



SERVIÇO DE ÁGUA E ESGOTO DO MUNICÍPIO DE BARIRI

PLANO DIRETOR DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE BARIRI/SP

RELATÓRIO 02

Relatório de diagnóstico qualitativo e quantitativo

Fevereiro 2014



PLANO DIRETOR DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE BARIRI/SP

SERVIÇO DE ÁGUA E ESGOTO DO MUNICÍPIO DE BARIRI - SAEMBA



RELATÓRIO 02

[Análise do sistema de abastecimento de água existente]

[Estudos de tratabilidade de água e dos resíduos gerados na ETA]

Fevereiro 2014

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO.....	1
2	ANÁLISE DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EXISTENTE.....	2
2.1	PARÂMETROS.....	2
2.1.1	Consumo médio <i>per capita</i>	2
2.1.2	Coeficiente do dia de maior consumo (K_1).....	2
2.1.3	Coeficiente da hora de maior consumo (K_2)	2
2.2	PRODUÇÃO DE ÁGUA NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO, RESERVAÇÃO, ADUTORAS DE ÁGUA TRATADA E REDE DE DISTRIBUIÇÃO.....	3
2.2.1	Considerações iniciais	3
2.2.2	Sistema Poço 3 – Tiro de Guerra	6
2.2.3	Sistema Poço 4 – Santa Helena	8
2.2.4	Sistema Poço 5 – Sete de Setembro.....	10
2.2.5	Sistema Poço 6 – Nova Bariri.....	12
2.2.6	Sistema Poço 7 – Maria Luiza II e III	13
2.2.7	Sistema Poço 8 – Santo André	15
2.3	SISTEMA MANANCIAL SÃO LUIZ	17
2.3.1	Caracterização da capitação.....	17
2.3.2	Caracterização da ETA.....	20
2.3.3	Considerações finais.....	22
3	ESTUDOS DE TRATABILIDADE DE ÁGUA E DOS RESÍDUOS GERADOS NA ETA	23
3.1	ESTUDO DE TRATABILIDADE DE ÁGUA	23
3.1.1	Definição das águas de estudo.....	23
3.1.2	Coleta e preparação das águas de estudo	25
3.1.3	Caracterização das águas de estudo	26
3.1.4	Ensaio com a água de estudo I.....	28
3.1.4.1	PAC	28
3.1.4.2	Cloreto férrico	31
3.1.5	Ensaio com a água de estudo II.....	33
3.1.5.1	PAC	33
3.1.5.2	Cloreto férrico	35
3.1.6	Estabilização final da água	38
3.1.7	Estimativa da massa seca de lodo.....	38
4	CONCLUSÕES PRELIMINARES	40
5	BIBLIOGRAFIA	42



1 APRESENTAÇÃO

O presente trabalho é resultado da contratação da Hidrosan Engenharia SS Ltda pelo Serviço de Água e Esgoto do Município de Bariri - SAEMBA, e consiste na elaboração do Plano Diretor de Água do Município de Bariri, conforme contrato n. 013/2013.

O trabalho foi dividido em 5 etapas. Neste relatório (Relatório R02) são apresentados os resultados da ETAPA B, composta pelas seguintes atividades:

- Atividade B1: Análise do sistema de abastecimento de água existente;
- Atividade B2: Estudos de tratabilidade de água e dos resíduos gerados na ETA.



2 ANÁLISE DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EXISTENTE

2.1 PARÂMETROS

2.1.1 Consumo médio *per capita*

O consumo médio *per capita* é crucial para o fechamento do balanço hídrico. Ele representa a média diária, por indivíduo, dos volumes requeridos para satisfazer aos consumos doméstico, comercial, público e industrial. O valor do consumo médio *per capita* pode variar em função de múltiplos fatores, entre eles o nível socioeconômico da população, clima, porte da cidade, topografia e a administração do sistema de abastecimento de água. De acordo com Heller e Pádua (2006) verifica-se nas cidades brasileiras uma ampla faixa de variação dos consumos *per capita*, com valores inferiores a 100 até valores de 500 L/hab.d.

Nesse Relatório R02 foi utilizado o valor de 383 L/d.hab para o consumo médio *per capita* (com índice de perdas da ordem de 49,5%, estimado no Relatório R01) para o ano de 2012. Esse valor foi obtido considerando a projeção populacional de 2012, de 32.102 habitantes (IBGE, 2014), e um índice de atendimento com rede de água de 100%. Os dados de 2012 foram adotados devido à falta de informações mais recentes.

2.1.2 Coeficiente do dia de maior consumo (K_1)

O coeficiente do dia de maior consumo (K_1) é um parâmetro importante para a determinação da vazão do dia de maior consumo, utilizada para o dimensionamento de várias partes constitutivas de um sistema de fornecimento público de água, como as obras de captação, as casas de bombas, as adutoras e a Estação de Tratamento de Água.

Neste Plano Diretor, foi adotado $K_1 = 1,2$, como recomendado pela ABNT no caso de ausência de determinações específicas.

2.1.3 Coeficiente da hora de maior consumo (K_2)

O coeficiente da hora de maior consumo (K_2) é um parâmetro importante para a determinação da vazão da hora de maior consumo, utilizada para o dimensionamento da rede de distribuição. Na existência de dados confiáveis de macro-medição, por um período mínimo de 3 anos, esse parâmetro pode ser determinado pela razão entre a vazão máxima horária registrada em um setor de medição e a vazão média diária no dia considerado. Logo, há vários valores de K_2 que podem ser determinados para cada dia. Há, ainda, diferentes valores de K_2 obtidos para cada setor



de medição. Dessa forma, quando existem dados de todos os setores, adota-se o maior valor registrado.

Neste Plano Diretor, foi adotado $K_2 = 1,5$, como recomendado pela ABNT no caso de ausência de determinações específicas.

2.2 PRODUÇÃO DE ÁGUA NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO, RESERVAÇÃO, ADUTORAS DE ÁGUA TRATADA E REDE DE DISTRIBUIÇÃO

2.2.1 Considerações iniciais

O Município de Bariri conta atualmente com seis poços em operação (P3, P4, P5, P6, P7, P8) e está prevista a entrada em operação do P9, já perfurado e em fase de transição para o SAEMBA. Atualmente são produzidos aproximadamente 6.190 m³/dia, que representa 50,3% de toda água produzida e distribuída pelo SAEMBA

O restante do volume total da água distribuída é proveniente do manancial São Luiz, o qual abastece uma única ETA, com vazão de 100 L/s (360 m³/h) e tempo de operação de 17 horas por dia, perfazendo a produção de 6.120 m³/dia.

Assim, de acordo com o levantamento, as medições efetuadas e as informações obtidas junto ao SAEMBA, a produção de água dos sistemas, descrito no Relatório R01, são apresentados na Tabela 2.1 e Figura 2.1.

Tabela 2.1 – Produção de água nos sistemas existentes em Bariri

Sistema existente			
Sistema	Vazão (m ³ /h)	Tempo de operação (h/dia)	Estimativa produção diária (m ³ /dia)
Poço 3 - Tiro de Guerra	40,2	17	683,40
Poço 4 - Santa Helena	220	14	3.080,00
Poço 5 - Sete de Setembro	40	24	960,00
Poço 6 - Nova Bariri	36	17	612,00
Poço 7 - Maria Luiza II e III	26,7	17	453,90
Poço 8 - Santo André	28,6	14	400,40
Manancial São Luiz	360	17	6.120,00
TOTAL (m ³ /dia)			12.309,7

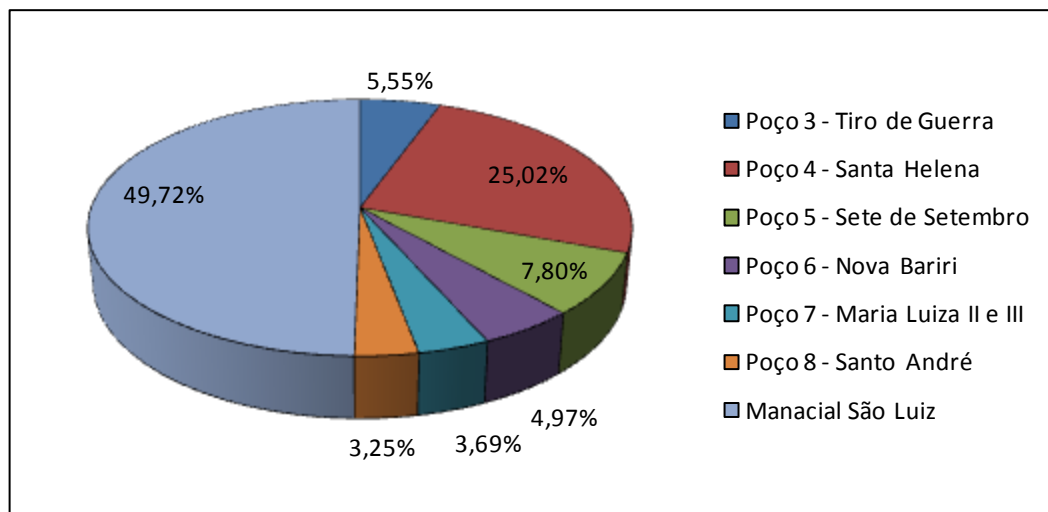


Figura 2.1 – Porcentagem da produção diária de água de cada sistema – sistema existente

Sem levar em às condições de reservação e distribuição de água nos sistemas, o número de horas de funcionamento dos poços poderia ser aumentado para, por exemplo, 20 horas, regime máximo de exploração para poços estabelecido pela "Instrução Técnica DPO Nº 006", do Departamento de Águas e Emergia Elétrica do Estado de São Paulo - DAEE, com exceção do Poço 5 que é jorrante. Neste cenário, a configuração do sistema de abastecimento ficaria conforme Tabela 2.2.

Considerando todos os poços funcionando 20 horas por dia, resultaria o aumento de 23,4% na produção total de água, com aproximadamente 15.190,0 m³/dia.

Tabela 2.2 - Cenário para ampliação do sistema de abastecimento com base no aumento do número de horas de funcionamento dos poços

Sistema	Vazão (m ³ /h)	Tempo de operação (h/dia)	Estimativa produção diária (m ³ /dia)
Poço 1*	-	-	-
Poço 3 - Tiro de Guerra	40,2	20	804,0
Poço 4 - Santa Helena	220,0	20	4.400,0
Poço 5 - Sete de Setembro	40,0	24	960,0
Poço 6 - Nova Bariri	36,0	20	720,0
Poço 7 - Maria Luiza II e III	26,7	20	534,0
Poço 8 - Santo André	28,6	20	572,0
Manacial São Luiz	360,0	20	7.200,0
TOTAL (m ³ /dia)			15.190,0

*Desativado

Deve-se ressaltar que qualquer alternativa que vise o aumento da produção de água nos sistemas existentes está vinculada à capacidade de reservação e à setorização da rede de

distribuição, a qual atualmente encontra-se completamente interligada, dificultando o seu monitoramento.

Considerando a projeção populacional de 32.102 habitantes de 2012 (IBGE, 2014), o índice de atendimento com rede de água de 100% e o consumo *per capita* médio (com índice de perdas da ordem de 49,5 %) de 383 L/d.hab, a vazão média diária anual (Q_{mda}) resulta:

$$Q_{mda} = C_{percapita} \times Pop = 0,38346(m^3/d.hab) \times 32.102(hab) = 12.309,7 m^3/dia$$

Adotando o coeficiente do dia de maior consumo igual a 1,2, a demanda do dia de maior consumo resulta de 14771,6 m³/d (12.309,7 x 1,2). Assim, considerando os dados de 2012, o volume diário teoricamente possível de ser produzido nos sistemas existentes seria aproximadamente igual à demanda no dia de maior consumo.

