



Prefeitura Municipal de Nova Era

Estações de tratamento de água: diagnóstico

Fevereiro de 2018

Bloom Consultoria e Treinamento

Prefeitura Municipal de Nova Era Estações de tratamento de água: diagnóstico

Bloom Consultoria Ltda.

Rua das Dális, 504-A – Morro do Chapéu Golfe Clube

34010-552 – Nova Lima – Minas Gerais

Brasil

Sumário

Resumo executivo.....	5
ETA pré-fabricada	7
Descrição.....	7
Estimativa de consumo de produtos químicos	8
Sistema de coagulante / floculante	8
Alcalinizante e ajuste de pH	10
Agente para fluoretação.....	12
Desinfetante.....	13
ETA de concreto armado.....	15
Descrição.....	15
Cálculos hidráulicos.....	17
Estimativa de consumo de produtos químicos	24
Sistema de coagulante / floculante	24
Alcalinizante e ajuste de pH	27
Agente para fluoretação.....	29
Desinfetante.....	31
Resumo e conclusões.....	33
Estação de tratamento de água pré-fabricada	33
Estação de tratamento de água de concreto armado	33
Evolução populacional e da demanda hídrica.....	36

Automatização da operação da ETA.....	40
Armazenagem, preparo e dosagem de produtos químicos	41

Resumo executivo

Apresenta-se, a seguir, o diagnóstico das duas estações de tratamento de água existentes em Nova Era: uma de concreto armado, implantada pela então fundação SESP, e outra pré-fabricada, adquirida pela própria Prefeitura Municipal.

Embora, a rigor, a discussão referente ao sistema como um todo não faça parte do escopo do trabalho contratado, uma pequena análise apresentada em seu Apêndice mostra que a cidade de Nova Era distribui pelo menos duas vezes e meia a vazão efetivamente necessária para seu abastecimento. É urgente a implantação de medidas que permitam reduzir as perdas e o desperdício de água no sistema de abastecimento.

Conclui que a ETA de concreto armado é capaz de suportar a vazão máxima de 50 litros por segundo. Esta vazão poderá atingir 68 L/s, se forem construídas mais duas câmaras de floculação e se o material filtrante for substituído por areia e antracito. Para atingir 90 litros por segundo serão exigidas intervenções mais profundas: implantação de quatro novas câmaras de floculação, instalação de módulos tubulares nos decantadores e substituição do material filtrante por areia e antracito; é também recomendável substituir algumas tubulações adjacentes aos filtros, o que pode ser trabalhoso. Qualquer que seja a alternativa definida, seu sistema de armazenagem, preparo e dosagem de produtos químicos precisa ser reformulado.

Por seu turno, a ETA pré-fabricada cumpre adequadamente seu papel. Entretanto, pairam dúvidas sobre a qualidade da água que a abastece e não existe área adjacente a ela para a implantação de unidade para o tratamento de seus resíduos (UTR). Seu sistema de controle de qualidade da água tratada se

resume à medição da concentração de cloro. Como no caso da ETA de concreto armado, seu sistema de armazenagem, preparo e dosagem de produtos químicos precisa ser reformulado. A rigor, ela é desnecessária no sistema.

Em adição, este relatório apresenta os cálculos referentes à armazenagem, preparo e dosagem de alguns importantes produtos químicos que poderão ser utilizados para o tratamento da água, correspondentes a 24 litros por segundo (ETA metálica) e 90 litros por segundo (ETA de concreto armado).

ETA pré-fabricada

Descrição

É do tipo convencional, não pressurizada, de construção metálica. Possui um floculador do tipo Alabama, um decantador tubular e um sistema de três filtros rápidos de gravidade, de leito filtrante duplo (areia e antracito) que constituem sistema autolavável.

Segundo informações obtidas junto a funcionários da Prefeitura Municipal, existe, a montante de sua captação, um curtume que lança nesse manancial, sem qualquer tratamento prévio, seus resíduos líquidos. O tipo de tratamento propiciado por essa ETA não é capaz de remover da água todos os tipos de poluentes que poderão estar presentes em efluentes de curtumes. Assim sendo, é urgente que se exija da indústria que implante o tratamento adequado. Até que isto aconteça, a qualidade da água tratada estará permanentemente sob suspeita.

A armazenagem, o preparo e a dosagem de produtos químicos (cal hidratada, sulfato de alumínio sólido e hipoclorito de sódio) são feitos de forma precária.

As tampas das inspeções do tanque de contato se encontram inadequadas, não assegurando vedação adequada para a água tratada.

A água tratada não é fluoretada.

O controle da qualidade da água tratada feito na ETA se limita à determinação da concentração de cloro, feito através de aparelho comparador.

Não há área adjacente para a implantação de uma UTR (unidade de tratamento de resíduos). Os órgãos ambientais estão exigindo que as estações de tratamento de água implantem essas unidades, havendo legislação estadual que suporte esta exigência. As penas previstas para o seu não cumprimento são severas.

Estimativa de consumo de produtos químicos

É apresentada a seguir. A vazão de tratamento foi tomada igual a 24 litros por segundo.

Sistema de coagulante / floculante

Foram considerados, como alternativas, o sulfato de alumínio o cloreto férrico ou o policloreto de alumínio (PAC), ambos fornecidos sob forma de solução concentrada.

Pontos de aplicação

Garganta do Parshall.

Determinação das dosagens

Através do ensaio de jarros.

Produto químico: sulfato de alumínio líquido

Características do produto: solução líquida

Concentração do produto líquido fornecido (%): 50

Densidade admitida para o produto líquido (kg/L): 1,35

Dosagem média (mg/L): 10

Dosagem máxima (mg/L): 20

Consumo médio (kg/dia): 41

Concentração para dosagem (%): 50

Vazão para dosagem (L/h): 2,6

Tempo de armazenagem (dias): 30

Volume de armazenagem (m³): 0,92

Produto químico: cloreto férrico líquido

Características do produto: solução líquida

Concentração do produto líquido fornecido (%): 40

Densidade admitida para o produto líquido (kg/L): 1,45

Dosagem média (mg/L): 10

Dosagem máxima (mg/L): 20

Consumo médio (kg/dia): 52

Concentração para dosagem (%): 50

Vazão para dosagem (L/h): 2,4

Tempo de armazenagem (dias): 30

Volume de armazenagem (m³): 1,1

Produto químico: policloreto de alumínio líquido

Características do produto: solução líquida

Concentração do produto líquido fornecido (%): 100

Densidade admitida para o produto líquido (kg/L): 1,3

Dosagem média (mg/L): 10

Dosagem máxima (mg/L): 20

Consumo médio (kg/dia): 21

Concentração para dosagem (%): 50

Vazão para dosagem (L/h): 2,7

Tempo de armazenagem (dias): 30

Volume de armazenagem (m³): 0,48

Armazenagem do produto

Bombonas plásticas.

Alcalinizante e ajuste de pH

Utilizará o hidróxido de cálcio em suspensão aquosa (Geocálcio®; fornecedor Miika - Sete Lagoas).

Ele será armazenado em bombonas plásticas, trazidas da ETA principal.

