



Universidade Federal
do Rio de Janeiro

Escola Politécnica

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE PRODUTOS QUÍMICOS NA
COAGULAÇÃO DA ÁGUA PRODUZIDA NA ETA DO AEROPORTO
INTERNACIONAL DO RIO DE JANEIRO COM VISTAS À
REDUÇÃO DOS SEUS CUSTOS

Nayane Alves Pereira dos Santos

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientadora: Iene Christie Figueiredo

Rio de Janeiro

Fevereiro de 2011

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE PRODUTOS QUÍMICOS NA
COAGULAÇÃO DA ÁGUA PRODUZIDA NA ETA DO AEROPORTO
INTERNACIONAL DO RIO DE JANEIRO COM VISTAS À
REDUÇÃO DOS SEUS CUSTOS

Nayane Alves Pereira dos Santos

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE
ENGENHARIA AMBIENTAL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO AMBIENTAL.

Examinada por:

Prof^a. Iene Christie Figueiredo, D.Sc.

Prof. Eduardo Pacheco Jordão, Dr.Eng.

Maria Cristina Treitler Paixão, Esp. Engenharia do Meio
Ambiente.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

Dos Santos, Nayane Alves Pereira

Avaliação do desempenho de produtos químicos na coagulação da água produzida na ETA do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro com vistas à redução dos seus custos/ Nayane Alves Pereira dos Santos. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2011.

xii, 45 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadora: Iene Christie Figueiredo

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/
Curso de Engenharia Ambiental, 2011.

Referencias Bibliográficas: p. 44-45.

1.Tratamento de Água 2.Fontes Alternativas. 3. Consumo de Água. 4.Padrão de potabilidade. 5.Jar Test. I. Iene Christie Figueiredo. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Ambiental. III. Título.

“Os problemas existentes não podem ser solucionados pelo
mesmo modelo mental que os criou”

Albert Einstein

iv

Dedico este trabalho à minha mãe, Rosemary Alves Pereira.
Seu apoio foi fundamental.

Agradecimentos

Em primeiro lugar à Deus, por ter me dado saúde para concluir minha faculdade.

Aos meus avós que sempre estiveram ao meu lado, mesmo não estando presentes. Eles dedicaram boa parte da vida a me dar carinho e atenção.

À minha mãe, que me instruiu e se dedicou a minha criação. Dando exemplo de vida, de perseverança e força, fez com que eu me tornasse uma pessoa íntegra e focada.

À toda minha família, pois esta é a minha base.

Ao Mario, por tornar a faculdade um lugar especial, por ser mais que um amigo e pela força nos momentos difíceis.

Aos meus amigos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Ao grupo do LEMA/ UFRJ que dedicou tempo a me ajudar e sem eles o trabalho não obteria resultados tão bons.

À empresa CDN Serviços de Água e Esgoto S.A., que colaborou para a realização deste trabalho, me permitindo um grande aprendizado. Seus funcionários, sempre aptos a ajudar, também merecem meus sinceros agradecimentos.

À minha orientadora, Iene Christie Figueiredo, que possibilitou a elaboração deste projeto final com prazer e com tranquilidade.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

Avaliação do desempenho de produtos químicos na coagulação da água produzida na ETA do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro com vistas à redução dos seus custos

Nayane Alves Pereira do Santos

Fevereiro/2011

Orientadora: Iene Christie Figueiredo

Curso: Engenharia Ambiental

A possível escassez de água está aumentando a tendência de se efficientizar a produção desta. Este trabalho visa avaliar o desempenho de produtos químicos na coagulação da água produzida na ETA do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro com vistas à redução dos seus custos. Para alcançar este objetivo, foi feita uma análise prévia do consumo de água no AIRJ. Foram feitos testes de jarros para determinar qual produto ou qual combinação de produtos resultaria em um melhor tratamento por menores custos. Dentre os produtos testados estão o sulfato de alumínio, policloreto de alumínio (PAC), Tan Floc SG, Tan Floc SL e Cal. Nestes testes também foram levados em consideração a quantidade de lodo que cada produto gerava em seu tratamento e a quantidade de alumínio presente neste. Foram analisados os resultados e assim determinou-se que a combinação de sulfato de alumínio com Tan Floc SG possibilita uma melhor coagulação da água bruta encontrada nos poços. Com a produção de água potável no AIRJ, seus gastos com a concessionária pública serão drasticamente reduzidos.

Palavras-chave: Fonte Alternativa de Água, Consumo de Água, Legislação, Potabilidade, Teste de Jarros.

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Engineer.

Performance evaluation of water chemicals coagulation at water treatment station of International Airport of Rio de Janeiro in order to reduce its cost

Nayane Alves Pereira dos Santos

February/2011

Advisor: Iene Christie Figueiredo

Course: Environmental Engineering

The possible shortage of water is increasing the tendency to search the efficiency of its production. This study aims to evaluate the performance of chemicals coagulation at water treatment station of International Airport of Rio de Janeiro in order to reduce its costs. To achieve this goal, a preliminary analysis of the consumption was made in IARJ. Jar tests were used to determine which product, or which combination of products, would result in a better treatment with lower costs. Among the tested products are aluminum sulfate, aluminum polychlorite (PAC), Tan Floc SG, Tan Floc SL and Cal. In these tests the amount of sludge generated by each product in its treatment and the amount of aluminum present in it was also taken into account. The results were analyzed and it was determined that the combination of aluminum sulfate and Tan Floc SG enables a better coagulation of the raw water found in the wells. With the production of potable water in IARJ, its expenditure with the public utility will be drastically reduced.

Keywords: Alternative Water Source, Water Consumption, Legislation, Potability, Jar Test.

Sumário

1	Introdução.....	1
2	Objetivo	2
3	Revisão Bibliográfica	3
3.1	A questão da Água no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro	3
3.2	A Portaria nº 518 e sua revisão	4
3.3	O Decreto Estadual nº 40.156/2006.....	10
3.4	Exploração de Água Subterrânea	12
3.5	Estação de Tratamento de Água do AIRJ.....	14
3.6	Ensaio de Jarros.....	21
3.7	Produtos Químicos	22
4	Metodologia	24
4.1	Protocolo do Jar Test.....	24
4.2	Testes Realizados	26
5	Resultados e discussões	30
6	Conclusões e Recomendações	43
7	Bibliografia.....	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Histograma da água no AIRJ	4
Figura 2: Localização da rede coletora, poços e reservatório principal.	13
Figura 3: Esquema da captação de água subterrânea.....	13
Figura 4: Localização da ETA	14
Figura 5: Estação de Tratamento de Água (ETA) do AIRJ.....	15
Figura 6: Fluxograma da Estação de Tratamento de Água.	17
Figura 7: Fase sólida da ETA.....	18
Figura 8: Leitões de Secagem da ETA.	19
Figura 9: Fluxograma hidráulico da estação de tratamento de água.	20
Figura 10: Equipamento do ensaio de jarros.....	21
Figura 11: Classificação das partículas.....	22
Figura 12: Galões de água bruta	24
Figura 13: Balde e barrilete de homogeneização das amostras.....	25
Figura 14: Diluição do PAC em um balão de 1 litro	26
Figura 15: Teste de jarros comparativo entre Tan Floc SL e Tan Floc SG	27
Figura 16: Jar Test da dosagem ótima de Cal.....	28
Figura 17: Potenciômetro.....	28
Figura 18: Ilustração de Cone graduado	30
Figura 19: Turbidez do Sulfato de Alumínio	31
Figura 20: Turbidez do PAC.....	31
Figura 21: Variação do pH com adição de Cal	32
Figura 22: Turbidez do Sulfato de Alumínio com Cal	33
Figura 23: Turbidez do PAC com Cal.....	33
Figura 24: Turbidez do Tan Floc SL.....	34
Figura 25: Comparação entre o Tan Floc SG e SL	35
Figura 26: Turbidez do Tan Floc SG	35

Figura 27: Turbidez da combinação de Sulfato de alumínio com Tan Floc SG	36
Figura 28: Jar Test dos melhores resultados	37
Figura 29: Jar Test dos melhores resultados aos 20min de decantação	37
Figura 30: Comparativo da atuação do PAC	38
Figura 31: Flocculação do sulfato de alumínio e do PAC	38
Figura 32: Flocos de sulfato de alumínio e de Pac após 20 min de decantação	39
Figura 33: Gráfico com os melhores resultados de Turbidez	40
Figura 34: Gráfico com os melhores resultados de Cor	40
Figura 35: Resultados do teste cone imhoff	41
Figura 36: Gráfico da quantidade de lodo em cada teste cone imhoff	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano	5
Tabela 2: Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção.....	6
Tabela 3: Padrão de aceitação para consumo humano	6
Tabela 4: Número mínimo de amostras para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas, química e radioatividade, em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial	8
Tabela 5: Frequência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas, química e radioatividade, em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial	9
Tabela 6: Condição de mistura rápida na calha Parshall	16
Tabela 7: Resultados da ETA no mês de julho de 2010.....	21
Tabela 8: Diluição do Tan Floc SG alterando a eficiência do tratamento	36
Tabela 9: Concentrações de sulfato de alumínio na combinação com Tan Floc SG e seus custos por mês.....	42
Tabela 10: Resumo dos resultados e seus custos por mês	43

1 Introdução

A Água é um recurso natural renovável, porém seu desperdício através do uso excessivo pelo homem em abastecimento doméstico, processos industriais e agrícolas e sua degradação principalmente causada por despejo de efluentes domésticos sem tratamento nos corpos d'água, tem tornado esse recurso esgotável.

A situação de aparente conforto hídrico em que o Brasil se encontra favorece o pensamento popular que considera a água como recurso abundante e inesgotável. A parcela de água doce disponível superficialmente é ínfima comparada ao total presente na terra, sendo esta de mais fácil captação deve-se evitar que seja contaminada, possibilitando assim seu uso.

Os investimentos em saneamento e a conscientização da população para a importância e para o valor da água devem ser priorizados, visando poupar os rios e lagos das cargas de esgoto doméstico que vem recebendo.

O estado do Rio de Janeiro atingiu o maior consumo médio per capita de água do país (236,3 l/hab.dia) no ano de 2008, 33% superior à média da região Sudeste e 56% maior que a média do país. De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2008) o Rio de Janeiro obteve um aumento no consumo de água por habitante de 14,8% em relação ao ano de 2007. Vale ressaltar que as perdas foram contabilizadas nestes dados.

Outro dado relevante presente neste documento é que a Região Sudeste apresentou em 2008 um índice total de coleta de esgoto de 66,6% enquanto o índice encontrado para o esgoto tratado foi de 36,1%. Isto significa que do total de esgoto gerado na região apenas um quarto (25%) vai vir a receber o devido tratamento antes de seu despejo final. Com isso, percebe-se que o relevante não é apenas a quantidade de água que se retira dos mananciais, mas também deterioração da qualidade de água em função da sua contaminação por lançamento de esgoto sem tratamento.

Este cenário estimula a busca de fontes alternativas para abastecimento, capazes de fornecer água de melhor qualidade, representando também uma redução de custos com aquisição de água da rede e dependência da concessionária que presta o serviço de abastecimento.

O estado do Rio de Janeiro possui um decreto de nº 40.156/2006 que inviabiliza a utilização das fontes alternativas, mesmo potáveis, para consumo e higiene humana. O decreto acabou sendo apoiado pelo segundo parágrafo do Artigo 45 da Lei Nacional de Saneamento Básico (nº 11.445/2007), que cita "a instalação hidráulica predial ligada à rede pública de abastecimento de água não poderá ser também alimentada

por outras fontes". Pode-se interpretar, então, que apenas as concessionárias podem fornecer água, vedando qualquer possibilidade de utilização das fontes alternativas.

No entanto, em 2010 entrou em vigor o decreto nº 7.217, que regulamenta a Lei Nacional de Saneamento Básico, e cujo parágrafo primeiro do artigo 7º cita "Entende-se como sendo a instalação hidráulica predial mencionada no *caput* a rede ou tubulação de água que vai da ligação de água da prestadora até o reservatório de água do usuário". Esta definição afasta interpretações que possam dar margens à proibição de se abastecer com fontes alternativas de águas.

O Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (AIRJ) possui uma população fixa maior do que 75% dos 5.564 municípios existentes no Brasil, de acordo com os dados do IBGE (2007). O consumo de água no AIRJ é grande, devido a este número de consumidores. A população aeroportuária, fixa juntamente com a flutuante, equivale à 57.907 habitantes e estes consomem aproximadamente 95.000 m³ de água em um mês.

O aeroporto apresenta usos consuntivos das mais variadas atividades, como limpeza de pista, abastecimento de bacias sanitárias, refrigeração da torre de resfriamento, consumo humano, entre outros. Dentre estes, existem atividades que necessitam de água potável, como o consumo e higiene humana, e outras que não exigem essa potabilidade, como abastecimento da torre de refrigeração.

A água potável utilizada no aeroporto é em sua totalidade proveniente da concessionária pública do Rio de Janeiro. Como alternativa para reduzir o consumo de água potável foram implantadas fontes alternativas de água, assim a água potável seria apenas destinada aos fins que requeressem essa qualidade enquanto que a proveniente de fontes alternativas seria destinada para fins menos nobres.

2 Objetivo

Este trabalho tem o objetivo de conduzir estudos em bancada, avaliando o desempenho de diferentes produtos químicos, para garantir o tratamento da água produzida na ETA do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro de forma a atender aos padrões de potabilidade definidos pela legislação brasileira. Além disso, pretende-se fazer uma avaliação preliminar da produção de lodo relativa a cada um dos produtos testados.

Com base nestes resultados e considerando a capacidade máxima de produção da referida ETA, far-se-á também uma avaliação de custo final de produção e compra de água da concessionária, considerando os cenários atual e futuro.

3 Revisão Bibliográfica

3.1 A questão da Água no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro

O Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro / Galeão – Antônio Carlos Jobim – AIRJ possui uma área de 17 km² e está localizado no bairro Ilha do Governador. O Rio de Janeiro é a segunda maior metrópole do Brasil, exercendo assim papel significativo na economia e no turismo. Atualmente o AIRJ é o 4º maior em movimento de passageiros do país, sendo um dos principais portões de entrada do Brasil.

No ano 2009 passaram 32.407 passageiros por dia no Galeão. Além dessa população flutuante, existe aquela responsável pelo funcionamento das instalações, denominada de população fixa que gira em torno de 22.500 pessoas (Fonte: Infraero). Esta população fixa desempenha diariamente diversas atividades que abrangem desde as esferas administrativas às operacionais e fiscalizatórias. A população total atendida é de 54.907 habitantes por dia.

As atividades que demandam água se apresentam de forma diversificada, podendo utilizá-la para refrigeração da torre de resfriamento do AIRJ, produção de alimentos, limpeza de pistas, abastecimento de bacias sanitárias, higiene humana, irrigação, entre outros.

Com isso observa-se que uma parcela desta água não necessitaria ser potável dado os usos menos nobres como caso de irrigação, limpeza de pistas, abastecimento da torre. Por isso foram implantadas fontes alternativas de água que pudessem suprir essa demanda, evitando o desperdício de água de boa qualidade.

A primeira fonte alternativa implantada foi a exploração de água subterrânea, esta devidamente avaliada e outorgada. Também faz-se uso da água da chuva e do reúso do efluente proveniente de uma das estações de tratamento de esgoto do aeroporto, estas destinadas em sua totalidade ao abastecimento da torre de refrigeração.

Atualmente o consumo de água mensal do aeroporto é de 95.000 m³ e a Estação de Tratamento de Água do AIRJ passou a ser responsável por uma representativa redução no consumo de água potável (30.000 m³ mensais). Esta produção equivale a 31% da água consumida no aeroporto (Figura 1). A água proveniente da concessionária pública passa então a ser destinadas apenas para fins potáveis.

