



## DIAGNÓSTICO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA CONVENCIONAL: ANÁLISE QUALITATIVA DA CAPACIDADE DE TRATAMENTO DE ÁGUA E READEQUAÇÃO EM FILTRO DE BAIXA TAXA DE FILTRAÇÃO

Anne Louise de Melo DORES<sup>1</sup>, Allan Thiago de OLIVEIRA<sup>2</sup>, Felipe Corrêa Veloso dos SANTOS<sup>3</sup>

1. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 1ª Avenida, Setor Leste Universitário, Goiânia - GO, [annelouisedemelo@gmail.com](mailto:annelouisedemelo@gmail.com)
2. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 1ª Avenida, Setor Leste Universitário, Goiânia - GO, [allanoliveira.engcivil@gmail.com](mailto:allanoliveira.engcivil@gmail.com)
3. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 1ª Avenida, Setor Leste Universitário, Goiânia - GO, [felipecvssantos@hotmail.com](mailto:felipecvssantos@hotmail.com)

### RESUMO

Apresenta-se uma metodologia de análise e proposta de consequente necessidade, ou não, de readequação de três dos componentes de uma Estação de Tratamento de Água do tipo Convencional - Filtro, Flocculador, e Decantador, a fim de aumentar a capacidade da ETA e atender os parâmetro de Índice de Qualidade da Água preconizado na Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde (Portaria MS nº 2.914/2011). Toma-se como caso de estudo a Estação de Tratamento de Água da cidade de Nova Crixás, no interior do estado de Goiás, Brasil, analisada no último semestre do ano de 2018, onde, a expansão e concomitante crescimento populacional da cidade, resultou no comprometimento dos componentes de tratamento citados acima, tornando-os possíveis focos de contaminação da água, e no caso do Filtro empregado nas instalações da estação de tratamento, resultou na ineficiência do mesmo. Para a realização da análise de eficiência do sistema como um todo, fez-se uso da MAPOTECA da companhia de Saneamento do estado de Goiás, SANEAGO, que consiste em projetos e memoriais de cálculo da ETA de Nova Crixás, para verificação dos parâmetros de projeto (medidas e especificações) a serem calculados e analisados, e o uso do Sistema Operacional de dados laboratoriais para parametrização do IQA – Índice de Qualidade da Água. Após levantamento das medidas referentes aos Filtros, Flocculadores e Decantadores via projeto, para exata noção de realidade das instalações analisadas, e realização dos cálculos pertinentes ao estudo, seguindo os parâmetros expostos pela ABNT NBR 12216 e SECKLER em Tratamento de Água - Concepção, Projeto e Operação de Estações de Tratamento, sintetiza-se que a ETA pode operar dentro dos parâmetros normativos, porém no limite de operação de sua capacidade, pelo fato da Capacidade de Tratamento estar relacionada diretamente à Capacidade de Tratamento do Decantador – in loco em seu limite operacional, e da forte influência da taxa de filtração do Filtro no Índice de Qualidade da Água (IQA).

