos padrões mínimos fixados pelo padrão de qualidade da água para abastecimento público, recomendado pelo Ministério da Saúde, por meio de sua Portaria N° 2914/2011 (BRASIL, 2011a).

Em se tratando da qualidade ambiental de águas superficiais e subterrâneas comuns, regidas pelos padrões de qualidade de água estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005 (BRASIL, 2005) e N° 430/2011 (BRASIL, 2011b). O monitoramento ambiental da água é realizado por meio da aferição de alguns parâmetros físico-químicos e biológicos, a fim de se caracterizar a qualidade e a contaminação existente nos cursos hídricos locais (LOPES, 2007; WANG, LI, et al., 2018).

Este trabalho objetivou a avaliação ambiental dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos da área de influência direta do Aterro Sanitário de Palmas – TO, apresentando os resultados das análises físico-químicas realizadas no sistema de monitoramento ambiental do aquífero freático instalado no Aterro Sanitário e no olho d'água presente na área administrativa do Aterro, verificando a influência da utilização da área como Aterro Sanitário na qualidade dos recursos hídricos em sua área de influência direta. Foram comparados os valores encontrados pelo estudo aos padrões ambientais de enquadramento para o consumo humano.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

O presente estudo foi desenvolvido no Aterro Sanitário do município de Palmas – TO, localizado a aproximadamente 26 km do centro administrativo do município, onde, segundo informações repassadas pelo Instituto Natureza do Tocantins – NATURATINS (2014), conta com uma área de aproximadamente 92.914 hectares.

O Aterro Sanitário de Palmas recebe atualmente cerca de 270 ton/dia de RSU, com funcionamento durante 24 horas por dia, com exceção da compactação, que somente é realizada no período diurno. No mês de abril, o Aterro Sanitário de Palmas recebeu cerca de 8.348 toneladas de RSU.

O tratamento de líquidos e percolados, por sua vez, está disposto na cota mais baixa do aterro e foi projetado na seguinte configuração: 1º lagoa anaeróbia, 2º lagoa anaeróbia, 3º lagoa facultativa, 4º lagoa de polimento, 5º lagoa de infiltração.

De acordo com estudos pedológicos realizados na área de estudo, a profundidade média do aquífero freático é de cerca de nove metros, distância essa entre a base do aterro e o ponto mais alto do aquífero freático, extensão que tende a diminuir nos períodos de chuva.

A profundidade média dos poços de monitoramento do aquífero freático instalados no Aterro Sanitário de Palmas, varia de oito a dez metros de profundidade, de acordo com o desnível do terreno. Atualmente, todo o sistema de monitoramento do aquífero freático conta com oito poços de monitoramento, manilhados e devidamente demarcados.

### **2.1 COLETA E PRESERVAÇÃO DAS AMOSTRAS**

As amostras coletadas de água subterrânea foram coletadas a montante e a jusante da área de influência direta do Aterro Sanitário de Palmas. As amostras, foram coletadas em três poços de monitoramento localizados na área administrativa do aterro, sendo um a montante e dois a jusante do maciço de resíduos, denominados PM5, PJ6, PJ7, respectivamente. As coletas foram realizadas de acordo com as recomendações da NBR 13895/1997 (ABNT, 1997a) e NBR 15847/2010 (ABNT, 2010).

Para a coleta das amostras de água subterrânea, nos poços de um metro de diâmetro, foram utilizados baldes de cinco litros de PVC (Cloro de Polivinila) convencionais, conforme orientação do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos da Agência Nacional de Águas do Ministério do Meio Ambiente (ANA, 2011).

Dessa forma, após a medida do nível de água de cada poço de monitoramento estudado, foram coletadas as amostras de água após o poço purgado, a fim de evitar contaminação com a espuma presente na água (ANA, 2011). Cada poço foi purgado com três volumes de água coletados pelo balde de amostragem, evitando assim, a estagnação de água no interior do poço, podendo ser coletada uma amostra representativa da qualidade de água (LOPES, 2007).