Pontos de aplicação

- Reação, quando necessário: a montante do Parshall
- Correção do pH: no tanque de contato

Produto químico: hidróxido de cálcio em suspensão aquosa

Características do produto: suspensão líquida fornecida a granel

Concentração média em Ca(OH)_2 (%): 21,45

Densidade admitida para o produto líquido (kg/L): 1,1

Dosagem média (mg/L): 10

Dosagem máxima (mg/L): 20

Consumo médio (kg/dia): 97

Concentração para dosagem (%): 100

Vazão para dosagem (L/h): 0,36

Tempo de armazenagem (dias): 30

Volume de armazenagem (m^3): 0,26

Armazenagem do produto

Bombonas plásticas.

Agente para fluoretação

Será utilizado o ácido fluossilícico, fornecido sob forma de solução concentrada.

Ele será armazenado em tanques externos à casa de química e dosado através de bombas dosadoras, conforme descrito nos itens a seguir.

Pontos de aplicação

Tanque de contato.

Produto químico: ácido fluossilícico

Características do produto: solução líquida

Teor de íon fluoreto (%): 79

Concentração usual (%): 25

Densidade admitida para o produto líquido (kg/L): 1,2

Dosagem média (mg/L): 1

Concentração para dosagem (%): 100

Vazão para dosagem (L/h): 0,36

Tempo de armazenagem (dias): 30

Volume de armazenagem (m³): 0,26

Armazenagem do produto

Bombonas plásticas.

Desinfetante

Por ser a alternativa que conduz à maior área de armazenagem, será estudada a utilização do cloreto de sódio, a ser transformado em hipoclorito de sódio em equipamento de geração por eletrólise.

As sacas de cloreto de sódio serão armazenadas em área exclusiva da casa de química e a solução de hipoclorito de sódio será dosada através de bombas dosadoras, conforme descrito nos itens a seguir.

Pontos de aplicação

Tanque de contato.

Produto químico: cloreto de sódio

Características do produto: sólido em pó

Consumo de NaCl por kg de cloro ativo produzido (kg): 4,5

Dosagem média (mg/L): 2

Dosagem máxima (mg/L): 3

Concentração para dosagem (%): 100

Vazão para dosagem (L/h): 2,6

Tempo de armazenagem (dias): 30

Armazenagem correspondente (kg): 560

Número de sacas de 25 kg correspondente: 22

Armazenagem do produto

Ver figura 1.

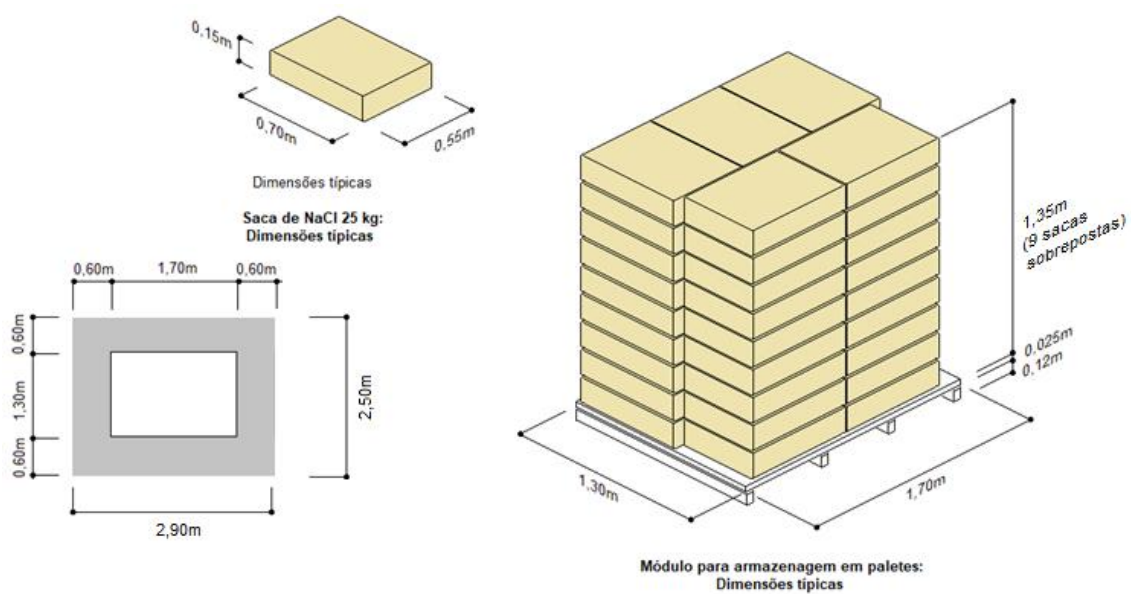


Fig. 1: Armazenagem de desinfetante (sugestão).

ETA de concreto armado

Descrição

É do tipo convencional, clássica, de construção metálica. Seu arranjo, em planta, é mostrado na figura 2.

Foi projetada e construída pela então Fundação Serviços de Saúde Pública – Fundação SESP¹. Trata-se de uma instalação sólida e de fácil operação.

Embora tenha sido projetada originalmente para tratar 30 litros por segundo, segundo informações de funcionários da Prefeitura Municipal, ela vem tratando vazões de até 90 litros por segundo.

Possui um floculador hidráulico do tipo Cox, dois decantadores convencionais, retangulares em planta, e dois filtros rápidos de gravidade, lavados através de reservatório situado em cota mais elevada.

O controle da qualidade da água tratada é feito em sua casa de química. O laboratório existente possui medidores eletrônicos para a determinação de pH, cor, turbidez, cloro e flúor. Há também um aparelho para ensaios de jarros, que não é utilizado rotineiramente.

Existe área adjacente, suficiente para a implantação de uma UTR (unidade de tratamento de resíduos). Os órgãos ambientais estão exigindo que as estações de tratamento de água implantem essas unidades, havendo legislação estadual que suporte esta exigência. As penas previstas para o seu não cumprimento são severas.

¹ Atual Fundação Nacional de Saúde – FUNASA.

