



Águas do Douro e Paiva SA
O novo ciclo da água



FEUP
Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia

Estudos de Coagulação/Floculação/Flotação em águas superficiais submetidas a pré-ozonização

Ana Cristina Fernandes da Costa
(Estágio Prodep III)

Supervisor (FEUP):

Dr. Rui Boaventura

Orientador (Águas do Douro e Paiva, S.A.):

Eng. Miguel Ferreira

Janeiro de 2002

66(047.3)
LEQ 2001/COSa



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Social Europeu

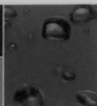


Mais Educação



Águas do Douro e Paiva SA

O novo ciclo da água



FEUP

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia

Estudos de Coagulação/Floculação/Flotação em águas superficiais submetidas a pré-ozonização

Ana Cristina Fernandes da Costa

(Estágio Prodep III)

Supervisor (FEUP):

Dr. Rui Boaventura

Orientador (Águas do Douro e Paiva, S.A.):

Eng. Miguel Ferreira

Janeiro de 2002



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Social Europeu



Mais Educação

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
Biblioteca

Nº 90133

CDU

ata 021.07/2007

Resumo

O estudo foi realizado na Estação de Tratamento de Água de Lever (Águas do Douro e Paiva, S.A.), em que o coagulante actualmente utilizado é o sulfato de alumínio e não é efectuada a correcção de pH.

O objectivo deste trabalho foi o estudo da viabilidade da utilização de um coagulante alternativo ao actualmente utilizado no tratamento químico (Coagulação/Floculação/Flotação) de água do rio Douro submetida previamente a oxidação por ozono, na ETA de Lever. Os coagulantes estudados foram o sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$), e o PAX-18 ($\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{(3n-m)}$), com a finalidade de determinar a eficiência do processo em função do pH e da taxa de tratamento. As experiências foram realizadas na unidade “Flotation Jar Test” existente na ETA.

Numa 1ª fase, foram efectuadas várias experiências utilizando como coagulante o sulfato de alumínio. Nestas experiências variou-se o pH e a taxa de tratamento, com o objectivo de otimizar a eficiência do processo de coagulação/floculação/flotação. Pela análise dos resultados obtidos, e de acordo com as características da água no momento dos ensaios, conclui-se que efectuando um ajuste de pH para a gama compreendida entre 6,5 e 7,1 e utilizando uma taxa de tratamento entre 40 e 60 mg/L, obtêm-se uma boa eficiência do processo de tratamento.

Numa 2ª fase, utilizou-se como coagulante o PAX-18, tendo-se variado o pH e a taxa de tratamento. Analisando os resultados obtidos, conclui-se que a gama pH em que se obteve melhores resultados está compreendida entre 6,6 e 7,3. Se for efectuado um ajuste de pH para a gama referida e utilizando uma taxa de tratamento entre 30 e 45 mg/l, obtêm-se uma boa eficiência do processo de tratamento.

66 (047,3) / LEQ 2001 / COSA

Agradecimentos

Ao concluir este trabalho gostaria de agradecer a todos os que directa ou indirectamente contribuíram para a sua realização.

Queria expressar o meu maior agradecimento ao Dr. Rui Boaventura, que contribuiu fundamentalmente para a realização deste trabalho.

Queria expressar o meu reconhecimento às Águas do Douro e Paiva, S.A., pela concessão da oportunidade de realizar este Estágio PRODEP III, na Estação de Tratamento de Água de Lever.

Queria em particular manifestar o meu especial agradecimento ao Eng. Miguel Ferreira, Eng. Eduardo Gaspar e à Eng. Margarida Silva, pelo agradável acolhimento e ajuda constante durante os meses de realização do estágio na ETA de Lever; aos Eng. José Carlos Rodrigues, Eng. João Ferreira e Eng. João Paulo Ramos pelas sugestões e cooperação que sempre proporcionaram; e às analistas do Laboratório de ETA de Lever, Alexandra Gomes e Susana Costa pelo auxílio prestado sempre que necessário.

Queria agradecer ao Ministério da Educação e à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto o apoio financeiro concedido para a realização deste estágio.

Índice de figuras

1. Introdução.....	1
2. Metodologia de Análise.....	2
2.1 Procedimento experimental.....	3
2.2 Métodos analíticos.....	3
3. Resultados.....	4
3.1 Avaliação do efeito do pH e taxa de tratamento na eficiência do processo de coagulação/floculação/flotação, utilizando como coagulante o sulfato de alumínio.....	4
3.2 Avaliação do efeito do pH e taxa de tratamento na eficiência do processo de coagulação/floculação/flotação, utilizando como coagulante o PAX-18.....	10
4. Conclusões.....	16
5. Bibliografia	18
Anexo.....	19
A. Fichas técnicas dos coagulantes utilizados no estudo efectuado.....	19
A1. Sulfato de Alumínio.....	19
A2. PAX-18.....	22
B. Resultados obtidos nos ensaios efectuados e respectivas condições de água bruta e ozonizada.....	23
B1. Sulfato de Alumínio.....	23
B2. PAX-18.....	35
Figura 11 - Concentração de alumínio residual em função do pH e taxa de tratamento de PAX-18, numa gama de 0,5 a 2,0.....	11
Figura 12 - Concentração de alumínio residual em função do pH e taxa de tratamento de PAX-18.....	12
Figura 13 - Concentração de alumínio residual em função do pH e taxa de tratamento de PAX-18, numa gama de 0,5 a 2,0.....	12
Figura 14 - Remoção de turvação em função do pH e taxa de tratamento de PAX-18.....	13
Figura 15 - Remoção de condutibilidade em função do pH e taxa de tratamento de PAX-18.....	14
Figura 16 - Alcalinidade em função do pH e taxa de tratamento de PAX-18.....	15
Figura 17 - Valores de pH no fim do ensaio no "Flocculation Jar Test" em função dos valores de pH inicial, utilizando o PAX-18.....	15

Índice de figuras

Figura 1 - Unidade “Flotation Jar Test”	2
Figura 2 - Concentração de alumínio residual solúvel em função do pH e taxa de tratamento de sulfato de alumínio.....	5
Figura 3 - Concentração de alumínio residual solúvel em função do pH e taxa de tratamento de sulfato de alumínio, numa gama de 6,0 a 7,5.....	5
Figura 4 - Concentração de alumínio residual em função do pH e taxa de tratamento de sulfato de alumínio.....	6
Figura 5 - Concentração de alumínio residual em função do pH e taxa de tratamento de solução de sulfato de alumínio, numa gama de 6,0 a 7,5.....	6
Figura 6 - Remoção de turvação em função do pH e taxa de tratamento de sulfato de alumínio.....	7
Figura 7 - Remoção de oxidabilidade em função do pH e taxa de tratamento de sulfato de alumínio.....	8
Figura 8 - Alcalinidade em função do pH e taxa de tratamento de sulfato de alumínio.....	9
Figura 9 - Valores de pH no fim do ensaio no “Flotation Jar Test” em função dos valores de pH inicial, utilizando o sulfato de alumínio	9
Figura 10 - Concentração de alumínio residual solúvel em função do pH e taxa de tratamento de PAX-18.....	11
Figura 11 - Concentração de alumínio residual solúvel em função do pH e taxa de tratamento de PAX-18, numa gama de 6,5 a 8,0.....	11
Figura 12 - Concentração de alumínio residual em função do pH e taxa de tratamento de PAX-18.....	12
Figura 13 - Concentração de alumínio residual em função do pH e taxa de tratamento de PAX-18, numa gama de 6,5 a 8,0.....	12
Figura 14 - Remoção de turvação em função do pH e taxa de tratamento de PAX-18.....	13
Figura 15 - Remoção de oxidabilidade em função do pH e taxa de tratamento de PAX-18.....	14
Figura 16 - Alcalinidade em função do pH e taxa de tratamento de PAX-18.....	15
Figura 17 - Valores de pH no fim do ensaio no “Flotation Jar Test” em função dos valores de pH inicial, utilizando o PAX-18	15
Tabela 18 - Resultados obtidos para valores de pH 6,3, usando o sulfato de alumínio.....	27
Tabela 19 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,4, usando o sulfato de alumínio	27
Tabela 20 - Resultados obtidos para valores de pH 6,4, usando o sulfato de alumínio.....	27
Tabela 21 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,3, com T.T. entre 10 e 40 mg/L, usando o sulfato de alumínio.....	28
Tabela 22 - Resultados obtidos para valores de pH 6,5, com T.T. entre 10 e 40 mg/L, usando o sulfato de alumínio	28
Tabela 23 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,5, com T.T. entre 50 e 80 mg/L, usando o sulfato de alumínio.....	28
Tabela 24 - Resultados obtidos para valores de pH 6,3, com T.T. entre 50 e 80 mg/L, usando o sulfato de alumínio.....	28
Tabela 25 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,6, usando o sulfato de alumínio.....	29

Índice de tabelas

Tabela 1- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 5,0, com T.T. entre 10 e 40 mg/L, usando o sulfato de alumínio.....	23
Tabela 2- Resultados obtidos para valores de pH 5,0, com T.T. entre 10 e 40 mg/L , usando sulfato de alumínio.....	23
Tabela 3- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 5,0, com T.T. entre 50 e 80 mg/L, usando o sulfato de alumínio.....	23
Tabela 4- Resultados obtidos para valores de pH 5,0, com T.T. entre 50 e 80 mg/L , usando o sulfato de alumínio.....	23
Tabela 5- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 5,5, com T.T. entre 10 e 40 mg/L, usando o sulfato de alumínio.....	24
Tabela 6- Resultados obtidos para valores de pH 5,5, com T.T. entre 10 e 40 mg/L , usando o sulfato de alumínio.....	24
Tabela 7- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 5,5, com T.T. entre 50 e 80 mg/L, usando o sulfato de alumínio.....	24
Tabela 8- Resultados obtidos para valores de pH 5,5, com T.T. entre 50 e 80 mg/L , usando o sulfato de alumínio.....	24
Tabela 9- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,0, com T.T. entre 10 e 40 mg/L, usando o sulfato de alumínio.....	25
Tabela 10- Resultados obtidos para valores de pH 6,0, com T.T. entre 10 e 40 mg/L , usando o sulfato de alumínio.....	25
Tabela 11- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,0, com T.T. entre 50 e 80 mg/L, usando o sulfato de alumínio.....	25
Tabela 12- Resultados obtidos para valores de pH 6,0, com T.T. entre 50 e 80 mg/L , usando o sulfato de alumínio.....	25
Tabela 13- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,1, usando o sulfato de alumínio.....	26
Tabela 14- Resultados obtidos para valores de pH 6,1, usando o sulfato de alumínio.....	26
Tabela 15- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,2, usando o sulfato de alumínio.....	26
Tabela 16- Resultados obtidos para valores de pH 6,2, usando o sulfato de alumínio.....	26
Tabela 17- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,3, usando o sulfato de alumínio.....	27
Tabela 18- Resultados obtidos para valores de pH 6,3, usando o sulfato de alumínio.....	27
Tabela 19- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,4, usando o sulfato de alumínio.....	27
Tabela 20- Resultados obtidos para valores de pH 6,4, usando o sulfato de alumínio.....	27
Tabela 21- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,5, com T.T. entre 10 e 40 mg/L, usando o sulfato de alumínio.....	28
Tabela 22- Resultados obtidos para valores de pH 6,5, com T.T. entre 10 e 40 mg/L , usando o sulfato de alumínio.....	28
Tabela 23- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,5, com T.T. entre 50 e 80 mg/L, usando o sulfato de alumínio.....	28
Tabela 24- Resultados obtidos para valores de pH 6,5, com T.T. entre 50 e 80 mg/L , usando o sulfato de alumínio.....	28
Tabela 25- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,6, usando o sulfato de alumínio.....	29

Tabela 26- Resultados obtidos para valores de pH 6,6, usando o sulfato de alumínio..	29
Tabela 27- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,7, usando o sulfato de alumínio.....	29
Tabela 28- Resultados obtidos para valores de pH 6,7, usando o sulfato de alumínio..	29
Tabela 29- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,8, usando o sulfato de alumínio.....	30
Tabela 30- Resultados obtidos para valores de pH 6,8, usando o sulfato de alumínio..	30
Tabela 31- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,9, usando o sulfato de alumínio.....	30
Tabela 32- Resultados obtidos para valores de pH 6,9, usando o sulfato de alumínio..	30
Tabela 33- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,0, usando o sulfato de alumínio.....	31
Tabela 34- Resultados obtidos para valores de pH 7,0, usando o sulfato de alumínio..	31
Tabela 35- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,1, usando o sulfato de alumínio.....	31
Tabela 36- Resultados obtidos para valores de pH 7,1, usando o sulfato de alumínio..	31
Tabela 37- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,2, usando o sulfato de alumínio.....	32
Tabela 38- Resultados obtidos para valores de pH 7,2, usando o sulfato de alumínio..	32
Tabela 39- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,3, usando o sulfato de alumínio.....	32
Tabela 40- Resultados obtidos para valores de pH 7,3, usando o sulfato de alumínio..	32
Tabela 41- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,4, usando o sulfato de alumínio.....	33
Tabela 42- Resultados obtidos para valores de pH 7,4, usando o sulfato de alumínio..	33
Tabela 43- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,5, usando o sulfato de alumínio.....	33
Tabela 44- Resultados obtidos para valores de pH 7,5, usando o sulfato de alumínio..	33
Tabela 45- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 8,0, usando o sulfato de alumínio.....	34
Tabela 46- Resultados obtidos para valores de pH 8,0, usando o sulfato de alumínio..	34
Tabela 47- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 9,0, usando o sulfato de alumínio.....	34
Tabela 48- Resultados obtidos para valores de pH 9,0, usando o sulfato de alumínio..	34
Tabela 49- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 5,0, usando o PAX-18.....	35
Tabela 50- Resultados obtidos para valores de pH 5,0, usando o PAX-18.....	35
Tabela 51- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,0, usando o PAX-18.....	35
Tabela 52- Resultados obtidos para valores de pH 6,0, usando o PAX-18.....	35
Tabela 53- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,5, usando o PAX-18.....	36
Tabela 54- Resultados obtidos para valores de pH 6,5, usando o PAX-18.....	36
Tabela 55- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,6, usando o PAX-18.....	36
Tabela 56- Resultados obtidos para valores de pH 6,6, usando o PAX-18.....	36
Tabela 57- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,7, usando o PAX-18.....	37

Tabela 58- Resultados obtidos para valores de pH 6,7, usando o PAX-18.....	37
Tabela 59- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,8, usando o PAX-18.....	37
Tabela 60- Resultados obtidos para valores de pH 6,8, usando o PAX-18.....	37
Tabela 61- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,9, usando o PAX-18.....	38
Tabela 62- Resultados obtidos para valores de pH 6,9, usando o PAX-18.....	38
Tabela 63- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,0, usando o PAX-18.....	38
Tabela 64- Resultados obtidos para valores de pH 7,0, usando o PAX-18.....	38
Tabela 65- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,1, usando o PAX-18.....	39
Tabela 66- Resultados obtidos para valores de pH 7,1, usando o PAX-18.....	39
Tabela 67- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,2, usando o PAX-18.....	39
Tabela 68- Resultados obtidos para valores de pH 7,2, usando o PAX-18.....	39
Tabela 69- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,3, usando o PAX-18.....	40
Tabela 70- Resultados obtidos para valores de pH 7,3, usando o PAX-18.....	40
Tabela 71- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,4, usando o PAX-18.....	40
Tabela 72- Resultados obtidos para valores de pH 7,4, usando o PAX-18.....	40
Tabela 73- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,5, usando o PAX-18.....	41
Tabela 74- Resultados obtidos para valores de pH 7,5, usando o PAX-18.....	41
Tabela 75- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,6, usando o PAX-18.....	41
Tabela 76- Resultados obtidos para valores de pH 7,6, usando o PAX-18.....	41
Tabela 77- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,7, usando o PAX-18.....	42
Tabela 78- Resultados obtidos para valores de pH 7,7, usando o PAX-18.....	42
Tabela 79- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,8, usando o PAX-18.....	42
Tabela 80- Resultados obtidos para valores de pH 7,8, usando o PAX-18.....	42
Tabela 81- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,9, usando o PAX-18.....	43
Tabela 82- Resultados obtidos para valores de pH 7,9, usando o PAX-18.....	43
Tabela 83- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 8,0, usando o PAX-18.....	43
Tabela 84- Resultados obtidos para valores de pH 8,0, usando o PAX-18.....	43
 Tabela 85- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 9,0, usando o PAX-18.....	 44
Tabela 86- Resultados obtidos para valores de pH 9,0, usando o PAX-18.....	44

1. Introdução de análise

Na ETA de Lever uma das etapas fundamentais do processo de tratamento da água do rio Douro é a Coagulação/Floculação. A coagulação tem como objectivo remover contaminações existentes na água, tais como, partículas coloidais e em suspensão, substâncias orgânicas dissolvidas, microorganismos patogénicos, iões metálicos (por exemplo cálcio e magnésio) e compostos tóxicos. Na coagulação é adicionado um composto químico, denominado coagulante, que provoca a destabilização da matéria coloidal. Na floculação ocorre a aglomeração destas partículas, formando partículas de maior tamanho, de modo a sedimentarem por gravidade ou separadas por flotação. A flotação consiste no arrastamento dos flocos provenientes da etapa de coagulação/floculação para a superfície através de microbolhas de ar.