As amostras de água foram armazenadas em galões plásticos de dois litros sem preservantes. Após as coletas nas dependências do Aterro, as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Inovação em Aproveitamento de Resíduos e Sustentabilidade Energética do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Tocantins - Campus de Palmas (LARSEN/IFTO), onde foram preparadas para serem posteriormente analisadas.

Após a preparação, as amostras foram separadas em dois recipientes: um frasco de um litro, contendo 2ml NaOH 10N como preservante; e frascos plásticos de quinhentos

mililitros, contendo 2,5ml HNO<sub>3</sub> concentrado como preservante, conforme orientação do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

Ao todo, foram analisados três pontos de amostragem de águas subterrâneas e um ponto de amostragem de água superficial. Todas as amostras foram coletadas, preservadas e armazenadas, conforme orientações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998), respeitando as características dos frascos de coleta e o tempo ágil de análise. A avaliação ambiental ocorreu no primeiro semestre de 2019.

## **2.2 ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS PRESENTES NAS AMOSTRAS**

As análises das amostras de água foram realizadas conforme as orientações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998), juntamente com as normas técnicas e legislações ambientais vigentes, inerentes à temática como a NBR 13896/1997 (ABNT, 1997b) e Portaria 2914/2011 (BRASIL, 2011a).

Os parâmetros físico-químicos foram analisados no Laboratório de Inovação em Aproveitamento de Resíduos e Sustentabilidade Energética do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Tocantins (LARSEN/IFTO). As amostras foram armazenadas, conforme orientações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

Os parâmetros pH, Temperatura, Sólidos Totais, Sólidos Suspensos, Sólidos Voláteis, Turbidez e Alcalinidade, foram obtidos no Laboratório de Inovação em Aproveitamento de Resíduos e Sustentabilidade Energética do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Tocantins - Campus de Palmas (LARSEN/IFTO).

O gás arsênio, dissolvido no meio aquoso, os cianetos e os metais: bário, cádmio, chumbo, cobre, cromo, ferro, mercúrio e níquel, foram analisados no Laboratório da SGS Geosol Laboratórios Ltda, na filial de Parauapebas no Estado do Pará.

## **2.2 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS**

Os resultados obtidos a partir da amostragem das águas subterrâneas e superficiais foram comparados aos limites estabelecidos pela legislação ambiental vigente, representada pela Portaria 2914/2011 (BRASIL, 2011a) do Ministério da Saúde, em respeito a CONAMA 396/2008 (BRASIL, 2008), a qual define que o padrão de qualidade das águas subterrâneas das áreas com interferência direta de Aterros Sanitários devem possuir o mesmo padrão de qualidade/potabilidade de águas superficiais.

Os parâmetros não referenciados pelo Padrão de Potabilidade do Ministério da Saúde foram comparados com a CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011b) e sua legislação antecessora CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), estabelecendo os critérios de qualidade para rios de água doce (Classe 2).

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1 ANÁLISE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

Foram coletadas três amostras de água nos poços de monitoramento do aquífero freático do Aterro Sanitário de Palmas, denominados de: poço de monitoramento do aquífero freático a montante 5 - PM5; poço de monitoramento do aquífero a jusante 6 - PJ6; e poço de monitoramento do aquífero freático a jusante 7 - PJ7.

As amostras de água subterrâneas do Aterro Sanitário de Palmas, apresentaram valores de pH variando entre 6,2 a 7,4, indicando um pH de levemente ácido à levemente alcalino. Estes valores estão de acordo com a Portaria de Potabilidade do Ministério da Saúde, que

estabelece um padrão de pH básico para águas de abastecimento público (BRASIL, 2011a), estando em conformidade ambiental nos três poços de monitoramento estudados.

A temperatura no momento da coleta das amostras oscilou de 18,7 a 24,3°C, registrando uma variação de aproximadamente 5,6°C, estando em conformidade com os valores encontrados na literatura e em concordância com os valores descritos por Oliveira (2004).

