

I-98 – SISTEMA DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA PRODUÇÃO DE ÁGUA

Nilson José Ferreira⁽¹⁾

Técnico químico pela Escola Padre Augusto Horta-Paraopeba-MG. Biólogo pela Universidade Estadual de Montes Claros-Unimontes. Pós graduação em Engenharia Sanitária pela PUC Minas. Técnico Máster em água na Companhia de Saneamento de Minas Gerais.

Ygor Henrique Dias Ferreira⁽²⁾

Engenharia Civil pela Fundação Educacional Monsenhor Messias-Sete Lagoas. Pós graduação em Engenharia Sanitária pela PUC Minas. Mestrando em saneamento, meio ambiente e recursos hídricos – UFMG. Área de concentração saneamento.

Endereço⁽¹⁾: Rua Santa Cecília, 9 – B. São Vicente – Sete Lagoas- MG - CEP: 35701-071 - Brasil - Tel: (31) 99538-0941 - e-mail: nilson.ferreira@copasa.com.br

RESUMO

Os sistemas de tratamento de águas superficiais contam com recursos que possibilitam a operação das estações de tratamento de água (ETA) com alguma segurança, referente à qualidade da água produzida. No processo de tratamento, a água bruta e água tratada são monitoradas constantemente, verificando as impurezas presentes no início e no final do processo, buscando atender ao padrão de potabilidade estabelecido pela legislação. Não obstante a tecnologia disponível e o domínio da técnica por profissionais capacitados, observa-se a necessidade de mais ferramentas que ajudem a identificar deficiências no processo de produção de água, que por vezes impedem a manutenção da qualidade constante, levando a oscilações indesejadas no cumprimento da legislação de potabilidade.

A proposta deste trabalho é apresentar uma ferramenta de gerenciamento do processo de tratamento de água, por meio de indicadores que identificam possíveis deficiências nas várias fases da operação e propõe ações para correção. O IQPA, indicador principal é composto pelos subindicadores IDH – Índice de Desempenho Hidráulico, IQAB – Índice de Qualidade da Água Bruta e IQT – Índice de Qualidade da Água Tratada. A análise do resultado do indicador principal e de cada um dos demais subindicadores permite identificar pontos de atenção no processo, que podem interferir na obtenção dos objetivos propostos.

PALAVRAS-CHAVE: Avaliação da qualidade, indicadores, produção de água, subindicadores.

INTRODUÇÃO

As águas naturais podem conter organismos, substâncias, compostos e elementos prejudiciais à saúde, devendo ter seu número ou concentração reduzidos (ou eliminados) para o abastecimento público (DI BERNARDO, 1993). Para manter a qualidade da água tratada, uma estação de tratamento de água requer estrutura física bem dimensionada, com escolha criteriosa também dos produtos químicos utilizados (CONSTANTINO, 2009). Os projetos de estações de tratamento de água são referenciados pela norma ABNT NBR 12216-1992, que estabelece os parâmetros hidráulicos recomendados para as unidades de tratamento. Desta forma, no processo de produção de água para consumo humano, todos estes critérios em conjunto, considerando também a qualidade da mão-de-obra operacional são fundamentais para a obtenção de água tratada com qualidade satisfatória. Neste contexto, é importante que se tenha o controle da qualidade do processo em todas as suas etapas.

A operação de ETA, com as técnicas padronizadas de tratamento de água permitem a obtenção de qualidade de água satisfatória, desde que não haja deficiências nas várias etapas, principalmente nos processos unitários. Para que a operação tenha o êxito esperado, as unidades das estações de tratamento devem ser dimensionadas e operadas corretamente, contando com a dedicação do pessoal operacional. Deve-se levar em conta também a qualidade da água bruta, que pode dificultar a obtenção de qualidade de água tratada, por conter impurezas de difícil remoção, mesmo com todas as condições favoráveis.

A proposta de avaliação da qualidade da produção de água visa auxiliar no processo de purificação da água, identificando, por meio de indicadores de qualidade da água bruta, desempenho hidráulico das unidades da ETA e também da qualidade da água tratada, onde poderão ser identificados prontamente os pontos de atenção do processo e as ações necessárias para a obtenção do resultado esperado.

MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema de avaliação da qualidade da produção é composto por subindicadores correlatos aos processos de produção de água que, uma vez obtidos e associados comporão o Índice de Qualidade da Produção de Água – IQPA.