Para a vazão necessária de atendimento do dia de maior consumo, de aproximadamente 14.771,6 m³/d ou a vazão média diária de 12.309,7 m³/d, e o volume total de armazenamento nos reservatórios de 4.000 m³ (conforme Tabela 2.3), resultariam as seguintes porcentagens de reservação em relação a esses volumes diários:

- para $V_d = 1.4771,6 m^3/d$, a capacidade de reservação, considerando os 4.000 m³ disponíveis, seria de 27,07 % para o volume diário de maior consumo;
- para $V_d = 1.2309,7$, a capacidade de reservação, considerando os 4.000 m³ disponíveis, seria de 32,49 % para o volume diário médio.

Tabela 2.3 – Reservação existente no sistema de distribuição de água

Localização ou Discriminação	Reservatórios Elevados (m ³)	Reservatórios Apoiados (m ³)	Reservatórios Semi-Enterrados (m ³)	Volume total (m ³)
Reservatório 1 - ETA	-	-	1.000	1.000
Reservatório 2 - Barracão Prefeitura	400	-	-	400
Reservatório 3 - Barracão Prefeitura	-	1.000	-	1.000
Reservatório 4 - Santa Helena	400	-	-	400
Reservatório 5 - Umuarama	-	300	-	300
Reservatório 6 - Jardim Maravilha/Ipês	-	300	-	300
Reservatório 7 - Maria Luiza II*	-	300	-	300
Reservatório 8 - Santo André	-	300	-	300
Reservatório 10**	-	-	-	-
			TOTAL	4.000

* Não está sendo utilizado

**Atualmente é de propriedade particular, no entanto, está prevista a expansão e incorporação pelo SAEMBA



Mesmo que se consiga uma vazão que atenda ao dia de maior consumo a partir do aumento do número de horas de funcionamento dos poços, a reservação é limitada. Recomenda-se que esta seja de no mínimo 1/3 do volume distribuído no dia de consumo máximo, porém este não chega nem a 30 % desse volume.

Face à situação atual do Sistema de Abastecimento de Água com respeito à produção e à demanda de água, conclui-se pela urgência de se encontrar uma solução visando satisfazer as necessidades da cidade de Bariri com relação ao abastecimento futuro.

Somente com um estudo aprofundado sobre a situação dos diferentes sistemas produtores, reservatórios e tubulações existentes, em consonância com as densidades populacionais, setorização da rede de distribuição (para que cada sistema e reservatório atendam um setor específico, com medição de vazão distribuída) e medição eficiente do consumo por meio de hidrômetros confiáveis, será possível reduzir o Índice de Perdas. Ademais, tais medidas possibilitarão o controle e o funcionamento dos sistemas produtores, especialmente quando se considera o crescimento populacional nos próximos 20 anos. Sem dúvida, novos reservatórios deverão ser construídos em locais estratégicos.

2.2.2 Sistema Poço 3 – Tiro de Guerra

O Poço 3 (P3) explora os aquíferos Adamantina e Serra Geral, foi perfurado em 1987, possui 120 m de profundidade, nível estático (NE) 35,11 m (dado histórico) e nível dinâmico (ND) 53,94 m (medido em Novembro de 2013). A capacidade atual de produção do P3 é de 683,4 m³/dia, com uma vazão de 40,2 m³/h e 17 horas de funcionamento por dia.

Nessas condições, para um consumo médio *per capita* de 383 L/d (consumo *per capita* considerando perdas), a população possível de ser atendida pelo sistema no dia de maior consumo (K= 1,2), resultaria da ordem de 1.400 habitantes.

Considerando o aumento do tempo de funcionamento para 20 horas, regime máximo de exploração para poços estabelecido pela "Instrução Técnica DPO Nº 006", é possível aumentar a produção diária para 804,0 m³/dia, em torno de 18% a mais do que é produzido atualmente. Para um consumo médio *per capita* de 383 L/d (consumo *per capita* considerando perdas), a população possível de ser atendida pelo sistema no dia de maior consumo (K = 1,2), resultaria da ordem de 1700 habitantes.

Conforme a Figura 2.2, o Poço 3 se encontra com o Perímetro Imediato de Proteção cercado; além disso, conta com laje de proteção, tubo de medição de nível, hidrômetro, válvula de retenção, registro de regulagem de vazão e acesso a sonda de manutenção. O Perímetro de Alerta também se encontra protegido. A Figura 2.3 mostra os pontos de aplicação de cloro e de flúor.



Figura 2.2 - Poço 3 - Tiro de Guerra



Figura 2.3 - Poço 3 - Detalhe dos pontos para cloração e fluoretação

Em relação aos parâmetros de qualidade de água, os resultados das análises da água do P3 encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela Portaria MS 2914 de 2011.



2.2.3 Sistema Poço 4 – Santa Helena

O Poço 4 (P4) explora o aquífero Guarani. Foi perfurado em 1988, possui 400 m de profundidade, nível estático (NE) 0,50 m (dado histórico) e nível dinâmico (ND) 55,50 m (medido em Novembro de 2013). Sua capacidade atual de produção é de 3.080,0 m³/dia, considerando a vazão de 220,0 m³/h e 14 horas de funcionamento por dia.

Nessas condições, para um consumo médio *per capita* de 383 L/d (consumo *per capita* considerando perdas), a população possível de ser atendida pelo sistema no dia de maior consumo (K= 1,2), resultaria da ordem de 6.700 habitantes

O P4 é o poço com maior vazão dentre os 6 que estão em operação, e possui capacidade para aumentar a produção com o aumento do tempo de funcionamento. Estabelecendo o limite máximo de 20 h de funcionamento, tem-se um aumento de quase 43% em relação à produção atual, chegando a um valor médio de 4.400,0 m³/dia Para o consumo médio *per capita* de 383 L/d (consumo *per capita* considerando perdas), a população possível de ser atendida pelo sistema no dia de maior consumo (K = 1,2), resultaria da ordem de 9500 habitantes.

O Poço 4 se encontra com seu Perímetro Imediato de Proteção cercado (Figura 2.4) e há laje de proteção, tubo de medição de nível, hidrômetro, válvula de retenção, registro de regulagem de vazão e acesso a sonda de manutenção. O Perímetro de Alerta deverá ser acompanhado no sentido sudoeste, por se encontrar em área urbanizada. O ponto de aplicação de cloro e de flúor estão localizados na base do reservatório.

No dia da visita, verificou-se que o hidrômetro não estava em funcionamento e carecia de manutenção, conforme mostrado na Figura 2.5.



Figura 2.4 - Poço 4 - Santa Helena



Figura 2.5 - Hidrômetro do Poço 4 – Santa Helena

Em relação aos parâmetros de qualidade de água, os resultados das análises da água do P4 encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela Portaria MS 2914 de 2011, porém, em virtude de estar próximo a uma das áreas decretadas como Contaminadas pela CETESB – SP, conforme Figura 2.6, esses parâmetros devem ser avaliados semestralmente. Além do acompanhamento periódico

dos parâmetros de qualidade de água, a recuperação dessa área e as medidas impostas pela CETESB também devem ser acompanhadas.



Figura 2.6 - Áreas Contaminadas no Município de Bariri- CETESB, Dez 2012 e poços SAEMBA

2.2.4 Sistema Poço 5 – Sete de Setembro

O Poço 5 (P5) é jorrante e explora os aquíferos Serra Geral e Botucatu. Foi perfurado em 1976, sendo o mais antigo dos poços em operação. Possui 145 m de profundidade, nível estático (NE) 0,00 m (medido em Novembro de 2013) e nível dinâmico (ND) 0,50 m (medido em Novembro de 2013).

Sua capacidade atual de produção é de 960,0 m³/dia, considerando a vazão de 40,0 m³/h e 24 horas de funcionamento por dia, por ser um poço jorrante e não estar equipado com bomba. A água explotada é encaminhada ao reservatório subterrâneo ao lado (Figura 2.8). Para o consumo médio *per capita* de 383,46 L/d, a população possível de ser atendida pelo sistema no dia de maior consumo (K = 1,2), é da ordem de 2.000 habitantes.

Conforme a Figura 2.7 o poço se encontra com o Perímetro Imediato de Proteção cercado e com laje de proteção.



Figura 2.7 - Poço 5 - Sete de Setembro



Figura 2.8 - Detalhe da chegada da água no reservatório

Assim como o P4, o P5 encontra-se próximo a uma área contaminada, a 680 m do ponto de contaminação - Posto Santa Rosa (Figura 2.6), sendo necessário o acompanhamento periódico dos parâmetros de qualidade de água e da recuperação da área e das medidas impostas pela CEETESB. As últimas análises realizadas com a água do Poço 5 encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela Portaria MS 2914 de 2011.

2.2.5 Sistema Poço 6 – Nova Bariri

O Poço 6 (P6) explora os aquíferos Botucatu e Pirambóia. Foi perfurado em 2008, possui 185 m de profundidade, nível estático (NE) 9,57 m (dado histórico) e nível dinâmico (ND) 113,33 m (medido em Novembro de 2013). Sua capacidade atual de produção é de 612,0 m³/dia, considerando a vazão de 36,0 m³/h e 17 horas de funcionamento por dia.

Nessas condições, para um consumo médio *per capita* de 383 L/d (consumo *per capita* considerando perdas), a população possível de ser atendida pelo sistema no dia de maior consumo (K= 1,2), resultaria da ordem de 1.300 habitantes

Com o aumento de 3 horas de funcionamento, totalizando as 20 h estabelecidas como limite máximo pela "Instrução Técnica DPO Nº 006", do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – DAEE, resultaria produção 18% maior que a atual, totalizando 720 m³/dia. Para o consumo médio *per capita* de 383 L/d (consumo *per capita* considerando perdas), a população possível de ser atendida pelo sistema no dia de maior consumo (K = 1,2), resultaria da ordem de 1.500 habitantes.

Este poço se encontra com o Perímetro Imediato de Proteção cercado, como mostrado na Figura 2.9, conta ainda com laje de proteção, tubo de medição de nível, hidrômetro, válvula de retenção, registro de regulagem de vazão, acesso à sonda de manutenção. O Perímetro de Alerta também está protegido. Os pontos de aplicação de cloro e flúor são exibidos na Figura 2.10.



Figura 2.9 - Poço 6 - Nova Bariri



Figura 2.10 - Poço 6 – Pontos de cloração e fluoretação

O Poço 6 encontra-se no limite do raio de 500 m da área contaminada - Posto São Cristóvão, conforme apresentado na Figura 2.6 do item 2.2.1. Assim, apesar de sua última análise de água não ter demonstrado qualquer alteração e os valores estarem dentro do limite estabelecido pela Portaria MS 2914 de 2011, futuras análises deverão ser avaliadas em detalhe para acompanhamento de eventuais anomalias, principalmente nos parâmetros relacionados com combustíveis e subprodutos.

2.2.6 Sistema Poço 7 – Maria Luiza II e III

O Poço 7 (P7) explora o aquífero Guarani. Foi perfurado em 2012, possui 252 m de profundidade, nível estático (NE) 20,30 m (dado histórico) e nível dinâmico (ND) 25,90 m (medido em Novembro de 2013). Sua capacidade atual de produção é de 453,9 m³/dia, considerando a vazão de 26,7 m³/h e 17 horas de funcionamento por dia.

