

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

ESTUDO COMPARATIVO DOS CUSTOS COM PRODUTOS QUÍMICOS PARA PRODUÇÃO DE ÁGUA A PARTIR DE DOIS MANANCIASIS. O CASO DA CIDADE DE PALMAS/TO, BRASIL

*José Aldimiro Vieira Marques'
Fernán Enrique Vergara Figueroa'
Sérgio Carlos Cabral Queiroz'
Márcio José Catalunha'

COMPARATIVE STUDY OF COSTS WITH CHEMICALS FOR WATER PRODUCTION FROM TWO MANANTIALS. THE CASE OF THE CITY OF PALMAS / TO, BRAZIL

Recibido el 2 de agosto de 2017; Aceptado el 16 de octubre de 2018

Abstract

The purpose of this work is to present a comparative study of the costs of chemical products for water treatment between the currently used water stream, the (Taquarussú stream) and the possible new alternative (the UHE Luís Eduardo Magalhães Reservoir). For the current stream, the chemical costs correspond to approximately 12 percent of the total costs of the complete cycle system and there was no significant variation of this percentage over the studied period (2010 to 2015). Whereas, when water is collected directly from the UHE Luís Eduardo Magalhães Reservoir, using double filtration technology, total costs increased to 39 percent. This increase in chemical costs is related to the conditions of the reservoir's water quality. The need for a new alternative of water source is due to the increase in demand for other uses of the Taquarussu Stream and by an increase in demand for public water supply due to the population growth of the city of Palmas.

Keywords: operational costs, sources for public supply, water treatment.

¹ Universidade Federal do Tocantins (UFT), Brasil.

*Autor correspondente: Universidade Federal do Tocantins (UFT), 109 Norte Av. NS-15, ALCNO-14. Plano Diretor Norte. CEP: 77001-090. Palmas/TO, Av. Juscelino Kubitscheck, Palmas – TO, Brasil. Email: jose.aldimiro@hotmail.com; mpea@uft.edu.br

Resumo

O objetivo deste trabalho é apresentar o estudo comparativo dos custos com produtos químicos para o tratamento de água entre o atual manancial (ribeirão Taquarussú) e a possível nova alternativa (reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães). Para o atual manancial os custos com produtos químicos correspondem a aproximadamente 12% dos custos totais do sistema de ciclo completo sendo que não houve uma variação significativa desse percentual ao longo do período estudado (2010 a 2015), enquanto que, para a captação diretamente do reservatório da usina UHE Luís Eduardo Magalhães, com a utilização de tecnologia de dupla filtração, os custos aumentaram para 39% dos custos totais. Esse aumento de custos com produtos químicos está relacionado às condições de qualidade da água do reservatório. A Necessidade de uma nova alternativa de manancial de abastecimento se deve ao aumento da demanda por outros usos na bacia do ribeirão Taquarussú principalmente devido ao aumento para o abastecimento público decorrente do crescimento populacional da cidade de Palmas.

Palavras chave: custos operacionais, tratamento de água, mananciais para abastecimento público.

Introdução

A expansão urbana em função do crescimento desordenado da população, com o desenvolvimento econômico e a intensificação das atividades de caráter poluidor, tem provocado o comprometimento do uso dos recursos hídricos. Consequentes danos ambientais mostram problemas relacionados à falta de água, tanto em quantidade quanto em qualidade, o que pode colocar em risco a sobrevivência dos ecossistemas e das pessoas (Oliveira, 2003).

A intensificação das atividades econômicas com desmatamento, agricultura com práticas inadequadas, erosão do solo, poluição dos cursos d'águas, construções de ruas, avenidas, estradas e sistemas de galerias pluviais, tem gerado impactos que afetam a qualidade e a disponibilidade dos recursos hídricos.

Conforme Reis (2005), a crescente contribuição de materiais em suspensão na água podem produzir aumento da turbidez; cor aparente; redução da zona eutrófica; redução da concentração de oxigênio dissolvido; redução da produção primária de fitoplâncton; mortalidade em massa de macrófitas e peixes. As fontes mais significativas são os sedimentos produzidos pela erosão do solo, principalmente decorrentes das ações antrópicas, carregados no período chuvoso para o leito do manancial, refletindo em consequências drásticas destas modificações, o assoreamento dos mananciais.