1. Subindicadores:

1.1. IDH – Índice de Desempenho hidráulico

O IDH, assim como os demais subindicadores será calculado utilizando-se os procedimentos matemáticos (Produtório), a partir dos coeficientes q e W apresentados na tabela 1. Assim como nos demais, o IDH final será um número cujo valor variará de 0 (zero) a 100 (cem).

Serão adotados os parâmetros hidráulicos das unidades da ETA a saber:

1.1.1. Floculador:

- fator de utilização relacionado ao tempo de detenção;
- gradiente médio de velocidade (s^{-1});
- gradiente médio de velocidade nas passagens (s^{-1}), nos casos em que se apliquem.

1.1.2. Decantador

- fator de utilização relacionado à velocidade de sedimentação (V_s)

1.1.3. Filtros

- fator de utilização relacionado à taxa de operação ($m^3/m^2.dia$);
- velocidade ascensional de lavagem ($cm/min.$)

Em todos os casos, o fator de utilização é a razão porcentual da taxa de utilização. A taxa de utilização, por sua vez é calculada a partir do resultado hidráulico de cada parâmetro, comparado com os parâmetros estabelecidos pela ABNT NBR 12216-1992, referência para projetos de estações de tratamento de água.

Tabela 1: Valores de q e W para cálculo do IDH

IDH						
Parâmetro	Coef. W	Valores de q				
Gradiente médio de velocidade floculador (Gf)	0,2	entre 35 e 48	entre 49 e 55	maior que 55	entre 20 e 34	menor que 20
		100	60	15	60	15
Gradiente médio na passagem (Gp)	0,1	menor que 35	entre 35 e 40	entre 41 e 50	> 50	
		100	60	15	1	
Tempo de detenção floculador ($T_{real}/T_{teórico}$)	0,15	$\leq 1,0$	entre 1,1 e 1,4	entre 0,7 e 0,9	>1,4	< 0,7
		100	80	80	10	2
Velocidade de sedimentação decantador ($V_{s_{real}}/V_{s_{teórico}}$)	0,27	$\leq 1,0$	entre 1,01 e 1,2	entre 1,21 e 1,4	>1,4	
		100	60	15	1	
Taxa utiliz. de filtração ($Tx_{real}/Tx_{teórico}$)	0,18	$\leq 1,0$	entre 1,01 e 1,2	entre 1,21 e 1,4	>1,4	
		100	80	60	10	
Velocidade ascensional de lavagem (Vasc em cm/min.)	0,1	entre 60 e 99	entre 50 e 59	< 50	entre 100 e 120	>120
		100	60	10	80	10

Obtenção dos dados de parâmetros hidráulicos de ETAs - IDH:

Algumas empresas de saneamento possuem módulos de cadastro de unidades das ETAs, onde pode ser feito o registro das dimensões das unidades. Uma vez lançados os dados medidos, os parâmetros hidráulicos são calculados pelo programa. Na falta de um programa como o referido, pode-se criar uma planilha eletrônica, que permite calcular os parâmetros hidráulicos das diversas unidades de uma ETA.

1.2. IQAB – Índice de Qualidade de Água Bruta

O IQAB será obtido pelo produtório dos seguintes parâmetros de qualidade de água bruta a partir dos coeficientes q e W apresentados na tabela 2:

Tabela 2: Valores de q e W para cálculo do IQAB

IQAB					
Parâmetro	Coef. W	Valores de q			
Cor real (uH)	0,2	< 40	entre 40 e 100	entre 101 e 200	> 200
		100	60	15	1
Turbidez (ntu)	0,1	< 500	entre 500 e 2000	entre 2001 e 4000	> 4000
		100	80	60	15
pH	0,1	6 a 8	4,5 a 6	< 4,5	> 8
		100	60	1	15
Ferro total (mg/l)	0,1	< 2	entre 2 e 10	entre 10,1 e 20	> 20
		100	60	15	1
Mangans total (mg/l)	0,1	< 0,5	entre 0,5 e 1,5	entre 1,51 e 2,0	> 2,0
		100	80	60	1
Fitoplâncton (Nº células/ml)	0,2	< 10 ⁴	entre 10 ⁴ e 10 ⁵	> 10 ⁵	
		100	30	1	
Consumo oxidante (mg/l)	0,2	< 0,1	entre 0,1 e 2,0	entre 2,1 e 8,0	> 8
		100	80	15	0,1

Obtenção dos dados de qualidade de água bruta – IQAB

As empresas possuem bancos de dados informatizados, com as informações referentes à qualidade de água bruta, bastando selecionar os parâmetros de interesse e o seu resultado analítico.