**Palavras-Chave:** saúde; qualidade da água; eficiência do sistema; parametrização; ampliação do sistema.

### 1. INTRODUÇÃO

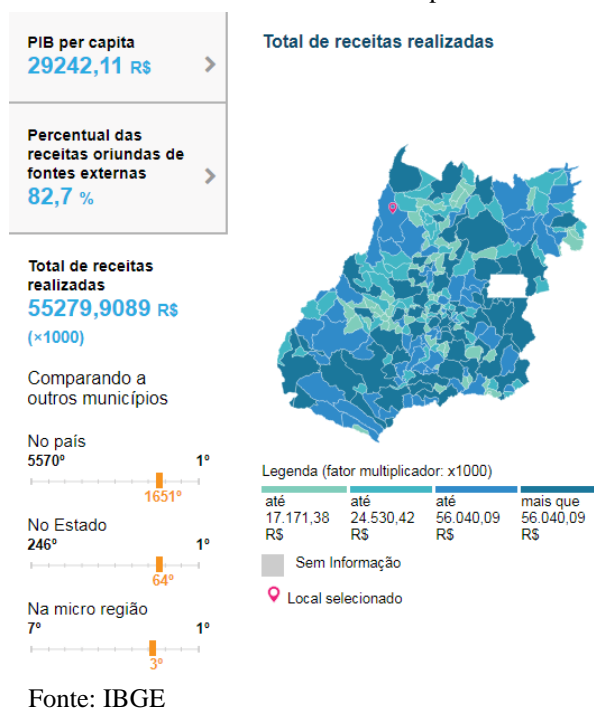
A cidade de Nova Crixás, assim como diversas cidades do interior do estado de Goiás, vêm passando por um processo de crescimento populacional exponencial nas últimas décadas, afetando diretamente o arranjo sanitário da cidade, principalmente em relação ao Abastecimento de Água. Esse crescimento é devido ao fluxo migratório de pessoas incentivado diretamente pela construção da rodovia GO-164 e pela intensa atividade agropecuária na região (IBGE, 2017), que coloca a cidade em primeiro lugar nos destaques nacionais, possuindo o maior rebanho bovino do estado de Goiás com um efetivo de 12 mil cabeças de gado (IMB, 2016).

Esse crescimento acarreta na necessidade de ampliação dos componentes de Tratamento de Água, como apresentado nesta publicação, caracterizada através da análise de capacidade de tratamento e sua conformidade com os parâmetros normativos. O objetivo principal a priori da proposta de melhorias, é avaliar as condições de operação da ETA, para quando, em situação de não conformidade com os parâmetros de qualidade determinados

# 

pelo Ministério da Saúde e pelas normas ABNT, propor a readequação dos componentes do processo de tratamento de água.

Figura 1 – Total de Receitas Realizadas no Município de Nova Crixás em 2017.



## 2. ENQUADRAMENTO

### 2.1. IQA

Importante parâmetro qualitativo de eficiência de Estação de Tratamento de água, o IQA – Índice de Qualidade da Água para a cidade de Nova Crixás, corresponde de forma satisfatória a um índice de 97,04%. Porém, ressalta-se que algumas análises encontraram-se fora do padrão. Respectivamente, a percentagem para cada análise não conforme obtidos através do Sistema Operacional LQA083, da SANEAGO, conforme dados do Quadro 1:

Quadro 1 – Resumo de Irregularidades Detectadas no IQA.

SISTEMAS	ETA										TOTAL
	5- TURB	6- COR	7- PH	4- F	3- CL	11- FE	12- AL	28- MN	20- CT	21- EC	
% Não Conforme	2,380	1,785	0,000	2,976	1,785	0,000	5,000	0,000	0,595	0,000	1,384
SISTEMAS	REDE										TOTAL
	5- TURB	6- COR	7- PH	4- F	3- CL	11- FE	12- AL	28- MN	20- CT	21- EC	
% Não Conforme	3,389	3,428	0,000	0,000	3,389	0,000	0,000	4,000	0,564	0,000	2,056

Fonte: OP LQA083, (2018).

### 2.2. Capacidade de Tratamento da Instalação – Vazão (Q)

Por meio do OP030, sistema operacional da companhia de saneamento, foram obtidas as vazões mensais de água produzida na ETA, a fim de determinar as capacidades máxima e média de tratamento, conforme dados do Quadro 2. Assim, as vazões de projeto, são: vazão média de 24 L/s e máxima de 31 L/s.

Quadro 2 – Volume de Água Produzido e Tempo de Operação nos últimos 12 meses.