Essas condições impostas sobre os recursos hídricos levam diretamente a impactos nos custos da operação dos sistemas de abastecimento de água, onerando assim os valores praticados diretamente ao consumidor. Outro fator a se levar em consideração é o crescimento populacional, o que prova uma maior pressão sobre os mananciais de abastecimento público.

Para alcançar condições de baixo risco e produzir água com qualidade satisfatória o sistema de abastecimento de água necessita de uma etapa de tratamento (para atender portaria nº 2914/11 do M.S Brasil) e progressivamente remover os contaminantes, e assim promover máxima proteção contra agentes de veiculação hídrica (Nascimento, 2013).

Segundo Alvim (2007) para minimizar a competitividade entre redução de disponibilidade hídrica e o aumento da demanda no abastecimento da população a gestão dos custos inerentes às atividades dos processos de saneamento se faz essencial, e a melhor maneira de se reduzir custos é o controle dos processos.

Ao mesmo tempo em que aumenta a demanda por água tratada, verifica-se uma redução da vazão do ribeirão Taquarussú o qual é o principal manancial de abastecimento de água para a cidade de Palmas, cuja disponibilidade hídrica fica comprometida no período seco, em que sua vazão é naturalmente menor e a demanda aumenta. Segundo Queiroz (2010), nesse contexto, a concessionária de saneamento, tem buscado alternativas para o futuro abastecimento de água a cidade de Palmas, capital do estado de Tocantins, capaz de suprir em quantidade e qualidade as exigências da demanda.

Queiroz (2010) e Neto (2011) afirmam que o reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães (UHE LEM) é a alternativa mais viável de abastecimento de Palmas, tanto pela grande disponibilidade hídrica quanto pela sua localização às margens da cidade. Contudo, segundo Silva *et al.* (2003), foi identificado no reservatório a floração de cianobactérias tóxicas, sendo encontradas quantidades massivas de *Microcystis aeruginosa* e *Radiocystis fernandoi*. Concentrações de microcistinas acima de $3\mu\text{g/L}$ já foram medidos no reservatório da UHE durante essas florações.

A unidade de tratamento de água que abastece a capital do Tocantins é composta por sistema de ciclo completo e vários estudos têm mostrado que os processos que envolvem essa tecnologia não são efetivos na eliminação de substâncias húmicas, algas e seus sub-produtos.

Assim, a Companhia de Saneamento estuda alternativas de tratamento mais adequadas, sendo a Dupla Filtração uma opção a ser considerada.

O objetivo deste trabalho é apresentar um estudo comparativo dos custos com produtos químicos para tratamento água captada no ribeirão Taquarussú, atual manancial de abastecimento de água, com os custos do tratamento da água captada do reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães, principal alternativa de abastecimento futuro.

Segundo Investco (2005) o reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães, se estende por aproximadamente 170 km, entre as cidades de Lajedo e Ipueiras, passando por Palmas, com um espelho de 630 km², e um volume de 5.52 km³ na cota 212 m. Essa UHE é do tipo fio d'água, o que faz com que sua cota, volume e área de espelho d'água variem muito pouco.

Sistema de potabilização de água para água da bacia do Ribeirão Taquarussú.

De acordo com a Saneatins (2009) para o *tratamento de água da bacia do Ribeirão Taquarussú* é um sistema de ciclo completo (captação, coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção).

Sistema de tratamento de água proposto para o reservatório da UHE “Luís Eduardo Magalhães”

Segundo Queiroz (2010) o sistema indicado para tratamento da água do reservatório é o de dupla filtração por apresentar as seguintes vantagens em relação à filtração direta ascendente: a) permite o tratamento de água com qualidade pior; b) possibilita o uso de taxas de filtração mais elevadas; c) oferece maior segurança do ponto de vista operacional com relação às variações bruscas de qualidade da água bruta; d) é maior a remoção global de microrganismos, aumentando a segurança com relação à desinfecção final; e) não há necessidade de descartar água filtrada no filtro ascendente no início da carreira de filtração, por que essa água será filtrada no filtro descendente de Dupla filtração.