O objectivo deste estudo foi estudar a interacção do pH com a concentração de coagulante, de forma a optimizar o processo de coagulação/floculação da água bruta, isto é, obter um teor mínimo de alumínio residual na água tratada e ao mesmo tempo obter um máximo de remoção de turvação e substâncias oxidáveis (expressas como oxidabilidade ao KMnO_4). Os coagulantes estudados foram o sulfato de alumínio, utilizado actualmente na ETA de Lever, e o policloreto de alumínio (PAX-18).

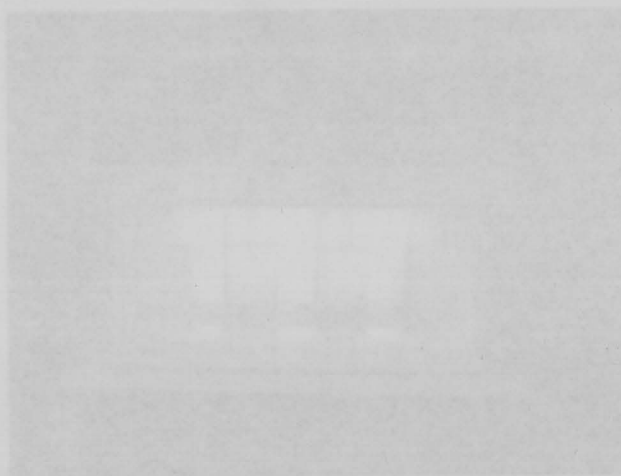


Figura 1- Unidade "Flotation Jar Test".

2. Metodologia de análise

Com o objectivo de simular o tratamento de coagulação/floculação/flotação efectuado à água do Rio Douro na ETA de Lever, utilizou-se o aparelho “Flotation Jar Test”, representado na figura 1.

As experiências foram realizadas com água pré-ozonizada, recolhida na Unidade de pré-ozonização da ETA, imediatamente antes da Unidade de Coagulação/Floculação.

Os coagulantes utilizados foram o sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) e o PAX-18 ($\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{(3n-m)}$). As fichas técnicas destes coagulantes são apresentadas no Anexo A.

Com o objectivo de avaliar a eficiência do processo em função do pH e da taxa de tratamento, nas experiências efectuadas variou-se o pH numa gama entre 5 e 9 e variou-se a taxa de tratamento entre 10 e 80 mg/L, para o sulfato de alumínio, e de 15 a 50 mg/L para o PAX-18. A gama de taxas de tratamento para os dois coagulantes foram diferentes devido à percentagem de Al_2O_3 ser superior no PAX-18 (ver Anexo A).

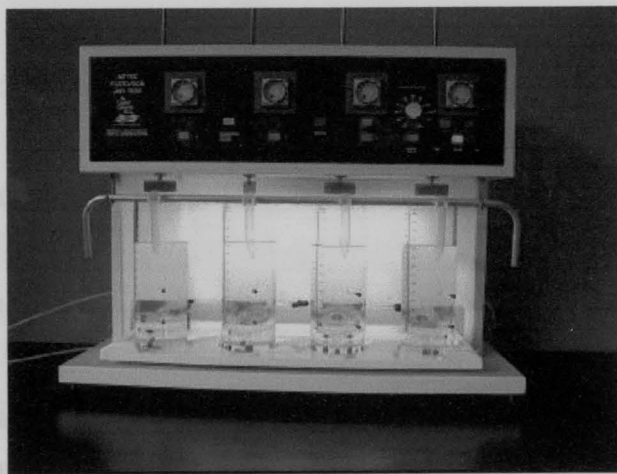


Figura 1- Unidade “Flotation Jar Test”.

2.1 Procedimento experimental

Começou por medir-se 1000 mL de água ozonizada para os copos do Flotatest. Depois efectuou-se o acerto de pH utilizando uma solução de H_2SO_4 1N ou uma solução HCl 1N ou uma solução de NaOH 1N e em seguida adicionou-se o coagulante pretendido. Procedeu-se à etapa de mistura rápida, utilizando uma velocidade de rotação de 300 rpm durante 2 minutos. Passou-se à etapa de mistura lenta, utilizando uma velocidade de rotação de 40 rpm, durante 20 minutos. Em seguida procedeu-se à etapa de flotação, em que se injectou água saturada de ar a 70 psia durante 18 segundos o que corresponde a uma taxa de reciclo de aproximadamente 10 %. Deixou-se repousar durante 10 minutos, observando-se a formação de uma camada de impurezas da água à superfície. No final, recolheram-se amostras do sobrenadante para efectuar as análises no laboratório.

2.2 Métodos analíticos

As análises efectuadas no laboratório foram as seguintes:

- pH, usando o “pH meter WTW- 538”.
- Turvação, usando o “HACH 2100P turbidimeter”.
- Alcalinidade, pelo método descrito na NP EN ISO 9963-1 de 2000.
- Oxidabilidade ao KMnO_4 , pelo método descrito na NP-731 de 1969.
- Teor de alumínio residual e solúvel, pelo método “Eriochrome Cyanine R.”, descrito em [1]. O alumínio residual corresponde ao teor total de alumínio na água, seja na forma dissolvida, seja na forma particulada.

3. Resultados

3.1. Avaliação do efeito do pH e taxa de tratamento na eficiência do processo de coagulação/floculação/flotação, utilizando como coagulante o sulfato de alumínio.

Com o objectivo de obter a gama de pH e taxa de tratamento que proporcione uma boa eficiência do processo de coagulação/floculação/flotação, isto é, maximize a remoção de turvação e matéria orgânica e, ao mesmo tempo, minimize o teor de alumínio residual na água tratada, efectuaram-se vários ensaios na unidade “Flotation Jar Test”.

Nestes ensaios fixaram-se vários valores de pH entre 5 e 9 e fez-se variar a taxa de tratamento entre 10 e 80 mg/L de solução de sulfato de alumínio. Dentro desta gama foi dada uma especial atenção aos valores de pH entre 6 e 7,5, para uma melhor visualização da gama óptima, visto estar inserida nesta. Os resultados obtidos nos vários ensaios e respectivas condições de água bruta e ozonizada encontram-se disponíveis no Anexo B.

Efectuou-se uma representação gráfica dos parâmetros analisados no laboratório: alumínio residual solúvel (figura 2 e 3), alumínio residual (figura 4 e 5), remoção de turvação (figura 6), remoção de oxidabilidade (figura 7) e alcalinidade em função do pH e taxa de tratamento (figura 8), com o objectivo de fazer uma apreciação global do efeito do pH e taxa de tratamento na eficiência do processo de coagulação/floculação/flotação. Na figura 9, estão representados os valores de pH imediatamente antes dos ensaios no “Flotation Jar Test” em função do pH no final do ensaio, para efeitos de eventual controlo automático, deste parâmetro na ETA.

Figura 3 - Concentração de alumínio residual solúvel em função do pH e taxa de tratamento de sulfato de alumínio, numa gama de 6,0 a 7,5.

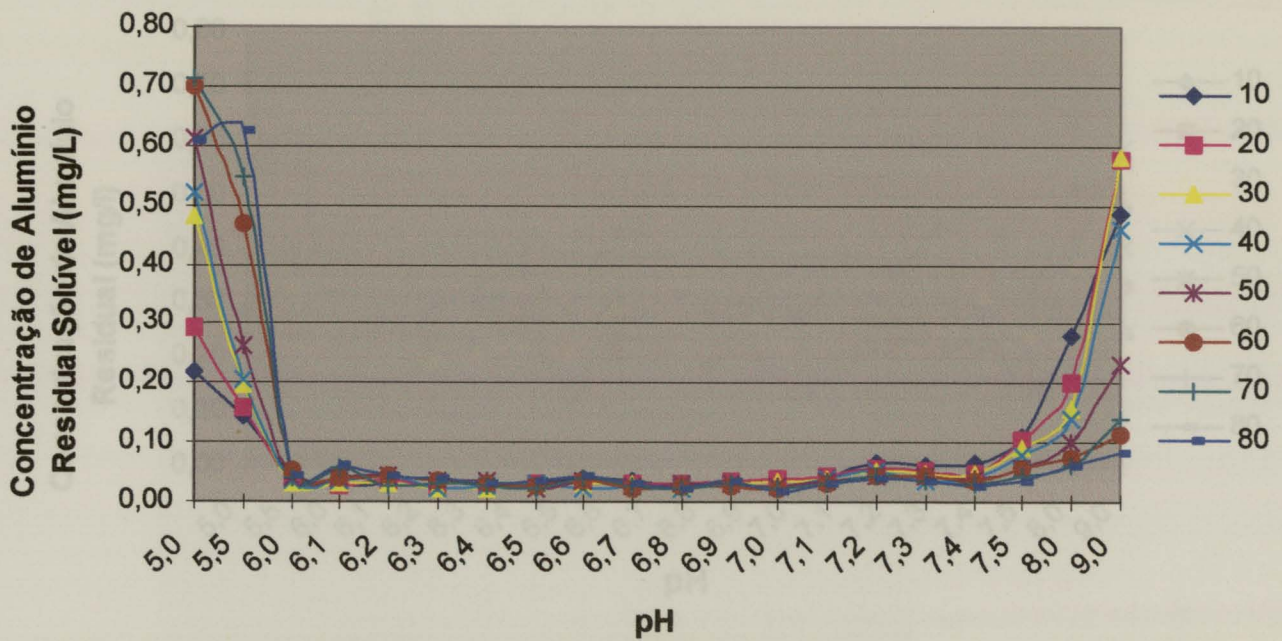


Figura 2 - Concentração de alumínio residual solúvel em função do pH e taxa de tratamento de sulfato de alumínio.

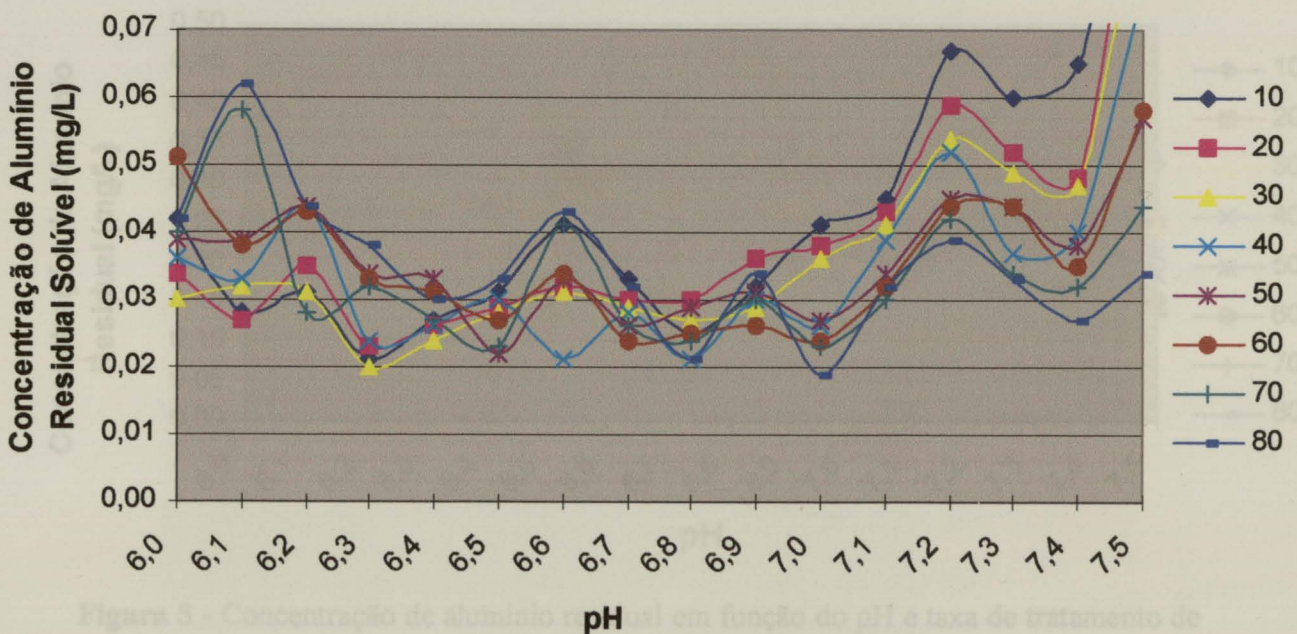


Figura 3 - Concentração de alumínio residual solúvel em função do pH e taxa de tratamento de sulfato de alumínio, numa gama de 6,0 a 7,5.

Figura 3 - Concentração de alumínio residual solúvel em função do pH e taxa de tratamento de sulfato de alumínio, numa gama de 6,0 a 7,5.

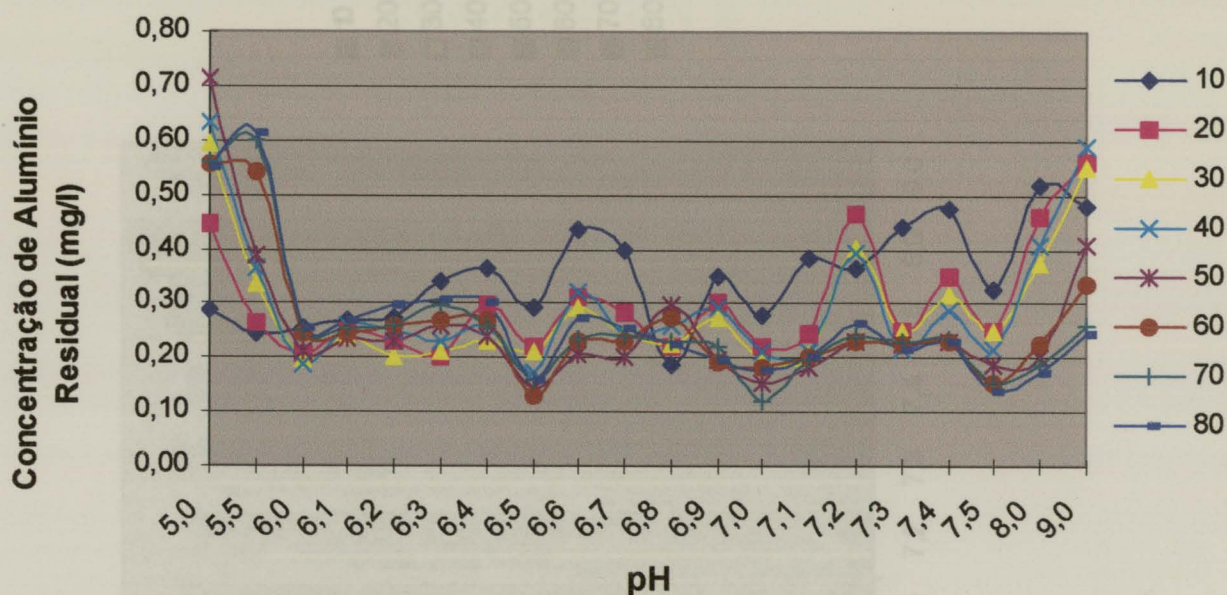


Figura 4 - Concentração de alumínio residual em função do pH e taxa de tratamento de sulfato de alumínio.

