



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL – UFFS

CAMPUS ERECHIM

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

SARAIANE ELUISE BENDER

**EXTRAÇÃO DA PECTINA DA CASCA DE POMELO *CITRUS MAXIMA* PARA
APLICAÇÃO COMO UM COAGULANTE NATURAL NO TRATAMENTO DE
ÁGUA SUPERFICIAL**

Erechim – RS

2019

SARAIANE ELUISE BENDER

**EXTRAÇÃO DA PECTINA DA CASCA DE POMELO *CITRUS MAXIMA* PARA
APLICAÇÃO COMO UM COAGULANTE NATURAL NO TRATAMENTO DE
ÁGUA SUPERFICIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS -
Campus Erechim, como requisito para a obtenção do
título de bacharel em Engenharia Ambiental e
Sanitária.

Orientadora: Prof.^a Dra. Clarissa Dalla Rosa

Coorientadora: Prof.^a Dra. Gean Delise Leal Pasquali Vargas

Erechim – RS

2019

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Bender, Saraiane Eluise

EXTRAÇÃO DA PECTINA DA CASCA DE POMELO CITRUS MAXIMA
PARA UTILIZAÇÃO COMO UM COAGULANTE NATURAL NO TRATAMENTO
DE ÁGUA / Saraiane Eluise Bender. -- 2019.
41 f.:il.

Orientadora: Doutora Clarissa Dalla Rosa.

Co-orientadora: Doutora Gean Delise Leal Pasquali
Vargas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Engenharia Ambiental e Sanitária, Erechim, RS, 2019.

1. Citrus maxima. 2. Coagulante orgânico. 3. Pectina.
I. Rosa, Clarissa Dalla, orient. II. Vargas, Gean Delise
Leal Pasquali, co-orient. III. Universidade Federal da
Fronteira Sul. IV. Título.

SARAIANE ELUISE BENDER

**EXTRAÇÃO DA PECTINA DA CASCA DE POMELO *CITRUS MAXIMA* PARA
APLICAÇÃO COMO UM COAGULANTE NATURAL NO TRATAMENTO DE
ÁGUA SUPERFICIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS -
Campus Erechim, como requisito para a obtenção do
título de bacharel em Engenharia Ambiental e
Sanitária.

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof^a Dra. Clarissa Dalla Rosa – UFFS

Orientadora

Profa. Dra. Gean Delise Leal Pasquali Vargas – UFFS

Coorientadora

Prof. Dr. Lierson Borges de Castro – UFFS

Profa. Dra. Marília Terezinha Hartmann – UFFS

AGRADECIMENTOS

A Deus, simplesmente por tudo!

Aos meus pais Jorge e Janice que sempre fizeram tudo por mim e para mim!

Aos meus nonos e avós que sempre estiveram presentes, especialmente a nona Hilda que é um exemplo para mim!

Ao meu namorado Eliezer que sempre me apoiou e incentivou.

A minha orientadora Prof.^a Clarissa que aceitou me orientar, pelo auxílio e por todos os ensinamentos.

A minha coorientadora Prof.^a Gean que sempre me auxiliou no que era preciso.

As minhas amigas Adriana e Vrandrieli, que sempre deixavam os trabalhos em grupo muito mais emocionantes e divertidos de se fazer, mas acima de tudo pela amizade e companheirismo de poder contar com vocês, espero que dure por muitos anos.

Aos outros colegas Aline G. Natália, Vanessa, Alexandre, Rafael, Leonardo, Dirce que sempre estiveram juntos na emoção da faculdade e que pretendo levar a amizade pra vida.

A Tatiana que sempre me ajudou no laboratório, e que sem ela esse trabalho não seria o mesmo, não tenho dúvidas você fará trabalhos incríveis.

Aos amigos Bruna e João pelo apoio recebido e pelas risadas dos finais de semana, espero que a carreira de vocês seja maravilhosa.

A Darline que mesmo longe sei que posso contar com sua amizade sempre.

Aos colegas e técnicos do laboratório de efluentes.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, colaboraram para realização do meu trabalho.

RESUMO

O tratamento de água é um método utilizado para tornar a água potável para o consumo humano. Os procedimentos para que o tratamento ocorra de forma eficiente, incluem a adição de coagulantes para a remoção das partículas que foram introduzidas na água de forma natural ou antrópica. Atualmente os coagulantes inorgânicos são mais utilizados, porém estudos com os coagulantes orgânicos vêm crescendo, devido a questões ambientais e junto com isso tem-se os custos relativos ao descarte do lodo gerado após o tratamento da água. Com este contexto, este trabalho teve como objetivo a extração de um coagulante natural denominado de pectina da casca de Pomelo *Citrus maxima* que foi utilizado como coagulante no tratamento de água superficial. Os ensaios também foram realizados com a pectina comercial para fins de comparação. Como resultados obteve-se na extração da pectina de Pomelo um rendimento máximo de 24%. Após a extração realizou-se os ensaios de coagulação utilizando a pectina extraída da casca de Pomelo *Citrus máxima*, bem como da pectina comercial, onde foram obtidos resultados de 60% de remoção de cor, 49% para a turbidez com a pectina extraída e com a pectina comercial foram encontrados 50% de remoção de cor e 29% de remoção de turbidez. Através deste estudo foi possível verificar que a quantidade de sólidos suspensos na amostra de água a ser tratada interfere diretamente na capacidade de remoção do coagulante, bem como o pH do meio, visto que, os ensaios onde se teve maiores concentrações de sólidos suspensos na amostra de água e se utilizou o pH próximo a 3,0, houve um potencialização na capacidade coagulante da pectina (extraída e comercial). Assim é possível afirmar que este coagulante natural, apresenta potencial para uso na remoção de contaminantes presentes em águas superficiais.

Palavras-chave: *Citrus maxima*. Coagulante orgânico. Pectina.

ABSTRACT

Water treatment is a method used to make natural waters potable for human consumption. Coagulants are used for the removal of particles that have been naturally or anthropically introduced into the water. Currently, most of the coagulants used in water treatment are inorganic; however studies with organic coagulants have been increasing due to environmental concerns, and along with this increase, there are concerns regarding costs to dispose the sludge produced during the water treatment process. In this context, this work had the objective of extracting a natural coagulant called pectin from the peel of the citrus variety Pomelo *Citrus maxima*, which was then used as a coagulant for the treatment of surface waters. The study was also performed with commercial pectin for comparison purposes. The extraction of Pomelo pectin resulted in a maximum yield of 24%. After extraction, coagulation tests were performed using the extracted pectin and commercial pectin. The tests using extracted pectin resulted in 60% color removal and 49% turbidity removal, and 29 % turbidity removal and 50% color removal using commercial pectin. In this study, it was noted that the amount of suspended solids and the pH of the water to be treated directly affect coagulant removal capacity. Highest removals, using both extracted and commercial pectin, were observed in tests with higher concentrations of suspended solids and pH around 3.0. Thus, it is possible to state that this natural coagulant can potentially be used in the removal of contaminants present in surface waters.

Keywords: *Citrus maxima*. Organic coagulant. Pectin. Color removal and turbidity.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVOS	12
2.1	OBJETIVO GERAL	12
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3	MATERIAIS E MÉTODOS	13
3.1	ORIGEM DA MATÉRIA PRIMA.....	13
3.2	ORIGEM E CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS	13
3.3	EXTRAÇÃO DA PECTINA	13
3.4	RENDIMENTO DA PECTINA.....	14
3.5	PECTINA COMERCIAL	15
3.6	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO QUÍMICA DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS	15
3.6.1	Condutividade.....	16
3.6.2	Cor	17
3.6.3	Carbono Orgânico Total (COT)	17
3.6.4	Demanda Química de Oxigênio (DQO).....	17
3.6.5	Nitrogênio Total.....	18
3.6.6	Oxigênio Dissolvido (OD)	18
3.6.7	Potencial Hidrogeniônico (pH).....	18
3.6.8	Sólidos Totais.....	18
3.6.9	Temperatura	19
3.6.10	Turbidez	19
3.7	PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL DA APLICAÇÃO DA PECTINA.....	19
3.8	RESPOSTAS AVALIADAS ANTES E APÓS O PROCESSO DE COAGULAÇÃO 21	
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1	EXTRAÇÃO DA PECTINA	21
4.2	PARÂMETROS FÍSICO QUÍMICOS.....	23
4.2.1	Caracterização da água	23
5	CONCLUSÃO	34
	REFERÊNCIAS	35
	APÊNDICE A – CURVAS PADRÃO	38
	APÊNDICE B – PARÂMETROS DE MONITORAMENTO	40

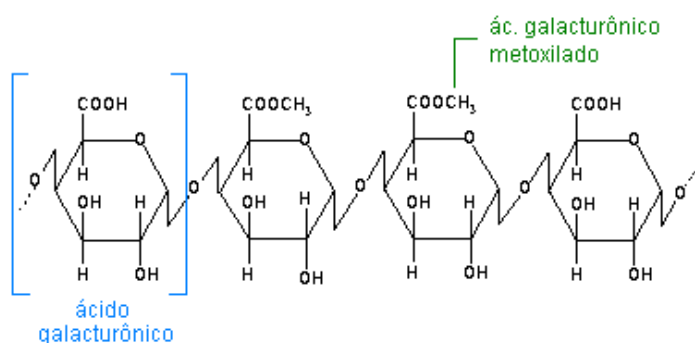
1 INTRODUÇÃO

Durante o processamento do suco de frutas, há uma grande produção de resíduos, tais como cascas, sementes e polpa úmida (bagaço). Os resíduos de citrus podem ser usados como fertilizantes ou como complemento animal, substituindo alguns tipos de alimentos como por exemplo a silagem de milho (ÍTAVO et al., 2000; REDA et al., 2005; ZANELLA, 2013). Dentre as diferentes aplicações destes resíduos encontra-se a obtenção da pectina, um polissacarídeo ramificado, que pode ser extraído de diferentes frutas.

As primeiras citações sobre pectina datam de um artigo inglês de 1750 sobre preparação de geleia de maçãs. A descoberta da pectina, enquanto composto químico, foi feita por Vauquelin em 1790 e Braconnot, no ano de 1824, foi o primeiro a caracterizá-la como composto das frutas responsável pela formação do gel e sugerir o nome pectina, proveniente do grego $\pi\eta\chi\tau\omicron\zeta$, que significa espesso (CANTERI et al., 2012).

Entre todos os biopolímeros, particular atenção tem sido dada aos polissacarídeos (pectinas), uma vez que eles são comestíveis e têm boas propriedades de formação de biofilme. Além disso, eles têm a capacidade de formar géis quando usados em determinado pH ou temperatura, o que os torna adequados para a produção de variados tipos de biomateriais. Os aerogéis polissacarídicos podem representar uma abordagem inovadora, as pectinas podem funcionar como agentes emulsionantes e geleificantes, altamente eficazes e como biofilmes nos alimentos em indústrias alimentícias (COELHO, 2008; DICKINSON, 2018; NEĹÍc et al., 2018).