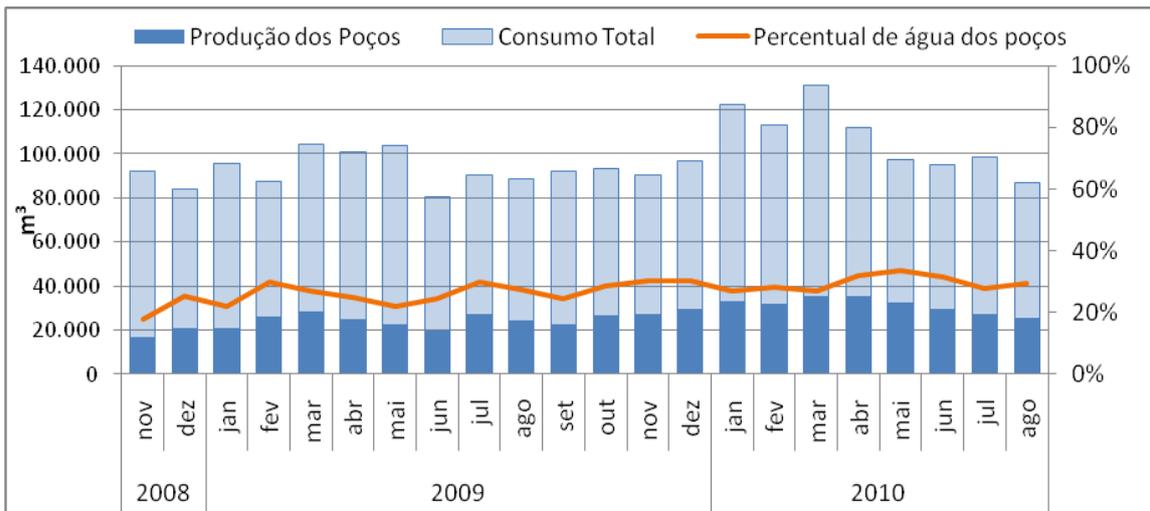


Figura 1: Histograma da água no AIRJ

A água produzida na ETA, mesmo atendendo aos padrões de potabilidade definidos pela Portaria nº 518 do Ministério da Saúde, não pode ser usada no estado do Rio de Janeiro para fins potáveis em função do decreto de nº 40.156/2006. Esta normativa estabelece que as águas oriundas de fontes alternativas, mesmo potáveis, não podem ser disponibilizadas para consumo e higiene humana. Sendo assim esta água é obrigatoriamente usada para fins não potáveis, mesmo apresentando uma excelente qualidade.

3.2 A Portaria nº 518 e sua revisão

A Portaria 518, publicada pelo Ministério da Saúde em 25 de março de 2004, estabelece os deveres e responsabilidades relativos ao controle e a vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, além de dar outras providências. Aplica-se à água distribuída coletivamente por meio de sistemas de abastecimento, destinada ao consumo humano.

O início da discussão sobre a revisão da Portaria 518 se deu no ano de 2006, dois anos após esta ter entrado em vigor. Em 2007 surgiu a Lei 11.445, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Com isso, a revisão da Portaria já contempla uma leitura crítica de todos os seus artigos sob a luz deste novo marco regulatório. Algumas das possíveis alterações serão comentadas no texto a seguir, lembrando que a revisão da portaria ainda não foi aprovada.

A portaria determina que o controle de qualidade da água deve ser exercido pelo responsável por operar o sistema ou pela solução alternativa de abastecimento. No caso de regime de concessão, o concessionário responde pelo controle da

qualidade da água. É necessário que os relatórios mensais de controle de qualidade de água sejam encaminhados para a autoridade de saúde pública e com isso seja possível comprovar o atendimento à norma.

O capítulo IV da portaria trata dos padrões de potabilidade da água começando com os microbiológicos para o consumo humano, como pode ser visto na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1: Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano

PARÂMETRO	VMP ⁽¹⁾
Água para consumo humano ⁽²⁾	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾	Ausência em 100ml
Água na saída do tratamento	
Coliformes totais	Ausência em 100ml
Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾	Ausência em 100ml
Coliformes totais	Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês: Ausência em 100ml em 95% das amostras examinadas no mês; Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês: Apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100ml

Fonte: Portaria 518/2004 (Ministério da Saúde)

Notas: (1) Valor Máximo Permitido.

(2) Água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas, nascentes, dentre outras.

(3) A detecção da *Escherichia coli* deve ser preferencialmente adotada.

Quando nestes ensaios forem detectadas amostras com resultado positivo para coliformes, novas amostras têm que ser coletadas nos dias que sucedem imediatamente o ocorrido até que estas satisfaçam os padrões (Tabela 1). Esta coleta deve ser composta por no mínimo três amostras uma no mesmo ponto de coleta e as outras duas localizadas em um ponto a jusante e em um ponto a montante. Estas amostras extras não devem entrar no cálculo mensal do percentual de amostras positivas.

A revisão da portaria não deverá considerar mais a análise de coliformes termotolerantes como parâmetros de potabilidade de água para consumo humano. Adotando-se em definitivo a *Escherichia coli* como parâmetro de controle.

Há também padrões para a turbidez da água submetida a diferentes técnicas de tratamento, como pode ser visto na tabela a seguir (Tabela 2).

Tabela 2: Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção

TRATAMENTO DA ÁGUA	VMP ⁽¹⁾
Desinfecção (água subterrânea)	1,0 UT ⁽²⁾ em 95% das amostras
Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta)	1,0 UT ⁽²⁾
Filtração lenta	2,0 UT ⁽²⁾ em 95% das amostras

Fonte: Portaria 518/2004 (Ministério da Saúde)

Notas: (1) Valor Máximo Permitido.

(2) Unidade de turbidez.

Partindo do princípio que a turbidez da água é um parâmetro que indica a remoção não só de partículas, mas também de microorganismos, deve-se objetivar uma menor turbidez possível, assegurando uma maior proteção a saúde. Devido a este fato, foi estabelecido na portaria um limite máximo para a turbidez de 5,0 UT entre os 5% de valores de turbidez, superiores ao valor máximo permitido.

No caso da Estação de Tratamento de Água do AIRJ o padrão de turbidez que se aplicaria seria de 1,0 UT, pois a água passa por um tratamento completo. Vale ressaltar que com a revisão da portaria este valor poderá ser alterado gradativamente, atingindo ao final do quarto ano 0,5 UT em 95% do dados mensais e 1,0 UT nos 5% restantes, assegurando uma boa eficiência na remoção de enterovírus, cistos de *Giardia spp* e oocistos de *Cryptosporidium SP*.

A Tabela 3 a seguir mostra os padrões de alguns dos principais parâmetros como cor aparente, turbidez, dureza, ferro, manganês, entre outros.

Tabela 3: Padrão de aceitação para consumo humano

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP ⁽¹⁾
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia (como NH ₃)	mg/L	1,5
Cloreto	mg/L	250
Cor Aparente	uH ⁽²⁾	15
Dureza	mg/L	500
Etilbenzeno	mg/L	0,2
Ferro	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12
Odor	-	Não objetável ⁽³⁾
Gosto	-	Não objetável ⁽³⁾
Sódio	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1.000
Sulfato	mg/L	250
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,05
Surfactantes	mg/L	0,5
Tolueno	mg/L	0,17
Turbidez	UT ⁽⁴⁾	5
Zinco	mg/L	5
Xileno	mg/L	0,3

Fonte: Portaria 518/2004 (Ministério da Saúde)

Notas: (1) Valor Máximo Permitido.

(2) Unidade Hazen (MG Pt-Co;L).

(3) Critério de referência.

(4) Unidade de turbidez

A alteração prevê inclusão de duas substâncias (1,2 e 1,4 diclorobenzeno) na Tabela 3, sendo potenciais contaminantes da água e decorrentes de contaminação industrial ou degradação/produção de herbicidas. Além disso, alterou-se o VMP do gosto e do odor para 6 intensidade, antes não objetável. Para análise de gosto e odor deve ser utilizada a técnica Flavor Profile Analysis definida na edição mais atual do Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. O sulfeto de hidrogênio terá seu VMP alterado para 0,1mg/l, sendo este o limite superior da faixa usual de limiar de percepção de gosto e odor desta substância.

O capítulo V trata do plano de amostragem da água, que estabelece o número de análises e a frequência destas de acordo com a população atendida. Fica estabelecido no Artigo 18 deste capítulo que os responsáveis pelo controle ou qualidade da água de sistema de distribuição ou de soluções alternativas de abastecimento devem elaborar e aprovar junto à autoridade de saúde pública um plano de amostragem para cada sistema. Para elaboração destes devem-se adotar como base os planos mínimos de amostragem expressos na portaria 518. Na Tabela 4 está expresso o número mínimo de amostras para o devido controle da qualidade da água, como pode ser visto a seguir.

Tabela 4: Número mínimo de amostras para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas, química e radioatividade, em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial

Parâmetro	Tipo de manancial	Saída do tratamento (número de amostras por unidade de tratamento)	Sistema de distribuição (reservatórios e rede)		
			População abastecida		
			<50.000 hab.	50.000 a 250.000 hab.	>250.000 hab.
Cor, turbidez e pH	Superficial	1	10	1 para cada 5.000 hab.	40 + (1 para cada 25.000 hab.)
	Subterrâneo	1	5	1 para cada 10.000 hab.	20 + (1 para cada 50.000 hab.)
CRL ⁽¹⁾	Superficial	1	(Conforme §3.º do artigo 18)		
	Subterrâneo	1			
Fluoreto	Superficial ou Subterrâneo	1	5	1 para cada 10.000 hab.	20 + (1 para cada 50.000 hab.)
Cianotoxinas	Superficial	1 (Conforme §5.º do artigo 18)	–	–	–
Trihalometanos	Superficial	1	1 ⁽²⁾	4 ⁽²⁾	4 ⁽²⁾
	Subterrâneo	–	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾
Demais parâmetros ⁽³⁾	Superficial ou Subterrâneo	1	1 ⁽⁴⁾	1 ⁽⁴⁾	1 ⁽⁴⁾

Fonte: Portaria 518/2004 (Ministério da Saúde)

Notas: (1) Cloro residual livre.

(2) As amostras devem ser coletadas, preferencialmente, em pontos de maior tempo de detenção da água no sistema de distribuição.

(3) Apenas será exigida obrigatoriedade de investigação dos parâmetros radioativos quando da evidência de causas de radiação natural ou artificial.

(4) Dispensada análise na rede de distribuição quando o parâmetro não for detectado na saída do tratamento e/ou, no manancial, à exceção de substâncias que potencialmente possam ser introduzidas no sistema ao longo da distribuição.

Conforme a Tabela 4, para uma população atendida de 54.907 habitantes obtém-se como número mínimo de amostra 1 na saída da estação de tratamento e

também 5 amostras no sistema de distribuição, este inclui a rede e os reservatórios. As análises feitas de acordo com a Tabela 4 são para atendimento aos padrões físicos, químicos e radioativos.

A Tabela 5 determina a frequência mínima para controle da qualidade das amostras retiradas de acordo com a Tabela 4. Esta frequência é determinada em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial.

Tabela 5: Frequência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas, química e radioatividade, em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial

Parâmetro	Tipo de manancial	Saída do tratamento (frequência por unidade de tratamento)	Sistema de distribuição (reservatórios e rede)		
			População abastecida		
			<50.000 hab.	50.000 a 250.000 hab.	>250.000 hab.
Cor, turbidez, pH e fluoreto	Superficial	A cada 2 horas	Mensal	Mensal	Mensal
	Subterrâneo	Diária			
CRL ⁽¹⁾	Superficial	A cada 2 horas	(Conforme §3.º do artigo 18)		
	Subterrâneo	Diária			
Cianotoxinas	Superficial	Semanal (Conforme §5.º do artigo 18)	-	-	-
Trihalometanos	Superficial	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral
	Subterrâneo	-	Anual	Semestral	Semestral
Demais parâmetros ⁽²⁾	Superficial ou Subterrâneo	Semestral	Semestral ⁽³⁾	Semestral ⁽³⁾	Semestral ⁽³⁾

Fonte: Portaria 518/2004 (Ministério da Saúde)

Notas: (1) Cloro residual livre.

(2) Apenas será exigida obrigatoriedade de investigação dos parâmetros radioativos quando da evidência de causas de radiação natural ou artificial.

(3) Dispensada análise na rede de distribuição quando o parâmetro não for detectado na saída do tratamento e/ou, no manancial, à exceção de substâncias que potencialmente possam ser introduzidas no sistema ao longo da distribuição.

A frequência de amostragem da água varia de acordo com o tipo de manancial, podendo ser superficial ou subterrâneo. Os mananciais superficiais possuem um intervalo menor entre as coletas, pois a água superficial responde mais rapidamente a qualquer tipo de poluição ou elevação na turbidez. Já a água subterrânea encontra-se protegida pelo solo, sendo assim, mais difícil de sofrer variações momentâneas.

No caso da ETA, o manancial é subterrâneo, então pode-se extrair desta tabela que serão feitas amostragens diárias para cor, turbidez, pH, fluoreto e cloro residual livre na saída da estação e amostragens semestrais para os demais parâmetros. As amostragens que são feitas na rede e nos reservatórios, para uma população abastecida de 54.907 habitantes, serão mensais para cor, turbidez, pH, fluoreto e cloro residual livre, semestral para os trihalometanos e para os demais parâmetros.

A revisão sugere redução da frequência de amostragem de cor, turbidez, pH, cloro residual e fluoreto na saída do tratamento de sistemas supridos por mananciais subterrâneos. A proposta para cor e turbidez é de reduzir a frequência de diariamente para semanalmente e para pH, cloro residual e fluoreto reduzir para duas vezes por semana. Há a inclusão de gosto e odor nestas tabelas, com uma análise na saída da estação semestralmente para mananciais subterrâneos.

A inclusão de um plano de segurança da água na Portaria 518 está sendo cogitada.

Os países em desenvolvimento apresentam um alto índice de doenças veiculadas pela água de qualidade insatisfatória. As principais doenças são febre tifóide e paratifóide, disenterias bacilar e amebiana, cólera, esquistossomose, hepatite infecciosa, giardíase e criptosporidíase, entre outras. Existe também a possibilidade de ocorrência de doenças relacionadas ao excesso ou a falta de flúor na água que podem ser exemplificadas respectivamente como a fluorose e cáries dentárias. Além de todas essas doenças, há possibilidade de intoxicação através de substâncias tóxicas presentes na água distribuída.

Com esses exemplos de danos a saúde percebe-se que essa questão merece grande atenção quando localizada em um aeroporto internacional, capaz de atender a uma população que não reside em sua maioria no Rio de Janeiro, esta é pulverizada para diversas áreas do planeta, dificultando a identificação de problemas na água distribuída.

3.3 O Decreto Estadual nº 40.156/2006

Este decreto, em seu artigo 1º, estabelece os procedimentos para regularização do uso da água subterrânea e superficial nas áreas que possuem

serviços de abastecimento público. No artigo 2º é definido como solução alternativa de abastecimento de água toda modalidade de abastecimento distinta do sistema de abastecimento público de água, podendo ser fontes, nascentes, poços comunitários, entre outras. Vale ressaltar, que a revisão da Portaria 518 prevê alteração na definição de solução alternativa coletiva de água para consumo humano, entendendo que esta é toda modalidade de abastecimento coletivo, sem rede de distribuição, destinada a fornecer água potável, com ou sem canalização, incluindo as indústrias, fontes, poço comunitário, distribuição por veículo transportador, entre outros.

O artigo 10º esclarece que águas tanto superficiais quanto subterrâneas, de domínio estadual, utilizadas como solução alternativa de abastecimento e situadas em áreas atendidas pelo abastecimento público não poderão ser misturadas com a água distribuída pelo serviço público. Ocorre também a determinação de condicionantes no artigo 11º sobre a eficácia de outorgas em áreas que contêm o serviço de abastecimento público, são elas:

- Instalação de medidores de vazão dos poços e captações superficiais, sendo franqueado, aos técnicos da SERLA, atualmente INEA, e responsáveis pelo serviço de abastecimento público, o acesso para vistoria e leitura dos mesmos.
- Monitoramento mensal e envio semestral à SERLA das medições relativas às vazões de captação hidrometradas.
- Separação do sistema alternativo do sistema de abastecimento pela rede pública.
- Proibição do consumo de água proveniente de fonte alternativa para o consumo e higiene humana.
- Proibição da comercialização da água proveniente de fonte alternativa.
- Pagamento ao responsável pelo serviço público de esgoto referente ao valor hidrometrado de captação, que corresponde ao lançamento de efluentes na rede.