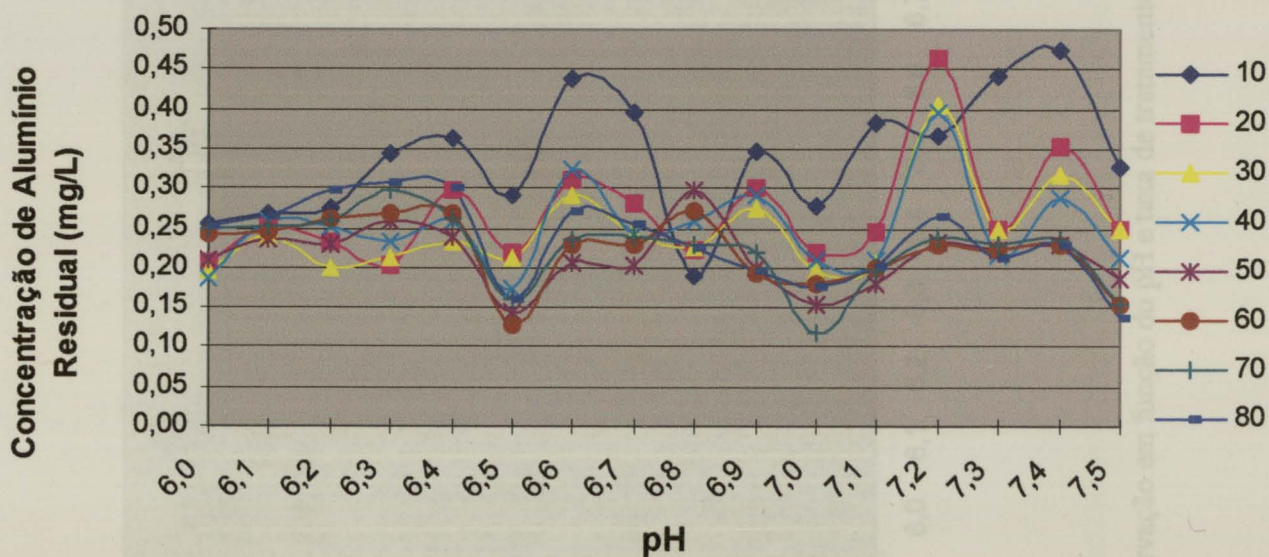


Figura 5 - Concentração de alumínio residual em função do pH e taxa de tratamento de solução de sulfato de alumínio, numa gama de 6,0 a 7,5.

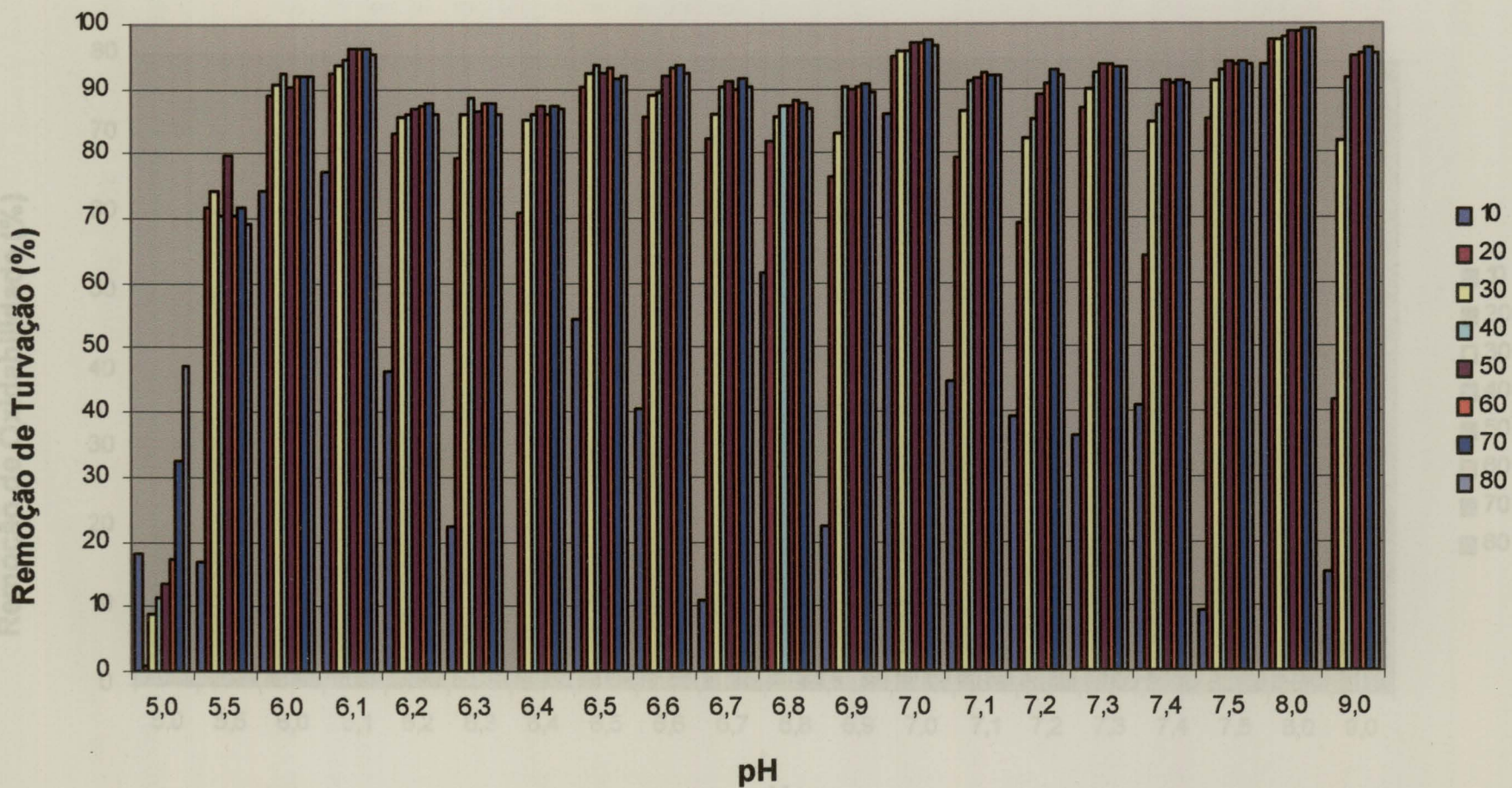


Figura 6 - Remoção de turbidez em função do pH e taxa de tratamento de sulfato de alumínio.

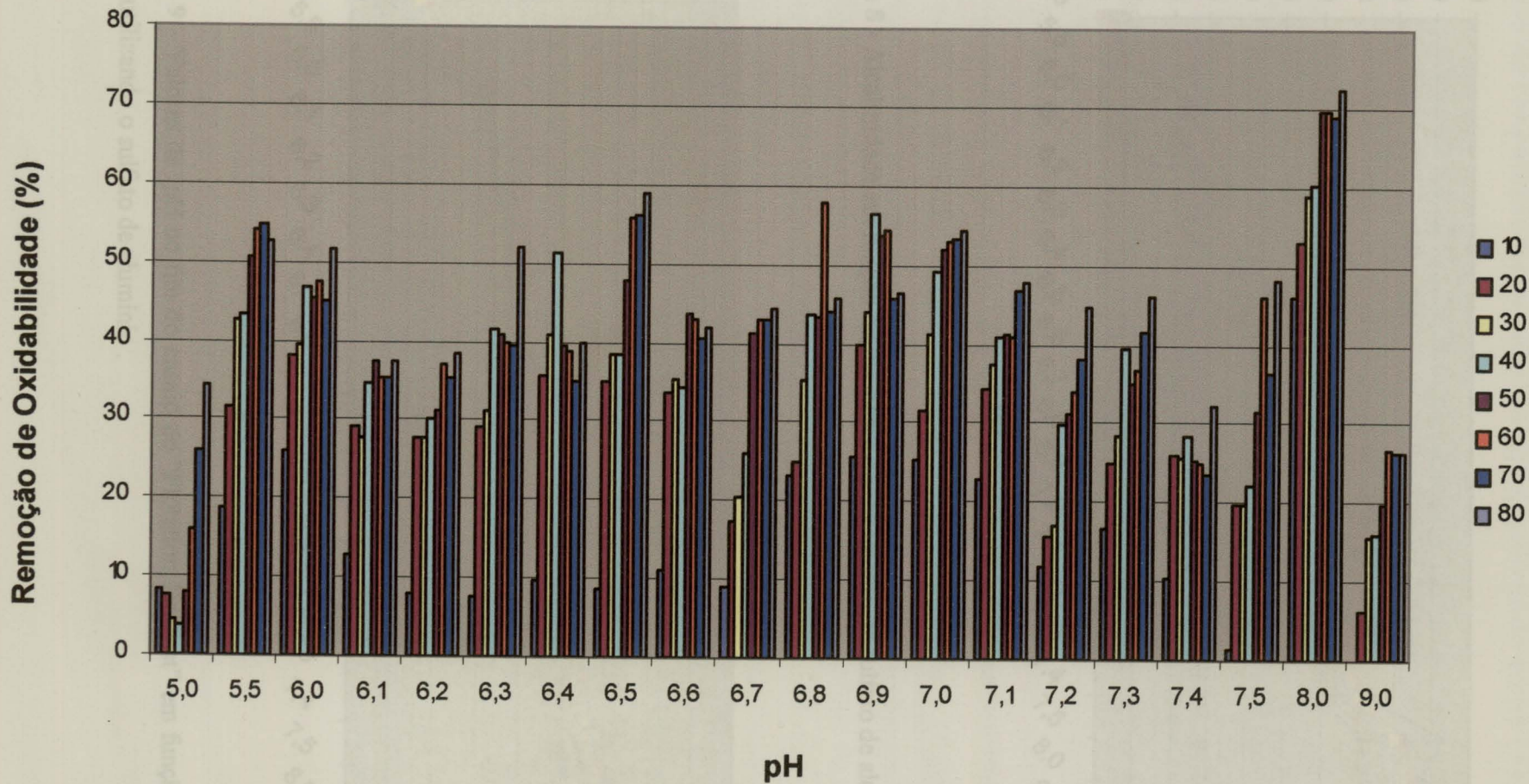


Figura 7 - Remoção de oxidabilidade em função do pH e taxa de tratamento de sulfato de alumínio.

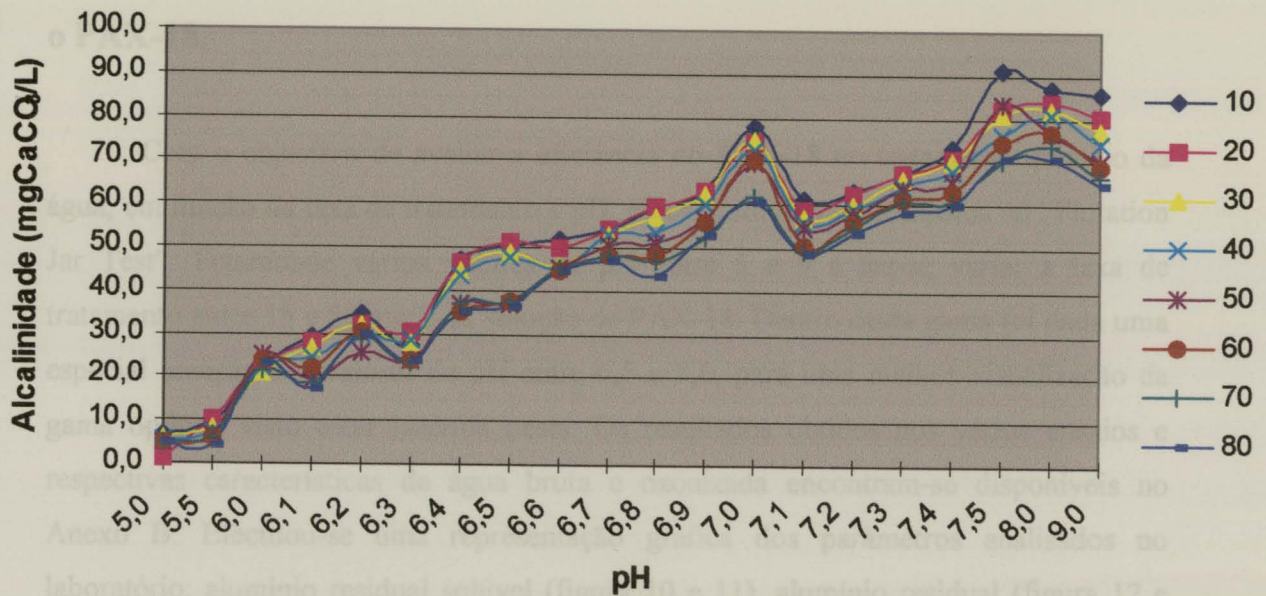


Figura 8 - Alcalinidade em função do pH e taxa de tratamento de sulfato de alumínio.

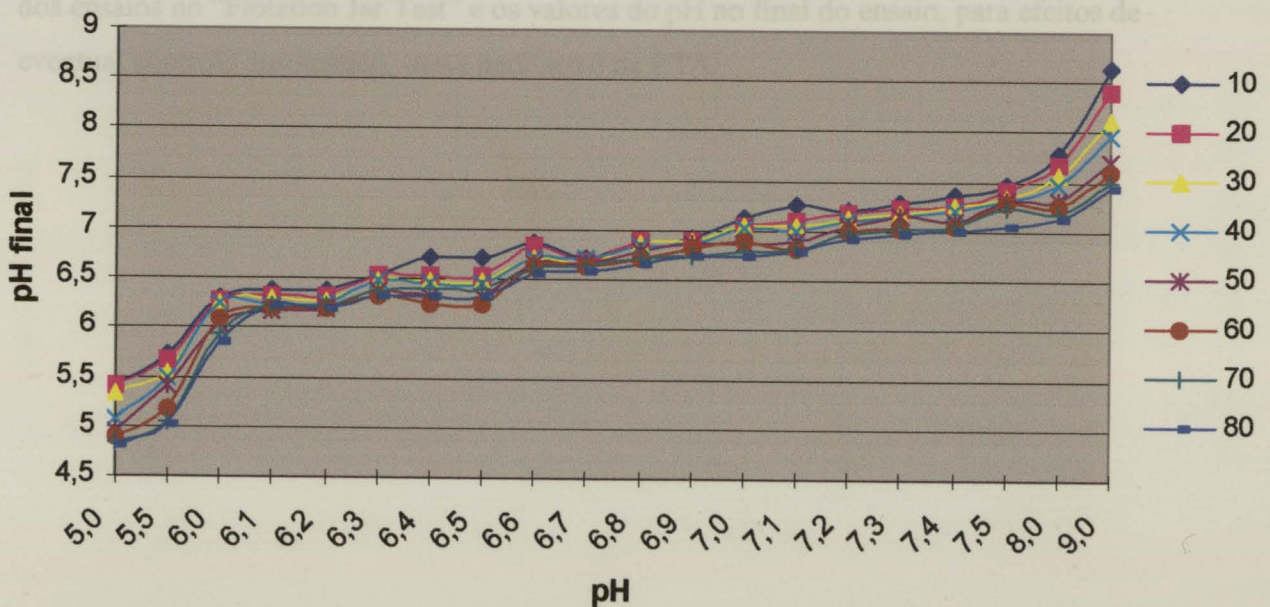


Figura 9 - Valores de pH no fim do ensaio no "Flotation Jar Test" em função do pH inicial, utilizando o sulfato de alumínio.