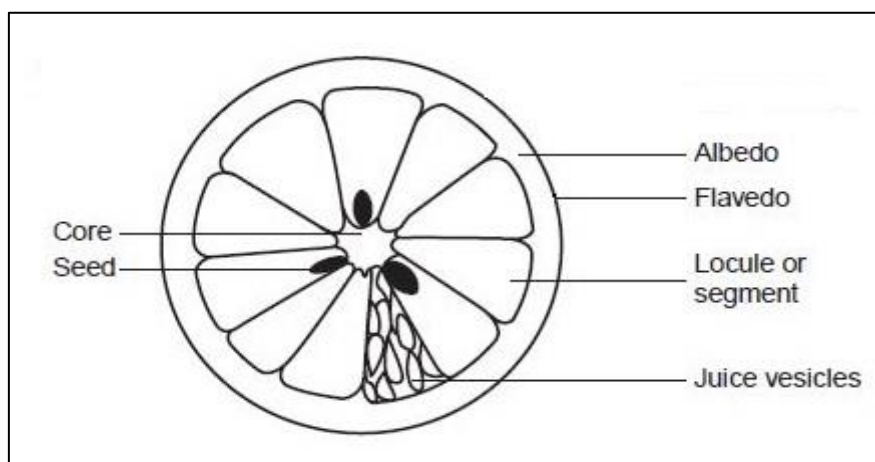
Este polissacarídeo quando apresentam teores de grupos metoxílicos acima 70% são denominadas pectinas rápidas, pois podem formar géis em maiores temperaturas, outro fator determinante no desempenho da pectina é a sua distribuição quanto a presença dos grupos hidrófilos e hidrofóbicos na molécula, pois estes irão definir a sua solubilidade, e assim sua tendência quanto a formação do gel (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2014). A Figura 1 abaixo apresenta a estrutura básica de uma pectina cítrica (Fonte: www.fcfar.unesp.br).

Figura 1 – Estrutura de uma pectina cítrica

Fonte: www.fcfar.unesp.br

A pectina é uma mistura complexa de oligossacarídeos e polissacarídeos na parede celular primária e na lamela média do tecido vegetal com características comuns, porém, extremamente diversos em sua estrutura fina que compõe cerca de um terço da matéria seca da parede celular na maioria das plantas. O esqueleto péctico é primariamente um homopolímero de ácido galacturônico ligado em α (1 \rightarrow 4), com grau variável de grupos carboxilas metil esterificados (CANTERI et al., 2012; HOSSEINI et al., 2016).

Segundo Ladaniya (2008) o albedo consiste de mesocarpo interno, que consiste de células parenquimatosas com grandes espaços aéreos. Este é um material de amortecimento extremamente eficaz contra a pressão e impacto para as frutas. O albedo tem 1 a 2 mm de espessura em limas e tangerinas, 2 a 5 mm de espessura em laranjas doces e até 20 mm de espessura em pummelos. É no albedo onde fica a maior concentração de pectina, a Figura 2 mostra a morfologia dos citrus.

Figura 2 – Morfologia dos citrus

Fonte: Adaptado de LADANIYA, 2008.

Devido a capacidade emulsionante e geleificante da pectina, tem surgido interesse em avaliar seu efeito em outros tipos de aplicação além da indústria alimentícia, dentre estas encontra-se o tratamento de águas. O objetivo dos processos de tratamento de água é tornar a água adequada para sua finalidade, geralmente tornar a água potável, satisfatória para fins de consumo do ponto de vista de suas características químicas, físicas e biológicas. O tratamento pode incluir métodos mecânicos, físicos, biológicos e químicos. (MANDA et al., 2016).

Segundo Tsutiya (2006), os mananciais superficiais são geralmente construídos por córregos, rios, lagos e represas e as águas desses mananciais devem ter alguns requisitos mínimos nos aspectos quantitativos, qualitativos, físicos, químicos, biológicos e bacteriológico.

Entre os métodos disponíveis de tratamento de água a coagulação e a floculação são processos de baixo custo, simples, confiáveis e de baixo consumo energético. É um processo estabelecido que efetivamente remove partículas solúveis, coloidais e suspensas por meio da agregação induzida de micro e macro partículas, formando partículas maiores, seguida por sedimentação (OLADOJA, 2015).

Segundo Libânio (2016) nos tratamentos de água os processos de coagulação eram realizados de forma empírica, desde o século XVI no Egito com nozes, amêndoas sendo maceradas e adicionadas na água para remover as partículas suspensas. Nos processos de coagulação vale ressaltar que as partículas suspensas e coloidais normalmente possuem carga negativa. Os fatores que geralmente interferem na coagulação são o pH, alcalinidade e destaca-se o tipo de coagulante utilizado. Atualmente os coagulantes mais utilizados são os inorgânicos como o Sulfato de alumínio, Cloreto férrico, Sulfato ferroso clorado, entre outros e os coagulantes orgânicos mais utilizados são a Quitosana, Moringa oleífera, Taninos vegetais, entre outros (JÚNIOR; ABREU, 2018).

A coagulação é uma reação física e química que ocorre entre a alcalinidade da água e o coagulante adicionado à água, o que resulta na formação de flocos insolúveis. (MANDA et al., 2016). Em geral, os coagulantes naturais apresentam um risco mínimo para a saúde dos organismos vivos e são altamente biodegradáveis quando comparados aos coagulantes inorgânicos (SANTOS et al., 2018).

O sulfato de alumínio é o coagulante mais utilizado no mundo para o tratamento de água, os coagulantes químicos utilizados no tratamento de água resultam na produção de lodo conhecido como lodo de tratamento de água, este lodo apresenta dificuldades no

manuseio e descarte pois contém resíduos do coagulante, que podem ter potencial poluidor (AHMAD et al., 2016).

Um grande problema no tratamento de água utilizando coagulantes químicos, é o fato de que o coagulante precipita junto com as partículas formando o lodo de fundo, necessitando assim uma destinação ao final do processo, geralmente aterros sanitários, dado que não é possível separar o coagulante do lodo depois da coagulação, logo torna-se um resíduo sem uso posterior. Sob este contexto, este estudo busca investigar o coagulante natural a pectina extraída de Pomelo *citrus maxima*, a fim de verificar sua potencialidade para o tratamento de águas superficiais quanto a remoção de contaminantes, bem como, sem que o lodo formado ao final do processo se torne um problema futuro quanto a seu descarte.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho teve como objetivo utilizar a pectina extraída da casca de Pomelo *citrus maxima* para aplicação como coagulante em tratamento de água superficial.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Extrair a pectina do albedo e do flavedo do Pomelo *citrus maxima*;
- Determinar o rendimento da pectina extraída da casca do Pomelo *citrus maxima*;
- Determinar a interferência das variáveis, concentração de pectina e pH no processo de coagulação, utilizando a pectina extraída e pectina comercial;
- Comparar o desempenho das pectinas (extraída e comercial) na remoção dos contaminantes presentes na água.
- Avaliar a eficiência do processo de coagulação utilizando a pectina extraída e comercial;

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos realizados no presente trabalho foram feitos utilizando as dependências dos Laboratórios de Efluentes e Resíduos da Universidade Federal da Fronteira Sul, bem como a Central Analítica do Campus Erechim, RS.

3.1 ORIGEM DA MATÉRIA PRIMA

Os Pomelos (*Citrus maxima*), utilizados neste trabalho para a retirada do albedo, foram adquiridos de um produtor rural do município de Aratiba. Os mesmos estavam em ótimas condições com padrão de consumo humano. Os Pomelos foram descascados, postos em secagem em estufa com ventilação (50°C), até que ficassem desidratados (48 horas) e fosse possível fazer a trituração e assim se obter um pó homogêneo.

3.2 ORIGEM E CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

Amostras de águas superficiais foram coletadas no açude da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS do Campus de Erechim. Estas amostras foram armazenadas e levadas para o laboratório para os testes de uso dos coagulantes.

3.3 EXTRAÇÃO DA PECTINA

Embora os ácidos minerais fortes sejam mais baratos e mais eficazes que os ácidos orgânicos para extrair a pectina, os ácidos orgânicos parecem ser mais interessantes do ponto de vista ambiental. Os ácidos orgânicos têm uma capacidade de hidrólise mais baixa do que os ácidos minerais (devido à sua menor constante de dissociação) e, portanto, espera-se que causem menos despolimerização das pectinas (MARIÉ et al., 2018), assim justifica-se o uso do ácido cítrico no processo de extração da pectina.

A metodologia para a extração da pectina foi adaptada dos seguintes autores: Zanella (2013), McCready e McComb (1952) e por Kratchanova, Panchev et al. (1994). Pesou-se aproximadamente 10,0 g de amostra (albedo e flavedo desidratados provindos da secagem) em balança analítica (AUY 220D, Shimadzu), que foram depositadas em Erlenmeyer com capacidade 2000 mL. O volume de água destilada necessário, 1:70 (m/v),

foi adicionado ao frasco, sendo o pH da mistura ajustado para 2,5 através da adição de ácido cítrico (99,5%).

A mistura acidificada foi então posta sob agitação (utilizando barra magnética) no agitador magnético com aquecimento (MS-H-S, CienlaB), mantendo-se a temperatura em aproximadamente 75 °C com velocidade de agitação em torno de 650 rpm. Após 120 minutos a extração foi considerada concluída e procedeu-se a etapa de purificação do extrato para obtenção da pectina, descrita a seguir.

O extrato, ainda quente, foi submetido ao processo de centrifugação durante 4 minutos a 5.000 rpm para a separação dos resíduos e do extrato clarificado (sobrenadante), o qual foi depositado em uma proveta para medição volumétrica. Este sobrenadante foi despejado em um Becker de 2000 mL, e posto sob agitação (utilizando barra magnética) no agitador magnético (MS-H-S, CienlaB).

O próximo passo consistiu na adição, por gotejamento, de etanol (95%) na razão de 1:1,1 (v/v). Ao término da adição do etanol, a mistura ficou em repouso por 24 horas na geladeira com temperatura de 15°C, para assegurar a separação da pectina e do etanol. A pectina foi separada por filtração com bomba a vácuo, utilizando papel filtro quantitativo (JP40, J.Prolab), após a filtração a pectina precipitada foi lavada com acetona e levada a estufa de ar forçado (Ethiktechnology) a 50 °C para a secagem até peso constante.

3.4 RENDIMENTO DA PECTINA

A pectina é um polissacarídeo composta por unidades de ácidos galacturônicos parcialmente esterificados com grupos metoxilícos, unidos por ligações glicosídicas α -1,4 em uma longa cadeia molecular. As pectinas compõem um grupo de substâncias denominadas de substâncias pécticas, as quais também incluem o ácido péctico, ácido péctínico e protopectina (COELHO, 2008).

A determinação da pectina pode ser feita a partir do rendimento da extração conforme a Equação 1.

$$\text{Rendimento \%} = \frac{\text{Massa da pectina extraída seca (g)} \cdot 100}{\text{Massa da casca de citrus (g)}} \quad \text{Eq. (1)}$$

Após o processo de extração foi feita a caracterização da amostra de pectina com Espectroscopia por Infravermelho no laboratório da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS.

3.5 PECTINA COMERCIAL

Foi adquirido uma pectina comercial (marca INLAB-Confiança) para fazer uma comparação com a pectina extraída no laboratório, a fim de verificar o desempenho da pectina obtida do Pomelo. A Tabela 1 a seguir demonstra os dados da pectina comercial.

Tabela 1 – Características da pectina comercial

Nome	Pectina Cítrica
CAS	9000-69-5
Estrutura Química	Peso molecular (60'000-90'000 g.mol ⁻¹). Cadeias laterais curtas. Contém terpenos, menos flavonoides e hemicellulose se comparada a de maçã
Aparência	Coloração mais clara, bege para branco.
Reatividade	Mais reativo ao cálcio, parcialmente, espumante.
Textura	Géis mais firmes e elásticos
Flavour	Neutro a amargo

Fonte: Adaptada da revista FOOD INGREDIENTS BRASIL (2014).

3.6 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO QUÍMICA DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

Para obter a caracterização da água do açude da Universidade, foram feitas as análises físico-químicas, que estão descritas na Tabela 2 a seguir:

Tabela 2 – Parâmetros físico-químicos analisados no trabalho com suas respectivas metodologias

Parâmetros	Unidade	Metodologia de análise	Equipamento
Condutividade	$\mu\text{s.cm}^{-1}$	-	Condutivímetro Digimed DM – 32
Cor	mg Pt.L^{-1}	2120 C. Spectrophotometric Method*	Spectrophotometer Model Nova 1600 UV
Carbono Orgânico Total (COT)	mg.L^{-1}	COT	Analisador de Carbono e Nitrogênio Orgânico Total - TOC-L
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	$\text{mgO}_2.\text{L}^{-1}$	5220 D. Refluxo Fechado*	Spectrophotometer Model Nova 1600 UV
Nitrogênio Total (NT)	mg.L^{-1}	NT	Analisador de Carbono e Nitrogênio Orgânico Total - TOC-L
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg.L^{-1}	Oxímetro digital	AKSO LineLab
Potencial Hidrogeniônico	-	4500 B. Potenciométrico*	Phgâmetro
Sólidos Totais	mg.L^{-1}	2540 D. Gravimétrico*	Estufa
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	Termômetro de mercúrio	-
Turbidez	UNT	2130 B. Nephelometric Method*	Spectrophotometer Model Nova 1600 UV

* Metodologia segundo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2005.