Para o parâmetro de turbidez, a Portaria N° 2914 do Ministério da Saúde estabelece um limite máximo de 5 UT para amostras de água doce potáveis (BRASIL, 2011a). Entretanto, foram obtidos valores 103, 336 e 49,2 UT para os poços PM5, PJ6 e PJ7 respectivamente, valores superiores ao limite máximo recomendado pelo Padrão de Potabilidade de Água.

Os valores altos de turbidez encontrados nos poços de monitoramento do aquífero freático do Aterro Sanitário de Palmas podem ser explicitados pelo fato dos poços terem sido apenas purgados no momento da coleta das amostras, como recomenda a norma específica para a análise de águas profundas (ABNT, 2010), e descritos anteriormente na metodologia abordada pelo presente estudo, retratando assim, uma turbidez superior a real encontrada no aquífero freático.

A comparação realizada entre o Padrão de Potabilidade de Água para fins de consumo humano e as amostras de água bruta em um dado recurso hídrico, serve como critério norteador da qualidade das águas subterrâneas brutas. Posteriormente, deverão ser submetidas a um tratamento simplificado (filtração, desinfecção) para serem distribuídas na rede de distribuição local, conforme orientado pela NBR 12216/1992 (ABNT, 1992).

A Portaria de Potabilidade do Ministério da Saúde não estabelece valores norteadores para o parâmetro de alcalinidade em águas subterrâneas. Porém, o aferimento da alcalinidade em águas profundas é essencial para se aferir a capacidade de uma água em neutralizar ácidos fortes, tornando-se uma medida indireta de verificação da contaminação do freático por compostos tóxicos antrópicos (WANG, LI, et al., 2018).

Dessa forma, os valores obtidos por meio do aferimento do padrão de alcalinidade nos poços de monitoramento do freático PM5, PJ6 e PJ7 foram comparados aos valores encontrados por Capp (2012) em sua pesquisa experimental, os quais registraram valores superiores aos encontrados pelo presente estudo, conforme demonstrado na Tabela 1:

Tabela 1: Alcalinidade média nas águas subterrâneas.

Parâmetro	Média das Águas Subterrâneas	
		Capp 2012 <sup>1</sup>
Alcalinidade (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	73,85	154,2

<sup>1</sup> Capp, N. 2012. Qualidade da água e fatores de contaminação de poços rasos na área urbana de Anastácio (MS). Artigo publicado em periódico científico. Santa Maria, Geografia Ensino & Pesquisa, Vol. 16, n. 3, set./dez. 2012.

A Portaria N° 2914/11, que estabelece o Padrão de Potabilidade de Águas para Abastecimento Público, estabelece o limite de 1000 mg/L para Sólidos Dissolvidos Totais, porém não estabelece limites norteadores/fiscalizadores para os parâmetros da série de sólidos (sólidos suspensos totais, sólidos fixos e sólidos voláteis) para uma posterior fiscalização da qualidade ambiental em águas subterrâneas.

Contudo, alguns autores como Lopes (2007) encontraram valores muito abaixo dos

encontrados no aquífero freático da área de influência direta do Aterro Sanitário de Palmas, conforme demonstrado na Tabela 2:

Tabela 2: Média da série de sólidos nas águas subterrâneas.

Parâmetros	Médias das Águas Subterrâneas	
		Lopes 2007 <sup>1</sup>
Sólidos Totais (mg/L)	1691,00	531,75
Sólidos Totais Fixos (mg/L)	1294,17	320,38
Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	396,83	211,37

<sup>1</sup> Lopes, A. A. 2007. Estudo da gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos na Bacia Tietê Jacaré (UGRHI – 13). Tese (Doutorado). São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

De modo geral, a maioria dos parâmetros aferidos para a verificação da qualidade da água subterrânea na área de influência direta do maciço de resíduos, apresentou valores abaixo dos limites máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 420/2009, que estabelece os valores orientadores para a qualidade dos solos e águas subterrâneas, bem como pelo Padrão de Potabilidade de Águas para Abastecimento Público, conforme demonstrado na Tabela 3 a seguir:

Tabela 3: Dados do monitoramento do aquífero freático da área de estudo.