A dupla filtração é caracterizada pelo uso da filtração direta ascendente como pré- tratamento para filtração descendente. Ainda segundo o autor, a ETA de dupla filtração para tratar a água do lago deverá ter as seguintes características: coagulação por neutralização de carga com gradiente de mistura rápida de 300s⁻¹; pré-oxidação com cloro com o objetivo de inativar células de cianobactérias; uso do carvão ativado em pó em uma câmara de contato antecedendo os filtros visando a remoção de carbono orgânico; taxa de filtração de 180 e 240 m³/m².d nos filtros ascendente e descendente respectivamente, camada de seixo rolado no filtro ascendente e camada de areia simples no filtro descende; oxidação com cloro para desinfecção da água.

Estimativa de custos do tratamento de água

Identificação dos custos de produção de água tratada, para ciclo completo

Conforme Marques (2016), levantou-se os dados operacionais da concessionária de água no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2015 na frequência mensal dos dados de turbidez de água bruta (uT), (máxima, média e mínima), custos em reais de produtos químicos, custos em reais de energia, custos com pessoal e volume aduzido em metro cúbico, e estimou-se os custos totais em R\$/m³.

A proposta de uma análise nos custos de produtos químicos para tratamento de água visa identificar o quanto a qualidade da água de um manancial é determinante nos custos de produção de água tratada, para tanto usou-se o parâmetro turbidez como referência.

Todos os dados utilizados neste estudo foram fornecidos pela concessionária de água e esgoto do Estado do Tocantins Odebrecht Ambiental/Saneatins.

Identificação do percentual dos custos dos produtos químicos em relação aos custos totais

A partir da estimativa dos custos dos componentes que formam o preço total de produção de água tratada, tirou-se o percentual do custo dos produtos químicos em relação ao custo total. Para isso procedeu-se os cálculos de percentuais, sendo aplicado tanto para o volume captado do ribeirão Taquarussú com tratamento por ciclo completo quanto para tratamento do volume captado no reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães, utilizando método de dupla filtração.

Produtos químicos utilizados no tratamento da água

Os produtos químicos utilizados para tratamento da água, tanto por sistema de ciclo completo quanto para tratamento via dupla filtração são os mais usuais: alcalinizante (Cal hidratada 89.0% de $\text{Ca}(\text{OH})_2$), coagulante (sulfato de alumínio líquido com 7.4 % de Al_2O_3) e cloro como oxidante final. Entretanto baseado nos estudos de Queiroz (2010), para captação da água do reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães, tratamento via dupla filtração, há incremento de hipoclorito de cálcio granular como pré-oxidante e adição do carvão ativado (carvão ativado pulverizado, vegetal umedecido, com nº de iodo > 800 mg I/g carvão).

Os custos com energia e pessoal não são influenciados pela alteração da qualidade da água ofertada tanto do Ribeirão Taquarussú, quanto a captada do reservatório UHE Luís Eduardo Magalhães, por serem custos fixos.

Resultados e Discussões

Percentuais dos custos com produtos químicos em função da qualidade da água bruta para o manancial do ribeirão Taquarussú (turbidez média (uT))

A Tabela 1 mostra o comportamento dos percentuais dos custos com produtos químicos em relação aos custos totais promovidos pela qualidade da água bruta (turbidez). Vale ressaltar que a turbidez foi escolhida por ser o principal o parâmetro de controle de qualidade de ETAs no Brasil, onde a portaria 2914/11 MS Brasil estabelece que na saída dos filtros da ETA deve ser de no máximo 0.5 uT. Observa-se a influência da sazonalidade do regime pluvial no manancial e que se reflete no sistema de tratamento de água, em que os menores valores de turbidez e, conseqüentemente, os menores custos com produtos químicos estão entre os meses de maio a setembro que é o período de estiagem, e maiores valores de turbidez bem como os maiores custos com produtos químicos correspondem aos meses de outubro a abril, período chuvoso.

Ao analisar a Figura 2 confirma-se graficamente o comportamento sazonal do regime pluvial ao manancial, neste estudo foi escolhido o ano de 2013 por representar com fidelidade todo comportamento dos demais anos analisados. Verifica-se um comportamento similar entre o

percentual de custo dos produtos e a turbidez, o que confirma uma alta correlação ($r = 0.96$) com valores mais altos no período chuvoso e mais baixos no período de estiagem.