Nota: Apesar de compor o IQAB, o consumo de oxidante é um parâmetro operacional, não disponível no banco de informações de água bruta e deve ser obtido do módulo de Controle Operacional da ETA, normalmente localizado em outro banco de dados.

1.3. IQT - Índice de Qualidade de Água Tratada

Em alguns casos, o IQT é calculado por algum programa, por meio de uma tabela com os parâmetros de interesse na água tratada. Este trabalho propõe os parâmetros apresentados na tabela 3:

Tabela 3: Valores de q e W para cálculo do IQT

IQT						
Parâmetro	Coef. W	Valores de q				
Turbidez	0,27	≤ 0,50	0,51 a 1,0	1,1 a 3,0	3,1 a 5,0	> 5,0
		100	60	5	3	0,293
Cloro	0,27	< 0,2	0,20 a 0,8	0,81 a 2,0	2,1 a 2,5	> 2,5
		0,846	85	100	85	0,846
Cor aparente	0,21	≤ 5,0	5,1 a 10	10,1 a 15	> 15	
		100	55	15	0,141	
Flúor	0,10	< 0,5	0,5 a 0,64	0,65 a 0,85	0,86 a 1,2	> 1,2
		0,0008	60	100	60	0,0008
pH	0,15	< 6,0	6,0 a 6,4	6,5 a 8,5	8,6 a 9,5	> 9,5
		0,031	80	100	80	0,031

Composição do Índice de Qualidade da Produção e Água – IQPA

Para a obtenção do IQPA, foram estabelecidos pesos para os subindicadores acima, conforme tabela 4:

Tabela 4: Subindicadores e pesos relativos

Subindicador	IQT	IDH	IQAB
Pesos relativos	0,4	0,4	0,2

Assim, o resultado do IQPA será a soma dos subindicadores, cujos valores apurados foram multiplicados pelo seu respectivo peso.

Fórmula para cálculo do IQPA:

$$IQPA = IQT \times 0,4 + IDH \times 0,4 + IQAB \times 0,2$$

Interpretação do resultado

O IQPA calculado pode indicar se há ou não problema na ETA, mas a sua análise, em conjunto com os resultados dos subindicadores é que possibilita a identificação das possíveis deficiências no processo de tratamento de água. Assim, de acordo com cada subindicador, será possível detectar o ponto de vulnerabilidade do processo, permitindo ainda fazer as recomendações necessárias para a solução do problema.

A ferramenta desenvolvida é um protótipo que consta de planilhas de cálculo e alguns diagnósticos automáticos a partir da combinação do resultado dos subindicadores. Exemplo apresentado na tabela 5:

Tabela 5: Modelo de diagnóstico e recomendação a partir dos subindicadores

subindicador	resultado	Diagnóstico e recomendação
IQT	87	Diagnóstico: Considerando que a água bruta apresenta qualidade satisfatória e que o IDH ficou abaixo de 80, é possível que a deficiência hidráulica evidenciada por este indicador interfira negativamente na qualidade da água produzida. Recomendações: Ajustar os parâmetros hidráulicos da ETA, com as intervenções civis necessárias e manter operação dedicada nos processos de tratamento
IDH	43	
IQAB	95	

FLUXOGRAMA

A figura 1 apresenta o fluxograma de composição do IQPA a partir dos dados oriundos de um datacenter e que compõem os subindicadores.