3.2 Avaliação do efeito do pH e taxa de tratamento na eficiência do processo de coagulação/floculação/flotação, utilizando como coagulante o PAX-18.

Com o objectivo de avaliar a eficiência do PAX-18 no tratamento químico da água, em função da taxa de tratamento e pH, efectuaram-se vários ensaios no “Flotation Jar Test”. Fixaram-se vários valores de pH entre 5 e 9 e fez-se variar a taxa de tratamento entre 15 e 50 mg/L da solução de PAX-18. Dentro desta gama foi dada uma especial atenção aos valores de pH entre 6,5 e 8,0, para uma melhor visualização da gama óptima, visto estar inserida nesta. Os resultados obtidos nos vários ensaios e respectivas características de água bruta e ozonizada encontram-se disponíveis no Anexo B. Efectuou-se uma representação gráfica dos parâmetros analisados no laboratório: alumínio residual solúvel (figura 10 e 11), alumínio residual (figura 12 e 13), remoção de turvação (figura 14), remoção de oxidabilidade (figura 15) e alcalinidade em função do pH e taxa de tratamento (figura 16), com o objectivo de fazer uma apreciação global do efeito do pH e taxa de tratamento na eficiência do processo. Na figura 17, está representada a relação entre os valores de pH imediatamente antes dos ensaios no “Flotation Jar Test” e os valores do pH no final do ensaio, para efeitos de eventual controlo automático, deste parâmetro na ETA.

Figura 11 - Concentração de alumínio residual solúvel em função do pH e taxa de tratamento de PAX-18, numa gama de 6,5 a 8,0.

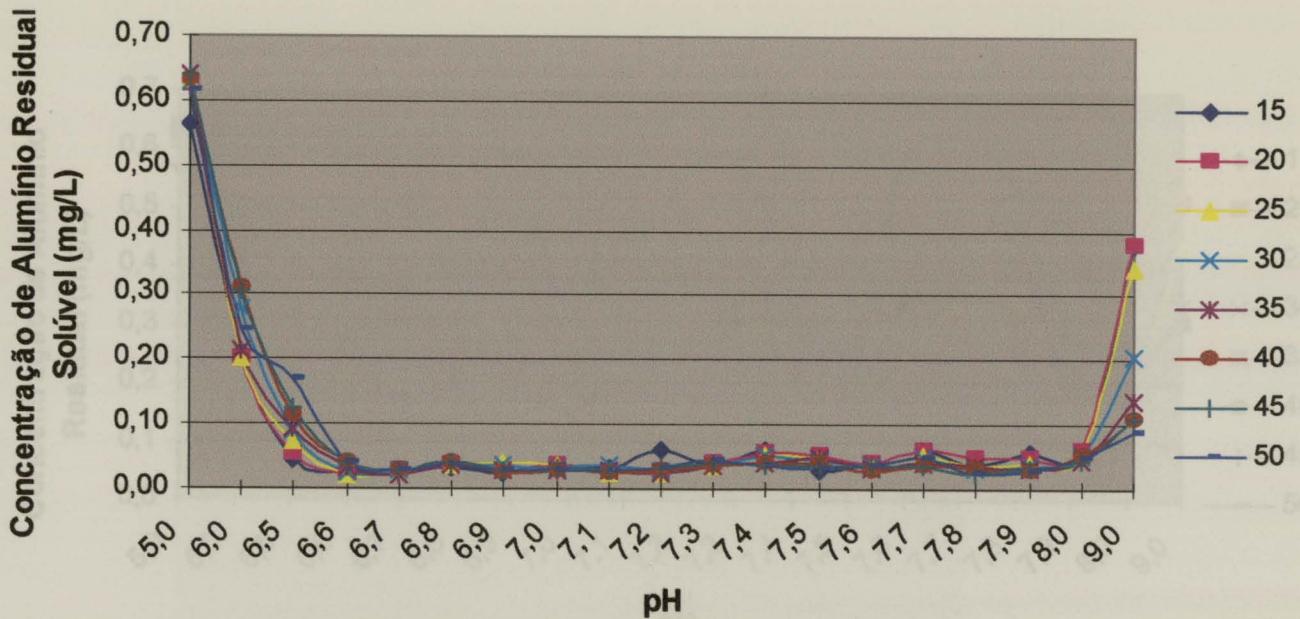


Figura 10 - Concentração de alumínio residual solúvel em função do pH e taxa de tratamento de PAX-18.

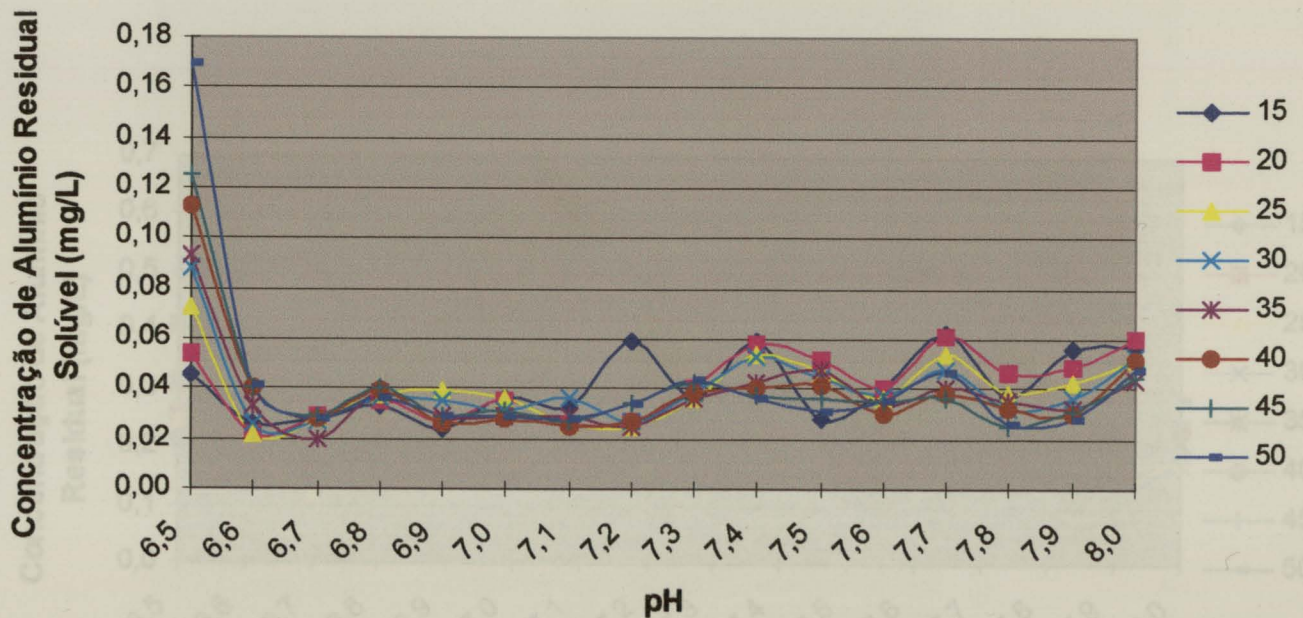


Figura 11 - Concentração de alumínio residual solúvel em função do pH e taxa de tratamento de PAX-18, numa gama de 6,5 a 8,0.

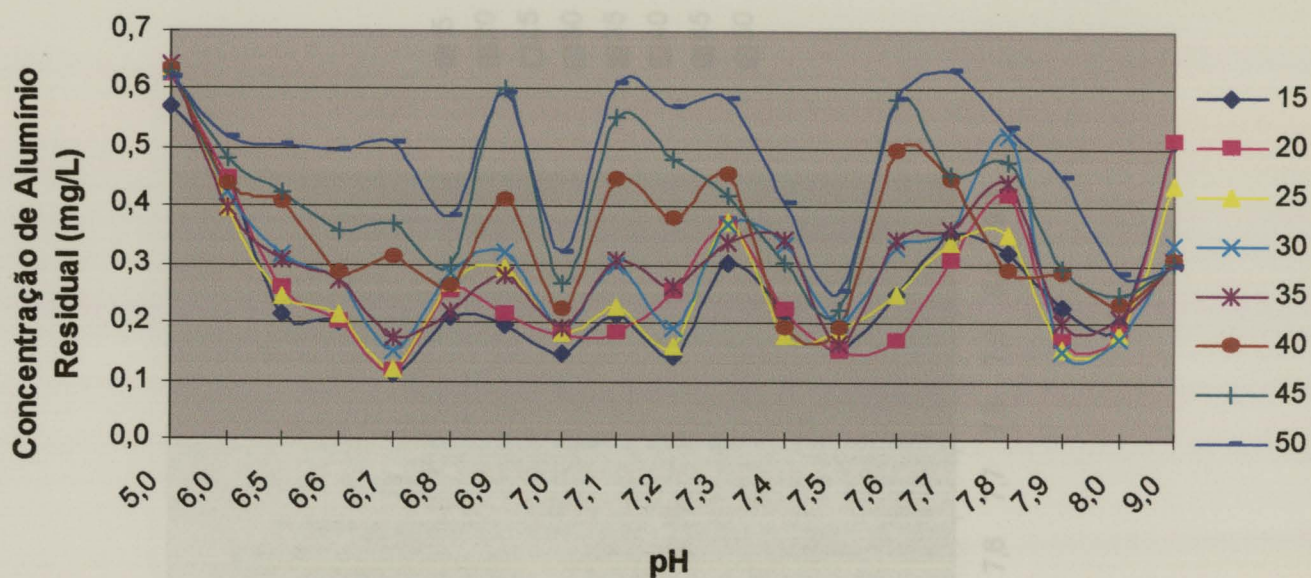


Figura 12 - Concentração de alumínio residual em função do pH e taxa de tratamento de PAX-18.

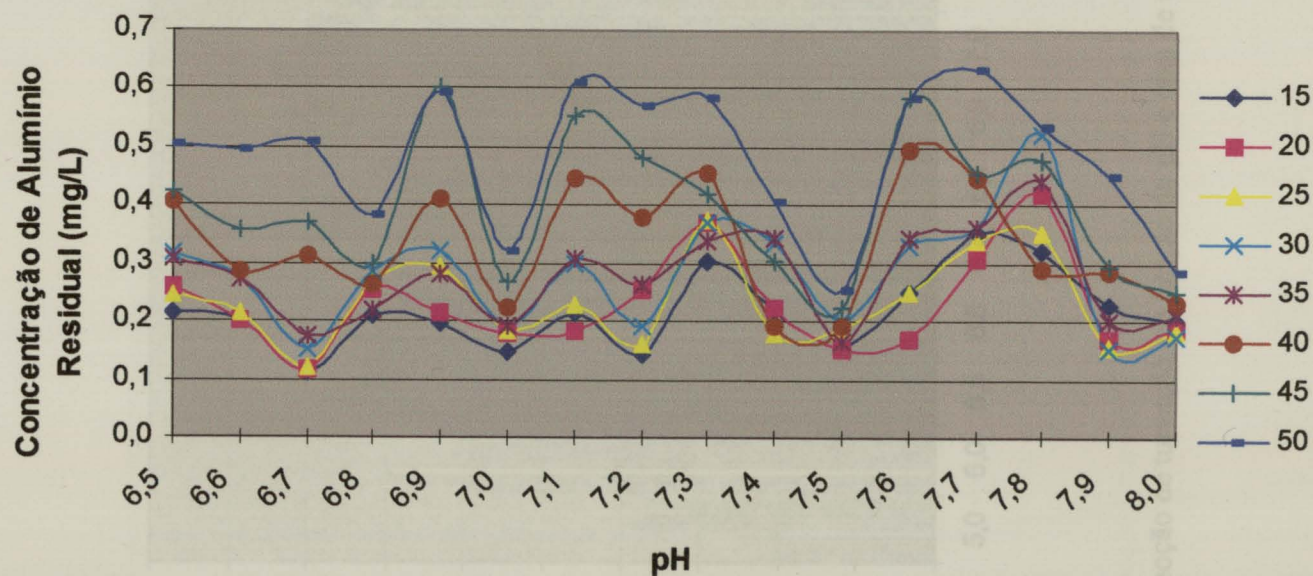


Figura 13 - Concentração de alumínio residual em função do pH e taxa de tratamento de PAX-18, numa gama de 6,5 a 8,0.

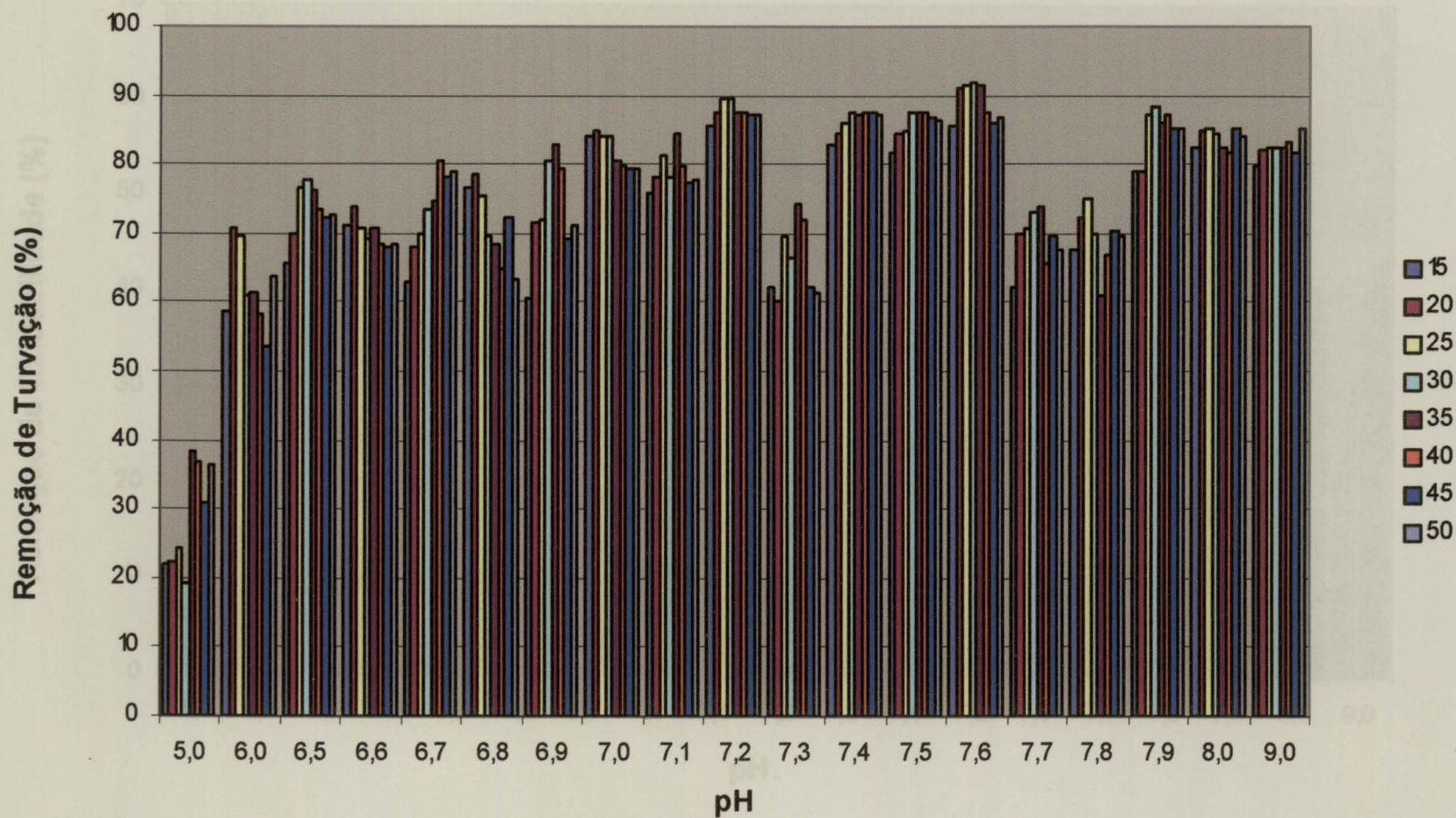


Figura 14 - Remoção de turbidez em função do pH e taxa de tratamento de PAX-18.