Fonte: Autora (2019).

3.6.1 Condutividade

A condutividade elétrica ou condutância específica indica a capacidade da água transmitir corrente elétrica devido a presença de substâncias dissolvidas que se dissociam

em ânions e cátions (LIBÂNIO, 2016). A condutividade elétrica depende da quantidade de sais dissolvidos na água e permite estimar a quantidade de sólidos totais dissolvidos presente na água (BERNARDO; DANTAS, 2005).

3.6.2 Cor

A cor da água é produzida pela reflexão da luz em partículas denominadas coloides, estes estão dispersos na água e tem sua origem predominantemente orgânica e se relaciona com a quantidade de carbono orgânico presente na água (LIBÂNIO, 2016). A cor pode ser de origem natural pela decomposição da matéria orgânica (ácidos húmicos e fúlvicos). É importante que seja diferenciada a cor aparente (medida sem a remoção de partículas suspensas da água) da cor verdadeira (após a filtração ou centrifugação para a remoção de partículas presentes na água). (BERNARDO; DANTAS, 2005; VON SPERLING, 2005). É estabelecido pela Portaria nº 2914/2011 que para a cor são permitidas no máximo 15uH (Unidade Hazen).

3.6.3 Carbono Orgânico Total (COT)

É um dos indicadores da concentração de matéria orgânica nas águas o carbono orgânico total divide-se em frações referentes as partes da matéria dissolvida e particulada (VON SPERLING, 2007). Os compostos orgânicos podem ser substâncias orgânicas naturais como as substâncias húmicas, microrganismos e hidrocarbonetos aromáticos. A medida do Carbono orgânico total proporciona uma ideia da composição orgânica global da água (BERNARDO; DANTAS, 2005).

3.6.4 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) corresponde a quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente uma respectiva substância (DEZOTTI, 2008). A DQO é usada como uma medida de oxigênio equivalente ao necessário para oxidar compostos orgânicos e inorgânicos contidos numa amostra usando um agente oxidante, usado para medir de maneira indireta o conteúdo de matéria orgânica de amostras líquidas (SABESP, 1997).

3.6.5 Nitrogênio Total

Em um corpo d'água a determinação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio de poluição. O nitrogênio se alterna entre diversas formas e estados de oxidação como nitrogênio molecular, orgânico, amônia, nitrito e nitrato (VON SPERLING, 2007). As fontes de nitrogênio para os corpos d'água são variadas, sendo uma das principais o lançamento de esgotos sanitários e efluentes industriais. Em áreas agrícolas, o escoamento da água das chuvas em solos que receberam fertilizantes também é uma fonte de nitrogênio (ANA, 2005).

3.6.6 Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido (OD) é de essencial importância para os organismos aeróbios. Durante o consumo da matéria orgânica as bactérias fazem o uso do oxigênio nos seus processos respiratórios e com isso pode vir a causar a diminuição da concentração do mesmo. É principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos (VON SPERLING, 2007).

3.6.7 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Representa a concentração de íons hidrogênio presente no meio em análise, dando uma indicação sobre acidez, neutralidade ou alcalinidade do meio. É um parâmetro de caracterização de águas de abastecimento bruta e tratadas (VON SPERLING, 2007). Pode ser de origem natural da dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica (VON SPERLING, 2005). Nos sistemas de abastecimento águas com baixos valores de pH tendem a ser corrosivas e águas com altos valores de pH tendem a formar incrustações na tubulação (BERNARDO; DANTAS, 2005).

3.6.8 Sólidos Totais

Todos os contaminantes da água contribuem para a carga de sólidos e podem ser classificados de acordo com suas características físicas (suspensão, coloidais e dissolvidos) e químicas (orgânicos e inorgânicos) (VON SPERLING, 2005). Os sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo na cápsula após a

total secagem de um determinado volume de amostra (SABESP, 1999; ANA, 2005). É estabelecido pela Portaria nº 2914/2011 que a concentração máxima permitida de sólidos na água é 1000mg/L.

3.6.9 Temperatura

É a medição da intensidade de calor que pode ser transferido por radiação, condução ou convecção. Deve ser analisada em conjunto com outros parâmetros, como por exemplo o Oxigênio Dissolvido (VON SPERLING, 2005). Variações de temperatura são parte do regime climático normal, e corpos d'água naturais apresentam variações sazonais e diurnas de temperatura. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade (ANA, 2005).

3.6.10 Turbidez

É um parâmetro de monitoramento de afluentes em todo o planeta devido pela sua facilidade, baixo custo e simplicidade de determinação. É uma característica física e pode ser medida pela passagem de um feixe de luz através de uma amostra que resulta em um valor determinado por Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT) (LIBÂNIO, 2016). A turbidez em águas é devida a presença de partículas em suspensão e em estado coloidal, quando a mesma é de origem natural é causada principalmente por partículas de silte, argila e microrganismos (BERNARDO; DANTAS, 2005; VON SPERLING, 2005). É estabelecido pela Portaria nº 2914/2011 que a concentração máxima permitida de turbidez na água é 1 UNT.

3.7 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL DA APLICAÇÃO DA PECTINA

Para a avaliação dos testes com o coagulante natural da pectina extraída (PE) e da pectina comercial (PC), foi realizado um delineamento de composto central (2^2) com triplicata no ponto central. As variáveis testadas para ambas as pectinas nesta etapa do estudo foram a variação da concentração de pectina e a variação do pH, conforme mostra a Tabela 3.

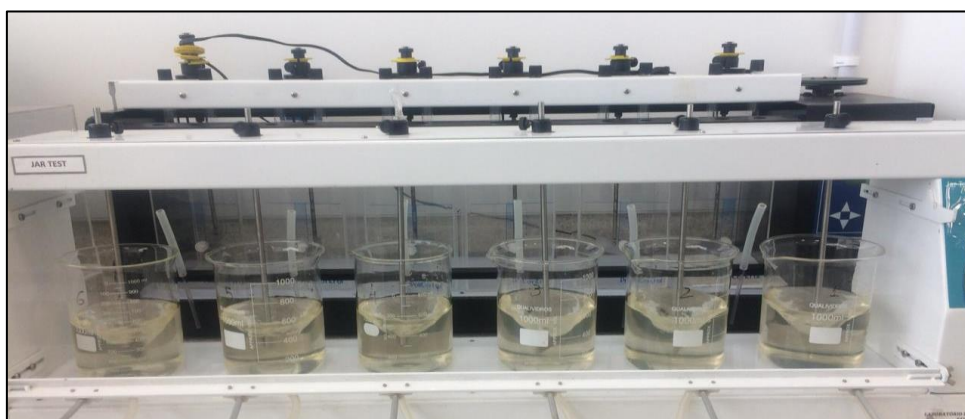
Tabela 3 – Planejamento experimental com os ensaios realizados para a pectina extraída e pectina comercial

Ensaio	Concentração de pectina (mgL ⁻¹)	Variação do pH
1	0.003 (-1)	3 (-1)
2	0.009 (+1)	3 (-1)
3	0.003 (-1)	5 (+1)
4	0.009 (+1)	5 (+1)
5	0.006 (0)	4 (0)
6	0.006 (0)	4 (0)
7	0.006 (0)	4 (0)

Fonte: Autora (2019).

A Figura 3 mostra o equipamento Jar-Test utilizado na realização dos ensaios, o mesmo foi configurado para funcionar sob agitação em tempos de 5 minutos e 200 rpm, passando por um segundo estágio de 30 minutos a 40 rpm. Depois deste tempo o equipamento desligava-se automaticamente. Os ensaios feitos no Jar-Teste foram utilizados para simular a calha Parshall no ponto de mistura do coagulante com a água a ser tratada.

Figura 3 – Equipamento Jar-Test



Fonte: Autora (2019).

3.8 RESPOSTAS AVALIADAS ANTES E APÓS O PROCESSO DE COAGULAÇÃO

Para a caracterização da água antes e após a coagulação utilizando as pectinas (PE e PC), foram determinados os seguintes parâmetros: Condutividade, Carbono orgânico total, Nitrogênio Total, Oxigênio dissolvido, pH e Sólidos totais. Sendo para Cor, Turbidez, DQO, COT e NT, foi construída curvas padrões para a determinação da concentração obtida nas análises.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 EXTRAÇÃO DA PECTINA

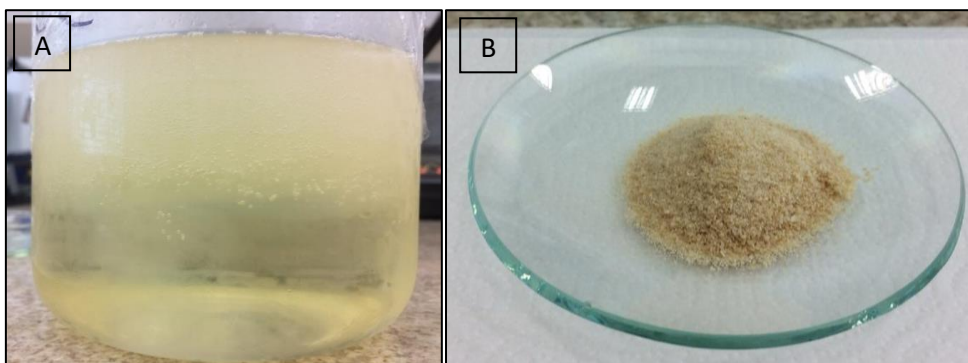
O processo de extração da pectina que foi realizado a partir do Pomelos como demonstrado na Figura 4, vale destacar que somente o albedo (camada branca) foi utilizado. Após a extração obteve-se a pectina na forma de gel e após a secagem e trituração obteve-se a pectina na forma de pó conforme a Figura 5.

Figura 4 - Pomelo *Citrus maxima* demonstrando a camada de albedo (camada branca).



Fonte: Autora (2019).

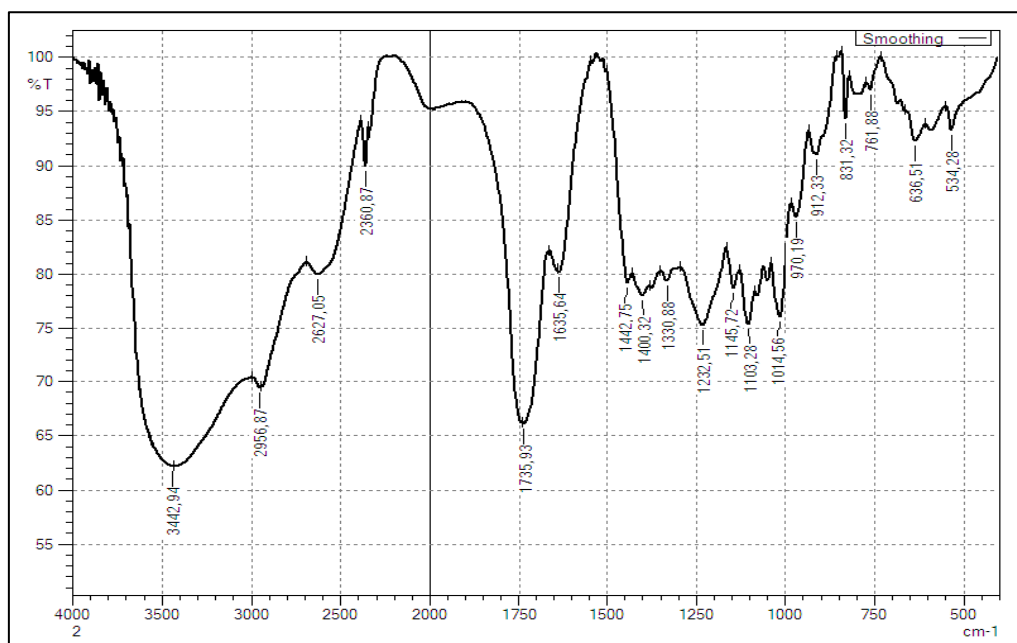
Figura 5 - Pectina em gel (A) e pectina em pó (B).