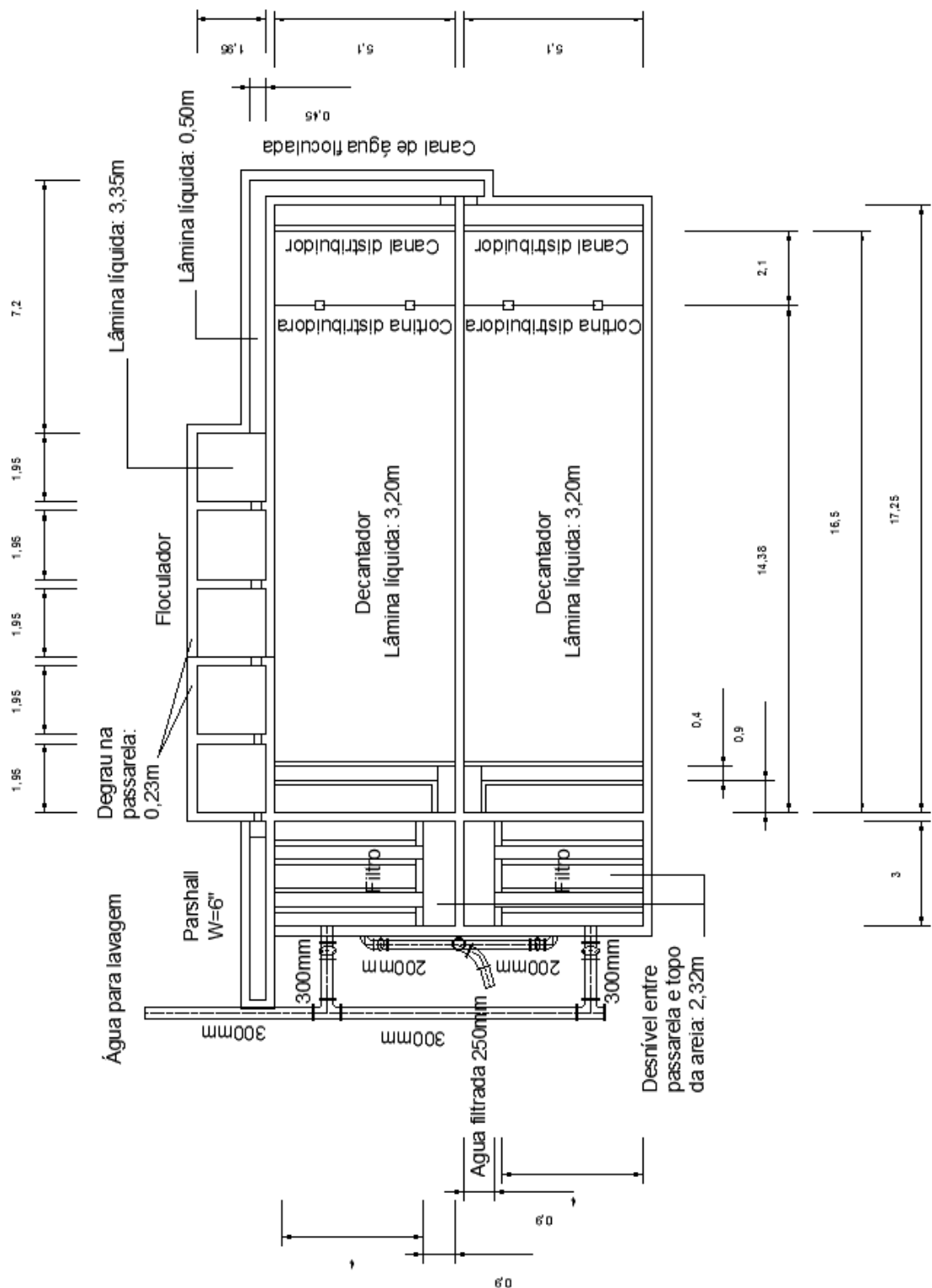


Fig. 2: ETA de concreto armado (planta).

Apresentam-se a seguir os resumos dos cálculos efetuados para diagnosticar cada uma de suas unidades de tratamento, considerando as vazões de 30, 50, 65 e 90 L/s.

Cálculos hidráulicos

Vazão: 30 litros por segundo

Estação de tratamento de água de Nova Era: diagnóstico

Vazão de projeto (L/s):		30
Medidor Parshall:		
Dimensão da garganta:	6 pol	0,1524 m
Vazão máxima recomendada pela literatura (L/s):		100
Valores de k e n na expressão $Q = k.H^n$		
k :		0,381
n :		1,58
Altura para a vazão de projeto:		0,200

✓ Atende satisfatoriamente

a) Floculador:

Número de compartimentos:	5
Dimensões de cada compartimento:	
Comprimento (m):	1,90
Largura (m):	1,90
Profundidade (m):	3,35
Tempo de detenção (min):	2016

✓ Atende satisfatoriamente

b) Canal de água floculada

Largura (m):	0,45
Lâmina líquida (m):	0,50
Área molhada (m²):	0,225
Perímetro molhado (m):	0,90
Diâmetro hidráulico (m):	1,00
Velocidade média (m/s):	0,13
k adotado (mm):	0,25
Re:	1,33E+05
f (Darcy-Weisbach):	0,018

G no canal (s^{-1}): 4,63

✓ Atende satisfatoriamente

c) Decantadores:

Número de unidades: 2

Dimensões de cada unidade:

Comprimento (m): 14,40

Largura (m): 5,10

Profundidade (m): 3,20

Taxa de aplicação superficial ($m^3/(m^2.dia)$): 17,65

✓ Atende satisfatoriamente

d) Filtros:

Número de unidades: 2

Dimensões de cada unidade:

Comprimento (m): 5,10

Largura (m): 3,00

Profundidade (m):

Taxa de aplicação superficial ($m^3/(m^2.dia)$): 85

✓ Atende satisfatoriamente

Diâmetro da comporta circular de acesso (mm): 250

Velocidade média na comporta (m/s): 0,31

Velocidade média recomendada por Azevedo Netto (m/s): 0,60

Diâmetro do efluente dos filtros (mm): 200

Velocidade média no tubo (m/s): 0,48

Velocidade média recomendada por Azevedo Netto (m/s): 1,25

Vazão para lavagem (admitido $U = 0,75$ m/minuto) (m^3/s): 0,191

Diâmetro da água para lavagem dos filtros (mm): 300

Velocidade média no tubo (m/s): 2,71

Velocidade média recomendada por Azevedo Netto (m/s): 3,60

✓ Atendem satisfatoriamente

Vazão: 50 litros por segundo

Estação de tratamento de água de Nova Era: diagnóstico

Vazão de projeto (L/s): 50

Medidor Parshall:

Dimensão da garganta: 6 pol 0,1524 m

Vazão máxima recomendada pela literatura (L/s):	100
Valores de k e n na expressão $Q = k.H^n$	
k :	0,381
n :	1,58
Altura para a vazão de projeto:	0,277

✓ Atende satisfatoriamente

a) Floculador:

Número de compartimentos:	5
Dimensões de cada compartimento:	
Comprimento (m):	1,90
Largura (m):	1,90
Profundidade (m):	3,35
Tempo de detenção (min):	1209

✓ Atende satisfatoriamente

b) Canal de água floculada

Largura (m):	0,45
Lâmina líquida (m):	0,50
Área molhada (m ²):	0,225
Perímetro molhado (m):	0,90
Diâmetro hidráulico (m):	1,00
Velocidade média (m/s):	0,22
k adotado (mm):	0,25
Re:	2,22E+05
f (Darcy-Weisbach):	0,017
G no canal (s ⁻¹):	9,64

✓ Atende satisfatoriamente

b) Decantadores:

Número de unidades:	2
Dimensões de cada unidade:	
Comprimento (m):	14,40
Largura (m):	5,10
Profundidade (m):	3,20
Taxa de aplicação superficial (m ³ /(m ² .dia)):	29,41

✓ Atende satisfatoriamente

Filtros:

Número de unidades:	2
Dimensões de cada unidade:	
Comprimento (m):	5,10

Largura (m):	3,00
Profundidade (m):	
Taxa de aplicação superficial ($\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{dia})$):	141

✓ Atende satisfatoriamente

Diâmetro da comporta circular de acesso (mm):	250
Velocidade média na comporta (m/s):	0,51
Velocidade média recomendada por Azevedo Netto (m/s):	0,60
Diâmetro do efluente dos filtros (mm):	200
Velocidade média no tubo (m/s):	0,80
Velocidade média recomendada por Azevedo Netto (m/s):	1,25
Vazão para lavagem (admitido $U = 0,75 \text{ m/minuto}$) (m^3/s):	0,191
Diâmetro da água para lavagem dos filtros (mm):	300
Velocidade média no tubo (m/s):	2,71
Velocidade média recomendada por Azevedo Netto (m/s):	3,60

Vazão: 68 litros por segundo

Estação de tratamento de água de Nova Era: diagnóstico

Vazão de projeto (L/s):	68
Medidor Parshall:	