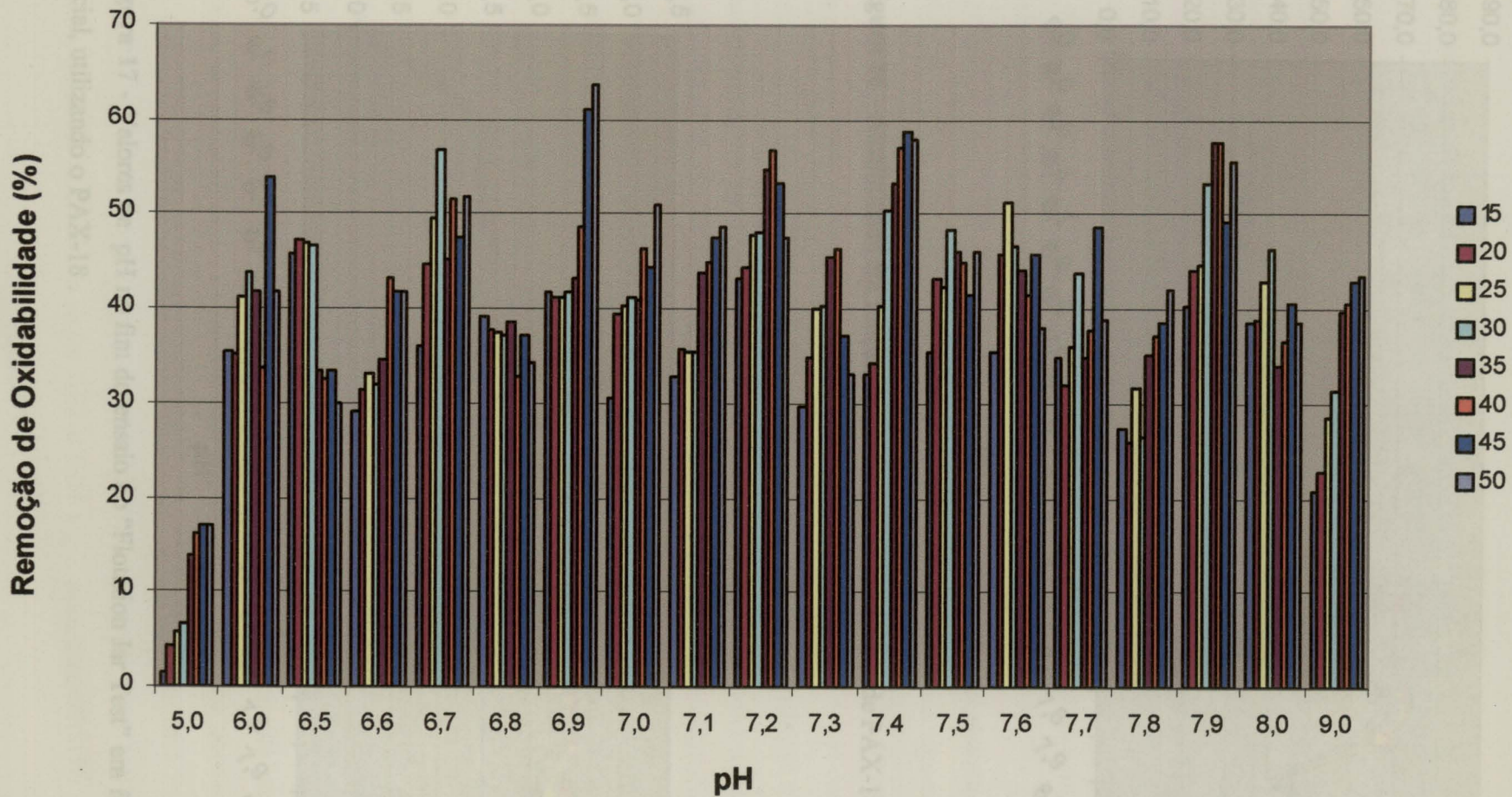


Figura 15 - Remoção de oxidabilidade em função do pH e taxa de tratamento de PAX-18.

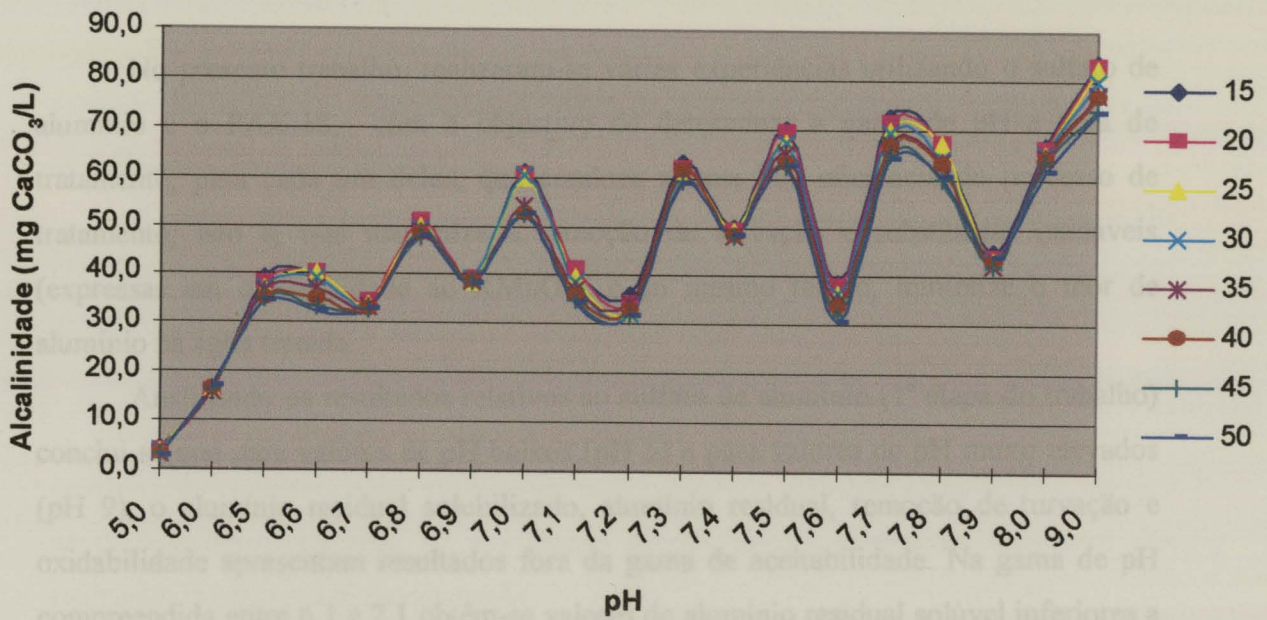


Figura 16 - Alcalinidade em função do pH e taxa de tratamento de PAX-18.

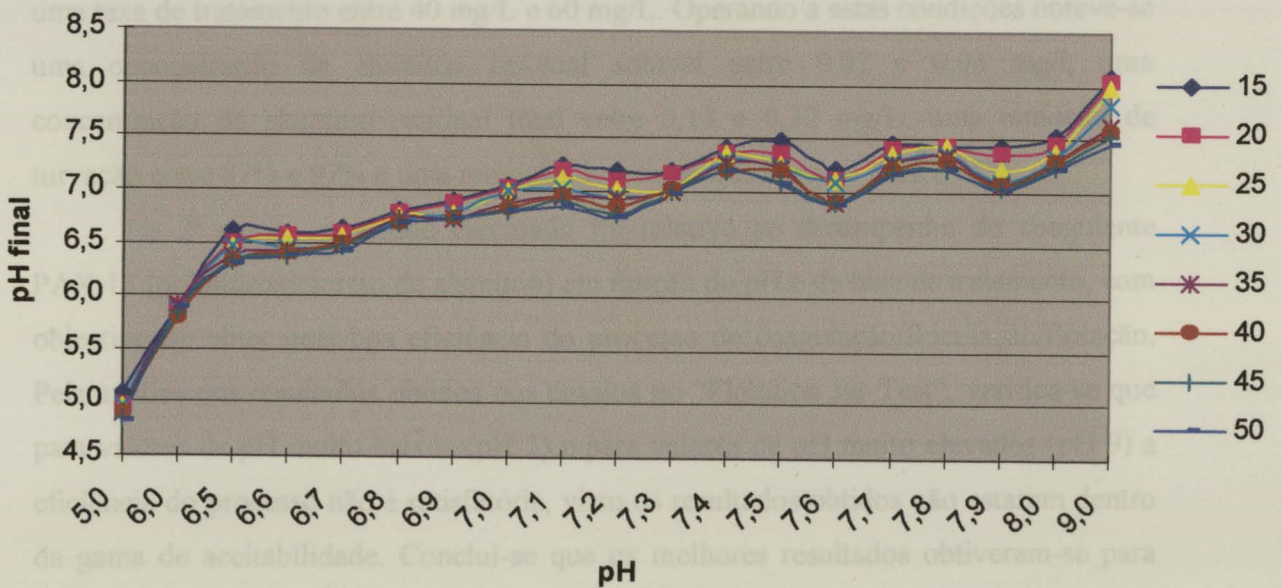


Figura 17 - Valores de pH no fim do ensaio no "Flotation Jar Test" em função do pH inicial, utilizando o PAX-18.

4. Conclusões

No presente trabalho, realizaram-se várias experiências utilizando o sulfato de alumínio e o PAX-18, com o objectivo de determinar a gama de pH e taxa de tratamento, para cada um deles, que conduza a uma boa eficiência do processo de tratamento, isto é, que maximize a remoção de turvação e substâncias oxidáveis (expressas em oxidabilidade ao KMnO_4), e ao mesmo tempo, minimize o teor de alumínio na água tratada.

Analisando os resultados relativos ao sulfato de alumínio (1ª etapa do trabalho) conclui-se que para valores de pH baixos (pH 5) e para valores de pH muito elevados (pH 9), o alumínio residual solubilizado, alumínio residual, remoção de turvação e oxidabilidade apresentam resultados fora da gama de aceitabilidade. Na gama de pH compreendida entre 6,1 e 7,1 obtêm-se valores de alumínio residual solúvel inferiores a 0,05 mg/L, valores de percentagem de remoção de turvação (para algumas taxas de tratamento) superiores a 85% e valores de percentagem de remoção de oxidabilidade (para algumas taxas de tratamento) superiores a 30%. Para valores de pH entre 6,1 a 6,5 obtêm-se valores de alcalinidade bastante baixos. Assim sendo, conclui-se que se obtêm os melhores resultados para uma gama de pH compreendida entre 6,5 a 7,1, utilizando uma taxa de tratamento entre 40 mg/L e 60 mg/L. Operando a estas condições obteve-se uma concentração de alumínio residual solúvel entre 0,02 e 0,04 mg/l, uma concentração de alumínio residual total entre 0,13 e 0,32 mg/L, uma remoção de turvação entre 87% e 97% e uma remoção de oxidabilidade entre 26% e 58%.

Na 2ª etapa, o estudo efectuado foi relativo ao desempenho do coagulante PAX-18 (polihidroxicloreto de alumínio) em função do pH e da taxa de tratamento, com objectivo de obter uma boa eficiência do processo de coagulação/floculação/flotação. Pela análise dos resultados obtidos nos ensaios no “Flotation Jar Test”, verifica-se que para valores de pH muito baixos (pH 5) e para valores de pH muito elevados (pH 9) a eficiência do processo não é satisfatória, visto os resultados obtidos não estarem dentro da gama de aceitabilidade. Conclui-se que os melhores resultados obtiveram-se para uma gama de pH compreendida entre 6,6 e 7,3 e utilizando uma taxa de tratamento entre 30 a 45 mg/L. Operando a estas condições, obteve-se uma concentração de alumínio residual solubilizado entre 0,03 a 0,04 mg/l, uma concentração de alumínio

residual entre 0,15 e 0,60 mg/L, uma percentagem remoção de turvação entre 62% e 90% e uma percentagem de remoção de oxidabilidade entre 32% e 61%.

É importante salientar que os valores de pH mencionados são relativos ao valor ajustado inicialmente, imediatamente antes da adição de coagulante no processo de coagulação/floculação/flotação.

O ácido utilizado para a correcção de pH da água ozonizada deverá ser o ácido clorídrico, devido ao alto teor de sulfatos existente na água a tratar, em determinadas alturas do ano.

As conclusões referidas são válidas para as características da água no dia em que se efectuaram os ensaios. Sendo assim, deveria ser realizado um maior número de ensaios para confirmar estas conclusões, nomeadamente noutras épocas do ano, em que as características da água do rio Douro fossem significativamente diferentes das registadas durante o estudo efectuado.

5. Bibliografia

- [1] – APHA, AWWA, WEF, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 18ª edição, APHA (Eds. Greenberg, A.E., Clesceri, L.S., Eaton, A. B.), Washington DC 20005-2605, 1992.
- [2] – Edeline, F., *L'épuration physico-chimique des eaux*, 4º edição, Cebedoc editour, 1998.
- [3] – Richter, C.A., Neto, J.M. A., *Tratamento de Água*, 2ª edição, Editora Edgard Blucher LTDA, 1998.

Anexo

A. Fichas técnicas dos coagulantes utilizados no estudo efectuado.

A.1. Sulfato de Alumínio

1. IDENTIFICAÇÃO

Nome químico - Sulfato de Alumínio
Fórmula química empírica - $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
Nº CAS - 10043-01-3
Composição - Solução de sulfato de alumínio.

2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

O Sulfato de Alumínio líquido é de cor esverdeada.

Temperatura de congelação:	-17 °C
Densidade (a 20°C):	1,335 g/cm ³
Viscosidade (a 15°C):	26 cp.

3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Especificações:	
Al_2O_3 (%)	8,2 a 8,3
pH	≈ 2,4

4. DOSIFICAÇÃO

A dosagem a utilizar deve achar-se mediante a realização de ensaios laboratoriais de "jar-test".

É necessário assegurar uma boa e rápida mistura com água ou efluente a tratar, e o tempo de mistura deve ser suficiente para que se complete o processo de coagulação.

Os floculos formados são normalmente separados por decantação que pode ser seguida de filtração.

5. APLICAÇÕES

a) Tratamento de Águas

O Sulfato de Alumínio líquido coagula num intervalo específico de pH, praticamente, todas as águas brutas, colaborando na eliminação de cor e das partículas sólidas em suspensão.

b) Tratamento de Efluentes

6. ARMAZENAGEM NO CLIENTE E UTILIZAÇÃO

Os contentores devem ser de um material resistente a ácido ou dispor de revestimento anti-ácido. Recomenda-se a utilização de materiais como poliéster-fibra de vidro, PVC ou ferro revestido a ebonite.

Nos equipamentos e acessórios (bombas, tubagens, válvulas, etc.) é necessário o emprego de materiais plásticos.

Os tanques de armazenamento devem ser colocados de preferência em zonas cobertas sem outras precauções especiais.

7. MEDIDAS DE SEGURANÇA

O Sulfato de Alumínio líquido não é inflamável nem explosivo.

Sendo um produto ácido, a sua manipulação deve efectuar-se utilizando luvas e óculos de segurança com protecção laterais.