Nessas condições, para um consumo médio *per capita* de 383 L/d (consumo *per capita* considerando perdas), a população possível de ser atendida pelo sistema no dia de maior consumo (K= 1,2), resultaria da ordem de 900 habitantes

Considerando o aumento de 3 horas de funcionamento, totalizando as 20 h estabelecidas como limite máximo pela "Instrução Técnica DPO Nº 006", do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – DAEE, resultaria produção 18% maior que a atual, totalizando 534 m³/dia. Para o consumo médio *per capita* de 383 L/d (consumo *per capita* considerando perdas), a população possível de ser atendida pelo sistema no dia de maior consumo (K = 1,2), seria da ordem de 1.100 habitantes.

O poço se encontra com o Perímetro Imediato de Proteção cercado, de acordo com a Figura 2.11. Há laje de proteção, tubo de medição de nível, hidrômetro, válvula de retenção, registro de regulagem de vazão e acesso à sonda de manutenção. O Perímetro de Alerta também está protegido. Os pontos de aplicação de cloro e flúor são mostrados na Figura 2.12.



Figura 2.11 - Poço 7 - Maria Luiza II e III



Figura 2.12 - Pontos para cloração e fluoretação

2.2.7 Sistema Poço 8 – Santo André

O Poço 8 (P8) explora o aquífero Serra Geral. Foi perfurado em 2013, possui 204 m de profundidade, nível estático (NE) 26,00 m (dado histórico) e nível dinâmico (ND) 31,00 m (dado histórico). Sua capacidade atual de produção é de 440,4 m³/dia, considerando a vazão de 28,6 m³/h e 17 horas de funcionamento por dia em média.

Nessas condições, para um consumo médio *per capita* de 383 L/d (consumo *per capita* considerando perdas), a população possível de ser atendida pelo sistema no dia de maior consumo (K= 1,2), resultaria da ordem de 900 habitantes

Com o aumento de 3 horas de funcionamento, totalizando as 20 h estabelecidas como limite máximo pela "Instrução Técnica DPO Nº 006", do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – DAEE, resultaria produção 43% maior que a atual, com 572 m³/dia. Para o consumo médio *per capita* de 383 L/d (consumo *per capita* considerando perdas), a população possível de ser atendida pelo sistema no dia de maior consumo (K = 1,2), resultaria da ordem de 1.200 habitantes.

Este poço também se encontra com o Perímetro Imediato de Proteção cercado, conforme a Figura 2.13; há laje de proteção, tubo de medição de nível, hidrômetro, válvula de retenção, registro de regulagem de vazão e acesso à sonda de manutenção. Também está protegido o Perímetro de Alerta. As setas em vermelho na Figura 2.13 indicam os pontos de aplicação de cloro e de flúor.



Figura 2.13 - Poço 8 - Santo André



Figura 2.14 - Detalhe do Tubo de Medição de nível

Em relação aos parâmetros de qualidade de água, os resultados das análises da água do P3 encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela Portaria MS 2914 de 2011.



2.3 SISTEMA MANANCIAL SÃO LUIZ

Em resumo, este sistema é constituído de captação superficial. Composta por 41 nascentes denominadas de manancial São Luiz, que são encaminhadas por tubulações e canais a céu aberto até um sistema de Lagoas de Armazenamento que contribuem para a formação do Córrego da Lagoa. Esse manancial é responsável pelo fornecimento de aproximadamente 100 L/s de água, que corresponde à demanda diária de 50% da população abastecida pelo SAEMBA.

2.3.1 Caracterização da captação

Toda a água drenada na região das 41 nascentes conflui para um canal. Este canal alimenta o poço de sucção da Estação Elevatória de Água Bruta (EEAB) no qual é feita a aplicação de hipoclorito de sódio. A EEAB possui 3 conjuntos motobomba (2 em funcionamento e 1 reserva) e toda água é aduzida à ETA. Quando a disponibilidade hídrica supera a demanda da captação, a água excedente é encaminhada para duas lagoas que promovem a reserva visando complementar a captação nas ocasiões de baixa disponibilidade.

Não existem informações precisas sobre os volumes totais de água armazenados nas lagoas existentes, porém, acredita-se com base nas observações locais, que esse volume existente seja superior ao calculado (33.195 m³), considerando o número de lagoas existentes e sua área superficial total.

Esse manancial está localizado próximo à zona de afloramento do aquífero Guarani e sobre o aquífero Bauru, sendo que, durante vistoria técnica realizada, foi possível observar que existem diversos pontos de afloramento de água cristalina, que tornam o solo bastante úmido e fértil.

A Figura 2.15 apresenta uma ampliação do Mapa de Diagnóstico do Plano de Bacias da UGRHI 13 ilustrando as formações dos aquíferos Botucatu e Guarani na região em que se insere o município de Bariri, e o local em que está implantada a captação superficial junto ao sistema de nascentes do manancial São Luiz.

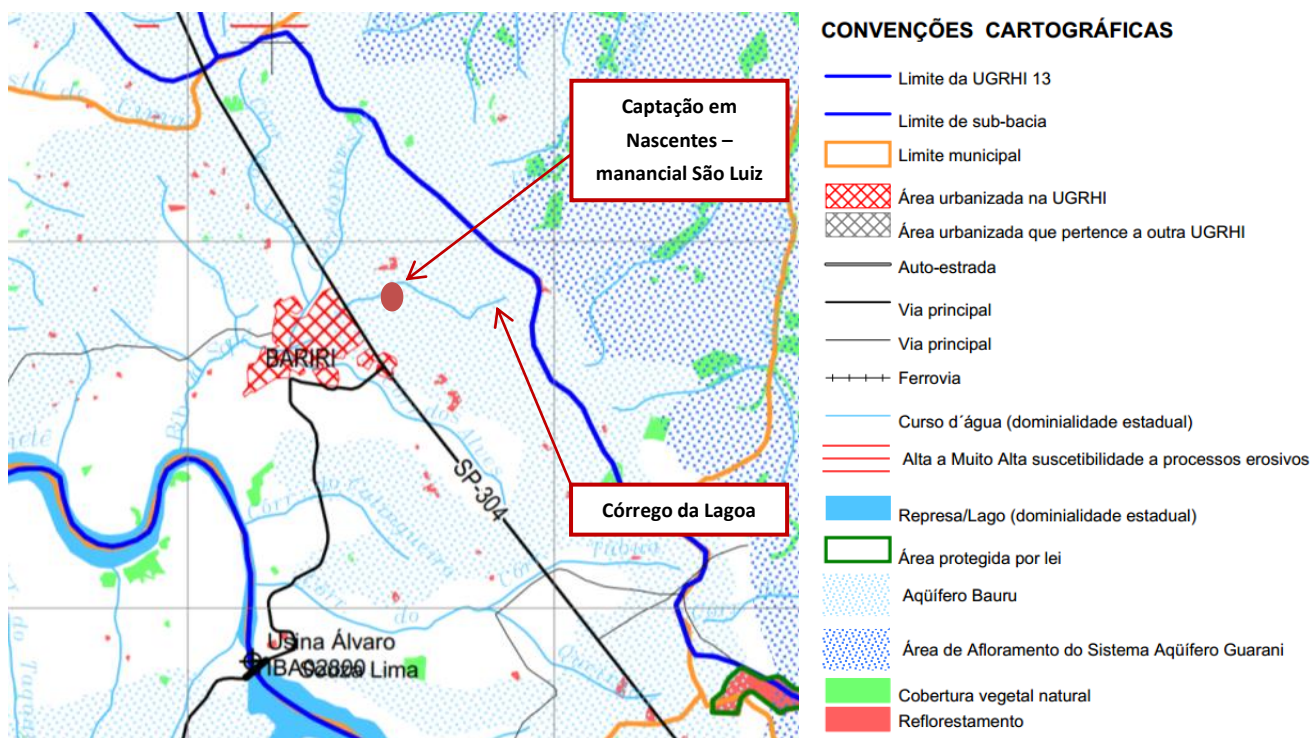


Figura 2.15 - Ampliação do Mapa de Diagnóstico do Plano de Bacias da UGRHI 13 ilustrando as formações dos aquíferos Bauru e Guarani, além do córrego da Lagoa e do manancial São Luiz em Bariri,SP

Assim, com base no que foi exposto e nas observações locais, verifica-se a necessidade de se investigar o manancial, por se tratar de local de afloramento de água por nascentes vindas de um dos dois aquíferos que existem na região (Bauru e Guarani), principalmente se observada a proximidade da conhecida zona de afloramento do aquífero Guarani, conforme o Mapa de Diagnóstico da UGRHI 13, apresentado na Figura 2.15.

Como o apresentado no Relatório R01, a vazão recalçada é muito superior à disponibilidade calculada para o Córrego da Lagoa. Portanto, esse local de estudo, em tese, não comportaria a captação superficial de 100,0 L/s necessários.

Nas Figuras 2.16 a 2.19 são apresentadas fotos do local do sistema de captação.



Figura 2.16 - Início do canal principal de encaminhamento da água ao poço de sucção (EEAB)



Figura 2.17 - Canal principal de encaminhamento da água ao poço de sucção (EEAB)



Figura 2.18 - Crescimento de vegetação aquática no canal principal de encaminhamento da água ao poço de sucção



Figura 2.19 - Encontro do canal principal com um canal secundário vindo de outro ponto de nascentes

2.3.2 Caracterização da ETA

A ETA, em funcionamento desde 2000, foi adaptada a partir de um projeto desenvolvido pela SABESP na década de oitenta. O parâmetro básico para a escolha da tecnologia deve ter sido a vazão e não a qualidade da água, fato que tem contribuído para o insucesso do funcionamento de muitas ETAs implantadas dessa forma.

Como base nas tecnologias de tratamento e na qualidade da água bruta afluyente à ETA, pode-se afirmar que a tecnologia de tratamento em ciclo completo não é adequada ao tratamento desta água, o que foi constatado pelos técnicos do SAEMBA no início da operação da ETA. Águas que geralmente apresentam-se com valores baixos de turbidez dificilmente são tratadas eficientemente em ETAs de ciclo completo, acarretando consumo excessivo de produtos químicos e qualidade insatisfatória da água tratada.

Quanto às características da ETA, esta possui capacidade nominal de 100 L/s e funciona 17 h por dia em média. A chegada da água bruta ocorre em uma câmara seguida de um canal e um vertedor Parshall, onde ocorre a mistura rápida. A água é, então, dividida em dois módulos idênticos de tratamento, cada um constituído por:

- 1 câmara de floculação hidráulica, provida de chicanas de madeira para escoamento vertical;
- 2 decantadores de alta taxa, providos de lonas para formação dos dutos de sedimentação;
- 4 filtros de taxa constante, contendo meio filtrante de antracito e areia, e operados segundo o princípio da distribuição equitativa de vazões;
- 1 vertedor final de água filtrada.

Atualmente não é realizada a coagulação na ETA. Visando a retomada da aplicação de produtos químicos para a coagulação da água bruta afluyente à ETA, a equipe da Hidrosan executou

ensaios de tratabilidade em que foram estudados dois coagulantes, o PAC e o cloreto férrico. Os resultados desses ensaios são apresentados no item 3.1.

Os resíduos gerados na ETA são despejados diretamente no tributário do Córrego da Lagoa, a jusante da captação, devendo ser regularizado para cumprimento da Lei nº 53, de 09 de Setembro de 2009 institui a Política Municipal de proteção dos Mananciais destinados ao abastecimento público.

Em relação aos resíduos gerados na ETA foram realizados ensaios para estimativa da massa seca de lodo, apresentados no item 3.1.7.