Fonte: Autora (2019).

Através da Eq. 1 apresentada no item material e métodos foi possível quantificar o rendimento obtido no processo de extração. O rendimento da pectina obtida a partir da extração do Pomelo foi cerca de 24% e este valor encontra-se dentro dos valores observados na literatura, sendo similares aos relatados por Methacanon et al. (2014), que encontrou resultados de extração da pectina da casca do Pomelo de 8% a 24%, já Kebaili et al. (2018) obtiveram resultados de extração da pectina da casca da laranja na ordem de 16% e Munhoz (2008) encontrou valores de 7% a 13% de extração de pectina da casca de goiaba. Assim os resultados obtidos mostram que o método de extração da pectina utilizado neste trabalho foi efetivo na obtenção deste coagulante.

Para a caracterização da pectina foi utilizado o método de Espectroscopia por Infravermelho com Transformada de Fourier com pastilha na faixa de $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$, a fim de se observar os grupos funcionais que estão presentes na pectina. Os resultados da espectroscopia foram comparados aos de Saberian et al. (2017), Kebaili et al. (2018) e Silverstein et al. (2015). Neste estudo foi possível observar a presença do grupo hidroxilco OH ($3442,94\text{ cm}^{-1}$) que também encontraram grupos hidroxila na faixa de $3200\text{-}3500\text{ cm}^{-1}$ quando analisaram amostras de pectina da casca da laranja. O pico em $2956,87\text{ cm}^{-1}$ sugere a presença de grupo do orgânicos alifáticos (C-H), os mesmos geralmente se encontram na faixa de $2800\text{-}3000\text{ cm}^{-1}$, já pico em $1735,93\text{ cm}^{-1}$ é gerado por grupos carbometoxi, o pico de $1635,64\text{ cm}^{-1}$ se refere ao íon carboxilato, pois o mesmo se encontra na banda de $1550\text{-}1650\text{ cm}^{-1}$. A faixa que corresponde as substâncias pécticas é entre $900\text{-}1300\text{ cm}^{-1}$ onde observam-se as ligações de polissacarídeos, mais especificamente entre $1000\text{-}1150\text{ cm}^{-1}$ onde temos as ligações glicosídicas entre as unidades de açúcares conforme a Figura 6.

Figura 6 – Espectroscopia por Infravermelho com Transformada de Fourier.

Fonte: Autora (2019).

4.2 PARÂMETROS FÍSICO QUÍMICOS

4.2.1 Caracterização da água

A Tabela 4 apresenta os parâmetros iniciais da caracterização da água bruta sem a adição da pectina.

Tabela 4 – Caracterização das águas superficiais obtidas no açude

Caracterização da água bruta	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
pH	6,80	7,90	7,40	6,84	6,84
Condutividade ($\mu\text{s}.\text{cm}^{-1}$)	41,03	40,47	49,20	383,20	383,20
Oxigênio Dissolvido ($\text{mg}.\text{L}^{-1}$)	6,80	3,84	5,50	5,12	5,12
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	23,20	22,80	22,00	16,50	16,50
Sólidos Totais ($\text{mg}.\text{L}^{-1}$)	39,33	0,61	0,29	0,14	0,14
Cor ($\text{mg Pt}.\text{L}^{-1}$)	30,30	50,30	56,97	76,97	76,97
Turbidez (UNT)	11,09	12,00	13,82	18,36	18,36
Demanda Química de Oxigênio ($\text{mg O}_2.\text{L}^{-1}$)	12,88	6,37	2,04	6,37	6,37
Carbono Orgânico Total ($\text{mg}.\text{L}^{-1}$)	4,59	4,50	4,69	*	*
Nitrogênio Total ($\text{mg}.\text{L}^{-1}$)	0,33	0,43	0,39	*	*

* Não foram repetidas as análises de COT e NT pois nas amostras anteriores obtiveram-se valores muito baixos. Fonte: Autora (2019).

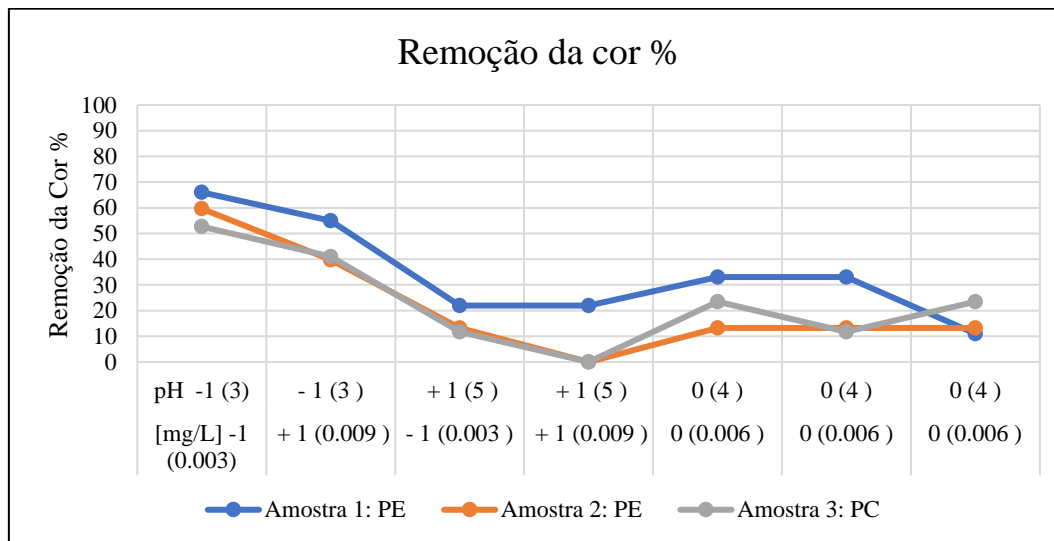
Conforme a Tabela 4 foram realizadas 5 coletas de água no total para posterior realização dos ensaios do planejamento. As amostras de água coletadas 1 e 2 receberam a adição da pectina extraída (PE), porém realizados em datas diferentes. A amostra de água 3 a adição da pectina comercial (PC).

Para a ampliação do estudo de pH foram utilizadas as amostras de água 4 e 5, sendo que a amostra 4 foi utilizada nos ensaios com a pectina extraída e a amostra 5 foram realizados os estudos com a pectina comercial.

A eficiência do efeito coagulante da pectina extraída do Pomelo foi testada variando o pH da amostra de 3 a 5, já para a concentração de pectina variou-se de 0,0015 mg a 0,0045 mg em soluções de 500 mL e avaliou-se a remoção da turbidez e cor após o tempo de estabilização de 1 hora e 30 minutos. As Figuras 7 e 8 demonstram os resultados obtidos na remoção de cor e turbidez nas amostras de água.

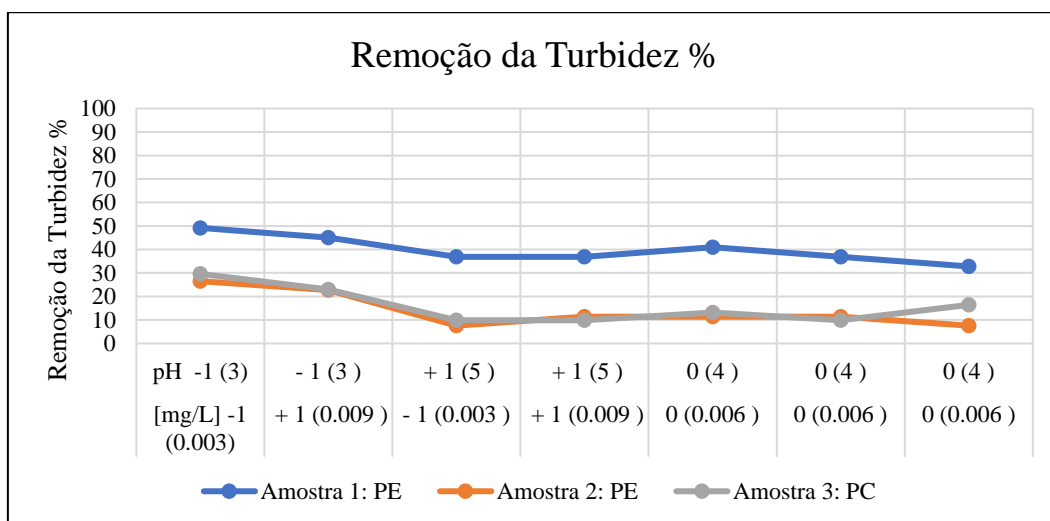
Os melhores resultados de remoção de cor e turbidez são observados em pH próximo a 3, onde o parâmetro cor apresentou remoção em torno de 60% para todos os ensaios com concentração de 0,0015 mgL⁻¹ de pectina (PE e PC).

Figura 7 – Remoção da Cor com Pectina Extraída (PE) e Pectina Comercial (PC)



Fonte: Autora (2019).

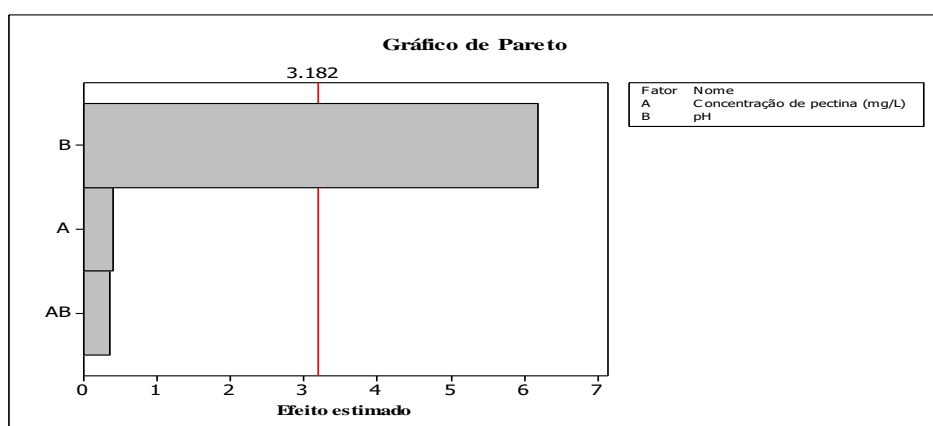
Já a turbidez, no pH 3 os resultados de remoção diferem entre si de 49% para o ensaio 1 e 26% no ensaio 2 ambos com pectina extraída. Com a pectina comercial obteve-se uma remoção de 29% para a turbidez no ensaio 3, sendo que no ensaio 1 obtiveram-se os melhores resultados em função da presença de maior quantidade de sólidos suspensos na amostra.

Figura 8 – Remoção da Turbidez com Pectina Extraída (PE) e Pectina Comercial (PC)

Fonte: Autora (2019).