Tabela 1. Valores dos percentuais de custos de produtos químicos em relação aos custos totais (R\$)

Mês	Percentual dos custos de produtos químicos em relação aos custos totais (R\$) X turbidez média (uT)													
	2010		2011		2012		2013		2014		2015		2010-2015	
	% Custos P.Q.	Turb. uT	% Custos P.Q.	Turb. uT	% Custos P.Q.	Turb. uT	% Custos P.Q.	Turb. uT	% Custos P.Q.	Turb. uT	% Custos P.Q.	Turb. uT	% Custos P.Q.	Turb. uT
Jan	19%	69.92	21%	51.35	20%	52.27	18%	68.56	17%	46.74	12%	29.29	-35%	
Fev	14%	41.20	18%	83.34	21%	54.23	15%	38.79	20%	71.11	13%	45.02	-7%	
Mar	18%	59.05	19%	72.57	17%	52.57	19%	48.52	15%	47.63	12%	42.52	-30%	
Abr	11%	48.75	15%	46.17	13%	30.97	14%	38.32	12%	27.94	14%	58.20	21%	
Mai	5%	11.51	9%	10.13	7%	10.02	10%	13.45	8%	11.79	9%	21.37	77%	
Jun	5%	11.08	7%	6.06	6%	8.33	9%	14.63	6%	7.25	6%	9.04	25%	
Jul	6%	31.59	5%	4.67	7%	9.29	7%	5.60	4%	5.17	7%	15.81	10%	
Ago	6%	23.89	7%	5.23	7%	5.26	10%	5.18	5%	4.43	7%	13.34	6%	
Set	8%	13.18	8%	6.52	8%	4.82	8%	5.81	6%	4.90	7%	10.45	-12%	
Out	24%	47.00	16%	19.99	10%	6.45	9%	12.75	10%	19.23	9%	13.58	-63%	
Nov	22%	62.92	20%	47.75	15%	58.79	17%	48.39	9%	25.57	12%	41.34	-45%	
Dez	23%	66.86	20%	54.50	14%	58.11	20%	69.17	15%	71.51	11%	26.78	-53%	
Total Anual	13%		13%		12%		13%		10%		10%			
Máximo mensal	24%	69.92	21%	83.34	21%	58.79	20%	69.17	20%	71.51	14%	58.20	-41%	
Média mensal	13%	40.58	14%	34.02	12%	29.26	13%	30.76	11%	28.61	10%	27.23	-26%	
Mínimo mensal	5%	11.08	5%	4.67	6%	4.82	7%	5.18	4%	4.43	6%	9.04	25%	
Média 2010-2015	12%													
% entre Máx. e Mín.	381%		324%		225%		204%		445%		126%			
Correlação = r	0.87		0.87		0.90		0.96		0.93		0.94			

Fonte: Marques (2016)

Por meio da tabela 1 e a figura 2 pode-se verificar o comportamento da turbidez tanto sazonalmente quanto ao longo do período de análise dos dados, de 2010 a 2015. Apesar de verificar-se uma queda na disponibilidade hídrica desse manancial, não se verifica um comprometimento na qualidade da água ao longo dos anos. Os valores um pouco mais baixos para os anos de 2014 e 2015 podem estar mais associados a precipitações abaixo da média do que ações de degradação da bacia hidrográfica.