Parâmetros	Sistema de Monitoramento do Aquífero Freático				* VMP
	PM5	PJ6	PJ7	und.	
Arsênio Total	<0,004	<0,004	<0,004	mg As/L	0,01 ** mg As/L
Bário Total	0,04	0,12	0,06	mg Ba/L	0,7 ** mg Ba/L
Cádmio Total	<0,001	<0,001	<0,001	mg Cd/L	0,005 ** mg Cd/L
Chumbo Total	<0,01	<0,01	<0,01	mg Pb/L	0,01 ** mg Pb/L
Cianeto Total	<0,01	<0,01	<0,01	mg CN-/L	NR mg CN-/L
Cobre Total	<0,009	<0,009	<0,009	mg Cu/L	2 ** mg Cu/L
Cromo Total	<0,01	<0,01	<0,01	mg Cr/L	0,05 ** mg Cr/L
Ferro Total	<0,1	<0,1	<0,1	mg Fe/L	2,45 ** mg Fe/L
Mercúrio Total	<0,0002	<0,0002	<0,0002	mg Hg/L	0,001 ** mg Hg/L
Níquel Total	<0,01	<0,01	<0,01	mg Ni/L	0,02 mg Ni/L

\* VMP - Valores Máximos Permitidos de acordo com a Resolução CONAMA 420/09.

\*\* Padrões de Potabilidade de Substâncias Químicas que representam risco a saúde definidos pela Portaria n° 518/04 do Ministério da Saúde.

As concentrações apresentadas pelos parâmetros analisados não apresentaram valores preocupantes, estando todos dentro dos limites estabelecidos pela legislação ambiental vigente, inerente a qualidade das águas subterrâneas em áreas com influência direta de aterros de resíduos sólidos.

O cumprimento dos parâmetros de qualidade da água subterrânea demonstra a efetividade dos sistemas de isolamento e confinamento da contaminação gerada pela degradação

física e biológica dos resíduos sólidos dispostos no Aterro Sanitário.

As estruturas de impermeabilização da base do maciço e do solo abaixo do Aterro Sanitário têm demonstrado uma efetividade de sua aplicação, visto que o aquífero freático da área de influência direta do maciço de resíduos sólidos não está poluído/contaminado com os parâmetros analisados pelo presente estudo.

### 3.2 ANÁLISE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

Foi coletada uma amostra de água no olho d'água presente na área administrativa do Aterro Sanitário de Palmas. A coleta foi realizada com o intuito de verificar se há alguma interferência ambiental na qualidade das águas superficiais causadas pelo uso da área, como aterro de resíduos.

A amostra de água superficial do olho d'água, apresentou um pH de 7,1, indicando um pH levemente básico. Este valor está de acordo com a Portaria de Potabilidade do Ministério da Saúde, que estabelece um padrão de pH básico, para águas para abastecimento público (BRASIL, 2011a), estando em conformidade ambiental.

A temperatura no momento da coleta da amostra, foi de 21,2 °C, estando em conformidade com os valores encontrados na literatura, e em concordância com os valores descritos por Oliveira (2004).

Para o parâmetro de turbidez, a Portaria N° 2914 do Ministério da Saúde, estabelece um limite máximo de 5UT para amostras de água doce potáveis (BRASIL, 2011a). Entretanto, foi obtido o valor de 248UT, valor esse, muito superior ao limite máximo recomendado pelo Padrão de Potabilidade de Água.

Em águas superficiais, o padrão de alcalinidade demonstra a ocorrência de contaminação por substâncias antrópicas como CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> e HCO<sup>3-</sup>, substâncias essas, originadas da degradação da matéria orgânica de forma anaeróbia, provenientes de Aterros Sanitários (SANTOS, 2008).