Kebaili et al. (2018) testaram a pectina extraída da casca da laranja em solução de bentonite sintética em pH 3, estes obtiveram resultados de 99,6% da taxa de redução da turbidez que passou de 500 NTU para 1.89 NTU. Alves et al. (2014) encontraram resultados em torno de 76% para a remoção da turbidez de 381 NTU para 87,9 NTU e 41% para a remoção da cor aparente de 1719 us/cm² para 998 us/cm² com pectina extraída da casca do maracujá aplicada no tratamento de esgoto bruto. Comparativamente, os resultados obtidos no presente estudo apresentam níveis interessantes de remoção, uma vez que as concentrações de uso são inferiores as utilizadas nos trabalhos aqui apresentados, que trataram amostras de águas sintéticas com alta concentração de turbidez o que facilita o processo de coagulação e posterior sedimentação, diferentemente do que foi usado neste estudo onde se trabalhou com águas superficiais reais.

As Figuras 9 e 10 apresentam os gráficos de Pareto, que mostraram que a variação do pH interfere nos resultados de remoção para a Cor e a Turbidez, sendo que a variação da concentração de pectina foi a variável que não apresentou efeito sobre remoção. Também foi possível verificar que não houve interação entre as variáveis concentração de pectina e pH, sendo os resultados não significantes, assim é possível usar a menor concentração de pectina sem que se comprometa os resultados de remoção.

Figura 9 – Pareto do Ensaio 3 para a remoção de turbidez com a pectina comercial (PC)

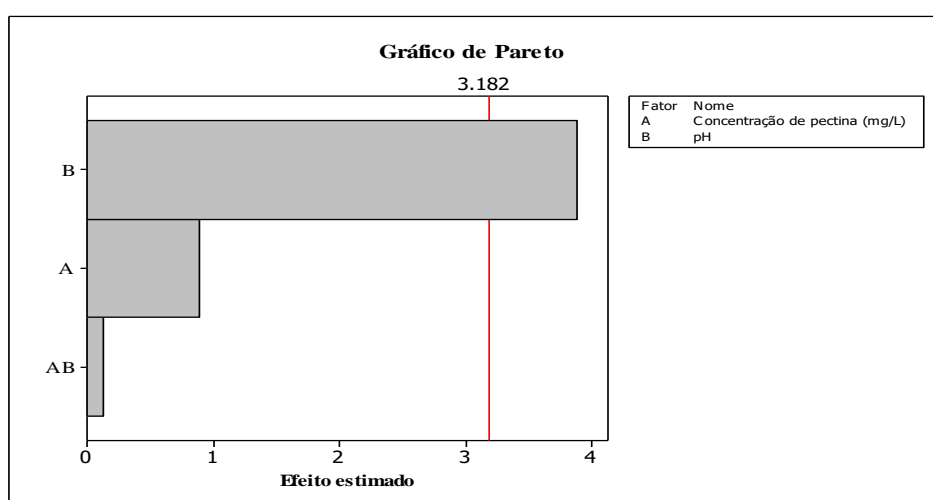
Fonte: Autora (2019).

A Tabela 5 mostra os resultados da análise da variância para a remoção da turbidez utilizando a pectina comercial (PC), onde obteve-se um coeficiente de determinação R^2 de 0,8614. O valor de p foi menor que 0,05 o que indica que o pH é significativo e o erro nas análises está dentro do padrão aceitável estatisticamente.

Tabela 5 – Análise da Variância (ANOVA) para a remoção da turbidez para o Ensaio 3

	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	Valor p
Principais efeitos	2	290,821	145,411	0,026
Interações	1	5,146	5,146	
Erro	3	49,293	16,431	
Total	6	355,535		

Fonte: Autora (2019).

Figura 10 – Pareto do Ensaio 1 para a remoção de Cor com pectina extraída (PE)

Fonte: Autora (2019).

A Tabela 6 mostra a análise da variância para a remoção da cor do ensaio 1 com a pectina extraída (PE) com um coeficiente de determinação de R^2 de 0,8436 e valor p menor que 0,05 indicando que o pH é um parâmetro significativo estatisticamente.

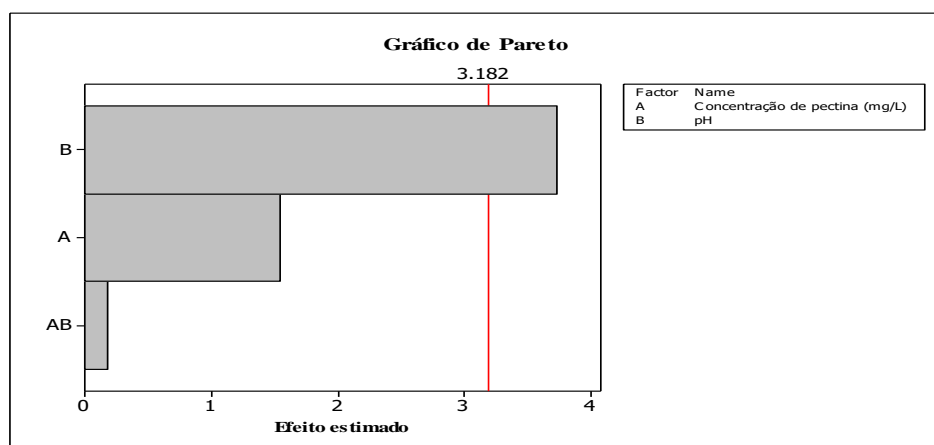
Tabela 6 - Análise da Variância (ANOVA) para a remoção da cor para o Ensaio 1

	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	Valor p
Principais efeitos	2	1923,16	958,390	0,030
Interações	1	2,01	2,008	
Erro	3	357,00	118,999	
Total	6	2282,17		

Fonte: Autora (2019).

As Figuras 11 e 12 trazem os resultados de Pareto das análises que foram significativas, nos demais ensaios realizados.

Figura 11 – Pareto do Ensaio 2 para a remoção de Cor com pectina extraída (PE)



Fonte: Autora (2019).

A Tabela 7 traz a análise da variância da remoção da cor para o ensaio 2 com a pectina extraída (PE), onde obteve-se um R^2 de 0,8433, demonstrando que a variabilidade das respostas foram explicadas pelo modelo, e que o valor p é menor que 0,05 o que indica que o pH foi significativo na remoção da cor nas amostras.

Tabela 7 - Análise da Variância (ANOVA) da remoção da cor para o Ensaio 2

	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	Valor p
Principais efeitos	2	2122,56	1058,15	0,033
Interações	1	4,14	4,14	
Erro	3	395,33	131,78	
Total	6	2522,03		

Fonte: Autora (2019).

Figura 12 – Pareto para o Ensaio 3 de remoção de cor para a pectina comercial (PC)

Fonte: Autora (2019).

A Tabela 8 apresenta a análise da variância na remoção da cor para o Ensaio 3 com a pectina comercial (PC) e apresenta 0,9383 dos resultados correlacionados ao modelo e teve a melhor resposta do valor p sendo ele 0,007 para o pH.

Tabela 8 - Análise da Variância (ANOVA) para a remoção da cor para o Ensaio 3

	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	Valor p
Principais efeitos	2	1858,54	929,513	0,007
Interações	1	4,76	4,760	
Erro	3	122,54	40,847	
Total	6	1985,84		

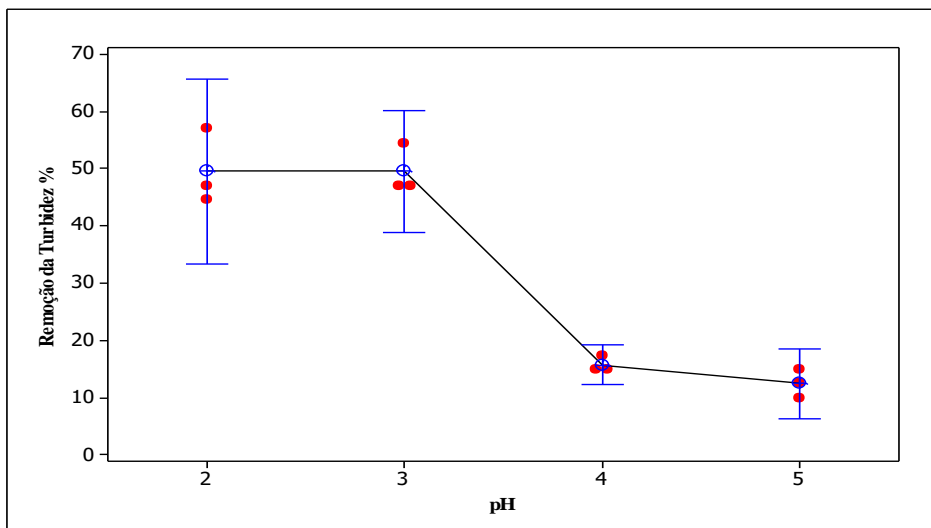
Fonte: Autora (2019).

Como visto nos gráficos de Pareto, o pH foi significativo em todos os ensaios tanto com a pectina extraída (PE), quanto com a comercial (PC), sendo assim decidiu-se investigar de forma mais específica o efeito desta variável, assim realizou-se novos testes

em triplicata variando o pH de 2 a 5 fixando-se a concentração de pectina em $0,003 \text{ mgL}^{-1}$. Como resposta obteve-se as Figuras 13 e 14 para a remoção da turbidez e as Figuras 15 e 16 para a remoção da cor.

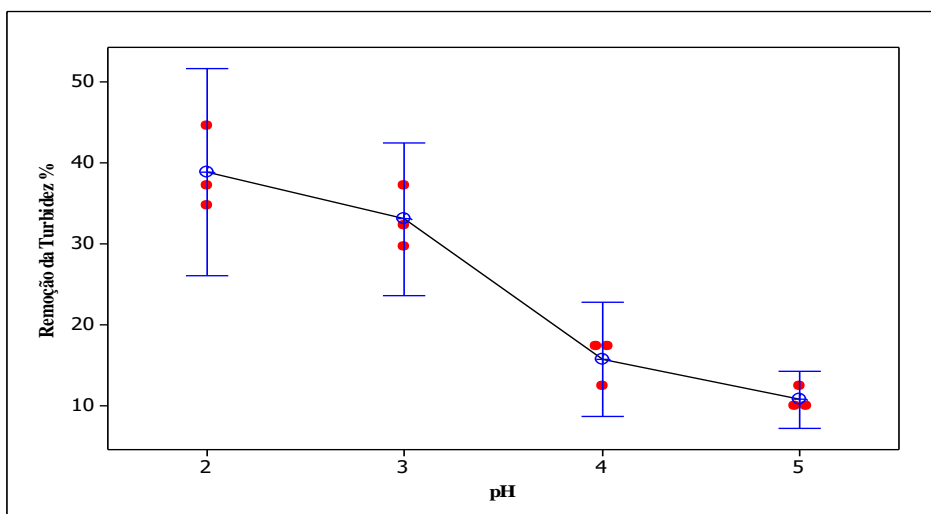
Os resultados mostraram que em pH 2 e pH 3 obteve-se os melhores resultados para a remoção da turbidez e da cor tanto para a pectina extraída (PE), quanto para a pectina comercial (PC). Porém há uma variância significativa na remoção da turbidez e cor quando passamos do pH 3 para o pH 4 os valores diminuem consideravelmente para todos os ensaios, isso se deve ao fato de que o ponto de carga zero pode estar situado no ponto de pH 3,5.

Figura 13 – Influência do pH na remoção da turbidez com a PE



Fonte: Autora (2019).