Dimensão da garganta:	6 pol	0,1524 m	
Vazão máxima recomendada pela literatura (L/s):			100
Valores de k e n na expressão $Q = k.H^n$			
k :			0,381
n :			1,58
Altura para a vazão de projeto:			0,336

✓ Atende satisfatoriamente

a) Floculador:

Número de compartimentos:	7
---------------------------	---

(supõe a construção de dois compartimentos de floculação adicionais)

Dimensões de cada compartimento:	
Comprimento (m):	1,90
Largura (m):	1,90
Profundidade (m):	3,35
Tempo de detenção (min):	1245

✓ Atende satisfatoriamente

b) Canal de água floculada

Largura (m):	0,45
Lâmina líquida (m):	0,50
Área molhada (m²):	0,225
Perímetro molhado (m):	0,90
Diâmetro hidráulico (m):	1,00
Velocidade média (m/s):	0,30
k adotado (mm):	0,25
Re:	3,02E+05
f (Darcy-Weisbach):	0,017
G no canal (s ⁻¹):	15,04

✓ Atende satisfatoriamente

b) Decantadores:

Número de unidades:	2
Dimensões de cada unidade:	
Comprimento (m):	14,40
Largura (m):	5,10
Profundidade (m):	3,20
Taxa de aplicação superficial (m³/(m².dia)):	40,00

✓ Suportável, embora acima da recomendação para esta faixa de vazão

Filtros:

Número de unidades:	2
Dimensões de cada unidade:	
Comprimento (m):	5,10
Largura (m):	3,00
Profundidade (m):	
Taxa de aplicação superficial (m³/(m².dia)):	192

Esta taxa ultrapassa o limite recomendado para leitos simples de areia; é recomendável a utilização de leito filtrante duplo, de areia e antracito

Diâmetro da comporta circular de acesso (mm):	250
Velocidade média na comporta (m/s):	0,69
Velocidade média recomendada por Azevedo Netto (m/s):	0,60

(ultrapassa um pouco a velocidade recomendada, mas é aceitável)

Diâmetro do efluente dos filtros (mm):	200
Velocidade média no tubo (m/s):	1,08
Velocidade média recomendada por Azevedo Netto (m/s):	1,25
Vazão para lavagem (admitido U = 0,75 m/minuto) (m³/s):	0,191
Diâmetro da água para lavagem dos filtros (mm):	300

Velocidade média no tubo (m/s):	2,71
Velocidade média recomendada por Azevedo Netto (m/s):	3,60

Vazão: 90 litros por segundo

Estação de tratamento de água de Nova Era: diagnóstico

Vazão de projeto (L/s):			90
Medidor Parshall:			
Dimensão da garganta:	6 pol	0,1524 m	
Vazão máxima recomendada pela literatura (L/s):			100
Valores de k e n na expressão $Q = k.H^n$			
k :			0,381
n :			1,58
Altura para a vazão de projeto:			0,401

✓ Atende satisfatoriamente

a) Floculador:

Número de compartimentos:	9
---------------------------	---

(supõe a construção de quatro compartimentos de floculação adicionais)

Dimensões de cada compartimento:	
Comprimento (m):	1,90
Largura (m):	1,90
Profundidade (m):	3,35
Tempo de detenção (min):	1209

✓ Atende satisfatoriamente

b) Canal de água floculada

Largura (m):	0,60
Lâmina líquida (m):	0,50
Área molhada (m ²):	0,3
Perímetro molhado (m):	1,20
Diâmetro hidráulico (m):	1,00
Velocidade média (m/s):	0,30
k adotado (mm):	0,25
Re:	3,00E+05
f (Darcy-Weisbach):	0,017
G no canal (s ⁻¹):	14,88

✓ Atende satisfatoriamente

b) Decantadores:

Número de unidades:	2
Dimensões de cada unidade:	
Comprimento (m):	14,40
Largura (m):	5,10
Profundidade (m):	3,20
Taxa de aplicação superficial ($\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{dia})$):	52,94

(ultrapassa o limite estabelecido para decantadores convencionais; impõe a necessidade de instalação de módulos tubulares de decantação)

Filtros:

Número de unidades:	2
Dimensões de cada unidade:	
Comprimento (m):	5,10
Largura (m):	3,00
Profundidade (m):	
Taxa de aplicação superficial ($\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{dia})$):	254

Esta taxa ultrapassa o limite recomendado para leitos simples de areia; é recomendável a utilização de leito filtrante duplo, de areia e antracito

Diâmetro da comporta circular de acesso (mm):	250
Velocidade média na comporta (m/s):	0,92
Velocidade média recomendada por Azevedo Netto (m/s):	0,60

(ultrapassa o a velocidade recomendada)

Diâmetro do efluente dos filtros (mm):	200
Velocidade média no tubo (m/s):	1,43
Velocidade média recomendada por Azevedo Netto (m/s):	1,25

(ultrapassa o a velocidade recomendada)

Vazão para lavagem (admitido $U = 0,75 \text{ m/minuto}$) (m^3/s):	0,191
Diâmetro da água para lavagem dos filtros (mm):	300
Velocidade média no tubo (m/s):	2,71
Velocidade média recomendada por Azevedo Netto (m/s):	3,60

✓ Atende satisfatoriamente

Estimativa de consumo de produtos químicos

É apresentada a seguir, considerada a vazão de tratamento de 90 L/s.

Sistema de coagulante / floculante

Foram considerados, como alternativas, o sulfato de alumínio o cloreto férrico ou o policloreto de alumínio (PAC), ambos fornecidos sob forma de solução concentrada.

Pontos de aplicação

Garganta do Parshall.

Determinação das dosagens

Através do ensaio de jarros.

Produto químico: sulfato de alumínio líquido

Características do produto: solução líquida

Concentração do produto líquido fornecido (%): 50

Densidade admitida para o produto líquido (kg/L): 1,35

Dosagem média (mg/L): 10

Dosagem máxima (mg/L): 20

Consumo médio (kg/dia): 160

Concentração para dosagem (%): 50

Vazão para dosagem (L/h): 10

Tempo de armazenagem (dias): 30

Volume de armazenagem (m³): 3,5

Produto químico: cloreto férrico líquido

Características do produto: solução líquida

Concentração do produto líquido fornecido (%): 40

Densidade admitida para o produto líquido (kg/L): 1,45

Dosagem média (mg/L): 10

Dosagem máxima (mg/L): 20

Consumo médio (kg/dia): 194

Concentração para dosagem (%): 50

Vazão para dosagem (L/h): 8,9

Tempo de armazenagem (dias): 30

Volume de armazenagem (m³): 4

Produto químico: policloreto de alumínio líquido

Características do produto: solução líquida

Concentração do produto líquido fornecido (%): 100

Densidade admitida para o produto líquido (kg/L): 1,3

Dosagem média (mg/L): 10

Dosagem máxima (mg/L): 20

Consumo médio (kg/dia): 363

Concentração para dosagem (%): 100

Vazão para dosagem (L/h): 5,9

Tempo de armazenagem (dias): 30

Volume de armazenagem (m³): 9,9

Armazenagem do produto

Ver figura 3.