Além dos ensaios realizados, inspecionados os filtros, decantadores e feita a avaliação da lavagem. Os resultados dessas inspeções encontram-se detalhadas no Relatório R01, e atentam para a necessidade de regularização do procedimento de lavagem e imediato reparo e adequação das lonas dos decantadores, para que possam funcionar com alta taxa.

Na Figura 2.20 são apresentadas fotos das vistas da ETA de Bariri, tiradas em 2013.



Vista geral da ETA



Vista lateral da ETA



Instalação dos laboratório e casa de química



Reservatório existente na ETA (R01)

Figura 2.20 - Vista geral da ETA (Fonte: arquivo Hidrosan, 2013)



2.3.3 Considerações finais

Apesar de captar regularmente a vazão de 100 L/s do manancial São Luiz, o SAEMBA não dispõe de outorga cadastrada junto ao DAEE, e, portanto, precisa realizar essa solicitação com urgência para regularizar sua situação. Essa solicitação deverá ser realizada através de projetos específicos para tal finalidade com estudos mais aprofundados.

Quanto à qualidade da água, verificou-se que esta possui qualidade excelente, porém, devido à susceptibilidade de contaminação da área das nascentes e por se tratar de manancial superficial, necessita de tratamento adequado e desinfecção anteriormente à sua distribuição.

É importante ressaltar que deverão ser realizadas medidas urgentes de proteção de toda a área do manancial com a execução de plantio de mudas para recomposição e adensamento da vegetação, visando criar uma barreira física de combate à lixiviação de contaminantes das culturas de cana-de-açúcar do entorno da área de nascentes, e também do carreamento de areia para os canais de captação do manancial.

Outra medida que deverá ser realizada com extrema urgência é a limpeza dos canais das lagoas, retirando as plantas aquáticas responsáveis pelo acúmulo de matéria orgânica que contribuem para a deterioração da qualidade da água bruta. Propõe-se também a definição de intervalos corretos de limpeza das lagoas de armazenamento para evitar essa deterioração.

Em relação à ETA, uma tecnologia mais apropriada à qualidade da água bruta seria a filtração direta ascendente ou descendente, para a qual, a coagulação seria realizada no mecanismo de neutralização de cargas, requerendo menor dosagem do coagulante e, provavelmente, eliminando o uso de cal para ajuste do pH de coagulação.

3 ESTUDOS DE TRATABILIDADE DE ÁGUA E DOS RESÍDUOS GERADOS NA ETA

3.1 ESTUDO DE TRATABILIDADE DE ÁGUA

A partir da análise do sistema de abastecimento existente e das informações coletadas, o estudo de tratabilidade de água torna-se imprescindível para a proposição de melhorias imediatas para a ETA, visando garantir a produção de água de qualidade para a população.

Para o estudo foram considerados: o tratamento existente na ETA de Bariri, tecnologia de ciclo completo e as características da água do manancial São Luiz (em duas épocas distintas).

3.1.1 Definição das águas de estudo

As águas de estudo foram definidas a partir do estudo estatístico dos dados de turbidez, de cor aparente e do pH da água bruta registrados no histórico de 2013 e fornecidos pela SAEMBA. Os comportamentos dessas variáveis são observados nas Figuras 3.1 a 3.3, respectivamente.

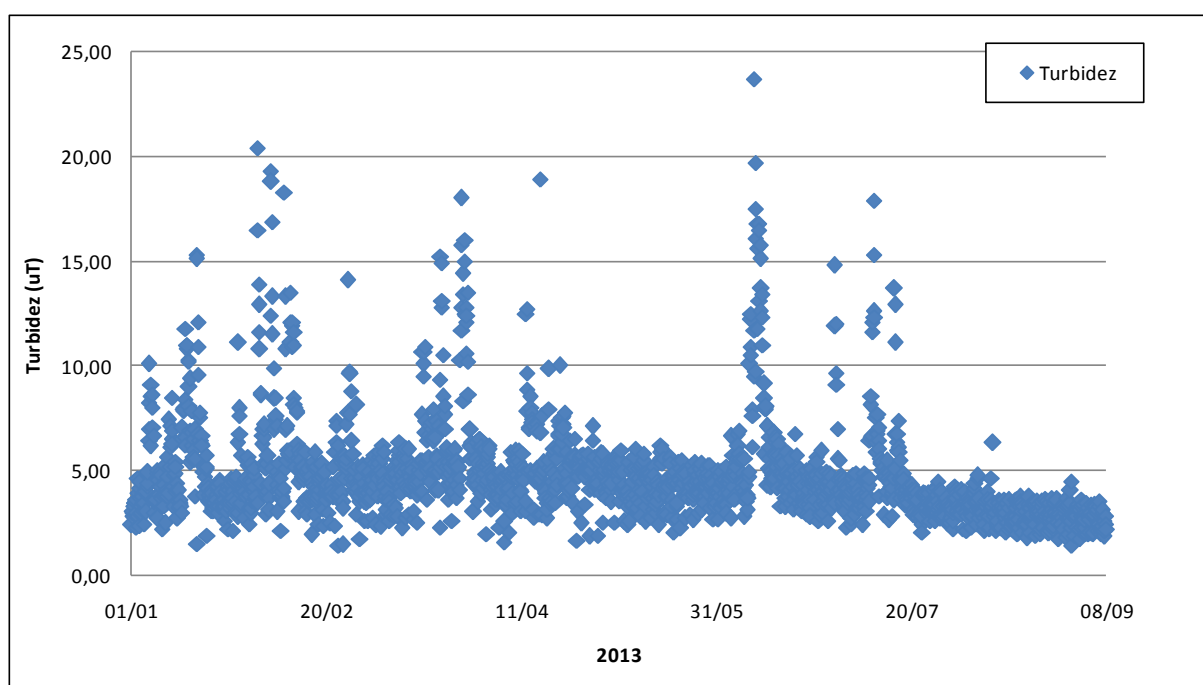


Figura 3.1– Variação da turbidez da água bruta do manancial São Luiz em 2013

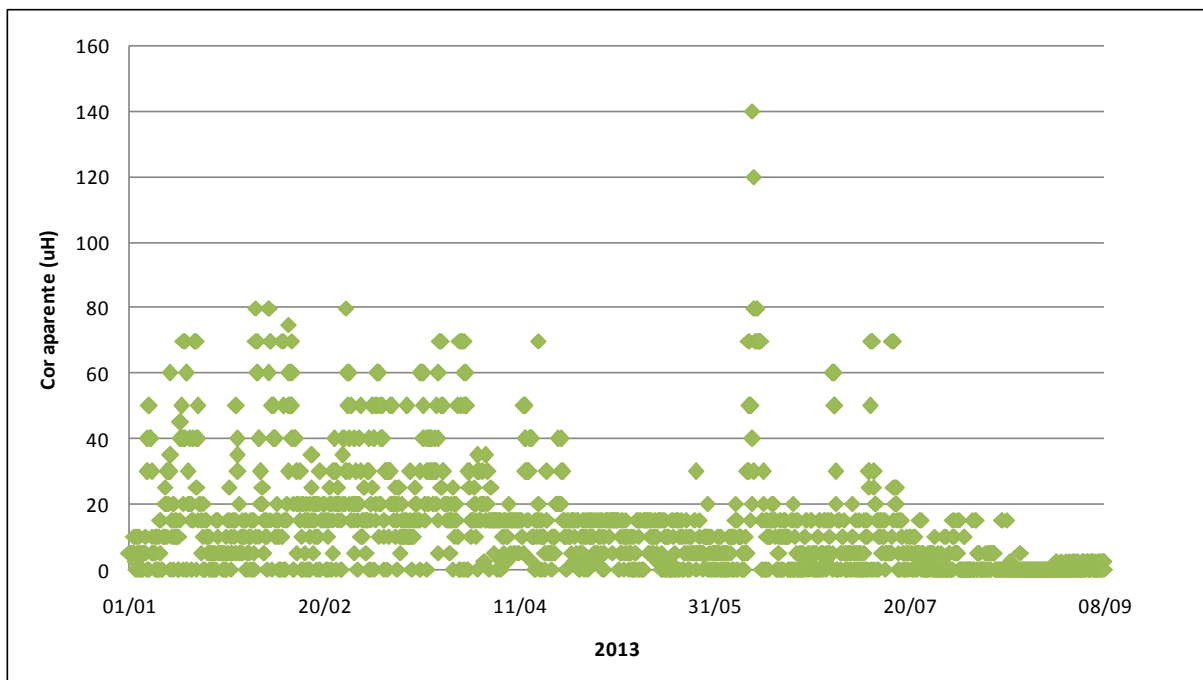


Figura 3.2 – Variação da cor aparente da água bruta do manancial São Luiz em 2013

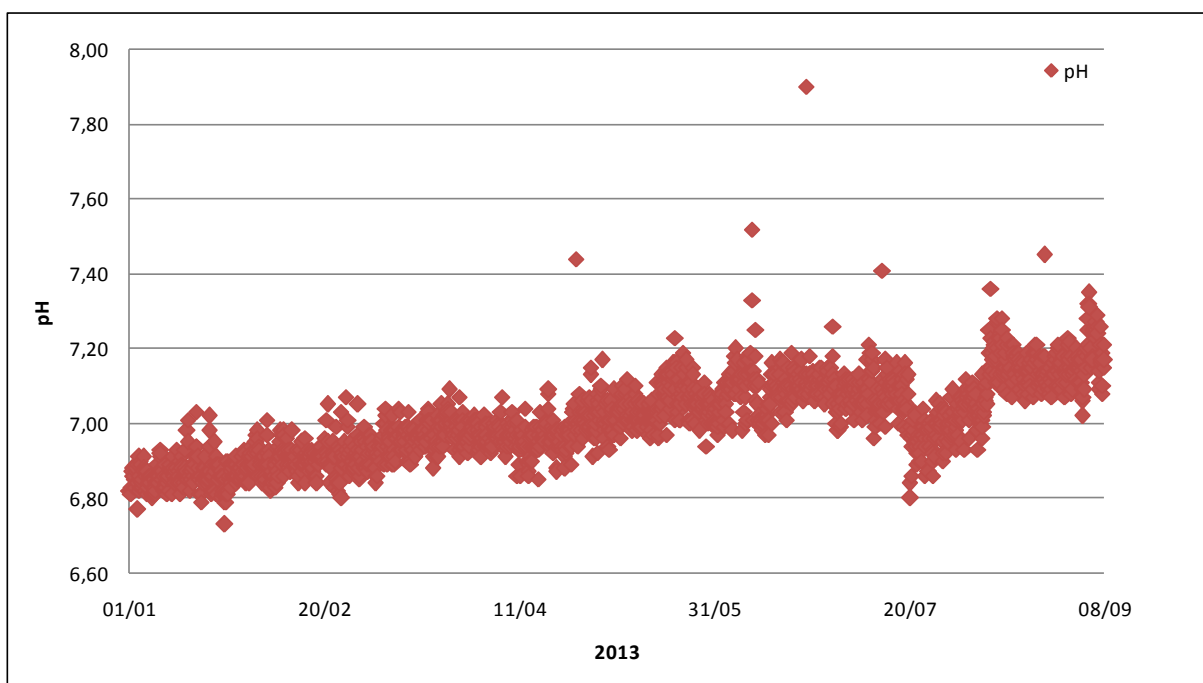


Figura 3.3 – Variação do pH da água bruta do manancial São Luiz em 2013

Observa-se na Figura 3.1 que a turbidez da água bruta, na maior parte do tempo, permaneceu entre 3 e 5 uT e o maior pico observado foi em torno de 25 uT. Assim, para o estudo de tratabilidade, optou-se por trabalhar com duas águas de estudo:

- Água de estudo I: com turbidez em torno de 4 uT e representativa do período de estiagem; e



- Água de estudo II: com turbidez em torno de 25 uT, representativa do período de chuvas intensas, período crítico.