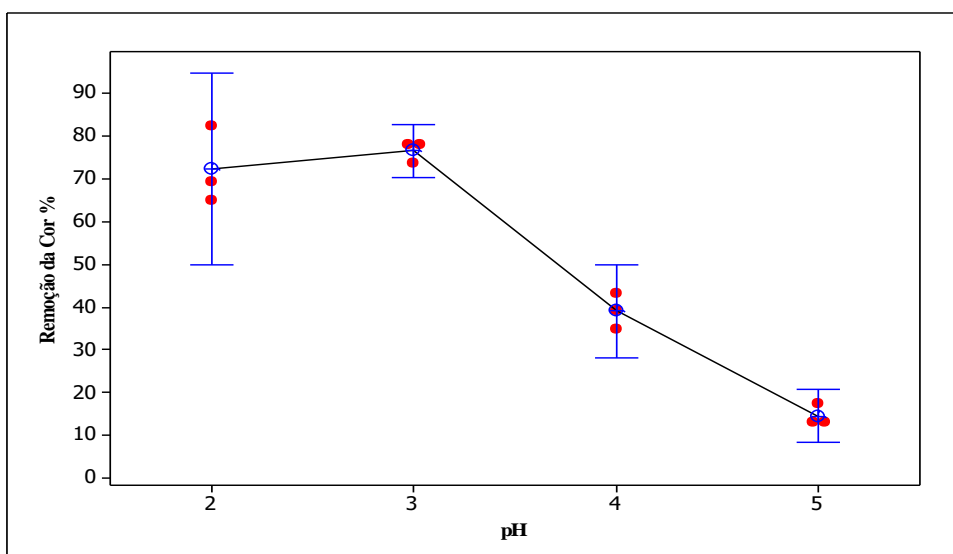
Figura 14 - Influência do pH na remoção da turbidez com a PC



Fonte: Autora (2019).

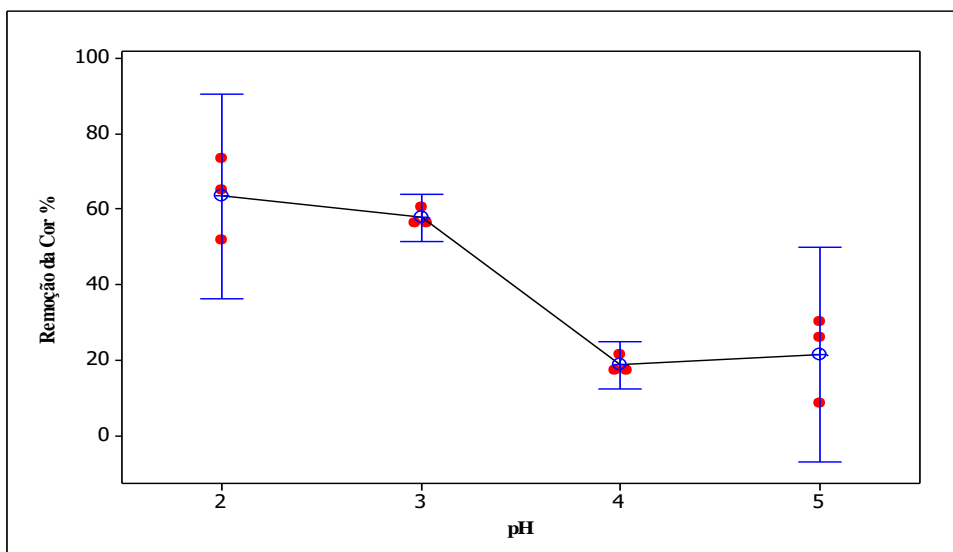
Kebaili et al. (2018) obteve o ponto de carga zero em pH 4,56 para um adsorvente com resíduo de laranja e Kakoi et al. (2016) encontraram ponto de carga zero em pH 4,8 para a medula de banana que é utilizada como um coagulante natural. Os valores de pH acima do ponto de carga zero são carregados negativamente, ou seja, vão se ligar a partículas carregadas positivamente. Para os valores de pH que estão abaixo do ponto de carga zero são carregados positivamente e vão interagir com maior facilidade a espécies negativas, entretanto não é possível afirmar, visto que não foi realizada esta análise neste estudo.

Figura 15 - Influência do pH na remoção da cor com PE



Fonte: Autora (2019).

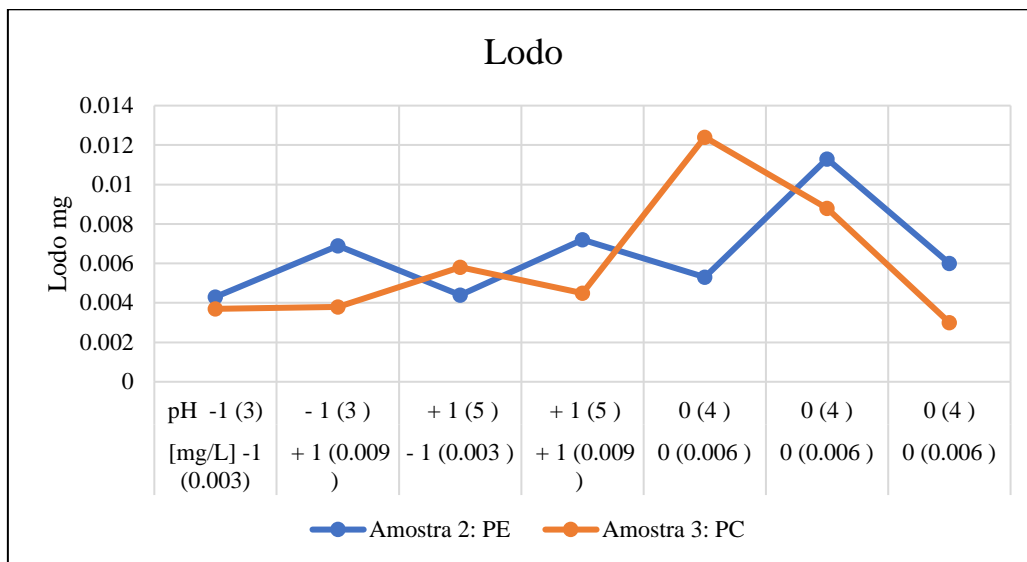
Figura 16 - Influência do pH na remoção da cor com a PC



Fonte: Autora (2019).

Outro parâmetro que foi analisado nos testes foi a quantidade de lodo gerada durante o processo, conforme a Figura 17, pode-se verificar que a quantidade de lodo gerada é baixa, este fato está ligado a baixa quantidade de sólidos presente nas águas superficiais estudadas e a baixa dosagem de massa de coagulante.

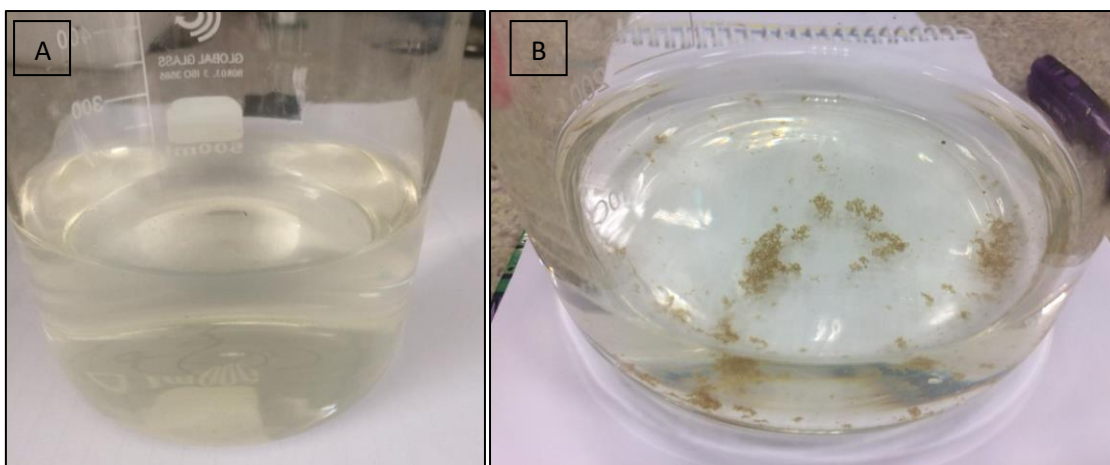
Figura 17 – Quantidade de lodo com Pectina Extraída (PE) e Pectina Comercial (PC)



Fonte: Autora (2019).

A Figura 18 mostra o lodo formado após o tratamento de coagulação da água do açude, utilizando a pectina comercial (PC), sendo possível verificar os flocos formados após o tratamento.

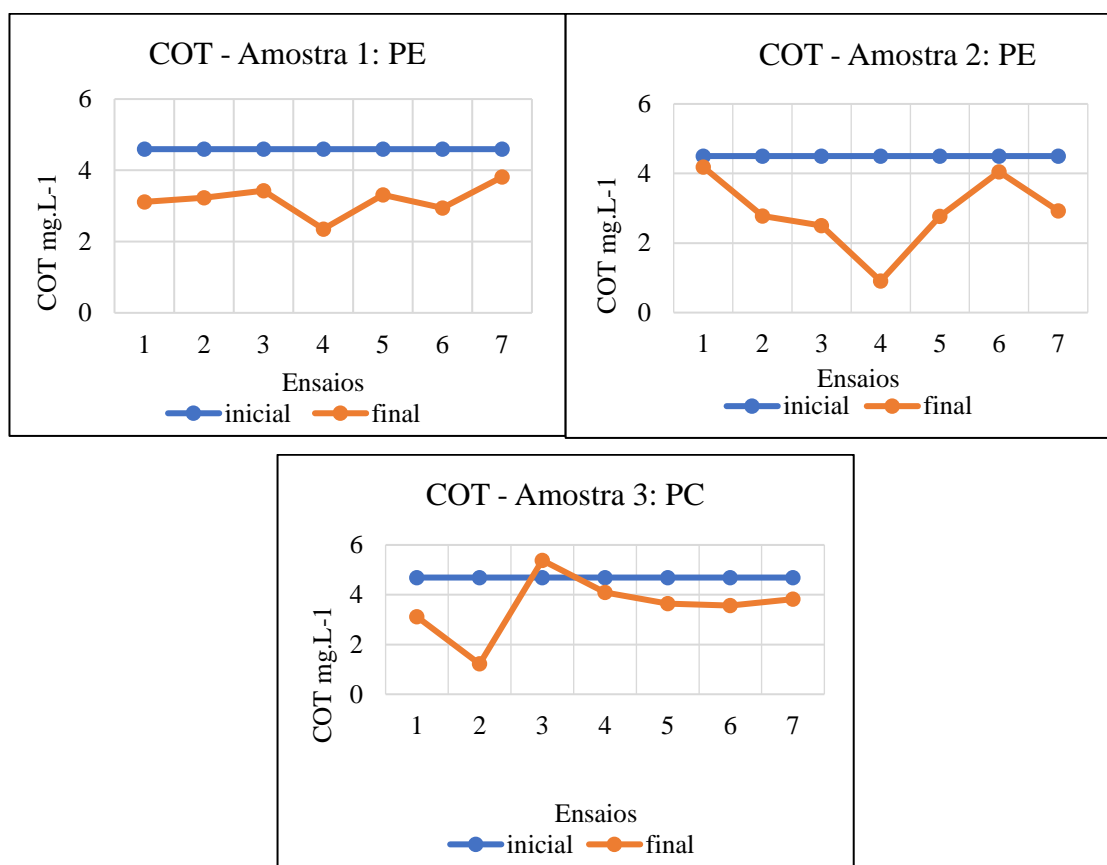
Figura 18 –Água antes da adição do coagulante (A); Flocos formados após a adição do coagulante (B)



Fonte: Autora (2019).