NOVA CRIXAS							
MÊS/ANO	07/2017	08/2017	09/2017	10/2017	11/2017	12/2017	-
Vazão (m³/mês)	52930,00	62490	55280	37774	35910	37677	-
tempo (Horas/mês)	480,34	488,17	578,56	694,55	487,45	434,27	-
Vazão (L/s)	31	31	18	14	20	24	-

MÊS/ANO	01/2018	02/2018	03/2018	04/2018	05/2018	06/2018	07/2018
Vazão (m³/mês)	38210	39720,14	49270	47370	49802	40200	42310
tempo (Horas/mês)	489,38	415,16	446,04	475,54	591	528,11	567,57
Vazão (L/s)	22	27	31	28	23	21	21

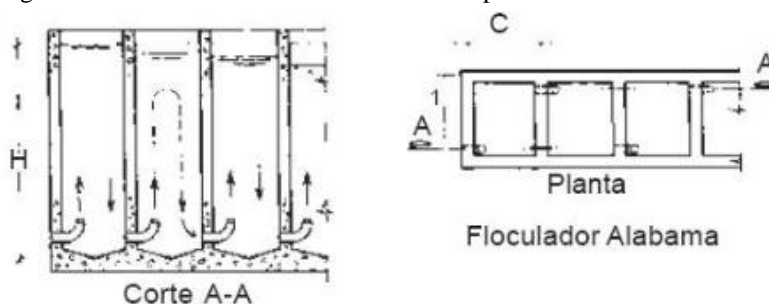
Vazão média (L/s) =	24	Vazão máxima (L/s) =	31
---------------------	----	----------------------	----

Fonte: OP 030, (2018).

### 2.3. Avaliação do Floculador

De acordo com a ABNT NBR 12216 de 1992 referente à elaboração de Projetos de Estação de Tratamento de Água para Abastecimento Público, Floculadores são “unidades utilizadas para promover a agregação de partículas formadas na mistura rápida”, podendo estes ser do tipo mecânico ou hidráulico. Tem-se em operação na ETA de Nova Crixás, dois Floculadores Hidráulicos do tipo Alabama conforme “esquema tipo” da Figura 2.

Figura 2 - Corte: Floculador Hidráulico do Tipo Alabama.



Fonte: Casanova (2009).

#### 2.3.1. Tempo de Detenção

A capacidade do floculador é determinada pelo parâmetro de Tempo de Detenção da unidade floculadora. Segundo o parâmetro da norma ABNT NBR 12216, um Floculador Hidráulico do tipo Alabama opera de forma satisfatória para limites de Tempo de Detenção compreendidos entre:

$$20 \text{ minutos} \leq T_{\text{detenção}} \leq 30 \text{ minutos}$$

Para determinação da capacidade instalada do floculador, utiliza-se a vazão máxima filtrada de 31 L/s como o pior caso, ou seja, com o maior volume de água que é tratado pela unidade. De acordo com Azevedo Netto em Manual de Hidráulica, o tempo de detenção hidráulica é expressa por:

$$t = \frac{V}{Q}$$

[Eq.1]

Onde:



# 14. SILUSBA

T = tempo de detenção hidráulica;

V = volume de água em m<sup>3</sup>;

Q = vazão máxima tratada pelo filtro em m<sup>3</sup>/s.

Para os valores correspondentes de:

### 2.3.1.1. Área Superficial

$$As = b \times l \quad [\text{Eq. 2}]$$

b = base do floculador

l = largura do floculador

Com os valores de referência retirados do projeto, correspondentes à:

$$As = (1,25 \times 2) \times 8,05$$

$$As = 20,125m^2$$

### 2.3.1.2. Volume

$$V = As \times h \quad [\text{Eq. 3}]$$

V = volume em m<sup>3</sup>;

As = área superficial em m<sup>2</sup>;

h = Profundidade do floculador em m.