Essas informações demonstram que o governo do estado do Rio de Janeiro coibiu a utilização de fontes alternativas de água para abastecimento e consumo humano, mesmo que essa água esteja atendendo aos padrões de potabilidade exigidos na portaria 518 de 2004. No Brasil, apenas um pequeno número de estados tem essa interpretação em relação às fontes alternativas.

Em julho de 2010 entrou em vigor o Decreto Federal 7.217 que regulamenta a Lei de Saneamento Básico nº 11.445, este ressalta que o Ministério da Saúde é o responsável por estabelecer os padrões de potabilidade da água. Este decreto é esclarecedor em relação a esta questão quando em seu artigo 7º estabelece que “a

instalação hidráulica predial ligada à rede pública de abastecimento de água não poderá ser também alimentada por outras fontes.” Em seguida, em seu inciso primeiro, entende que instalação hidráulica predial é a rede ou tubulação de água a qual conecta a água da prestadora de serviço até o reservatório de água do usuário. Sendo assim, à luz desse decreto tem-se o entendimento de que águas provenientes das fontes alternativas podem ser distribuídas como potáveis, desde que atendam aos padrões da portaria 518/2004.

3.4 Exploração de Água Subterrânea

A água encontrada no subsolo geralmente é uma água de melhor qualidade devido ao percurso através dos poros do subsolo e das rochas. Neste ambiente ocorre a depuração da mesma através de uma série de processos físico-químicos e bacteriológicos que, agindo sobre a água, modificam as suas características adquiridas anteriormente, diferentemente dos corpos superficiais onde pode ocorrer o despejo direto de efluentes domésticos e industriais. Na água subterrânea, para que um contaminante a alcance é necessário atravessar uma camada de solo que varia com o nível em que este lençol d'água se encontra.

A outorga é um ato administrativo que autoriza o direito do uso dos recursos hídricos, superficiais ou subterrâneos, por prazo de tempo determinado. A outorga da perfuração de poços para exploração desse recurso hídrico se faz necessária no sentido de proteger os aquíferos de uma exploração excessiva, que não respeite a vazão de reposição. A medição do volume de água captada nos poços deve ser realizada para o controle desta exploração e para que se permita estimar a geração de efluente a ser despejado na rede coletora de esgoto.

A exploração de água subterrânea foi a primeira fonte alternativa de água a ser operada no AIRJ. Após a realização de estudo hidrogeológico do sítio aeroportuário, em 2008 decidiu-se implantar um sistema de exploração de água subterrânea. O lugar escolhido para a perfuração dos poços foi ao lado do eixo viário principal do aeroporto (observar a localização na Figura 2). Então, após analisados os estudos geofísicos, foi escolhido o lugar mais apropriado para a captação de água subterrânea, onde perfuraram 12 poços rasos, que apresentam profundidade máxima de 10m com capacidade de exploração estimada de 35.000 m³ mensais.

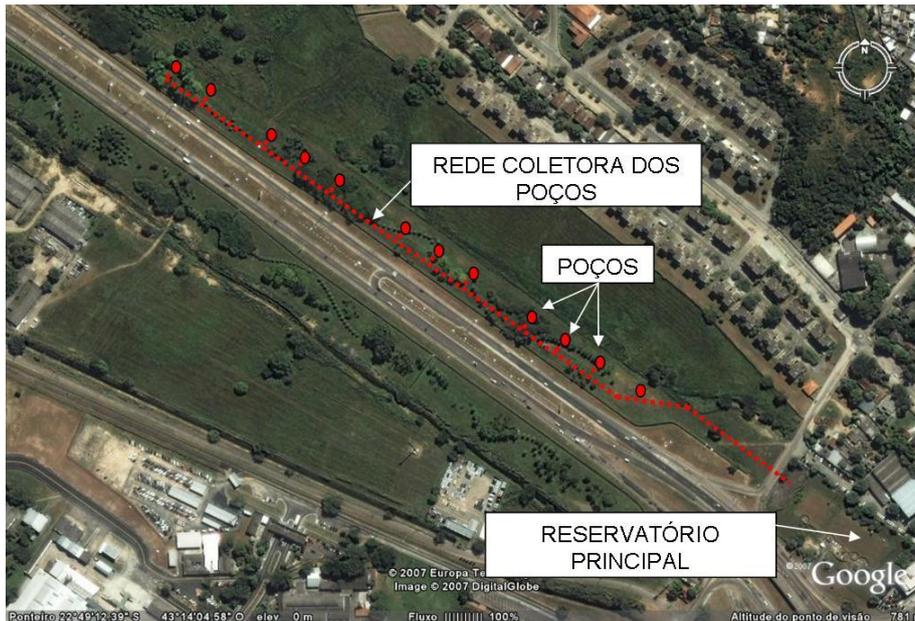


Figura 2: Localização da rede coletora, poços e reservatório principal.

A Figura 3 representa um esquema do funcionamento de extração da água subterrânea que, depois de captada pelos poços, segue para uma caixa de reunião e desta é encaminhada para uma estação elevatória de água bruta sendo então direcionada para a ETA (Estação de Tratamento de Água).

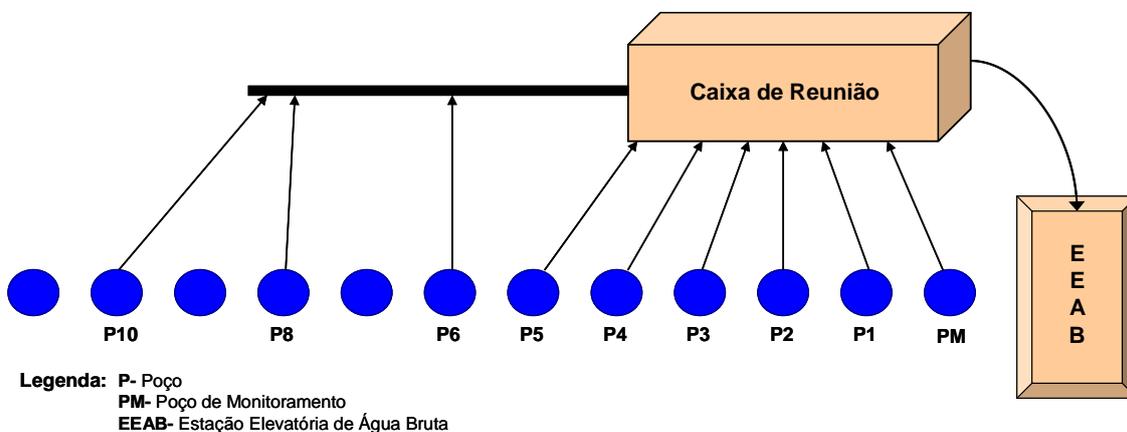


Figura 3: Esquema da captação de água subterrânea.

A água bruta proveniente dos poços apresenta um pH levemente ácido, aproximadamente 6,5, elevada turbidez e dureza. Uma das características principais da água subterrânea encontrada nesta região é a presença de altos teores de ferro e manganês. Estas duas substâncias proporcionam uma aparência amarelada, gosto, odor e prejudicam a capacidade hidráulica das tubulações de distribuição e captação,

sendo assim a implantação de uma ETA se fez necessária para retirar essas substâncias da água.

3.5 Estação de Tratamento de Água do AIRJ

A Estação de Tratamento de água (ETA) do aeroporto, cuja capacidade nominal é de 80 m³/h, foi concebida para tratar convencionalmente a água e atender aos padrões de potabilidade requeridos na portaria 518/2004 do Ministério da Saúde. A localização desta também se justifica por ter sido implantada na proximidade dos poços, como pode ser visto na Figura 4 abaixo.



Figura 4: Localização da ETA

O processo de tratamento ocorre em uma ETA compacta que possui um tratamento convencional, dimensionado principalmente para remoção de ferro e manganês presentes na água bruta, composto de aeração, coagulação, floculação e decantação. A parte líquida que verte do decantador segue o tratamento passando por filtros de areia e pelo filtro de carvão ativado, como pode ser visto na Figura 5.



Figura 5: Estação de Tratamento de Água (ETA) do AIRJ.

A etapa de aeração ocorre em um aerador do tipo tabuleiro, este possui quatro bandejas com área de $1,44 \text{ m}^2$, totalizando uma altura de $2,4 \text{ m}$. As bandejas deste aerador são preenchidas com uma camada de aproximadamente 15 cm de carvão coque, assim é obtida uma melhor aeração devido ao aumento da superfície de contato da água com o ar. Ainda nesta etapa a água bruta recebe uma dosagem de hipoclorito de sódio com a finalidade de ajudar a oxidação do ferro e manganês presentes na água.

A água segue para o medidor de vazão tipo Calha Parshall de $3''$ de dimensão, este também serve como sistema de mistura rápida, como pode ser visto na Tabela 6. Como a vazão atual afluenta da estação é de aproximadamente $11,6 \text{ l/s}$, pode-se ver na tabela que esta atende as condições necessárias para atuar como elemento de mistura rápida. Devido a isto, neste ponto são dosados cal, com a finalidade de ajustar a alcalinidade da água para o tratamento, e sulfato de alumínio, como coagulante do processo.

Tabela 6: Condição de mistura rápida na calha Parshall

W (pol)	W (cm)	A	B	C	D	E	F	G	K	N	X	Y	Vazão com Escoamento Livre (L/s)
1"	2,5	36,3	35,6	9,3	16,8	22,9	7,6	20,3	1,9	2,9	-	-	0,3 - 5,0
3"	7,6	46,6	45,7	17,8	25,9	45,7	15,2	30,5	2,5	5,7	2,5	3,8	0,8 - 53,8
6"	15,2	61,0	61,0	39,4	40,3	61,0	30,5	61,0	7,6	11,4	5,1	7,6	1,4 - 110,4
9"	22,9	88,0	86,4	38,0	57,5	76,3	30,5	45,7	7,6	11,4	5,1	7,6	2,5 - 252,0
1'	30,5	137,2	134,4	61,0	84,5	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,1	7,6	3,1 - 455,9
1 1/2'	45,7	144,9	142,0	76,2	102,6	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,1	7,6	4,2 - 696,6
2'	61,0	152,5	149,6	91,5	120,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,1	7,6	11,9 - 937,3
3'	91,5	167,7	164,5	122,0	157,2	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,1	7,6	17,3 - 1427,2
4'	122,0	183,0	179,5	152,5	193,8	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,1	7,6	36,8 - 1922,7
5'	152,5	198,3	194,1	183,0	230,3	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,1	7,6	45,3 - 2423,9
6'	183,0	213,5	209,0	213,5	266,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,1	7,6	73,6 - 2930,8
7'	213,5	228,8	224,0	244,0	303,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,1	7,6	85,0 - 3437,7
8'	244,0	244,0	239,2	274,5	349,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,1	7,6	99,1 - 3950,2
10'	305,0	274,5	427,0	366,0	475,9	122,0	91,5	183,0	15,3	34,3	-	-	200,0 - 5660,0

Fonte: Notas de aula de tratamento de água

A etapa de floculação ocorre em dois floculadores de área 7,74 m² e altura de 3,0 m. O primeiro apresenta uma maior rotação do que o segundo, proporcionando excelente condição para a formação dos flocos.

O decantador da estação tem área de 12,77 m² e altura de 3 m, este é de fluxo lamelar o que possibilita que seja aplicada uma maior vazão em um mesmo volume, pois essas lamelas facilitam a decantação dos flocos formados na etapa anterior, otimizando a área da estação. Em decantadores convencionais a taxa de aplicação superficial fica em torno de 35 m³/m².d porém essas lamelas permitem que a taxa neste decantador seja de 150 m³/m².d, o que conduz a uma menor requisição de espaço físico destinado à decantação. Através deste processo é então obtida a separação da fase líquida deste tratamento e da fase sólida que irá gerar o lodo deste processo. Quando a ETA atinge sua capacidade máxima, o tempo de detenção no decantador é de 30 min, o que é suficiente para retirar quase a totalidade do material já floculado.

A fase líquida segue para dois filtros de areia que trabalham em paralelo, cada um tendo uma área de 6,36 m² e 3 m de altura, e que operam sob fluxo descendente. A corrida de cada filtro é de 12 horas, com ciclos de lavagem alternados permitindo a operação ininterrupta da ETA.

Depois desta etapa, a água passa por um filtro de carvão ativado de 1,8 m de diâmetro interno e de altura onde serão eliminados resquícios de cor, odor e turbidez, concluindo o processo de tratamento.

A desinfecção com hipoclorito de sódio ocorre através de uma bomba dosadora e então é armazenada em um reservatório de 4.000 m³ denominado caixa 01, de lá esta irá abastecer o AIRJ. A Figura 6 a seguir ilustra todo este processo descrito acima de tratamento da parcela líquida da estação.

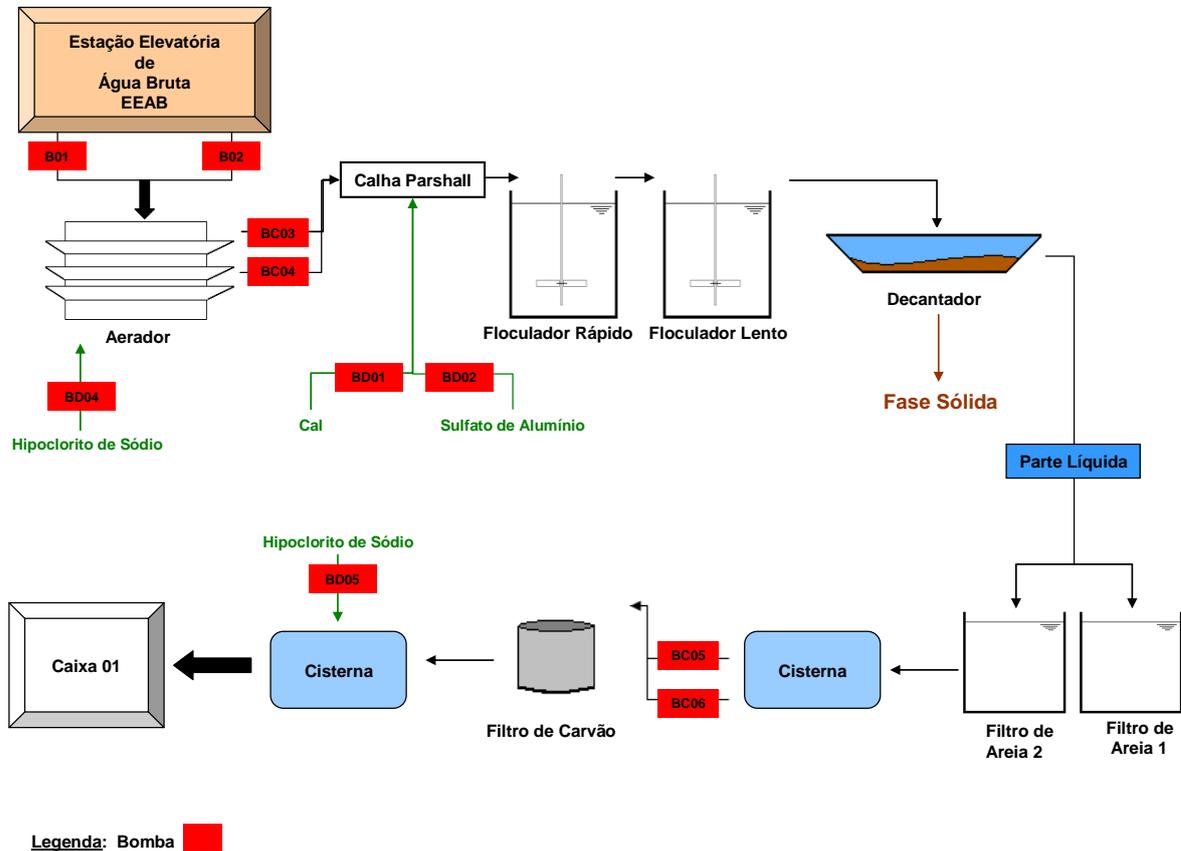


Figura 6: Fluxograma da Estação de Tratamento de Água.