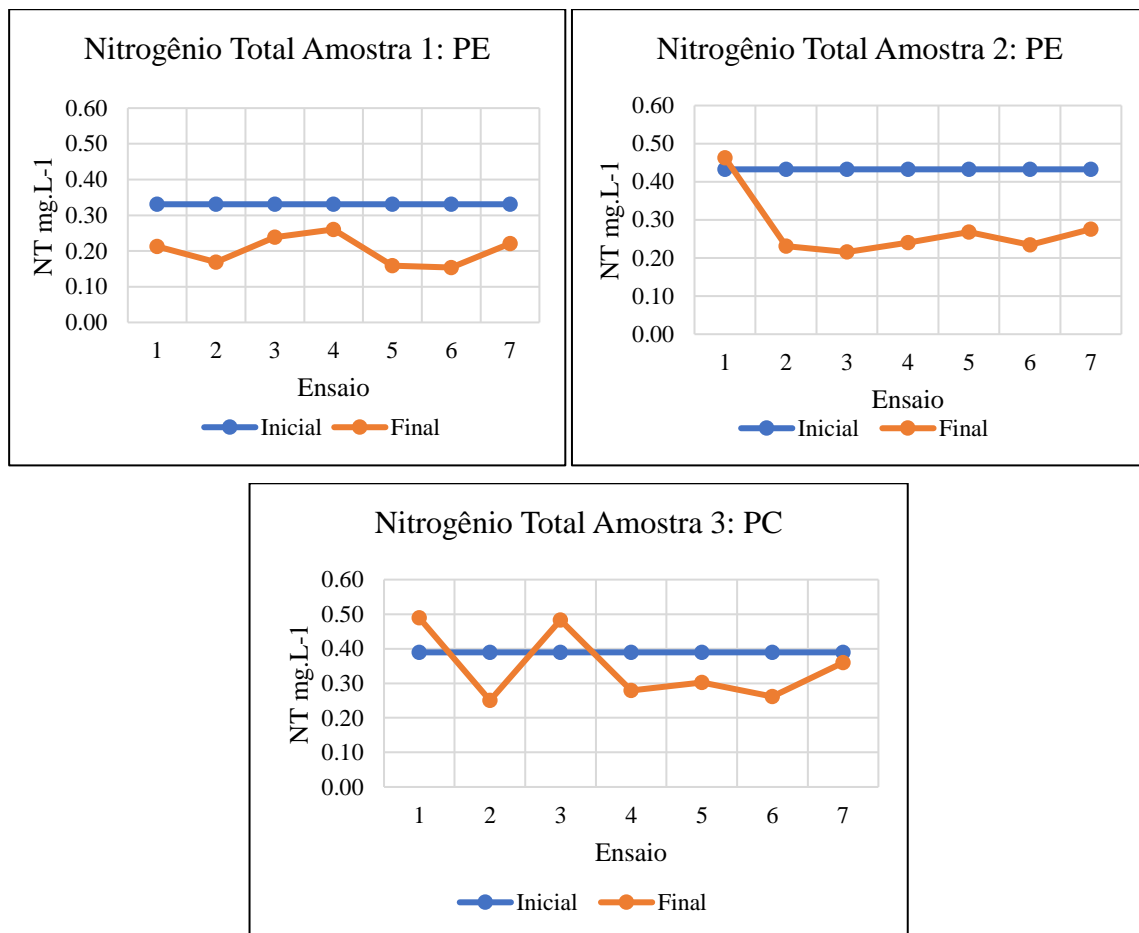
A Figura 19 mostra os resultados para o Carbono Orgânico Total (COT) nas amostras de água antes e após o tratamento de coagulação. Segundo Libânio (2016) em águas superficiais o teor de COT varia entre 1~20 mgL⁻¹. Os valores encontrados nas amostras estão entre 4,5 - 4,7 mgL⁻¹ para as amostras iniciais e diminuem após o tratamento, os resultados são baixos entre 0,91 e 4,19 mgL⁻¹, o que mostra que a água em análise apresenta baixa quantidade de matéria orgânica.

Figura 19 – Resultados do Carbono Orgânico Total (COT) com PE e PC



Fonte: Autora (2019).

Segundo a resolução 357 do CONAMA a quantidade de nitrogênio em águas de Classe 1, com o pH ≤ 7,5 é de 3,7 mgL⁻¹ e águas com 7,5 < pH ≤ 8 é de 2,0 mgL⁻¹. A Figura 20 apresenta os resultados para o Nitrogênio Total (NT) deste estudo, sendo que a água bruta obteve valores de 0,33 mgL⁻¹ até 0,43 mgL⁻¹ o que mostra que pelos valores de NT poderia caracterizar a água bruta como sendo de Classe 1, após o tratamento os valores de NT diminuem, mostrando que o processo de coagulação também foi efetivo na remoção deste parâmetro.

Figura 20 – Resultados do Nitrogênio Total (NT) com PE e PC

Fonte: Autora (2019).

5 CONCLUSÃO

Este trabalho apontou a possibilidade do uso de um subproduto da indústria de sucos, a casca do Pomelo sendo utilizada para extração de pectina, coagulante natural, agregando assim valor a este resíduo. Também foi comprovado a eficiência da pectina extraída quando aplicada ao tratamento de águas superficiais. Atualmente o uso de coagulantes químicos é mais difundido, porém a destinação do lodo de fundo para aterro é um custo que poderá ser evitado com o uso de coagulantes naturais.

Os melhores resultados para a remoção de cor e turbidez foram obtidos em pH ácido e com a menor concentração de pectina tanto a extraída quanto a comercial, sendo uma condição favorável a utilização da menor quantidade de massa do coagulante, pois terá um menor custo. Ainda são poucos os estudos com relação a coagulação com a pectina em águas superficiais brutas, pois os fatores de interferência nos resultados são maiores se comparado a testes em uma água sintética, onde tem-se o controle de agentes externos.

Foi possível observar através dos resultados que o processo de coagulação utilizando a pectina extraída teve um melhor desempenho se comparado a comercial, o que mostra o potencial do uso deste coagulante obtido a partir de um subproduto da indústria de sucos. Também verificou-se que as características da água a ser tratada interferem no desempenho do agente coagulante, sendo a concentração de sólidos presente na amostra a ser tratada é um parâmetro determinante na remoção dos contaminantes.

Assim, tanto a pectina extraída da casca do Pomelo, quanto a pectina comercial apresentaram resultados positivos como coagulante, o que demonstra potencial de uso nos processos de tratamento de água, causando uma diminuição nos riscos ambientais quanto ao descarte de lodo.

REFERÊNCIAS

ALVES, Paula de Sousa et al. **Avaliação da eficiência do uso de cascas de batata, de mandioca e de maracujá como coagulantes no tratamento de esgoto da ETE Recanto das Emas – DF**. V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Belo horizonte – MG. 2014.

AHMAD, Tarique et al. Characterization of water treatment sludge and its reuse as coagulant. **Journal Of Environmental Management**, v. 182, p.606-611, 2016.

ANA, Agência Nacional de Águas -. **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no BRASIL**. Brasília: Spr, 2005. 176 p.

APHA, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater** Publisher: American Public Health Association. 21th Edition, 2005.

BERNARDO, Luiz di; DANTAS, Angela di Bernardo. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2. ed. São Carlos: Rima, 2005. 792 p.

BRASIL. Portaria nº 36, de 19 de janeiro de 1990. Normas e o padrão de Potabilidade da Água destinada ao Consumo Humano, a serem observadas em todo o território nacional. . S. l., 19 jan. 1990

BRASIL. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. DOU, 12 dez. 2011.

BRASIL. Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. [s.l.], BR: S. Ed., 18 mar. 2005. Seção 053, p. 58-63.

CANTERI, Maria H. G. et al. Pectina: da matéria-prima ao produto final. **Polímeros**, v. 22, p.149-157, 2012.

COELHO, Miguel Telesca. **Pectina: Características e Aplicações em Alimentos**. 2008. 32 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Química de Alimentos, Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **NTS 004: DQO - Demanda Química de Oxigênio**. São Paulo: S. Ed., 1997. 8 p.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **013: SÓLIDOS**. São Paulo: Sabesp, 1999. 8 p.

DEZOTTI, Márcia. **Processos e Técnicas para o Controle Ambiental de Efluentes Líquidos**. Rio de Janeiro: E-papers, 2008. 360 p.

DICKINSON, Eric. Hydrocolloids acting as emulsifying agents – How do they do it? **Food Hydrocolloids**, v. 78, p.2-14, 2018.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. www.revista-fi.com, v. 29, 2014.

HOSSEINI, Seyed Saeid et al. Aqueous extraction of pectin from sour orange peel and its preliminary physicochemical properties. **International Journal Of Biological Macromolecules**, [s.l.], v. 82, p.920-926, 2016.

ÍTAVO, Luís Carlos Vinhas et al. Substituição da silagem de milho pela silagem do bagaço de laranja na alimentação de vacas leiteiras: Consumo, produção e qualidade do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 5, p.1498-1503, 2000.

KAKOI, Beatrice et al. Banana pith as a natural coagulant for polluted river water. **Ecological Engineering**, v. 95, p.699-705, 2016.

KEBAILI, Maya et al. Valorization of orange industry residues to form a natural coagulant and adsorbent. **Journal Of Industrial And Engineering Chemistry**, v. 64, p. 292-299, 2018.

LADANIYA, M. S. **Citrus Fruit: Biology, Technology and Evaluation**. 2008.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 4. ed. Campinas: Átomo, 2016. 638 p.

LIMA JÚNIOR, Raimundo N.; ABREU, Flávia O. M. da S.. Natural Products Used as Coagulants and Flocculants for Public Water Supply: A Review of Benefits and Potentialities. **Revista Virtual de Química**, v. 10, p. 709-735, 2018.

MANDA, Innocent K.m. et al. Comparative assessment of water treatment using polymeric and inorganic coagulants. **Physics And Chemistry Of The Earth, Parts A/b/c**, v. 93, p. 119-129, 2016.

MARIĆ, Mirela et al. An overview of the traditional and innovative approaches for pectin extraction from plant food wastes and by-products: Ultrasound-, microwaves-, and enzyme-assisted extraction. **Trends In Food Science & Technology**, v. 76, p. 28-37, 2018.

METHACANON, Pawadee et al. Pomelo (*Citrus maxima*) pectin: Effects of extraction parameters and its properties. **Food Hydrocolloids**, v. 35, p. 383-391, 2014.

MUNHOZ, Cláudia Leite. **Efeito das condições de extração sobre rendimento e características da pectina obtida de diferentes frações de goiaba CV Pedro Sato**. 2008. 57 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, UFG, 2008.

NEŁIĆ, Aleksandra et al. Pectin-based nanocomposite aerogels for potential insulated food packaging application. **Carbohydrate Polymers**, v. 195, p. 128-135, 2018.

OLADOJA, Nurudeen Abiola. Headway on natural polymeric coagulants in water and wastewater treatment operations. **Journal Of Water Process Engineering**, v. 6, p. 174-192, 2015.

REDA, Seme Youssef et al. Caracterização dos óleos das sementes de limão rosa (*Citrus limonia* Osbeck) e limão siciliano (*Citrus limon*), um resíduo agroindustrial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 672-676, 2005.

SABERIAN, Hamed et al. Optimization of pectin extraction from orange juice waste assisted by ohmic heating. **Chemical Engineering And Processing: Process Intensification**, v. 117, p. 154-161, 2017.

SANTOS, Jordana Dorca dos et al. Use of different coagulants for cassava processing wastewater treatment. **Journal Of Environmental Chemical Engineering**, v. 6, p. 1821-1827, 2018.

SILVERSTEIN, Robert M. et al. **Identificação Espectrométrica de Compostos Orgânicos**. 7 Ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2015. 490 p.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de água**. 3. ed. São Paulo: S. Ed., 2006. 643 p.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3 Ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452 p.

VON SPERLING, Marcos. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: Ufmg, 2007. 588 p.

www.fcfar.unesp.br/alimentos/bioquimica/introducao_carboidratos/polissacarideos.htm. Acessado em 2019.