$$V = 20,125 \times 2,85$$

$$V = 57,35m^3$$

### 2.3.1.3. Vazão Q

Para o cálculo da equação de Tempo de Detenção [Eq.1], a unidade de Vazão expressa em m<sup>3</sup>/s, portanto:

$$Q = 31 \times 10^{-3} m^3/s \quad [\text{Eq.4}]$$

$$Q = 0,031m^3/s$$

Na Equação. 1:

$$t = \frac{57,35}{0,031}$$

$$t = 1850 \text{segundos}$$



# 14.º SILUSBA

Para o valor em minutos:

$$t = \frac{1850}{60 \text{ min}} \quad [\text{Eq. 5}]$$

$$t \cong 31 \text{ min}$$

## 2.4. Avaliação do Decantador

A Taxa de Escoamento Superficial (velocidade em que se processa a sedimentação), foi adotada como fator de caracterização da eficiência de tratamento do Decantador, (Azevedo Netto, Manual de Hidráulica, 8 Ed.). A ABNT NBR 12216, no subitem 5.10.3 preconiza que esta taxa de escoamento superficial é expressa pela relação entre a vazão de tratamento e a área superficial da unidade de decantação:

$$\frac{Q}{A_s} \quad [\text{Eq. 6}]$$

Onde:

Q = vazão máxima em m<sup>3</sup>/dia

A<sub>s</sub> = área superficial do decantador em m<sup>2</sup>.

É necessário serem feitas as seguintes considerações:

### 2.4.1. Vazão Q (m<sup>3</sup>/dia)

Com base no Quadro 2, para valor de vazão máximo da ETA como 31 L/s, é necessário a transformação para m<sup>3</sup>/dia, através da média do tempo de operação em horas/dia:

$$M = 488,17 \text{ h} / \text{mês} \quad [\text{Eq. 7}]$$

$$M = 16,27 \text{ h} / \text{dia} \quad [\text{Eq. 8}]$$

A vazão em m<sup>3</sup>/dia corresponde a:

$$Q(\text{m}^3 / \text{dia}) = M \times 3600 \times 31 \times 10^{-3} \quad [\text{Eq. 9}]$$

$$Q(\text{m}^3 / \text{dia}) = 1815,73$$

Não sendo possível proceder à ensaios laboratoriais, a Norma prevê que a Taxa de Escoamento Superficial deve ser determinado conforme a capacidade da Estação de Tratamento. Para ETA's com capacidade compreendida

entre 1.000 e 10.000 m<sup>3</sup>/dia, para que seja possível garantir bom controle operacional, a taxa de escoamento superficial deve ser de 25m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>.dia). Aplicando a relação da [Eq. 6] para a [Eq. 10]:

$$\frac{Q}{As} = \frac{1815,73}{2 \times 3,9 \times 11} \quad [\text{Eq. 10}]$$

$$\frac{Q}{As} = 21,16 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{dia})$$

## 2.5. Avaliação do Filtro Lento e Remodelação para Filtro Rápido

Os Filtros são componentes da ETA – Estação de Tratamento de Água, que têm função de reter as partículas no interior da matriz filtrante por forças de adesão e retenção mecânica, possuindo grande capacidade de retenção de partículas.

Na ETA de Nova Crixás, as unidades filtrantes instaladas constituem-se de Filtro Simples com uma camada de areia, de lenta filtração. De acordo com a literatura, o Filtro Lento opera de forma satisfatória com uma Taxa de Filtração na faixa de 2 a 6 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>.dia), (SECKLER, Sidney; Tratamento de Água – Concepção, Projeto e Operação de Estações de Tratamento, p. 205).

Entretanto, a taxa de filtração calculada a seguir, mostra que nas condições atuais o Filtro encontra-se sobrecarregado e, portanto, pode não conseguir atingir os padrões de potabilidade preconizado pelo Ministério da Saúde.

$$q = \frac{Q}{A} \quad [\text{Eq. 11}]$$

$$q = \frac{31 \times 86,4}{8,04}$$

$$q = 333,13 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{dia})$$

Desta forma, mantendo as mesmas dimensões do Filtro em projeto e a mesma vazão encaminhada, propõe-se que os Filtros de Lenta Filtração passem a ser do tipo Filtro Rápido ou de Alta Taxa, com camada dupla de Areia + Antracito. A taxa de Filtração continua a mesma da calculada anteriormente, porém, considerando o limite de filtração preconizado pela ABBNT NBR 12216 para filtros de camada dupla como 360 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>.dia), a sobrecarga do filtro é aliviada consideravelmente e a água tratada nos filtros consegue atender ao padrão de potabilidade para consumo humano.