Eventuais derrames, deve evitar-se que o produto entre na rede de esgotos e deve-se lavar a zona com água abundante.

O produto pode provocar irritação da pele e das mucosas.

Em caso de contacto do produto com a pele deve lavar-se com água abundante, e despir as roupas contaminadas. Em caso de contacto com os olhos, deve lavar-se com água abundante, durante pelo menos 15 minutos e deve procurar ajuda médica.

Devem tomar-se as precauções de segurança, higiene e de emergência na manipulação de produtos químicos.

NOTA: esta informação é geral, Para uma informação mais completa deve consultar a ficha de segurança do produto.

8. FORNECIMENTO

O fornecimento de produto pode ser efetuado em cisternas de aproximadamente 25 toneladas.

SULFATO DE ALUMÍNIO LÍQUIDO

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

DESCRIÇÃO FÍSICA:

Solução oleosa e densa.

PROPRIEDADES:

Temperatura de ebulição	285°C ± 10
Temperatura de decomposição	450°C ± 10
Densidade (a 25°C)	1,33 g/ml ± 0,02
Viscosidade (a 25°C)	23,0 mPas ± 5
Flashpoint	----
Solubilidade em água (a 20°C)	Completamente solúvel
Solubilidade em solventes orgânicos	----

COMPOSIÇÃO QUÍMICA:

	Valor
Al ₂ O ₃ (%)	8,2 ± 0,1
Al ₂ O ₃ livre (basicidade, %)	0,12 ± 0,08
pH solução a 1% v/v	3,5 ± 0,5

Nº EINECS	233-135-0
Nº CAS	10043-01-3

A.2. PAX-18 (Polihidroxicloreto de alumínio)

3.OCT.2001 16:13

UNITECA S.A. 351 234810306

NO. 4223 P. 3

	FICHA DE ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA PAX - 18	Pág. 1/1 01-06-98
---	--	--------------------------

DESCRIÇÃO FÍSICA:

Solução amarelada, límpida, com cheiro insignificante.

PROPRIEDADES:

Temperatura de ebulição
 Temperatura de decomposição
 Densidade (25°C)
 Viscosidade (25°C)
 Flashpoint
 Solubilidade em água (20°C)
 Solubilidade em solventes orgânicos

110°C ± 10°C

200°C

1,36 g/cm³ ± 0,02 g/cm³

40,0 mPas ± 5,0 mPas

Nenhum

Completamente solúvel

Insolúvel

COMPOSIÇÃO QUÍMICA:

Al₂O₃ (%)
 Cloretos (%)
 Basicidade relativa (%)
 Sulfatos (%)
 pH solução a 1% w/v

17,0 ± 0,5

21,0 ± 2,0

43,0 ± 5,0

< 0,1

3,9 ± 0,5

UTILIZAÇÃO:

A principal utilização do PAX 18 é a floculação primária de águas. É eficaz na clarificação quer de águas pouco turvas quer de águas muito turvas. Apresenta excelente comportamento num amplo intervalo de pH (5-10). A determinação do pH ótimo de trabalho deve efectuar-se laboratorialmente. A utilização de floculantes secundários, como sílica activada ou polielectrólitos sintéticos, permite normalmente a formação de flocos de maior tamanho e uma sedimentação mais rápida e eficaz. Reduz ou elimina o consumo de alcalis no ajuste de pH. Permite a redução ou eliminação do alumínio residual nas águas tratadas. Tem comportamento satisfatório a baixas temperaturas.

ARMAZÉM NORTE:
 Trav. Terra Monte, 4
 AGUAS SANTAS - MASA
 4445 ERMESINDE
 Tel: 02-0013465

SEDE:
 Apartado 4628 - 4011 Porto
 Tel: 02-2007547 p.f. - Fax: 02-2083476 p.f.

ARMAZÉM SUL:
 Rua Principal, Lote F
 ALTO DE COLARIDE - AQUALVA
 2755 CACEM
 Tel: 01-4325965 / 67 Fax: 01-4325969

B. Resultados obtidos nos ensaios efectuados e respectivas condições de água bruta e água ozonizada.

B.1. Sulfato de Alumínio

Tabela 1- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 5,0, com T.T. entre 10 e 40 mg/L, usando o sulfato de alumínio.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,60	pH (escala Sorensen)	7,68
Turvação (NTU)	4,97	Turvação (NTU)	4,37
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,50	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,38
Alcalinidade (mg CaCO_3 /L)	80,3	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 2- Resultados obtidos para valores de pH 5,0, com T.T. entre 10 e 40 mg/L, usando o sulfato de alumínio.

	1	2	3	4
Coagulante	S.A	S.A	S.A	S.A
Taxa de Tratamento (mg/l)	10	20	30	40
Ajuste de pH	5,0	5,0	5,0	5,0
Turvação (NTU)	3,57	4,34	3,98	3,88
pH (escala Sorensen)	5,40	4,40	5,32	5,04
Alcalinidade (mg CaCO_3 /l)	6,8	1,2	6,0	5,1
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,29	0,45	0,60	0,63
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,22	0,30	0,48	0,52
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2 /L)	2,18	2,20	2,27	2,29

Tabela 3- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 5,0, com T.T. entre 50 e 80 mg/L, usando o sulfato de alumínio.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,60	pH (escala Sorensen)	7,59
Turvação (NTU)	4,97	Turvação (NTU)	4,71
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,50	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,40
Alcalinidade (mg CaCO_3 /L)	80,3	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 4- Resultados obtidos para valores de pH 5,0, com T.T. entre 50 e 80 mg/L, usando o sulfato de alumínio.

	1	2	3	4
Coagulante	S.A	S.A	S.A	S.A
Taxa de Tratamento (mg/l)	50	60	70	80
Ajuste de pH	5,0	5,0	5,0	5,0
Turvação (NTU)	4,07	3,90	3,18	2,49
pH (escala Sorensen)	4,94	4,88	4,85	4,80
Alcalinidade (mg CaCO_3 /l)	5,0	4,9	5,0	4,8
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,71	0,56	0,56	0,55
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,61	0,70	0,71	0,61
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2 /L)	2,19	2,02	1,78	1,58

Tabela 5- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 5,5, com T.T. entre 10 e 40 mg/L, usando o sulfato de alumínio.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,59	pH (escala Sorensen)	7,65
Turvação (NTU)	4,78	Turvação (NTU)	3,50
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	3,06	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,51
Alcalinidade (mg CaCO_3 /L)	86,5	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 6 - Resultados obtidos para valores de pH 5,5, com T.T. entre 10 e 40 mg/L, usando o sulfato de alumínio.

	1	2	3	4
Coagulante	S.A	S.A	S.A	S.A
Taxa de Tratamento (mg/l)	10	20	30	40
Ajuste de pH	5,5	5,5	5,5	5,5
Turvação (NTU)	2,91	0,99	0,90	1,04
pH (escala Sorensen)	5,72	5,67	5,53	5,58
Alcalinidade (mg CaCO_3 /l)	9,4	9,9	8,4	7,0
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,24	0,27	0,33	0,36
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,14	0,16	0,20	0,21
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2 /L)	2,04	1,72	1,44	1,42

Tabela 7- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 5,5, com T.T. entre 50 e 80 mg/L, usando o sulfato de alumínio.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,63	pH (escala Sorensen)	7,65
Turvação (NTU)	5,12	Turvação (NTU)	4,53
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,40	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,36
Alcalinidade (mg CaCO_3 /L)	87,2	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 8 - Resultados obtidos para valores de pH 5,5, com T.T. entre 50 e 80 mg/L, usando o sulfato de alumínio.

	1	2	3	4
Coagulante	S.A	S.A	S.A	S.A
Taxa de Tratamento (mg/l)	50	60	70	80
Ajuste de pH	5,5	5,5	5,5	5,5
Turvação (NTU)	0,95	1,39	1,34	1,45
pH (escala Sorensen)	5,70	5,18	5,04	5,01
Alcalinidade (mg CaCO_3 /l)	6,5	6,0	5,7	4,4
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,39	0,54	0,60	0,61
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,26	0,47	0,55	0,63
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2 /L)	1,24	1,15	1,14	1,19

Tabela 9- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,0, com T.T. entre 10 e 40 mg/L, usando o sulfato de alumínio.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,63	pH (escala Sorensen)	7,65
Turvação (NTU)	5,12	Turvação (NTU)	4,53
Oxidabilidade ao KMnO ₄ (mg/l O ₂)	2,40	Oxidabilidade ao KMnO ₄ (mg/l O ₂)	2,36
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	87,2	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 10 - Resultados obtidos para valores de pH 6,0, com T.T. entre 10 e 40 mg/l, usando o sulfato de alumínio.

	1	2	3	4
Coagulante	S.A	S.A	S.A	S.A
Taxa de Tratamento (mg/l)	10	20	30	40
Ajuste de pH	6,0	6,0	6,0	6,0
Turvação (NTU)	1,16	0,49	0,42	0,35
pH (escala Sorensen)	6,24	6,20	6,11	6,23
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /l)	22,3	22,8	21,0	22,0
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,25	0,21	0,20	0,19
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,04	0,03	0,03	0,04
Oxidabilidade ao KMnO ₄ (mg O ₂ /L)	1,75	1,46	1,43	1,26

Tabela 11- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,0, com T.T. entre 50 e 80 mg/L, usando o sulfato de alumínio.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,58	pH (escala Sorensen)	7,51
Turvação (NTU)	5,30	Turvação (NTU)	3,89
Oxidabilidade KMnO ₄ (mg/l O ₂)	2,52	Oxidabilidade ao KMnO ₄ (mg/l O ₂)	2,06
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	80,0	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 12 - Resultados obtidos para valores de pH 6,0, com T.T. entre 50 e 80 mg/L, usando o sulfato de alumínio.

	1	2	3	4
Coagulante	S.A	S.A	S.A	S.A
Taxa de Tratamento (mg/l)	50	60	70	80
Ajuste de pH	6,0	6,0	6,0	6,0
Turvação (NTU)	0,37	0,31	0,32	0,31
pH (escala Sorensen)	6,09	5,98	5,94	5,94
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /l)	25,0	23,8	21,3	23,0
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,21	0,24	0,25	0,25
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,04	0,05	0,04	0,04
Oxidabilidade ao KMnO ₄ (mg O ₂ /L)	1,29	1,24	1,30	1,14

Tabela 13- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,1, usando o sulfato de alumínio.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada *	
pH (escala Sorensen)	7,63	pH (escala Sorensen)	7,63
Turvação (NTU)	4,48	Turvação (NTU)	8,16
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,80	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,17
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	86,2	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

* Transferência do sobrenadante das lamas para o tanque de água bruta.

Tabela 14 - Resultados obtidos para valores de pH 6,1, usando o sulfato de alumínio.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Coagulante	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A
Taxa de Tratamento (mg/l)	10	20	30	40	50	60	70	80
Ajuste de pH	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1
Turvação (NTU)	1,85	0,62	0,52	0,45	0,32	0,31	0,31	0,38
pH (escala Sorensen)	6,30	6,28	6,25	6,23	6,04	6,08	5,93	5,84
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	29,4	28,2	27,0	24,4	18,9	22,0	18,2	17,0
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,27	0,25	0,24	0,26	0,23	0,25	0,25	0,27
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,06	0,06
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2/L)	1,89	1,54	1,57	1,42	1,36	1,40	1,40	1,36

Tabela 15- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,2, usando o sulfato de alumínio.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,65	pH (escala Sorensen)	7,60
Turvação (NTU)	4,81	Turvação (NTU)	2,30
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,89	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,16
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	86,9	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 16 - Resultados obtidos para valores de pH 6,2, usando o sulfato de alumínio.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Coagulante	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A
Taxa de Tratamento (mg/l)	10	20	30	40	50	60	70	80
Ajuste de pH	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
Turvação (NTU)	1,23	0,39	0,33	0,32	0,30	0,29	0,28	0,32
pH (escala Sorensen)	6,36	6,32	6,30	6,22	6,17	6,20	6,22	6,22
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	34,4	32,3	32,3	30,0	25,7	30,6	29,0	29,5
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,27	0,23	0,20	0,25	0,23	0,26	0,26	0,30
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2/L)	1,99	1,56	1,56	1,51	1,49	1,36	1,40	1,33

Tabela 17- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,3, usando o sulfato de alumínio.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,60	pH (escala Sorensen)	7,63
Turvação (NTU)	5,19	Turvação (NTU)	2,29
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,36	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,40
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	86,0	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 18 - Resultados obtidos para valores de pH 6,3, usando o sulfato de alumínio.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Coagulante	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A
Taxa de Tratamento (mg/l)	10	20	30	40	50	60	70	80
Ajuste de pH	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
Turvação (NTU)	1,78	0,47	0,32	0,26	0,31	0,28	0,28	0,32
pH (escala Sorensen)	6,36	6,32	6,27	6,23	6,18	6,20	6,21	6,20
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	27,2	30,5	28,2	28,4	24,1	23,9	23,1	24,0
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,34	0,20	0,21	0,23	0,26	0,27	0,30	0,31
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2/L)	2,22	1,70	1,65	1,40	1,42	1,44	1,45	1,15

Tabela 19- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,4, usando o sulfato de alumínio.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,60	pH (escala Sorensen)	7,63
Turvação (NTU)	5,19	Turvação (NTU)	2,29
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,36	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,40
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	86,0	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 20 - Resultados obtidos para valores de pH 6,4, usando o sulfato de alumínio.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Coagulante	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A
Taxa de Tratamento (mg/l)	10	20	30	40	50	60	70	80
Ajuste de pH	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4
Turvação (NTU)	2,43	0,67	0,34	0,32	0,29	0,32	0,29	0,30
pH (escala Sorensen)	6,52	6,53	6,47	6,47	6,36	6,33	6,36	6,32
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	47,3	46,4	44,5	43,2	36,9	35,2	37,1	35,4
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,36	0,30	0,23	0,26	0,24	0,27	0,26	0,30
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2/L)	2,17	1,54	1,42	1,17	1,45	1,47	1,56	1,44

Tabela 21- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,5, com T.T. entre 10 e 40 mg/L, usando o sulfato de alumínio.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,56	pH (escala Sorensen)	7,59
Turvação (NTU)	5,40	Turvação (NTU)	5,64
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,69	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,29
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	81,5	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 22 - Resultados obtidos para valores de pH 6,5, com T.T. entre 10 e 40, usando o sulfato de alumínio.

	1	2	3	4
Coagulante	S.A	S.A	S.A	S.A
Taxa de Tratamento (mg/l)	10	20	30	40
Ajuste de pH	6,5	6,5	6,5	6,5
Turvação (NTU)	2,56	0,54	0,44	0,36
pH (escala Sorensen)	6,84	6,79	6,77	6,72
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	49,8	50,9	49,1	47,6
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,29	0,22	0,21	0,17
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,03	0,03	0,03	0,03
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2/L)	2,09	1,49	1,41	1,41

Tabela 23- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,5, com T.T. entre 50 e 80 mg/L, usando o sulfato de alumínio.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,59	pH (escala Sorensen)	7,65
Turvação (NTU)	4,78	Turvação (NTU)	3,50
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	3,06	Oxidabilidade KMnO_4 (mg/l O_2)	2,51
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	86,5	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 24- Resultados obtidos para valores de pH 6,5, com T.T. entre 50 e 80, usando o sulfato de alumínio.