ZANELLA, Karine. **Extração da pectina da casca da laranja-pera (*Citrus sinensis* L. Osbeck) com solução diluída de ácido cítrico**. 2013. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

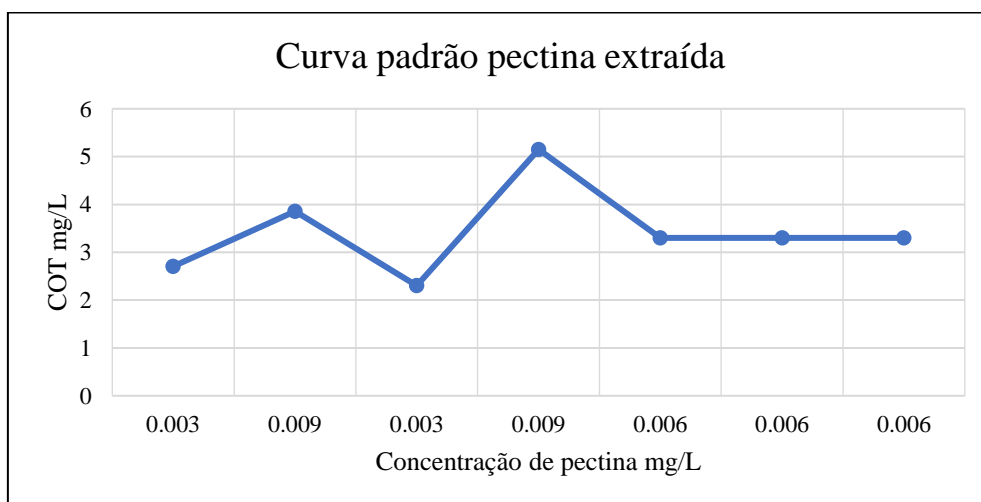
APÊNDICE A – CURVAS PADRÃO

CURVA PADRÃO DO COT

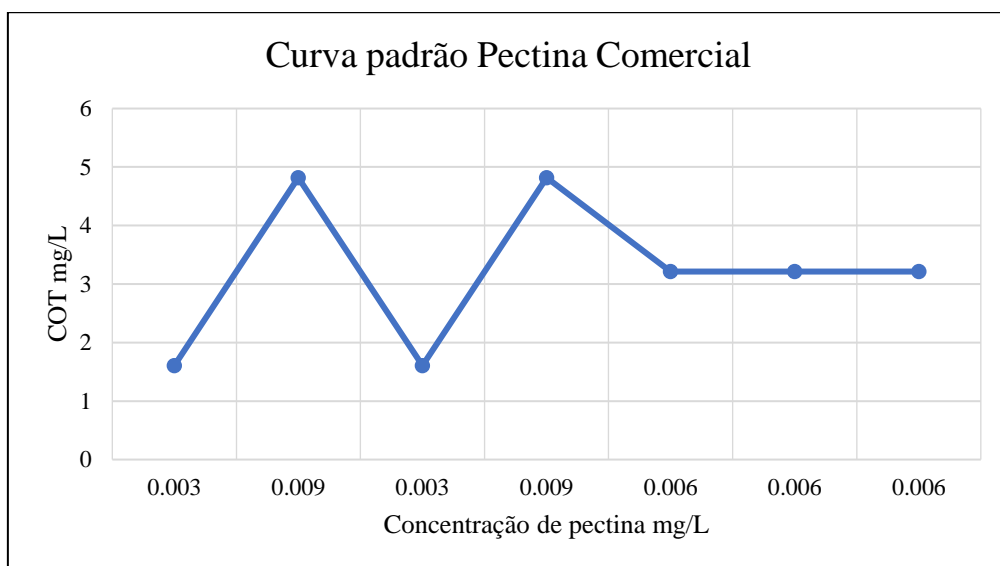
Para a determinação do Carbono Orgânico Total (COT) fez-se uma curva padrão, pois a pectina contém uma quantidade significativa de carbono em sua composição e para que isso não afete os resultados elaborou-se uma curva padrão de COT, a fim de descontar das amostras o valor de carbono correspondente da pectina e ter somente o resultado de COT presente na água bruta após o tratamento.

Preparou-se 7 amostras de água MiliQ com a respectiva concentração de pectina, após foram coletados 50ml de cada amostra e leu-se no Analisador de Carbono e Nitrogênio Orgânico Total - TOC-L para a determinação da quantidade de COT e Nitrogênio Total (NT), não foi encontrado valores de NT nas amostras, somente valores de COT como demonstram para pectina extraída Gráfico 1 e para a pectina comercial Gráfico 2.

Gráfico 1– Valores de COT para a pectina extraída (PE)



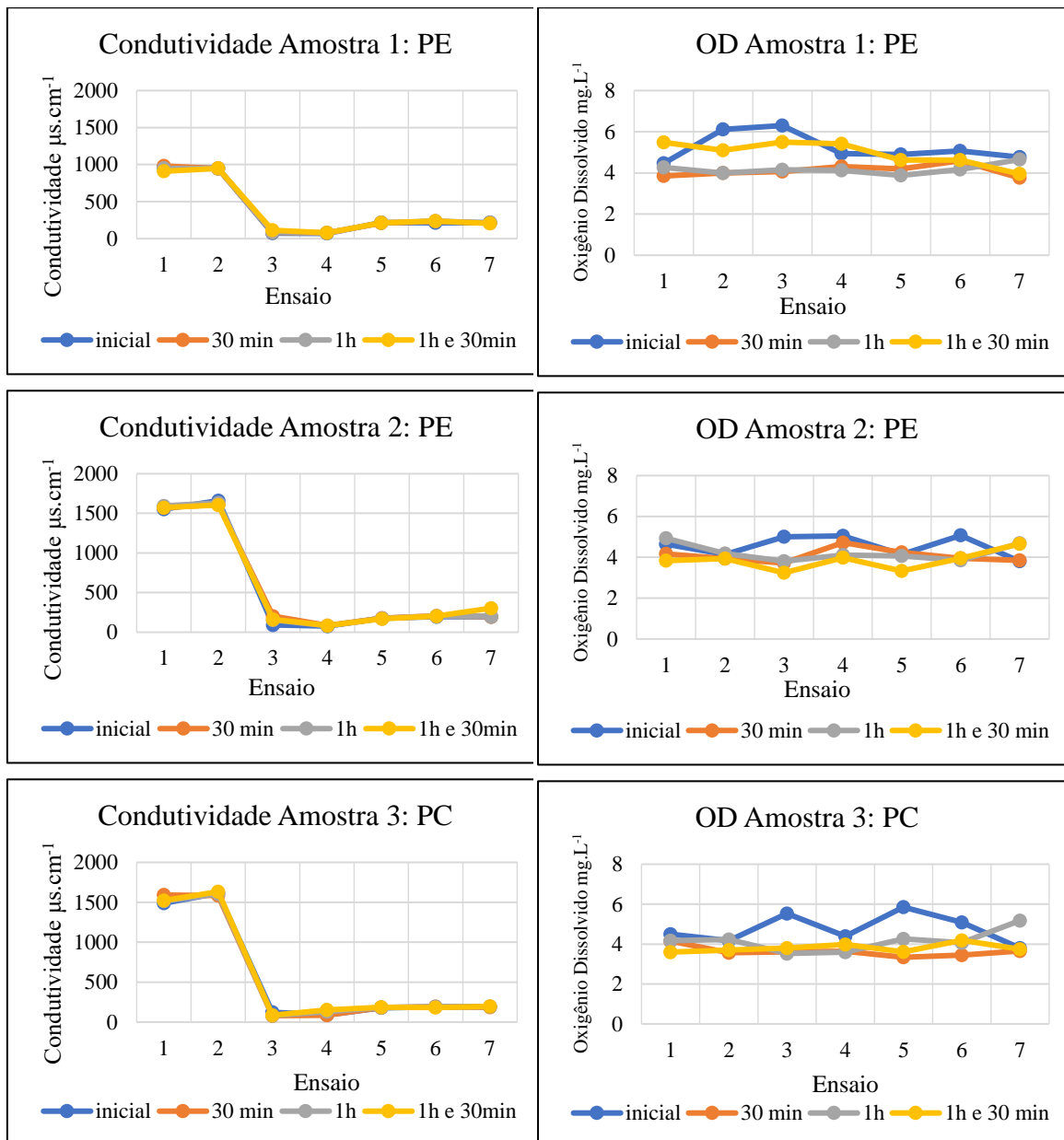
Fonte: Autora (2019).

Gráfico 2 – Valores de COT para a pectina comercial (PC)

Fonte: Autora (2019).

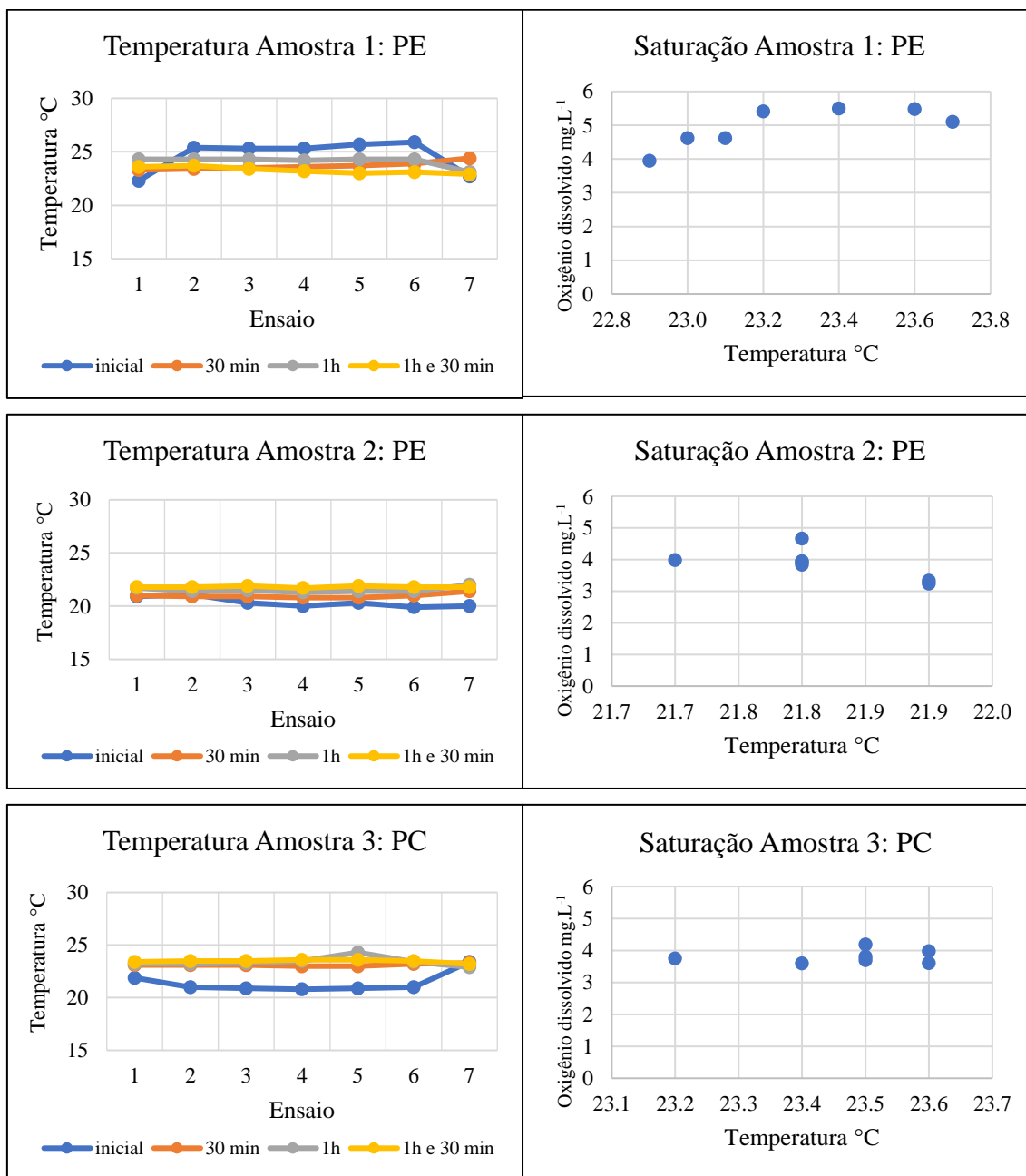
APÊNDICE B – PARÂMETROS DE MONITORAMENTO

Gráfico 3 - Monitoramento de Condutividade e Oxigênio Dissolvido



Fonte: Autora (2019).

Gráfico 4 – Monitoramento da temperatura e saturação



Fonte: Autora (2019).