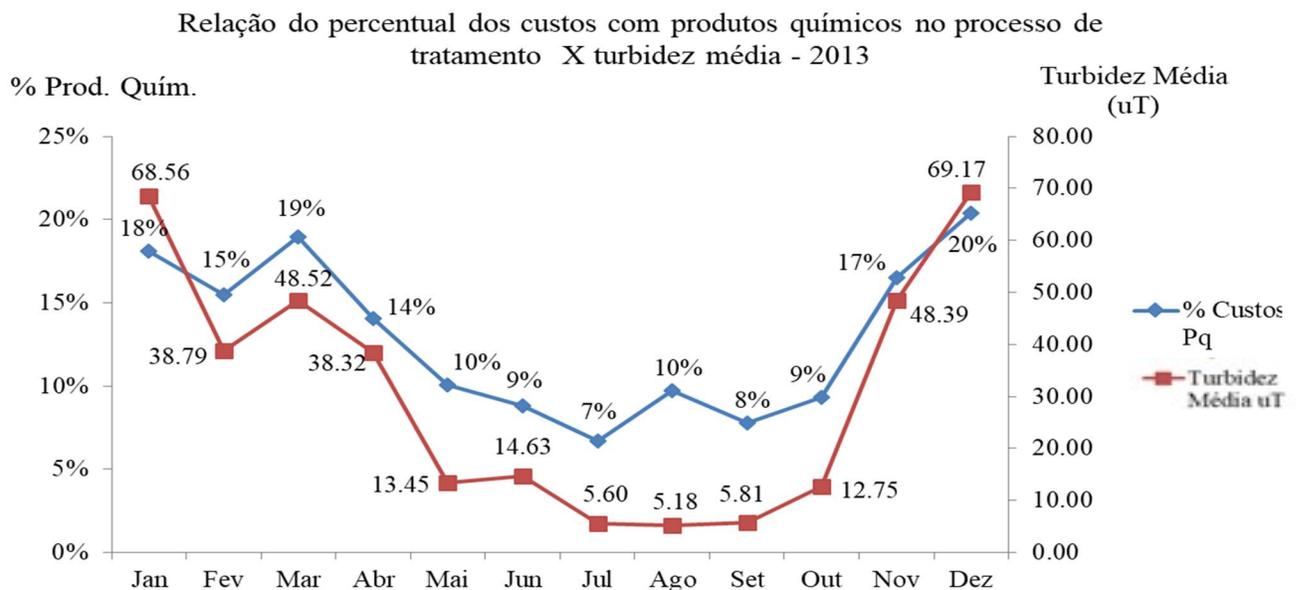


Figura 2. Percentual dos custos com produtos químicos no processo de tratamento x turbidez média – Demonstrando a influência da sazonalidade pluvial – ref. 2013. Fonte: Marques (2016).

Com os resultados apresentados pela tabela 1 e pela figura 2, acredita-se que seja aceitável o valor médio de 12% do custo total da água tratada para os produtos químicos no manancial do ribeirão Taquarussú.

Percentuais dos custos com produtos químicos em função da qualidade da água bruta para o reservatório da UHE "Luís Eduardo Magalhães" (turbidez média (uT))

Tendo em vista a forte relação da qualidade da água com os custos dos produtos químicos para clarificação da água, a concessionária promoveu estudos da água do reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães, única fonte alternativa com disponibilidade suficiente para atender à crescente demanda por água para abastecimento público. A partir desses estudos foi possível mensurar quanto os custos com produtos químicos oneraria os custos totais do processo de

produção de água tratada, por agregar outros tipos de produtos químicos para a nova tecnologia de tratamento da água captada do reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães.

A tabela 2 apresenta os custos dos produtos químicos em relação à turbidez média para o tratamento da água que seria captada do reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães.

Tabela 2. Percentual Anual da média dos custos de produtos químicos em relação turbidez média e comparativo de estudos dos custos com captação para o reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	MÉDIA (2010-2015)
Turbidez média (uT)	40.58	34.02	29.26	30.76	28.61	27.23	29.98
% Custos P.Q (Taquarussú)	13%	14%	12%	13%	11%	10%	12%
% Custos P.Q (Reservatório UHE LEM)	39%	42%	40%	40%	37%	33%	39%

Fonte: Marques (2016)

A figura 3 apresenta o percentual dos custos médio dos produtos químicos para tratamento da água caso fosse captada do reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães.