A parte sólida que fica retida no processo de decantação sofre a cada 50 minutos uma descarga de 40 segundos de duração passando para um processo de adensamento. O lodo adensado segue para o leito de secagem. Esta etapa pode ser observada na Figura 7 a seguir.

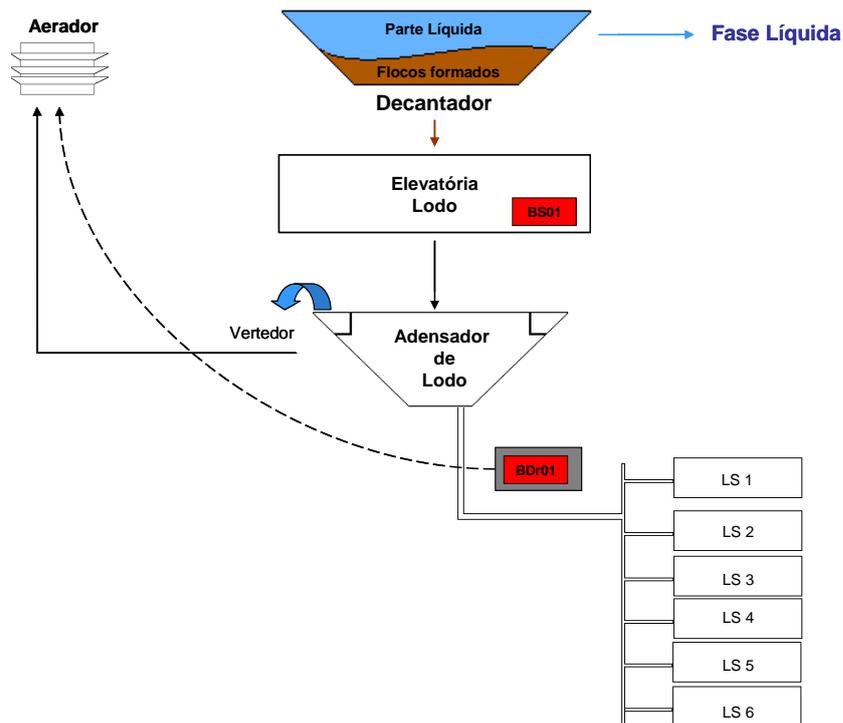


Figura 7: Fase sólida da ETA.

O lodo, após um tempo de detenção de aproximadamente dois meses no leito de secagem, já encontra sua porcentagem de sólidos por volta de 30% e é então encaminhado para um aterro sanitário. A Figura 8 ilustra o lodo em três estados diferentes: o lodo localizado no leito da esquerda se encontra em estado completamente líquido, enquanto que o lodo no leito central já possui um percentual de sólidos maior e por fim o encontrado no leito da direita apresenta um percentual de sólidos ainda mais elevado permitindo então o encaminhamento deste para o aterro sanitário.

Para encaminhar este lodo para aterros sanitários, deve ser feita a caracterização quantitativa e qualitativa do resíduo. A NBR 10.004 esclarece que este lodo é um resíduo sólido. Portanto, segundo a norma, o extrato do ensaio de solubilização deve ter um limite máximo de 0,2 mg de alumínio/L. Acima deste valor, o resíduo é enquadrado na Classe II A, ou seja, não perigoso e não inerte.



Figura 8: Leitos de Secagem da ETA.

Tanto a água de retrolavagem dos filtros de areia, como a sobrenadante do adensador de lodo e a dos leitos de secagem são encaminhadas novamente para o início do tratamento, reaproveitando toda água deste processo. A recirculação da água pode ser observada na Figura 9.

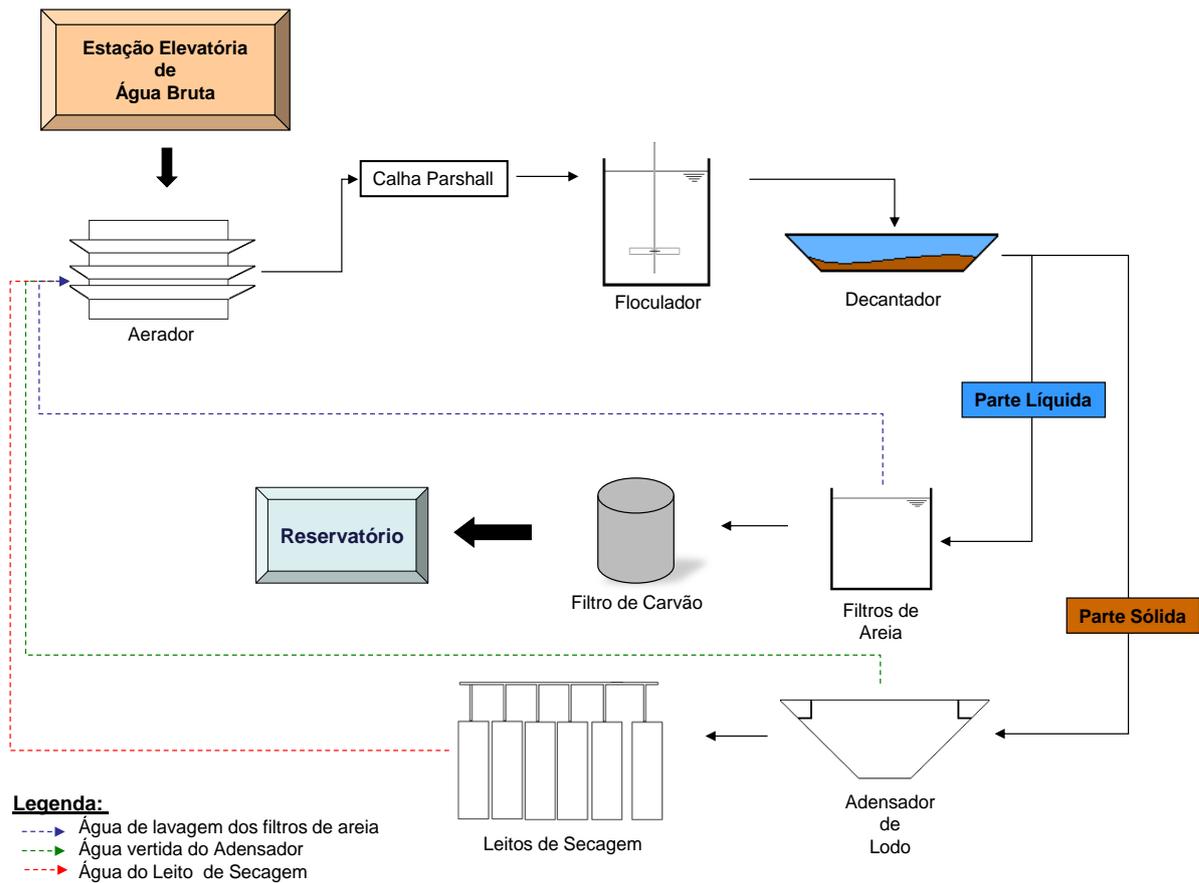


Figura 9: Fluxograma hidráulico da estação de tratamento de água.

Com a recirculação a estação de tratamento de água conseguiu aumentar aproximadamente 80 m³ por dia, isto significa 2.400 m³ em um mês, representando um total de 8% da produção mensal atual da estação. Pode-se observar assim que esta pequena ação de recircular a água de processo promoveu um aumento considerável na produção da ETA.

Mesmo atendendo aos padrões de potabilidade (Tabela 7), mas em consonância com a legislação estadual, a água produzida na ETA é utilizada para fins menos nobres, tais como: vasos sanitários, mictórios, reservas de incêndio, torres de ar condicionado e outros pontos de consumo.

Tabela 7: Resultados da ETA no mês de julho de 2010

Parâmetros	Entrada da ETA	Saída da ETA	Portaria 518
Cloreto (mg/l)	150	160	250
Dureza (mg/l CaCO ₃)	180	182	500
pH	6,8	7,8	6 - 9
Ferro (mg/l)	5	0	0,3
Turbidez (NTU)	30	0,1	5

3.6 Ensaios de Jarros

O ensaio de jarros, também denominado *Jar Test*, é de fundamental importância para reprodução do tratamento de água convencional em escala de laboratório. Este equipamento é composto por recipientes e pás que giram sob velocidade controlada (Figura 10). A partir deste teste é possível simular a coagulação, floculação e decantação, etapas do tratamento convencional de água.



Figura 10: Equipamento do ensaio de jarros

Com este equipamento é possível determinar a dosagem ótima dos produtos. Ao variar a concentração de produto químico em cada jarro são obtidos resultados diferentes, que posteriormente analisados permitirão definir qual concentração obteve uma maior eficiência no tratamento.

3.7 Produtos Químicos

A água bruta captada apresenta impurezas que podem ser classificadas por suas características físicas como partículas dissolvidas, coloidais ou em suspensão, como pode ser observado na Figura 11.

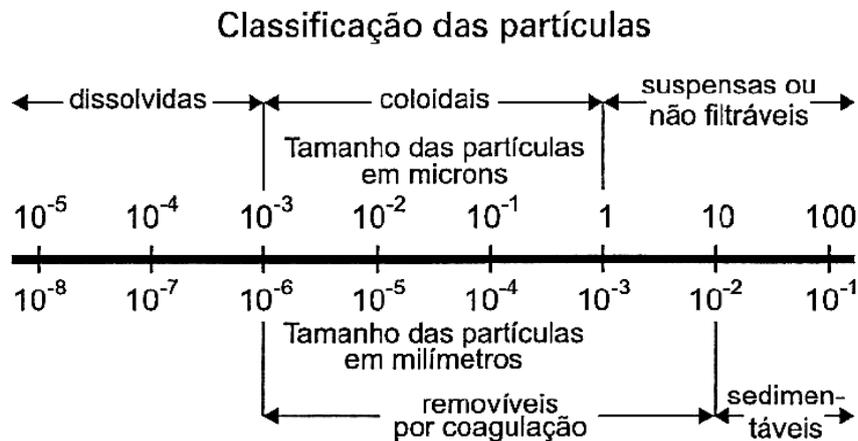


Figura 11: Classificação das partículas

Fonte: Notas de aula

As partículas denominadas coloidais apresentam um menor tamanho, em relação às em suspensão, e baixa massa específica, sendo assim mais difíceis de serem retiradas da água devido a sua menor velocidade de sedimentação. Para que a sedimentação desta venha a ocorrer no decantador é introduzido, na estação de tratamento de água, coagulantes que diminuem a tendência à repulsão entre as partículas coloidais, possibilitando seu encontro e conseqüente aglutinação dos flocos. Este foi um dos testes realizados no trabalho com a finalidade de estabelecer qual é o melhor coagulante para a qualidade de água bruta desta estação e que apresente viabilidade econômica juntamente com os resultados de tratabilidade da água.

Produtos Químicos utilizados na ETA

A Estação de Tratamento descrita acima utiliza produtos químicos ao longo de suas etapas, são estes: pré-oxidante (hipoclorito de sódio), alcalinizante (cal), coagulante (sulfato de alumínio), adsorvente (carvão ativado granular) e desinfetante (hipoclorito de sódio).

A adição de cada produto químico se destina a um tratamento específico, a pré-oxidação com hipoclorito de sódio tem o objetivo de oxidar o ferro e manganês presentes em alta concentração nesta água bruta. Esta adição se dá no início do

tratamento na parte de aeração que foi projetada também com a finalidade de oxidar o ferro e o manganês. Este mesmo produto é destinado à cloração, que ocorre no final do tratamento, desejando obter no mínimo 0,5 mg/l de cloro residual livre, que garanta a qualidade da água tratada.

A cal (Ca(OH)_2) faz o papel de alcalinizante. O único objetivo de sua adição é elevar o pH para que o coagulante obtenha condições ideais de pH e conseqüentes melhores resultados de tratabilidade.

O sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), atualmente responsável pela coagulação, objetiva estabilizar as partículas coloidais para que estas possam se encontrar, aglutinar e formar flocos que posteriormente venham a decantar e assim serem eliminados da água. A faixa de pH adequada para sua aplicação é de 5,0 a 8,0. O percentual de alumina, contido neste produto, que é responsável pela coagulação pode chegar a 8%.

Produtos Químicos Testados

Com a finalidade de encontrar o produto químico que apresentasse a melhor eficiência no tratamento da água e otimização dos custos de operação foram testados Sulfato de Alumínio, Tan floc SL, Tan floc SG, Policloreto de alumínio. Sendo que estes produtos testados podem ser associados com o objetivo de obter melhores resultados.

O Tan Floc é um coagulante orgânico de origem vegetal à base de tanino, é extraído da casca da acácia negra, encontrada principalmente no estado do Rio Grande do Sul. Este produto pode vir a atuar como coagulante ou floculante em processos de tratamento de água e não necessita da correção do pH da água bruta, pois não consome a alcalinidade do meio, não alterando o pH da água tratada. Os flocos gerados pela utilização deste produto apresentam uma forma irregular, isto é, uma maior superfície de contato, permitindo uma melhor clarificação da água bruta. Foram testados dois destes produtos neste trabalho, Tan Floc SL e Tan Floc SG. Como são orgânicos o lodo gerado por estes nos processos de tratamento é biodegradável.

O policloreto de alumínio também conhecido como PAC é um coagulante inorgânico com elevada concentração de alumínio (Al_2O_3 entre 10 e 25%). Apresenta uma melhor eficiência de tratabilidade quando aplicado em pH entre 8,5 e 9. Este consome alcalinidade do meio, necessitando geralmente do ajuste do pH para obter uma boa atuação. Os flocos formados por este produto, quando comparados com os formados pelo sulfato, se constituem mais rapidamente e em tamanhos maiores.

4 Metodologia

Com intuito de garantir a produção de água potável sanitariamente segura e economicamente viável, dez testes de jarro foram conduzidos em laboratório para avaliar o desempenho de diferentes produtos químicos coagulantes/floculantes. Os produtos testados foram: sulfato de alumínio, associado ou não ao coagulante à base de tanino; policloreto de alumínio (PAC); coagulante à base de tanino, utilizado como coagulante primário e auxiliar. Os primeiros testes objetivaram avaliar os produtos separadamente para determinar a concentração ótima de cada um deles. Depois foi realizado um teste comparativo entre os melhores resultados obtidos. Para análise destes será adotada a produção máxima da ETA de 80m³/h ou 57.600m³/mês.

A metodologia usada para determinar a cor da água foi Pt/Co. Em relação à turbidez foi utilizado o método FAU (atenuação da formalina).

4.1 Protocolo do Jar Test

Para a realização dos testes foram coletados 50l de água bruta dos poços do AIRJ. A amostra de água dos poços foi coletada no dia precedente ao ensaio e transportada em dois galões (Figura 12) até o laboratório. Para dar início ao ensaio a água foi homogeneizada em um balde e misturada com um barrilete (Figura 13) antes de coletar as amostras de cada teste. Este procedimento teve a finalidade de manter a água de todos os jarros com as mesmas características. Esta rotina foi repetida em todos os dias de ensaios.



Figura 12: Galões de água bruta



Figura 13: Balde e barrilete de homogeneização das amostras

Material utilizado:

- Equipamento de Jar test
- Balão volumétrico 1 l
- Balão volumétrico 500ml
- Balão volumétrico 100ml
- Pipeta graduada
- Potenciômetro
- Cronômetro
- Espectrofotômetro

No primeiro dia de ensaio adotou-se a mistura rápida com 120rpm durante 1 min e a mistura lenta a 40rpm durante 5 min, totalizando 6 min de agitação. Foram coletadas amostras de cada jarro, a cada dois minutos a partir do final da mistura lenta, em 2 min, 4 min, 6 min, 8 min e 10 min de decantação. Estas foram analisadas posteriormente.

A partir deste ensaio foi observado que seria necessário um maior tempo de decantação para alcançar melhores resultados. O tempo de detenção no decantador para a vazão máxima é de 30 min, com isso, decidiu-se aumentar o tempo de decantação no Jar Test para 20min nos demais ensaios.