Foram realizados ensaios com dois coagulantes: o PAC e o cloreto férrico. As características dos coagulantes utilizados são:

- PAC 1060 do fabricante KEMIRA, produto comercial com densidade relativa entre 1,240 e 1,300 g/cm³, porcentagem de alumina entre 9 e 11% e basicidade acima de 60%;
- Cloreto férrico PIX -111 do fabricante KEMIRA, produto comercial líquido com densidade relativa entre 1,390 e 1,450 g/cm³, porcentagem de FeCl₃ de 38%.

3.1.2 Coleta e preparação das águas de estudo

Para a obtenção das águas de estudo, coletou-se a água bruta afluyente à ETA, sendo esta representativa do período de estiagem, com características referentes à água de estudo I.

Para o preparo da água de estudo II, coletou-se uma amostra do sedimento da captação a fim de simular a água suja dos períodos críticos. O sedimento coletado foi diluído com água bruta e o sobrenadante coletado para o preparo da água de estudo II, com turbidez de 25 uT, representativa do período de chuvas intensas. A Figura 3.4 apresenta a foto do local de coleta do sedimento e da água de estudo II que foi preparada.



Figura 3.4– Local de coleta do sedimento e água de estudo II preparada com turbidez ~25 uT

3.1.3 Caracterização das águas de estudo

Além da caracterização realizada no dia do ensaio, uma amostra de cada água de estudo foi coletada para sua completa caracterização (físico-química e microbiológica). Os resultados obtidos para os parâmetros analisados são apresentados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Caracterização físico-química e microbiológica das águas de estudo

Parâmetros	Valores para água de estudo I	Valores para água de estudo II
pH	6,91	6,82
Cor Aparente (uH)	17	58
Cor Verdadeira (uH)	8	12
COT (mg/L)	10,02	11,85
Abs UV 254 nm (cm ⁻¹)	0,047	0,072
Turbidez (uT)	4,13	24,9
Condutividade Elétrica (µS/cm)	66,15	68,83
Dureza Total (mg/L CaCO ₃)	30	30
Alcalinidade Total (mg/L CaCO ₃)	50	51
Sulfato (mg/L)	< 1	1
N Amoniacal (mg/L NH ₃)	< 0,01	0,03
Nitrato (mg/L NO ₃)	0,04	0,17
Nitrito (mg/L NO ₂)	< 0,001	< 0,001
Fosfato (mg/L PO ₄)	0,3	0,4
Óleos e graxas (mg/L)	< 2	< 2
Sólidos sedimentáveis (mL/L.h)	< 0,1	0,1
Sólidos Totais (mg/L)	78	102
Sólidos Totais Fixos (mg/L)	58	64
Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	20	38
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	7	22
Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	1	17
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	6	5
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	71	80
Sólidos Dissolvidos Fixos (mg/L)	57	47
Sólidos Dissolvidos Voláteis (mg/L)	14	33
Surfactantes (mg/L LAS)	< 0,1	< 0,1
Alumínio (mg/L)	0,23	0,59
Bário (mg/L)	< 0,005	< 0,005
Cádmio (mg/L)	0,001	0,005
Cobre (mg/L)	< 0,003	< 0,003
Cromo (mg/L)	0,016	0,010
Chumbo (mg/L)	< 0,01	< 0,01
Ferro (mg/L)	0,277	0,391
Manganês (mg/L)	< 0,003	< 0,003
Níquel (mg/L)	< 0,008	< 0,008
Prata (mg/L)	< 0,001	0,002
Zinco (mg/L)	0,009	0,020
Sódio (mg/L)	3,3	3,4
Coliformes totais (NMP/100 mL)	Ausente	3,8 x 10 ³
E. Coli (NMP/100 mL)	Ausente	Ausente



3.1.4 Ensaio com a água de estudo I

Os ensaios de coagulação, floculação, sedimentação e filtração foram feitos no laboratório da ETA de Bariri. Foram utilizados os seguintes equipamentos/acessórios: jarreste, filtros de papel Whatman 40, turbidímetro, colorímetro, potenciômetro, vidrarias diversas etc., todos do acervo da Hidrosan.

A água de estudo I foi coletada antes da aplicação de produtos na ETA. No dia da coleta, foram feitas algumas medidas, listadas a seguir:

- Turbidez: 4,13 uT;
- Cor aparente: 3,4 uH;
- pH: 6,41 a 6,54;
- Temperatura: 20 a 23,5 °C.

As condições do ensaio, considerando a água de estudo e o funcionamento da ETA, foram:

- Mistura rápida: $T_{mr} = 5$ s; $G_{mr} = 1000$ s⁻¹ = 465 a 495 rpm;
- Floculação: $T_f = 25$ min; $G_f = 15$ s⁻¹ = 24 a 26 rpm;
- Sedimentação: $V_{s1} = 1,5$ cm/min, $V_{s2} = 2,5$ cm/min, $V_{s3} = 3,5$ cm/min;
- Filtração: filtro de papel Whatman 40.

3.1.4.1 PAC

Foram avaliadas diversas dosagens do coagulante PAC a fim de identificar a melhor condição de coagulação. A Figura 3.5 apresenta uma foto do ensaio realizado com a água de estudo I e coagulante PAC.

Na Tabela 3.2 e na Figura 3.6 são apresentados os resultados do ensaio de coagulação-floculação e sedimentação com PAC. Destaca-se a condição escolhida, com dosagem de PAC de 14,0 mg/L, resultando em turbidez da água filtrada de 0,11 uT e cor aparente de 12,1 uH.



Figura 3.5 - Foto do ensaio com a água de estudo I e uso do PAC como coagulante

Tabela 3.2 - Resultados do ensaio de coagulação, floculação e sedimentação com PAC no tratamento da água de estudo I

Dosagem de PAC (mg/L)	Água coagulada	Água decantada			Água filtrada	
	pH de coagulação	V_{s1} (1,5 cm/min)	V_{s2} (2,5 cm/min)	V_{s3} (3,5 cm/min)	Turbidez (uT)	Cor aparente (uH)
		Turbidez (uT)	Turbidez (uT)	Turbidez (uT)		
-	6,55	4,21	3,97	4,00	-	-
2,0	6,51	4,05	3,99	3,89	-	-
4,0	6,51	4,04	4,22	4,09	-	-
6,0	6,52	4,15	4,18	4,13	-	-
8,0	6,50	3,93	4,07	3,87	-	-
10,0	6,51	3,98	3,05	2,50	0,31	12,3
12,0	6,59	3,48	3,26	1,71	0,20	11,8
14,0	6,56	3,49	2,19	1,81	0,11	12,1
16,0	6,55	3,10	2,16	1,31	0,14	19,6
18,0	6,52	2,67	1,53	1,21	0,14	18,0
20,0	6,57	2,56	1,87	1,27	0,13	19,3
22,0	6,55	2,25	1,54	1,19	0,10	13,0

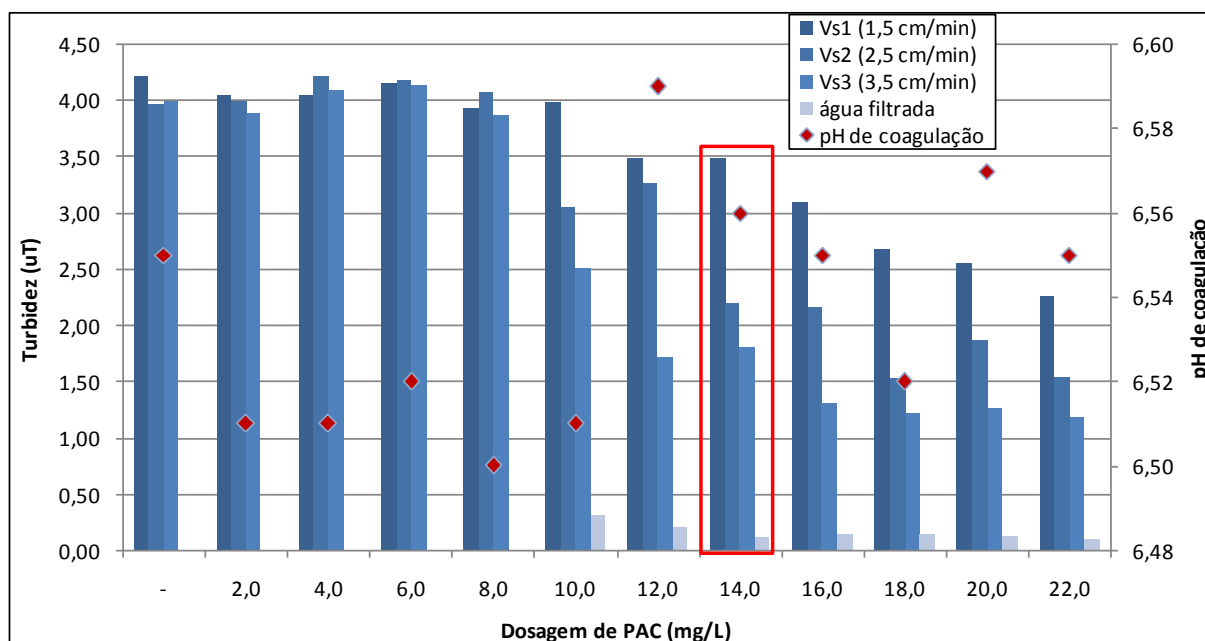


Figura 3.6 - Turbidez das águas decantada e filtrada e pH de coagulação em função da dosagem de PAC para a água de estudo I

Pela análise dos resultados, observa-se que a partir da dosagem de 8,0 mg/L de PAC foram obtidos valores de turbidez da água decantada abaixo de 3,0 uT para V_{s3} (3,5 cm/min). Valores de turbidez da água filtrada abaixo de 0,5 uT foram obtidos a partir da dosagem de PAC de 10,0 mg/L.

Para comparação entre os coagulantes, foi selecionada a dosagem de PAC de 14,0 mg/L, cujos resultados foram 0,11 uT de turbidez e 12,2 uH de cor aparente na água filtrada, valores inferiores aos estabelecidos pela Portaria MS 2914 de 2011.

A Tabela 3.3 apresenta os resultados das análises de metais e carbono orgânico total realizados para a amostra que obteve melhor eficiência de remoção da turbidez das águas decantada e filtrada.

Tabela 3.3– Resultado da análise de metais e carbono orgânico total – Água de estudo I (PAC)

Parâmetros	Água de estudo I - PAC (30 mg/L)	Valores máximos para metais estabelecido pela Portaria MS 2914/2011 (mg/L)
Carbono Orgânico Total (mg C/L)	12,47	-
Alumínio Total (mg Al/L)	< 0,001	0,2
Ferro Total (mg Fe/L)	< 0,005	0,3
Manganês Total (mg Mn/L)	< 0,003	0,1

3.1.4.2 Cloreto férrico

Foram avaliadas diversas dosagens do coagulante cloreto férrico a fim de identificar a melhor condição de coagulação. A Figura 3.7 apresenta uma foto do ensaio realizado com a água de estudo I com o uso do coagulante cloreto férrico.

Na Tabela 3.4 e Figura 3.8 são apresentados os resultados do ensaio de coagulação com o cloreto férrico. Destaca-se a condição escolhida, com dosagem de cloreto férrico de 21,0 mg/L, resultando em turbidez da água filtrada de 0,27 uT e cor aparente de 14,0 uH.