Dimensões dos tanques de armazenagem:

Fabricação: Tanque em PRFV INTERFIBRA ou similar

Volume: 10000 litros

Modelo: Tanque vertical estacionário

Diâmetro: 2,50 m

Altura: 2,655 m

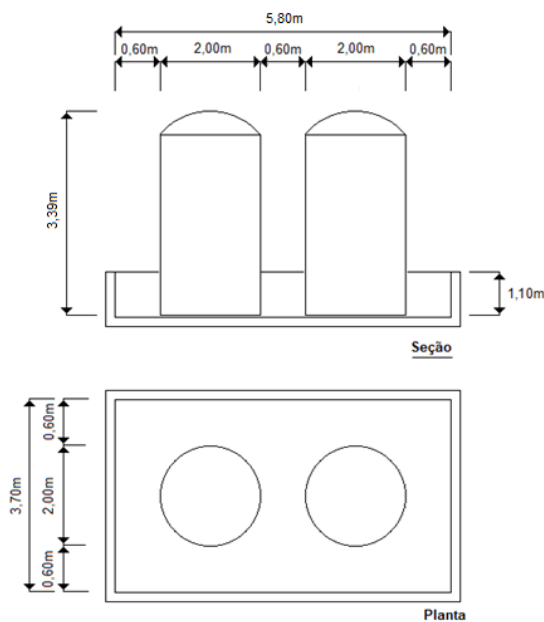


Fig. 3: Armazenagem de coagulante / floculante e dique de contenção.

Alcalinizante e ajuste de pH

Utilizará o hidróxido de cálcio em suspensão aquosa (Geocálcio®; fornecedor Miika - Sete Lagoas).

Ele será armazenado em bombonas plásticas, trazidas da ETA principal.

Pontos de aplicação

- Reação, quando necessário: a montante do Parshall
- Correção do pH: no tanque de contato

Produto químico: hidróxido de cálcio em suspensão aquosa

Características do produto: suspensão líquida fornecida a granel

Concentração média em Ca(OH)_2 (%): 21,45

Densidade admitida para o produto líquido (kg/L): 1,1

Dosagem média (mg/L): 10

Dosagem máxima (mg/L): 20

Consumo médio (kg/dia): 363

Concentração para dosagem (%): 100

Vazão para dosagem (L/h): 5,9

Tempo de armazenagem (dias): 30

Volume de armazenagem (m^3): 9,9

Armazenagem do produto

Será adotado, em princípio, 1 tanque vertical estacionário, dotado de agitador interno, ver figura 4.

Dimensões do tanque de armazenagem:

Fabricação: Tanque em aço, fornecido pelo fabricante do produto.

Volume: 30000 litros

Modelo: Tanque vertical estacionário

Diâmetro: 2,86 m

Altura: 5,40 m

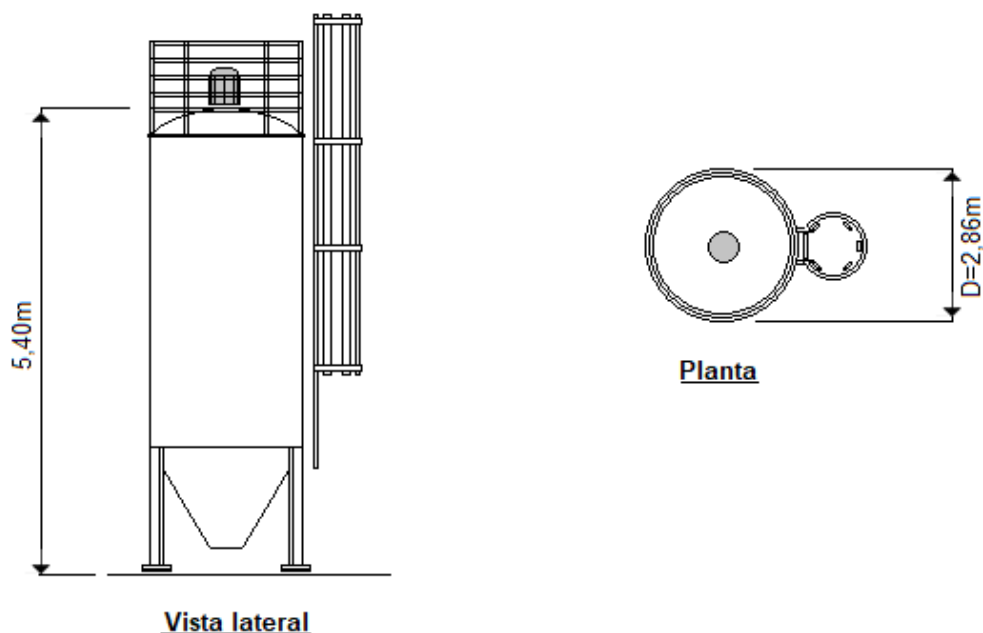


Fig. 4: Armazenagem de alcalinizante e ajuste do pH.

Agente para fluoretação

Será utilizado o ácido fluossilícico, fornecido sob forma de solução concentrada.

Ele será armazenado em tanques externos à casa de química e dosado através de bombas dosadoras, conforme descrito nos itens a seguir.

Pontos de aplicação

Tanque de contato.

Produto químico: ácido fluossilícico

Características do produto: solução líquida

Teor de íon fluoreto (%): 79

Concentração usual (%): 25

Densidade admitida para o produto líquido (kg/L): 1,2

Dosagem média (mg/L): 1

Concentração para dosagem (%): 100

Vazão para dosagem (L/h): 1,37

Tempo de armazenagem (dias): 30

Volume de armazenagem (m³): 2,95

Armazenagem do produto

Ver figura 5.

Dimensões dos tanques de armazenagem:

Fabricação: Tanque em PRFV INTERFIBRA ou similar

Volume: 3000 litros

Modelo: Tanque vertical estacionário

Diâmetro: 1,20 m

Altura: 2,780 m

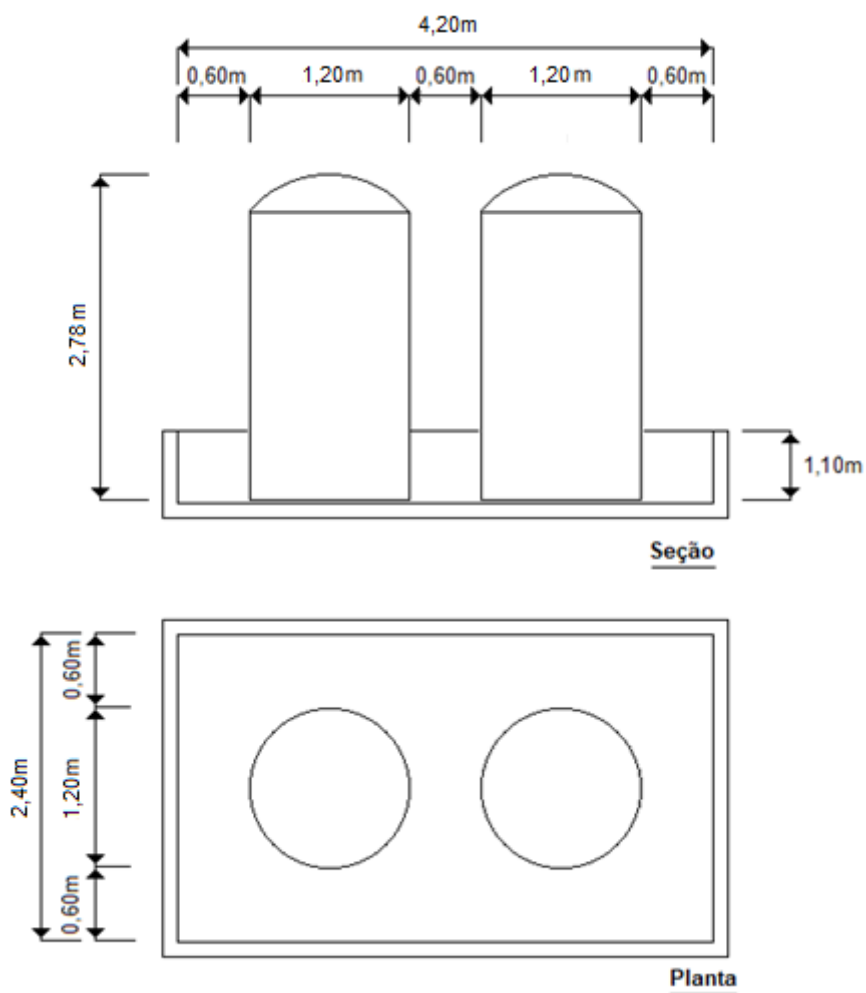


Fig. 5: Armazenagem de agente para fluoretação e dique de contenção.