As condições utilizadas para os testes seguintes adotaram o primeiro minuto de mistura rápida com 120 rpm, os próximos 5 min seguintes tiveram esta rotação reduzida para 40 rpm. Completado o período de mistura as pás foram desligadas e a água fica em repouso por 20 min para sofrer decantação. A cada 4 min foram retiradas amostras para analisar pH, turbidez e cor, sendo feitas 5 coletas de cada jarro no total.

4.2 Testes Realizados

Estes testes foram realizados em três dias no Laboratório de Engenharia de Meio Ambiente (LEMA) da Escola Politécnica da UFRJ, para facilitar a compreensão e acompanhar os procedimentos adotados os testes encontram-se descritos de acordo com o dia de ensaio.

No primeiro dia de ensaio (27/10/2010) foram realizados quatro testes utilizando os seguintes produtos:

- I. Sulfato de Alumínio
- II. Policloreto de Alumínio
- III. Tan Floc SL
- IV. Tan Floc SL e Tan Floc SG (teste comparativo entre produtos)

I. O Sulfato de alumínio testado se encontrava a uma diluição de 25 mg/mL. Foram utilizados cinco jarros, de volume igual a 2L cada, cujas dosagens aplicadas foram: 4 mL, 6 mL, 7 mL, 8 mL, 10 mL. Considerando a diluição do produto, estas dosagens resultaram em uma concentração aplicada de sulfato de alumínio de, respectivamente, 50 mg/L; 75 mg/L; 87,5 mg/L; 100 mg/L; e 125 mg/L.

II. O policloreto de alumínio (PAC) foi testado a uma diluição de 1%, resultando em 10 mg/mL (Figura 14).



Figura 14: Diluição do PAC em um balão de 1 litro

As dosagens aplicadas em cada um dos jarros foram: 2 mL, 3 mL, 4 mL, 5 mL, 6 mL. Estas dosagens corresponderam respectivamente às concentrações de 10 mg/L; 15 mg/L; 20 mg/L; 25 mg/L; 30 mg/L de PAC.

III. O terceiro teste realizado utilizou o produto Tan Floc SL sob a diluição de 0,1%. As dosagens aplicadas neste teste foram de 6 mL, 8 mL, 10 mL, 12 mL, 14 mL. Estas dosagens corresponderam às respectivas concentrações de 3 mg/L; 4 mg/L; 5 mg/L; 6 mg/L; 7 mg/L.

IV. O último ensaio realizado nesta data objetivou comparar os produtos Tan Floc SL e Tan Floc SG, ambos a uma diluição de 0,1% e dosagem de 15 mg/L (Figura 15).

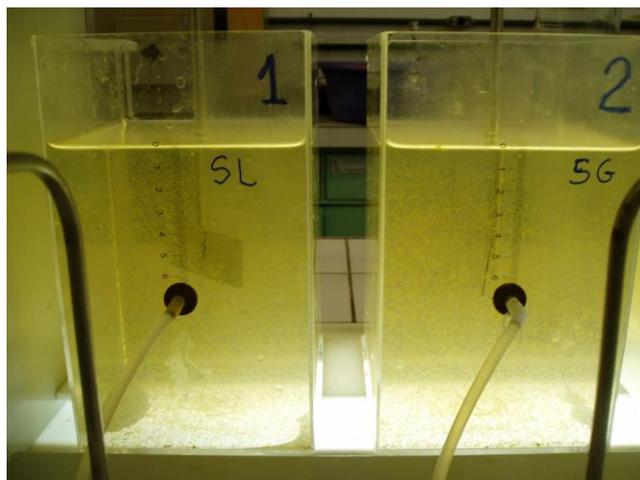


Figura 15: Teste de jarros comparativo entre Tan Floc SL e Tan Floc SG

No segundo dia de ensaio (23/11/2010) foram realizados mais quatro testes, sendo eles:

- I. Cal;
- II. Sulfato de Alumínio com Cal;
- III. Policloreto de Alumínio com Cal;
- IV. Tan Floc SG;

V. A Cal foi testada na água bruta com a finalidade de elevar o pH para valores entre 8,5 a 9, procedimento indicado para a otimização do desempenho dos coagulantes à base de alumínio (sulfato de alumínio e PAC). Este teste preliminar objetivou determinar a quantidade de cal a ser dosada na água para alcançar o pH ideal. O teste foi realizado em um único jarro (Figura 16) utilizando a cal sob diluição a 6%. Com uma velocidade de 120rpm aplicou-se a primeira dosagem (1mL = 30mg/L). Após 1 min foi extraída uma amostra de aplicado mais 1 mL no jarro para atingir a segunda dosagem (2 mL = 60mg/L). Este procedimento se repetiu após 1 min, obtendo-se a segunda amostra e a aplicando-se a terceira dosagem (3mL = 90mg/L). Ao final do terceiro minuto a última amostra foi coletada.

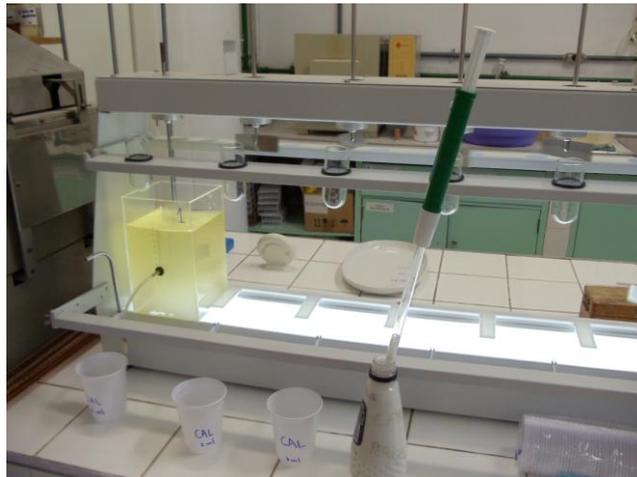


Figura 16: Jar Test da dosagem ótima de Cal

As amostras coletadas só obtiveram um pH estável, possível de ser medido no potenciômetro (Figura 17), aproximadamente 12 min após a mistura da Cal na água.

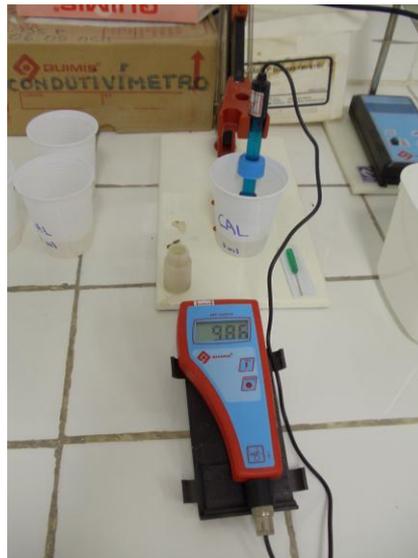


Figura 17: Potenciômetro

VI. Após obter o resultado do teste anterior foi realizado um novo teste de jarros cujo objetivo foi determinar a concentração ideal de sulfato de alumínio em uma água com o pH corrigido pela Cal. Após a adição de alcalinidade no meio, foram aplicadas as seguintes concentrações do coagulante: 50 mg/L; 75 mg/L; 87,5 mg/L; 100 mg/L; e 125 mg/L.

VII. Também foi repetido o teste do policloreto de alumínio procedendo-se à correção do pH do meio. Neste caso, as concentrações de coagulante utilizadas foram: 20 mg/L; 30 mg/L; 40 mg/L; 50 mg/L; e 60 mg/L.

VIII. O ensaio para determinar a dosagem ótima do Tan Floc SG não requereu o ajuste do pH da água, uma vez que este produto é indicado para uma ampla faixa de pH (4,5 até 8). As concentrações aplicadas foram: de 15 mg/L; 20 mg/L; 25 mg/L; 30 mg/L; e 35 mg/L.

No terceiro dia de ensaios no laboratório foram realizados os últimos dois testes, sendo eles:

- I. Cal, Sulfato de alumínio e Tan Floc SG;
- II. Melhores resultados obtidos no laboratório e teste do cone Imhoff.

IX. O teste realizado objetivou determinar a mistura ótima entre o sulfato de alumínio (coagulante primário) associado ao Tan Floc SG (floculante), procedendo-se o ajuste prévio do pH da água bruta. Após este ajuste foi dosado no início do teste 5 concentrações diferentes de sulfato de alumínio: 5 mg/L; 10 mg/L; 15 mg/L; 20 mg/L; e 25 mg/L. Passados 50 segundos do início do teste foi adicionado o Tan Floc SG, sob uma diluição de 0,1%, a uma concentração de 10 mg/L em todos os jarros.

X. Este ensaio objetivou testar os melhores resultados de cada combinação de produtos a fim de avaliar a diferença qualitativa da água clarificada. As dosagens foram aplicadas da seguinte forma:

Jarro 1: 60 mg/L de cal + 100 mg/L de sulfato de alumínio;

Jarro 2: 60 mg/L de cal + 70 mg/L de PAC;

Jarro 3: 60 mg/L de cal + 25 mg/L de sulfato de alumínio + 10 mg/L de Tan Floc SG;

Jarro 4: 40 mg/L de Tan Floc SG sob diluição de 1%;

Jarro 5: 40 mg/L de Tan Floc SG sob diluição de 0,1%.

Após a execução de todo o protocolo do ensaio, promoveu-se a ressuspensão dos flocos sob leve rotação das pás e as amostras foram conduzidas para o ensaio de sedimentação no cone Imhoff (Figura 18). Este teste consiste em determinar a altura que o lodo atinge neste cone graduado após 1 hora de sedimentação, sendo que com 30min arrasta-se um bastão na parede do cone para desprender o lodo agarrado nesta. Este teste possibilita verificar a quantidade e as características do lodo que cada combinação de produto gera.



Figura 18: Ilustração de Cone graduado

5 Resultados e discussões

Neste capítulo serão apresentados os resultados dos testes citados anteriormente levando em consideração a qualidade da água tratada, desempenho dos produtos químicos, e custos destes. É importante ressaltar que as análises dos resultados devem ser feitas observando que para cada dia de coleta foi obtida uma qualidade de água bruta diferente. No primeiro dia de coleta a cor encontrada foi de 365 UH e a turbidez de 56 NTU, no segundo dia a cor 324 UH e a turbidez 46 NTU e no terceiro dia de teste foi encontrada uma cor de 519 UH e turbidez de 86 NTU. Este aumento na última amostra pode ser justificado por uma chuva atípica que ocorreu dias antes da coleta da água. Esta situação aparentemente influenciou a qualidade da água bruta subterrânea, pois a análise desta resultou em valores muito acima dos obtidos nos testes anteriores.

Serão considerados resultados satisfatórios aqueles que atingirem, após a decantação do teste de bancada, uma turbidez inferior a 5 NTU, pois a água após a decantação passará pelo processo de filtração, fazendo com que a turbidez encontrada no final do tratamento atenda a exigência da portaria 518 de 1 NTU.

No primeiro dia de ensaios de laboratório não foram obtidos resultados satisfatórios, o sulfato de alumínio apresentou turbidez maior do que da água bruta durante grande parte do ensaio, chegando a uma turbidez final de 43 NTU, esta não atende ao esperado (Figura 19).

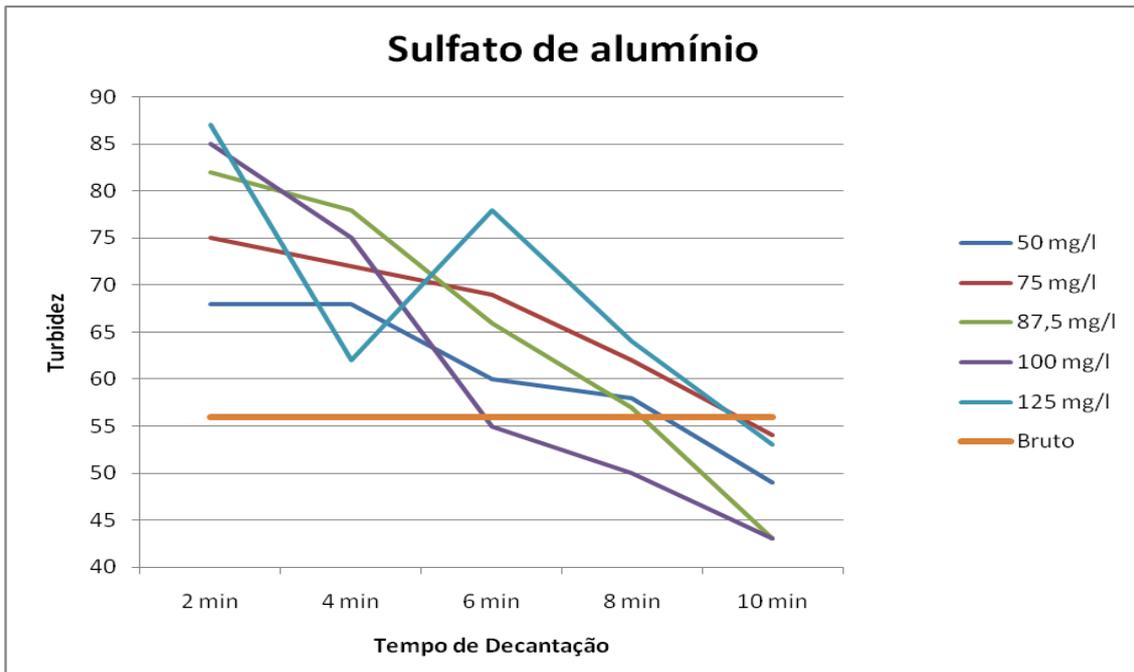


Figura 19: Turbidez do Sulfato de Alumínio

O PAC testado no primeiro dia apresentou um resultado pior do que o encontrado no teste do sulfato. Vale ressaltar, que este foi dosado em menores quantidades quando comparado ao sulfato de alumínio e em todas as concentrações aplicadas a turbidez encontrada foi mais elevada que a inicial da água bruta (Figura 20).

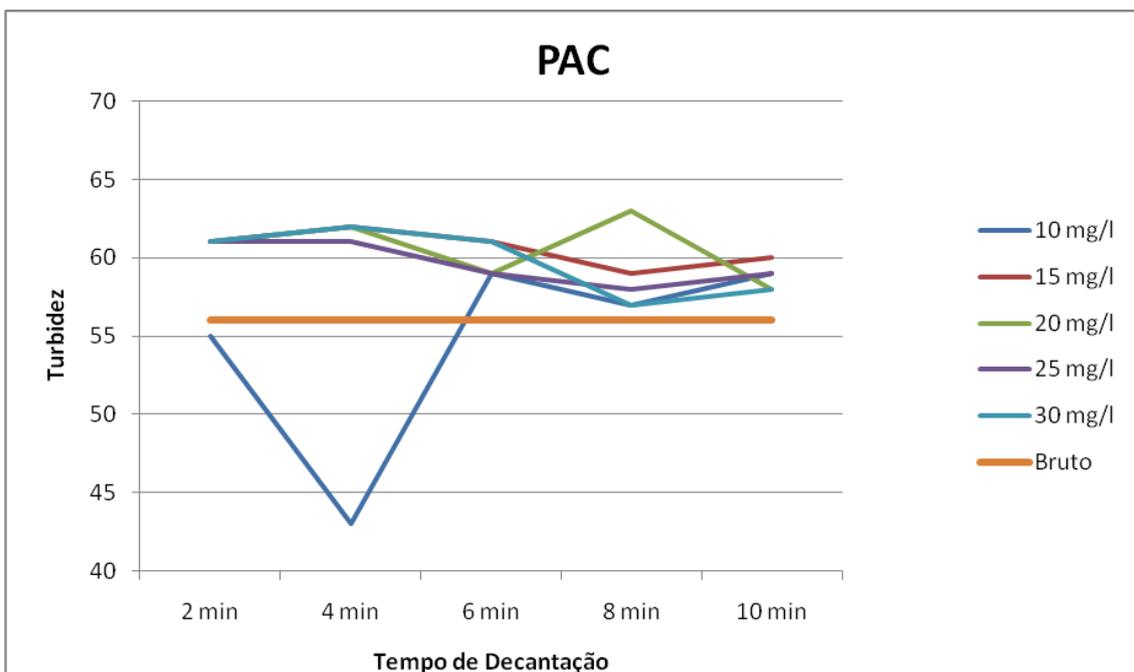


Figura 20: Turbidez do PAC

Após estes primeiros resultados concluiu-se que seria necessário a aplicação da Cal para corrigir o pH da água de forma que estes produtos alcançassem melhores resultados. Além desta conclusão decidiu-se aumentar o tempo de decantação de 10 min para 20 min, esta decisão foi tomada com base em cálculos feitos para descobrir qual seria o tempo de sedimentação no decantador para a vazão máxima da ETA, encontrou-se aproximadamente 30 min de detenção.