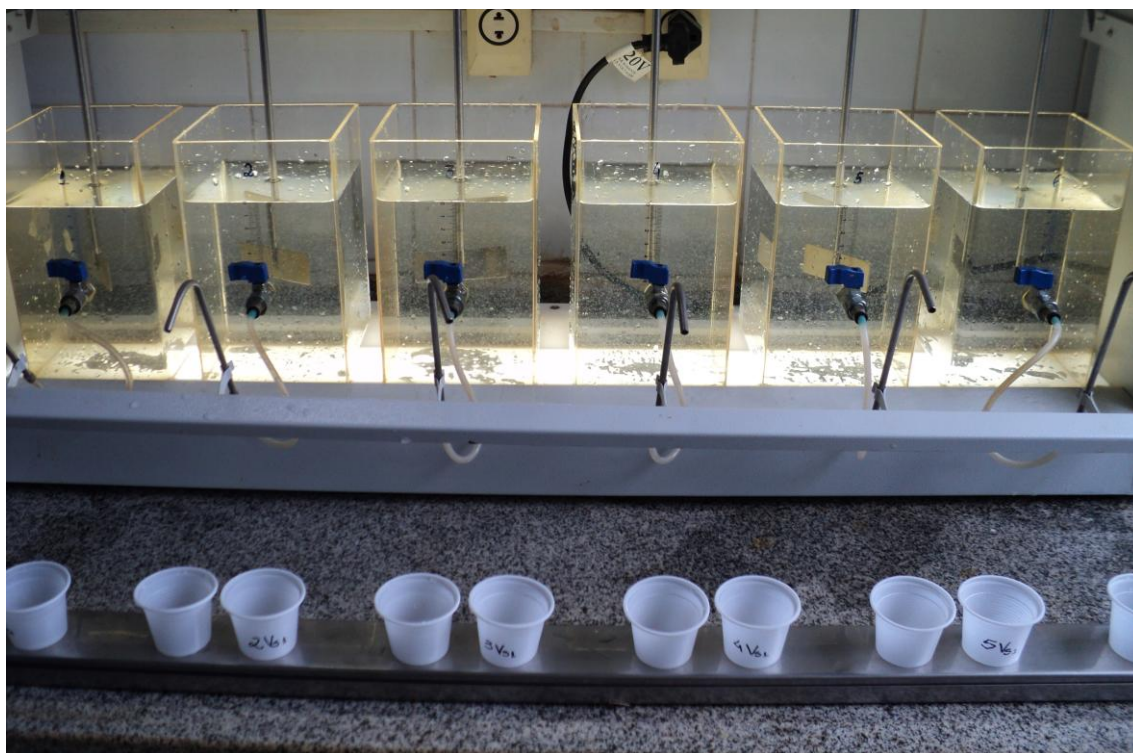


Figura 3.7 - Foto do ensaio com a água de estudo I e uso do cloreto férrico como coagulante

Tabela 3.4 - Resultados do ensaio de coagulação, floculação e sedimentação com cloreto férrico no tratamento da água de estudo I

Dosagem de cloreto férrico (mg/L)	Água coagulada	Água decantada			Água filtrada	
	pH de coagulação	V _{s1} (1,5 cm/min)	V _{s2} (2,5 cm/min)	V _{s3} (3,5 cm/min)	Turbidez (uT)	Cor aparente (uH)
		Turbidez (uT)	Turbidez (uT)	Turbidez (uT)		
-	6,45	3,40	3,42	3,40	-	-
9,0	6,38	3,70	3,62	3,69	-	-
12,0	6,34	3,96	3,89	3,91	-	-
15,0	6,31	3,93	3,85	3,84	-	-
18,0	6,30	2,97	1,58	1,18	0,27	14,0
21,0	6,31	1,76	0,80	1,41	0,28	6,7

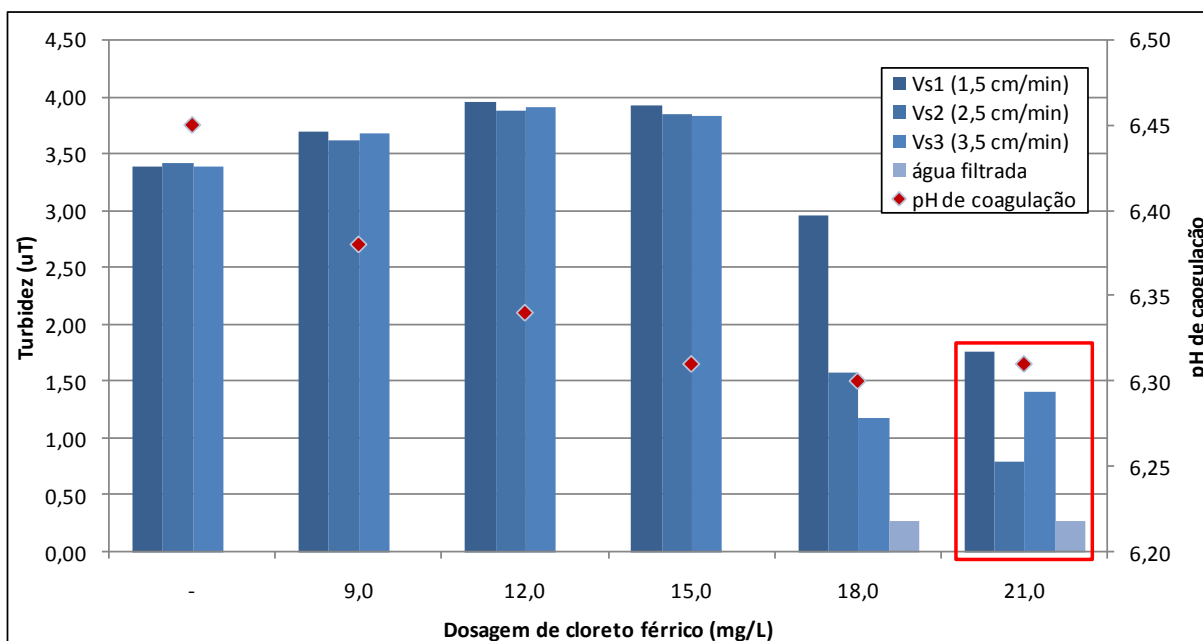


Figura 3.8 - Turbidez das águas decantada e filtrada e pH de coagulação em função da dosagem de cloreto férrico para a água de estudo I

Resultados de turbidez abaixo de 3,0 uT da água decantada (V_{s3}) e de 0,5 uT da água filtrada foram obtidos com dosagens acima de 18 mg/L do produto comercial líquido. Para comparação entre os coagulantes, foi escolhida a dosagem de cloreto férrico de 21 mg/L.

A Tabela 3.5 apresenta os resultados das análises de metais e de carbono orgânico total realizado para a amostra que obteve melhor eficiência de remoção de turbidez das águas decantada e filtrada.

Tabela 3.5– Resultado da análise de metais e carbono orgânico total – Água de estudo I (Cloreto férrico)

Parâmetros	Água de estudo I – Cloreto férrico (21 mg/L)	Valores máximos para metais estabelecido pela Portaria MS 2914/2011 (mg/L)
Carbono Orgânico Total (mg C/L)	12,86	-
Alumínio Total (mg Al/L)	< 0,001	0,2
Ferro Total (mg Fe/L)	< 0,005	0,3
Manganês Total (mg Mn/L)	< 0,003	0,1

3.1.5 Ensaio com a água de estudo II

Os ensaios realizados com a água de estudo II tiveram como objetivo avaliar o comportamento dos coagulantes estudados no tratamento da água de estudo II.

No dia da preparação, a água de estudo II apresentava as seguintes características:

- Turbidez: 23,9 uT;
- Cor aparente: 105 uH;
- pH: 6,64 a 6,71;
- Temperatura: 20 a 23,5 °C.

As condições do ensaio, considerando as características da água de estudo e o funcionamento da ETA, foram:

- Mistura rápida: $T_{mr} = 5$ s; $G_{mr} = 1000$ s⁻¹ = 465 a 495 rpm;
- Floculação: $T_f = 25$ min; $G_f = 20$ s⁻¹ = 32 a 34 rpm;
- Sedimentação: $V_{s1} = 1,5$ cm/min, $V_{s2} = 2,5$ cm/min, $V_{s3} = 3,5$ cm/min;
- Filtração: filtro de papel Whatman 40.

3.1.5.1 PAC

Foram avaliadas diversas dosagens do coagulante PAC a fim de identificar a melhor condição de coagulação. A Figura 3.9 apresenta uma foto do ensaio com a água de estudo II e coagulação com PAC.

Na Tabela 3.6 e na Figura 3.10 são apresentados os resultados do ensaio de coagulação com PAC. Em destaque os pontos de melhor resultado, com dosagem de PAC de 30,0 mg/L e turbidez da água filtrada de 0,27 uT.



Figura 3.9 - Foto do ensaio com a água de estudo II e uso do PAC como coagulante

Tabela 3.6 - Resultados do ensaio de coagulação, floculação e sedimentação com PAC no tratamento da água de estudo II

Dosagem de PAC (mg/L)	Água coagulada	Água decantada			Água filtrada	
	pH de coagulação	V_{s1} (1,5 cm/min)	V_{s2} (2,5 cm/min)	V_{s3} (3,5 cm/min)	Turbidez (uT)	Cor aparente (uH)
		Turbidez (uT)	Turbidez (uT)	Turbidez (uT)		
-	6,56	23,5	23,2	23,2	13,6	55,1
15,0	6,62	15,6	10,9	5,08	0,74	7,8
18,0	6,62	14,6	10,1	4,3	0,35	13,2
21,0	6,62	9,09	3,9	2,68	0,41	14,0
24,0	6,60	5,94	3,19	2,74	0,27	15,6
27,0	6,58	4,95	3,67	2,78	0,36	20,5
30,0	6,63	4,91	3,19	1,98	0,27	9,2
33,0	6,50	4,01	3,72	3,72	0,52	13,5
36,0	6,50	3,37	3,31	3,31	0,28	10,1

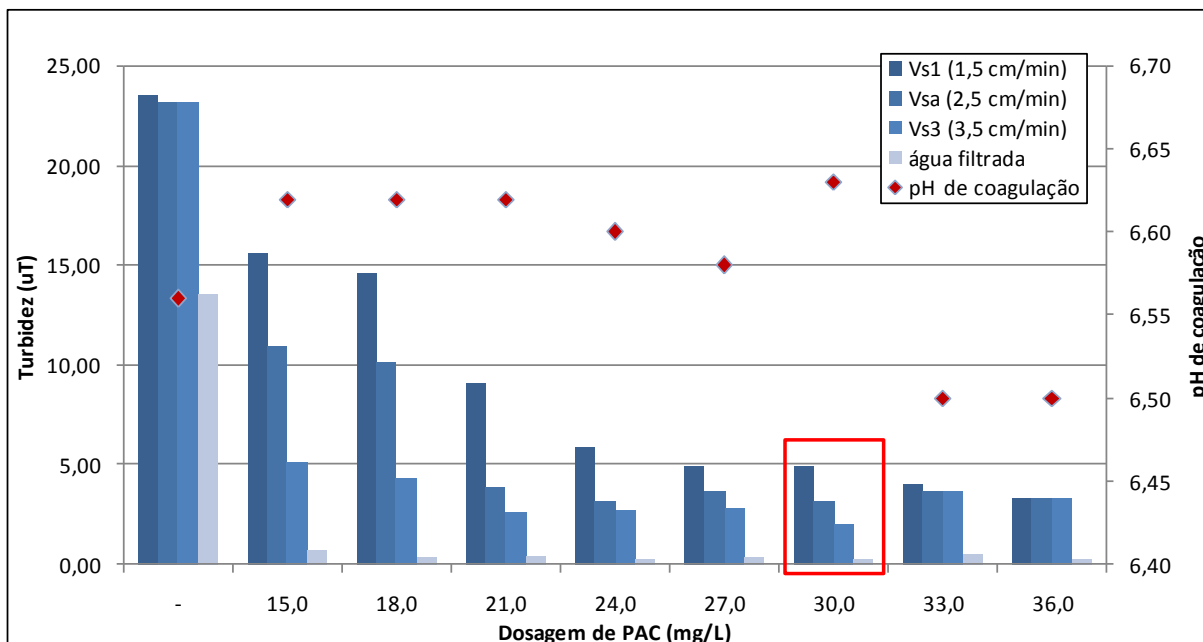


Figura 3.10 - Turbidez das águas decantada e filtrada e pH de coagulação em função da dosagem de PAC para a água de estudo II

Observa-se na Tabela 3.6 e Figura 3.10 que com as dosagens de PAC a partir de 30 mg/L foram obtidos valores de turbidez da água decantada inferiores a 5 uT para todas as velocidades de sedimentação estudadas. Com a dosagem de 30 mg/L, a turbidez da água filtrada resultou em 0,27 uT e a cor aparente em 9,2 uH, sendo esta dosagem escolhida para a comparação dos coagulantes.