	1	2	3	4
Coagulante	S.A	S.A	S.A	S.A
Taxa de Tratamento (mg/l)	50	60	70	80
Ajuste de pH	6,5	6,5	6,5	6,5
Turvação (NTU)	0,26	0,24	0,29	0,28
pH (escala Sorensen)	6,45	6,43	6,47	6,46
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	37,1	37,4	37,5	36,4
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,14	0,13	0,16	0,16
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,02	0,03	0,02	0,03
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2/L)	1,31	1,11	1,10	1,03

Tabela 25- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,6, usando o

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,61	pH (escala Sorensen)	7,70
Turvação (NTU)	4,33	Turvação (NTU)	3,89
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,74	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,63
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	90,0	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 26 - Resultados obtidos para valores de pH 6,6, usando o sulfato de alumínio.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Coagulante	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A
Taxa de Tratamento (mg/l)	10	20	30	40	50	60	70	80
Ajuste de pH	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
Turvação (NTU)	2,31	0,55	0,43	0,41	0,31	0,27	0,25	0,29
pH (escala Sorensen)	6,86	6,84	6,70	6,70	6,65	6,62	6,60	6,56
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	51,5	50,0	45,9	45,3	45,4	44,9	45,0	44,7
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,44	0,31	0,29	0,32	0,21	0,23	0,24	0,27
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,04	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2/L)	2,34	1,75	1,7	1,73	1,48	1,50	1,56	1,53

Tabela 27- Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,7, usando o sulfato de alumínio.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,66	pH (escala Sorensen)	7,60
Turvação (NTU)	3,98	Turvação (NTU)	3,31
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,76	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	3,02
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	101,9	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 28 - Resultados obtidos para valores de pH 6,7, usando o sulfato de alumínio.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Coagulante	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A
Taxa de Tratamento (mg/l)	10	20	30	40	50	60	70	80
Ajuste de pH	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7
Turvação (NTU)	2,95	0,59	0,46	0,32	0,30	0,33	0,28	0,32
pH (escala Sorensen)	6,72	6,68	6,67	6,70	6,67	6,64	6,64	6,57
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	54,4	53,9	53,2	53,0	50,7	48,0	48,1	47,0
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,40	0,28	0,24	0,24	0,20	0,23	0,24	0,26
Alumínio Residual Solúvel(mg/l Al)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2/L)	2,75	2,50	2,40	2,24	1,78	1,72	1,72	1,68

Tabela 29 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,8, usando o sulfato de alumínio.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,64	pH (escala Sorensen)	7,60
Turvação (NTU)	3,42	Turvação (NTU)	2,76
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	3,08	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,47
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	92,0	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 30 - Resultados obtidos para valores de pH 6,8, usando o sulfato de alumínio.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Coagulante	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A
Taxa de Tratamento (mg/l)	10	20	30	40	50	60	70	80
Ajuste de pH	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
Turvação (NTU)	1,06	0,50	0,40	0,35	0,35	0,33	0,34	0,36
pH (escala Sorensen)	6,90	6,89	6,87	6,83	6,80	6,72	6,71	6,65
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	59,8	59,5	57,0	53,5	51,0	48,5	46,9	43,5
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,19	0,22	0,22	0,26	0,30	0,27	0,23	0,23
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2/L)	1,90	1,85	1,60	1,39	1,40	1,40	1,38	1,34

Tabela 31 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,9, usando o sulfato de alumínio.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,69	pH (escala Sorensen)	7,74
Turvação (NTU)	4,69	Turvação (NTU)	2,80
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,54	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,38
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	92,2	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 32 - Resultados obtidos para valores de pH 6,9, usando o sulfato de alumínio.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Coagulante	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A
Taxa de Tratamento (mg/l)	10	20	30	40	50	60	70	80
Ajuste de pH	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9
Turvação (NTU)	2,17	0,66	0,47	0,27	0,28	0,27	0,26	0,30
pH (escala Sorensen)	6,92	6,90	6,90	6,88	6,87	6,82	6,75	6,73
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	63,1	63,0	62,3	60,2	56,7	55,8	52,5	52,8
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,35	0,30	0,28	0,29	0,20	0,19	0,22	0,20
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2/L)	2,08	1,68	1,57	1,22	1,30	1,28	1,52	1,50

Tabela 33 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,0, usando o sulfato de alumínio.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada *	
pH (escala Sorensen)	7,62	pH (escala Sorensen)	7,93
Turvação (NTU)	5,40	Turvação (NTU)	9,45
Oxidabilidade ao KMnO ₄ (mg/l O ₂)	2,90	Oxidabilidade ao KMnO ₄ (mg/l O ₂)	2,60
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	80,7	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

* Transferência do sobrenadante das lamas para o tanque de água bruta.

Tabela 34 - Resultados obtidos para valores de pH 7,0, usando o sulfato de alumínio.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Coagulante	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A
Taxa de Tratamento (mg/l)	10	20	30	40	50	60	70	80
Ajuste de pH	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Turvação (NTU)	1,33	0,48	0,41	0,39	0,27	0,27	0,25	0,31
pH (escala Sorensen)	7,14	7,05	7,05	7,03	6,86	6,90	6,80	6,75
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /l)	78,2	74,5	75,1	72,9	69,5	70,0	61,8	61,0
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,28	0,22	0,20	0,21	0,15	0,18	0,12	0,18
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
Oxidabilidade ao KMnO ₄ (mg O ₂ /L)	1,94	1,78	1,53	1,32	1,25	1,22	1,21	1,19

Tabela 35 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,1, usando o sulfato de alumínio.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,69	pH (escala Sorensen)	7,64
Turvação (NTU)	4,21	Turvação (NTU)	3,15
Oxidabilidade ao KMnO ₄ (mg/l O ₂)	2,52	Oxidabilidade ao KMnO ₄ (mg/l O ₂)	2,98
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	80,0	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 36 - Resultados obtidos para valores de pH 7,1, usando o sulfato de alumínio.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Coagulante	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A
Taxa de Tratamento (mg/l)	10	20	30	40	50	60	70	80
Ajuste de pH	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
Turvação (NTU)	1,74	0,65	0,42	0,28	0,26	0,24	0,25	0,25
pH (escala Sorensen)	7,26	7,09	7,04	7,00	6,90	6,82	6,81	6,78
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /l)	61,6	59,1	57,0	56,0	54,8	50,6	49,5	49,0
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,38	0,25	0,21	0,21	0,18	0,20	0,20	0,20
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
Oxidabilidade ao KMnO ₄ (mg O ₂ /L)	2,30	1,96	1,87	1,76	1,75	1,76	1,59	1,56

Tabela 37 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,2, usando o sulfato de alumínio.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,64	pH (escala Sorensen)	7,60
Turvação (NTU)	3,35	Turvação (NTU)	3,58
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	3,70	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,70
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	84,2	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 38 - Resultados obtidos para valores de pH 7,2, usando o sulfato de alumínio.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Coagulante	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A
Taxa de Tratamento (mg/l)	10	20	30	40	50	60	70	80
Ajuste de pH	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
Turvação (NTU)	2,17	1,10	0,63	0,53	0,40	0,33	0,26	0,29
pH (escala Sorensen)	7,20	7,19	7,13	7,09	7,04	7,00	6,98	6,91
Alcalinidade (mg CaCO_3/l)	63,0	62,3	59,9	58,8	57,7	55,9	54,5	53,4
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,37	0,46	0,40	0,39	0,23	0,23	0,24	0,27
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2/L)	2,38	2,28	2,24	1,90	1,86	1,78	1,67	1,49

Tabela 39 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,3, usando o sulfato de alumínio.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,57	pH (escala Sorensen)	7,63
Turvação (NTU)	4,20	Turvação (NTU)	3,88
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,78	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,43
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	88,5	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 40 - Resultados obtidos para valores de pH 7,3, usando o sulfato de alumínio.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Coagulante	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A
Taxa de Tratamento (mg/l)	10	20	30	40	50	60	70	80
Ajuste de pH	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3
Turvação (NTU)	2,67	0,55	0,43	0,32	0,26	0,27	0,29	0,29
pH (escala Sorensen)	7,29	7,23	7,18	7,16	7,15	7,03	7,02	6,96
Alcalinidade (mg CaCO_3/l)	67,1	67,0	66,1	64,4	63,4	61,1	60,8	58,4
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,44	0,25	0,25	0,22	0,22	0,22	0,23	0,21
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2/L)	2,03	1,82	1,74	1,47	1,58	1,54	1,42	1,31

Tabela 41 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,4, usando o sulfato de alumínio.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada *	
pH (escala Sorensen)	7,72	pH (escala Sorensen)	7,70
Turvação (NTU)	3,22	Turvação (NTU)	4,62
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,60	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,80
Alcalinidade (mg CaCO_3 /L)	87,4	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

* Transferência do sobrenadante das lamas para o tanque de água bruta.

Tabela 42 - Resultados obtidos para valores de pH 7,4, usando o sulfato de alumínio.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Coagulante	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A
Taxa de Tratamento (mg/l)	10	20	30	40	50	60	70	80
Ajuste de pH	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
Turvação (NTU)	1,90	1,16	0,49	0,41	0,29	0,30	0,29	0,30
pH (escala Sorensen)	7,37	7,27	7,26	7,20	7,10	7,05	7,04	7,00
Alcalinidade (mg CaCO_3 /l)	73,3	70,6	70,3	67,8	65,2	63,0	61,0	60,0
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,48	0,35	0,32	0,29	0,23	0,23	0,24	0,23
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,07	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2 /L)	2,51	2,07	2,08	2,00	2,09	2,10	2,14	1,90

Tabela 43 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,5, usando o sulfato de alumínio.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,48	pH (escala Sorensen)	7,65
Turvação (NTU)	6,38	Turvação (NTU)	3,85
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,79	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,06
Alcalinidade (mg CaCO_3 /L)	82,2	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 44 - Resultados obtidos para valores de pH 7,5, usando o sulfato de alumínio.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Coagulante	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A
Taxa de Tratamento (mg/l)	10	20	30	40	50	60	70	80
Ajuste de pH	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Turvação (NTU)	3,49	0,57	0,34	0,28	0,23	0,25	0,22	0,24
pH (escala Sorensen)	7,46	7,42	7,34	7,32	7,30	7,29	7,22	7,06
Alcalinidade (mg CaCO_3 /l)	91,0	81,9	81,0	76,2	83,2	74,6	70,0	70,9
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,33	0,25	0,25	0,21	0,19	0,15	0,15	0,14
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,11	0,10	0,09	0,08	0,06	0,06	0,04	0,03
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2 /L)	2,03	1,65	1,65	1,60	1,41	1,11	1,31	1,07

Tabela 45 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 8,0, usando o sulfato de alumínio.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada *	
pH (escala Sorensen)	7,61	pH (escala Sorensen)	7,77
Turvação (NTU)	10,7	Turvação (NTU)	29,7
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,41	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	5,09
Alcalinidade (mg CaCO_3 /L)	96,8	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

* Transferência do sobrenadante das lammas para o tanque de água bruta.

Tabela 46 - Resultados obtidos para valores de pH 8,0, usando o sulfato de alumínio.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Coagulante	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A
Taxa de Tratamento (mg/l)	10	20	30	40	50	60	70	80
Ajuste de pH	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Turvação (NTU)	1,84	0,77	0,71	0,62	0,37	0,35	0,24	0,28
pH (escala Sorensen)	7,78	7,68	7,56	7,46	7,32	7,25	7,17	7,13
Alcalinidade (mg CaCO_3 /l)	86,8	84,0	81,9	80,8	76,9	76,6	74,0	70,8
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,52	0,46	0,38	0,41	0,20	0,23	0,19	0,17
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,28	0,20	0,16	0,14	0,10	0,08	0,06	0,06
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2 /L)	2,74	2,39	2,09	2,02	1,55	1,54	1,59	1,40

Tabela 47 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 9,0, usando o sulfato de alumínio.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,40	pH (escala Sorensen)	7,59
Turvação (NTU)	7,47	Turvação (NTU)	6,03
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,91	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,58
Alcalinidade (mg CaCO_3 /L)	74,8	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 48 - Resultados obtidos para valores de pH 9,0, usando o sulfato de alumínio.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Coagulante	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A
Taxa de Tratamento (mg/l)	10	20	30	40	50	60	70	80
Ajuste de pH	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
Turvação (NTU)	5,11	3,51	1,10	0,52	0,31	0,27	0,24	0,27
pH (escala Sorensen)	8,63	8,40	8,11	7,96	7,71	7,59	7,50	7,44
Alcalinidade (mg CaCO_3 /l)	86,0	80,2	77,1	74,6	70,5	69,2	66,7	64,9
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,48	0,56	0,55	0,59	0,41	0,33	0,26	0,25
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,49	0,58	0,58	0,46	0,23	0,11	0,14	0,08
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2 /L)	3,06	2,42	2,18	2,17	2,07	1,89	1,90	1,90

B.2. PAX-18 (Polihidroxicloreto de alumínio)

Tabela 49 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 5,0, usando o PAX-18.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,73	pH (escala Sorensen)	7,68
Turvação (NTU)	3,92	Turvação (NTU)	3,40
Oxidabilidade ao KMnO ₄ (mg/l O ₂)	2,36	Oxidabilidade ao KMnO ₄ (mg/l O ₂)	2,72
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	85,3	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 50 - Resultados obtidos para valores de pH 5,0, usando o PAX - 18.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Coagulante	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18
Taxa de Tratamento (mg/l)	15	20	25	30	35	40	45	50
Ajuste de pH	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Turvação (NTU)	2,66	2,64	2,57	2,75	2,10	2,15	2,35	2,17
pH (escala Sorensen)	5,09	4,97	4,95	4,95	4,89	4,88	4,85	4,82
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /l)	4,2	3,6	3,5	3,5	3,4	3,4	3,3	2,6
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,57	0,63	0,64	0,63	0,64	0,63	0,63	0,62
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,56	0,62	0,63	0,63	0,64	0,63	0,64	0,62
Oxidabilidade ao KMnO ₄ (mg O ₂ /L)	2,68	2,60	2,56	2,54	2,34	2,28	2,26	2,26

Tabela 51 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,0, usando o PAX - 18.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,70	pH (escala Sorensen)	7,66
Turvação (NTU)	4,10	Turvação (NTU)	2,74
Oxidabilidade ao KMnO ₄ (mg/l O ₂)	2,30	Oxidabilidade ao KMnO ₄ (mg/l O ₂)	2,28
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	77,4	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 52 - Resultados obtidos para valores de pH 6,0, usando o PAX - 18.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Coagulante	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18
Taxa de Tratamento (mg/l)	15	20	25	30	35	40	45	50
Ajuste de pH	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Turvação (NTU)	1,13	0,80	0,83	1,07	1,06	1,15	1,27	1,00
pH (escala Sorensen)	5,88	5,88	5,85	5,85	5,90	5,79	5,84	5,89
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /l)	16,0	15,8	16,2	15,8	16,0	16,5	16,4	16,8
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,45	0,45	0,40	0,42	0,40	0,44	0,48	0,52
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,21	0,20	0,20	0,28	0,22	0,31	0,31	0,25
Oxidabilidade ao KMnO ₄ (mg O ₂ /L)	1,47	1,48	1,34	1,28	1,33	1,51	1,05	1,33

Tabela 53 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,5, usando o PAX - 18.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,62	pH (escala Sorensen)	7,60
Turvação (NTU)	2,58	Turvação (NTU)	3,03
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	3,00	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	3,00
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	86,3	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 54 - Resultados obtidos para valores de pH 6,5, usando o PAX - 18.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Coagulante	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18
Taxa de Tratamento (mg/l)	15	20	25	30	35	40	45	50
Ajuste de pH	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Turvação (NTU)	1,04	0,91	0,71	0,68	0,72	0,81	0,84	0,83
pH (escala Sorensen)	6,60	6,49	6,47	6,5	6,36	6,31	6,31	6,29
Alcalinidade (mg CaCO_3/l)	39,0	38,3	37,2	37,0	36,3	35,0	34,8	34,3
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,21	0,26	0,25	0,32	0,31	0,41	0,42	0,50
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,05	0,05	0,07	0,09	0,09	0,11	0,13	0,17
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2/L)	1,63	1,58	1,59	1,60	2,00	2,02	2,00	2,10

Tabela 55 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,6, usando o PAX - 18.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,70	pH (escala Sorensen)	7,62
Turvação (NTU)	3,30	Turvação (NTU)	2,83
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	3,08	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,03
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	69,2	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 56 - Resultados obtidos para valores de pH 6,6, usando o PAX - 18.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Coagulante	PAX 18	PAX 18	PAX 18	PAX 18	PAX 18	PAX 18	PAX 18	PAX 18
Taxa de Tratamento (mg/l)	15	20	25	30	35	40	45	50
Ajuste de pH	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
Turvação (NTU)	0,82	0,74	0,83	0,87	0,83	0,90	0,91	0,90
pH (escala Sorensen)	6,58	6,57	6,53	6,45	6,41	6,38	6,37	6,36
Alcalinidade (mg CaCO_3/l)	40,2	40,1	40,0	39,1	37,0	35,0	33,6	32,5
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,20	0,20	0,22	0,27	0,27	0,29	0,36	0,47
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2/L)	1,44	1,39	1,36	1,38	1,33	1,15	1,18	1,18

Tabela 57 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,7, usando o PAX - 18.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,43	pH (escala Sorensen)	7,50
Turvação (NTU)	3,68	Turvação (NTU)	3,91
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	3,53	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,78
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	58,2	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 58 - Resultados obtidos para valores de pH 6,7, usando o PAX - 18.