O segundo dia de laboratório foi iniciado com um teste para verificar a concentração ideal de Cal que possibilitaria atingir o pH ótimo para a atuação destes produtos. De acordo com o manual dos coagulantes o pH ideal estaria entre 8,5 e 9. Foram testadas 3 concentrações diferentes, como pode ser visto na Figura 21, a concentração ideal encontrada foi 60 mg/l, atingindo um pH de 8,78.

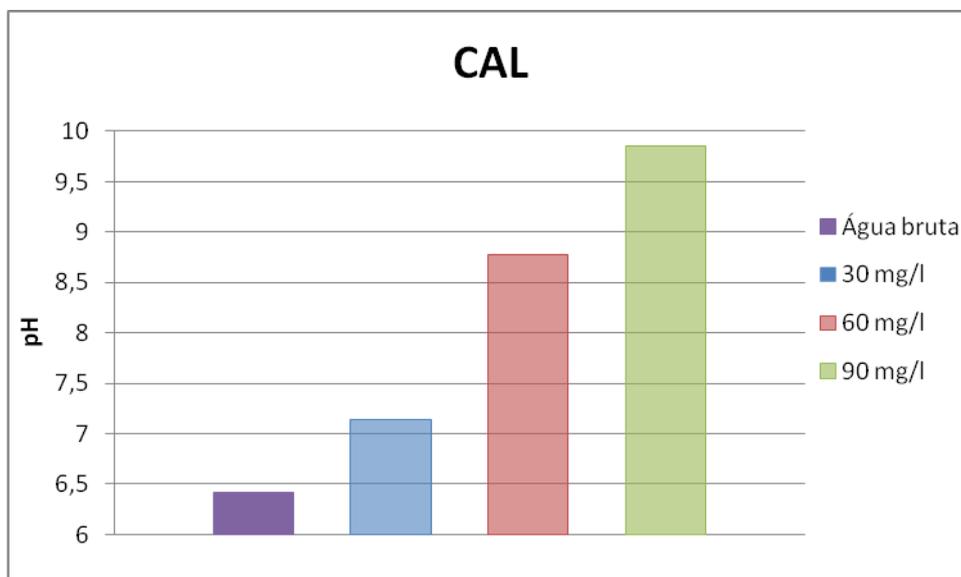


Figura 21: Variação do pH com adição de Cal

Após obtenção deste resultado foram rodados novamente os testes com sulfato de alumínio e PAC, nestes eram adicionando Cal na concentração ideal (60 mg/L) e adotando um tempo de decantação de 20 min. Os novos resultados encontrados foram satisfatórios, como pode ser observado nas Figura 22 e Figura 23.

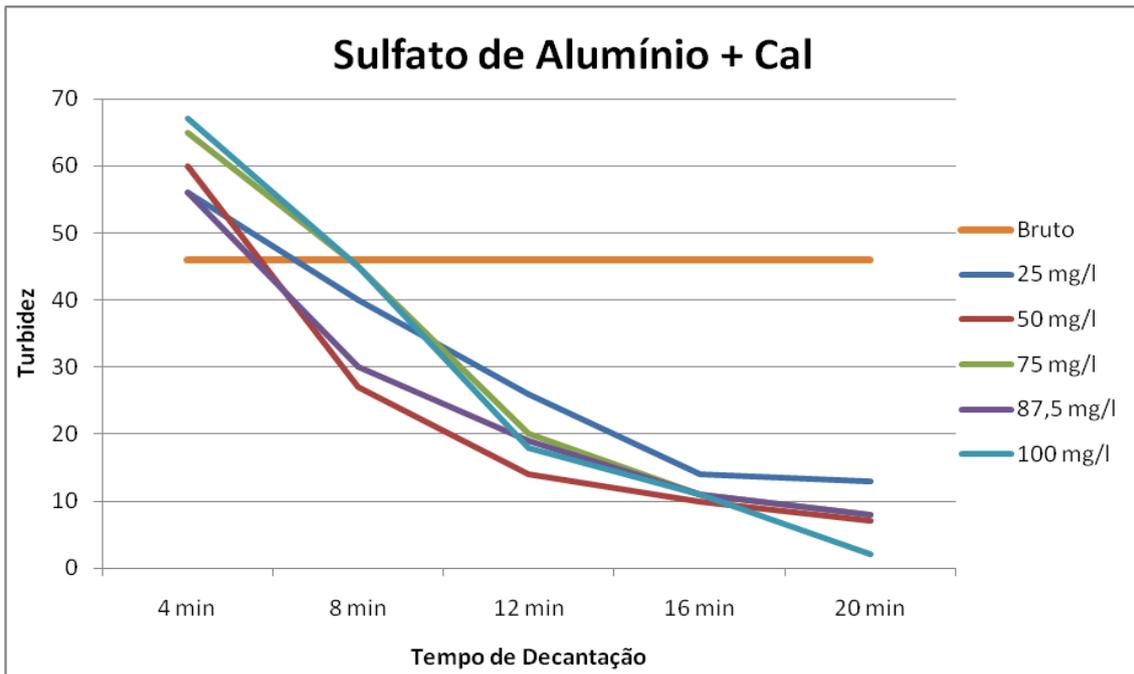


Figura 22: Turbidez do Sulfato de Alumínio com Cal

Este produto formou flocos em todos os jarros, mas como pode ser observado no gráfico acima a maior concentração foi a que resultou em um melhor tratamento chegando ao final dos 20 min de decantação a uma turbidez de 2 NTU.

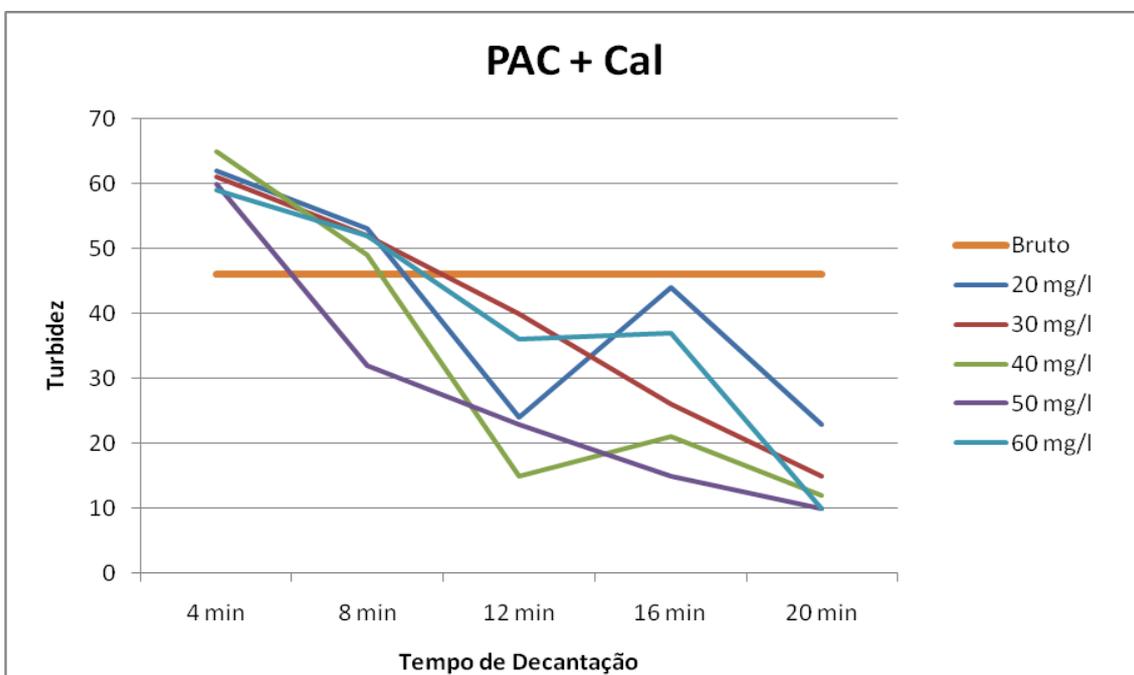


Figura 23: Turbidez do PAC com Cal

A aplicação de PAC nas concentrações indicadas proporcionou a formação de floco em todos os jarros, porém os melhores resultados, como podem ser observados na Figura 23 acima, foram obtidos com as concentrações de 50 mg/l e 60 mg/l, que após 20 minutos de decantação alcançaram um resultado de turbidez de 10 NTU.

Os testes de jarros conduzidos com o Tan Floc SL não apresentaram bons resultados em relação a turbidez, como pode ser visto na Figura 24. As concentrações aplicadas não foram suficientes para um bom tratamento.

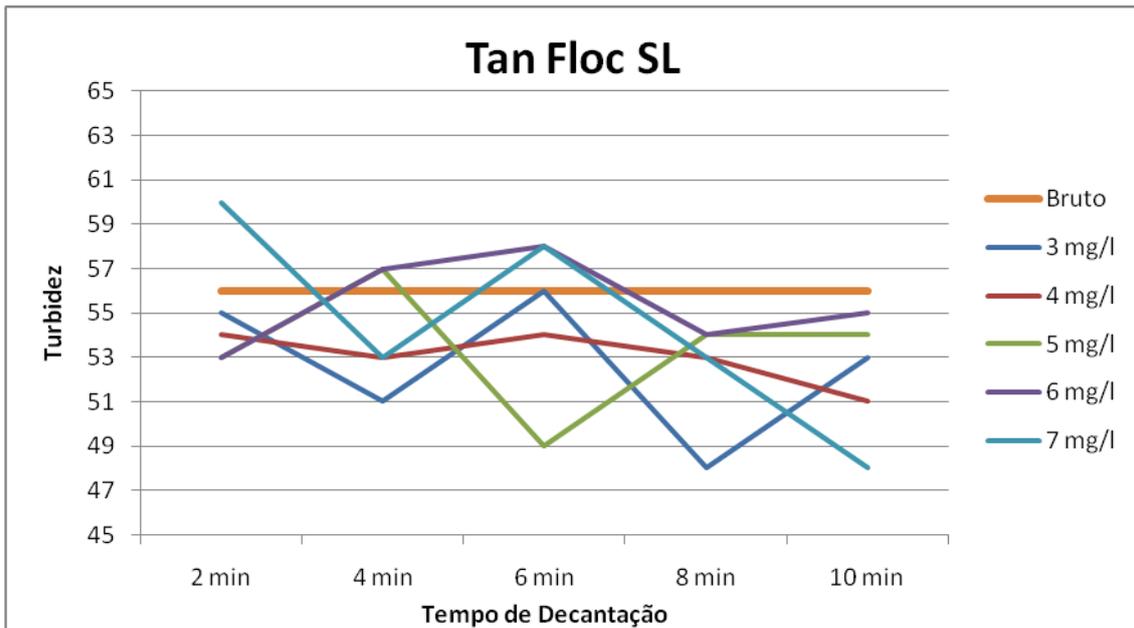


Figura 24: Turbidez do Tan Floc SL

Foi realizado um novo teste comparativo sob uma concentração de 15 mg/l e diluição de 0,1% com o objetivo de identificar qual Tan Floc teria uma maior afinidade com a água resultando em melhor tratamento. E, avaliando a Figura 25, observa-se que o Tan Floc SG apresentou melhores resultados em todas as análises.

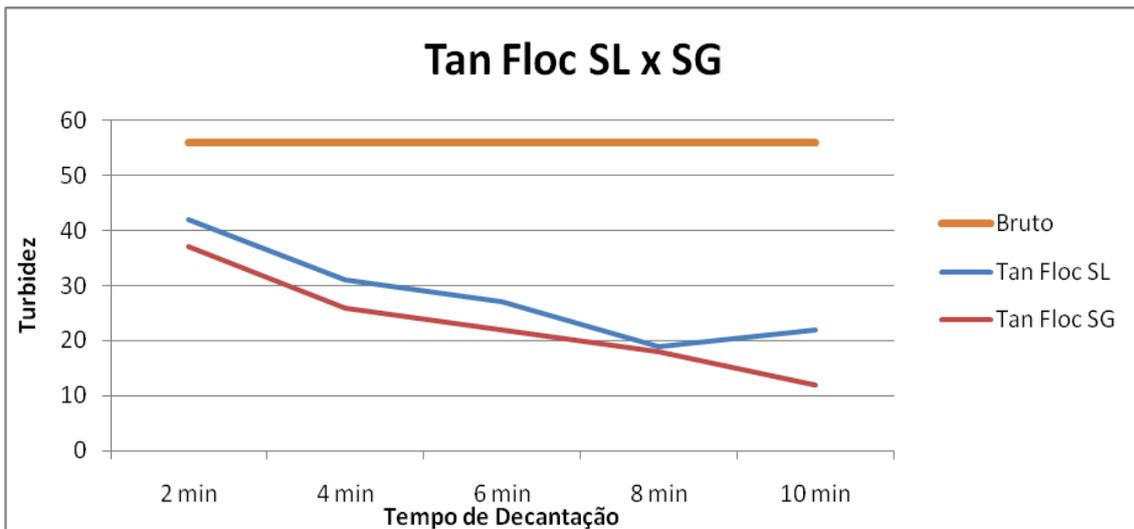


Figura 25: Comparação entre o Tan Floc SG e SL

A partir do resultado anterior foi feito um segundo teste com o Tan Floc SG (diluição de 1%) para identificar a dosagem ótima deste produto. Como se observa na Figura 26, a dosagem de 35 mg/l foi a que obteve um melhor resultado de turbidez, alcançando 8 NTU.

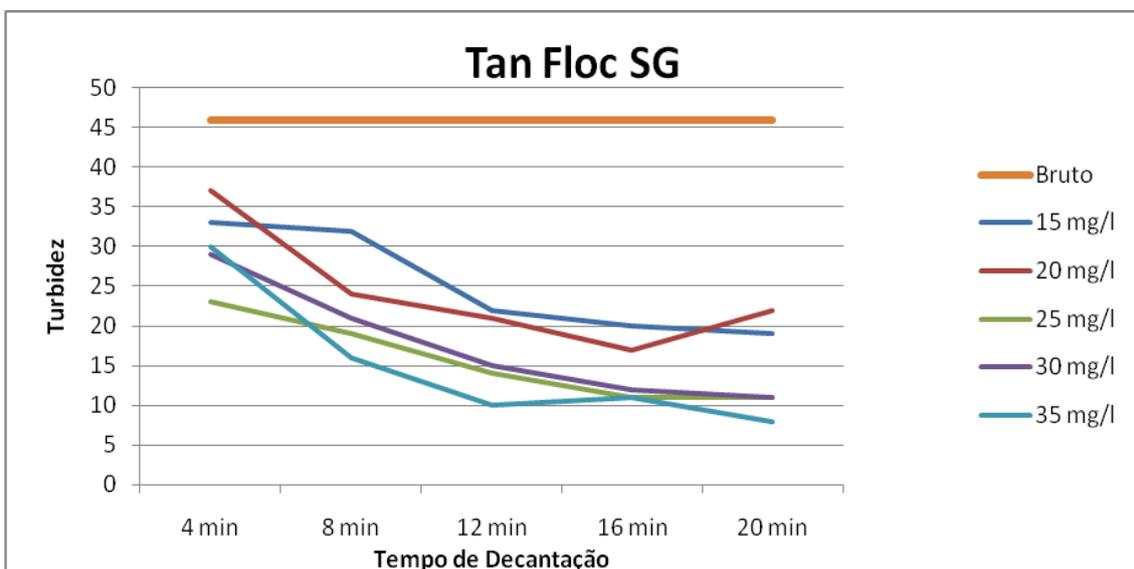


Figura 26: Turbidez do Tan Floc SG

Foi observado que quanto maior a diluição do Tan Floc, melhores são os resultados, pois este produto apresenta uma alta viscosidade, quanto maior sua diluição, mais fáceis de ocorrer as reações de neutralização. A Tabela 8 representa a observação feita acima. Vale observar que no segundo teste citado a água bruta se

apresentava com uma qualidade melhor, de 10 NTU a menos do que a água bruta do teste comparativo.