Desinfetante

Por ser a alternativa que conduz à maior área de armazenagem, será estudada a utilização do cloreto de sódio, a ser transformado em hipoclorito de sódio em equipamento de geração por eletrólise.

As sacas de cloreto de sódio serão armazenadas em área exclusiva da casa de química e a solução de hipoclorito de sódio será dosada através de bombas dosadoras, conforme descrito nos itens a seguir.

Pontos de aplicação

Tanque de contato.

Produto químico: cloreto de sódio

Características do produto: sólido em pó

Consumo de NaCl por kg de cloro ativo produzido (kg): 4,5

Dosagem média (mg/L): 2

Dosagem máxima (mg/L): 3

Concentração para dosagem (%): 100

Vazão para dosagem (L/h): 9,72

Tempo de armazenagem (dias): 30

Armazenagem correspondente (ton): 2,10

Número de sacas de 25 kg correspondente: 84

Armazenagem do produto

Ver figura 6.

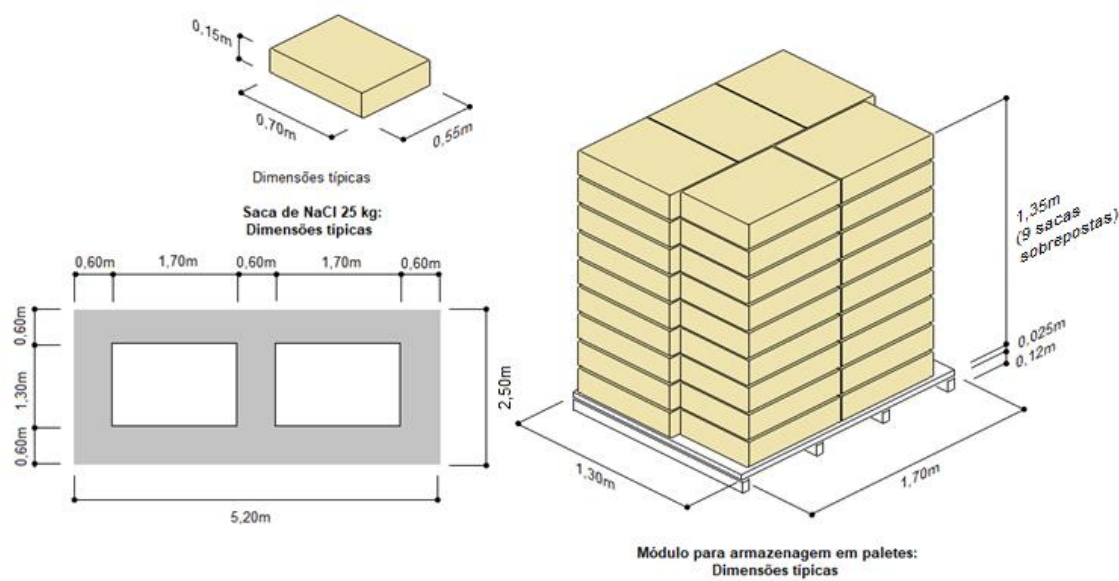


Fig. 6: Armazenagem de desinfetante (sugestão).

Resumo e conclusões

Estação de tratamento de água pré-fabricada

A rigor, levando em conta a população da cidade de Nova Era e considerando os consumos *per capita* de água aplicáveis a cidades brasileiras, esta estação de tratamento de água poderia ser eliminada do sistema de abastecimento de água da cidade de Nova Era e instalada em algum distrito que necessite de seus serviços (veja o Apêndice apresentado no final deste relatório). Não obstante seu desempenho satisfatório apontado pelos funcionários da Prefeitura Municipal, recaem contra ela, entre outros, os inconvenientes a seguir.

- ✓ Localização inadequada.
- ✓ Manancial supridor sob suspeita.
- ✓ Espaço circundante limitado para a implantação de estruturas de apoio.
- ✓ Dificuldades para implantação de UTR.

Estação de tratamento de água de concreto armado

Possui estrutura física suficiente para suportar, por si só, o consumo urbano da cidade de Nova Era.

Para que ela atinja esta capacidade, pequenas reformas serão necessárias em sua estrutura física. Podem ser apontadas, de imediato:

- ✓ ampliação e instalação de dispositivos que permitam regular a velocidade de passagem da água através dos orifícios que interligam os compartimentos de floculação.
- ✓ Reforma do canal e da cortina distribuidora dos decantadores.

É possível que seja necessário reformar o leito filtrante e a camada suporte dos filtros existentes.

Entretanto, seu sistema de armazenagem, preparo e dosagem de produtos químicos precisa ser completamente reformulado e atualizado. Bombonas vazias de polifosfato (sequestrante de ferro e manganês) foram encontradas jogadas no interior da galeria de tubulações do filtro. Isto não pode acontecer.

Outras pequenas reformas de caráter geral são importantes, tais como: substituição e/ou reparos de comportas e válvulas, limpezas de áreas atingidas por derramamentos de produtos químicos, pinturas, reformas de revestimentos e substituição de tampas danificadas, entre outros itens. Vazamentos em equipamentos hidráulicos não podem ser tolerados, por denotarem desleixo, tais como em gaxetas de válvulas e bombas ou comportas de acionamento.

Um conjunto moto-bomba instalado no interior da casa de química apresenta vibração intensa. Existem soluções técnicas para evitar a transmissão destas vibrações para o prédio da casa de química, tais como a utilização de molas². Entretanto, a consulta a especialista da área é recomendada.

Além disto, é importante adotar a ETA de um sistema adequado para a medição da vazão afluyente e da água tratada produzida.

Uma contribuição interessante seria a implantação de válvulas adjacentes aos filtros comandadas eletricamente ou com recursos pneumáticos.

² <http://www.vibra-stop.com.br/vibra-stop/default.asp>

Uma vez reformulados os itens anteriores, fica possível planejar a automatização do funcionamento da ETA. Isto implicará em dosagem automática de produtos químicos, lavagem automática dos filtros e controle *on line* da qualidade da água tratada.

Apêndice

Evolução populacional e da demanda hídrica

De acordo com o IBGE³, a população estimada do município de Nova Era no último censo (2010) era igual a 17528 habitantes. Para 2017, a população estimada por esse mesmo órgão era igual a 17994 habitantes. De acordo com funcionários da Prefeitura Municipal, a população da cidade se encontra em torno de 15000 habitantes.

Se for admitido que a relação entre a população da cidade e a do município não tenha sido alterada entre 2010 e 2017, então a taxa geométrica de crescimento populacional nesse período terá sido igual a 0,38%.