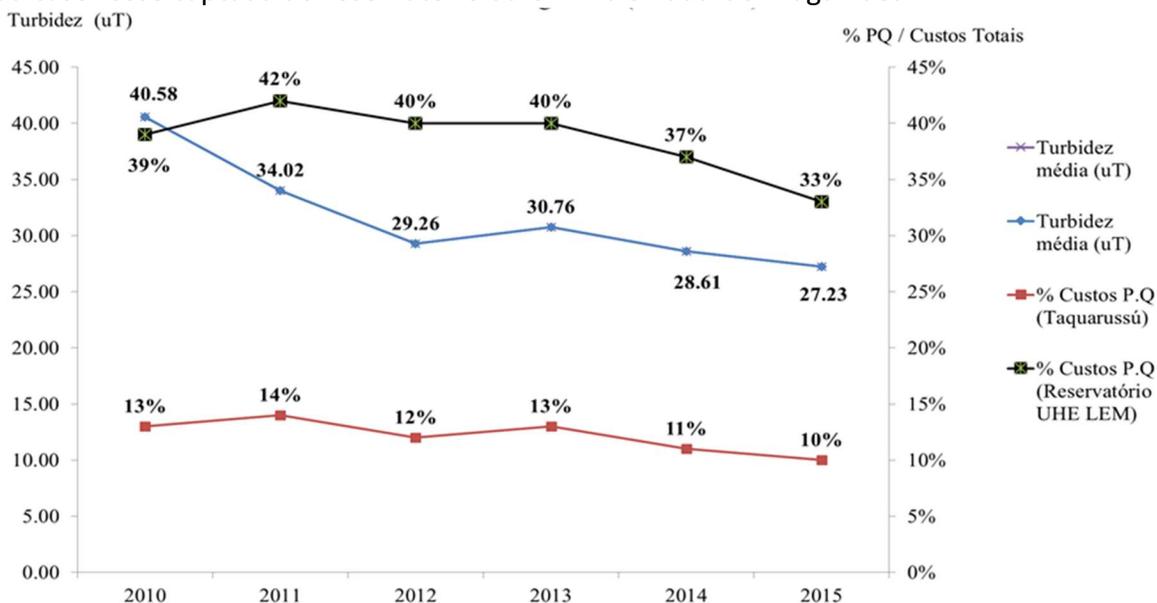


Figura 3. Percentual Anual dos custos médios de produtos químicos em relação turbidez média e comparativo de estudos dos custos com captação no reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães. Fonte: Marques (2016).

Como pode ser verificado na tabela 2 e na figura 3, os custos com produtos químicos para o tratamento da água do reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães passam a ser significativamente mais altos, entorno de 39% do custo total de produção da água tratada. Conforme Queiroz (2010), que apresentou a alternativa de dupla filtração para tratamento da água do reservatório, o que requer mais produtos químicos para alcançar os níveis de potabilidade exigidos pela portaria 2914/11 do MS Brasil ($< 0.5 \text{ uT}$), faz com que os custos finais de produção de água tratada sejam mais elevados.

Comparativo dos resultados para os dois mananciais

O custo médio de produtos químicos em relação aos custos totais com a captação da água diretamente do Ribeirão Taquarussú para uma turbidez media variando entre $4 < \text{uT} < 84$ é de 12% enquanto a média estimada a partir do estudo de Queiroz (2010) estabelece em 39% dos custos com produtos químicos em relação aos custos totais para captação no reservatório. Isso deve ser considerado pela concessionária para estabelecer a melhor estratégia para a captação de água no reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães.

Queiroz (2010) e Silva (2014) reconhecem que a dupla filtração, associado a pré-cloração é determinante para a oxidação da matéria orgânica e a filtração por carvão ativado granular por sua adsorção garantir excelentes resultados na remoção de turbidez, biomassa algal e matéria orgânica, e que foi possível verificar mesmo com a variação da composição físico-química, microbiológica e toxicológica nas águas dos estudos, apresentando efluentes abaixo de 0.3 uT .

Neto (2011), afirma que seria impossível atender a demanda de 100% da população urbana de Palmas, no horizonte de 20 anos pela vazão outorgada anual do ribeirão Taquarussú. Se for considerado as atuais taxas de crescimento populacional há necessidade urgente de buscar outras alternativas de abastecimento, como o reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães.

Cheisa (2016), em estudo sobre outorga pelo uso da água para a bacia do ribeirão Taquarussú também aponta que para um horizonte de 20 anos não haverá vazão outorgável nesse manancial para abastecimento público para a cidade de Palmas.

Como a variação da turbidez no período de estudo do Ribeirão Taquarussú se apresenta estável, significa que a maior atenção para a concessionária deve ser investimento na recuperação do potencial de produção de água da bacia hidrográfica, para minimizar a expressiva redução da disponibilidade hídrica e para evitar a captação diretamente do reservatório da UHE. A ETA em atividade é inadequada para o tratamento da água do reservatório UHE por ser de ciclo completo adiando maiores investimentos em tecnologias apropriadas para tratamento da água do reservatório.

Conclusões

Verificou-se neste trabalho que os custos com produtos químicos para produção de água tratada passam de 12% do custo total com o atual sistema de tratamento que capta do ribeirão Taquarussú, para 39% do custo total para a alternativa de captação mais viável, que é o reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães.

Os custos para o tratamento da água do reservatório são mais altos, uma vez que os custos de produtos químicos são mais altos para tratar a água e demanda outro tipo de tratamento, isso faz com que o poder público em conjunto com a concessionária de saneamento levem isso em consideração.