Tabela 8: Diluição do Tan Floc SG alterando a eficiência do tratamento

Tan Floc SG				
Diluição	Concentração	Turbidez da Água Bruta (NTU)	Tempo de decantação (min)	Turbidez da Água Tratada (NTU)
0,1%	15mg/l	56	10	12
1%	15mg/l	46	12	22

Após testar o Tan Floc SG e o sulfato de alumínio separadamente optou-se por fazer um novo teste de jarros com a combinação destes produtos, sendo que o sulfato continuaria atuando como coagulante e o Tan Floc SG passaria a atuar como auxiliar de floculação, o pH foi corrigido com Cal antes do início deste ensaio. Este teste apresentou excelentes resultados, proporcionando turbidez do clarificado inferior a 10 NTU (Figura 27), para todas as dosagens testadas.

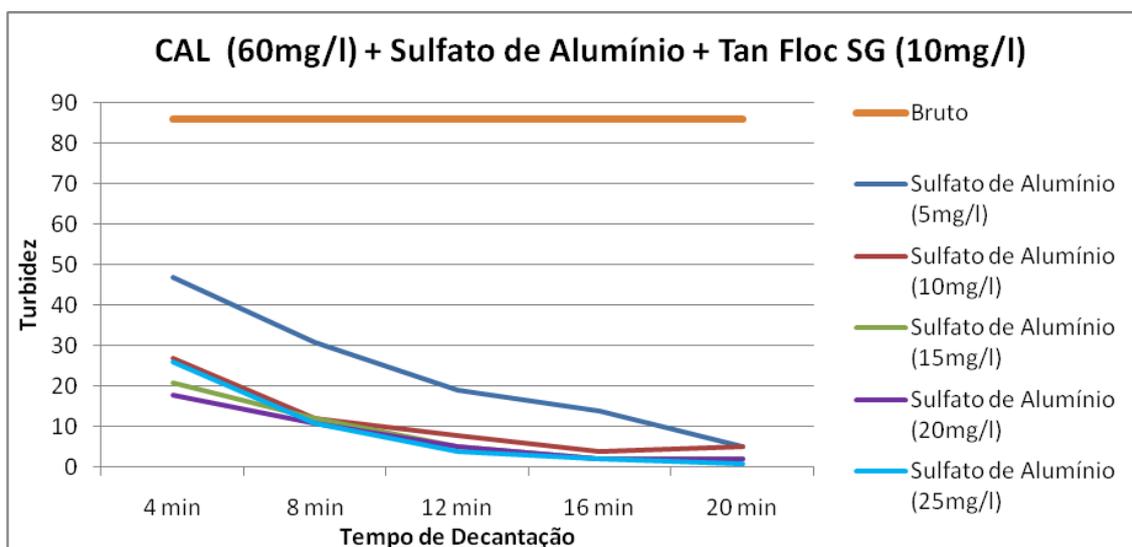


Figura 27: Turbidez da combinação de Sulfato de alumínio com Tan Floc SG

O último ensaio foi feito com os melhores resultados obtidos em todos os ensaios anteriores. Após o período de mistura rápida e lenta, o jarro 3 (combinação de cal, sulfato de alumínio e Tan Floc SG) apresentava flocos mais bem formados, como se observa na Figura 28.

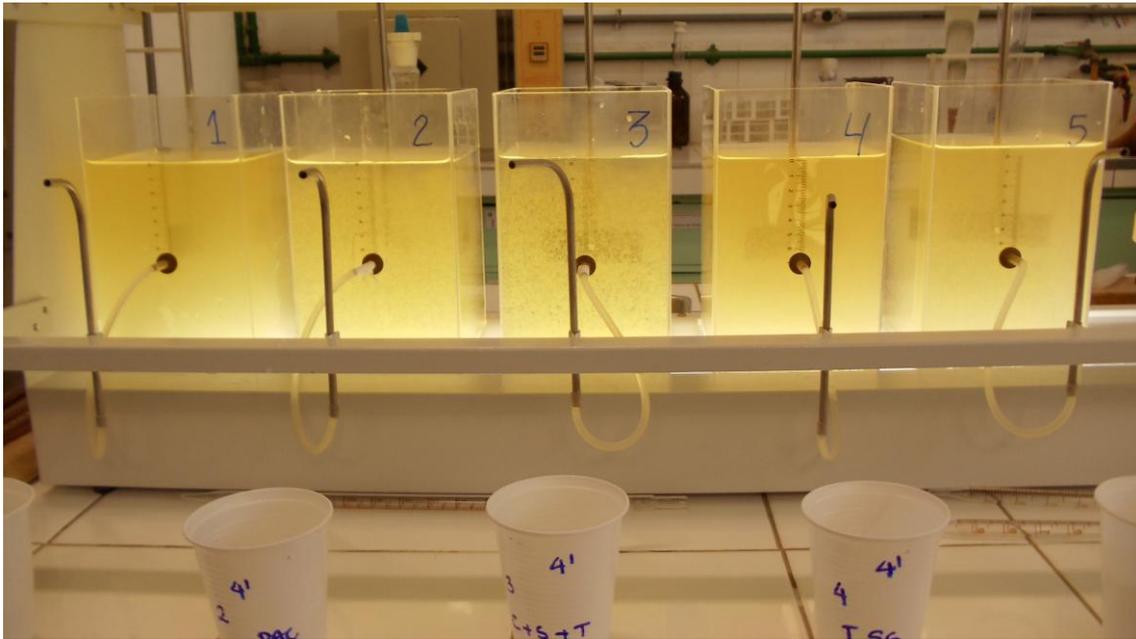


Figura 28: Jar Test dos melhores resultados

Aos 20 min de decantação os três primeiros jarros já apresentavam uma boa clarificação na água, enquanto isso, os dois últimos jarros apresentavam uma turbidez ainda muito alta, como pode ser visto na Figura 29.

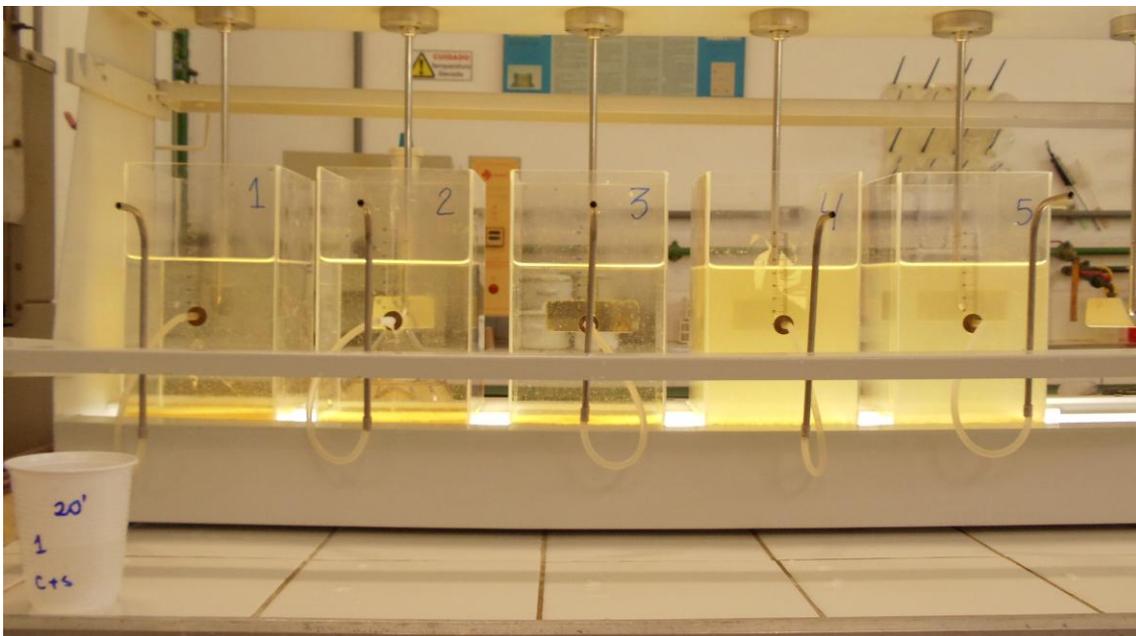


Figura 29: Jar Test dos melhores resultados aos 20min de decantação

Em relação ao PAC e analisando os resultados, percebeu-se que este produto obteve melhores resultados no terceiro dia de teste. Destaca-se que neste dia a água apresentava uma turbidez muito maior do que a verificada no teste anterior.

Agrupando estas informações foi possível gerar o gráfico representado na Figura 30, que ilustra uma melhor eficiência do PAC para turbidez mais elevada. Nos dois casos o pH foi corrigido com cal antes de se aplicar o produto na água.

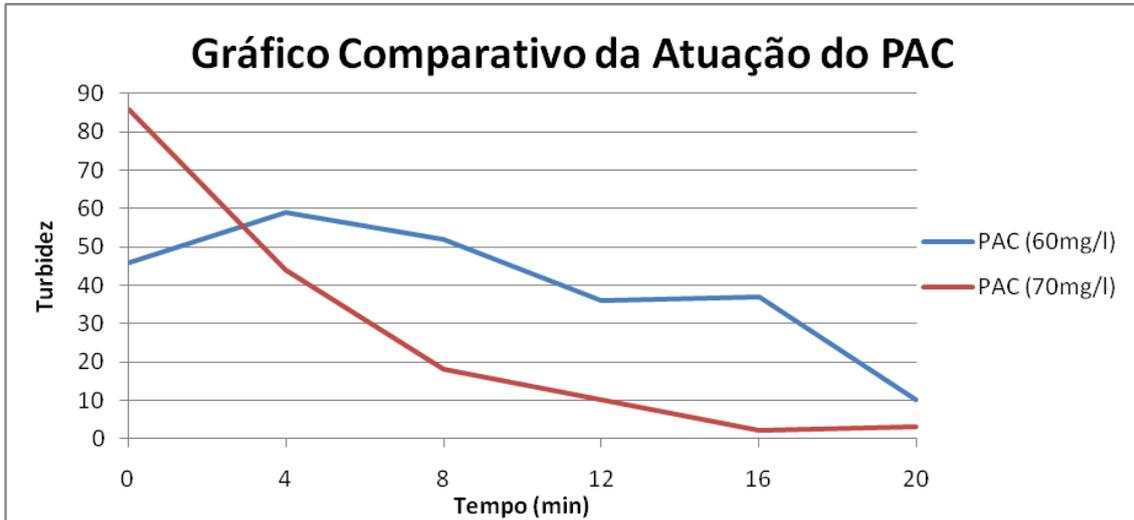


Figura 30: Comparativo da atuação do PAC

O PAC, quando comparado ao sulfato de alumínio, apresentou maior rapidez na formação dos flocos e estes possuíam um tamanho também maior. A Figura 31 representa o momento do início da decantação no teste de jarros e nesta pode-se verificar que o PAC (Jarro 2) já apresentava formação de flocos, diferentemente do sulfato de alumínio (Jarro 1).

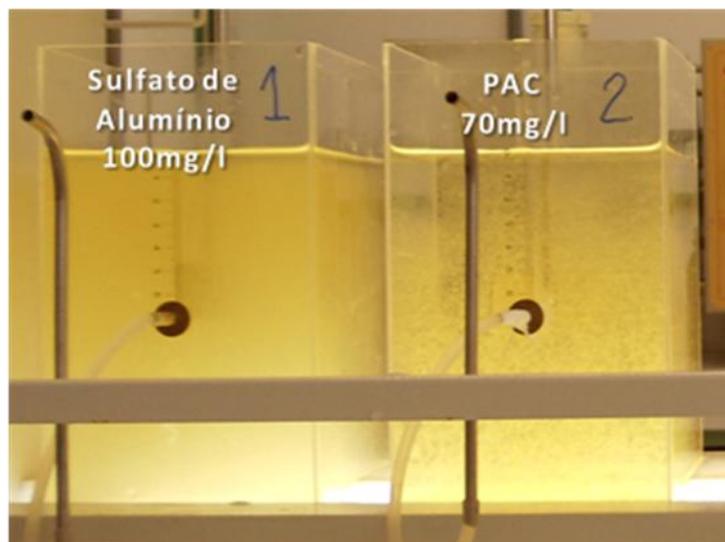


Figura 31: Floculação do sulfato de alumínio e do PAC

Após os 20 min de decantação os flocos gerados pelo PAC apresentaram-se notadamente maiores que os formados pelo sulfato, cuja característica é de uma poeira fina (Figura 32).

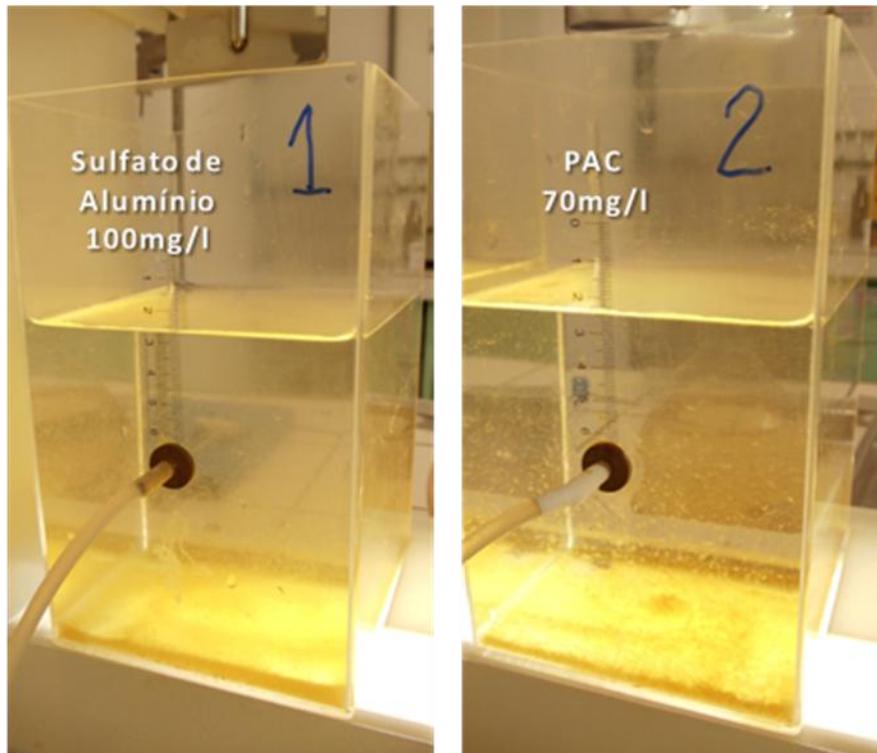


Figura 32: Flocos de sulfato de alumínio e de Pac após 20 min de decantação

Os resultados de turbidez obtidos podem ser vistos na Figura 33, cujo gráfico ilustra o resumo de todos os testes realizados no laboratório, reunindo todos os melhores resultados obtidos no tratamento desta água.