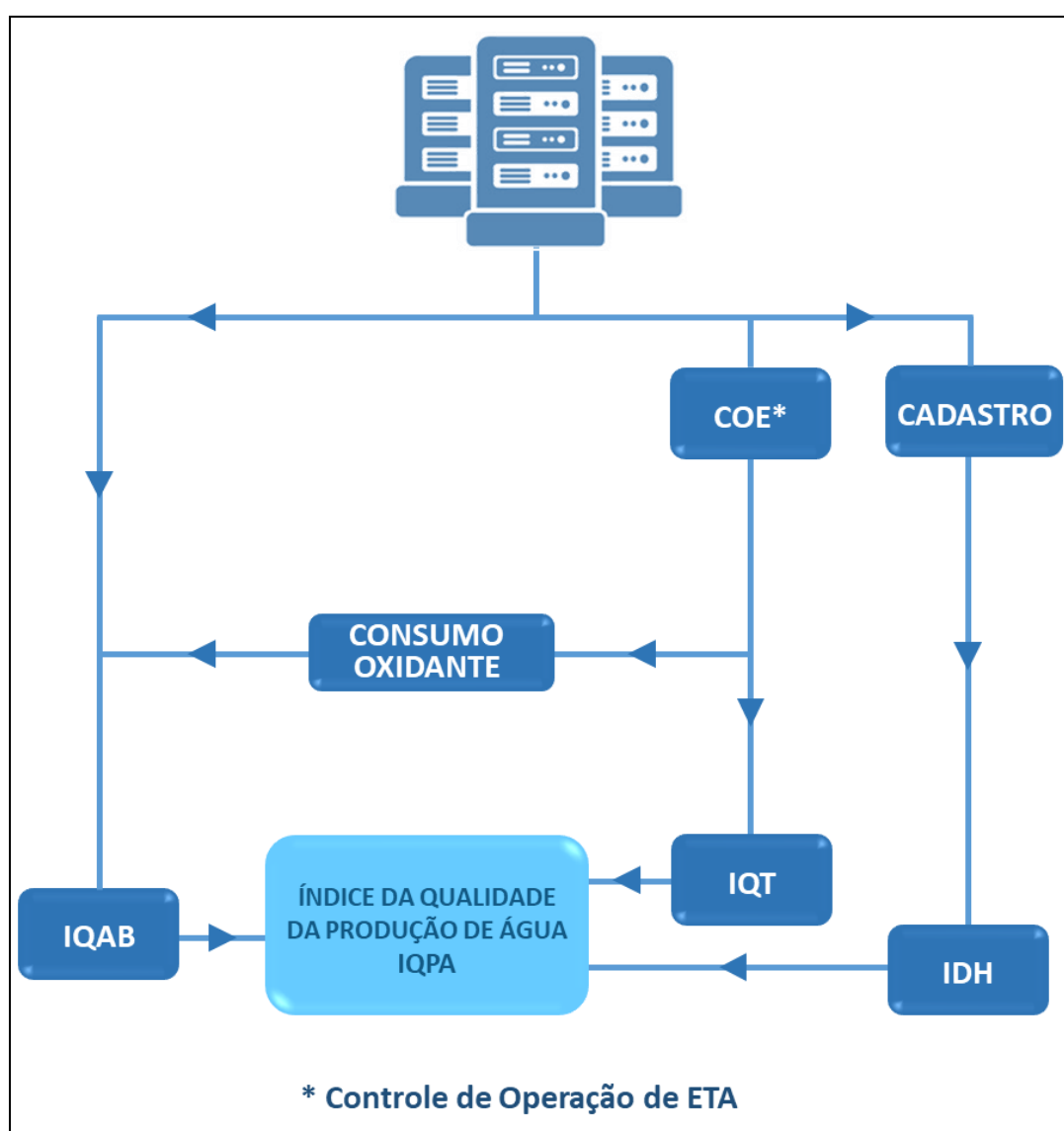


Fig. 1 – Fluxograma de composição do IQPA

PARÂMETROS IQAB

A figura 2 apresenta a planilha de cálculo do subindicador IQAB, onde é calculada a nota, que resulta em uma classificação da água de acordo com o grau de dificuldade para o tratamento.

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA BRUTA			
	PARÂMETRO	RESULTADO ANALÍTICO	
		VALOR	UNID.
	Cor real	400	uH
	Turbidez	6	NTU
	pH	7,2	adimens.
	Ferro total	2	mg/l
	Manganês total	0,4	mg/l
	Fitoplâncton	0	nº cél./ml
	Consumo oxidante	2	mg/l
RESULTADO DO INDICADOR			
IQAB =	36,2	CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA	ACEITÁVEL

Fig. 2 – Índice de qualidade da água bruta

ÍNDICE DE DESEMPENHO HIDRÁULICO (IDH)

Na figura 3 se apresenta a planilha de cálculo do índice de desempenho hidráulico, referenciada na ABNT NBR12216 – 1992