De posse destes dados, é possível elaborar a tabela A1, que mostra a variação da população da cidade de Nova Era entre 2010 e 2040.

De acordo com a Fundação Nacional de Saúde – FUNASA ⁴ - a demanda hídrica *per capita em cidades* com população entre 6000 e 30000 habitantes oscila entre 150 e 200 litros por dia.

Se forem admitidos a demanda *per capita* máxima de 200 litros por habitante por dia e o coeficiente de reforço $k_1 = 1,2$, é possível construir a tabela A1-2. Nela também é mostrada a vazão que o sistema de abastecimento de água deverá produzir, considerando que ele opere 22 horas por dia, de modo que possa ser paralisado durante o denominado período horo-sazonal.

³ <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/nova-era/panorama>

⁴ FUNASA. Manual de saneamento. 2 ed. Rev. Brasília, FUNASA, 2006. 408p.

Tabela A1-1: Previsão da evolução populacional de nova Era entre 2010 e 2040

Ano	População (habitantes)	
	Município	Cidade
2010	17528	14612
2011	17594	14666
2012	17660	14721
2013	17726	14777
2014	17793	14832
2015	17860	14888
2016	17927	14944
2017	17994	15000
2018	18062	15056
2019	18129	15113
2020	18197	15170
2021	18266	15227
2022	18334	15284
2023	18403	15341
2024	18472	15399
2025	18542	15457
2026	18611	15515
2027	18681	15573
2028	18751	15631
2029	18822	15690
2030	18893	15749
2031	18963	15808
2032	19035	15868
2033	19106	15927
2034	19178	15987
2035	19250	16047
2036	19322	16107
2037	19395	16168
2038	19468	16228
2039	19541	16289
2040	19614	16351

Tabela A1-2: Previsão da evolução da demanda hídrica e da vazão a ser produzida pelo sistema de abastecimento de água de nova Era entre 2010 e 2040

Ano	Vazão (litros por segundo)	
	Consumida diariamente	A produzir
2010	41	44
2011	41	44
2012	41	45
2013	41	45
2014	41	45
2015	41	45
2016	42	45
2017	42	45
2018	42	46
2019	42	46
2020	42	46
2021	42	46
2022	42	46
2023	43	46
2024	43	47
2025	43	47
2026	43	47
2027	43	47
2028	43	47
2029	44	48
2030	44	48
2031	44	48
2032	44	48
2033	44	48
2034	44	48
2035	45	49
2036	45	49
2037	45	49
2038	45	49
2039	45	49
2040	45	50

Quando se contata que as duas estações de tratamento de água a cidade de Nova Era produzem atualmente 90 L/s e 24 L/s, totalizando, portanto, 114 L/s, os elementos anteriores mostram, de modo incontestável, que existe excesso de produção de água tratada.

Deve ser observado que a tendência da demanda hídrica *per capita* tem sido de diminuir com o passar do tempo, na medida em que as perdas físicas de água no sistema abastecedor forem sendo eliminadas, políticas tarifárias justas forem implementadas e que a população for adquirindo hábitos de consumo mais conscientes.

Se a demanda *per capita* de água de Nova Era se tornar igual a 150 litros por dia, a extrapolação dos dados apresentados na tabela A1-2 mostrará que a vazão de produção de 50 litros por segundo atenderá a cidade de Nova Era até que sua população atinja 21821 habitantes. Mantida a atual taxa de crescimento populacional, ela só seria atingida no ano 2117.

Assim sendo, é fundamental que medidas de combate ao desperdício de água tratada e controle de perdas sejam implantadas o quanto antes. Existem linhas de financiamento do Governo Federal destinadas à concepção, organização e implantação dessas medidas. A Fundação Nacional de Saúde - FUNASA é o órgão do Ministério da Saúde encarregado de promover saneamento básico à população e, em consequência, oferecer linhas de financiamento para esse fim.

Elas passam pela necessidade de se contar com o cadastro das unidades existentes, inclusive do sistema de distribuição e reservação de água. Macromedidores de vazão e hidrômetros em boas condições implantados em todos os pontos de consumo e um sistema tarifário adequado são fundamentais nesse tipo de programa.

Automatização da operação da ETA

Atualmente, a operação das ETAs de Nova Era é toda manual. É possível automatizar boa parte de seu funcionamento, conforme será descrito a seguir.

Estas possibilidades se encontram resumidas no diagrama apresentado na figura A1.

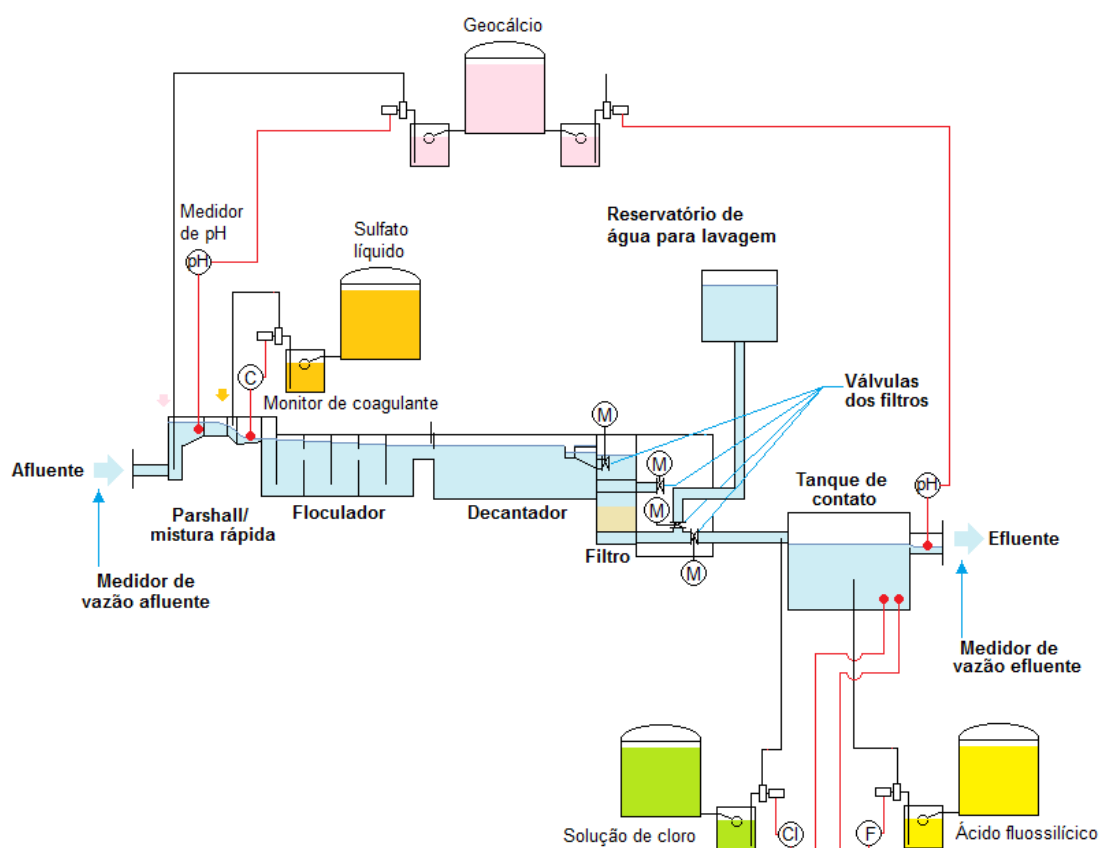


Fig. A1: Automatização possível na ETA de Nova Era.