A Tabela 3.7 apresenta os resultados das análises de metais e de carbono orgânico total realizados para a amostra que obteve melhor eficiência na remoção da turbidez.

Tabela 3.7– Resultado da análise de metais e carbono orgânico total – Água de estudo II (PAC)

Parâmetros	Água de estudo II - PAC (30 mg/L)	Valores máximos para metais estabelecido pela Portaria MS 2914/2011 (mg/L)
Carbono Orgânico Total (mg C/L)	11,65	-
Alumínio Total (mg Al/L)	< 0,001	0,2
Ferro Total (mg Fe/L)	< 0,005	0,3
Manganês Total (mg Mn/L)	< 0,003	0,1

3.1.5.2 Cloreto férrico

Foram avaliadas diversas dosagens do coagulante cloreto férrico a fim de identificar a melhor condição de coagulação no tratamento da água de estudo II. A Figura 3.11 apresenta uma foto do ensaio realizado com a água de estudo II e coagulante cloreto férrico.

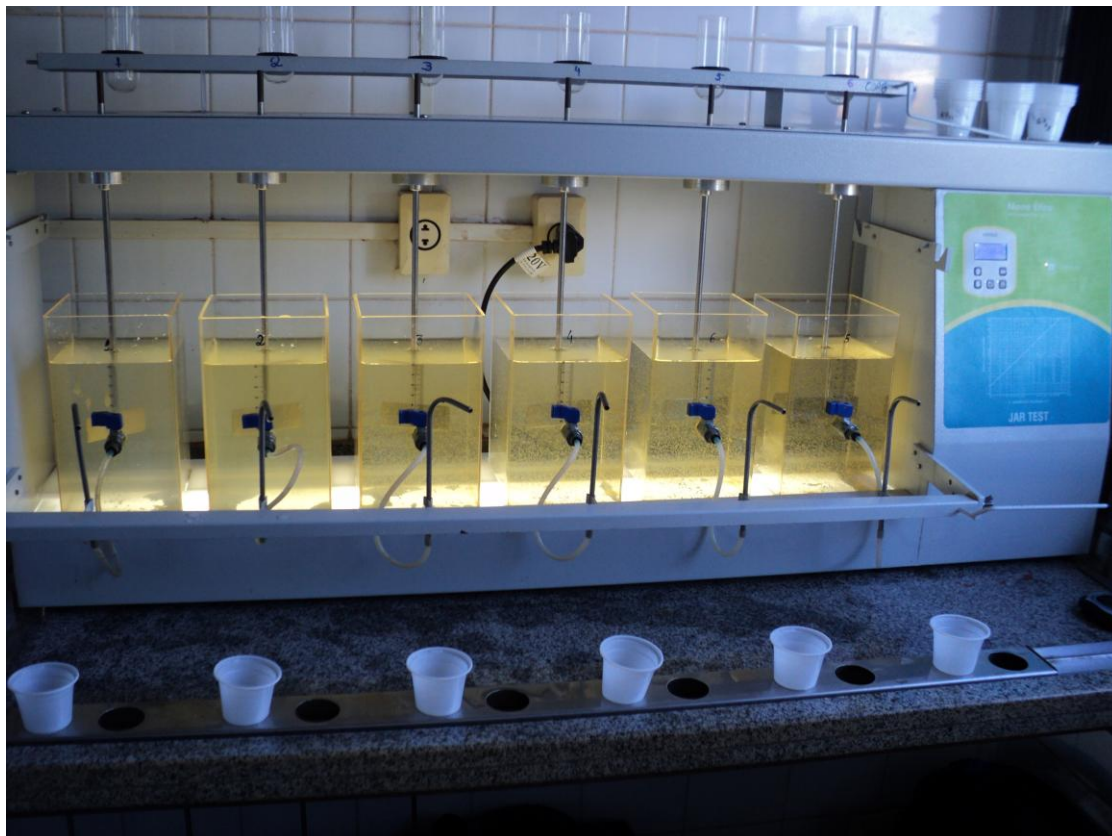


Figura 3.11 - Foto do ensaio com a água de estudo II e uso do cloreto férrico como coagulante

Na Tabela 3.8 e na Figura 3.12 são apresentados os resultados do ensaio de coagulação com cloreto férrico. Em destaque os pontos de melhor resultado, com dosagem de cloreto férrico de 36,0 mg/L e turbidez da água filtrada de 0,25 uT.

Tabela 3.8 - Resultados do ensaio de coagulação com cloreto férrico em ciclo completo com a água de estudo II

Dosagem de cloreto férrico (mg/L)	água coagulada	água decantada			Água filtrada	
	pH de coagulação	V_{s1} (1,5 cm/min)	V_{s2} (2,5 cm/min)	V_{s3} (3,5 cm/min)	Turbidez (uT)	Cor aparente (uH)
		Turbidez (uT)	Turbidez (uT)	Turbidez (uT)		
24,0	6,43	14,8	10,40	10,20	4,18	13,3
27,0	6,38	5,44	4,55	3,88	0,94	6,9
30,0	6,34	3,85	4,41	3,09	0,62	10,5
33,0	6,33	2,63	2,03	1,77	0,54	10,2
36,0	6,48	4,01	2,46	1,57	0,25	10,7

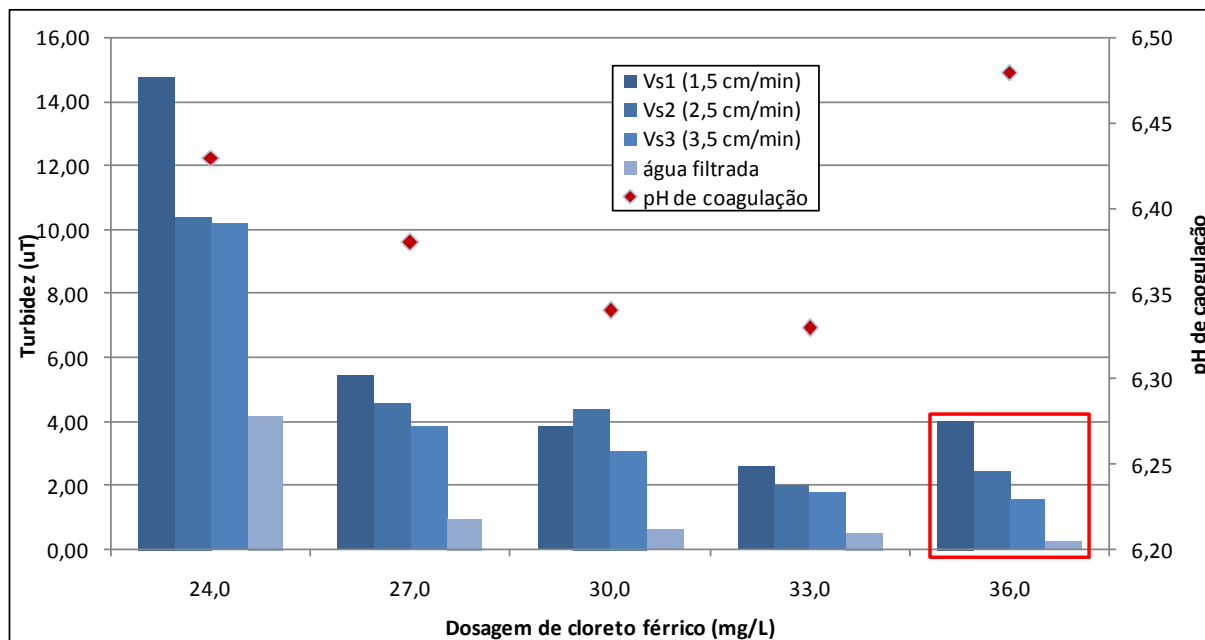


Figura 3.12 - Turbidez das águas decantada e filtrada e pH de coagulação em função da dosagem de cloreto férrico para a água de estudo II

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 3.8 e Figura 3.12, com as dosagens de cloreto férrico a partir de 30 mg/L foram obtidos valores de turbidez da água decantada inferiores a 5,0 uT para todas as velocidades de sedimentação estudadas. Com a dosagem de 36 mg/L, a turbidez da água filtrada resultou em 0,25 uT e a cor aparente em 10,7 uH, sendo esta dosagem escolhida para comparação dos coagulantes.

Assim como observado para a água de estudo I, não houve a necessidade de aplicação de alcalinizante para ajuste do pH de coagulação. A alcalinidade natural da água do manancial São Luiz foi suficiente para manter o pH de coagulação na faixa adequada para tal processo.

A Tabela 3.9 apresenta os resultados das análises de metais e carbono orgânico total realizados para a amostra que obteve melhor eficiência de remoção de turbidez.

Tabela 3.9– Resultado da análise de metais e carbono orgânico total – Água de estudo II (Cloreto férrico)

Parâmetros	Água de estudo II – Cloreto férrico (36 mg/L)	Valores máximos para metais estabelecido pela Portaria MS 2914/2011 (mg/L)
Carbono Orgânico Total (mg C/L)	9,86	-
Alumínio Total (mg Al/L)	< 0,001	0,2
Ferro Total (mg Fe/L)	0,009	0,3
Manganês Total (mg Mn/L)	< 0,003	0,1

3.1.6 Estabilização final da água

Foi realizado o ensaio de ciclo completo (coagulação, floculação, sedimentação e filtração) com as condições de coagulação com o PAC para verificação da estabilização final da água. As condições do ensaio foram:

- Coagulante: PAC (dosagem de 14 mg/L);
- Mistura rápida: $T_{mr} = 5$ s; $G_{mr} = 1000$ s⁻¹;
- Floculação: $T_f = 25$ min.; $G_f = 20$ s⁻¹;
- Filtração: taxa de filtração de 50 a 70 m/d e tempo de filtração de 20 min;
- Parâmetros de controle da água filtrada: alcalinidade, dureza, sólidos dissolvidos totais e pH (após adição de diferentes dosagens de cal para elevação do pH final).

Na Tabela 3.10 são apresentados os resultados da estabilização final da água de estudo I após o tratamento em ciclo completo. De acordo com os resultados apresentados, para as condições estudadas, o índice de estabilização de Langelier (IEL) resultou positivo com a elevação do pH para 9,0. Sendo assim, o pH para estabilização deverá estar compreendido na faixa de 8,5 a 9,0.