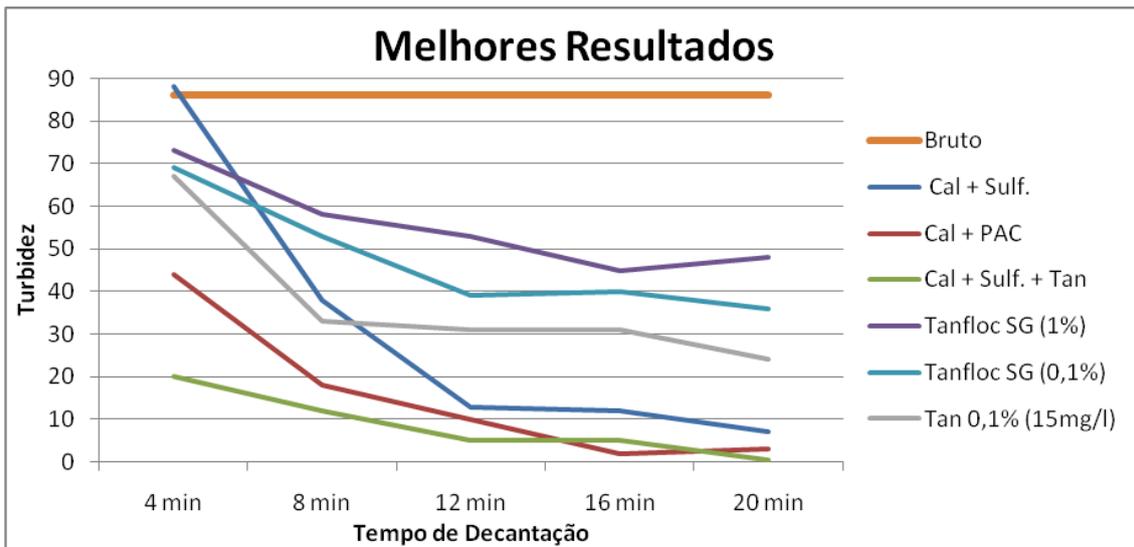


Figura 33: Gráfico com os melhores resultados de Turbidez

Assim como a turbidez, também pode ser analisada a cor das amostras coletadas e este resultado está representado na Figura 34.

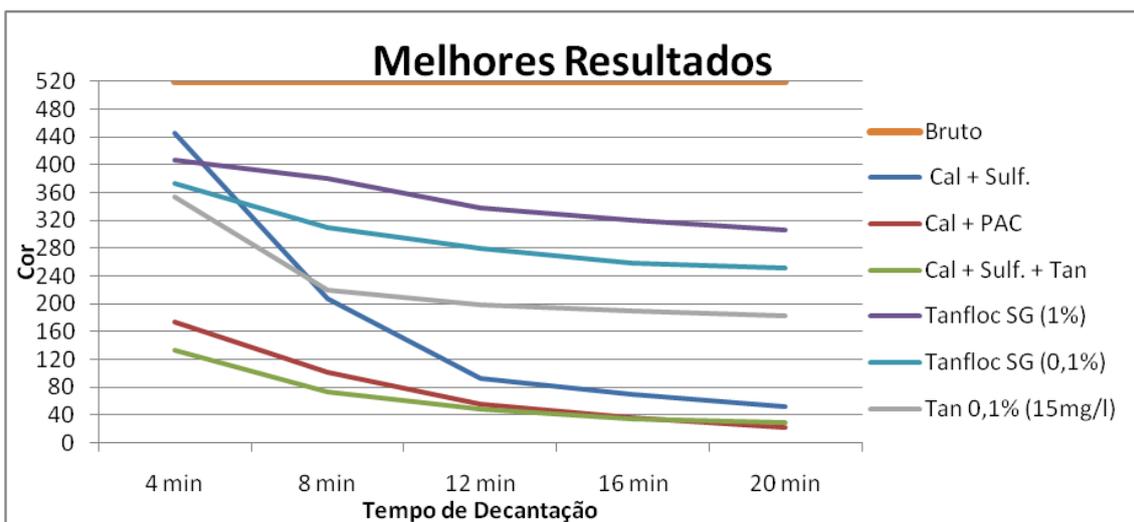


Figura 34: Gráfico com os melhores resultados de Cor

A última parte dos testes consiste em determinar a quantidade e as características de lodo que cada produto químico produz, comparando com a qualidade de seu tratamento. Para isso foi feito o ensaio de Cone Imhoff com todos os produtos testados no ensaio de melhores resultados (Figura 35).

Ao cruzar as informações de eficiência de tratamento (Figura 34) com a quantidade de lodo gerado (Figura 35) é observado que os três primeiros jarros apresentaram uma boa clarificação, mas a combinação (sulfato de alumínio com tanfloc SG) e o PAC são os melhores, pois além de proporcionar esta clarificação geram

um lodo mais adensado. Não pode-se chegar a esta mesma conclusão com o Tan Floc SG, esse gerou pouco lodo, porém não conferiu boa clarificação à água.

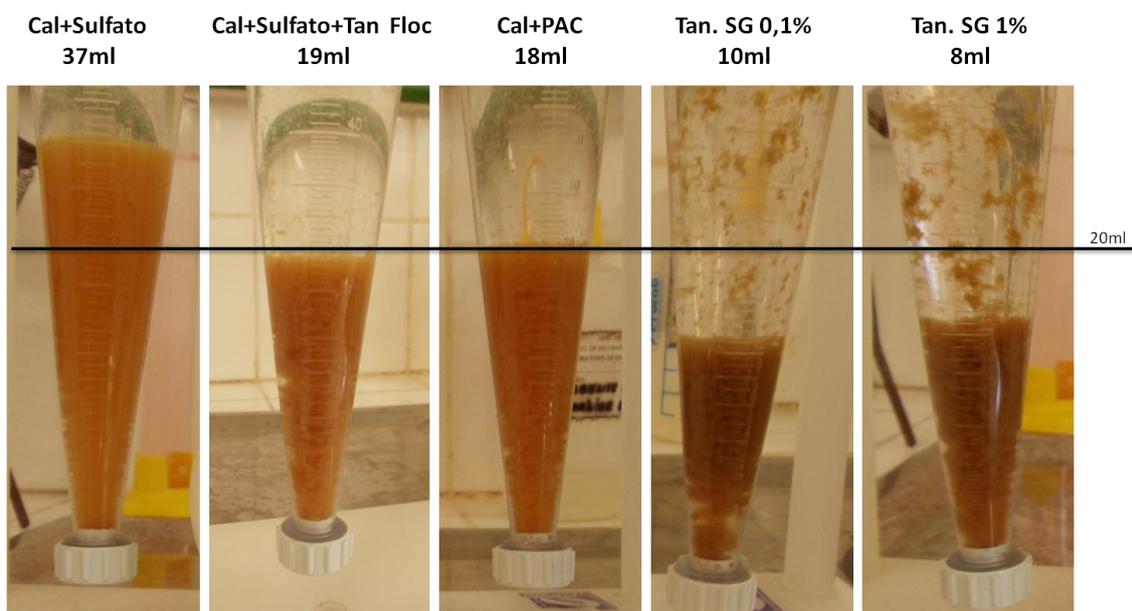


Figura 35: Resultados do teste cone imhoff

A Figura 36 abaixo facilita a visualização da quantidade de lodo produzida através do tratamento com diferentes produtos.

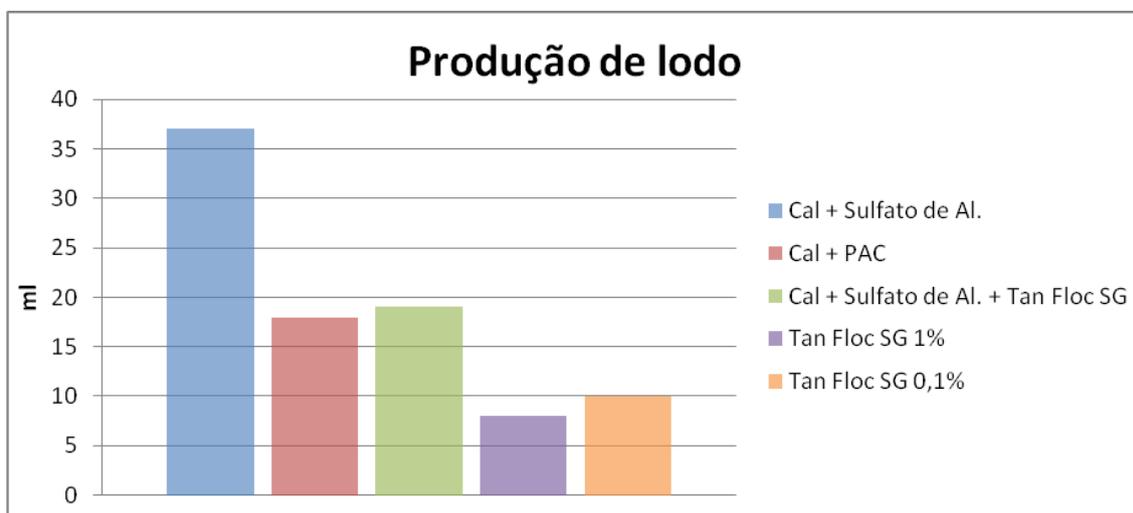


Figura 36: Gráfico da quantidade de lodo em cada teste cone imhoff

Ao adotar a combinação de sulfato de alumínio com Tan Floc SG reduz-se em aproximadamente 50% o volume de lodo gerado quando comparado à aplicação de sulfato de alumínio isolado. Por isso, ao dobrar a produção de água da ETA não será necessário ampliar a área de secagem do lodo.

Por último foi feita uma análise para determinar qual a concentração de sulfato de alumínio na combinação com o Tan Floc SG atenderia a necessidade de tratamento por menores custos. Ao comparar os gastos com os produtos (Tabela 9) e os resultados obtidos (Figura 27) pode-se concluir que a diferença entre o clarificado tratado a uma concentração de 15 mg/l de sulfato e o tratado a 25 mg/l é de apenas 1 NTU.

Cabe lembrar, que a água bruta neste ensaio apresentava uma qualidade muito pior do que a encontrada cotidianamente na estação e mesmo com esta qualidade a combinação conseguiu atingir excelentes resultados.

Comparando os custos com produtos químicos entre essas duas concentrações chega-se a uma diferença de quase R\$ 1.000,00, concluindo então que a concentração de 15 mg/l atenderia as exigências de tratabilidade, por menores custos.

Tabela 9: Concentrações de sulfato de alumínio na combinação com Tan Floc SG e seus custos por mês

Produto	Diluição	Concentração	Jarro (2l)	Quantidade (ml)	Preço/mês
CAL	-	60 mg/l	todos	2	-
Sulfato de Alumínio	0,1% (1mg por 1ml, 10ml em 250ml de água)	5 mg/l	1	10	R\$ 3.795,8
		10 mg/l	2	20	R\$ 4.314,2
		15 mg/l	3	30	R\$ 4.832,6
		20 mg/l	4	40	R\$ 5.351,0
		25 mg/l	5	50	R\$ 5.869,4
Tan Floc SG	0,1%	10 mg/l	todos	20	-

A fim de facilitar a visualização dos resultados foi feita uma tabela que contem as eficiências de tratamento de cada produto para duas qualidades de água diferente, alta turbidez (86 NTU) e baixa turbidez (46 e 56 NTU). A Tabela 10 seguir contém as informações descritas acima para o tratamento com sulfato de alumínio (com cal), PAC (com cal), combinação de Tan Floc SG e sulfato de alumínio (com cal), e Tan Floc SG em concentrações e diluições diferentes.

Tabela 10: Resumo dos resultados e seus custos por mês

Produtos	Concentrações (mg/l)	Turbidez na faixa de 46 a 56 (NTU)	Turbidez igual a 86 (NTU)	Custo por Produto/mês	Custo Total (com Cal)
Sulfato de Alumínio + Cal (60mg/l)	100	2	7	R\$ 10.368,0	R\$ 12.407,0
	50	7	-	R\$ 5.184,0	R\$ 7.223,0
PAC + Cal (60mg/l)	70	-	3	R\$ 8.467,2	R\$ 10.506,2
Sulfato de Alumínio	15	-	2	R\$ 1.555,2	R\$ 4.832,6
Cal	60			R\$ 2.039,0	
Tan Floc SG	10			R\$ 1.238,4	
Tan Floc SG	15 (0,1%)	12	24	R\$ 1.857,6	R\$ 1.857,6
	35 (1%)	8	-	R\$ 4.334,4	R\$ 4.334,4
	40 (0,1%)	-	36	R\$ 4.953,6	R\$ 4.953,6

De acordo com esses dados pode-se observar que a combinação de sulfato de alumínio (15 mg/l) com Tan Floc SG corrigida com Cal é a que atinge o melhor tratamento.

6 Conclusões e Recomendações

Pode-se concluir que a combinação de sulfato de alumínio com Tan Floc SG (corrigida com Cal) apresentou o melhor resultado de clarificação como pode ser visto na Figura 33, que ilustra o teste dos melhores resultados.

O produto Tan Floc Aplicado isoladamente pode ser considerado o pior resultado, pois sofreu redispersão quando dosado 40mg/l, mostrando alta sensibilidade à variação de sua concentração. Observa-se também que o Tan Floc SG apresenta uma maior eficiência quando utilizado a uma maior diluição, como pode ser observado comparando os resultados da Tabela 8. Na prática a redução da diluição deve ser melhor, pois este procedimento provavelmente demandaria alterações nas instalações da ETA por requerer maior espaço para preparo das soluções.

Ao analisar a produção de lodo a combinação (cal, sulfato de alumínio e Tan Floc SG) obteve o melhor resultado no teste Cone Imhoff, estabelecendo a melhor relação entre a clarificação e o adensamento do lodo. O segundo melhor produto neste aspecto é o PAC. O pior produto foi o sulfato de alumínio, que gerou a maior quantidade de lodo dentre todos os produtos testados. Além disso, este contém resíduos de alumínio devido à sedimentação do coagulante. Comparando a combinação de cal, sulfato de alumínio e Tan Floc SG com o sulfato de alumínio dosado a uma concentração de 100mg/l é observada uma redução no volume de lodo de 48% e da quantidade de coagulante aplicada de 85%.

Analisando os custos isoladamente conclui-se que o Tan Floc SG é a melhor opção. Porém, ao relacionar os custos com a eficiência de tratamento e com a produção de lodo verifica-se que a combinação de cal com sulfato de alumínio (15 mg/l) e com Tan Floc SG (10 mg/l) como a melhor relação custo/benefício, como é possível observar na Tabela 10 (R\$ 4.832,6).

Comparando a concentração de sulfato de alumínio utilizada atualmente (R\$ 8.259,8 mensais) com o tratamento proposto, a combinação de sulfato com Tan Floc SG resultou em uma economia de 41% nos gastos com produtos químicos destinados à coagulação. Destaca-se ainda que com esta combinação de produtos proposta, seria necessário investir apenas R\$ 500,00 em relação à despesa atual para dobrar a produção da ETA.

Ao produzir 57.600 m³/mês de água a ETA passa a ser responsável pela produção de 60% da necessidade do sítio aeroportuário, resultando em uma economia mensal de aproximadamente R\$691.000,00.

Destaca-se que para efetivo atendimento da Portaria 518 será necessário introduzir a etapa de fluoretação ao final do tratamento da ETA. Tornando a água produzida potável, seria conveniente buscar novas fontes alternativas que atendessem à demanda de água não potável

7 Bibliografia

BRASIL. Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências.

BRASIL. Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico.

DI BERNARDO, L; DI BERNARDO, A; CENTURIONE FILHO, P. L. Ensaios de tratabilidade de água e de resíduos gerados em Estações de Tratamento de Água. São Carlos-SP : Rima, 2002. 236p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Contagem populacional de 5.564 municípios brasileiros em 2007.

JORDÃO, Eduardo Pacheco. Tratamento do Esgoto Doméstico. 3ª ed. Rio de Janeiro, ABES, 1995. 528p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Portaria MS n. 518/2004. Brasília, Editora do Ministério da Saúde, 2005. 28p.

RICHTER, C. A., Água: Métodos e tecnologias de tratamento. São Paulo, Blucher, 2009.

RIO DE JANEIRO. Decreto Estadual nº 40.156, de 17 de outubro de 2006. Estabelece os procedimentos técnicos e administrativos para a regularização dos usos de água superficial e subterrânea, bem como, para ação integrada de fiscalização com os prestadores de serviço de saneamento básico, e dá outras providências.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. 'Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos-2008'. Brasília, Ministério das Cidades, 2010. 408p.

VIANNA, Marcos Rocha. Casas de química para estações de tratamento de água. Belo Horizonte : Imprimatur Artes, 2001. 190p.

VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3ª ed. Belo Horizonte : Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade federal de Minas Gerais, 2005. 452p.