Armazenagem, preparo e dosagem de produtos químicos

Alcalinizante para ajuste do pH afluente e efluente

A cal hidratada, fornecida em sacas, utilizada atualmente é de difícil armazenagem, preparo e dosagem. Quando adicionada à água, ela produz uma suspensão, que exige agitação constante para evitar a deposição do pó no interior dos tanques e tubulações.

Em seu lugar, pode ser utilizado outro hidróxido, tal como o de sódio que, quando adicionado à água, produz uma solução verdadeira, fácil de transportar e dosar. Entretanto, o hidróxido de sódio exige manipulação cuidadosa e tem preço mais elevado.

Uma alternativa intermediária consiste em utilizar o denominado “geocálcio⁵”, que seria o hidróxido de cálcio em suspensão aquosa, que não se precipita. Ele pode ser armazenado em tanque próprio, externamente à casa de química.

A utilização da solução de hidróxido de sódio, ou do geocálcio, possibilita automatização de sua dosagem, através da utilização de bombas dosadoras comandadas por medidores *on line* de pH. Neste caso, as leituras deste parâmetro atuam, através de comandos 4 a 20 mA, sobre os motores elétricos das bombas, aumentando ou diminuindo a vazão bombeada, conforme a necessidade.

Na figura A-1 se encontra representado um tanque de geocálcio que alimenta dois poços de sucção, cujo nível se mantém constante. Em cada um deles há uma bomba dosadora, cujo motor elétrico tem velocidade regulada por analisadores de pH: um instalado na chegada de água bruta (afluente) e outro na saída de

⁵ <http://miikanacional.com/>

água tratada (efluente). Estes analisadores permitem que seja ajustado o valor de pH desejado. Assim sendo, se o pH estiver abaixo do valor ajustado, um sinal de 4 a 20 mA é encaminhado ao motor da bomba para que a dosagem de geocálcio seja aumentada, e vice-versa.

Coagulante para floculação

O sulfato de alumínio sólido, fornecido em sacas, utilizada atualmente é de difícil armazenagem, preparo e dosagem. É necessário colocar os grãos de sulfato, em quantidades controladas, no interior de tanques de dissolução, adicionar água, ligar misturadores elétricos para agitar a mistura, deixar sedimentar a solução para que os insolúveis se precipitem para que, somente após esta operação, a solução seja utilizada. No final do processo restará uma parcela de insolúveis, cujo descarte e disposição final será um problema adicional a ser resolvido pela operação da ETA.

O sulfato de alumínio, bem como outros produtos químicos alternativos, pode ser adquirido já em forma de solução e armazenados externamente à casa de química.

A utilização do coagulante já em forma de solução possibilita automatização da dosagem, através da utilização de bombas dosadoras comandadas por monitor *on line* de coagulação. Neste caso, as leituras deste parâmetro atuam, através de comandos 4 a 20 mA, sobre os motores elétricos das bombas, aumentando ou diminuindo a vazão bombeada, conforme a necessidade.

Na figura A-1 se encontra representado um tanque de sulfato líquido que alimenta um poço de sucção, cujo nível se mantém constante. Nele há uma bomba dosadora, cujo motor elétrico tem velocidade regulada pelo monitor de coagulante, instalado a jusante do ponto de dosagem. Este monitor permite que seja ajustada a dosagem ideal. Assim sendo, houver carência de coagulante, um

sinal de 4 a 20 mA é encaminhado ao motor da bomba para que a dosagem de sulfato seja aumentada, e vice-versa.

É importante destacar que o coagulante ideal a ser utilizado e o ajuste do monitor de coagulante dependem, ambos, da execução constante de ensaios de jarros, indispensáveis em estações de tratamento de água. A ETA de Nova Era possui um aparelho deste tipo (aparelho de *jar-test*). Aparentemente ele não tem sido utilizado com a regularidade desejada.

Cloro

O composto de cloro a ser utilizado depende de análise de benefício-custo, que deverá ser efetuado pela Prefeitura Municipal de Nova Era. Entretanto, qualquer que seja o produto escolhido, uma solução deverá ser preparada e armazenada para uso na estação de tratamento de água.

Na figura A-1 se encontra representado um tanque de solução de cloro que alimenta um poço de sucção, cujo nível se mantém constante. Nele há uma bomba dosadora, cujo motor elétrico tem velocidade regulada pelo monitor de cloro residual, instalado a jusante do ponto de dosagem. Este monitor permite que seja ajustada a dosagem ideal. Assim sendo, houver carência de cloro, um sinal de 4 a 20 mA é encaminhado ao motor da bomba para que a dosagem de sulfato seja aumentada, e vice-versa.

Um segundo sistema, semelhante ao descrito, poderá ser instalado com facilidade, se os ensaios de tratamento, a serem realizados através do aparelho de *jar-test*, indicarem a conveniência de pré-cloração. Neste caso, uma dosagem adicional poderá ser feita antes da aplicação de geocálcio, na chegada de água bruta (afluente).

Flúor

O composto de flúor atualmente utilizado é o fluossilicato de sódio, preparado e dosado através de cones saturadores. Trata-se de uma técnica muito utilizada no passado, mas que não possibilita automatização da dosagem e nem assegura constância no teor de flúor desejado na água tratada.

O produto químico mais utilizado atualmente em sistemas brasileiros é o ácido fluossilícico, fornecido em solução.

Na figura A-1 se encontra representado um tanque de solução desse ácido, que alimenta um poço de sucção, cujo nível se mantém constante. Nele há uma bomba dosadora, cujo motor elétrico tem velocidade regulada pelo analisador de flúor, instalado a jusante do ponto de dosagem. Este analisador permite que seja ajustada a dosagem ideal. Assim sendo, houver carência de flúor, um sinal de 4 a 20 mA é encaminhado ao motor da bomba para que a dosagem de ácido seja aumentada, e vice-versa.

Lavagem de filtros

O instante em que um filtro deverá ser lavado é detectado através da medida de uma das duas grandezas a seguir (a que primeiro ocorrer):

A turbidez da água filtrada atingiu o valor máximo permitido.

A perda de carga no filtro atingiu o valor máximo permitido.

Neste instante, as válvulas adjacentes aos filtros, indicadas na figura A1, são acionadas eletricamente, na ordem a seguir.

- ✓ Fecha-se a válvula de acesso de água decantada ao filtro.
- ✓ Fecha-se a válvula de saída de água filtrada.
- ✓ Abre-se a válvula de saída de água de lavagem.
- ✓ Abre-se a válvula de acesso de água para lavagem ao filtro.

A lavagem do filtro prossegue durante cerca de 8 minutos. Decorrido este tempo, o filtro é colocado novamente em funcionamento. Para isto, as válvulas adjacentes aos filtros, são acionadas eletricamente, na ordem a seguir.

- ✓ Fecha-se a válvula de acesso de água para lavagem ao filtro.
- ✓ Fecha-se a válvula de saída de água de lavagem.
- ✓ Abre-se a válvula de saída de água filtrada.
- ✓ Abre-se a válvula de acesso de água decantada ao filtro.

Toda a sequência anterior pode ser automatizada com facilidade.

Entretanto, ela constitui a última medida a ser implementada, pois dependerá do perfeito funcionamento da ETA.