Seguindo as determinações da NBR 12216 para filtros de alta taxa de fluxo ascendente, as camadas de areia e antracito a serem implementadas nos filtros existentes, terão espessura de 0,40 (divididos em 0,20 m de areia fina e 0,20 m de areia grossa) e 0,50 m, respectivamente.

O volume de materiais necessário para a remodelação dos filtros estão calculados a seguir:

### 2.5.1. Areia Grossa

$$V = A_{\text{base}} \times \text{Espessura} \quad [\text{Eq. 12}]$$

$$V = 8,04 \times 0,20 = 1,61 \text{ m}^3$$



# 14.º SILUSBA

Para os cinco Filtros in loco, serão necessários:

$$V = 1,61 \times 5 = 8,05m^3$$

Especificação: a areia a ser utilizada terá granulometria entre 0,7 mm e 0,8 mm.

## 2.5.2. Areia Fina

$$V = Abase \times Espessura \quad [Eq.12]$$

$$V = 8,04 \times 0,20 = 1,61m^2$$

Para os cinco Filtros in loco, serão necessários:

$$V = 1,61 \times 5 = 8,05m^3$$

Especificação: a areia a ser utilizada terá granulometria entre 0,5 mm e 0,8 mm.

Antracito

$$V = Abase \times Espessura \quad [Eq.12]$$

$$V = 8,04 \times 0,50 = 4,02m^2$$

Para os cinco Filtros in loco, serão necessários:

$$V = 4,02 \times 5 = 20,01m^3$$

Considerando a massa Específica do Antracito igual a 1400 kg/m<sup>3</sup>, temos:

$$d = \frac{m}{v} \quad [Eq. 13]$$

$$m = 1,1 \times 20,1$$

$$m = 22,1toneladas = 22110kg$$

Quantidade de sacos de 25 kgs de antracito necessários para a remodelação dos Filtros:

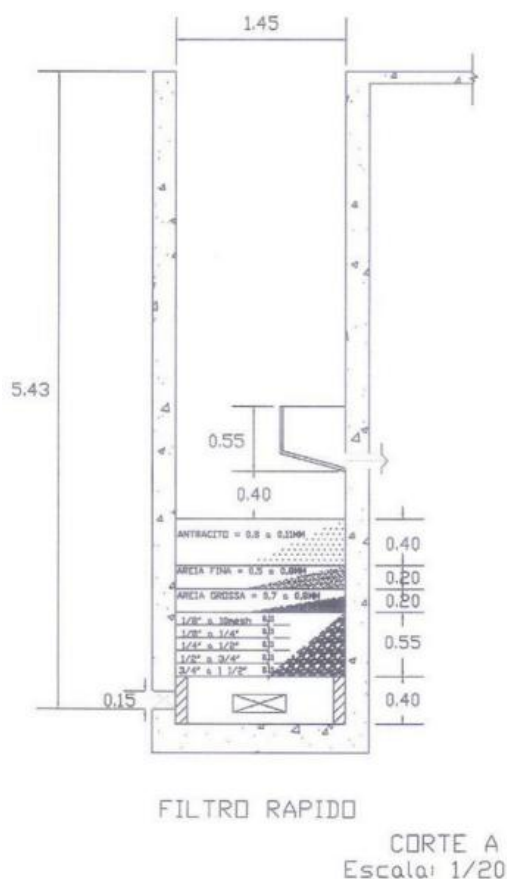
$$sacos = \frac{22110}{25} \quad [Eq. 14]$$

$$sacos \cong 885$$

# 14.ª SILUSBA

Para atender a NBR 12216/99, a camada de leito filtrante mais a camada de apoio, devem necessariamente estar no mínimo 40 cm abaixo da calha tipo cachimbo, atendendo aos 30% de expansão da camada, previsto pela norma. Os filtros passam a ter capacidade de 33 L/s.

Figura 3 - Subdivisão conceitual do Filtro Rápido – Projeto de Remodulação.