A grande concentração de acidez em fontes naturais de água doce, podem indicar o lançamento de efluentes líquidos com altas concentrações de CO<sub>2</sub>, ácidos minerais e sais hidrolisáveis, compostos estes, que indicam a contaminação superficial provenientes de efluentes líquidos/percolados de Aterros Sanitários (COELHO, LIMA, et al., 2004).

Na falta de um padrão para a aferição do parâmetro de alcalinidade em águas superficiais, o valor encontrado pelo presente estudo, foi comparado com os valores encontrados por Sousa (2016), em sua pesquisa experimental, ficando abaixo dos valores encontrados pelo presente estudo, conforme demonstrado na Tabela 4 a seguir:

Tabela 4: Alcalinidade média nas águas superficiais.

Parâmetro	Média das Águas Superficiais	
		Sousa 2016 <sup>1</sup>
Alcalinidade (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	97,06	112,74

<sup>1</sup> Sousa, S. S. 2016. Análise físico-química e microbiológica da água do rio Grajaú, na cidade de Grajaú - MA. Artigo publicado em periódico científico. Santa Maria, Ciência e Natura, v.38 n.3, set/dez 2016.

A Portaria N° 2914, que estabelece o Padrão de Potabilidade de Águas para Abastecimento Público, estabelece o limite de 1000 mg/L para Sólidos Dissolvidos Totais, porém, não estabelece limites norteadores/fiscalizadores para os parâmetros da

série de sólidos (sólidos suspensos totais, sólidos fixos e sólidos voláteis) para uma posterior fiscalização de qualidade ambiental em águas superficiais.

Contudo, alguns autores como Lemos (2016) e EMBRAPA (2011), encontraram valores distintos dos encontrados na área estudada, conforme demonstrado na Tabela 5 a seguir:

Tabela 5: Média da série de sólidos nas águas superficiais.

Parâmetros	Médias da Água Superficial	
	Lemos 2016 <sup>1</sup>	EMBRAPA 2011 <sup>2</sup>
Sólidos Totais (mg/L)	538,63	672,67
Sólidos Totais Fixos (mg/L)	494,5	609,47
Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	44,13	63,2

<sup>1</sup> Lemos. R. S. 2016. Qualidade da água da lagoa do parque poliesportivo de Itapetinga, BA. Artigo publicado em anais de Congresso. Brasília, XIV ENEEAmb, II Fórum Latino e I SBEA.

<sup>2</sup> EMBRAPA. 2011. Análise da qualidade da água. Contrato n° 6000.00419115.08.2. Relatório Técnico. Rio de Janeiro, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

De modo geral, a maioria dos parâmetros aferidos para a verificação da qualidade da água superficial na área de influência direta do maciço de resíduos, estiveram abaixo dos limites máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005, que estabelece os valores orientadores para a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, conforme demonstrado na Tabela 6:

Tabela 6: Dados do monitoramento das águas superficiais da área de estudo.

Parâmetros	Olho d'água	und.	* VMP
Arsênio Total	<0,001	mg As/L	0,01 mg As/L
Bário Total	0,01	mg Ba/L	0,7 mg Ba/L
Cádmio Total	<0,001	mg Cd/L	0,001 mg Cd/L
Chumbo Total	<0,01	mg Pb/L	0,01 mg Pb/L
Cianeto Total	<0,01	mg CN-/L	NR mg CN-/L
Cobre Total	<0,001	mg Cu/L	NR mg Cu-/L
Cromo Total	<0,01	mg Cr/L	0,05 mg Cr/L
Ferro Total	<0,1	mg Fe/L	NR mg Fe/L
Merúrio Total	<0,0001	mg Hg/L	0,002 mg Hg/L
Níquel Total	<0,01	mg Ni/L	0,025 mg Ni/L

\* VMP - Valores Máximos Permitidos de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005.