Mesmo em regiões em que aparentemente a disponibilidade hídrica é mais do que suficiente para atender os usos múltiplos da água podem ocorrer situações de escassez ou não atendimento a todos os usos. Como se pode verificar neste trabalho, o abastecimento de água da cidade Palmas concentrou-se em praticamente um manancial, o que pode aumentar o risco de não atendimento da população em médio e longo prazo.

Mesmo com medidas conservacionistas na bacia do ribeirão do Taquarussú que possam fazer com que a disponibilidade hídrica se recomponha a níveis de 10 anos atrás, haverá a necessidade de buscar novas alternativas de mananciais, nos próximos 10 anos, e a captação do reservatório será a mais viável, mesmo com custos mais altos.

Embora com custos elevados o tratamento da água do reservatório UHE Luís Eduardo Magalhães, a concessionária de água e esgoto, quanto o poder público municipal, deverão levar em consideração a médio e longo prazo, a construção de um novo sistema adequado, por não haver outra alternativa para suprimento do abastecimento da cidade de Palmas.

Este trabalho fez análise apenas dos custos dos produtos químicos do sistema operacional da ETA de ciclo completo, porém não foram aferidos os custos de implantação e/ou adaptação para o sistema adequado, para tratamento da água do reservatório UHE Luís Eduardo Magalhães.

Referências bibliográficas

- Alvim, L. O. A. (2007) Análise da produtividade dos pontos de expedição da usina arcelormittal aços longos-unidade Juiz de Fora. Tese de Doutorado. Universidade de Juiz de Fora.
- Chiesa, V. B. (2016) Aplicabilidade de modelos matemáticos na análise de processos de outorga: o caso da bacia do Ribeirão Taquaruçu. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Tocantins. Palmas, p. 139.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2014). Acessado em 25 de maio de 2016. Disponível em: <http://conexaoto.com.br/2014/08/28/segundo-ibge-palmas-e-a-capital-com-maior-crescimento-geometrico-brasil-bate-202-milhoes-de-habitantes>

- Investico S.A. (2005) Atualização do Zoneamento da Faixa de Proteção do Reservatório da UHE Luiz Eduardo Magalhaes, Relatório Projeto executivo, p. 2
- Nascimento, C. M. da S. A., EL-DEIR, S. G. (2013) Alternatives Reuse for Waste of Treatment Plants Water and Sewage: The Brazilian Situation. Artigo (disciplina Gestão Ambiental do Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental da UFRPE. *4^o International Workshop Advances in Cleaner Production*, São Paulo. p.19.
- Neto, A.R. da S. (2011) Cenário de abastecimento futuro de Palmas –To com base na simulação da disponibilidade hídrica do ribeirão Taquarussú Grande. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 44-49.
- Odebrecht Ambiental Saneatins (2015) Relatório Operacional do Sistema de Abastecimento de água de Palmas, Gerencia de Desenvolvimento Operacional. Palmas, (2010-2015), Companhia De Saneamento do Tocantins/Odebrecht Ambiental.
- Oliveira, L. C. K. (2003) Papel do Monitoramento e da Previsão de Vazões no Gerenciamento de Bacias Hidrográficas. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 177 pp.
- Queiroz S. C. B. (2010) Utilização da dupla filtração, oxidação e adsorção com carvão ativado pulverizado no tratamento de água eutrofizada. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). IPH - Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 81.
- Reis L. V. de S. (2004) Cobertura Florestal e Custo do Tratamento de Águas em Bacias Hidrográficas de Abastecimento Público: Caso do Manancial do Município de Piracicaba, Piracicaba. 195-197.
- Reis L. V. de S. (2004) Cobertura Florestal e Custo do Tratamento de Águas em Bacias Hidrográficas de Abastecimento Público: o Caso do Manancial do Município de Piracicaba. Tese (Doutorado em Recursos Florestais, com Opção em Conservação de Ecossistemas Florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. Piracicaba. p.195-197.
- Silva J. R. L. da. (2014) Cianobactérias e Cianotoxinas no Reservatório da UHE Lajedo, Palmas – To – Fatores Confiionantes ao Surgimento de Floração e Avaliação da Remoção por Meio de uma Instalação Piloto de Dupla filtração. Tese (Doutor em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Autarquia associada à Universidade de São Paulo. p. 215.