ÍNDICE DE DESEMPENHO HIDRÁULICO			
TIPO DE FLOCULADOR:	BANDEJAS		
GRADIENTE DE VELOCIDADE MÉDIO (S^{-1}):		43,4	
GRADIENTE MÉDIO NA PASSAGEM (S^{-1}):		0,0	
TX UTILIZAÇÃO (TDT):		0,8	
TIPO DE DECANTADOR:	CONVENCIONAL		
TX UTILIZAÇÃO (V_s):		0,9	
TIPO DE FILTRO:	AREIA+ANTRACITO		
TX UTILIZAÇÃO (T_x):		0,8	
VELOCIDADE ASCENSIONAL (CM/MIN.):		79	
RESULTADO DO INDICADOR			
IDH =	96,7	CLASSIFICAÇÃO DA ETA	ÓTIMA

Fig. 3 – Índice de desempenho hidráulico

IQPA

O índice de qualidade da produção de água é obtido a partir das notas dos subindicadores e permite avaliar as condições gerais do processo de tratamento de água, como apresentado na figura 4.

ÍNDICE DE QUALIDADE DA PRODUÇÃO DE ÁGUA		
	INDICADOR	RESULTADO
	IQT MÉDIO MENSAL	95
	IDH	88,2
	IQAB	46,8
RESULTADO DO INDICADOR		
IQPA =	82,7	CLASSIFICAÇÃO DA QUALIDADE DA PRODUÇÃO DE ÁGUA
Diagnóstico: Considerando a qualidade aceitável da água bruta e o ótimo desempenho da ETA referente aos seus parâmetros hidráulicos, há baixo risco de prejuízo da qualidade da água produzida, desde que a operação seja dedicada. Recomendações: Manter operação dedicada nos processos de tratamento		

Fig. 4 – Índice de qualidade da produção de água

CONCLUSÕES

A partir do diagnóstico das condições da operação obtido pelos resultados dos subindicadores, será possível identificar três possíveis causas de resultado insatisfatório, a saber:

- Deficiências hidráulicas por unidade da ETA – por meio do indicador IDH, que mostra possíveis desvios hidráulicos, comparados à ABNT NBR 12216-1992, referência nos projetos de estações de tratamento de água;
- Qualidade da água bruta – por meio do indicador IQAB, identifica algumas impurezas da água que podem trazer dificuldade operacional para o tratamento;
- Qualidade da assistência na operação – pelos resultados dos indicadores IDH, IQAB e IQT, é possível avaliar a dedicação do pessoal operacional, considerando:
 - a) Se as condições hidráulicas e de qualidade da água bruta são favoráveis e IQT insatisfatório: baixa qualidade da operação;
 - b) Se as condições hidráulicas ou de qualidade da água bruta são desfavoráveis e IQT satisfatório: boa qualidade da operação;
 - c) Se as condições hidráulicas e de qualidade da água bruta são desfavoráveis e IQT satisfatório: alta qualidade da operação;

Com a utilização do sistema de avaliação da qualidade da produção de água, espera-se que os profissionais envolvidos no processo de purificação de água possam desempenhar as suas atividades com mais segurança e clareza, identificando e corrigindo tempestivamente as deficiências que por vezes impedem o atingimento da qualidade de água tratada como almejado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, J. M. DE SOUZA, Otimização do índice de qualidade de estação convencional de tratamento de água (IQETA) por meio de análise estatística multivariada. Dissertação (Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, UFMG, Belo Horizonte, 2009.
2. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12216 – Projeto de estação de tratamento de águas para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992, 18p.
3. CLARK, R.M.; COYLE, J.A. Measuring and modeling variations in distribution system water quality. Journal American Work Water Association, p.46-53, 1990.
4. CONSTANTINO, A. F.; YAMAMURA, V. D., Redução do Gasto Operacional em Estação de Tratamento de Água Utilizando o PAC. Simpósio de Pós Graduação em Engenharia Urbana. Maringá, PR, 2009.
5. DI BERNARDO, L., Métodos e técnicas de tratamento de água. ABES, v.1, Rio de Janeiro, 1993.
6. Santos, Gabriel Rosa. Estudo de Clarificação de Água de Abastecimento Público e Otimização da Estação de Tratamento de Água / Gabriel Rosa dos Santos. – Rio de Janeiro, 2011. UFRJ/EQ 2011
7. <http://gisp.copanet.copasa/CopaGIS10/GeradorRelatorios> - acesso em 07/01/2022 e 25/01/2022.
8. <http://producao-net/qualiagua/laudoresultado/index> - acessado em 25/01/2022 e 27/01/2022.