Fonte: Autor, 2018.

## 2.6 Discussões

Com as condições de operação da Estação de Tratamento de Água de Nova Crixás apresentadas acima entende-se que, devido ao desenvolvimento e crescimento populacional das cidades brasileiras, a realização do diagnóstico das atividades operacionais e técnicas são de exímia importância para a melhoria do sistema de tratamento e da qualidade no fornecimento de Água Potável, e consequente adaptação das unidades componentes das ETA's. Os responsáveis pela operação do sistema, no caso a Companhia de Tratamento do estado, Saneago, tem a responsabilidade de exercer todas as funções em quesito de comunicação de inconformidades à Secretaria Municipal de Saúde e promover as mudanças necessárias para garantir boa qualidade de água, (Estado de Goiás, M. P., 2016).

Faz-se referência especialmente ao Quadro 1, que apresentou inconformidade nas amostras de Índice de Qualidade da Água, em justaposição com o diagnóstico de eficiência das unidades de filtração, pois estes valores são correlacionados em causa e efeito, onde uma baixa taxa de filtração acarreta em perda de qualidade da água, tornando a unidade filtrante um possível foco de contaminação do sistema.

O aumento da capacidade das unidades de filtração para 33 L/s devido à remodulação em Filtro Rápido – ou de Alta Taxa de Filtração, garante a eficiência do sistema de tratamento dentro dos limites teóricos e normativos





presentes em literatura, mas ainda sim, caso não haja ampliações futuras da capacidade global da ETA, o sistema continuará em deficiência de acordo com os parâmetros previstos na Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde (Portaria MS nº 2.914/2011), por apresentar in loco, capacidade operacional limite à sua capacidade de tratamento.

### 3. CONCLUSÕES

É necessário aplicação de filtro de Alta taxa a fim de atender os parâmetros de Índice de Qualidade da Água aceitáveis para água potável destinada ao consumo humano.

Esta medida deve ser conjunta com a ampliação da Estação de Tratamento de Água, pois a mesma opera atualmente na capacidade limite de operação.

### AGRADECIMENTOS

O diagnóstico apresentado foi realizado no âmbito da Gerência de Desenvolvimento Técnico Operacional (P-GDT) da companhia de saneamento do estado de Goiás, Saneago, de onde foram consultados mapas e dados técnicos essenciais para o desenvolvimento da pesquisa e aplicação de melhoria na qualidade de vida da sociedade goiana.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Sidney Seckler F. Fiho (2017). Tratamento de Água – Concepção, Projeto e Operação de Estações de Tratamento (1. Ed.). Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

Sergio B. Abreu (2009) Comportamento de Filtros Rápidos de Camada Profunda no Tratamento de Águas de Abastecimento Mediante o Emprego de Polímeros como Auxiliares de Filtração. 2009. 317f. Tese de Doutorado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

Azevedo Netto, Fernández, M. F., Araujo, R., Ito, A. E. Manual de Hidráulica (8. Ed.). Blucher: Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12216*: Projeto de Estação de Tratamento de Água Para Abastecimento Público. Abril, 1992.

Portaria do Ministério do Estado da Saúde (2011). Portaria nº 2.914/2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Gabinete do Ministro, 2011.

Ministério Público do Estado de Goiás (2016). Parecer Técnico Pericial Ambiental N° 090/2016: Análise da Qualidade da Água de Abastecimento Público da cidade de Águas Lindas de Goiás. Comarca de Águas Lindas de Goiás, 2016.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017) . Catálogo Online do Município de Nova Crixás, *ID 3127*. Abril, 2017.

IMB, Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos (2016) . “*Goiás se mantém em 3º lugar no ranking nacional de efetivos de bovinos em 2015*”. Outubro, 2016.

Casanova, Javier M., Breytmann Matthias S., Wulf, Matías R (2009). “TRABAJO DE INVESTIGACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS Y AGUA POTABLE PARA RAHUE BAJO OSORNO”. Universidad Tecnica Federico Santa Maria, Valparaiso, Chile.