As concentrações apresentadas pelos parâmetros analisados, não apresentaram valores preocupantes, estando todos dentro dos limites estabelecidos pela legislação ambiental vigente, inerentes a qualidade das águas superficiais em áreas com influência direta de aterros de resíduos.



As concentrações baixas de metais pesados encontrados nas amostras de águas superficiais e subterrâneas no Aterro Sanitário de Palmas - TO estão de acordo com o relato de outros estudos realizados em Aterros Sanitários com um manejo e acomodação de seus resíduos sólidos urbanos de forma assertiva (HYPOLITO e EZAKI, 2006).

O cumprimento dos parâmetros de qualidade da água superficial, demonstra a efetividade dos sistemas de drenagem pluviais instalados nas células que não recebem mais resíduos, evitando assim, que a água proveniente das chuvas, entrem em contato com os líquidos e percolados gerados pelo Aterro Sanitário, aumentando assim a sua vazão, e consequente volume no sistema de tratamento de líquidos e percolados instalado na área do Aterro Sanitário.

As estruturas de contenção da poluição/contaminação instaladas na área do maciço de resíduos, tem demonstrado uma efetividade de sua execução, visto que, o recurso hídrico superficial analisado, pela execução do presente estudo, não está poluído/contaminado com os parâmetros analisados pela execução deste trabalho.

#### 4 CONCLUSÕES

Com a execução do presente trabalho, pode-se comprovar a eficiência do sistema de contenção da poluição/contaminação instalado nas infraestruturas físicas do Aterro Sanitário de Palmas – TO, uma vez que, todos os estudos realizados acerca da qualidade ambiental das águas do aquífero freático e superficiais, não possuem poluição/contaminação decorrentes do uso atual da área como Aterro Sanitário.

A análise detalhada dos parâmetros analisados pelo presente trabalho, demonstrou a eficiência do sistema de monitoramento ambiental em vigor no Aterro Sanitário de Palmas – TO, no tocante ao monitoramento assertivo dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais na área de interferência direta do maciço de resíduos.

Porém, torna-se necessário um monitoramento dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos em todo ano hidrológico, obtendo assim, dados acerca da interferência da qualidade dos recursos hídricos de acordo com a pluviosidade anual na área estudada, verificando assim, se há a existência ou não de alguma alteração na qualidade das águas superficiais e subterrâneas a partir da pluviosidade local.

#### REFERÊNCIAS

**ABNT.** ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos: NBR-8419*, Rio de Janeiro, p. 7, abr 1992.

**ABNT.** ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Construção de poços de monitoramento e amostragem: NBR 13895*, p. 21, jun 1997a.

**ABNT.** ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Aterros de resíduos não perigosos – critério de projeto, implantação e operação – Procedimento: NBR-13896*, p. 12, jun 1997b.

**ABNT.** ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento - Métodos de purga: NBR 15847*, p. 15, jun 2010.

**ANA.** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos*, p. 327, 2011.

**APHA.** American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 20 ed. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, Washington, 1998.

**BARREIRA, L. P.** *Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo em função da qualidade dos compostos e processos de produção*, São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://goo.gl/R31mxn>>. Acesso em: 01 ago 2020.

**BRASIL.** MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE.

**RESOLUÇÃO CONAMA N° 357, 17 mar 2005.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 08 ago 2020.

**BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO CONAMA N° 396, 03 abril 2008.** Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20n%C2%BA%20396.pdf>>. Acesso em: 08 ago 2020.

**BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO CONAMA N° 420, 28 dez 2009.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em: 09 ago 2020.

**BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria n.º 2.914, 12 dez 2011a.** Disponível em: <[http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp\\_doctos/kit\\_arsesp\\_portaria2914.pdf](http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp_doctos/kit_arsesp_portaria2914.pdf)>. Acesso em: 08 ago 2020.

**BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO CONAMA N° 430, 13 mai 2011b.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 11 ago 2020.