Tabela 3.10 - Resultado do ensaio de estabilização final da água filtrada

Características da água filtrada	Sem adição de cal	Com adição de 0,96 mg/L de cal	Com adição de 1,76 mg/L de cal	Com adição de 3,76 mg/L de cal
pH observado	7,25	7,98	8,42	9,00
Temperatura (°C)	25	25	25	25
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	50	53	57	66
Dureza (mg CaCO ₃ /L)	26	32	36	42
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	66	67	68	73
(pK2-pKs)	2,09	2,09	2,09	2,11
pAlc	3,00	2,97	2,95	2,85
pCa	3,56	3,50	3,44	3,38
pH sat	8,65	8,56	8,48	8,34
IEL	- 1,40	- 0,58	-0,06	+ 0,66
	Água agressiva	Água agressiva	Água Agressiva	Água estabilizada

3.1.7 Estimativa da massa seca de lodo

Para a estimativa da massa seca de lodo gerada no tratamento foi realizado um ensaio de coagulação em jarteste somente para as condições de dosagem dos coagulantes PAC e cloreto férrico

que obtiveram as maiores eficiências de remoção de turbidez e de cor aparente para as duas águas de estudo. As condições do ensaio foram:

- Coagulante: PAC e cloreto férrico;
- Mistura rápida: $T_{mr} = 5 \text{ s}$; $G_{mr} = 1000 \text{ s}^{-1}$;
- Floculação: $T_f = 25 \text{ min.}$; $G_f = 20 \text{ s}^{-1}$;
- Parâmetros de controle: sólidos suspensos totais (SST) da água coagulada

As dosagens de coagulantes utilizadas para cada água de estudo e os resultados da estimativa de massa seca de lodo são apresentados na Tabela 3.11.

Tabela 3.11– Resultado da estimativa de massa seca de lodo

Parâmetro	água de estudo I		água de estudo II	
	PAC (14 mg/L)	Cloreto férrico (21 mg/L)	PAC (30 mg/L)	Cloreto férrico (36 mg/L)
SST (mg.L^{-1})	8	12	28	32

Conforme os dados apresentados na Tabela 3.11, a estimativa de massa seca de lodo resultou valor quando se utilizou o PAC como coagulante, sendo 8 mg SST/L e 28 mg SST/L para as águas de estudo I e II, respectivamente.

Considerando a vazão de 100 L/s e 17 horas de funcionamento da ETA por dia, pode-se estimar a produção diária de massa seca, sendo os valores apresentados na Tabela 3.12.

Tabela 3.12– Resultado da estimativa de massa seca de lodo

Parâmetro	água de estudo I		água de estudo II	
	PAC (14 mg/L)	Cloreto férrico (21 mg/L)	PAC (30 mg/L)	Cloreto férrico (36 mg/L)
Massa seca (Kg/dia)	48,96	73,44	171,36	195,84



4 CONCLUSÕES PRELIMINARES

Conforme o cronograma proposto e apresentado na Tabela 4.1, as próximas atividades a serem desenvolvidas pela equipe da Hidrosan para o Plano Diretor de Água do Município de Bariri são da ETAPA C, que compreende a projeção populacional e a projeção da demanda de água.

Ademais, os ensaios de tratabilidade de água bruta do manancial São Luiz e quantificação dos resíduos gerados na ETA serão utilizados para embasar os parâmetros de ante-projeto adotados na Etapa D.



Tabela 4.1 – Cronograma específico para elaboração do Plano Diretor de Água do Município de Bariri

ETAPA	Atividades	Mês																									
		1		2		3		4		5		6		7		8											
ETAPA A	Finalizada	█	█	█	█	█	█	█	█																		
ETAPA B	Finalizada				█	█	█	█	█	█	█																
ETAPA C	C1. Projeção populacional							█	█																		
	C2. Projeção da demanda de água Balanço Hídrico							█	█	█	█																
	C3. Elaboração e entrega do Relatório R03									█	█	█															
	C4. Reunião para apresentação e consolidação dos resultados											█															
ETAPA D	D1. Concepção da reforma da ETA existente e do Sistema de Tratamento de Resíduos Gerados na ETA											█	█	█													
	D2. Concepção do sistema de distribuição e de reservação													█	█	█	█										
	D3. Elaboração e entrega do relatório R04																										
	D4. Reunião para apresentação e consolidação dos resultados																										
ETAPA E	E1. Elaboração do texto final da alternativa escolhida																										
	E2. Elaboração de cronograma orçamentário de implantação																										
	E3. Elaboração e entrega do relatório final																										
	E4. Reunião para apresentação e consolidação dos resultados																										

5 BIBLIOGRAFIA

ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; NICOLAU, M. C.; MOREIRA, D. C.; CARVALHO, A. M. Estudo da recarga na área de afloramento do sistema aquífero guarani na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Tietê/Jacaré, região central do estado de São Paulo: resultados preliminares. XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. São Luís, MA, 2010.

BIBLIOTECA VIRTUAL DO GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Caracterização do Território Paulista. Trecho extraído do Anuário Estatístico do Estado de São Paulo. Fundação SEADE, 2002. Disponível em: < <http://www.bibliotecavirtual.sp.gov.br/pdf/saopaulo-caracterizacaodoterritorio.pdf> > Acessado em 12 de Dezembro de 2013

BRASIL. Ministério da Saúde. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Portaria n. 2.914, de 12 de Dezembro 2012.

CAVAGUTI, N., SILVA, F.P. (1992) Gestão dos Recursos Hídricos Subterrâneos na cidade de Bauru – SP, Face as Características Hidrogeológicas Especiais da Região. 7º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, p. 74 – 79, Belo Horizonte.

CETESB - Áreas Contaminadas e Reabilitadas no Estado de São Paulo - Dez 2012; <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/areas-contaminadas/2012/.pdf>

CLEARY, ROBERT W. Águas Subterrâneas. Florida: Princeton Groundwater, 2007. 112 p.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ-JACARÉ. Relatório de Situação dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré. Araraquara, 2009. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/RELATORIO/CRH/CBH-TJ/1323/relatorio%20de%20situacao%202009.pdf>> Acessado em 13 de Dezembro de 2013.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/>> Acessado em 13 de Dezembro do 2013.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Relatório de Qualidade das águas superficiais no Estado de São Paulo. 2012. Disponível em < <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/> > Acessado em 17 de Dezembro do 2013.



CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução Nº 357, de 17 de Março de 2005. Disponível em < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf> > Acessado em 30 de Janeiro de 2014.

DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA, Manual de Operação e Manutenção de Poços - DAEE, São Paulo, 1982, 2ª Ed, 90 p.

DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA DO ESTADO DE SÃO PAULO – Instrução Técnica - DPO - 006 de 03.08.2012. Disponível no site DAEE: www.dae.sp.gov.br

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. (2005) Métodos e técnicas de tratamento de água. 2ª Edição. São Carlos: Rima

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P. E. N. (2011). Tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água. São Carlos, SP, Brasil. LDiBe

DRISCOLL, F.G.. Groundwater and wells. 2ª Ed., Johnson Screens, St. Paul, Minnesota, 1995. 1089 p.

FOSTER, S.S.D.A e HIRATA, R.C.A. *Groundwater pollution risk evaluation: the methodology using available data*. Lima: CEPIS/PAHO/WHO, 1998. 78P

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS (SEADE). Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/>> Acessado em 16 de Dezembro de 2013.

GONÇALES, V.G; GIAMPÁ, C.E.Q, Águas Subterrâneas e Poços Tubulares Profundos, 1ª Ed., São Paulo, 2006 – SP, 501 p.

GONÇALVES, V.G; MARIANO, I.B; SOUZA FILHO, M.N; GIAMPÁ, C.E.Q - Manual de Perfuração de Poços Tubulares para Investigação e Captação de Água Subterrânea no Sistema Aquífero Guarani, 1ª edição, Montevideu, 2007.

HIRATA, R.C.A & NUNES DA SILVA, A. 1999. Mapa hidrogeológico da Bacia do Alto Tietê. In: Macedo, A. (coord.). Banco de Dados Espaciais da Bacia do Alto Tietê. LIG-IGc-USP. São Paulo; www.geolig.igc.usp.br



IG, Projeto Ambiental Estratégico Aquíferos : Síntese das atividades período 2007 – 2010 / Mara Akie Iritani, Luciana Martin Rodrigues Ferreira, Amélia João Fernandes, Sibebe Ezaki, São Paulo IG - Instituto Geológico, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/>> Acessado em 16 de Dezembro de 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2009 -Censo Populacional do Brasil - Rio de Janeiro- RJ,: IBGE, 2009.

IPT Manual de Métodos para Interpretação de Ensaios de Aquífero. Relatório Técnico N° 25.999, São Paulo, 1988.

IRITANI, M.A; EZAKI, S. (IG/SMA). Cadernos do Projeto Ambiental Estratégico Aquíferos: Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Geológico. São Paulo, 2010. Número 2. 48p.

IRITANI, M.A; EZAKI, S; AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE SÃO PAULO; São Paulo : Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SMA, 2009.; 104 p, 2a. edição.

MAPA GEOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1:500.000, 1981 - IPT

MARTINS NETTO, J.P.G; FRANCO F., F.W.B., BIANCHI NETO, C., : Aumento da Produção de Água, Redução do Consumo de Energia Elétrica e Recuperação de Investimentos, Através da Manutenção e Desincrustação Química em Poços, com a Utilização de Produtos a Base de Orto-Fosfatos Ácidos, XVIII - AESABESP , São Paulo, 2007.

MARTINS NETTO, J.P.G; FRANCO F., F.W.B., BIANCHI NETO, C.; A Desincrustação Química e Recuperação de Poços no Aquífero Guarani, com 1.460 e 1605 m de Profundidade, Através da Utilização do NO RUST. XXIII AESABESP, São Paulo, 2012.

MARTINS NETTO, J.P.G.; CARNEIRO, S.R.C, Inovações Nos Processos de Desenvolvimento de Poços Profundos - XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Natal, 2008, - 2002, CD-ROM

MARTINS NETTO, J.P.G; Planejamento, Construção de Poços Tubulares Profundos e Testes e Bombeamento. ONU/UNESCO - ANA - Agência Nacional de Águas, Brasil, 2011.



PAULA E SILVA, F. de, CAVAGUTI, N. (1994) Nova Caracterização Estratigráfica e Tectônica do Mesozóico na Cidade de Bauru – SP. Geociências, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 83-99.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BARIRI. Lei Complementar nº 39, de 09 de Outubro de 2006, institui o Plano Diretor de Bariri. Disponível em:

<http://www.leinasnuvens.com.br/legislacao/SP/bariri/l_comp/2006/outubro/39.php>

Acessado em 10 de Janeiro de 2014.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Revista do Departamento de Geografia. Universidade de São Paulo, 1996. Disponível em: <<http://citrus.uspnet.usp.br/rdg/ojs/index.php/rdg/article/view/196>> Acessado em 12 de Dezembro de 2013.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES PARA GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO (SigRH). Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/>> Acessado em 13 de Dezembro de 2013.

TSUTIYA, M. T. (2004). Abastecimento de água. 1e. São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

www.hidrosanengenharia.com.br



Av. São Carlos, 2205, r. 106
Zip Code. 13560-900
São Carlos SP Brazil
phone +55 16 3371 3466

Av. São Carlos, 2205, sl.106
CEP: 13560-900
São Carlos SP
tel. 16 3371 3466