	1	2	3	4	5	6	7	8
	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18
Coagulante	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18
Taxa de Tratamento (mg/l)	15	20	25	30	35	40	45	50
Ajuste de pH	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7
Turvação (NTU)	1,45	1,25	1,18	1,04	0,99	0,76	0,85	0,82
pH (escala Sorensen)	6,63	6,59	6,55	6,50	6,50	6,48	6,46	6,42
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	34,5	34,2	33,8	33,5	33,2	33,0	33,0	32,9
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,11	0,11	0,12	0,15	0,18	0,31	0,37	0,51
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2/L)	1,78	1,54	1,40	1,20	1,52	1,35	1,46	1,34

Tabela 59 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,8, usando o PAX - 18.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,70	pH (escala Sorensen)	7,70
Turvação (NTU)	3,24	Turvação (NTU)	3,23
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,58	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,86
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	83,5	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 60 - Resultados obtidos para valores de pH 6,8, usando o PAX - 18.

	1	2	3	4	5	6	7	8
	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18
Coagulante	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18
Taxa de Tratamento (mg/l)	15	20	25	30	35	40	45	50
Ajuste de pH	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
Turvação (NTU)	0,76	0,70	0,79	0,98	1,02	1,13	0,90	1,19
pH (escala Sorensen)	6,80	6,77	6,75	6,71	6,72	6,69	6,69	6,68
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	51,0	50,9	49,7	49,3	48,5	48,0	47,7	47,6
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,21	0,26	0,27	0,29	0,22	0,27	0,30	0,39
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2/L)	1,74	1,78	1,79	1,80	1,76	1,92	1,80	1,88

Tabela 61 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 6,9, usando o PAX - 18.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,44	pH (escala Sorensen)	7,40
Turvação (NTU)	3,47	Turvação (NTU)	3,45
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,32	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,92
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	58,0	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 62 - Resultados obtidos para valores de pH 6,9, usando o PAX - 18.

	1	2	3	4	5	6	7	8
	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18
Coagulante	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18
Taxa de Tratamento (mg/l)	15	20	25	30	35	40	45	50
Ajuste de pH	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9
Turvação (NTU)	1,36	0,98	0,97	0,68	0,59	0,72	1,07	1,00
pH (escala Sorensen)	6,90	6,87	6,79	6,77	6,74	6,73	6,72	6,72
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	39,3	39,0	38,8	39,0	38,9	38,5	38,4	38,3
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,20	0,21	0,29	0,32	0,28	0,41	0,60	0,59
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,02	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2/L)	1,70	1,72	1,72	1,70	1,66	1,5	1,14	1,06

Tabela 63 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,0, usando o PAX - 18.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,45	pH (escala Sorensen)	7,69
Turvação (NTU)	3,00	Turvação (NTU)	2,78
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,36	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,35
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	85,0	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 64 - Resultados obtidos para valores de pH 7,0, usando o PAX - 18.

	1	2	3	4	5	6	7	8
	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18
Coagulante	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18
Taxa de Tratamento (mg/l)	15	20	25	30	35	40	45	50
Ajuste de pH	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Turvação (NTU)	0,45	0,42	0,45	0,44	0,54	0,56	0,58	0,58
pH (escala Sorensen)	7,04	7,02	7,00	7,0	6,88	6,82	6,81	6,81
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	60,7	60,2	60,0	60,1	53,9	52,6	52,5	52,2
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,15	0,18	0,18	0,19	0,19	0,22	0,27	0,32
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2/L)	1,63	1,42	1,40	1,38	1,39	1,26	1,31	1,15

Tabela 65 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,1, usando o PAX - 18.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,44	pH (escala Sorensen)	7,40
Turvação (NTU)	4,72	Turvação (NTU)	4,07
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,24	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,80
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	54,3	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 66 - Resultados obtidos para valores de pH 7,1, usando o PAX - 18.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Coagulante	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18
Taxa de Tratamento (mg/l)	15	20	25	30	35	40	45	50
Ajuste de pH	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
Turvação (NTU)	0,99	0,89	0,77	0,89	0,63	0,82	0,92	0,90
pH (escala Sorensen)	7,25	7,20	7,12	7,03	6,95	6,94	6,91	6,85
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	41,5	41,4	39,9	38,5	37,3	35,8	35,0	34,5
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,22	0,18	0,23	0,30	0,31	0,45	0,55	0,61
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2/L)	1,88	1,80	1,81	1,81	1,57	1,54	1,47	1,44

Tabela 67 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,2, usando o PAX - 18.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,41	pH (escala Sorensen)	7,40
Turvação (NTU)	5,08	Turvação (NTU)	4,79
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,74	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,79
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	51,4	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 68 - Resultados obtidos para valores de pH 7,2, usando o PAX - 18.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Coagulante	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18
Taxa de Tratamento (mg/l)	15	20	25	30	35	40	45	50
Ajuste de pH	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
Turvação (NTU)	0,69	0,60	0,51	0,50	0,60	0,59	0,61	0,62
pH (escala Sorensen)	7,20	7,09	7,01	7,0	6,92	6,86	6,79	6,75
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	36,0	34,6	33,0	32,5	34,2	33,0	31,6	32,0
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,14	0,26	0,16	0,19	0,26	0,38	0,48	0,57
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2/L)	1,58	1,55	1,45	1,44	1,26	1,2	1,30	1,46

Tabela 69 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,3, usando o PAX - 18.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,71	pH (escala Sorensen)	7,69
Turvação (NTU)	3,81	Turvação (NTU)	3,43
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,24	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,83
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	86,0	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 70 - Resultados obtidos para valores de pH 7,3, usando o PAX - 18.

	1	2	3	4	5	6	7	8
	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18
Coagulante	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18
Taxa de Tratamento (mg/l)	15	20	25	30	35	40	45	50
Ajuste de pH	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3
Turvação (NTU)	1,30	1,37	1,04	1,15	0,88	0,97	1,30	1,32
pH (escala Sorensen)	7,18	7,16	7,02	7,00	6,99	7,02	6,99	6,97
Alcalinidade (mg CaCO_3/l)	62,8	61,8	61,5	61,4	61,3	61,5	59,5	58,8
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,30	0,37	0,38	0,37	0,34	0,46	0,42	0,58
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2/L)	1,99	1,84	1,70	1,69	1,54	1,52	1,78	1,89

Tabela 71 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,4, usando o PAX - 18.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,44	pH (escala Sorensen)	7,40
Turvação (NTU)	3,54	Turvação (NTU)	3,01
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,80	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	3,16
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	61,4	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 72 - Resultados obtidos para valores de pH 7,4, usando o PAX - 18.

	1	2	3	4	5	6	7	8
	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18
Coagulante	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18
Taxa de Tratamento (mg/l)	15	20	25	30	35	40	45	50
Ajuste de pH	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
Turvação (NTU)	0,52	0,54	0,49	0,43	0,44	0,43	0,43	0,45
pH (escala Sorensen)	7,40	7,37	7,36	7,28	7,26	7,2	7,2	7,18
Alcalinidade (mg CaCO_3/l)	49,9	49,5	49,4	48,0	48,3	48,0	48,2	48,0
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,22	0,23	0,18	0,33	0,34	0,19	0,30	0,41
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2/L)	2,11	2,08	1,89	1,57	1,48	1,36	1,30	1,33

Tabela 73 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,5, usando o PAX - 18.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,47	pH (escala Sorensen)	7,60
Turvação (NTU)	2,63	Turvação (NTU)	2,64
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,26	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,32
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	85,4	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 74 - Resultados obtidos para valores de pH 7,5, usando o PAX - 18.

	1	2	3	4	5	6	7	8
	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18
Coagulante	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18
Taxa de Tratamento (mg/l)	15	20	25	30	35	40	45	50
Ajuste de pH	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Turvação (NTU)	0,48	0,41	0,40	0,33	0,33	0,33	0,35	0,36
pH (escala Sorensen)	7,47	7,36	7,27	7,3	7,22	7,2	7,1	7,08
Alcalinidade (mg CaCO_3/l)	69,8	69,2	67,5	67,4	65,3	63,1	62,6	62,3
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,16	0,15	0,19	0,20	0,17	0,19	0,22	0,25
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,03	0,05	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,03
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2/L)	1,50	1,32	1,34	1,20	1,25	1,28	1,36	1,25

Tabela 75 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,6, usando o PAX - 18.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,30	pH (escala Sorensen)	7,60
Turvação (NTU)	6,08	Turvação (NTU)	5,66
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,74	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,53
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	41,0	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 76 - Resultados obtidos para valores de pH 7,6, usando o PAX - 18.

	1	2	3	4	5	6	7	8
	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18
Coagulante	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18
Taxa de Tratamento (mg/l)	15	20	25	30	35	40	45	50
Ajuste de pH	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6
Turvação (NTU)	0,76	0,70	0,79	0,98	1,02	1,13	0,90	1,19
pH (escala Sorensen)	6,80	6,77	6,75	6,71	6,72	6,69	6,69	6,68
Alcalinidade (mg CaCO_3/l)	51,0	50,9	49,7	49,3	48,5	48,0	47,7	47,6
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,21	0,26	0,27	0,29	0,22	0,27	0,30	0,39
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2/L)	1,74	1,78	1,79	1,80	1,76	1,92	1,80	1,88

Tabela 77 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,7, usando o PAX - 18.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,73	pH (escala Sorensen)	7,70
Turvação (NTU)	3,87	Turvação (NTU)	2,48
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,78	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,06
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	77,4	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 78 - Resultados obtidos para valores de pH 7,7, usando o PAX - 18.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Coagulante	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18
Taxa de Tratamento (mg/l)	15	20	25	30	35	40	45	50
Ajuste de pH	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7
Turvação (NTU)	0,94	0,75	0,73	0,67	0,65	0,85	0,76	0,80
pH (escala Sorensen)	7,45	7,41	7,37	7,30	7,26	7,22	7,2	7,16
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	72,6	71,7	70,1	69,5	67,0	66,5	65,2	64,0
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,35	0,31	0,34	0,36	0,36	0,45	0,46	0,64
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2/L)	1,34	1,40	1,32	1,16	1,34	1,28	1,06	1,26

Tabela 79 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,8, usando o PAX - 18.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,67	pH (escala Sorensen)	7,70
Turvação (NTU)	4,11	Turvação (NTU)	2,98
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	3,09	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,74
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	72,3	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 80 - Resultados obtidos para valores de pH 7,8, usando o PAX - 18.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Coagulante	PAX 18	PAX 18	PAX 18	PAX 18	PAX 18	PAX 18	PAX 18	PAX 18
Taxa de Tratamento (mg/l)	15	20	25	30	35	40	45	50
Ajuste de pH	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8
Turvação (NTU)	0,97	0,83	0,75	0,90	1,16	0,99	0,89	0,91
pH (escala Sorensen)	7,44	7,44	7,44	7,37	7,33	7,29	7,21	7,21
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	67,3	67,0	67,0	63,8	63,6	62,9	60,0	60,4
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,32	0,42	0,35	0,52	0,44	0,29	0,48	0,53
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,04	0,05	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2/L)	1,99	2,03	1,87	2,01	1,78	1,72	1,68	1,59

Tabela 81 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 7,9, usando o PAX - 18.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,40	pH (escala Sorensen)	7,40
Turvação (NTU)	5,06	Turvação (NTU)	4,14
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,20	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,83
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	52,4	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 82 - Resultados obtidos para valores de pH 7,9, usando o PAX - 18.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Coagulante	PAX 18	PAX 18	PAX 18	PAX 18	PAX 18	PAX 18	PAX 18	PAX 18
Taxa de Tratamento (mg/l)	15	20	25	30	35	40	45	50
Ajuste de pH	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
Turvação (NTU)	0,88	0,87	0,54	0,49	0,59	0,53	0,61	0,62
pH (escala Sorensen)	7,44	7,35	7,21	7,10	7,08	7,06	7,05	7,02
Alcalinidade (mg CaCO_3/l)	44,9	44,0	43,6	43,5	42,5	42,8	42,3	43,7
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,23	0,17	0,16	0,15	0,20	0,29	0,30	0,45
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2/L)	1,69	1,58	1,57	1,32	1,2	1,2	1,44	1,26

Tabela 83 - Resultados obtidos para valores a pH 8,0, usando o PAX - 18.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,61	pH (escala Sorensen)	7,59
Turvação (NTU)	3,59	Turvação (NTU)	2,35
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,26	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,52
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	82,7	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 84 - Resultados obtidos para valores de pH 8,0, usando o PAX - 18.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Coagulante	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18
Taxa de Tratamento (mg/l)	15	20	25	30	35	40	45	50
Ajuste de pH	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Turvação (NTU)	0,41	0,36	0,35	0,37	0,41	0,43	0,35	0,38
pH (escala Sorensen)	7,54	7,45	7,38	7,3	7,28	7,28	7,25	7,22
Alcalinidade (mg CaCO_3/l)	66,6	66,0	65,2	65,0	64,4	64,0	63,4	61,5
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,20	0,19	0,18	0,17	0,21	0,23	0,25	0,29
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2/L)	1,55	1,54	1,44	1,35	1,66	1,6	1,50	1,55

Tabela 85 - Características da água bruta e ozonizada para os ensaios a pH 9,0, usando o PAX - 18.

Características da Água Bruta		Características da Água Ozonizada	
pH (escala Sorensen)	7,74	pH (escala Sorensen)	7,70
Turvação (NTU)	4,18	Turvação (NTU)	2,81
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,70	Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg/l O_2)	2,80
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	86,0	T.T. Ozono (mg/l)	0,9

Tabela 86 - Resultados obtidos para valores de pH 9,0, usando o PAX - 18.

	1	2	3	4	5	6	7	8
	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18
Coagulante	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18	PAX-18
Taxa de Tratamento (mg/l)	15	20	25	30	35	40	45	50
Ajuste de pH	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
Turvação (NTU)	0,57	0,50	0,49	0,49	0,49	0,47	0,52	0,42
pH (escala Sorensen)	8,10	8,03	7,99	7,81	7,62	7,57	7,53	7,45
Alcalinidade (mg CaCO_3/l)	83,8	83,0	82,4	80,0	77,3	76,6	74,3	73,7
Alumínio Residual (mg/l Al)	0,51	0,51	0,44	0,34	0,31	0,31	0,30	0,30
Alumínio Residual Solúvel (mg/l Al)	0,38	0,38	0,34	0,21	0,14	0,11	0,11	0,09
Oxidabilidade ao KMnO_4 (mg O_2/L)	2,22	2,16	2,00	1,92	1,69	1,66	1,60	1,58





FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



0000090133