**CAPP, N.** 2012. *Qualidade da água e fatores de contaminação de poços rasos na área urbana de Anastácio (MS)*. Artigo publicado em periódico científico. Santa Maria, Geografia Ensino & Pesquisa, Vol. 16, n. 3, set./dez. 2012.

**DERÍSIO, J. C.** *Introdução ao controle de poluição ambiental*. 4. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

**EGLER, M.** *GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO*. Rio de Janeiro: Tese (Doutorado em Planejamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <[http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/mariana\\_egler.pdf](http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/mariana_egler.pdf)>. Acesso em: 13 ago 2020.

**EMBRAPA.** 2011. *Análise da qualidade da água. Contrato n° 6000.00419115.08.2*. Relatório Técnico. Rio de Janeiro, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

**HYPOLITO, R.; EZAKI, S.** *Íons de metais pesados em sistema solo-lixo-chorume-água de aterros sanitários da região metropolitana de São Paulo - SP*. Águas Subterrâneas, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 99-114, 2006.

**LEMOS, R. S.** 2016. *Qualidade da água da lagoa do parque poliesportivo de Itapetinga, BA*. Artigo publicado em anais de Congresso. Brasília, XIV ENEEAmb, II Fórum Latino e I SBEA.

**LOPES, A. A.** *Estudo da gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos na bacia Tietê-Jacaré (UGRHI-13)*. São Carlos - SP: Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2007. Disponível em: <[http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-04032008-125517/publico/Tese\\_AdrianaAntunesLopes.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-04032008-125517/publico/Tese_AdrianaAntunesLopes.pdf)>. Acesso em: 08 ago 2020.

**MARQUES, Marcel Sousa.** *Qualidade ambiental e estudo da produção e aproveitamento energético do biogás produzido pelo aterro sanitário de Palmas – TO*. 2018. 129f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Palmas, 2018.

**MIRANDA, R. N.** *Direito Ambiental*. 3. ed. São Paulo: Rideel, 2011. 151 p.

**NATURATINS.** *Situação de Licenciamento Ambiental Aterros Sanitários nos Municípios do Estado do Tocantins*. Palmas: Instituto Natureza do Tocantins, 2014. Disponível em: <<https://central3.to.gov.br/arquivo/194663/>>. Acesso em: 07 ago 2020.

**OLIVEIRA, D. A.; SCHMIDT, G.; FREITAS, D. M. D.** *Avaliação de teor de ferro em águas subterrâneas de alguns poços tubulares, no plano diretor do Palmas*. Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, San Juan, p. 1 - 15, ago 2004. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/puertorico29/gilda.pdf>>. Acesso em: 11 ago 2020.

**SEMARH.** Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. *Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Tocantins*, 2016. Disponível em: <<http://semarh.to.gov.br/plano-estadual-de-residuos-solidos-pers-to/>>. Acesso em: 01 ago 2020.

**SISINNO, C. L. S.; OLIVEIRA, R. M.** *Resíduos sólidos, ambiente e saúde: uma visão multidisciplinar*.

Rio Janeiro: FIOCRUZ, 2000. 138 p.

**SOUSA, S. S.** 2016. *Análise físico-química e microbiológica da água do rio Grajaú, na cidade de Grajaú - MA.* Artigo publicado em periódico científico. Santa Maria, Ciência e Natura, v.38 n.3, set/dez 2016.

**WANG, Y.** et al. *Site selection for municipal solid waste landfill considering environmental health risks.* *Resources, Conservation and Recycling*, v. 138, p. 40 - 46, november 2018.

**XU, Y.** et al. *Long-term dynamics of leachate production, leakage from hazardous waste landfill sites and the impact on groundwater quality and human health.* *Waste Management*, v. 82, p. 156 - 166, december 2018.

**YA, X.** et al. *Buffering distance between hazardous waste landfill and water supply wells in a shallow aquifer.* *Journal of Cleaner Production*, november 2018.